

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ Abderrahmane Mira - Béjaia

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

Département du Génie Electrique

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Master II en
Electro-technique

Option : Electromécanique

Par

MOUSSA Smail

THÈME

Dimensionnement et supervision de deux échangeurs de
chaleur à l'unité de conditionnement
d'huile de CeVital

2012-2013

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Allah, notre créateur de m'avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Ce travail n'aurait pu se faire seul ! Ce sont les compétences, la disponibilité, le dynamisme, la bonne humeur et la patience de chacun, qui m'ont permis de poursuivre mes études et d'achever ce mémoire dans les meilleures conditions. C'est pourquoi je tiens chaleureusement à remercier ici toutes les personnes qui ont contribué de loin comme de près pour achever ce travail.

Je tiens à remercier nos enseignants du département d'Electrotechnique qui ont contribué à ma formation durant mon cursus universitaire, et à qui je dois tous mes respects. En particulier mon encadreur Mr Mohamed ABDI, pour ses judicieux conseils et pour les efforts et la patience qu'il m'a accordé.

Les mêmes expressions de reconnaissance vont également à mon co-promoteur Mr Samir BOUMEZIRENE qui ma encouragé, conseillé, motivé, soutenu et pour sa disponibilité lors des différentes sollicitations.

Je tiens aussi à remercier mon amie Melle Tinhinane KHELADI qui m'a beaucoup aidé dans la présentation de ma thèse.

J'adresse aussi mes respectueux remerciements à tous les membres de jury qui m'ont fais l'honneur de participer à l'évaluation de mon travail. Je suis certains de pouvoir compter sur leurs vastes connaissances et leurs esprits critiques constructifs et par leurs commentaires pour m'aider à mieux comprendre certains problèmes rencontrés au cours de ce travail.

Je tiens aussi à remercier tous les responsables de l'unité de conditionnement d'huile de CeVital pour leurs collaborations avec moi durant mon stage.

Mes remerciements s'adressent également à mes collègues et à tous mes amis.

Dédicace

Ce modeste travail est dédié à mes très chers parents, dont le sacrifice, la tendresse, l'amour, la patience, le soutien, l'aide et les encouragements sont le secret de ma réussite. Sans eux je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

A mon cher frère Abdelaziz et ma très chère sœur Yakout, pour leurs soutiens, leurs aides et leurs encouragements.

A tous mes amis et collègues qui étaient avec moi dès le début de mon parcours surtout mes frères et amis Mahdi, Fawzi, Lounis et Massi.

A tous mes enseignants, du primaire au niveau supérieur, à toute la promotion **2013**.

Je dédie enfin ce modeste travail à toute personne ayant contribué de près ou de loin à sa concrétisation.

Nomenclature

Extension	Désignation	Grandeur en MKSA
T	Température	($^{\circ}C$)
\dot{m}	Débit massique	(kg/s)
Q_v	Débit volumique	(m^3/s)
ΔP	Chute de pression	(KPa)
S	Surface d'échange	(m^2)
ΔT_{LM}	Différence de température logarithmique moyenne	($^{\circ}C$)
K	Coefficient de transfert de chaleur global	($W/m^2 \cdot ^{\circ}K$)
h_c	Coefficient de transfert de chaleur par convection	($W/m^2 \cdot ^{\circ}K$)
R_e	Résistance d'encrassement	($m^2 \cdot K/W$)
NUT	Nombre d'Unités de Transfert	/
δ	Epaisseur d'une plaque	(m)
Pr	Nombre de Prandtl	/
C_p	Chaleur spécifique	($J/kg \cdot ^{\circ}K$)
P	Puissance frigorigène	(W)
ρ	Masse volumique	(kg/m^3)
λ	Conductivité thermique	($W/m \cdot ^{\circ}K$)
ν	Viscosité cinématique	(m^2/s)
μ	Viscosité dynamique	($kg/m \cdot s$)
ϵ	Efficacité thermique	/

Table des matières

Introduction Générale	1
Introduction	1
1 Présentation de l'organisme d'accueil	2
1.1 Introduction	2
1.2 Situation géographique	3
1.3 Objectif et capacité de production	3
1.4 Présentation et structuration du complexe	4
1.4.1 Organisation de l'entreprise	4
1.5 Conclusion	7
2 Approche globale au conditionnement d'huile et évaluation de la problématique	8
2.1 Introduction	8
2.2 Services de conditionnement d'huile	9
2.3 Présentation générale de l'unité de conditionnement d'huile	9
2.3.1 Les lignes de production	9
2.3.2 Description des différentes machines utilisées dans la production . .	11
2.3.3 Utilités	17
2.4 Etude de la situation actuelle	20
2.4.1 Processus de l'huile	20
2.5 Etude du système de refroidissement	25

2.5.1	Refroidissement des souffleuses	26
2.5.2	Refroidissement des huiles	26
2.6	Evaluation de l'installation	27
2.7	Etude de la Problématique	29
2.7.1	Définitions	29
2.7.2	Causes du colmatage	29
2.7.3	Conséquences du colmatage	30
2.7.4	Evaluation de la problématique	30
2.8	Conclusion	32
3	Description et dimensionnement de l'échangeur de chaleur à plaques et joints	33
3.1	Introduction	33
3.2	Généralités sur les échangeurs	34
3.2.1	Utilités	34
3.2.2	Essai de classification	34
3.2.3	Exemple d'utilisation (schéma)	35
3.2.4	Cadre de l'étude	37
3.2.5	Comparaison entre un échangeur de chaleur à plaques et joints et un échangeur tubulaire	37
3.3	Technologie des plaques	38
3.3.1	Plaques à canal large	38
3.3.2	Plaque à double paroi	38
3.3.3	Plaque semi-soudée	39
3.3.4	Profil d'écoulement	39
3.3.5	Auto centrage des plaques	40
3.3.6	Joints sans colle	40
3.4	Technologie	40
3.4.1	Evolutions technologiques récentes	41
3.5	Optimisation de l'échangeur de chaleur à plaques et joints	42

3.6	Principe de fonctionnement	42
3.6.1	Circulation latérale à travers les plaques	43
3.6.2	Circulation diagonale à travers les plaques	43
3.6.3	Nettoyage de l'échangeur	44
3.6.4	Remplacement d'un joint ou d'une plaque	44
3.7	Dimensionnement de l'échangeur de chaleur à plaques	47
3.7.1	Hypothèses	47
3.7.2	Conventions	47
3.7.3	Expression du flux échangé	47
3.7.4	Coefficient global d'échange	48
3.7.5	Nombre d'unités de transfert et efficacité	50
3.7.6	Coefficient d'échange h_c et h_f	51
3.8	Conclusion	52
4	Résolution numérique de la méthode de dimensionnement	53
4.1	Introduction	53
4.2	Données nécessaires	53
4.3	Calcul	54
4.3.1	Le débit volumique de l'huile sur chaque ligne dans les échangeurs Barriquand (circuit primaire)	54
4.3.2	Les débits massiques de l'huile sur chaque ligne dans les échangeurs Barriquand (circuit primaire)	55
4.3.3	Les débits massiques de l'eau 1 sur chaque ligne dans les échangeurs Barriquand (circuit secondaire)	57
4.3.4	Le débit massique total et le débit volumique total du circuit sec- ondaire de l'échangeur de chaleur Barriquand	58
4.3.5	Le débit massique total et le débit volumique total du circuit pri- maire des échangeurs ALFA LAVAL (coté eau 2)	59
4.3.6	La puissance frigorifique total	59
4.3.7	La perte de charge du circuit eau 2 (ΔP_{e2}) dans l'échangeur à installer	60

4.3.8	Les coefficients de convection h_1 et h_2 dans l'échangeur Alfa Laval .	60
4.3.9	Le coefficient d'échange global K	61
4.3.10	Le DTLM	61
4.3.11	La surface d'échange	61
4.3.12	Le NUT	62
4.3.13	L'efficacité de l'échangeur	62
4.3.14	Déduction du nombre de plaques nécessaires	62
4.4	Conclusion	63
5	Automatisation des deux échangeurs de chaleur Alfa-Laval	64
5.1	Introduction	64
5.2	Automate programmable	64
5.3	API SIEMENS	65
5.3.1	Spécificités de l' <i>APIS7</i> – 300	65
5.4	API dans son environnement	67
5.4.1	Besoins de communication	67
5.4.2	Outils de communication	68
5.4.3	Réseaux	68
5.5	Cahier de charge	69
5.6	Logiciel STEP 7	75
5.6.1	Description des blocs de programmation	75
5.6.2	WinPLC7-V4	76
5.6.3	Etats de fonctionnement de la CPU	76
5.7	Conclusion	77
6	Création et simulation du projet	79
6.1	Introduction	79
6.2	Création du projet	80
6.3	Configuration matérielle	83
6.3.1	Station SIMATIC 300	83

6.3.2	Station SIMATIC PC (SUPERVISION) et communication réseaux .	84
6.4	Création du programme	85
6.4.1	Table des mnémoniques	86
6.4.2	Programmation	88
6.5	Transfert et test du programme dans WinPLC7 (Simulation)	100
6.6	Supervision	101
6.6.1	Avantage de la supervision	102
6.6.2	Présentation du logiciel de supervision WinCC flexible 2008	103
6.6.3	L'application RUNTIME (Accès à la supervision)	103
6.6.4	Constituants d'une vue	103
6.7	Conclusion	105
	Conclusion Générale	106
	Bibliographie	107

Introduction Générale

Depuis la révolution industrielle, le monde connaît un développement et une prospérité dans plusieurs domaines et activités, notamment l'industrie, cette dernière n'a pas cessé d'évoluer et de progresser en matière de production.

Grâce à la technologie qui permet aux différentes entreprises de s'ouvrir vers d'autres idées et d'autres perspectives qui leur paraissent impossibles auparavant (atteindre un plafond très élevé en un temps court), le monde industriel est devenu plus rentable. Dans le but de contribuer à l'évolution de l'économie, de couvrir les besoins de la société et de répondre à ses exigences, les différents pays adoptent l'économie du marché pour valoriser le marché et le rendre plus rassurant.

Par conséquent, le terme concurrence s'impose spontanément comme un enjeu dans le monde industriel, c'est pour cela que chaque entreprise doit avoir son plan de gestion pour qu'elle soit à la hauteur de ses engagements et espérer monopoliser le marché par son produit afin qu'elle remporte ce combat concurrentiel qui lui permet d'acquérir le statut de leader.

Pour concrétiser cet objectif, chaque entreprise industrielle doit exploiter les récentes technologies de ses installations au maximum afin d'améliorer le rendement de sa production et atteindre une production optimale. Elle est appelée donc à adopter une politique de gestion bien étudiée pour élaborer un plan qui lui permet de faire face à tous les problèmes rencontrés d'un côté et d'assurer sa pérennité de l'autre côté.

Ces dernières années, beaucoup d'entreprises algériennes se sont octroyé des moyens de production performants dotés de systèmes automatisés. L'unité de production d'huile du groupe *CeVital* est un exemple d'entreprise possédant des systèmes automatisés. Dans

tout le processus, du raffinage au conditionnement, la majorité des différentes étapes de production d'huile est assurée par un matériel industriel automatisé ou l'intervention humaine est réduite sur la chaîne de production. La seule activité qui n'est pas encore gérée par un automate programmable dans l'unité du conditionnement se situe au niveau des échangeurs de chaleur (huile/eau). Les échangeurs de chaleur sont des équipements qui permettent d'assurer un transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid sans contact direct entre les deux fluides. Le même fluide peut conserver son état physique (liquide ou gazeux) ou se présenter successivement sous les deux phases, c'est le cas des condenseurs, évaporateurs car ils jouent un rôle économique majeur. Le choix entre les différents types d'échangeurs dépend de nombreux paramètres à savoir le coût, l'encombrement, le poids, les niveaux de pression et les températures associés à chaque opération. Les considérations désignant le type d'échangeur de chaleur sont généralement les exigences thermiques, les dimensions et les pertes de charge. Dans certains cas, le problème d'encrassement peut être considéré comme un paramètre important, on peut choisir un type d'échangeur qui se comportera mieux vis-à-vis des problèmes de colmatage que les autres types ou parce qu'il sera facile à nettoyer. La maîtrise de la température d'huile est nécessaire au processus de production, cela pour des raisons techniques et commerciales que nous allons détailler ultérieurement.

Notre travail est consacré à l'amélioration de la maîtrise de la température d'huile tout en assurant le bon fonctionnement du processus. Et pour se faire, nous allons proposer une solution qui consiste à la mise en place de deux nouveaux échangeurs de chaleur, qui seront commandés par un automate programmable. Pour choisir les échangeurs adéquats dans le but de compléter la fonction désirée, un dimensionnement de l'installation de ces échangeurs est nécessaire.

Présentation de l'organisme d'accueil

1.1 Introduction

CeVital (SPA) est la première entreprise privée dans l'industrie de l'huile sur le marché Algérien. Créée en **1998**, elle est considérée comme l'un des plus grands complexes agro-alimentaires en Algérie. Elle regroupe un silo portuaire de céréales d'une capacité de **182000 tonnes** et trois (**03**) grandes unités de production qui sont :

- ✓ La raffinerie de l'huile avec une capacité de production de **1800 tonnes / jour**,
- ✓ La margarinerie et graisses végétales avec une capacité de production de **600 tonnes / jour**,
- ✓ La raffinerie de sucre avec une importante capacité de production de **5000 tonnes / jour**.

Afin de conquérir rapidement le marché, *CeVital* a fait appel aux leaders mondiaux pour les équipements faisant ainsi de cette société l'une des plus performantes au monde.

1.2 Situation géographique



Figure 1-1 : Le complexe de CeVital

Le complexe *CeVital* est implantée dans l'enceinte portuaire de Béjaia et s'étend sur la superficie de **75000m²**.

Grâce à cette situation géographique exceptionnelle et ses importantes capacités d'accostage, de l'entreposage et de transit, le port de Béjaia est devenu un pôle économique de première importance.

1.3 Objectif et capacité de production

La société *CeVital* joue un rôle important dans l'économie nationale, d'une part, sur le nombre d'effectif employé (environ **600 emplois / an** en moyenne et de milliers d'emplois indirects). D'autre part, elle débloque plus de 800 millions de dinars en masses salariales.

Investit environ **25000 millions de dinars** et les investissements sont couverts à **120%** par les fonds propres.

Elle contribue au budget de l'état sous forme d'impôts et taxes avec un taux de **9000 millions de dinars** par an et plus de **400 millions de dinars** reviennent à la municipalité de Béjaia. Elle est considérée comme l'une des meilleures contribuables du secteur privé à l'échelle nationale.

CeVital a mis en place un projet de trituration de graines oléagineuses qui lui permet à l'horizon de **2006** de triturer **7500 tonnes / jour** dont **5000 tonnes** de graines de soja et **2500 tonnes** de graines de colza. Ceci permet à l'entreprise de produire une huile

brute aux taux d'humidité et d'acidité optimaux. A partir de l'année **2007**, elle parvient à exporter des huiles brutes et introduire ainsi l'Algérie dans un cercle très restreint des producteurs et exportateurs d'huiles brutes.

Autre pôle d'intérêt majeur de ce complexe agro-alimentaire, la raffinerie de sucre. D'une capacité de production de **5000 tonnes / jour**, elle couvre la totalité des besoins du marché national et parvient aussi à l'exportation de ce produit à l'étranger.

1.4 Présentation et structuration du complexe

1.4.1 Organisation de l'entreprise

Le complexe compte à son effectif plus de **3600 employés** (permanents et contractuels), répartis sur les différentes structures. Son organigramme est présenté comme suit :

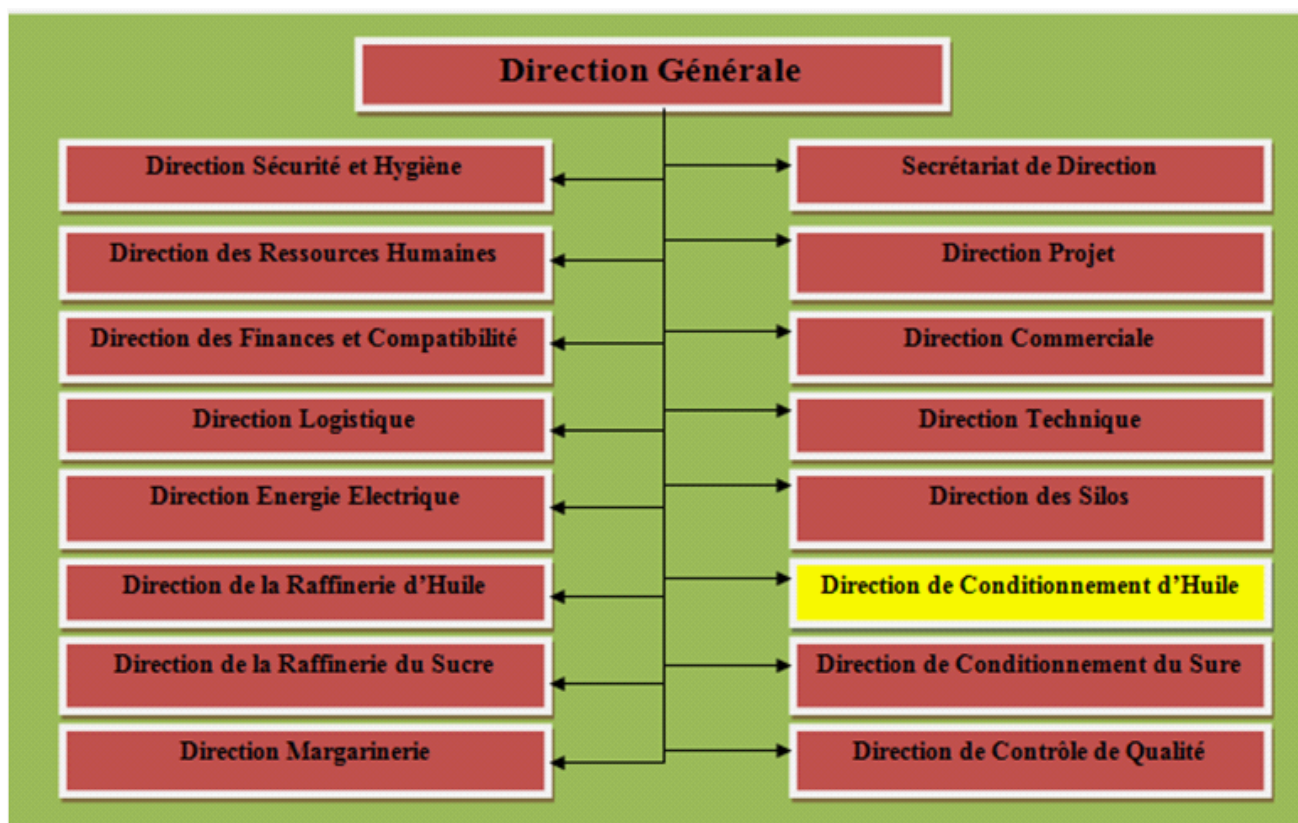


Figure 1 – 2 : Organisation de l'entreprise CeVital

La direction sécurité et hygiène

Elle maintient l'ordre et la sécurité au sein de l'entreprise ainsi que la prévention et la surveillance.

La direction du projet

Cette direction s'occupe de la réalisation et la construction de nouveaux domaines pour l'expansion du complexe.

La direction des ressources humaines (D.R.H)

Son objectif étant principalement le suivi de la carrière du personnel, le traitement des salaires, le recrutement ... etc.

La direction des finances et compatibilité (D.F.C)

Elle contrôle les emplois, les ressources ainsi que la présentation de documents officiels tels que : le bilan fiscal, tableau des comptes et les différents bilans annuels ... etc.

La direction commerciale

Son objectif est de faire connaître les différents produits de l'entreprise avant leur commercialisation.

La direction logistique

Celle-ci s'occupe essentiellement de l'approvisionnement, l'expédition, le transit et l'emménagement de toute matières et marchandises achetées et son transport (locales, étrangères) assurant ainsi à l'entreprise une production constante et à moindre coût.

La direction technique

Son rôle est d'assurer la maintenance mécanique et électrique et la gestion de la pièce de rechange étrangère.

La direction énergie électrique

Son but est d'assurer le bon fonctionnement du réseau électrique ou autres équipements et machines du complexe.

La direction des silos

Ils servent à stocker et expédier les graines qui seront utilisées pour la production.

La direction de la raffinerie d'huile

Son but est de produire l'huile qui sera distribué vers les différentes villes de l'Algérie, celle-ci compte un service méthodes, maintenance et les utilités.

La direction de conditionnement de l'huile

La direction de conditionnement de l'huile s'occupe de la mise en bouteilles de l'huile, celle-ci compte un service méthode, maintenance, plastique et production. C'est à ce niveau que mon stage pratique se déroule.

La direction de la raffinerie de sucre

Son objectif est de fabriqué et produire du sucre qui nécessite une grande quantité en vapeur d'eau déminéralisée. Cette dernière est produite dans l'unité osmose inverse (qui fait toujours partie de ce même service, cette unité a été conçu en **2002**).

La direction de conditionnement de sucre

La direction de conditionnement de sucre s'occupe de la mise en big bags ou en sacs du sucre, celle-ci aussi compte un service méthode, maintenance et production.

La direction margarinerie

Celle-ci s'occupe essentiellement de la production de la margarine et à son actif un service maintenance et méthodes.

La direction de contrôle de qualité

Elle s'occupe du suivi de la qualité aux raffineries et aux conditionnements des produits finis (margarine, huile et sucre).

1.5 Conclusion

L'acquisition de grandes parts du marché n'aura lieu que si l'entreprise satisfait le plus grand nombre possible de sa clientèle. Pour cela, elle essaie d'attirer l'attention des clients par un bon conditionnement des produits, et gagne leur confiance par la bonne qualité, ainsi qu'un bon rapport (qualité/prix).

Parmi les objectifs envisageables par l'entreprise, on cite :

▲ L'encouragement de l'agriculture locale pour la production des graines oléagineuses en proposant des subventions (aides).

▲ L'incorporation des nouvelles méthodes de gestion et des technologies récentes dans les ateliers de production pour augmenter la productivité.

▲ Acquérir d'autres parts du marché national en couvrant toutes les régions possibles.

▲ Commercialiser ses produits sur les marchés étrangers.

En raison d'objectivité de notre étude on s'intéressera seulement à la direction de conditionnement d'huile.

Approche globale au conditionnement d'huile et évaluation de la problématique

2.1 Introduction

L'unité conditionnement d'huile de *CeVital* a pour rôle de la mise en enveloppe matérielle permettant d'assurer dans les meilleures conditions de sécurité, la présentation, la manutention, le transport, le stockage et la conservation des produits.

2.2 Services de conditionnement d'huile

La direction de conditionnement d'huile est constituée de plusieurs services qui sont représentés dans l'organigramme suivant:

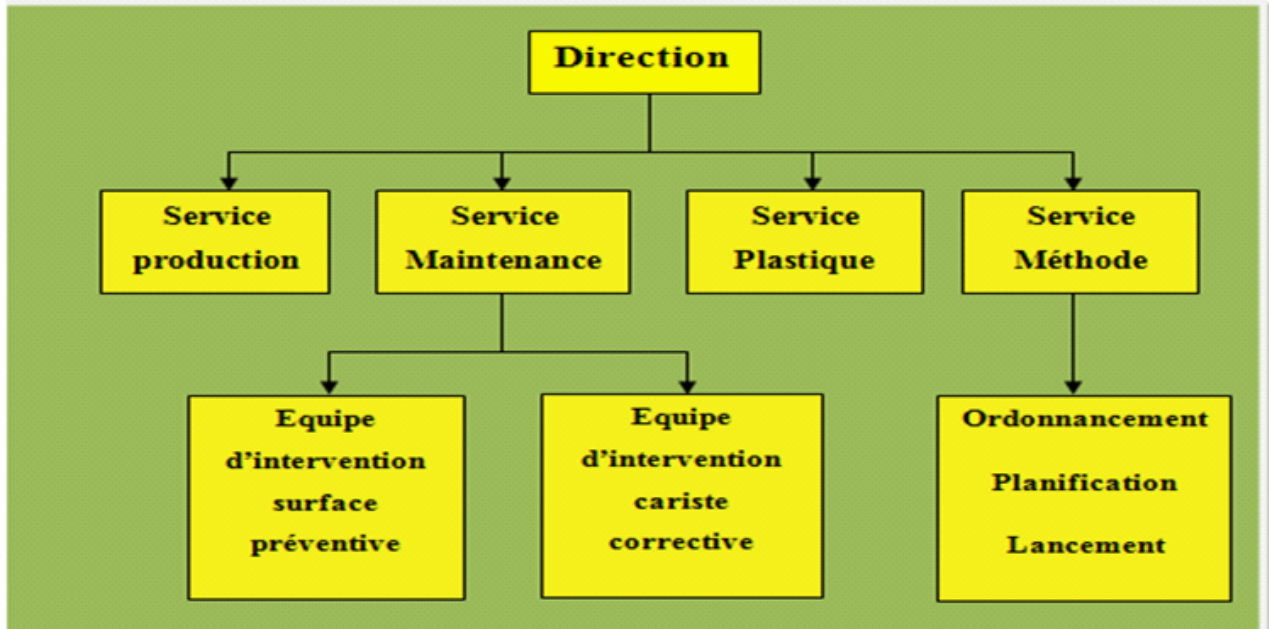


Figure 2 – 1 : Organigramme de la direction de conditionnement d'huile

2.3 Présentation générale de l'unité de conditionnement d'huile

La description de l'unité de conditionnement d'huile a pour but de comprendre le parcours de la bouteille en préforme jusqu'à la banderoleuse passant par la remplisseuse. Ce chemin pourrait nous définir la relation existante entre les lignes de production et les échangeurs de chaleur.

2.3.1 Les lignes de production

L'unité de conditionnement d'huile de *CeVital* est constituée actuellement de six (06) lignes de production, deux (02) lignes pour la production des bouteilles de 5 litres, une (01) ligne pour la production des bouteilles de 4 ou 5 litres, une (01) ligne pour la

production des bouteilles de 1 litre, une (01) ligne pour la production des bouteilles de 2 litres et une (01) ligne pour la production des bouteilles de 1,8 litres.

Le tableau 2 – 1 suivant indique la capacité de production maximale par heure pour chaque ligne:

N°	La ligne	La production/heure
1	1 L	12000
2	1.8 L	12000
3	2 L	11000
4	5 L SIPA	5000
5	5 L SIDEL	9000
6	4/5 L BOXEE	3000

Tableau 2 – 1 : Production maximale des six lignes de conditionnement

En termes d'équipement, chaque ligne est constituée de plusieurs machines assurant des tâches précises dans le but d'avoir un produit fini complètement emballé et prêt à être vendu. Le schéma de la figure 2-2 suivant représente l'enchaînement et la disposition de

ces machines l'une par rapport à l'autre dans l'unité de conditionnement.

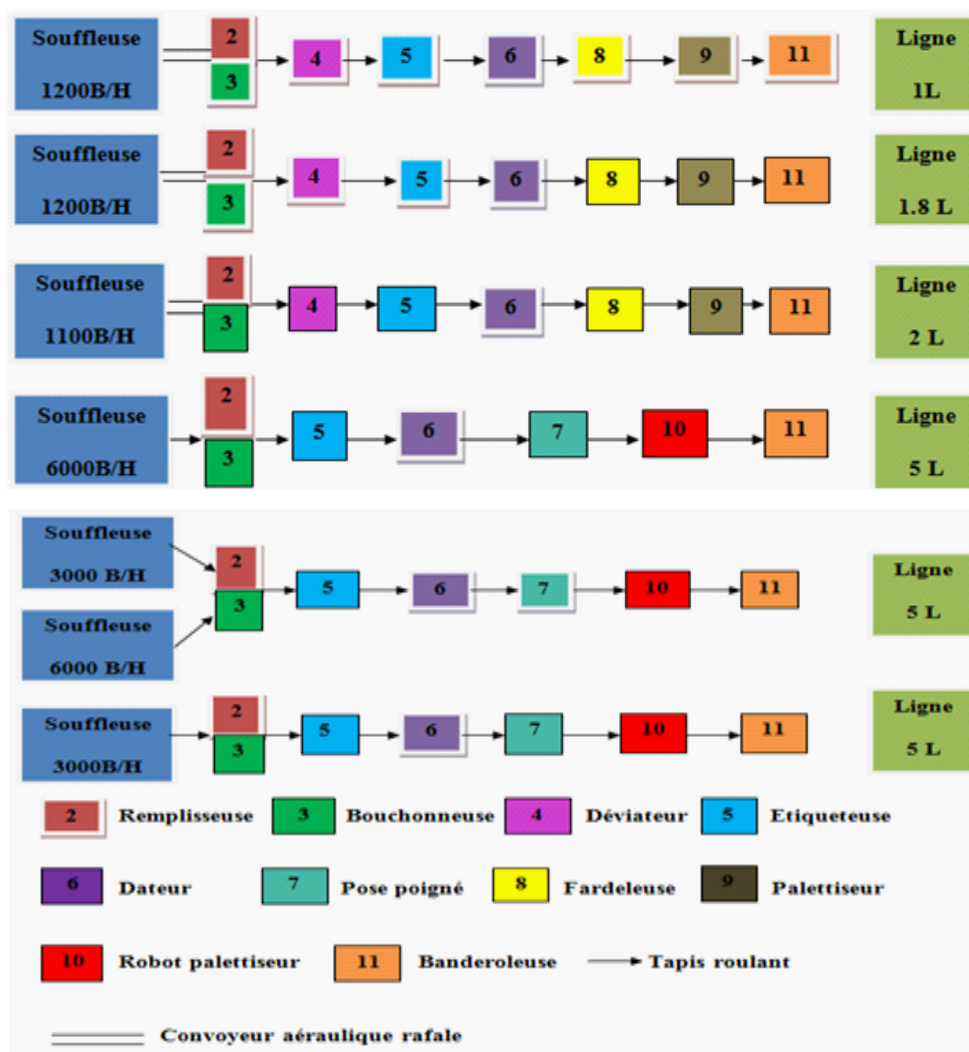


Figure 2 – 2 : Différentes lignes de production

2.3.2 Description des différentes machines utilisées dans la production

La mise en bouteilles sur chaque ligne des huiles raffinées s'effectue par la transformation du PET (polyéthylène téréphtalate) en préformes pour bouteilles à l'aide des presses injections de capacités différentes.

Après transformation, les préformes passent par les étapes suivantes:



Figure 2 – 3 : Transformation du PET en préformes

Souffleuse

La souffleuse est la machine destinée à la fabrication des bouteilles à partir des préformes qui ont une structure de tube, fabriquées dans l'unité plastique.



Figure 2 – 4 : Souffleuse

- Préchauffage des préformes.
- Etirage axial mécanique.
- Etirage radial par soufflage d'air comprimé à **40** bars à l'intérieur d'un moule.

La souffleuse est constituée de quatre parties principales:

- Partie d'alimentation des préformes froides
- Partie du four linéaire pour le préchauffage des préformes
- Partie pour le soufflage des préformes
- Partie de sortie des préformes.

Convoyeur aéraulique rafale

Le convoyeur aéraulique rafale est le dispositif destiné au transport des petites bouteilles en PET vide (un (01) ou deux (02) litres) de la souffleuse jusqu'à la remplisseuse. Le transport est assuré par un soufflage d'air produit par les colonnes de ventilation équipées par des filtres garantissant un air propre.



Figure 2 – 5 : Convoyeur aéraulique rafale

Remplisseuse et bouchonneuse

La remplisseuse est l'unité chargée du remplissage des bouteilles du produit fini (l'huile) dont la vitesse du remplissage peut être variée.



Figure 2 – 6 : Remplisseuse et Bouchonneuse

La remplisseuse est constituée essentiellement de la cuve qui est remplie d'huile à partir des bacs journaliers par l'intermédiaire des pompes de soutirage. Ces cuves donnent une indication sur le niveau d'huile à l'intérieur à l'aide de quatre voyants reliés aux capteurs.

Cette même information est utilisée pour la variation de la vitesse des pompes ou leurs arrêts et démarrage.

La bouchonneuse se trouve encastrée dans la remplisseuse pour permettre le bouchage des bouteilles juste à la fin de leur remplissage pour éviter le débordement. Les bouchons sont fabriqués et préparés par une autre unité, donc ils sont prêts à être utilisés directement par la bouchonneuse.

Etiqueteuse

L'étiqueteuse est destinée à coller les étiquettes enveloppantes sur les récipients cylindriques portant des informations sur le produit et le fabricant.



Figure 2 – 7 : Etiqueteuse

Dateur

Le dateur sert à mentionner la date et l'heure de fabrication du produit. Chaque ligne dispose de deux types de dateurs, soit celle qui utilise l'impression à jet d'encre ou celle qui emploie la gravure directe sur la bouteille à l'aide d'un laser.



Figure 2 – 8 : Dateur

Déviateur de bouteilles

C'est un mécanisme destiné à répartir les bouteilles sur différents couloirs d'une manière homogène pour qu'elles soient regroupées dans des paquets enveloppés par la suite.



Figure 2 – 9 : Déviateur de bouteilles

Fardeleuse

La fardeleuse est la machine qui reçoit les bouteilles et les enveloppe dans un film en silicone. Elle est de type barre de soudeur avec super poseur de film sur fond de paquet.



Figure 2 – 10 : Fardeleuse

Encartonneuse

Elle consiste à mettre les bouteilles d'huile en carton pour l'export.



Figure 2 – 11 : Encartonneuse

Tapis roulant

Le tapis roulant est un moyen de transport des fardeaux de la sortie de la fardeleuse jusqu'à l'entrée du palettiseur.



Figure 2 – 12 : Tapis roulant

Poseuse poignée

On trouve ce type de machine uniquement dans les lignes de 4 ou 5 litres. Elle a pour rôle le placement et la fixation des poignés sur les bouteilles.



Figure 2 – 13 : Poseuse poigné

Palettiseur

Cette machine est conçue pour superposer sur une palette plusieurs étages de fardeaux.



Figure 2 – 14 : Palettiseur

Banderoleuse

Cette machine est incluse pour envelopper la charge constituée de la palette en plusieurs étages de fardeaux dans le but d'assurer la bonne tenue des bouteilles pour tout déplacement. La banderoleuse entoure la charge d'un film en silicone.



Figure 2 – 15 : Banderoleuse

2.3.3 Utilités

Compresseur

Les compresseurs sont destinés à produire de l'air comprimé qui est utilisé dans l'alimentation pneumatique. L'unité de conditionnement d'huile comporte deux (02) types de compresseurs, un compresseur de **40 bars** utilisé pour le soufflage des préformes et un autre compresseur de **7 bars** pour la production d'air comprimé utilisé pour la commande pneumatique (vérins).

Refroidisseurs

Les refroidisseurs sont installés avec les compresseurs pour le refroidissement. Ils sont utilisés dans **les souffleuses** pour refroidir le col et le fond de la bouteille et dans **les échangeurs de chaleur** pour refroidir l'huile sortant des bacs journaliers.

Table de basse tension

La table de basse tension est utilisée pour distribuer de l'énergie électrique pour l'alimentation des différentes machines de l'installation.

Moteurs

L'unité de conditionnement d'huile exploite des moteurs triphasés asynchrones pour l'entraînement des convoyeurs et les tapis roulants. Les moteurs sont choisis suivant la bouteille:

Si les bouteilles sont vides, les moteurs utilisés ont les caractéristiques suivantes:



Figure 2 – 16 : Moteur asynchrone

- Puissance: 0.75 KW
- Vitesse: 1380 *tr/min*
- Facteur de puissance: $\cos\varphi = 0.70$
- Alimentation: 230 – 400V (2.15A/3.70A)
- Fournisseur: SEW Euro Drive.

Si les bouteilles sont pleines, les moteurs utilisés ont les caractéristiques suivantes:

- Puissance: 1.1 KW
- Vitesse: 1400 *tr/min*

- Facteur de puissance: $\cos\varphi = 0.80$
- Alimentation: 230 – 400V (2.8A/4.85A)
- Fournisseur: SEW Euro Drive

Pupitre de contrôle

Le pupitre de contrôle est un appareil électronique muni d'un écran alphanumérique qui permet la surveillance et la commande de la machine avec écran graphique pour une représentation proche de la réalité des cycles à superviser (en couleur également), en version pupitres tactiles (TP) avec dalle tactile ou en version pupitres opérateurs (OP) avec clavier à membrane.



Figure 2 – 17 : Pupitre de contrôle

Variateurs de vitesse

L'utilisation des variateurs de vitesse dans notre cas est prévue pour la commande des pompes de soutirage de chaque ligne, en raison de leurs fonctionnements continus mais à des vitesses variées selon la demande. En utilisant les variateurs de vitesse de type ALTI-VAR déjà existant, la vitesse des pompes est en effet automatiquement adaptée en fonction du débit demandé en utilisant le signal des capteurs de niveau sur chaque remplisseuse pour varier la vitesse des pompes en variant la fréquence du courant d'alimentation.

2.4 Etude de la situation actuelle

2.4.1 Processus de l'huile

La figure 2-18 nous illustre le processus de l'huile à son arrivée au conditionnement. L'huile finie passe par plusieurs étapes avant son arrivée à la remplisseuse. Tout d'abord, elle se trouve dans des bacs journaliers de **400 tonnes** ensuite elle passe vers les échangeurs de chaleur **BARRIQUAND** par l'intermédiaire des pompes de soutirage. Enfin, elle passe directement aux remplisseuses puis l'étiqueteuse après la fardeleuse jusqu'à la banderoleuse.

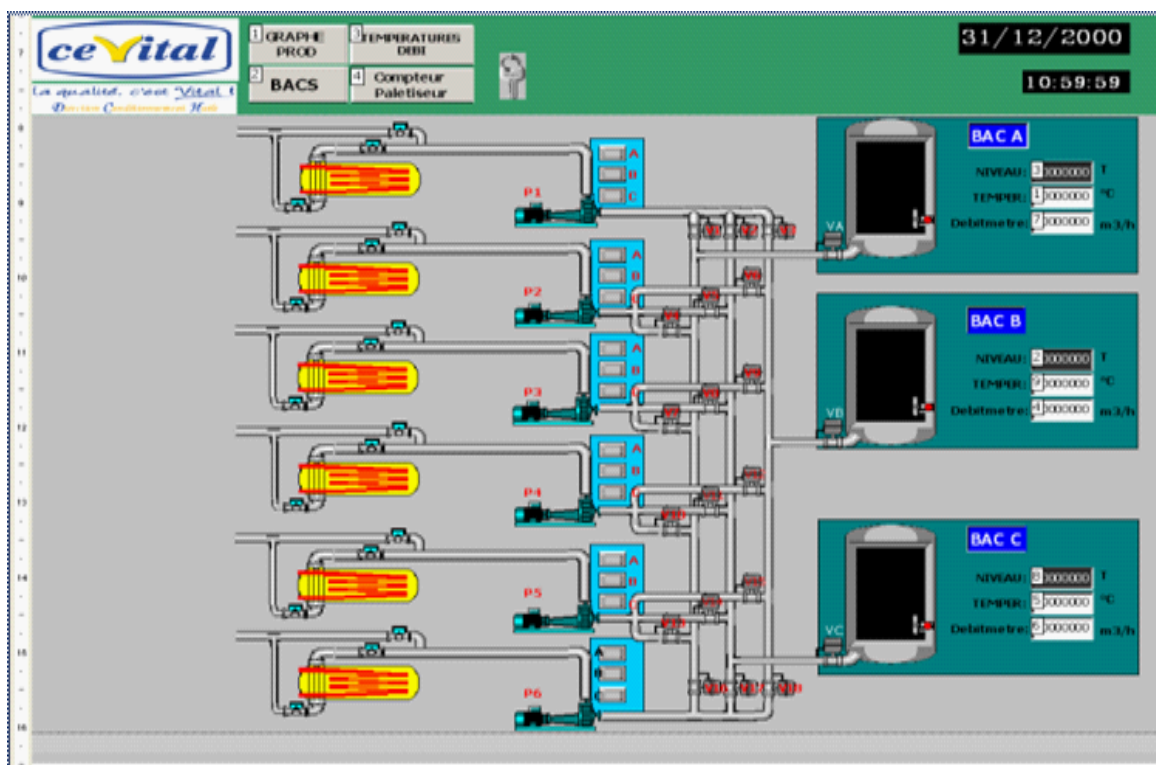


Figure 2 – 18 : Processus de l'huile

Bacs

L'unité de conditionnement d'huile de *CeVital* utilise pour sa production trois (03) bacs journaliers de capacité de **400 tonnes** chacun qui se remplissent à partir des quatre (04) bacs de **1000 tonnes** où la raffinerie stocke ses huiles raffinées.

Le remplissage des bacs journaliers se fait quand un bac est totalement fini.



Figure 2 -19 : Bacs journaliers

Cette opération se fait par un pompiste qui se charge de l'ouverture des vannes de telle sorte que le mélange formé soit l'une des deux qualités d'huiles finies que *CeVital* conditionne (**ELIO ou FLEURIAL**) à partir des huiles raffinées (**Tournesol, Soja et huile de Palme**).

By-pass

Chaque pompe à la possibilité de soutirer de n'importe quel bac à l'aide de by-pass.



Figure 2 – 20 : Vannes de sélection

Le problème de cette distribution est que ces by-pass ne donnent pas toutes les possibilités d'alimentation de n'importe quelle ligne par n'importe quel bac sans influencer le conditionnement des autres lignes, par ailleurs le passage d'un bac à un autre se fait par des vannes manuelles.

Pompes

Chaque ligne de production utilise une pompe volumétrique de type à lobes MOUVEX (à orifices horizontaux) pour permettre le soutirage d'huile à partir des bacs journaliers, par contre pour le soutirage d'huile à partir des bacs de 1000 **tonnes** on utilise des pompes centrifuges.

L'opération de soutirage depuis les bacs de 400 **tonnes** se fait par les six (**06**) pompes qui alimentent les six lignes de conditionnement d'huile, ces pompes ont la possibilité de soutirer sur n'importe quel bac et cela grâce aux deux by-pass installés entre les bacs.



Figure 2 – 21 : Pompe de soutirage de l'huile

Les pompes se trouvent sous le niveau d'huile à pomper et sont installés dans un endroit permettant l'accès facile, l'inspection et la maintenance.

Il est prévu des vannes près des brides des pompes pour en permettre le démontage ou le changement sans avoir à vidanger l'installation.

Le tableau **II-2** suivant indique le type de pompes utilisées pour chaque ligne:

La ligne	Code	Cylindre	Construction	joint	Température max
1L	LT4/079/LSM/EP/130	79L/100tr	LSM	EP	130°C
1.8 L	LT5/116/LSM/EP/30	116L/100tr	LSM	EP	130°C
2 L	LT6/246/LSM/VT/30	246L/100tr	LSM	VT	130°C
5L SIPA	LT6/246/LSM/VT/130	246L/100tr	LSM	VT	130°C
5L SIDELL	LT4/079/LSM/EP/130	79L/100tr	LSM	EP	130°C
4/5 L BOXEE	LT4/079/LSM/EP/130	79L/100tr	LSM	EP	130°C

Tableau 2 – 2 : Pompes de soutirage des six lignes

Indication

LSM: Arbre long en inox avec rotor métallique.

EP: Ethylène-propylène.

VT: Viton.

Il existe aussi des pompes de recirculation de l'huile au niveau des trois bacs de stockage de **400 tonnes**. Elle a pour rôle de faire circuler l'huile à l'intérieur des bacs de façon permanente afin d'éviter que l'huile soit trouble et l'homogénéité de la température.



Figure 2 – 22 : Pompe de recirculation

Vannes

La majorité des vannes utilisées dans la gestion d'huile sont manuelles ce qui nécessite à chaque fois l'intervention sur le site pour changer la source de soutirage et pour

mettre l'échangeur à l'arrêt. On trouve aussi des vannes modulantes dans le système de refroidissement pour varier le débit d'eau froide selon la température d'huile.

Capteurs de température

Des capteurs de température sont disposés au niveau de chaque bac pour donner une indication sur la température, cette valeur s'affiche sur l'armoire de commande à l'aide d'un afficheur numérique. On a également des capteurs de température à la sortie de chaque échangeur de chaleur pour permettre le réglage du débit d'eau froide par les vannes modulantes et l'ouverture des vannes de bouclage si la température d'huile est trop élevée.

Echangeurs de chaleur

En aval des pompes, on dispose d'un système de refroidissement avec des échangeurs de chaleur à plaque dont le but est de maintenir la température d'huile inférieure à 20°C.

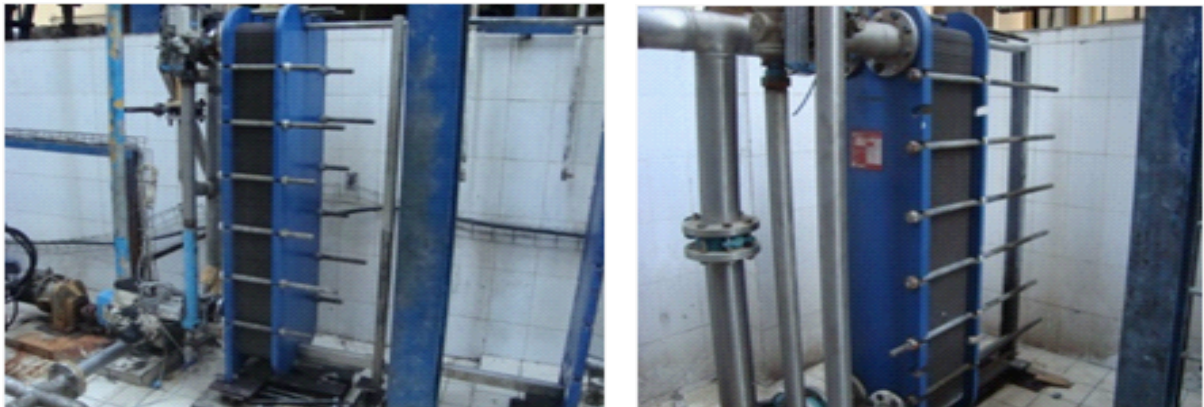


Figure 2 – 23 : Echangeurs de chaleur BARRIQUAND

Le tableau 2-3 nous renseigne sur les six (06) échangeurs installés sur site:

ligne	Type	Groupage	Nombre de plaque	T mini/maxi (°C)	P maxi admissible (bars)	P d'essai (bars)	Volume (L)	Poids à vide (daN)
1 L	BAS.20. 1365- B- P	IG P6P6 N4 1×32/1×32 4 TLA	65	-10/100	6	9	36.4	531
1.8 L	BAS.100 . 1365- B-P	IG3 P6P6 N6 1×50/1×49 5 TMT L 37	100	-20/100	10	14.3	57	671
2 L	BAS.100 . 1365- B-P	IG3 P6P6 N6 1×50/1×49 5 TMT L 37	100	-20/100	10	14.3	57	671
5 L SPA	BAS.100 . 1365- B-P	IG3 P6P6 N6 1×50/1×49 5 TMT L 37	100	-20/100	10	14.3	57	671
5 L SDL	BAS.100 . 1365- B-P	IG3 P6P6 N6 1×50/1×49 5 TMT L 37	100	-20/100	10	14.3	57	671
4/5 BOX	BAS.20. 1365- B- P	IG P6P6 N4 1×32/1×32 4 TLA	65	-10/100	6	8.6	36.4	531

Tableau 2 – 3 : Echangeurs de chaleur des six lignes de production

Une fois l'huile est passée par les échangeurs de chaleur, elle est directement envoyées vers les remplisseuses, ainsi la procédure de conditionnement prend directement effet en alimentant les six lignes de production.

2.5 Etude du système de refroidissement

Au sein du conditionnement, il existe deux circuits de refroidissement:

- Refroidissement des souffleuses.
- Refroidissement de l'huile par des échangeurs de chaleur.

On constate que le refroidisseur CLAUGER est surdimensionné

2.5.1 Refroidissement des souffleuses

La fonction des souffleuses nécessite un refroidissement dû au préchauffage des pré-formes, l'étirage mécanique axial et l'étirage radial par soufflage d'air comprimé à **40 bars** à l'intérieur du moule.



Figure 2 – 24 : Refroidisseur des souffleuses (CLAUGER)

Le dispositif de refroidissement d'eau est de type (CLAUGER) de capacité de **1500 KW**, il est muni de trois (03) moteurs (trois (03) compresseurs) de **500 KW** chacun.

Ce refroidisseur remplit sa fonction avec un seul compresseur vu que la capacité pour refroidir les souffleuses est de **300 KW**.

2.5.2 Refroidissement des huiles

Chaque ligne de conditionnement est équipée d'un (01) seul échangeur de chaleur permettant le refroidissement de l'huile qui sort des bacs si elle est à une température plus élevée que la consigne prédéfinie.



Figure 2 – 25 : Refroidisseur des huiles (YORK)

Le débit d'eau froide circulant dans l'échangeur pour le refroidissement d'huile peut être varié à l'aide d'une vanne modulante installée sur le circuit (vanne à trois (**03**) voies et répartitrices). C'est-à-dire, qu'on agit sur le débit et on garde la température constante. Le système de refroidissement de chaque ligne peut être mis hors fonctionnement à l'aide des vannes de bouclage (vanne de by-pass) lorsque la température d'huile est inférieure à **20°C**, pour mettre le système de refroidissement hors service.

Les échangeurs de chaleur sont interconnectés avec un dispositif de refroidissement de type **YORK** (refroidisseur de liquide à condensation par air). Sa mission est de refroidir l'eau refroidissant l'huile à l'intérieur des échangeurs.

2.6 Evaluation de l'installation

Dans les conditions normales de fonctionnement, la température de l'huile à l'intérieur des bacs de **400 tonnes** est entre **50 à 55°C**. Le passage de l'huile à travers les échangeurs de chaleur par l'intermédiaire des pompes de soutirage réduit la température jusqu'à **18°C**.

A la sortie des échangeurs de chaleur, l'huile continue son parcours en allant vers la remplisseuse jusqu'à la banderoleuse, ainsi le produit est fini et prêt pour l'importation.

La figure 2-26 nous illustre la relation existante entre les échangeurs de chaleur **BAR-RIQUAND** et les lignes de production.

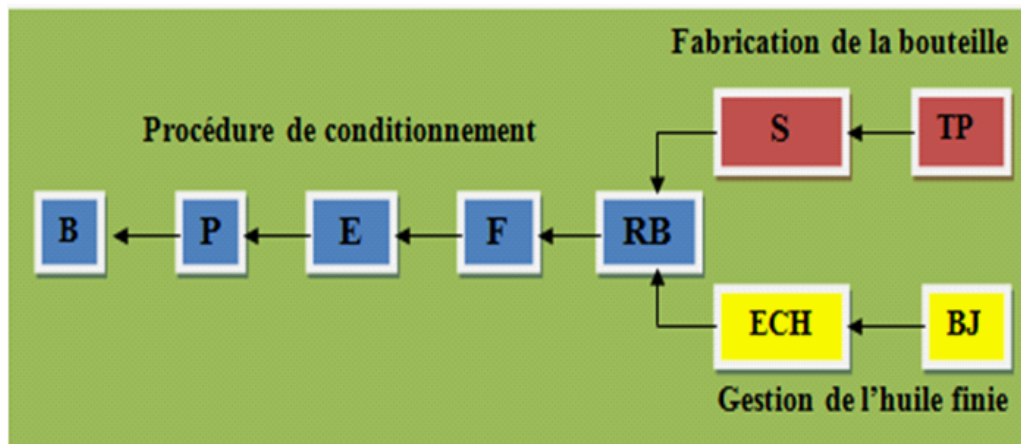


Figure 2 – 26 : Relation existante entre Remplisseuse et Bouchonneuse – Echangeur – Bouteille en préformes.

Indication

Pr: Transformation du Polyéthylène Téréphtalate en Préforme;

S: Souffleuse des préformes en bouteille;

Ba: Bacs journaliers;

ECH: Echangeur de chaleur;

F: Fardeleuse;

E: Encartonneuse;

Pa: Palettiseur;

B: Banderoleuse.

Les conditions normales de fonctionnement ne sont pas toujours permanentes. Il arrive très fréquemment de nous affronter à un problème très récurrent dans l'industrie. Il s'agit du **problème de colmatage au niveau des échangeurs de chaleur**.

2.7 Etude de la Problématique

2.7.1 Définitions

Colmatage: Réduction de la perméabilité d'un milieu poreux, par accumulation d'éléments fins apportés par l'eau ou par autres fluides, le phénomène inverse du colmatage est l'érosion.

Décolmatage: Action de réduire ou d'éliminer le colmatage d'un équipement, mobilisation et extraction des éléments fins retenus dans les parois des appareils afin d'améliorer la perméabilité.

D'une manière plus explicite, il s'agit de la restauration des caractéristiques originales et nominales d'un équipement.

Dans le cadre de cette étude, nous ne considérons que les problèmes spécifiques au colmatage des échangeurs de chaleurs à plaque, par ailleurs, il faut noter que le colmatage peut être du à d'autres équipements.

2.7.2 Causes du colmatage

L'idée la plus communément répondue est que le colmatage est dû à un phénomène essentiellement **mécanique** ou **chimique**.

Selon **HERZIG (1970)**, il est possible de distinguer deux types de filtration pour les particules en suspension : une filtration mécanique pour les grosses particules et une filtration physico-chimique pour les particules plus petites. Les deux phénomènes interviennent pour les particules de taille moyenne [18].

Les infiltrations sont dû souvent à:

Défaut d'opération

Il s'agit de l'ouverture ou de fermeture d'une vanne ou plus au niveau du collecteur pendant que les pompes de soutirage sont enclenchées. Ce qui provoque une élévation de pression au niveau de l'échangeur. Cette élévation de pression provoque un débordement, d'où confusion des fluides du circuit froid avec le circuit chaud.

Défaut d'échangeur

Les échangeurs utilisés peuvent être la cause du colmatage, cela pour des raisons différentes:

Défaut de constructeur, non respect au programme de maintenance (entretien défail-
lant) ... etc.

2.7.3 Conséquences du colmatage

Les conséquences du colmatage sont beaucoup plus techniques que commerciales.

Les conséquences techniques

Récupération de l'huile à la sortie de l'échangeur à une température supérieure à **18°C** et qui peut aller jusqu'à une température de **35°C**.

Les conséquences commerciales

Pendant le remplissage d'une bouteille de l'huile au niveau de la remplisseuse à une température de **35°C**, l'huile chaude provoque

- La déformation de la bouteille.
- Après le remplissage, la diminution de la température d'huile jusqu'à la température ambiante (**25°C**) provoque la diminution du volume d'huile. Pendant l'exportation de l'huile, le volume de l'huile occupée par la bouteille n'est pas conforme à ce qui est mentionné par l'étiqueteuse.
- Destruction du système de refroidissement et cela au niveau de l'évaporateur. Le refroidisseur sera amené à faire évaporer un solide et non pas un fluide du à la problématique.

2.7.4 Evaluation de la problématique

Le problème de colmatage est très répandu dans l'industrie, on ne peut l'éliminer d'une manière définitive mais on peut aboutir à une solution qui sera optimisée. C'est-à-dire,

elle tend à réduire le colmatage d'un côté et à préserver les équipements industriels qui sont très chers d'un autre côté.

La solution consiste à employé un seul refroidisseur (**CLAUGER**) pour remplir la tâche de refroidissement de toute l'installation. C'est-à-dire le refroidissement des souffleuses et l'huile au même temps tout en enlevant le refroidisseur (**YORK**). Cette initiative est prise en considération à cause du besoin d'un refroidisseur au niveau du service plastique et au gain de place au niveau de l'installation. **Cette solution reste à désirée à moins d'installer deux échangeurs de chaleur à plaque en parallèles afin de diminuer le risque de colmatage et d'avoir la température désirée tout en préservant les équipements industriels.**

Le schéma de la nouvelle installation est dans la figure 2-27 suivante:

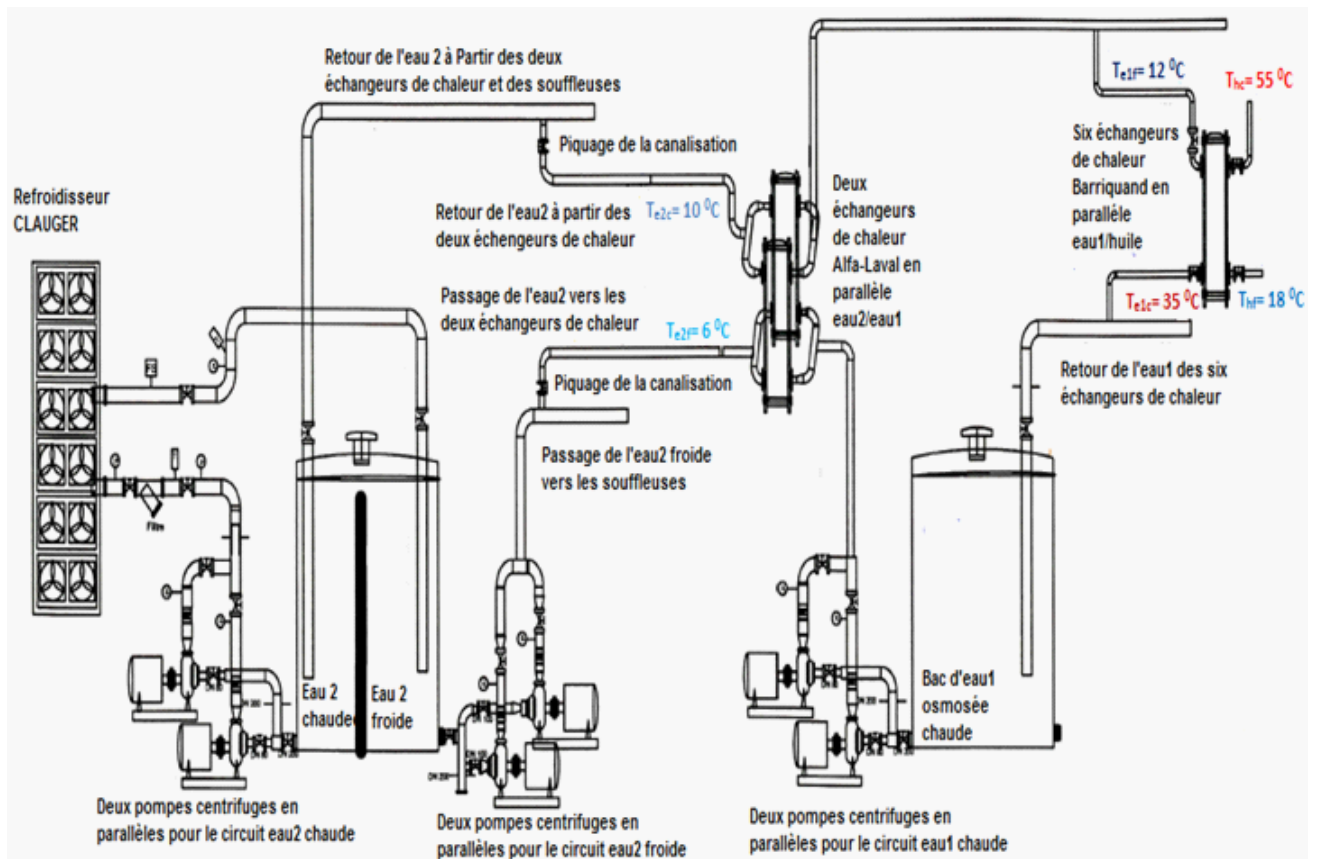


Figure 2 – 27 : Schéma de la nouvelle installation

2.8 Conclusion

La description des différentes machines de l'unité de conditionnement de l'huile a permis de faciliter la compréhension du processus de conditionnement de l'huile.

Vu l'importance industrielle des échangeurs de chaleur, il existe une diversité de types d'échangeurs et qui ont de nombreuses applications dans les différents domaines.

On s'intéressera dans cette étude qu'aux échangeurs de chaleur à plaques et joints qui sont très utilisés dans le domaine agro-alimentaire. Le chapitre suivant explique ces échangeurs en détails.

Description et dimensionnement de l'échangeur de chaleur à plaques et joints

3.1 Introduction

Les échangeurs à plaques et joints sont très demandés dans l'agro-alimentaire car leur performance dans une installation est caractérisée par la différence entre les températures de l'entrée et de la sortie du circuit. Les meilleures performances sont obtenues avec ce type d'échangeurs [18].

Ils se distinguent par une compacité remarquable due en partie à leur coefficient de transfert de chaleur élevé, une grande facilité de nettoyage et la possibilité d'ajuster leur surface d'échange à la demande.

Dans ce chapitre, on dimensionne un échangeur de chaleur à plaque et joints pour refroidir des fluides de nature eau/eau. Et cela, à l'aide de la méthode du **DTLM** et de la méthode qui sera présenté au suivant en exigeant les températures d'entrées et de sorties et la chute de pression qui est très importante du point de vue économique et technique.

3.2 Généralités sur les échangeurs

3.2.1 Utilités

- Chaque fois qu'on a besoin de réchauffer ou de refroidir un fluide à l'aide d'un autre fluide (batteries chaude ou froide, évaporateur ou condenseur, tour de refroidissement, ...etc).
- Quand deux réseaux de distribution de fluides doivent être séparés pour des problèmes sanitaires ou de corrosion (chauffe-eau solaire, géothermique, ... etc).
- Quand deux réseaux de distribution de fluides doivent être séparés pour des problèmes de pression (chauffage urbain).

3.2.2 Essai de classification

- Selon le type d'écoulement: courants parallèles de même sens ou de sens contraires, courants croisés, combinaison des deux types précédents.
- Selon les types de fluides utilisés: deux (**02**) fluides de caractéristiques thermiques voisines (eau/eau), deux fluides de caractéristiques thermiques très différentes (eau/air).
- Selon la surface d'échange: paroi matérielle (plaque, tube, ...etc), contact direct (aéroréfrigérant, tour de refroidissement).

3.2.3 Exemple d'utilisation (schéma)

Batterie chaude ou froide (serpentin)

Echange entre air et eau, gaz frigorigènes, solutions incongelables [3].

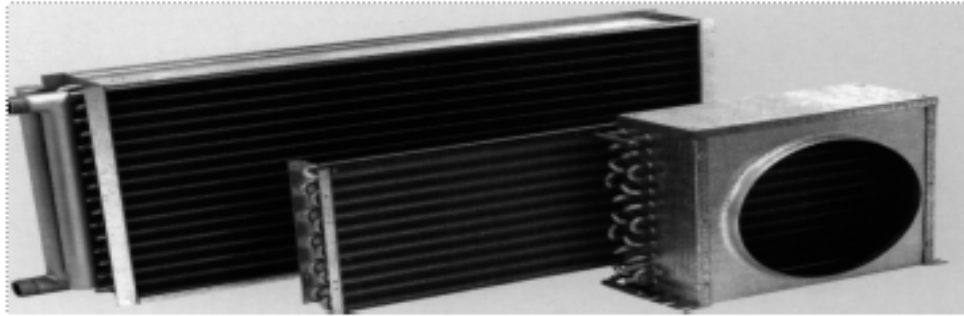


Figure 3 – 1 : Batterie chaude ou froide (serpentin)

Echangeur coaxial

Evaporateurs, condenseurs pour pompe à chaleur, conditionnement d'air et réfrigération [3].

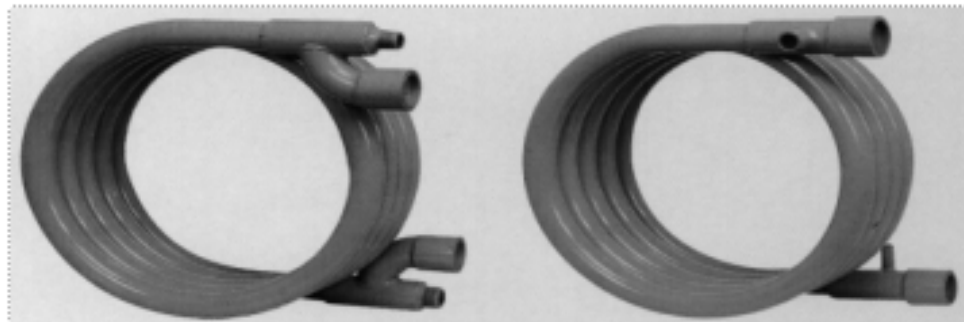


Figure 3 – 2 : Echangeur coaxial

Echangeur tubulaire

Réseaux de chaleur à eau surchauffée ou vapeur, réchauffage d'eau de piscine [3],



Figure 3 – 3 : Echangeur tubulaire

Récupérateur de chaleur air/air



Figure 3 – 4 : Récupérateur de chaleur air/air

Echangeur à plaques

Chauffage, réfrigération de chaleur dans de nombreux secteurs d'activité (chimie, pâte à papier, agro-alimentaire, chauffage urbain, ... etc) [3].



Figure 3 – 5 : Echangeur à plaques

3.2.4 Cadre de l'étude

Nous considérons ici que les échangeurs à fluides séparés ou le transfert de chaleur se fait à travers une paroi matérielle.

3.2.5 Comparaison entre un échangeur de chaleur à plaques et joints et un échangeur tubulaire

Le tableau 3-1 résume quelques caractéristiques des échangeurs à plaques et joints et tubulaires [1].

Caractéristiques	Echangeur à plaques traditionnel	Echangeur tubulaire
croisement de température ³	possible	impossible
approche de température	1°C	5°C
raccordements	dans un même plan	sur plusieurs plans
rapport des coefficients de transmission thermique	3 à 5	1
rapport des poids	1	3 à 10
volume de rétention	faible	élevé
rapport d'encombrement	1	2 à 5
soudures	aucune	appareil soudé
résistance aux vibrations	bonne résistance	sensible
détection des fuites	aisée (par l'extérieur)	difficile
temps nécessaire à l'ouverture	15 minutes avec outil pneumatique	60 à 90 minutes
réparation	joints et plaques remplaçables	implique le remplacement des tubes
modification	simple par ajout ou retrait de plaques	impossible

Tableau 3 – 1 : Comparaison entre un échangeur de chaleur à plaque et joints et un échangeur tubulaire

A partir du **tableau IV-5**, on peut clairement affirmer que les échangeurs à plaques et joints sont beaucoup plus meilleurs que les échangeurs tubulaires, ainsi dans le cadre de notre installation, nous allons employés les échangeurs à plaques et joints.

3.3 Technologie des plaques

Les plaques d'un échangeur de chaleur sont en générale en forme de chevron pour augmenter la turbulence et ménager des points d'appuis pour résister à la pression.

Leur faible épaisseur permet d'utiliser des matériaux de bonne qualité ayant une bonne tenue à la corrosion (acier inox, titane, etc.). De plus, les joints en polymères assurent un double rôle dans l'échangeur de chaleur à plaque jointé :

- ✓ Etanchéité,
- ✓ Répartition des fluides dans l'échangeur.

Parmi les techniques de fabrication des plaques d'un échangeur de chaleur, nous citons les plus répandus dans le marché.

3.3.1 Plaques à canal large

Avec des canaux de $12mm$ sans points de contact, cette plaque est idéale pour les fluides contenant des fibres ou des particules de grande taille. Chaque canal a été conçu pour éliminer le passage des solides dans la zone d'entrée.

La figure ci contre représente une plaque à canal large [25].

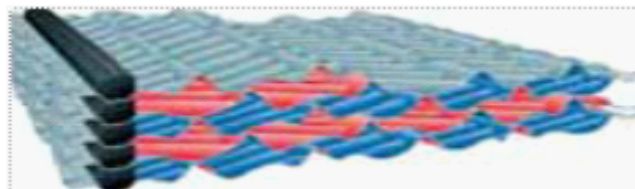


Figure 3 – 6 : Plaque à canal large [25].

3.3.2 Plaque à double paroi

Composée de plaques comprimées simultanément et soudées au laser sur le port, cette plaque est conçue pour les applications nécessitant une fiabilité totale contre le brassage. La défaillance d'une plaque entraîne une détection externe sans fuite interne. La seconde paroi assure une double barrière entre les fluides, répondant aux normes sanitaires locales

[25].

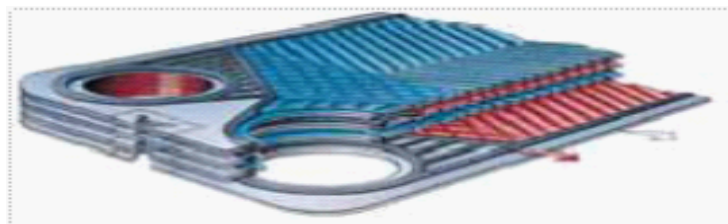


Figure 3 – 7 : Plaque à double paroi [25].

3.3.3 Plaque semi-soudée

La figure suivante présente deux plaques semi-soudée, séparés avec des joints.

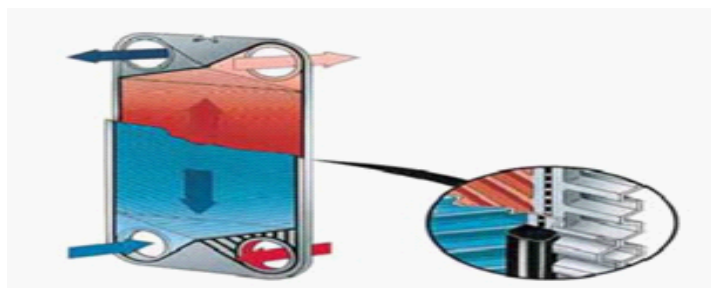


Figure 3 – 8 : Plaque semi – soudée [25].

3.3.4 Profil d'écoulement

Le profil optimisé assure une bonne répartition des fluides sur toute l'épaisseur de la plaque. Ceci conduit aux meilleurs taux de transfert de chaleur pour la plus faible perte de charge [25].

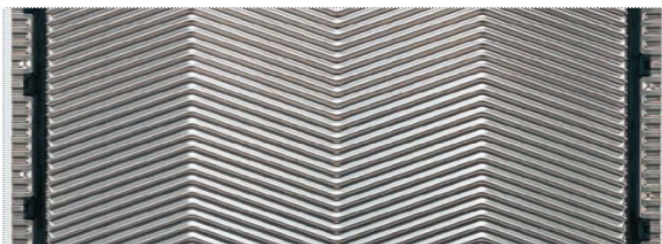


Figure 3 – 9 : Profil d'écoulement d'une plaque [25]

3.3.5 Auto centrage des plaques

Il en résulte un jeu de plaques stable et parfaitement aligné, les joints étant situés directement au dessus l'un de l'autre ce qui permet une longévité accrue [25].

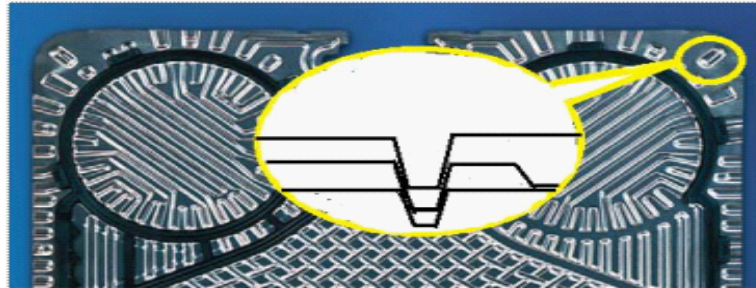


Figure 3 – 10 : Auto-centrage d'une plaque [25].

3.3.6 Joints sans colle

Le nouveau joint sans colle permet un remplacement des joints rapide et simple.

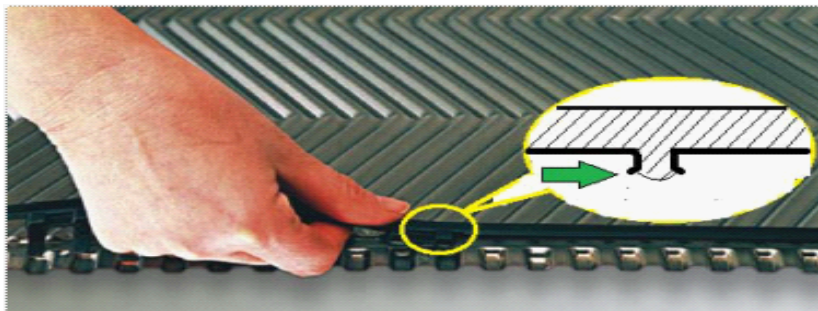


Figure 3 – 11 : Joint sans colle [25].

3.4 Technologie

Ces échangeurs sont utilisés dans les industries agro-alimentaires depuis plus de **60 ans**, mais leur développement est plus récent.

Ils se distinguent par une compacité remarquable due en partie à leur coefficient **K** élevé, une grande facilité de nettoyage et la possibilité d'ajuster leur surface à la demande.

Cet échangeur est constitué par un ensemble de plaques embouties équipées de joints et maintenues serrées entre deux **(02)** plateaux reliés par des tirants de serrage.

Les plaques sont en général en forme de chevron pour augmenter la turbulence et ménager des points d'appuis pour résister à la pression. Leur faible épaisseur permet

d'utiliser des matériaux de bonne qualité ayant une bonne tenue à la corrosion (acier inox, titane, ... etc).

Les joints en polymères assurent un double rôle:

- ✓ Etanchéité,
- ✓ Répartition des fluides dans l'échangeur.

Le même principe est utilisé pour les échangeurs à plaques brassés pour lesquels le joint est remplacé par une technique de brasage.

Le tableau **3-2** présente les domaines d'utilisation des échangeurs de chaleur à plaque et joints **Alfa-Laval**.

Fluides	Pression maxi de service	Température maxi de service	Matériaux		Coefficient d'échange eau/eau	Surface maxi d'échange par appareil	Débit maxi par fluide
			Joints	Plaques			
Liquide/liquide ou Vapeur/liquide	25 bar	150°C à 200°C selon le type de joint ²	Nitrile Viton Hypalon Téflon Néoprène	Inox Titane Titane-palladium	3500 à 7500 W/m ² K	2200m ²	3500 m ³ /h

Tableau 3 – 2 : Domaines d'utilisation des échangeurs de chaleur à plaques et joints Alfa – Laval

3.4.1 Evolutions technologiques récentes

Echangeurs tubulaire à plaques

Pour programmes asymétriques avec un rapport de débit de **2** à **1** pour des propriétés physiques et des pertes de charges identiques.

Echangeurs à plaques à canal large

Pour des liquide chargés ou très visqueux.

Echangeurs à plaques à cassettes

Pour des liquides agressifs.

Echangeurs à plaques à double paroi

Dans le cas de deux (02) fluides dont le mélange peut s'avérer dangereux.

Echangeurs à plaques en graphite « Diabon F »

Pour liquides trop agressifs pour les alliages habituels.

Echangeur à Joints sans colle

Facilitent la maintenance et minimisent les coûts d'entretien liés aux arrêts de production.

3.5 Optimisation de l'échangeur de chaleur à plaques et joints

Les échangeurs de chaleur à plaques et joints sont conçus pour optimiser le transfert de chaleur, car les plaques cannelées fournissent de loin la plus importante surface à travers laquelle la chaleur peut être transférée d'un gaz ou d'un liquide à un autre. Malgré l'importance de cette zone de transfert thermique, les échangeurs de chaleur à plaques sont généralement assez compacts.

La conception des canaux assure également une turbulence maximale lors de chaque passage de fluide, ce qui permet d'obtenir une efficacité maximale dans le transfert de chaleur d'un milieu à l'autre.

3.6 Principe de fonctionnement

Un échangeur de chaleur à plaques consiste pour l'essentiel en une série de fines plaques cannelées assemblés et/ou soudées, en fonction des liquides qui circuleront dans les plaques

et de l'éventuelle possibilité de séparer les plaques pour une raison quelconque. Les plaques sont ensuite embouties ensemble dans un bâti rigide afin de créer une circulation des flux en parallèles. L'un des fluides se déplace dans les canaux impairs, l'autre fluide dans les canaux pairs [2].

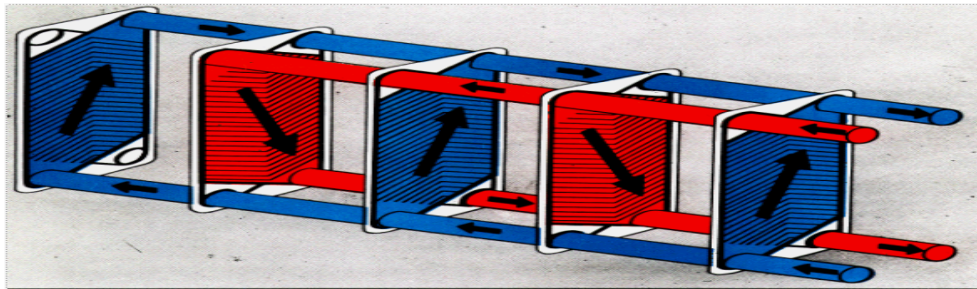


Figure 3 – 12 : Principe de fonctionnement d'un échangeur de chaleur à plaques et joints ALFA LAVAL [2]

3.6.1 Circulation latérale à travers les plaques

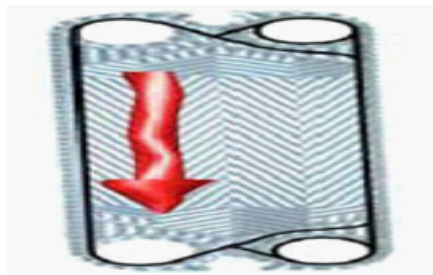


Figure 3 – 13 : La circulation latérale des fluides

3.6.2 Circulation diagonale à travers les plaques

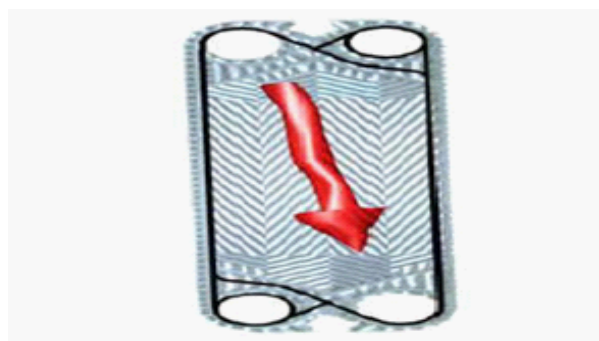


Figure 3 – 14 : La circulation diagonale des fluides

3.6.3 Nettoyage de l'échangeur

Nettoyage mécanique

On Desserre le paquet de plaques, on ôte les tirants, on déplace le fond mobile contre le pied et on fait glisser les plaques suivant des parts pour permettre de les nettoyer séparément avec une brosse ou de l'eau sous pression.

Quand vous utilisez de l'eau sous pression, les plaques doivent être posées à plat pour éviter de les abimées [25].

✓ Ne jamais utiliser de brosse métallique qui pourrait créer des amorces de corrosion des plaques.

✓ Etre prudent à ne pas endommager les joints et de s'assurer qu'ils sont en bon état avant de les remonter sur l'échangeur.

Nettoyage chimique

Le nettoyage des plaques sans démonter l'échangeur est possible. cela en Montant un système de nettoyage en place sur les orifices de l'échangeur et en faisant circuler sur chaque circuit un produit de nettoyage approprié. Faut s'assurez de la bonne tenue des plaques et des joints par rapport à ce produit [25].

3.6.4 Remplacement d'un joint ou d'une plaque

Remplacement d'un joint

On Retire la plaque de l'échangeur thermique et on ôte le joint. Si le joint pose des difficultés à s'enlever, on utilise un pistolet à air chaud au dos de la gorge pour ramollir la colle.

On Nettoie la plaque complètement. Toutes traces de vieille colle devraient être enlevées des gorges de joint. Une fois que la plaque est propre, on installe un nouveau joint comme décrit au dessus. on Installe alors la plaque à sa place d'origine [25].

Remplacement d'une plaque

On Vérifie la dénomination de la plaque (paire ou impaire) et la position du joint. La plaque de remplacement devrait avoir la même épaisseur, le modèle, la désignation et le même matériau de joint et sa position d'origine [25].

Installation de nouvelles plaques

Le nombre de plaques ou leur position peut changer pour permettre d'augmenter la surface ou la configuration interne par le changement du nombre de passe [25].

Stockage des pièces de rechanges

· Plaques

Les plaques de rechange devraient être stockées dans leur emballage d'origine et dans un local propre [25].

· Joints

Les joints devraient être stockés dans un secteur abrité de la lumière à une température entre **0°C** et **20°C**. Si les joints sont stockés à une température inférieure à **0°C** ils doivent être réchauffés à cette température avant manipulation.

Les joints devraient être stockés de préférence à plat. Si l'endroit de stockage est exigu, les joints peuvent être pliés en deux en veillant à ne pas créer de cassures. Dans tous les cas il est préférable de stocker les joints dans leur emballage d'origine [25].

· Colle

La colle devrait être stockée selon les instructions du fabricant et de la durée de vie du produit (**généralement 6 mois**) qui ne devrait pas être supérieur. Généralement la colle est stockée dans un endroit frais et sec [25].

Installation des plaques

Les plaques doivent être correctement installées pour assurer un paquet de plaques uniforme et un placement correct des joints.



Figure 3 – 15 : Assemblage des plaques [25]

Serrage manuel du paquet des plaques

Le paquet de plaques est monté contre le fond fixe. Chaque plaque est déplacée le long du rail supérieur et appuyé sur la plaque précédente. Puis, le fond mobile est alors poussé en contact avec le paquet de plaques. Le resserrement est fait sur quatre tirants. Enfin, en serrant successivement les tirants, la cote de serrage sera atteinte.

Il faut que nous ne dépassions jamais la cote minimum, sinon nous endommagerons les plaques. On préconise de serrer l'échangeur à sa cote moyenne avec des joints neufs pour maintenir l'élasticité du joint. A la cote mini, les plaques sont en contact métal sur métal. Alors les tirants restant seront installés et serrés pour assurer la même pression autour du fond [25].

Le test hydraulique

Les tests hydrauliques sont effectués pour détecter les fuites éventuelles. Si une fuite apparaît au niveau du témoin de fuite, elle peut être éliminée en resserrant l'échangeur dans la limite des cotes de serrage indiquée sur la plaque de firme. Une fuite importante est le résultat d'un mauvais montage, dans ce cas, on ne serre pas l'échangeur.

La fuite d'un joint se fait à l'extérieur ou par les témoins de fuite. Pour repérer facilement l'endroit de la fuite, on peut peindre avec de la peinture pour vérifier le joint à cet endroit, il ne peut pas y'avoir des fuites entre deux circuits sauf si le joint du passage

de turbulence est abîmé. Même une fissure sur une plaque entraînerait une fuite entre les circuits [25].

3.7 Dimensionnement de l'échangeur de chaleur à plaques

3.7.1 Hypothèses

Dans les calculs qui suivent, nous avons retenu les hypothèses suivantes :

- Pas de pertes thermiques. C'est-à-dire, la surface de séparation est la seule surface d'échange.

- Pas de changement de phase au cours du transfert de chaleur.

3.7.2 Conventions

Le fluide chaud entre à l'échangeur à la température T_{1e} et sort à T_{1s} , le fluide froid entre à T_{2e} et sort à T_{2s} .

Dans notre cas, le fluide **chaud** représente l'eau **1** et le fluide **froid** représente l'eau **2**.

3.7.3 Expression du flux échangé

Une première expression du flux de chaleur transféré dans un échangeur peut être déterminée en écrivant qu'il est égal au flux de chaleur perdu par le fluide chaud et au flux gagné par le fluide froid pendant leur traversée de l'échangeur:

$$\Phi = \dot{m}_1 C_{p1} (T_{1e} - T_{1s}) = \dot{m}_2 C_{p2} (T_{2s} - T_{2e}) \quad (1)$$

Les produits $(\mathbf{q}_{c1} = \dot{m}_1 \mathbf{C}_{p1}$ et $\mathbf{q}_{c2} = \dot{m}_2 \mathbf{C}_{p2})$ sont appelés les **débits calorifiques** des fluides chaud et froid respectivement.

Le flux de chaleur peut donc finalement s'écrire:

$$\Phi = q_{c1}(T_{1e} - T_{1s}) = q_{c2}(T_{2s} - T_{2e}) \quad (2)$$

$(T_{1e} - T_{2e})$ représente l'écart de température entre le fluide chaud et le fluide froid à l'entrée de l'échangeur. Elle notés comme suit:

$$\Delta T_e = (T_{1e} - T_{2e})$$

on écrira de même à la sortie de l'échangeur: $\Delta T_s = (T_{1s} - T_{2s})$.

L'expression précédente peut alors se mettre sous la forme suivante :

$$q_{c1}(T_{1e} - T_{1s}) = K S \left(\frac{\Delta T_s - \Delta T_e}{\ln\left(\frac{\Delta T_s}{\Delta T_e}\right)} \right) \quad (3)$$

Le premier membre de cette équation représente la puissance frigorifique Φ dans l'échangeur.

Le rapport : $\left(\frac{\Delta T_s - \Delta T_e}{\ln\left(\frac{\Delta T_s}{\Delta T_e}\right)} \right)$ est la moyenne logarithmique (**DTLM**) de la fonction ΔT entre l'entrée et la sortie de l'échangeur.

La puissance frigorifique échangée se met donc finalement sous la forme:

$$\Phi = K S \Delta T_M \quad (4)$$

Avec:

$$\Delta T_M = \frac{\Delta T_s - \Delta T_e}{\ln\left(\frac{\Delta T_s}{\Delta T_e}\right)} \quad (5)$$

3.7.4 Coefficient global d'échange

On est obligé de raisonner sur des valeurs moyennes de \mathbf{K} et de ΔT_M dans la mesure où les températures des deux fluides et le coefficient \mathbf{K} varient d'un endroit à l'autre dans

l'échangeur.

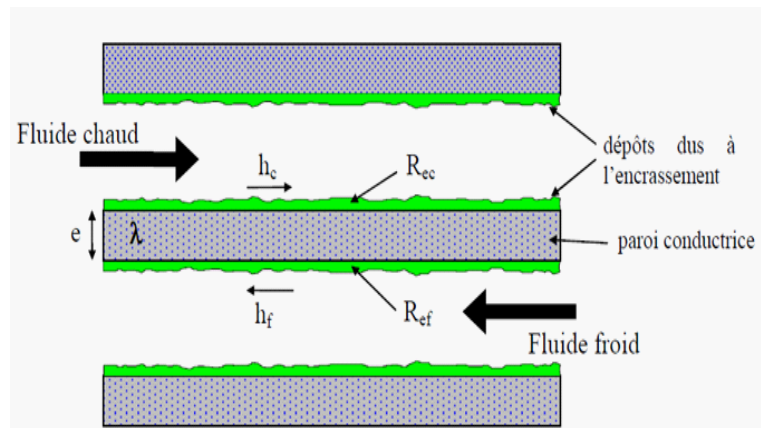


Figure 3 – 16 : Schéma de principe d'un échangeur de chaleur

Si on suppose que les transferts de chaleur entre le fluide et la paroi, d'épaisseur (e) et de conductivité (λ) se font essentiellement par convection, K peut s'écrire de la manière suivante:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_c} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_f} + R_{ec} + R_{ef} \quad (6)$$

h_c et h_f sont calculés avec les formules de convection forcées pour des températures de fluides moyennes et R_{ec} et R_{ef} sont les résistances thermiques d'encrassement dont les valeurs typiques sont données dans le tableau 3-3.

FLUIDES	Valeurs moyennes de R_{e} ($m^2 \cdot ^\circ K / W$)
Eau de mer $T < 50^\circ C$	10^{-4}
Eau de mer $T > 50^\circ C$	$2 \cdot 10^{-4}$
Eau de rivière «sale»	10 à $20 \cdot 10^{-4}$
Eau industrielle	$2 \cdot 10^{-4}$
Vapeurs non grasses	10^{-4}
Air industriel	$4 \cdot 10^{-4}$
Liquide-réfrigérant	4 à $6 \cdot 10^{-4}$

Tableau 3 – 3 : Résistances d'encrassement

Nous donnons dans le tableau 3 – 4 quelques valeurs typiques de coefficients d'échange globales.

Types de fluides	K en W/m ² .°K
Eau/eau	800-2000
Eau/huile	110-350
Vapeur/eau	1000-6000
Batterie eau/air (serpentin)	24-50

Tableau 3 – 4 : Valeurs typiques de coefficients d'échange globales

3.7.5 Nombre d'unités de transfert et efficacité

On appelle nombre d'unité de transfert noté **NUT** le rapport adimensionnel qui est égal à:

$$\mathbf{NUT} = \frac{KS}{q_c} \quad (7)$$

$$NUT_e = \frac{T_{1e} - T_{2e}}{\Delta T_M} \quad (8)$$

$$NUT_s = \frac{T_{1s} - T_{2s}}{\Delta T_M} \quad (9)$$

Le **NUT** est représentatif du pouvoir d'échange de l'échangeur. Nous allons montrer dans ce qui suit qu'il est lié à l'efficacité de l'échangeur et que son utilisation permet de simplifier les calculs de dimensionnement des échangeurs.

Dans certains cas, la méthode du **DTLM** requiert un calcul itératif. La méthode des **NUT** permet par contre le plus souvent un calcul direct.

Elle repose sur la notion d'efficacité, notée ϵ et définie de la manière suivante:

$$\epsilon = \frac{\text{Puissance réelle}}{\text{Puissance maximale}} = \frac{P}{P_{\max}} \quad (10)$$

La puissance maximale P_{\max} peut s'écrire: $P_{\max} = q_{c_{\min}} (T_{1e} - T_{2e})$

$$q_{c_{\min}} = \text{Min}(q_{c1}, q_{c2})$$

$$q_{c_{\max}} = \text{Max}(q_{c1}, q_{c2})$$

On trouve ainsi:

$$\epsilon = \frac{q_{c1}(T_{1e} - T_{1s})}{q_{c_{min}}(T_{1e} - T_{2e})} \quad (11)$$

3.7.6 Coefficient d'échange h_c et h_f

Il s'agit d'échangeurs à courants parallèles et de même sens, donc à priori leur dimensionnement ne devrait pas poser de problème particulier, en fait, il n'en est rien car très peu de fabricants donnent des informations concernant le calcul du coefficient **K**. La plupart en effet assurent eux-mêmes le dimensionnement à l'aide de logiciels propre à chaque marque.

Je vais exposer la méthode donnée par **Alfa-Laval**, seule société donnant à ce jour des informations suffisantes pour mener à bien un dimensionnement [4].

Le coefficient **K** est donné par la formule (6) dans laquelle on prendra :

$$\frac{\delta}{\lambda} = 3.10^{-5} m^2 \cdot ^\circ K/W \text{ pour une plaque en inox (valeur moyenne).}$$

h_c et h_f se calculent à partir de la formule expérimentale (12) en se fixant une perte de charge admissible ΔP :

$$\frac{h}{\lambda} P_r^{-\frac{1}{3}} = 234 \left(\frac{\rho \cdot \Delta P}{\mu^2} \right)^{0.3275} \quad (12)$$

ρ : la masse volumique en **kg/m³**.

ΔP : la perte de charge en **kPa**.

μ : la viscosité dynamique en **cP** (rappel: $1 N \cdot s/m^2 = 10^3$ centipoise).

Après avoir ainsi calculé le coefficient **K** en se fixant une perte de charge maximale admissible, le dimensionnement se fait en calculant le **DTLM** puis en utilisant l'équation (4) pour obtenir la surface d'échange. On choisit ensuite le type de plaques en respectant

les valeurs limite de débits et de **NUT** indiqués dans le tableau **3-5** suivant :

Type	Diamètre raccordements (mm)	Débit maxi eau (m ³ /h)	Nombre d'unités de transfert mini/maxi	Surface d'échange d'une plaque (1 coté) (m ²)	Surface maxi de l'échangeur (m ²)
A45	450	4000	1,5/4	2,25	1600
AX35	350	2300	2/5	2,70	1900
A35	350	2300	0,6/1,8	2	1200
AX30-B	300	1700	1/4,2	1,61	1000
A20-B	200	750	1,5/4	1,07	640
AM20	200	750	0,4/1,2	0,79	400
AM20-B	200	750	0,6/2,9	0,89	540
AK20	200	750	0,3/0,8	0,50	230
A15-B	150	400	1,2/5,5	0,75	430
AM10	100	160	0,3/1	0,43	260
A10-B	100	160	1/2,8	0,24	100

**Tableau 3 – 5 : Caractéristiques des différents modèles
d'échangeurs à plaques et joints ALFA – LAVAL [7]**

3.8 Conclusion

De nos jours, par suite de l'accroissement relatif du prix de revient de l'énergie, on recherche dans tous les cas à obtenir le rendement maximal d'une installation pour une dépense d'énergie minimale. C'est pour cette raison même l'utilisation des échangeurs de chaleur à plaques et joints est très demandée dans le secteur agro-alimentaire. Le suivant chapitre présente la résolution numérique de la méthode de dimensionnement.

Résolution numérique de la méthode de dimensionnement

4.1 Introduction

Dans le but de mener à bien ce dimensionnement, nous devons imposés des pertes de charge admissibles et les températures à l'entrée et à la sortie de chaque échangeur tout en optimisant la situation.

4.2 Données nécessaires

Fluide 1: huile **55/18°C**

Fluide 2: eau 1 **35/10°C**

Fluide 3: eau 2 **6/12°C**

Pertes de charge maxi: **1bar**.

Propriétés physiques des trois fluides:

	Huile	Eau 1	Eau 2
Masse volumique (kg/m ³)	900	997	999,1
Viscosité dynamique (kg/m.s)	31,6.10 ⁻³	92.10 ⁻⁵	98.10 ⁻⁵
Chaleur spécifique (J/kg.°C)	1105	2210	2190
Conductivité thermique (W/m.°C)	0,03821	0,598	0,593

Tableau 4 – 1 : Propriétés physiques des trois (03) fluides

4.3 Calcul

4.3.1 Le débit volumique de l'huile sur chaque ligne dans les échangeurs Barriquand (circuit primaire)

A partir du tableau 2-1, on calcul le débit d'huile maximale envoyé vers la remplisseuse.

Le débit volumique de chaque ligne de production est égale au nombre de bouteille produite par heure multiplier par le volume de la bouteille.

$$Q_v = \text{production de bouteille par heure} * \text{volume de la bouteille}$$

Application numérique:

- Première ligne:

$$Q_{vh1} = 12000 * 1 = 12000L/h$$

$$Q_{vh1} = 12m^3/h$$

- Deuxième ligne:

$$Q_{vh2} = 12000 * 1,8 = 21600L/h$$

$$Q_{vh2} = 21,6m^3/h$$

- Troisième ligne:

$$Q_{vh3} = 11000 * 2 = 22000L/h$$

$$Q_{vh3} = 22m^3/h$$

- Quatrième ligne:

$$Q_{vh4} = 5000 * 5 = 25000L/h$$

$$Q_{vh4} = 25m^3/h$$

- Cinquième ligne:

$$Q_{vh5} = 9000 * 5 = 45000L/h$$

$$Q_{vh5} = 45m^3/h$$

- Sixième ligne:

Ce qui concerne la sixième ligne, la production des bouteilles se fait par rapport à la demande. C'est-à-dire la production des bouteilles de **4L** ou bien les bouteilles de **5L**, tout dépend de la demande qui es sur le marché. Mais pour un débit maximal, on va opter à la bouteille de **5L**.

$$Q_{vh6} = 3000 * 5 = 15000L/h$$

$$Q_{vh6} = 15m^3/h$$

4.3.2 Les débits massiques de l'huile sur chaque ligne dans les échangeurs Barriquand (circuit primaire)

Le débit massique de l'huile est le produit de la masse volumique et le débit volumique

$$\dot{m}_h = \rho_h * Q_v$$

ρ_h : la masse volumique de l'huile à la température moyenne.

La température moyenne $T_m = \frac{T_{maxi} + T_{mini}}{2}$

Application numérique

$$T_m = \frac{55 + 18}{2}$$

$$T_m = 36,5^\circ C$$

$$AT = T_m, \rho_h = 900kg/m^3$$

- Première ligne:

$$\dot{m}_{h1} = \rho_h * Q_{v1}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{h1} = 900 * 12$$

$$\dot{m}_{h1} = 10800kg/h = 3kg/s$$

- Deuxième ligne:

$$\dot{m}_{h2} = \rho_h * Q_{v2}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{h2} = 900 * 21,6$$

$$\dot{m}_{h2} = 19440kg/h = 5,4kg/s$$

- Troisième ligne:

$$\dot{m}_{h3} = \rho_h * Q_{v3}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{h3} = 900 * 22$$

$$\dot{m}_{h3} = 19800kg/h = 5,5kg/s$$

- Quatrième ligne:

$$\dot{m}_{h4} = \rho_h * Q_{v4}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{h4} = 900 * 25$$

$$\dot{m}_{h4} = 22500kg/h = 6,25kg/s$$

- Cinquième ligne:

$$\dot{m}_{h5} = \rho_h * Q_{v5}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{h5} = 900 * 45$$

$$\dot{m}_{h5} = 40500kg/h = 11,25kg/s$$

- Sixième ligne:

$$\dot{m}_{h6} = \rho_h * Q_{v6}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{h6} = 900 * 15$$

$$\dot{m}_{h6} = 13500kg/h = 3,75kg/s$$

4.3.3 Les débits massiques de l'eau 1 sur chaque ligne dans les échangeurs Barriquand (circuit secondaire)

- Première ligne:

$$P_1 = \dot{m}_{h1} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf}) = \dot{m}_{e11} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\dot{m}_{e11} = \frac{\dot{m}_{h1} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf})}{C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e11} = \frac{3 * 1105 * (55 - 18)}{2210 * (35 - 10)}$$

$$\dot{m}_{e11} = 2,22 \text{ kg/s} = 7992 \text{ kg/h}$$

- Deuxième ligne:

$$P_2 = \dot{m}_{h2} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf}) = \dot{m}_{e12} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\dot{m}_{e12} = \frac{\dot{m}_{h2} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf})}{C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e12} = \frac{5,4 * 1105 * (55 - 18)}{2210 * (35 - 10)}$$

$$\dot{m}_{e12} = 3,996 \text{ kg/s} = 14385,6 \text{ kg/h}$$

- Troisième ligne:

$$P_3 = \dot{m}_{h3} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf}) = \dot{m}_{e13} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\dot{m}_{e13} = \frac{\dot{m}_{h3} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf})}{C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e13} = \frac{5,5 * 1105 * (55 - 18)}{2210 * (35 - 10)}$$

$$\dot{m}_{e13} = 4,10 \text{ kg/s} = 14785,80 \text{ kg/h}$$

- Quatrième ligne:

$$P_4 = \dot{m}_{h4} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf}) = \dot{m}_{e14} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\dot{m}_{e14} = \frac{\dot{m}_{h4} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf})}{C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e14} = \frac{6,25 * 1105 * (55 - 18)}{2210 * (35 - 10)}$$

$$\dot{m}_{e14} = 4,625 \text{ kg/s} = 16650 \text{ kg/h}$$

- Cinquième ligne:

$$P_5 = \dot{m}_{h5} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf}) = \dot{m}_{e15} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\dot{m}_{e15} = \frac{\dot{m}_{h5} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf})}{C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e15} = \frac{11,25 * 1105 * (55 - 18)}{2210 * (35 - 10)}$$

$$\dot{m}_{e15} = 8,40 \text{ kg/s} = 30243,69 \text{ kg/h}$$

- Sixième ligne:

$$P_6 = \dot{m}_{h6} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf}) = \dot{m}_{e16} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

$$\dot{m}_{e16} = \frac{\dot{m}_{h6} * C_{ph} * (T_{hc} - T_{hf})}{C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e16} = \frac{3,75 * 1105 * (55 - 18)}{2210 * (35 - 10)}$$

$$\dot{m}_{e16} = 2,77 \text{ kg/s} = 9990 \text{ kg/h}$$

4.3.4 Le débit massique total et le débit volumique total du circuit secondaire de l'échangeur de chaleur Barriquand

Le débit massique total de l'eau 1

$$\dot{m}_{e1T} = \dot{m}_{e11} + \dot{m}_{e12} + \dot{m}_{e13} + \dot{m}_{e14} + \dot{m}_{e15} + \dot{m}_{e16}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e1T} = 7992 + 14385,6 + 14785,8 + 16650 + 30243,69 + 9990$$

$$\dot{m}_{e1T} = 94047,09 \text{ kg/h} = 26,12 \text{ kg/s}$$

Le débit volumique total de l'eau 1

$$\dot{m}_{e1T} = \rho_h * Q_{ve1T}$$

$$Q_{ve1T} = \frac{\dot{m}_{e1T}}{\rho_{e1}}$$

Application numérique

$$Q_{ve1T} = \frac{94047,09}{998,2}$$

$$Q_{ve1T} = 94,21 \text{ m}^3/\text{h} = 0,02617 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.5 Le débit massique total et le débit volumique total du circuit primaire des échangeurs ALFA LAVAL (coté eau 2)

Le débit massique total de l'eau 2

$$P_{FT} = \dot{m}_{e1T} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{2s}) = \dot{m}_{e2T} * C_{pe2} * (T_{2e} - T_{2s})$$

$$\dot{m}_{e2T} = \frac{\dot{m}_{e1T} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{2s})}{C_{pe2} * (T_{2e} - T_{2s})}$$

Application numérique

$$\dot{m}_{e2T} = \frac{26,12 * 2210 * (35 - 10)}{2190 * (12 - 6)}$$

$$\dot{m}_{e2T} = 109,82 \text{ kg/s} = 395378,08 \text{ kg/h}$$

Le débit volumique total de l'eau 2

$$Q_{ve2T} = \frac{\dot{m}_{e2T}}{\rho_{e2}}$$

Application numérique

$$Q_{ve2T} = \frac{395378,08}{999,1}$$

$$Q_{ve2T} = 395,73 \text{ m}^3/\text{h} = 0,10992 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.6 La puissance frigorifique total

$$P_{FT} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

$$P_{FT} = (\dot{m}_{e11} + \dot{m}_{e12} + \dot{m}_{e13} + \dot{m}_{e14} + \dot{m}_{e15} + \dot{m}_{e16}) * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

$$P_{FT} = \dot{m}_{e1T} * C_{pe1} * (T_{1e} - T_{1s})$$

Application numérique

$$P_{FT} = 26,12 * 2210 * (35 - 10)$$

$$P_{FT} = 1443130 \text{ W} = 1443,13 \text{ kW}$$

Pour pouvoir faire un bon dimensionnement, on doit choisir des valeurs extrêmes sur chaque grandeur variante et pour cela, on pose que la perte de charge au niveau du circuit eau 1 est plus qu'élevée. C'est-à-dire ($\Delta P_{e1} = 1 \text{ bar}$).

4.3.7 La perte de charge du circuit eau 2 (ΔP_{e2}) dans l'échangeur à installer

$$\Delta P_{e2} = \Delta P_{e1} * \left(\frac{Q_{ve2}}{Q_{ve1}} \right)^2$$

Application numérique

$$\Delta P_{e2} = 105 * \left(\frac{395,73}{94,21} \right)^2$$

$$\Delta P_{e2} = 17,64428 * 10^5 \text{ Pa}$$

4.3.8 Les coefficients de convection h_1 et h_2 dans l'échangeur Alfa Laval

D'après l'équation (6):

$$\frac{h}{\lambda} P_r^{-\frac{1}{3}} = 234 \left(\frac{\rho \cdot \Delta P}{\mu^2} \right)^{0,3275}$$

D'où:

$$\frac{h_{e1}}{\lambda_{e1}} * P_{r1}^{-\frac{1}{3}} = 234 * \left(\frac{\rho_{e1} \cdot \Delta P_{e1}}{\mu_{e1}^2} \right)^{0,3275}$$

$$h_{e1} = \frac{234 * \lambda_{e1}}{P_{r1}^{-\frac{1}{3}}} * \left(\frac{\rho_{e1} \cdot \Delta P_{e1}}{\mu_{e1}^2} \right)^{0,3275}$$

$$\frac{h_{e2}}{\lambda_{e2}} * P_{r2}^{-\frac{1}{3}} = 234 * \left(\frac{\rho_{e2} \cdot \Delta P_{e2}}{\mu_{e2}^2} \right)^{0,3275}$$

$$h_{e2} = \frac{234 * \lambda_{e2}}{P_{r2}^{-\frac{1}{3}}} * \left(\frac{\rho_{e2} \cdot \Delta P_{e2}}{\mu_{e2}^2} \right)^{0,3275}$$

On calcul tout d'abord Prandtl de l'eau 1 et l'eau 2:

$$P_{r1} = \frac{\mu_{e1} * C_{pe1}}{\lambda_{e1}}$$

$$P_{r2} = \frac{\mu_{e2} * C_{pe2}}{\lambda_{e2}}$$

Application numérique:

$$P_{r1} = \frac{92 * 2210}{100000 * 0,598}$$

$$P_{r1} = 3,40$$

$$P_{r2} = \frac{98 * 2190}{100000 * 0,593}$$

$$P_{r2} = 3,61$$

$$h_{e1} = \frac{234 * 0,598}{3,40^{-\frac{1}{3}}} * \left(\frac{998,2 * 100}{0,92^2} \right)^{0,3275}$$

$$h_{e1} = 9639,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

$$h_{e2} = \frac{234 * 0,593}{3,61^{-\frac{1}{3}}} * \left(\frac{999,1 * 17,64428 * 100}{0,98^2} \right)^{0,3275}$$

$$h_{e2} = 23960,06 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

4.3.9 Le coefficient d'échange global K

$\frac{e}{\lambda} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$ pour une plaque en inox (valeur moyenne).

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{e1}} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_{e2}} + R_{ed} + R_{ef}$$

$$R_{ec} + R_{ef} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$$

$\frac{e}{\lambda} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$ pour une plaque en inox (valeur moyenne).

Application numérique

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{9639,16} + 3 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{23960,48} + 4 \cdot 10^{-4}$$

$$K = 1737,58 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°K}$$

4.3.10 Le DTLM

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_s - \Delta T_e}{\ln\left(\frac{\Delta T_s}{\Delta T_e}\right)}$$

$$\Delta T_s = (T_{1s} - T_{2s})$$

$$\Delta T_e = (T_{1e} - T_{2e})$$

Application numérique

$$\Delta T_{LM} = \frac{(35-6) - (12-10)}{\ln\left(\frac{35-6}{12-10}\right)}$$

$$\Delta T_{LM} = 10,09 \text{ °C}$$

4.3.11 La surface d'échange

$$P = K S \Delta T_{LM}$$

$$S = \frac{P}{K \cdot \Delta T_{LM}}$$

Application numérique:

$$S = \frac{1443130}{10,09 \cdot 1737,58} = 1443130 / (10,09 \cdot 1737,58)$$

$$S = 82,31 \text{ m}^2$$

Pour calculer le nombre de plaques, il faut ensuite déterminer le type d'échangeur de chaleur correspondant aux valeurs maxi de débit ($591,06 \text{ m}^3/\text{h}$) et de NUT.

4.3.12 Le NUT

$$NUT_{mini} = \frac{K*S}{q_{c,maxi}}$$

$$NUT_{maxi} = \frac{K*S}{q_{c,mini}}$$

Application numérique

$$NUT_{mini} = \frac{1737,58*82,31}{109,82*2190}$$

$$NUT_{mini} = \mathbf{0,59466}$$

$$NUT_{maxi} = \frac{1737,58*82,31}{26,12*2210}$$

$$NUT_{maxi} = \mathbf{2,477}$$

A partir du tableau **3-5**, on peut déduire les caractéristiques de l'échangeur adéquat à cette installation.

Type d'échangeur : AM20-B ;

Diamètres de raccordement : 200mm ;

Débit maxi: 750m³/h

Surface d'échange d'une plaque (1 côté): 0,89m² ;

Surface maxi de l'échangeur: 540m² ;

4.3.13 L'efficacité de l'échangeur

$$\epsilon = \frac{q_{c1}*(T_{1e}-T_{1s})}{q_{c,mini}*(T_{1e}-T_{2e})}$$

Application numérique

$$\epsilon = \frac{26,12*2210*(35-10)}{26,12*2210*(35-6)}$$

$$\epsilon = \mathbf{0,862}$$

4.3.14 Déduction du nombre de plaques nécessaires

Comme chaque plaque fait 0,89m², il faut $\frac{82,31}{0,89} = 92,48$ soit **93** plaques de surface d'échange auxquelles il faut rajouter les deux (**02**) plaques terminales.

La solution est échangeurs de type AM20-B à 95 plaques.

4.4 Conclusion

Le dimensionnement de l'installation nous a démontré l'intérêt et l'utilité de l'insertion de l'échangeur de chaleur Alfa-Laval mais son fonctionnement manuel diminue son efficacité en cas de panne ou de colmatage, c'est ce qui nous pousse à son automatisation.

En terme de dimensionnement un seul échangeur est suffisant, mais en terme d'assurance de la continuité de la production, on doit insérer deux échangeurs de même types et de caractéristiques de tel sorte qu'un seul soit fonctionnel et l'autre soit en stand-by en cas de risque de colmatage.

Automatisation des deux échangeurs de chaleur Alfa-Laval

5.1 Introduction

Avec l'évolution de la technologie, les exigences attendues de l'automatisation sont très importantes. Elle doit assurer l'augmentation de la productivité, l'amélioration de la qualité et la diminution des coûts de production. En plus de cela, elle doit garantir également l'amélioration des conditions de travail, la sécurité, la sûreté de fonctionnement et la suppression des tâches pénibles ou répétitives. Pour répondre à toutes ces exigences dans l'installation présentée précédemment, la mise en place d'un automate programmable est nécessaire afin d'assurer une bonne gestion de conditionnement d'huile.

5.2 Automate programmable

Un automate programmable est un appareil électrique spécialisé par la commande et la surveillance en temps réel des processus industriels. Elle exécute une suite d'instruction introduite dans ses mémoires sous forme de programme, soit par une console de programmation ou un micro-ordinateur. Actuellement dans le marché mondial, il existe

plusieurs types d'automates programmables qui se différencient par des caractéristiques techniques. Parmi lesquels on cite : SCHNEIDER, OMRON, PCD1, SIEMENS, TELEMECANIQUE ...etc. Et comme notre travail s'effectue sur un automate programmable de type SIEMENS, donc une description lui sera consacrée [11], [20].

5.3 API SIEMENS

SIEMENS est l'une des sociétés très connues dans le domaine de la fabrication des automates programmables. Elle a développé plusieurs types d'API. Les plus connus sont la famille *S5 (STEP5)* et la famille *S7 (STEP7)*. Parmi les **S5**, il y'a **S5 – 90U**, **S5 – 100U**, **S5 – 115U**, **S5 – 135U** et **S5 – 155U**. En ce qui concerne les **S7**, SIEMENS a développé d'autres nouvelles générations : **S7 – 200**, **S7 – 300** et **S7 – 400** [14].

5.3.1 Spécificités de l'APIS7 – 300

Le **S7 – 300** est l'automate conçu pour des solutions dédiées au système manufacturier et constitue à ce titre une plate-forme d'automatisation universelle pour des applications avec des architectures centralisées et décentralisées. L'innovation est permanente et se manifeste par exemple dans le développement continu de la gamme **CPU** avec entre autre de nouveaux modèles orientés sécurité, motion contrôle ou avec interface **Ethernet/PROFINet** intégrée.

Le **S7-300** trouve des applications dans des industries comme l'automobile, la construction **OEM** (Original Equipment Manufacturer), l'emballage, l'agro-alimentaire et la plasturgie. Il peut également s'intégrer dans des solutions compactes avec **HMI** (Interface Homme – Machine) ou dans de têtes des stations pour le traitement intelligent décentralisé [5], [22].

Gamme de modules

Le SIMATIC **S7 – 300** est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme de modules suivants:

▲ Unités centrales (**CPU**) de capacités différentes avec entrées/sorties intégrées (ex : CPU314C) ou avec interface PROFIBUS intégrée (ex : CPU315-2DP).

▲ Module d'alimentation **PS** (Power Supply), pour la conversion des tensions réseaux alternatives ou continues en tension **5V** ou **24V**.

▲ Modules de Signaux **SM** pour entrées et sorties numériques et analogiques.

▲ Modules de Fonction **FM** assurant des fonctions de positionnement, régulation et comptage.

▲ Les modules **CP** (Port de Communication) permettant de raccorder une **CPU** aux différents réseaux.



Figure 5 – 1 : API

Choix de l'automate S7-300

▲ Il est d'une gamme étoffée de modules pour l'adaptation optimale de la tâche d'automatisation qu'on va réaliser.

▲ Extension sans perturbations lorsque l'ampleur de la tâche augmente en raison des extensions prévues pour l'unité.

▲ Souplesse d'utilisation, grâce à la simplicité de réalisation d'architecture décentralisées et aux multiples possibilités de mettre en réseau (MPI, PROFIBUS-DP), pour l'envoi d'information sur l'état des échangeurs (température) vers la remplisseuse.

Configuration matérielle

Choix de la CPU La **CPU** qu'on a choisi est la **CPU 315-SDP**. Elle dispose d'une mémoire de programmation de capacité moyenne à grande extension ainsi d'une interface **PROFIBUS-2DP** maître/esclave. Donc elle est destinée aux automatismes mettant en

œuvre des structures de périphérique centralisée et décentralisée. Ainsi que l'interface multipoint **MPI** qui est un port de communication intégré de tous les SIMATIC **S7-300**, il permet la mise en réseau de l'automate.

Notre intérêt au choix de cette **CPU** est de pouvoir réaliser une communication par profibus avec les bacs journaliers pour l'envoi d'information sur l'état de remplissage de la remplisseuse plus la liaison de l'automate au **PC** de la supervision [9].

Coupleur Le nombre de modules utilisé nécessite l'utilisation d'un deuxième châssis pour pouvoir placer tous les modules. Pour coupler les profilés support/châssis de base d'extension dans **STEP 7**, nous plaçons les modules de couplage correspondant à l'emplacement **3** de chacun des profilés support. Le module de couplage correspondant à l'extension d'un profilé support est l'IM **365**.

5.4 API dans son environnement

Dans le cadre d'une évolution conduisant à une automatisation de plus en plus globale, l'automate est de moins en moins acheté. Et même si c'est le cas, il doit pouvoir se connecter à d'autres matériels à processeur et dialoguer avec les agents d'exploitation. Il faut donc se pencher sur ses liens avec son environnement et les fonctions qu'il doit assurer, outre son rôle premier de commande d'un dispositif de production.

5.4.1 Besoins de communication

L'**API** ne se borne pas à communiquer avec les processeurs qu'il pilote via ses modules d'E/S. Parmi les autres types de relations susceptibles d'être assurées, nous citerons seulement:

- ✓ La communication avec un opérateur par un pupitre de contrôle ou un terminal industriel;
- ✓ L'affichage local de valeurs numériques ou de message;
- ✓ Les échanges d'informations avec d'autres API ou systèmes de commande;

- ✓ Les échanges d'informations avec des capteurs et actionneurs intelligents;
- ✓ Les échanges d'informations avec une supervision;
- ✓ Les échanges d'informations avec un processeur maître, ou au contraire, avec des esclaves dans le cadre d'un réseau.

5.4.2 Outils de communication

Eléments de saisie d'information

Il s'agit d'outils simples et robustes, mais limités à une faible quantité d'information par exemple les boutons poussoirs, (ordres de marche, d'arrêts d'urgences ou sélection des échangeurs).

Eléments transmettant des informations

Voyants, alarmes sonores et afficheurs sept (**07**) segments.

Terminaux industriels

Ils permettent une communication homme-machine plus large que précédemment, et ce dans les deux sens (clavier alphanumérique, écran à affichage graphique, etc.). La supervision dont le rôle dépasse largement la communication entre **API** et opérateur, car il concerne l'ensemble du système automatisé de production, mais le poste de supervision n'en constitue pas moins un outil de communication à distance pour recevoir des informations de l'automate, lui donner des ordres (la supervision n'échangeant pas directement avec les capteurs et les actionneurs), voir changer certains de ses paramètres. La supervision se compose d'un logiciel spécialisé **WINCC**, d'un clavier opérateur, d'un écran [5].

5.4.3 Réseaux

Différents réseaux sont proposés en fonction des exigences de la communication industrielle, ils sont listés ci après de performance croissante:

- MPI
- PROFIBUS
- Industriel Ethernet

MPI

Le réseau MPI (**Multi Point Interface**) est utilisé pour les interconnexions de faible étendue aux niveaux terrain et cellule. Il ne peut cependant être utilisé qu'avec les automates SIMATIC S7. Celle-ci a été conçue comme interface de programmation, elle atteint rapidement ses limites lorsque les exigences de la communication sont sévères [8].

PROFIBUS

Le réseau PROFIBUS (**PROcess FIEld BUS**) est un réseau conçu pour les nouvelles cellules et terrains. C'est un système de communication ouvert (non propriétaire), il est utilisé pour transmettre des volumes de données petits et moyens entre un nombre restreint de correspondant, ce type de communication est caractérisé par un échange de données cycliques rapides [8].

Ethernet industriel

Ethernet industriel est un réseau pour les nouvelles cellules et supervision, il permet l'échange de grandes quantités de données sur de longues distances entre un grand nombre de station. Il nécessite peu de manipulation de configuration aisément extensible [8].

5.5 Cahier de charge

Deux échangeurs eau-eau (**échangeur A et échangeur B**) de mêmes types et de caractéristiques sont placés en parallèles, ils ont pour objectif de refroidir l'huile et ça pour un bon conditionnement. Durant tout le processus de fonctionnement, qu'il soit dans les bonnes ou mauvaises conditions, un seul échangeur de chaleur qui sera fonctionnel, l'autre échangeur reste toujours en réserve en cas de risque de colmatage.

La figure IV-2 nous illustre la façon et le comportement thermique de cette installation.

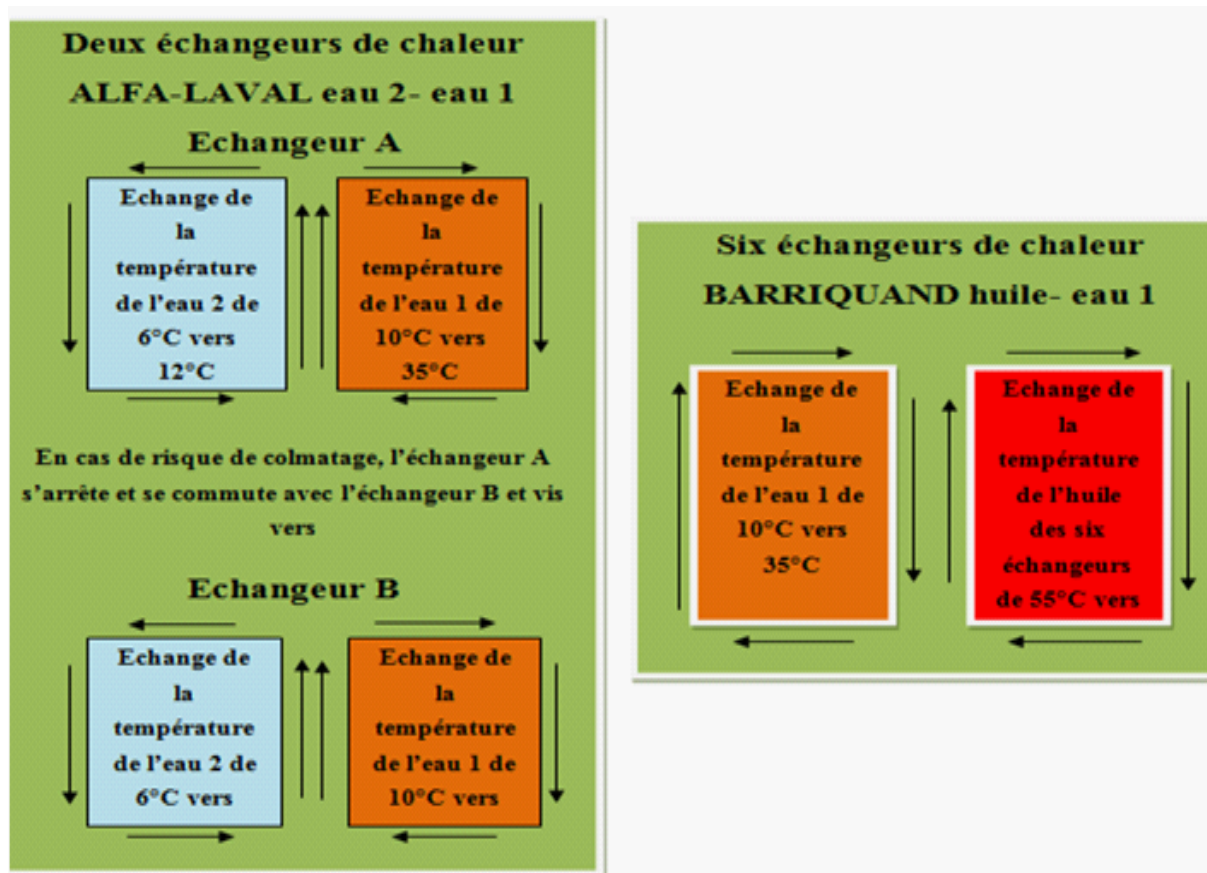


Figure 5 – 2 : Comportement thermique de l'installation

Afin de pouvoir faire une bonne automatisation et une continuité de service, on a sollicité d'installer trois capteurs et qui sont ; le capteur de pression différentiel (**CPD**), le capteur de température (**CT**) et le capteur inductif (**CI**).

Capteur de pression différentielle Le capteur de pression différentielle fournit la mesure de la différence entre deux pressions sous la forme d'une indication visuelle ou d'un signal électrique.

Ces capteurs seront intégrés dans nos échangeurs afin d'évaluer la perte de pression sur chaque circuit (primaire et secondaire).

Grâce à un tel dispositif, on peut régler ce capteur à un seuil auquel il ne faut surtout pas dépasser. Dans le cadre de notre étude, on règle ce capteur à un seuil de **5000 pascal**.

Capteur de température Partout dans la technologie du process, notamment dans l'industrie agro-alimentaire, les détecteurs de température doivent posséder une conception aseptique. La mesure de température avec un contact ou avec un fluide doit répondre à ces exigences par des modèles correspondants. Dans notre cas, on utilisera que quatre capteurs de température qui seront placés sur l'échangeur **A**. L'échangeur **B** a les mêmes températures que l'échangeur **A** en raison du même parcours que fait le fluide.

Capteur inductif Les capteurs inductifs sont employés afin de nous renseigner sur les positions des vannes de ces échangeurs de chaleur (ouverture ou fermeture TOR).

L'échangeur **A** démarre et rencontre dans son chemin les trois types de capteur. Si la différence de température du circuit primaire de cet échangeur ne dépasse pas **6°C ET** celle de son circuit secondaire ne dépasse pas **25°C ET** la pression différentielle coté primaire et secondaire ne dépasse pas **5000 Pa** alors l'échangeur **A** ne s'arrête pas de fonctionner.

Si l'échangeur **A** ne s'arrête pas de fonctionner c'est-à-dire qu'il n'est pas colmaté.

Pour que l'échangeur **A** s'arrête de fonctionner et se commute avec l'échangeur **B**, il faut que la différence de température de son circuit primaire dépasse **6°C OU** la différence de température de son circuit secondaire dépasse **25°C OU** la pression différentielle dépasse les **5000 Pa**, que ce soit dans son circuit primaire **OU** secondaire.

Procédure de commutation (échangeur A vers échangeur B)

- ▲ Fermeture des quarts vannes de l'échangeur **A**;
- ▲ Ouverture des quatre vannes de contrôle de débit;
- ▲ Ouverture des quatre vannes de l'échangeur **B**.

Ainsi la procédure de commutation est achevée en arrêtant tout simplement le fonctionnement de l'échangeur **A** et en démarrant l'échangeur **B**.

Durant le fonctionnement de l'échangeur **B**, on propose de faire une maintenance corrective pour l'échangeur **A** afin de toujours garantir la continuité du service et de diminuer le risque de l'arrêt de production.

Pour que l'échangeur **B** s'arrête de fonctionner et se commute avec l'échangeur **A**, il faut que la différence de température de son circuit primaire dépasse **6°C OU** la différence

de température de son circuit secondaire dépasse **25°C** OU la pression différentielle dépasse les **5000 Pa**, que ce soit dans son circuit primaire OU secondaire.

Procédure de commutation (échangeur B vers échangeur A)

- ▲ Fermeture des quatre vannes de l'échangeur B;
- ▲ Ouverture des quatre vannes de contrôle de débit.
- ▲ Ouverture des quatre vannes de l'échangeur A.

La procédure de commutation est ainsi achevée en arrêtant tout simplement le fonctionnement de l'échangeur B et en démarrant l'échangeur A.

Les schémas suivants nous illustrent le bon fonctionnement, le défaut et la procédure de commutation des deux échangeurs.

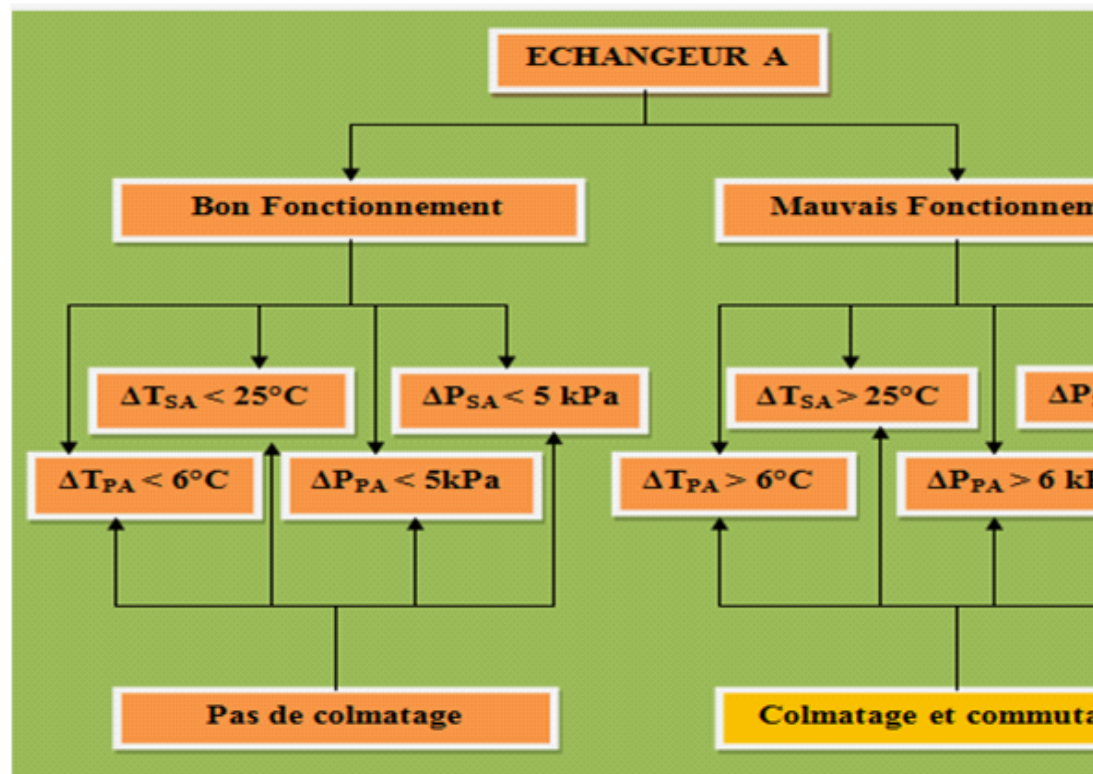


Figure 5 – 3 : Bon et mauvais fonctionnement de l'échangeur A

Indication

ΔT_{PA} : Différence de température entre l'entrée et la sortie du circuit primaire de l'échangeur A.

ΔT_{SA} : Différence de température entre l'entrée et la sortie du circuit secondaire de l'échangeur A.

ΔP_{PA} : Différence de pression entre l'entrée et la sortie du circuit primaire de l'échangeur A.

ΔP_{SA} : Différence de pression entre l'entrée et la sortie du circuit secondaire de l'échangeur A.

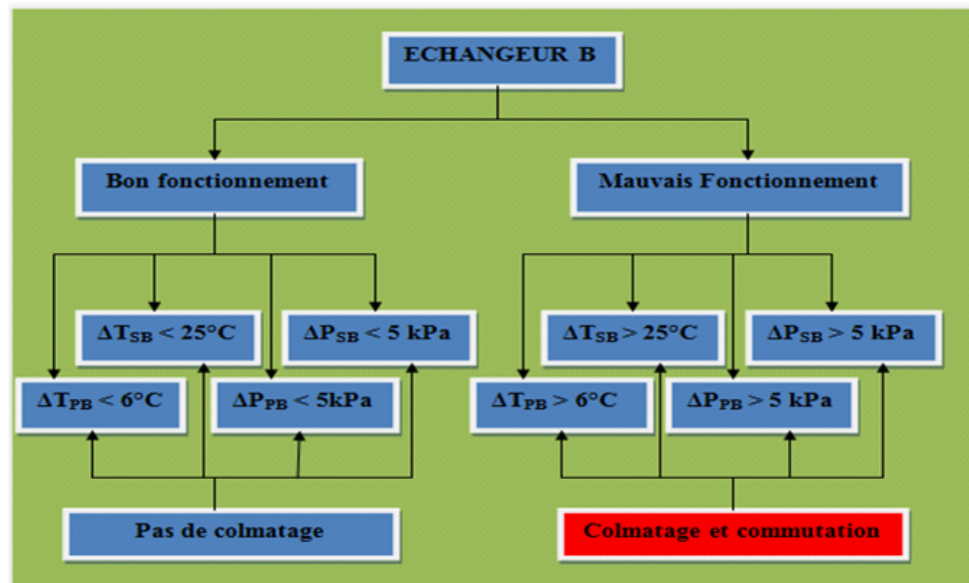


Figure 5 – 4 : Bon et mauvais fonctionnement de l'échangeur B

Indication

ΔT_{PB} : Différence de température entre l'entrée et la sortie du circuit primaire de l'échangeur B.

ΔT_{SB} : Différence de température entre l'entrée et la sortie du circuit secondaire de l'échangeur B.

ΔP_{PB} : Différence de pression entre l'entrée et la sortie du circuit primaire de l'échangeur B.

ΔP_{SB} : Différence de pression entre l'entrée et la sortie du circuit secondaire de l'échangeur

B.

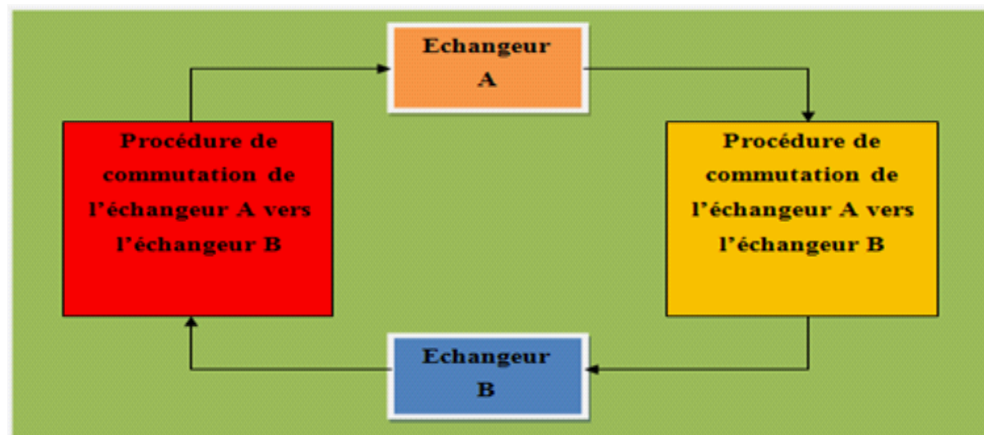


Figure 5 – 5 : Les procédures de commutation

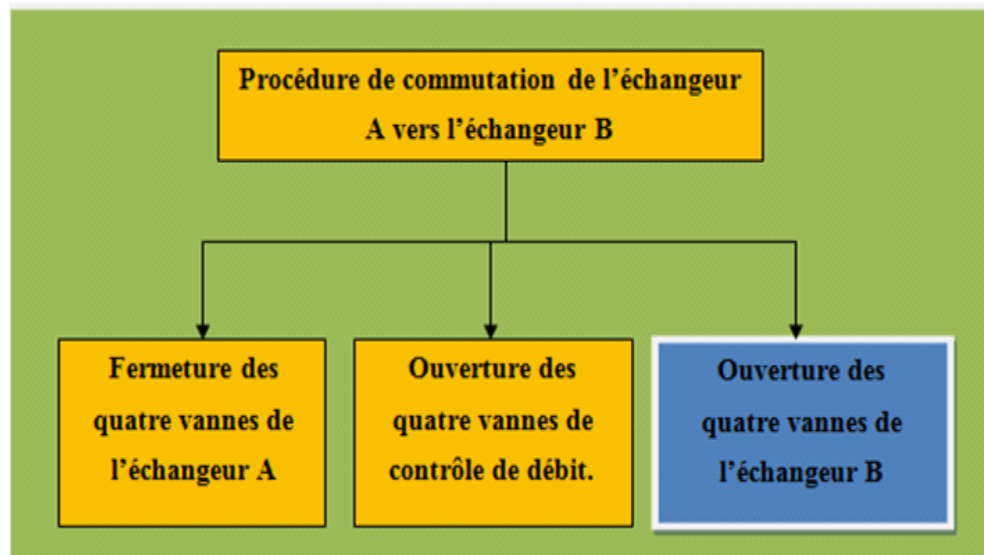


Figure 5 – 6 : Procédure de commutation de l'échangeur A vers l'échangeur B

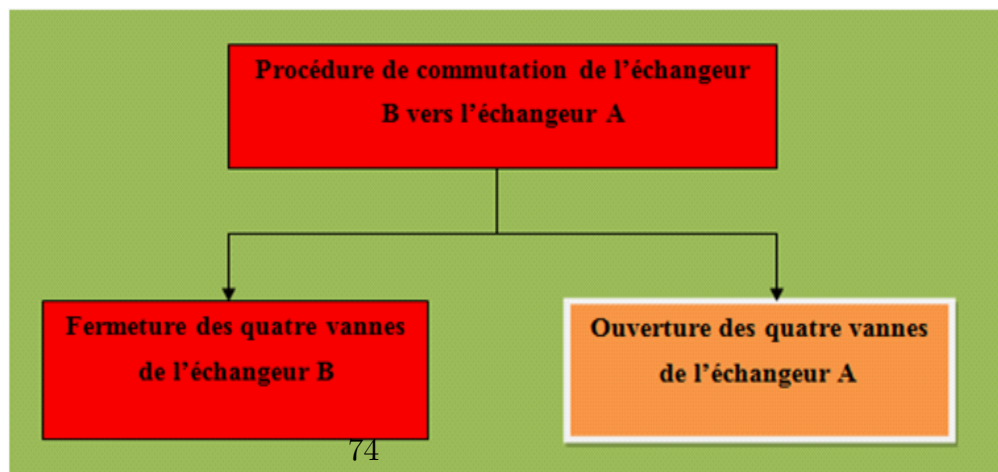


Figure 5 – 7 : Procédure de commutation de l'échangeur B vers l'échangeur A

5.6 Logiciel STEP 7

Le STEP 7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le progiciel de base STEP 7 existe selon plusieurs versions.

5.6.1 Description des blocs de programmation

Bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB1)

Le traitement de programme cyclique constitue le traitement normal pour les automates programmables. Le système d'exploitation appelle l'**OB1** cycliquement et déclenche ainsi le traitement cyclique du programme utilisateur.

Fonction (FC)

Une fonction est un bloc de codes sans mémoire, c'est-à-dire sans données statiques. Elle permet la transmission de paramètres dans le programme utilisateur.

Bloc de données (DB)

Un bloc de données (**DB**) est une zone de données dans un programme utilisateur qui contient des données utilisateur. Il existe des blocs de données globaux accessibles par tous les blocs de codes (fonction), et des blocs de données d'instance associés à un appel particulier de blocs fonctionnels. Contrairement à tous les autres blocs, les blocs de données ne contiennent pas d'instructions.

Bloc fonctionnel (FB)

Un bloc fonctionnel est un bloc de code avec mémoire, c'est-à-dire avec données statiques. Il permet la transmission de paramètres dans le programme utilisateur. Pour cette raison, les blocs fonctionnels conviennent à la programmation de fonctions complexes à caractère répétitif, telles que les régulations, la sélection de mode de fonctionnement. Un bloc fonctionnel disposant d'une mémoire (le bloc de données d'instance), l'accès à

ses paramètres (par exemple sorties) est possible à tout moment et à toute position du programme utilisateur.

5.6.2 WinPLC7-V4

L'application de simulation de modules WinPLC7-V4 permet d'exécuter et de tester le programme que nous simulons dans notre ordinateur ou notre console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP 7, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel API [9].

WinPLC7-V4 dispose d'une interface simple nous permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme. Par exemple, la table des variations (VAT).

5.6.3 Etats de fonctionnement de la CPU

Etat de marche (RUN-P)

La CPU exécute le programme tout en nous permettant de le modifier, de même que ses paramètres, afin de pouvoir utiliser les applications S7.

Etats de marche (RUN)

Lorsque la CPU se trouve à l'état de marche, nous pouvons charger les objets, ainsi utiliser les fenêtres créées dans Win PLC7 pour modifier des données sollicitées par le programme.

Etats d'arrêt (STOP)

La CPU n'exécute pas le programme mais nous pouvons le charger, les sorties ne prennent pas de valeurs prédéfinis, en revanche, elles conservent l'état auquel elles étaient lors du passage à l'état d'arrêt.

Indicateurs de la CPU

La fenêtre CPU dispose d'une série d'indicateurs qui correspond aux voyants de signalisation sur une CPU réelle :

SF (erreur système)

Nous avertit que la CPU a détecté une erreur système, entraînant un changement d'état de fonctionnement.

DP (périphérie décentralisée ou E/S éloignées)

Indique l'état de la communication avec les E/S.

DC (alimentation)

Indique si la CPU se trouve sous ou hors tension.

RUN

Indique que la CPU se trouve à l'état de marche.

STOP

Indique que la CPU se trouve à l'état d'arrêt [9].

5.7 Conclusion

Les raisons qui expliquent la popularité croissante des **API** sont nombreuses. Nous indiquons ici les principales: l'**API** est flexible. Comme il est programmable, la modification de sa tâche est facile. Par contre, avec les systèmes de commande à relais réels, toute modification des raccordements comporte un risque élevé d'erreurs de branchement. La flexibilité de l'**API** est telle que lorsqu'un procédé n'est plus requis, on peut le démonter et réinstaller pour commander un autre procédé complètement différent. Ceci est

impossible avec une armoire de commande à relais. L'**API** est beaucoup moins encombrant que l'armoire de commande à relais qui remplace par exemple, une unité centrale de traitement d'environ $0,1\text{m}^3$ et remplace des centaines de relais de commande et tout le câblage qui relie leurs contacts. De plus, l'**API** consomme beaucoup moins d'énergie et son fonctionnement est silencieux en raison d'absence de pièces mobiles à son intérieur. La fermeture et l'ouverture des contacts des relais, bien qu'elles sont rapides mais elles nécessitent un certain temps. Dans certaines applications où la séquence qui sont aléatoire, elles sont très difficiles à diagnostiquer, mais l'**API** élimine ces problèmes. L'utilisation du grafcet permet de faciliter la modalisation des processus et ces diverses séquences.

Création et simulation du projet

6.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va exploiter l'automate programmable pour les différentes séquences de notre projet. Afin de visualiser l'exécution et la surveillance des diverses fonctions programmées, il est nécessaire de suivre les démarches représentées par l'organigramme de la **figure 6-1**.



Figure 6 – 1 : Organigramme de programmation

6.2 Création du projet

Double clic sur l'icône **SIMATIC MANAGER** sur le tableau Windows. Choix de la commande du menu **Fichier>Assistant "Nouveau projet"**.

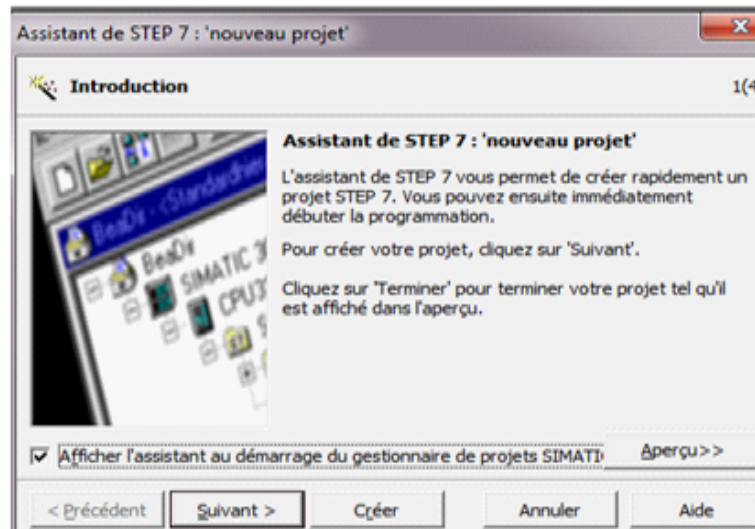


Figure 6 – 2 : Assistant nouveau projet

Sélectionnez pour notre projet la **CPU 315-2DP**.

L'adresse **MPI** est réglée par défaut sur **2**.

Confirmez vos sélections et passez au prochain dialogue avec **suivant**. L'adresse **MPI** (Multi point interface) est requise pour la communication entre la **CPU** et le **PC**.

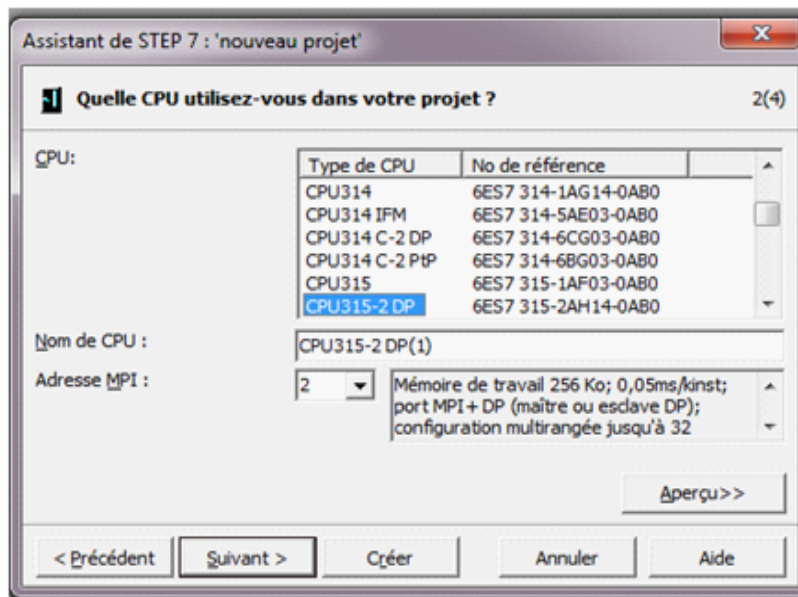


Figure 6 – 3 : Choix de la CPU

Sélectionnez le bloc d'organisation OB1. Choisissez le langage de programmation : **CONT**, **LOG** ou **LIST**. Dans notre projet, on a choisit le langage de programmation à logigrammes (CONT), c'est le langage le plus utilisé par les automaticiens.

Confirmez les sélections avec **suivant**.

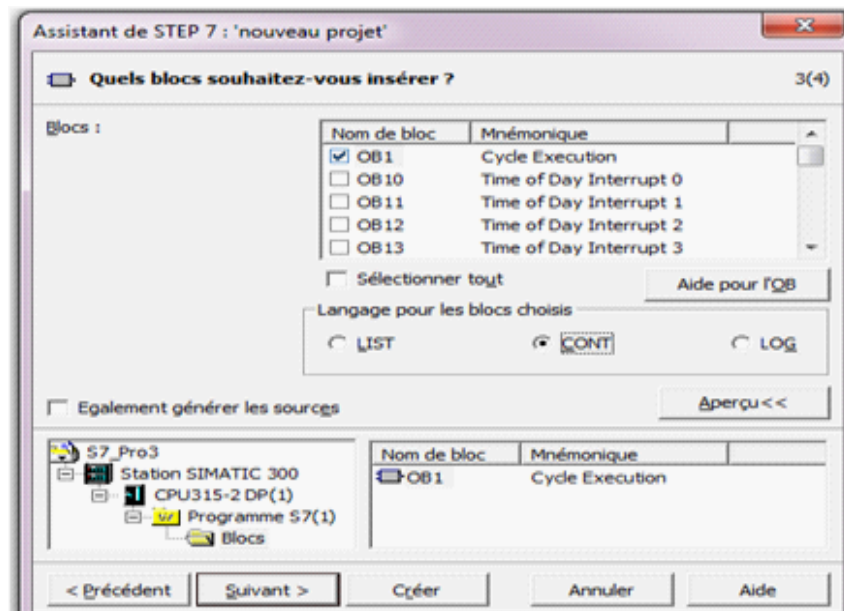


Figure 6 – 4 : Choix du bloc d'exécution et du langage de programmation

Sélectionnez en double-cliquant dans la zone de texte "**Nouveau projet**" le nom proposé et entrez à la place de celui-ci "**CeVital**".

Si vous cliquez sur créer, votre nouveau projet sera créé selon la structure que vous pouvez voir avec Aperçu [11], [12], [13].

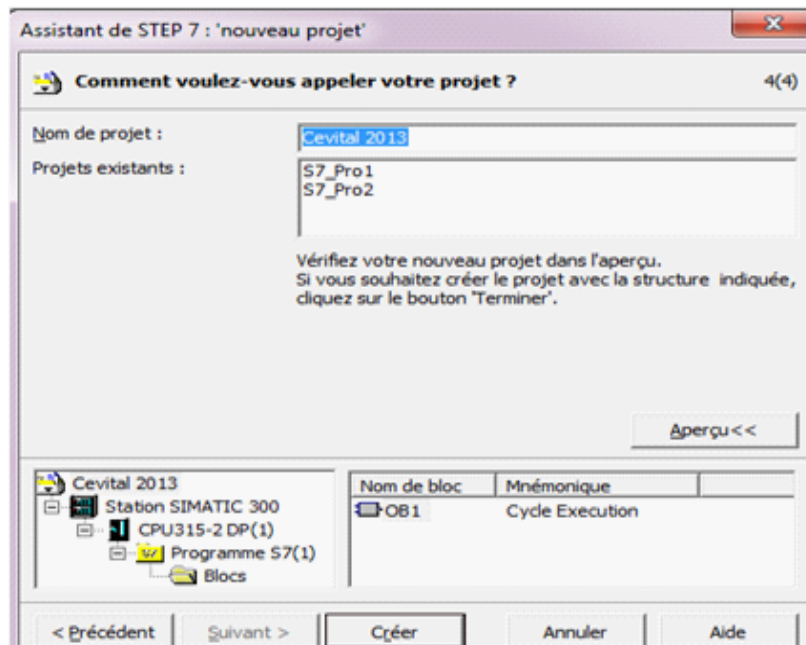


Figure 6 – 5 : Nom du projet

6.3 Configuration matérielle

6.3.1 Station SIMATIC 300

La fenêtre du projet est partagée en deux volets. Le volet gauche représente l'arborescence du projet. Celui du droit affiche le contenu de l'objet sélectionné dans le volet gauche.

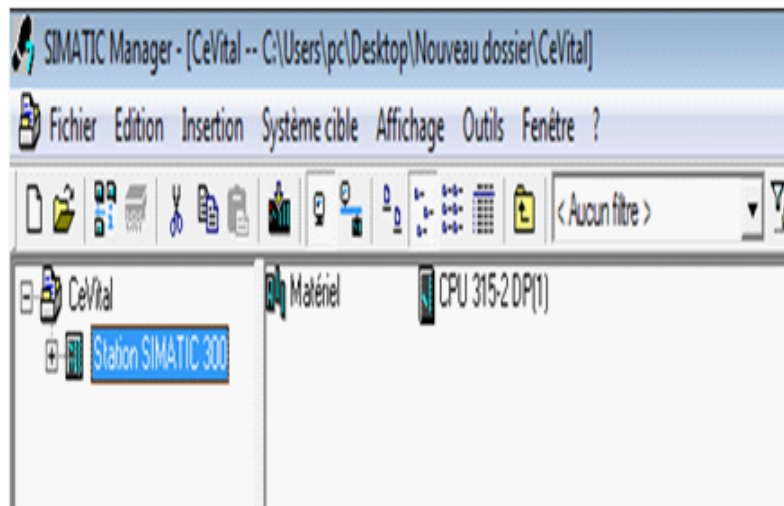


Figure 6 – 6 : Station SIMATIC 300

Quelque soit la technique de configuration d'une station, il faut toujours en tenir aux étapes suivantes pour la configurer:

- ▲ Sélectionnez un composant matériel dans la fenêtre "Catalogue du matériel".
- ▲ Amenez le composant sélectionné dans la fenêtre de la station en utilisant la fonction glisser-lâcher.

La partie inférieure de la fenêtre de station donne une vue détaillé du profilé support ou châssis sélectionné ou inséré. Les numéros de référence et les adresses des modules y

sont énumérés sous forme de tableau.

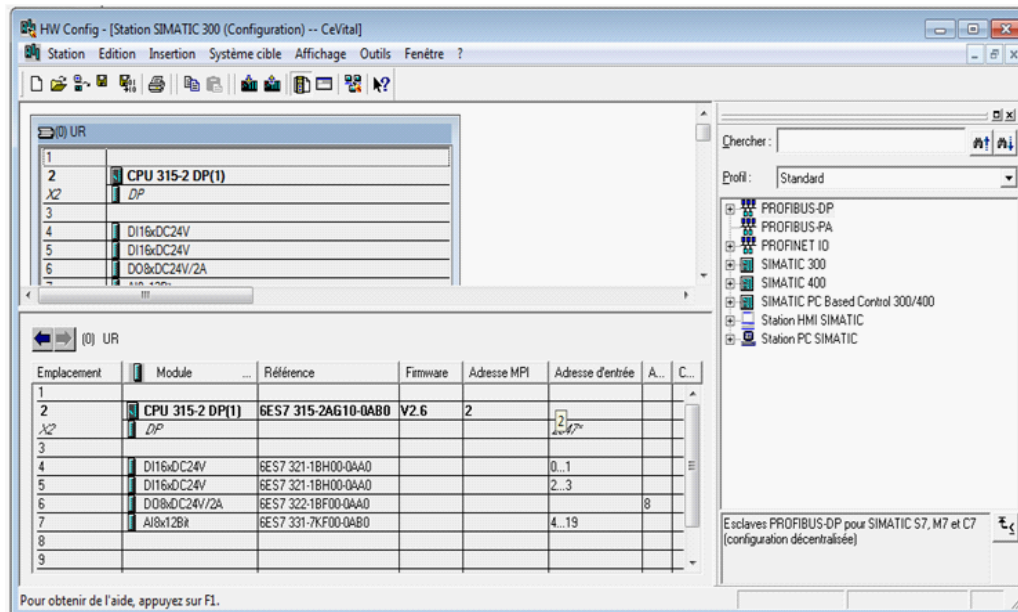


Figure 6 – 7 : Configuration matérielle

6.3.2 Station SIMATIC PC (SUPERVISION) et communication réseaux

La configuration de la station SIMATIC PC et la communication réseaux nous permet de faire une liaison entre l'automate programmable S7-300 et le serveur de supervision, pour cela on clique sur le répertoire «SUPERVISION », on voit l'item «Configuration»

qui est apparu dans le volet droit.

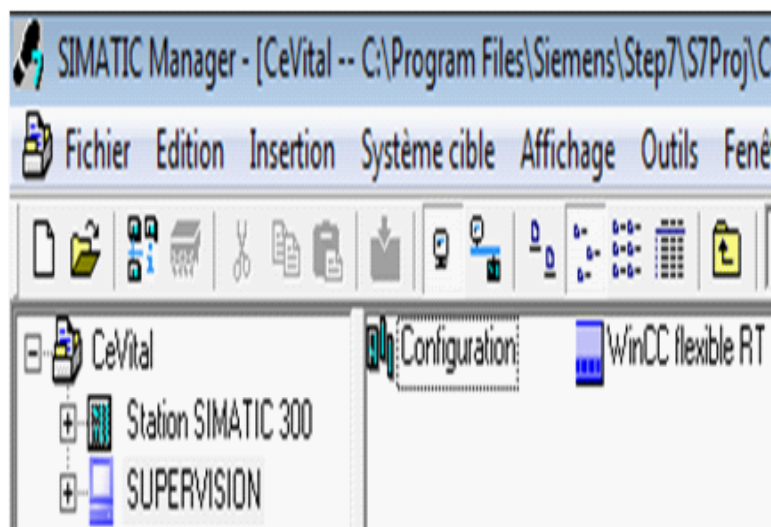


Figure 6 – 8 : Configuration station SIMATIC PC

Afin de pouvoir enregistrer et de compiler la configuration de la station, le logiciel **NETPRO** de la configuration réseau nous permet de voir les deux stations avec leur communication, comme l'indique la **figure IV-10**.

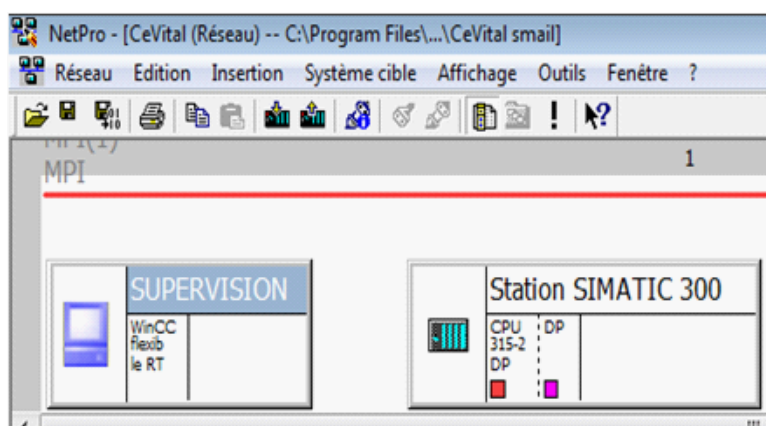


Figure 6 – 9 : Configuration réseau

6.4 Création du programme

Nous avons organisé le programme d'une manière à faciliter la compréhension et à faire des modifications en cas de besoins. Dans l'OB1, on a programmé le démarrage et l'arrêt de l'installation et les différents appels des fonctions et dans le bloc **FC 105** (scale convert), on a programmé la mise en échelle des entrées analogique (température).

6.4.1 Table des mnémoniques

En programmant sur step7, nous travaillons avec des opérandes tels qu'E/S, mémentos, compteurs, temporisations, bloc de données, fonctions. Nous pouvons les adresser de manière absolue dans le programme, mais nous pouvons aussi améliorer considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme en utilisant des mnémoniques à la place des adresses absolues.

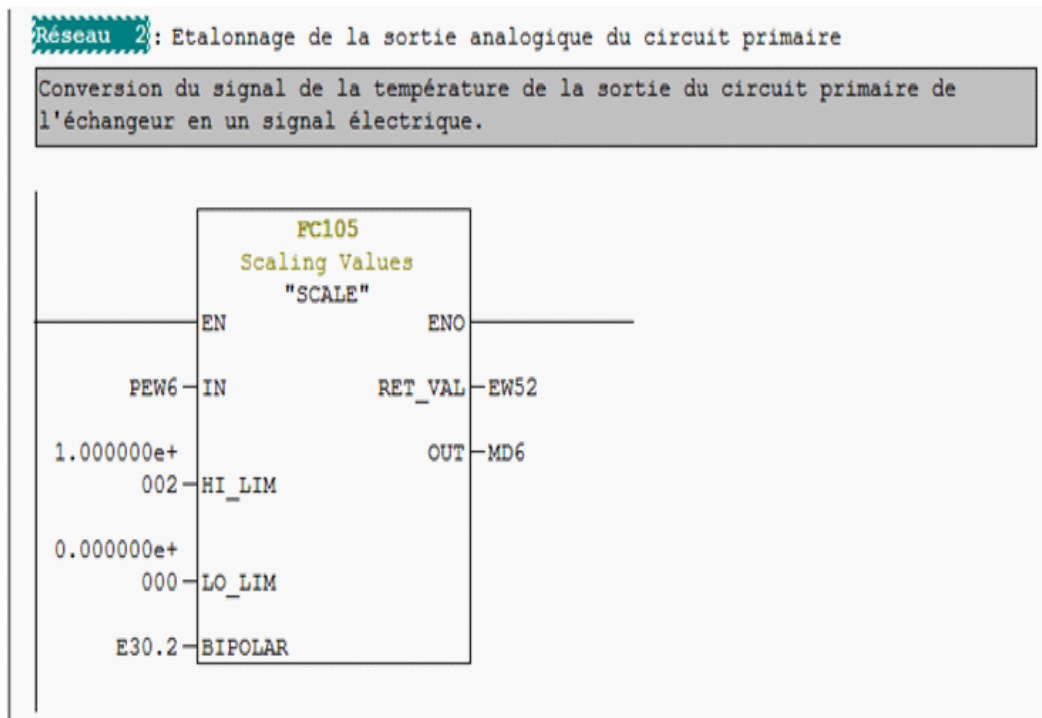
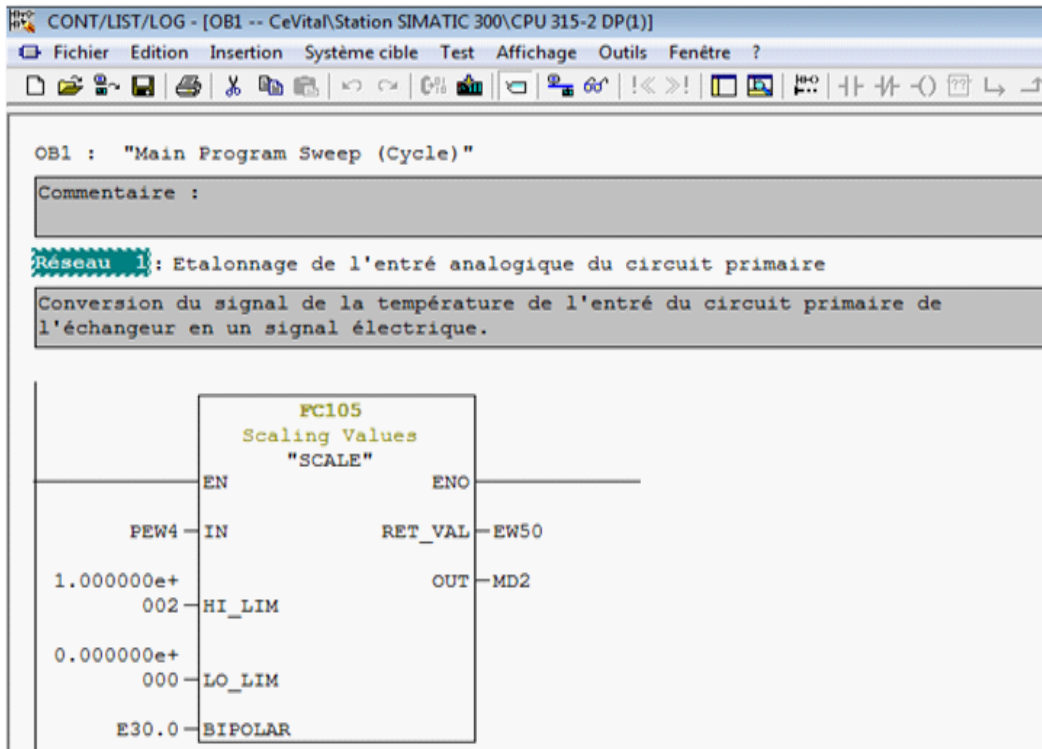
	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de d	Commentaire
1		CIFVCDPA	E 3.0	BOOL	capteur inductif fermeture vanne controle débit circuit primaire échangeur A
2		CIFVCDPB	E 3.2	BOOL	capteur inductif fermeture vanne controle débit circuit primaire échangeur B
3		CIFVCDSA	E 3.1	BOOL	capteur inductif fermeture vanne controle débit circuit secondaire échangeur A
4		CIFVCDSB	E 3.3	BOOL	capteur inductif fermeture vanne controle débit circuit secondaire échangeur B
5		CIFVEPA	E 1.0	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne d'entré primaire échangeur A
6		CIFVEPB	E 2.0	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne d'entré primaire échangeur B
7		CIFVESA	E 1.2	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne d'entré secondaire échangeur A
8		CIFVESB	E 2.2	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne d'entré secondaire échangeur B
9		CIFVSPA	E 1.1	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne de sortie primaire échangeur A
1		CIFVSPB	E 2.1	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne de sortie primaire échangeur B
1		CIFVSSA	E 1.3	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne de sortie secondaire échangeur A
1		CIFVSSB	E 2.3	BOOL	capteur inductif fermeture de la vanne de sortie secondaire échangeur B
1		CIOVCDPA	E 2.4	BOOL	capteur inductif ouverture vanne controle débit circuit primaire échangeur A
1		CIOVCDPB	E 2.6	BOOL	capteur inductif ouverture vanne controle débit circuit primaire échangeur B
1		CIOVCDSA	E 2.5	BOOL	capteur inductif ouverture vanne controle débit circuit secondaire échangeur A
1		CIOVCDSB	E 2.7	BOOL	capteur inductif ouverture vanne controle débit circuit secondaire échangeur B
1		CIOVEPA	E 0.4	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de l'entré primaire échangeur A
1		CIOVEPB	E 1.4	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de l'entré primaire échangeur B
1		CIOVESA	E 0.6	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de l'entré secondaire échangeur A
2		CIOVESB	E 1.6	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de l'entré secondaire échangeur B
2		CIOVSPA	E 0.5	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de sortie priamaire échangeur A
2		CIOVSPB	E 1.5	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de sortie priamaire échangeur B
2		CIOVSSA	E 0.7	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de sortie secondaire échangeur A
2		CIOVSSB	E 1.7	BOOL	capteur inductif ouverture de la vanne de sortie secondaire échangeur B
2		CPDPA	E 0.0	BOOL	capteur de pression différentielle coté primaire de l'échangeur A
2		CPDPB	E 0.2	BOOL	capteur de pression différentielle coté primaire de l'échangeur B
2		CPDSA	E 0.1	BOOL	capteur de pression différentielle coté secondaire de l'échangeur A
2		CPDSB	E 0.3	BOOL	capteur de pression différentielle coté secondaire de l'échangeur B

2		CTEP	EW	4	WORD	capteur de température à l'entré du circuit primaire
3		CTES	EW	8	WORD	capteur de température à l'entré du circuit secondaire
3		CTSP	EW	6	WORD	capteur de température à la sortie du circuit primaire
3		CTSS	EW	10	WORD	capteur de température à la sortie du circuit secondaire
3		FQVCD	A	0.0	BOOL	fermeture des quatre vannes de controle de débit
3		FQVEA	A	0.2	BOOL	ouvertures des quatre vannes de l'échangeur A
3		FQVEB	A	0.4	BOOL	fermeture des quatres vannes de l'échangeur A
3		MDDRSIV	M	0.4	BOOL	mémoire défaut différence température circuit secondaire inférieur à 25°C
3		MDDTP	M	0.0	BOOL	mémoire défaut différence de température du circuit primaire
3		MDDTPIS	M	0.2	BOOL	mémoire défaut différence température circuit primaire inférieure à 6°C
3		MDDTPSS	M	0.3	BOOL	mémoire défaut différence température circuit primaire supérieur à 6°C
4		MDDTS	M	0.1	BOOL	mémoire défaut différence de température du circuit secondaire
4		MDDTSSV	M	0.5	BOOL	mémoire défaut différence température circuit secondaire supérieur à 25°C
4		MDFQVA	M	1.0	BOOL	mémoire défaut fermeture des qyatres vanne de l'échangeur A
4		MDFQVB	M	1.2	BOOL	mémoire défaut fermeture des quatres vannes de l'échangeur B
4		MDFVCD	M	0.6	BOOL	mémoire défaut 1 fermeture des quatres vannes de controle de débit
4		MDOGVA	M	1.3	BOOL	mémoire défaut ouverture des quatres vanne de l'échangeur A
4		MDOQVB	M	1.1	BOOL	mémoire défaut ouverture des quatres vanne de l'échangeur B
4		MDOVCD	M	0.7	BOOL	Mémoire défaut ouveture des quatres vannes de controle de débit
4		OQVCD	A	0.1	BOOL	COLMATAGE et ouverture des quatre vannes de controle de débit
4		OQVEB	A	0.3	BOOL	ouverture des quatre vannes de l'échangeur B
5		SCALE	FC	105	FC 105	Scaling Values

Figure 6-10 : Table des mnémoniques

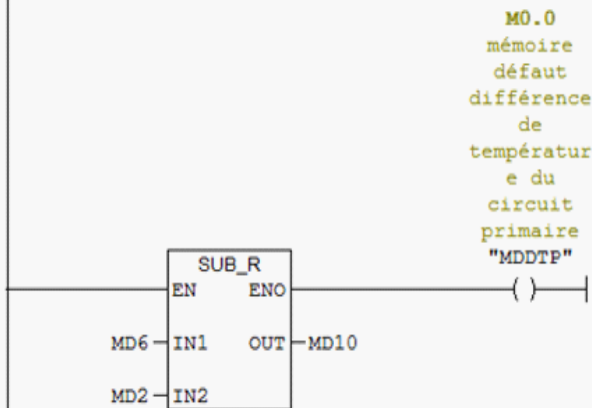
6.4.2 Programmation

Bloc de programmation OB1



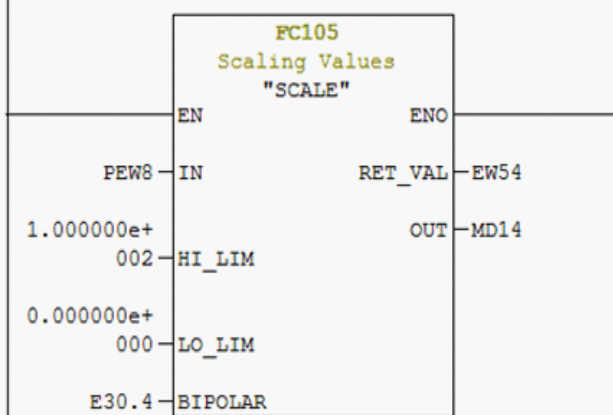
Réseau 3: Différence de température du circuit primaire de l'échangeur

Le calcul de la différence de température du circuit primaire de l'échangeur est sauvegardé dans un memento.



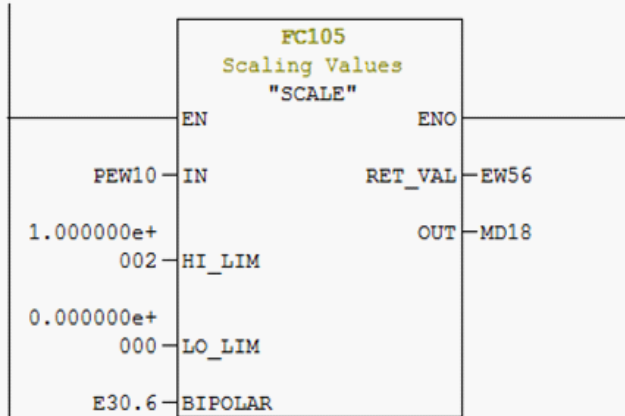
Réseau 4: Mise en échelle de l'entré analogique du circuit secondaire

Conversion du signal de la température de l'entré du circuit secondaire de l'échangeur en un signal électrique.

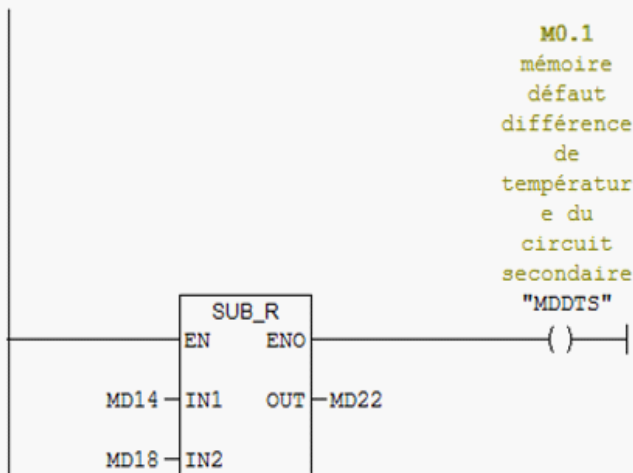


Réseau 5: Mise en échelle de la sortie analogique du circuit secondaire

Conversion du signal de la température de la sortie du circuit secondaire de l'échangeur en un signal électrique.

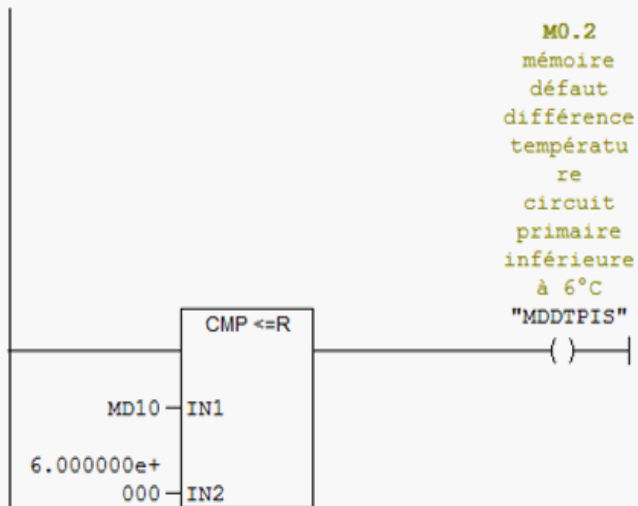
**Réseau 6**: Différence de température du circuit secondaire de l'échangeur

Le calcul de la différence de température du circuit secondaire de l'échangeur est sauvegardé dans un memento.



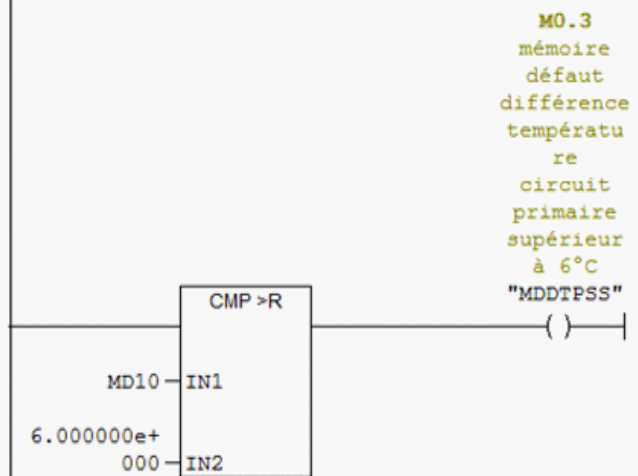
Réseau 7: mémoire défaut différence température circuit primaire inférieur

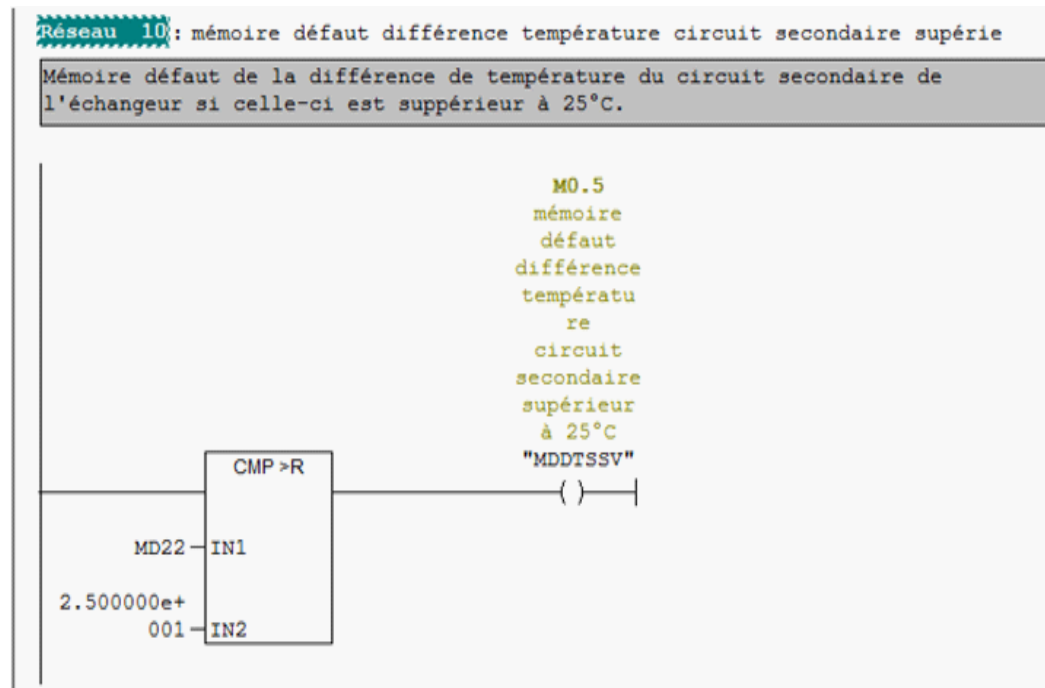
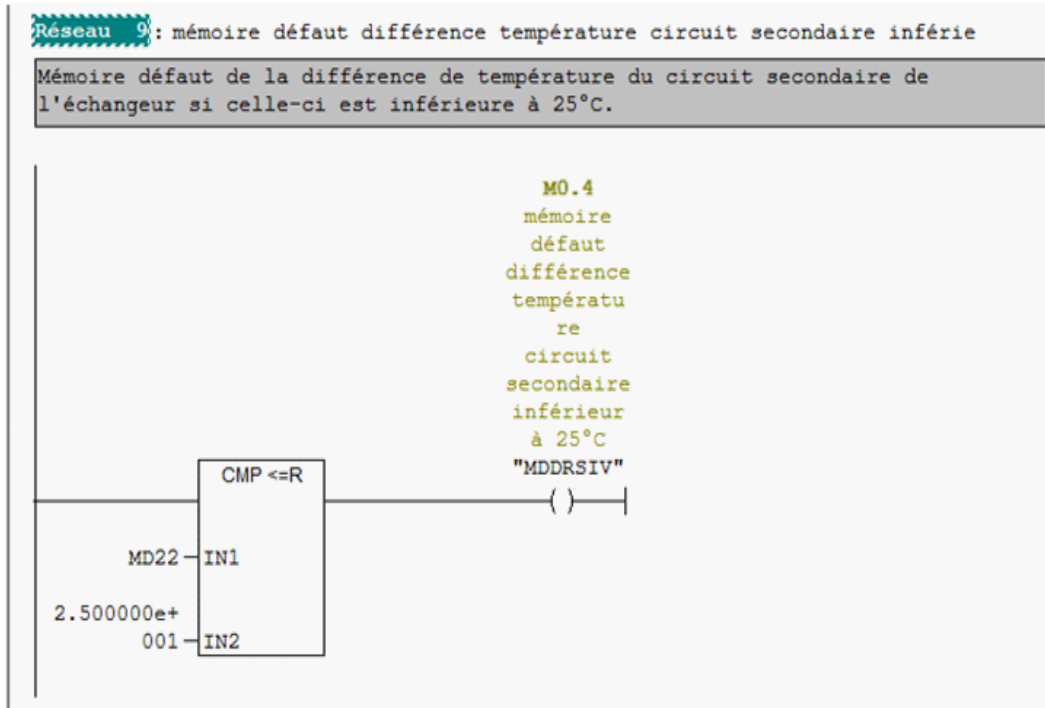
Mémoire défaut de la différence de température du circuit primaire de l'échangeur inférieur si celle-ci est inférieure à 6°C.



Réseau 8: mémoire défaut différence température circuit primaire supérieur

Mémoire défaut de la différence de température du circuit primaire de l'échangeur si celle-ci est supérieure à 6°C.





Réseau 11: Condition de fonctionnement de l'échangeur A

Pour que l'échangeur A fonctionne, il faut que la différence de température du circuit primaire ET secondaire ne dépassent pas 6 ET 25°C respectivement et que les capteur de pression différentielle du circuit primaire ET secondaire ne dépassent pas la valeur seuil et qui est de 5000 Pa.

M0.2	M0.4	E0.0	E0.1	E3.0	E3.1	E3.2	E3.3	
mémoire	mémoire	capteur	capteur	capteur	capteur	capteur	capteur	M0.6
défaut	défaut	de	de	inductif	inductif	inductif	inductif	mémoire
différence	différence	pression	pression	fermeture	fermeture	fermeture	fermeture	défaut
températu	températu	différenti	différenti	vanne	vanne	vanne	vanne	fermeture
re	re	elle coté	elle coté	contrôle	contrôle	contrôle	contrôle	des
circuit	circuit	primaire	secondaire	débit	débit	débit	débit	quatre
primaire	secondaire	de	de	circuit	circuit	circuit	circuit	vannes de
inférieure	inférieure	l'échangeu	l'échangeu	primaire	secondaire	primaire	secondaire	contrôle
à 6°C	à 25°C	r A	r A	échangeur	échangeur	échangeur	échangeur	de débit
"MDDTPIS"	"MDDRSIV"	"CPDPA"	"CPDSA"	"CIFVCDPA"	"CIFVCDSA"	"CIFVCDPB"	"CIFVCDSB"	"MDFVCD"

Réseau 12: mémoire défaut fermeture des quatre vannes de l'échangeur B

Commentaire :

M0.6	E2.0	E2.1	E2.2	E2.3	M1.2
mémoire	capteur	capteur	capteur	capteur	mémoire
défaut	inductif	inductif	inductif	inductif	défaut
fermeture	fermeture	fermeture	fermeture	fermeture	fermeture
des	de la	de la	de la	de la	des
quatre	vanne	vanne de	vanne	vanne de	quatre
vannes de	d'entré	sortie	d'entré	sortie	vannes de
contrôle	primaire	primaire	secondaire	secondaire	l'échangeu
de débit	échangeur	échangeur	échangeur	échangeur	r B
"MDFVCD"	B	B	B	B	"MDFQVB"
	"CIFVEPB"	"CIFVSPB"	"CIFVESB"	"CIFVSSB"	

Réseau 13: Conditions de fonctionnement de l'échangeur B

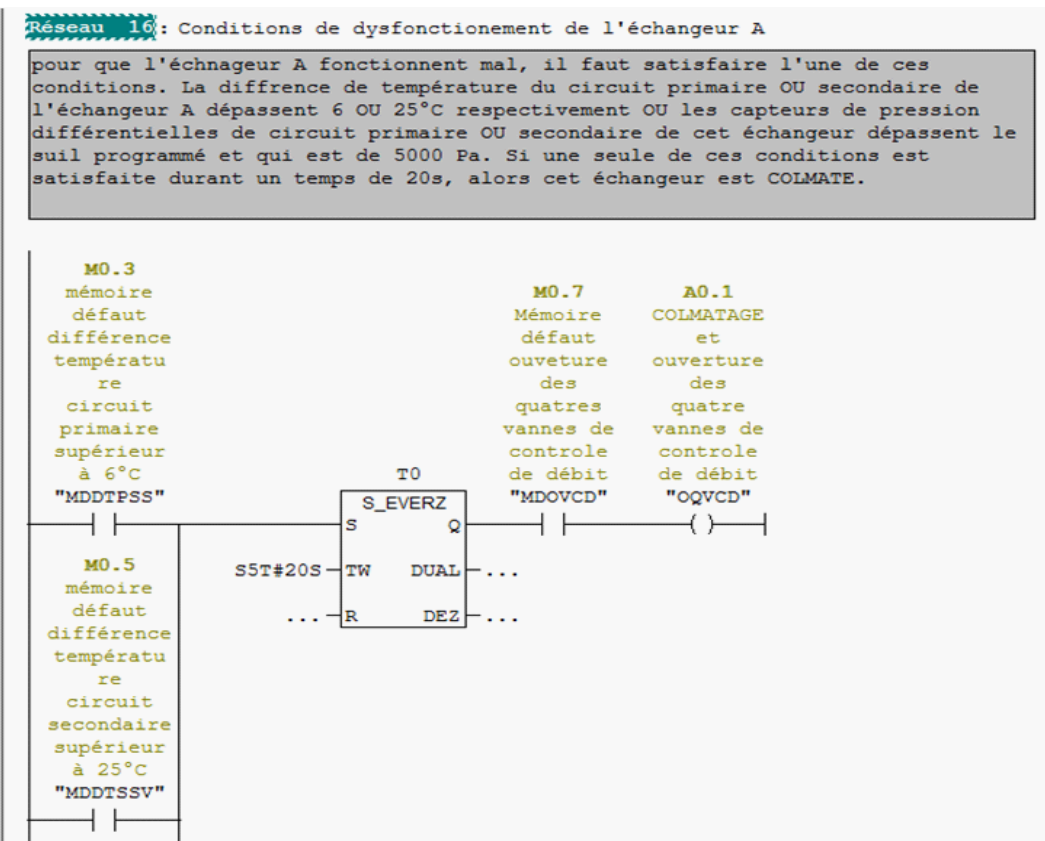
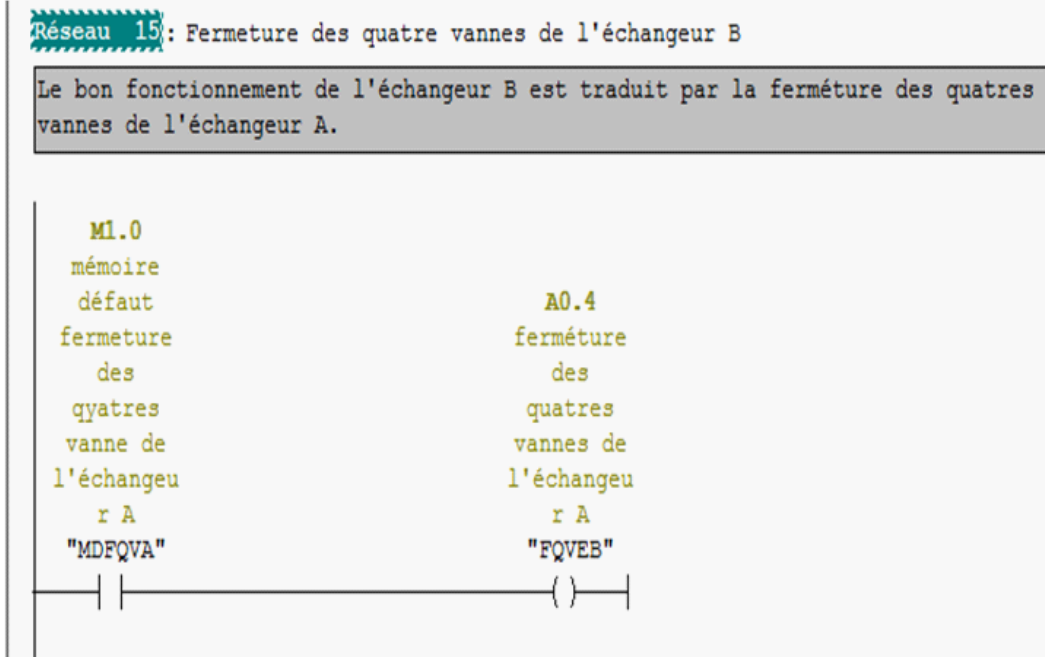
Pour que l'échangeur B fonctionne, il faut que la différence de température du circuit primaire ET secondaire de l'échangeur ne dépassent pas 6 ET 25°C respectivement et que les capteur de pression différentielle du circuit primaire ET secondaire ne dépassent pas la valeur seuil et qui est de 5000 Pa.

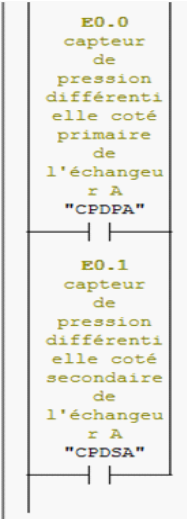
				E2.4	E2.5	E2.6	E2.7	
M0.2	M0.4	E0.2	E0.3	capteur	capteur	capteur	capteur	
mémoire	mémoire	capteur	capteur	inductif	inductif	inductif	inductif	M0.7
défaut	défaut	de	de	ouverture	ouverture	ouverture	ouverture	Mémoire
différence	différence	pression	pression	vanne	vanne	vanne	vanne	défaut
températu	températu	différenti	différenti	controle	controle	controle	controle	ouverture
re	re	elle coté	elle coté	débit	débit	débit	débit	des
circuit	circuit	primaire	secondaire	circuit	circuit	circuit	circuit	quatres
primaire	secondaire	de	de	primaire	secondaire	primaire	secondaire	vannes de
inférieure	inférieur	l'échangeu	l'échangeu	échangeur	échangeur	échangeur	échangeur	controle
à 6°C	à 25°C	r B	r B	A	A	B	B	de débit
"MDDTPIS"	"MDDRSIV"	"CPDPB"	"CPDSB"	"CIOVCDPA"	"CIOVCDSA"	"CIOVCDPB"	"CIOVCDSB"	"MDOVCD"

Réseau 14: mémoire défaut fermeture des qyates vanne de l'échangeur A

Commentaire :

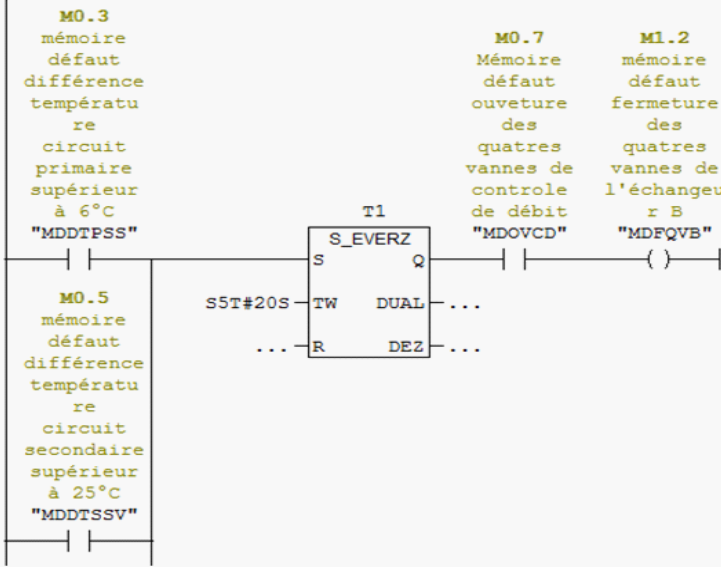
	E1.0	E1.1	E1.2	E1.3	
M0.7	capteur	capteur	capteur	capteur	M1.0
Mémoire	inductif	inductif	inductif	inductif	mémoire
défaut	fermeture	fermeture	fermeture	fermeture	défaut
ouverture	de la	de la	de la	de la	fermeture
des	vanne	vanne de	vanne	vanne de	des
quatres	d'entré	sortie	d'entré	sortie	qyates
vannes de	primaire	primaire	secondaire	secondaire	vanne de
controle	échangeur	échangeur	échangeur	échangeur	l'échangeu
de débit	A	A	A	A	r A
"MDOVCD"	"CIFVEPA"	"CIFVSPA"	"CIFVESA"	"CIFVSSA"	"MDFQVA"

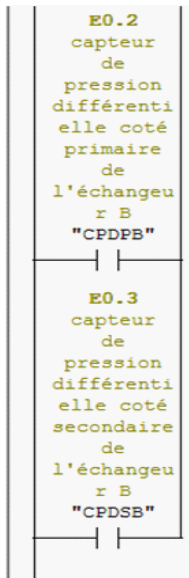




Réseau 17: Conditions de dysfonctionnement de l'échangeur B

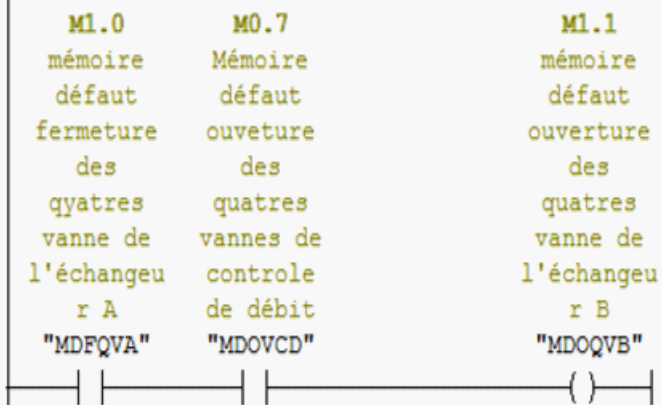
Pour que l'échangeur B fonctionne mal, il faut satisfaire l'une de ces conditions. La différence de température du circuit primaire OU secondaire de l'échangeur B dépassent 6 OU 25°C respectivement OU les capteurs de pression différentielles de circuit primaire OU secondaire de cet échangeur dépassent le seuil programmé et qui est de 5000 Pa. Si une seule de ces conditions est satisfaite durant un temps de 20s, alors cet échangeur est COLMATE.





Réseau 18: Procédure de commutation de l'échangeur A vers l'échangeur B

Si l'échangeur A est colmaté, la procédure de commutation se fait comme suit:
 Fermeture des quatre vannes de l'échangeur A
 ouverture des quatre vannes de contrôle de débit
 ouverture des quatre vannes de l'échangeur B.



Réseau 19: Procédure de commutation de l'échangeur A vers l'échangeur B

L'action marquante de cette procédure est l'ouverture des quatres vanne de l'échangeur B.

	E1.4	E1.5	E1.6	E1.7	
M1.1	capteur	capteur	capteur	capteur	
mémoire	inductif	inductif	inductif	inductif	
défaut	ouverture	ouverture	ouverture	ouverture	A0.3
ouverture	de la	de la	de la	de la	ouverture
des	vanne de	vanne de	vanne de	vanne de	des
quatres	l'entré	sortie	l'entré	sortie	quatre
vanne de	primaire	primaire	secondaire	secondaire	vannes de
l'échangeu	échangeur	échangeur	échangeur	échangeur	l'échangeu
r B	B	B	B	B	r B
"MDOQVB"	"CIOVEPB"	"CIOVSPB"	"CIOVESB"	"CIOVSSB"	"OQVEB"

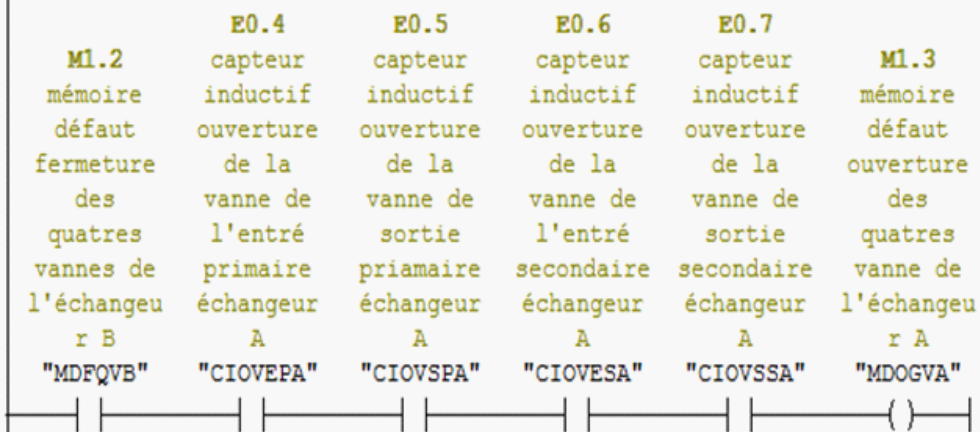
Réseau 20: Procédure de commutation de l'échangeur B vers l'échangeur A

Si l'échnaguer B est colmaté, la procédure de commutation se fait comme suit:
 Ouverture des quatres vanne de controle de débit
 Ferméture des quatres vanne de l'échangeur B
 Ouverture des quatres vanne de l'échangeur A.

	E2.0	E2.1	E2.2	E2.3	
M0.7	capteur	capteur	capteur	capteur	M1.2
Mémoire	inductif	inductif	inductif	inductif	mémoire
défaut	fermeture	fermeture	fermeture	fermeture	défaut
ouverture	de la	de la	de la	de la	fermeture
des	vanne	vanne de	vanne	vanne de	des
quatres	d'entré	sortie	d'entré	sortie	quatres
vannes de	primaire	primaire	secondaire	secondaire	vannes de
controle	échangeur	échangeur	échangeur	échangeur	l'échangeu
de débit	B	B	B	B	r B
"MDOVCD"	"CIFVEPB"	"CIFVSPB"	"CIFVESB"	"CIFVSSB"	"MDFQVB"

Réseau 21: ouverture des quatre vannes de l'échangeur A

L'action marquante de cette procédure est l'ouverture des quatres vannes de l'échangeur A.

**Réseau 22**: Ouvertures des quatre vannes de l'échangeur A

Ouvertures des quatre vannes de l'échangeur A

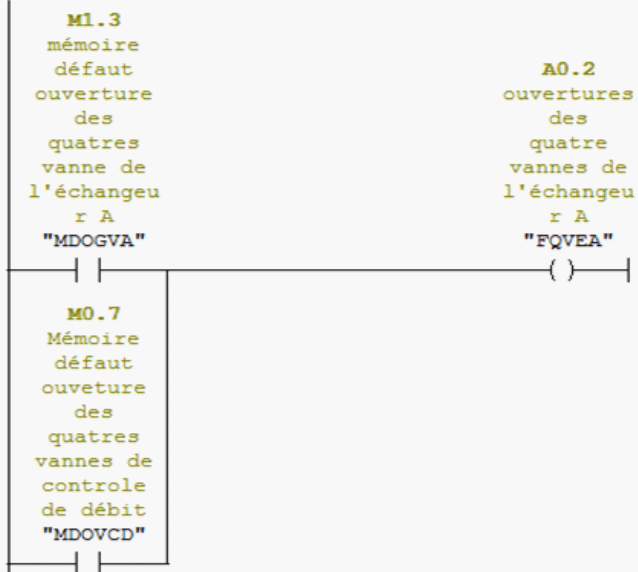


Figure 6 – 11 : Programmation sur STEP 7

6.5 Transfert et test du programme dans WinPLC7 (Simulation)

Après la création du programme, on le charge dans l'automate, et comme il s'agit d'une simulation (absence de l'automate), on va utiliser le logiciel **WinPLC7** qu'on représenté dans le cinquième chapitre. Le simulateur **WinPLC7** nous permet de charger le programme fait sur **STEP 7** [9], [20].

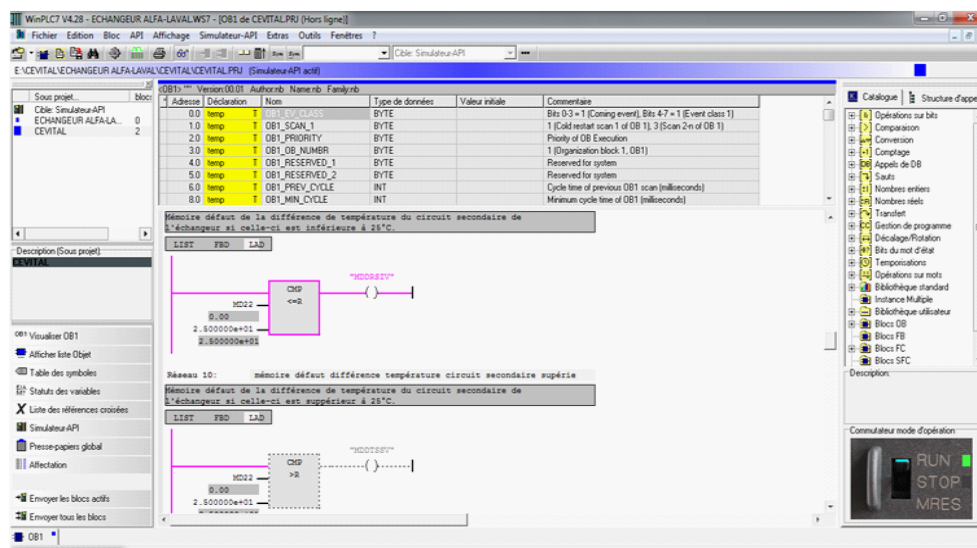


Figure 6 – 12 : Lancement du simulateur et chargement du programme

Après le chargement des programmes dans le simulateur, on commence en mettant la CPU en mode **RUN** (exécution programme), comme le montre la figure **6-13** suivante.

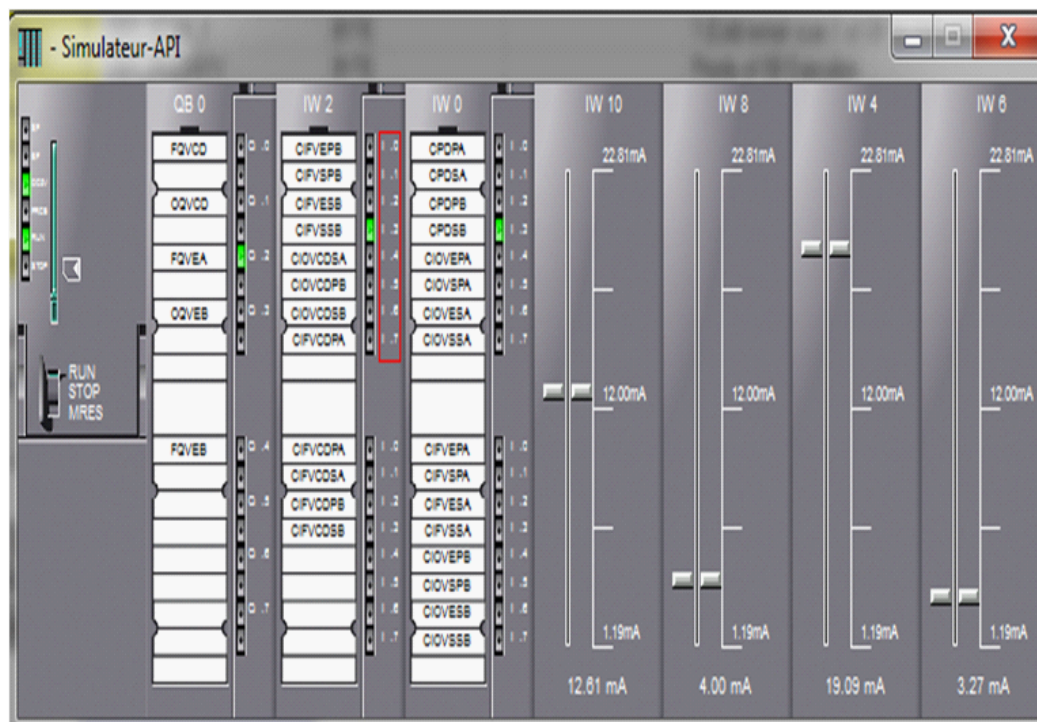


Figure 6 – 13 : Simulateur API

6.6 Supervision

La supervision industrielle consiste à surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé pour l'amener à son point de fonctionnement optimal. Le but c'est de disposer en temps réel d'une visualisation de l'état d'évolution des paramètres du processus, ce qui permet à l'opérateur de prendre rapidement des décisions appropriées à ses objectifs telle que la

cadence de production, qualité des produits et sécurité des biens et des personnes [10].



Figure 6 – 14 : Supervision

Notre objectif est de réaliser un système de supervision pour la gestion des deux échangeurs Alfa-Laval à l'unité de conditionnement afin de surveiller et de détecter en temps réel des problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement de l'installation.

6.6.1 Avantage de la supervision

Un système de supervision donne de l'aide à l'opérateur dans la conduite du processus, son but est de présenter à l'opérateur des résultats expliqués et interprétés et son avantage principal est:

- ▲ Surveiller le processus à distance.
- ▲ La détection des défauts.
- ▲ Le diagnostic et le traitement des alarmes.

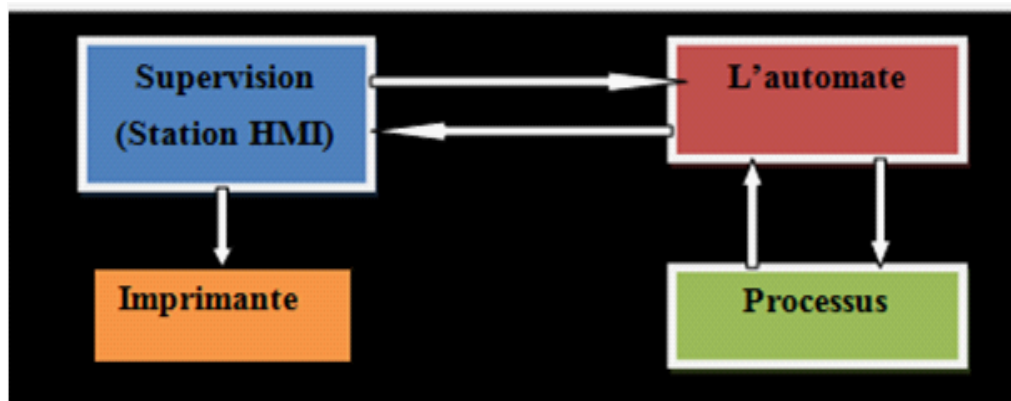


Figure 6 – 15 : Structure générale de la communication

6.6.2 Présentation du logiciel de supervision WinCC flexible 2008

SIMATIC WinCC est un système **HMI** performant qui est utilisé sous **Win XP** et **2000**, il nous permet de visualiser le processus, ce qui facilite la surveillance par graphisme à l'écran, dès qu'un état évolue, l'affichage est mis à jour, l'utilisateur peut par exemple démarrer une pompe. Lorsqu'un état du processus devient critique, une alarme est déclenchée automatiquement, l'écran affiche un message en cas d'un franchissement d'un seuil définit.

Les alarmes et les valeurs peuvent être imprimées et archivées sur support électronique par **WinCC**. Ceci nous permet de documenter la marche et d'avoir accès ultérieurement aux données de production du passé (archives) [6], [7], [23].

6.6.3 L'application RUNTIME (Accès à la supervision)

L'application **RUNTIME** permet à l'opérateur d'assurer la conduite et la surveillance du processus en temps réel. Les tâches incombant à **RUNTIME** sont :

- ▲ Lecture des données et affichage des vues à l'écran,
- ▲ Communication avec l'automate programmable,
- ▲ Archivage des données actuelles de **RUNTIME**,
- ▲ Conduite du processus, à titre d'exemple : mise en marche/arrêt.

6.6.4 Constituants d'une vue

Les images constituent une représentation graphique du processus. Nous pouvons y afficher le déroulement du processus et y prédéterminer ses valeurs. Une image peut combiner des éléments statiques et dynamiques. Les éléments statiques, par exemple du texte et des graphiques ne sont pas actualisés par l'automate. Les éléments dynamiques sont liés à l'automate et permettent de visualiser les valeurs momentanées figurant dans la mémoire de l'automate. La visualisation peut se faire sous forme d'un affichage alphanumérique, de courbe ou d'histogrammes. Les éléments dynamiques peuvent être également des saisies

réalisées sur le **PC** de contrôle-commande et écrites dans la mémoire de l'automate. La liaison à l'automate est effectuée par l'intermédiaire de variables.

Vue initiale : Dans chaque projet, nous devons déclarer une vue comme vue initiale. L'image est celle qui est affichée après le démarrage **PC** de contrôle commande. Dans notre projet, on a choisit la vue qui est affichée dans la **figure 6-16**.

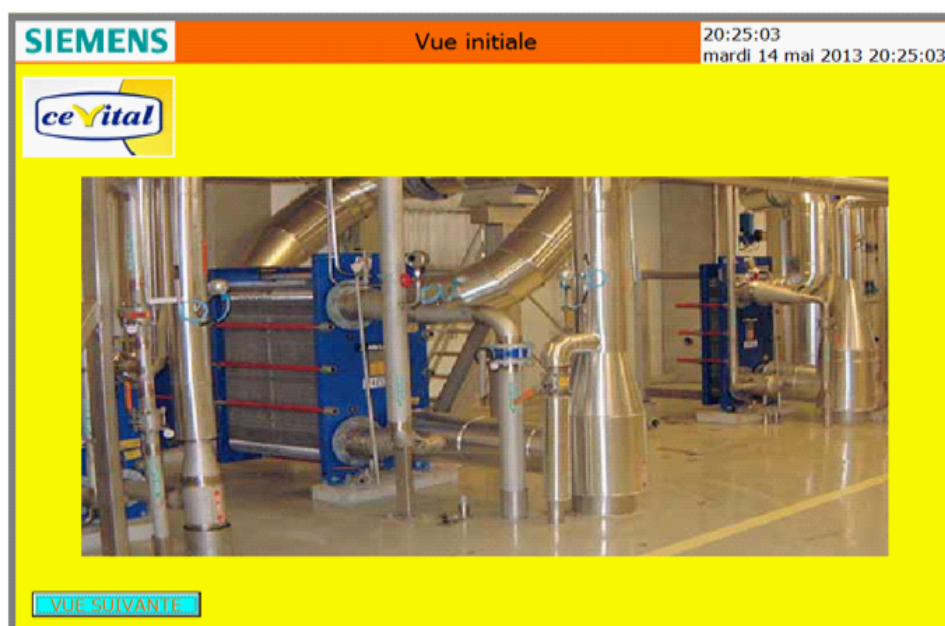


Figure 6 – 16 : Vue initiale du projet de supervision

Vue de Fonctionnement : La figure 6-17 présente la fenêtre de supervision des deux échangeurs **ALFA-LAVAL**

Cette fenêtre contient aussi toutes les vannes de ces échangeurs ainsi que tous les capteurs qui vont avec. On a configuré des boutons de sélection sur chaque échangeur pour permettre leur commutation facilement et on a fait de telle sorte que la couleur et

le texte des boutons soient à l'état actionné et à l'état relâché.

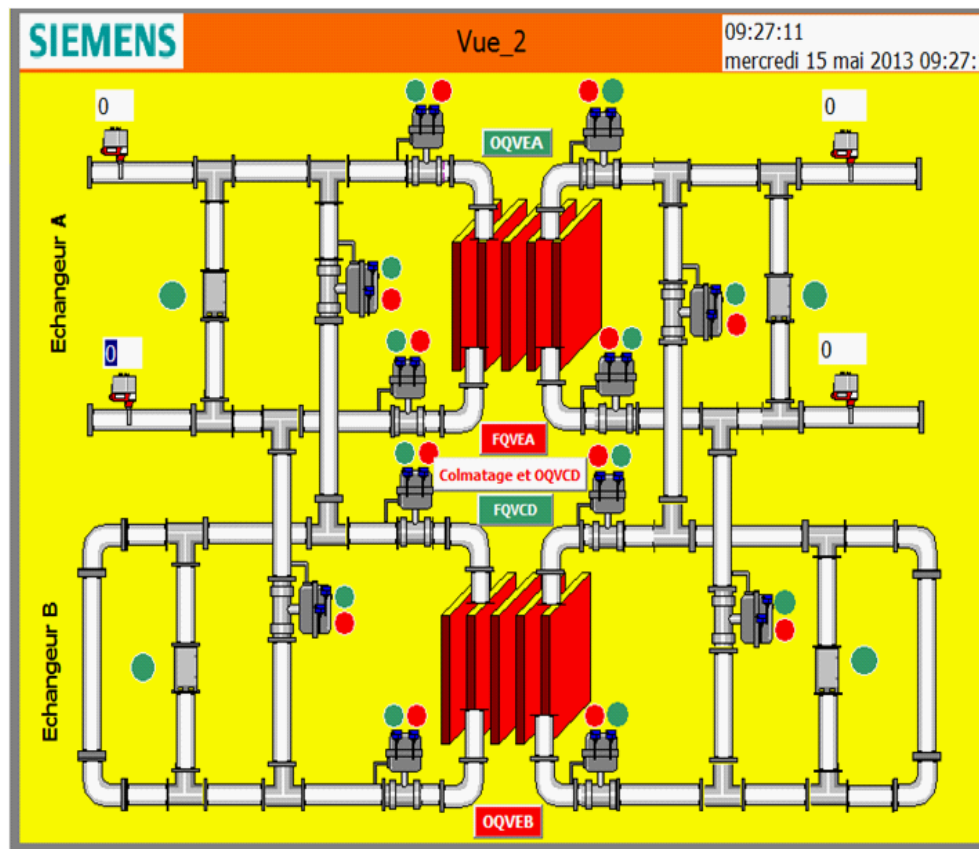


Figure 6 – 17 : Vue de fonctionnement de la supervision des deux échangeurs Alfa-Laval

6.7 Conclusion

Nous avons commencé tout d'abord de travailler avec le logiciel **STEP 7** puis avec le simulateur d'**API WinPLC 7** et en enfin avec l'intégration du progiciel **WinCC**, ce dernier suffit d'imaginer le design de l'installation et tous les effets d'animation qui seront nécessaires pour bien apporter l'état réel de l'installation à l'opérateur avec plus d'informations à partir des messages configurés et l'attribution des différentes couleurs pour les différents états des objets.

Conclusion Générale

Cette étude nous a permis d'entrer en contact avec le milieu industriel et de pouvoir appliquer les connaissances théoriques acquises au problème ainsi posé.

L'étude concerne le dimensionnement des échangeurs de chaleurs à plaques pour un débit du produit et des températures d'entrée et de sortie imposées.

L'objectif de cette étude consiste à choisir un échangeur qui répond aux besoins thermiques nécessaires. Ce qui nous a permis de faire à partir d'une analyse thermique, le dimensionnement et le choix d'un échangeur pour l'installation.

A partir des résultats obtenus, on a pu choisir l'échangeur à plaque amplement justifié, non pas simplement sur le plan technique, mais aussi du point de vue thermique (nous avons abouti à un tableau de comparaison entre les deux échangeurs, qui montre que l'échangeur à plaque est plus efficace par rapport à l'échangeur tubulaire.

La perspective de cette étude nous ramène à dire que l'augmentation du débit des deux fluides est nécessaire pour maintenir les mêmes conditions qui entraîne une augmentation des coefficients d'échange globaux. Ce qui est très intéressant du point de vue thermique, un meilleur coefficient d'échange de chaleur avec une surface d'échange minimale. Cela nécessite des unités de pompages plus puissantes.

La présentation du cahier de charge nous a permis de bien comprendre ce que nous devons faire pour la suite de notre travail, ainsi, nous inspirons de la vue générale de notre projet, ce qui nous donne une idée simple et suffisante sur l'unité de conditionnement de l'huile.

L'automate **S7-300** est un outil de commande et de surveillance très puissant.

Le logiciel **STEP 7** nous a permis une grande souplesse pendant la programmation. Plus précisément, le langage **LAD** qui a contribué à la visualisation des états du programme.

Après avoir connu l'avantage de la logique programmée par rapport à la logique câblée, nous jugeons utile et indispensable d'exploiter cette nouvelle technique et cela pour objectif :

- D'augmenter la production en qualité et en quantité en temps court.
- Renforcer la sécurité de l'installation et garantir la sécurité de fonctionnement.
- Faciliter la maintenance, le dépannage et le suivi en temps réel du processus.
- Possibilité de communication avec micro-ordinateur ou un pupitre, cela permet de suivre le déroulement du processus et de pouvoir intervenir instantanément si un défaut apparaît.

Pour l'avenir nous souhaitons que des études soient faites sur un calcul vérificatif des pertes de charges admissibles, en faisant un dimensionnement des canalisations et des orifices d'entrées et de sorties de l'échangeur.

Enfin, nous espérons que notre modeste étude servira de bon guide aux utilisateurs et source de documentation à nos futurs collègues.

Bibliographie

- [1] A.L.Kays London, Compact heat exchangers 3rd Ed., Mc Graw-Hill. New York;1984.
- [2] A.P De Witt, Wiley & Sons, Fundamentals of heat and mass transfer, Incropera F.P, 1994.
- [3] A. Simon, Automates programmables industriels Niveau 1, L'ELAN-LIEGE, 1991.
- [4] Alfa-Laval, les cahiers Alfa-Laval, Spécial Thermique, N° 17, 1987.
- [5] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, Document de formation pour une solution complète d'automatisation T I A: Instruction de programmation de base CONT/LOG/LIST dans STEP, Siemens A&D SCE, 05/2004.
- [6] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education. Document de formation pour une solution complète d'automatisation T I A. MODULE A4 : Programmation de la CPU 315-2DP, Siemens A&D SCE, 05/2004.
- [7] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, Document de formation pour une solution complète d'automatisation T I A MODULE B5 : Programmation structurée avec les blocs fonctionnels (FB), Siemens A&D SCE, 05/2005.

- [8] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, Formation Totally Integrated Automation (T I A). Module A6 : Simulation d'API avec WinPLC7 V4, Siemens A&D SCE, 03/2006.
- [9] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, SIMATIC WinCC flexible Flexibilité dans toutes les applications IHM-du Micro Panel au PC, Siemens A&D SCE, 06/2006.
- [10] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, SIMATIC WinCC Supervision de process avec Plant Intelligence, Siemens A&D SCE, Brochure : 04/ 2009.
- [11] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, SIMATIC HMI WinCC flexible Getting Started Débetants, Siemens A&D SCE, 05/2009. Numéro de commande : 6ZB5370-1CL03-0BA2, 04/2006: A5E00279568-03.
- [12] Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, SIMATIC S7-300 Module data_Manual, Siemens A&D SCE, 08/2009 : A5E00105505-06.
- [13] C. T. Jones, STEP 7 in STEP 7 – A Pratical Guide to Implementing S7-300/S7-400, Programmable Logic Controllers, 04/2006.
- [14] C. KOLSHI, Ingénierie des systèmes homme-machine, Technique de l'Ingénieur, 1999.
- [15] F. D. Vuataz, N.Martigny, « Centre de recherche en géothermie »,2008.
- [16] J. Pierre THOMESSE, Ingénierie des systèmes homme-machine, Technique de l'Ingénieur, 06/2004.
- [17] J. Perrain, F .Binet, J.-J .Doumer, C .Merlaud, J. -P .Trichard, Automatique et informatique industrielle, 06/2004.

- [18] H. Daguemoune et T. AitAissa, Etude et conception d'un système de commande à base d'un automate programmable industriel pour le déviateur de bouteilles d'un litre d'huile (Cevital), « Mémoire de fin d'étude Master 2 », Année 2005-2006.
- [19] H. Berger, Automating with SIMATIC : Controllers, Software, Programming, Data, Communication Operator Control and Process Monitoring, 2003.
- [20] K. BERTRAND, Technique de l'ingénieur, automates programmables industriels, 03/2001.
- [21] S. VITHEM, « Échangeur de chaleur à plaques jointées », VT-MAN 1003 France, 06/2005.
- [22] R. Azizi et R. Chemali, Commande et supervision de l'unité de conditionnement d'huile (Cevital), « Mémoire de fin d'étude Master 2 », Année 2009-2010
- [23] Documentation Offerte, sur le lien du site officiel Siemens : <http://www.siemens.com>.
- [24] Site officiel de la société cevital : <http://www.cevital.com>.
- [25] Site officiel des échangeurs de chaleur, Plate heat exchangers sales spare plate : <http://www.gea-phe.com>.