الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DR. YAHIA FARÈS DE MÉDÉA

FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique
et de l'Informatique



Mémoire de Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme
De Master en Génie Électrique

Option : Automatique des Systèmes

THÈME

Automatisation d'une chaine de distillation industrielle en utilisant un API et une IHM

Étude et réalisation

Préparé et présenté par,

Melle. Imane MAZOUN

Proposé et dirigé par,

Dr. Mounir BOUHEDDA

Co-encadré par,

Mr. Abderrezak TEBIB


بسم الله الرحمن الرحيم

Dédicace

Merci allah le clément et miséricordieux, dont la grâce me permet de présenter mes travaux, et de m'avoir donné le courage, la patience et le bonheur.

Elhamdulillah

A mon amoure éternel, à celle qu'a faite plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Aucune dédicace ne peut être assez suffisante pour exprimer ce que vous méritez.

Merci pour tout ton amour toute ta tendresse ta présence a mes cotés et ta patience. Et merci surtout pour tes réprimandes et tes conseils qui allument mon chemin, et me guident vers le bon sens.

Je vous dédie ce modeste travail en espérant de vous rendre la moindre des choses. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

Je dédié ce travail aussi à mon père, que Dieu les gardes et les protéger

À mon frère cher Redha, qui m'est le père, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.

À mon cadeau du ciel, ma chère sœur Asmaa

À le garçon le plus tendre, le plus merveille, mon petit frère Mohamed

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, ma grande mère Habiba, ma sœur Meriem et tout mes tantes, mes oncles, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements

À tout mes camarades qui ont été toujours à mes cotés durant les moments difficiles, Yasmine, Sihem, Selma, pour les supers moments de fraternité et de joies durant les jours qui nous ont réunit.

Remerciements

Avant toutes choses, nous remercient Dieu le tout puissant qui nous a donné la volonté et la patience pour aboutir à la réalisation de ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à tous mes enseignants de L'université, notamment à mon encadreur Dr. M. Bouhedda, qui a assuré l'encadrement du travail présenté dans ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Mr. Abdelrazak TEBIB (mon co-encadreur), d'avoir bien voulu de me faire profiter pleinement de ces compétences et expériences dans l'industrie, et de ses idées pour l'accomplissement de ce travail.

Je tiens notamment, à adresser l'expression de ma sincère reconnaissance aux membres du jury d'examen, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Je remercie tous les membres de ma famille et en particulier ma mère et mon frère, pour leurs encouragements et appuis inconditionnels tout au long de ces longues années d'études. Mes remerciements vont également à mon oncle Oussama et tous ceux qui m'ont aidé au niveau du complexe SAIDAL, à l'aboutissement de ce modeste travail.

Cette page ne serait être complète sans remercier mes meilleurs collègues et frères : Y. SALAMI, M. BOUAISSA, A. LAIDI, sans leurs aides durant ces années d'études.

الملخص:

يهدف هذا المشروع إلى دراسة آلة إنتاج الماء المعقم المجهز للحقن. وهذه الدراسة توضح في المقام الأول الوصف والمبدأ العملي للآلة. وقد اقترحنا أيضا تحسين هذه التكنولوجيا بأوتومات مُبرمَج. وهي في الأخير ستمكننا من فهم معالم نظام يقوم على أوتومات وشاشة تحكم إنسان/ آلة كحل أفضل وهذا ما سيسمح لنا أيضا بإدخال حساس قياسي ومحركات من بينهم جهاز مغير السرعةو صمام نسبي . وقد قمنا أيضا بعمل وحدة تحكم لضمان السير الحسن للنظام مع سهولة إدخال القياسات و سهولة تشخيص أي عطل من الممكن أن يحصل.

كلمات مفتاحية: اوتومات، شاشة تحكم، مقطر.

Résumé

Ce projet est consacré à l'étude de la chaine de distillation. Elle s'illustre en premier lieu par la description et le principe de fonctionnement de la machine. Et on a évoqué une proposition d'amélioration de cette technologie par un automate programmable, et enfin elle nous permettra de mieux appréhender les contours d'un système basé sur un API et IHM comme une solution trouvé et ce qui permettra aussi d'introduire des capteurs analogiques et actionneurs tel que les variateurs et les vanne proportionnelle. Une armoire de commande à été réalisé pour assuré le bon fonctionnement du système avec la facilité de changement des consignes pour le réglage des différents paramètres et de diagnostiquer les anomalies.

Mots clés : API, IHM, Distillateur.

Abstract:

This project is devoted to the study of the distillation chain. It illustrates first the description and the operating principle of the machine. And we have suggested to improve this technology by PLC.

And finally it allow us to better understand the contours of a system based on PLC and HMI as a solution found and which will also introduce analog sensors ans actuators such as drives and propotional volve. A control unit was conducted to ensure the proper functioning of the system with ease the diagnose abnormalites.

Key words: PLC, HMI, distillation.

Table des matières

CHAPITRE I: PRESENTATION DU SYSTEME DE DISTILLATION DE MARQUE PONZINI....2

I.1. Introduction....3

I.2. Le distillateur PONZINI....3

I.2.1. Principe de la thermo compression....3
I.2.2. Description du fonctionnement du distillateur....3
I.2.3. Caractéristiques des installations à thermo-compression du système "Ponzini"....4

I.3. Constituants de l'équipement de production de l'eau distillée....5

I.3.1. Description générale du système....5
I.3.2. Description détaillée du système....7
I.3.2.1. La partie commande....8
I.3.2.2. La partie opérative....10
I.3.2.2.1. Régulateur de la pression....10
I.3.2.2.2. Programmeur de la vanne servo commandée....10
I.3.2.3. La partie électrique....12
I.3.2.3.1. Rôle des capteurs....12
I.3.2.3.2. Capteur de pression et dépression....12
I.3.2.3.3. Capteur de température....14
I.3.2.3.4. Capteur de débit....15
I.3.2.3.5. Interrupteur de Position....16
I.3.2.3.6. Conductimètre....17
I.3.2.3.7. Électrovannes (soupape électromagnétique)....20
I.3.2.4. La partie mécanique....20
I.3.2.4.1. Moteur compresseur....20
I.3.2.4.2. Electropompe....20

I.4. Synthèse des manœuvres de fonctionnement....22

I.4.1. Préambule....22
I.4.2. Phase de remplissage....22
I.4.3. Phase de préchauffage....23
I.4.4. Phase de démarrage....24
I.4.5. Phase de fonctionnement au régime....25
I.4.6. Phase d'arrêt....26
I.4.7. Stérilisation....27
I.4.8. Diagnostique....29

I.5. Conclusion....30

CHAPITRE II: METHODOLOGIE DES SOLUTIONS ET DISPOSITIF UTILISE.... 31

II.1. Introduction 32

II.2. Automate programmable industriel 32

II.2.1. Historique 32
II.2.2. Présentation d'un API 32
II.2.3. Critère de choix d'un API 33
II.2.3.1. Unité de traitement 33
II.2.3.2. Structure de l'unité de traitement 33
II.2.3.3. Choix de l'unité de traitement 34
II.2.3.4. Choix d'un automate programmable industriel 35
II.2.4. Choix du XC3Thinget 35
II.2.5. Les modèles disponibles 35
II.2.6. Carte BD 36
II.2.7. Schéma général des composants de l'API XC3Thinget 36
II.2.8. Modules d'extension 37
II.2.9. Spécifications générales de module E3AD4PT2DA 37

II.3. Programmation 39

II.3.1. Présentation de logiciel XCP pro 39
II.3.1.1. La barre d'outils [8] 39
II.3.1.2. L'interface de base [8] 39
II.3.2. Langage de programmation 42
II.3.2.1. Caractéristique 42
II.3.2.2. Langage d'instructions 43
II.3.2.3. Langage Ladder 44
II.3.2.4. Composants à fonctions et d'actions 44
II.3.2.5. Instruction PID 45
II.3.2.6. Création d'une application 46
II.3.2.7. Boite de dialogue pour un nouveau projet 46

II.4. L'interface homme machine 47

II.4.1. Introduction 47
II.4.2. Materiel 47
II.4.2.1. Structure de l'écran touchwin 47
II.4.2.2. Commutateur et interface 48
II.4.3. Fonction de communication: 49
II.4.4. Touchwin software (IHM) 50
II.4.4.1. Préparation 50
II.4.4.2. La construction de touchwin 50

II.5. Variateur de vitesse 52

II.5.1. Fonction des variateurs électrique 52
II.5.2. Principe 52
II.5.3. Commande 53
II.5.4. Avantage 54

II.6. Capteur de pression VEGBAR 54

II.6.1. Application 54
II.6.2. Principe de mesure 55
II.6.3. Avantages 55

II.7. Capteur de température PT100 56

II.7.1. Définition 56
II.7.2. Principe de fonctionnement 56
II.8. Électrovanne proportionnelle 57
II.8.1. Rôle 57
II.8.2. Principe de fonctionnement 58
II.9. Conclusion 60

CHAPITRE III: REALISATION DE LA COMMANDE PAR API ET IHM 61

III.1. Introduction 62
III.2. Cahier des charges 62
III.2.1. Le distillateur à thermo compression 62
III.2.2. Système du distillateur 62
III.2.3. Taches à faire 64
III.3. Améliorations apportées sur le système existant 64
III.3.1. L'API 65
III.3.2. L'IHM 65
III.3.3. La vanne proportionnelle 66
III.3.4. Les capteurs de pression 67
III.3.5. Les sondes Pt100 68
III.3.6. Le variateur de vitesse 68
III.3.7. La commande après et avant 69
III.4. Identification des entrées/ sorties 70
III.5. Programmation de l'API 71
III.5.1. Fonctionnement 71
III.5.2. Bouton d'urgence 73

III.6. Câblage 73

III.6.1. Raccordement des capteurs TOR aux entrées de l'API 73
III.6.2. Raccordement des actionneurs TOR aux sorties de l'API 74
III.6.3. Montage E/S de l'automate 75
III.6.4. câblages d'E/S analogique 77
III.6.5. Schéma de montage de variateur 78
III.6.6. Armoire de commande 79

III.7. L'IHM et l'exécution du programme 80

III.7.1. Cahier des charges 80
III.7.2. Page d'accueil 81
III.7.3. Étape de démarrage 82
III.7.4. Synoptique 83
III.7.5. Diagnostique 84
III.7.6. Alarmes 85
III.7.7. Calibrages 86

III.8. Test (fonctionnement avec les conditions du distillateur) 86

III.8.1. Partie opérative 87
III.8.2. Partie commande 88
III.8.3. Essai 88
III.8.4. Exemple d'une anomalie 90

III.9. Conclusion 92

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1 *Système de production de l'eau distillé* 6
Figure I. 2 *.les éléments de l'armoire électrique du distillateur* 8
Figure I. 3. *Lampes témoins du fonctionnement du distillateur* 9
Figure I. 4. *Panneau de commande* 9
Figure I. 5. *Détail dispositif de réglage de la pression* 10
Figure I. 6 *Programmeur à came* 11
Figure I. 7 *Programmeur de la vanne by-pass* 11
Figure I. 8. *Capteur* 12
Figure I. 9. Pressostat [2] 13
Figure I. 10. *Manostat différentiel* 14
Figure I. 11. *Composition du thermostat* 15
Figure I. 12. *Détecteur de niveau d'eau* 16
Figure I. 13. Interrupteur de position 17
Figure I. 14. *Vanne de by passe* 17
Figure I. 15. *Conductimètre* 18
Figure I. 16. *Diagramme simplifié d'un conductimètre* 19
Figure I. 17. *Électrovanne* 20
Figure I. 18. *Soutirage de la distillé* 21
Figure I. 19. *Démarrage du moteur compresseur/pompe* 21
Figure I. 20. *Synoptique du distillateur en phase de remplissage* 23
Figure I. 21. *Synoptique du distillateur en phase de préchauffage* 24
Figure I. 22. *Synoptique du distillateur en phase de production* 25
Figure I. 23. *Stockage* 26
Figure I. 24 . *Synoptique du distillateur en phase d'arrêt* 27

Figure II. 1. *Situation de l'unité de traitement* 33
Figure II. 2. *Structure de l'unité de traitement* 34
Figure II. 3. *Composants de l'automate XC3Thinget* 36
Figure II. 4. *Barre d'outils du logiciel XCP Pro* 39
Figure II. 5. *L'interface de base de XCP Pro* 40
Figure II. 6 *Langage d'instructions de XCS Thinget* 43
Figure II. 7. *Exemple d'un programme Ladder* 44
Figure II. 8. *Instruction PID* 45
Figure II. 9. *Ladder PID* 46
Figure II. 10. *La fenêtre de travail sous XCPpro* 46
Figure II. 11. *Navigateur d'application* 47
Figure II. 12. *Structure de l'écran touchwin* 48
Figure II. 13. *Communication avec API* 49
Figure II. 14. *Choix de communication avec un API* 49
Figure II. 15. *Communication avec différents API* 49

Figure II. 16. *Écran touchwin* 50
Figure II. 17. *Variateur Altivar 31* 52
Figure II. 18. *Carte de commande d'un variateur de la vitesse* 53
Figure II. 19. *Commande du variateur* 53
Figure II. 20. *Présentation de la cellule piézorésistive du VEGABAR 53* 55
Figure II. 21. *Capteur de pression VIGABAR* 55
Figure II. 22 *Sonde Pt100* 56
Figure II. 23. *Vanne de régulation proportionnelle* 58
Figure II. 24. *Convertisseur I/P* 59

Figure III. 1. *Synoptique du distillateur* 64
Figure III. 2. *Réglage de chauffage* 66
Figure III. 3. *Le distillateur avec les deux armoires de commande nouvelle et ancienne* 69
Figure III. 4. *Démarrage du moteur compresseur* 72
Figure III. 5. *Démarrage du moteur compresseur* 73
Figure III. 6. *Câblage des entrées* 74
Figure III. 7. *Câblage des sorties* 75
Figure III. 8. *Schéma de montage d'E/S avec l'API* 76
Figure III. 9. *Schéma de montage d'E/S analogique* 77
Figure III. 10. *Commande du variateur par l'API* 78
Figure III. 11. *Schéma du câblage du variateur* 79
Figure III. 12. *Vue externe sur l'armoire de commande* 79

Figure III. 13. *Vue interne sur l'armoire de commande* 80
Figure III. 14. *Page d'accueil* 81
Figure III. 15 *Page des réglages* 82
Figure III. 16. *Le choix du cycle* 82
Figure III. 17. *Page des conditions de démarrage* 83
Figure III. 18 *Page de synoptique du processus* 84
Figure III. 19 *Page des tests E/S* 85
Figure III. 20 *Page des alarmes* 85
Figure III. 21. *Page de calibrages* 86
Figure III. 22. *Système de fonctionnement* 87
Figure III. 23. *Démarrage du cycle* 88
Figure III. 24 *passage du distillé* 89
Figure III. 25. *Distillateur en plein régime* 90
Figure III. 26. *Exemple d'anomalie du thermique du moteur* 91
Figure III. 27. Indication d'une *alarme (pression hors limite)* 91

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1. *L'équipement de production de l'eau distillée* 6
Tableau I. 2.*Capteurs et actionneurs du distillateur* 28

Tableau II. 1. *Choix de l'unité de traitement* 34
Tableau II. 2. *Les composants de l'automate* 37
Tableau II. 3. *Spécifications générales de XC-E3AD4PT2DA* 38
Tableau II. 4. *Interface Basique* 40
Tableau II. 5. *Barre d'outils classique* 41
Tableau II. 6. *Barre d'outils Ladder* 41
Tableau II. 7. *Barre d'outils de logique à relais* 42
Tableau II. 8. *Des Composants fonctions et d'actions* 45
Tableau II. 9. *PortsTH series HMI* 48
Tableau II. 10. *Barre d'outils* 51

Tableau III. 1. *Capteurs de pression* 67
Tableau III. 2. *Capteurs de température* 68
Tableau III. 3. *Tableau des capteurs et des actionneurs* 70
Tableau III. 4.*composants de l'armoire* 80

Liste des acronymes

API: Automate programmable industriel.

IHM: Interface homme machine.

TOR: Tout ou rien.

E/S: Entrées/ Sorties.

PID: Proportionnel, Intégral, Dérivée.

I/P: Intensité/ pression

G: gain

M: mesure

C: Consigne

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De nombreux secteurs d'activité sont de plus en plus soumis à la concurrence du marché. Pour assurer leur avenir, les entreprises doivent désormais faire face à différents enjeux économiques, ce qui les amène à avoir une complexité toujours croissante de leurs systèmes de production pour pouvoir atteindre des objectifs de plus en plus exigeants. Sur le plan économique, les coûts de production, le rendement ainsi que le respect des délais sont des facteurs qui influent sur la compétitivité des entreprises. Sur le plan technique, les principales contraintes portent sur la diversité, la flexibilité, la complexité et la qualité des produits. Des développements au niveau des technologies de l'informatique et de l'automatisation deviennent nécessaires.

Pendant la période du stage effectué au complexe Antibiotical, nous avons remarqué plusieurs équipements stratégiques, le distillateur qui durant les dernier temps sa fréquence de panne a sensiblement augmenté ce qui provoque un ralentissement de production causé par la lenteur du diagnostic et de la résolution des problèmes.

C'est pour cette raison qu'on a vu utile de proposer une solution à ce problème par la mise à niveau de l'équipement avec les distillateurs actuelles proposées sur le marché mondial, en remplaçant son système de commande par un système basé sur un API et HMI ce qui permettra aussi d'introduire des capteurs analogiques et actionneurs tel que les variateurs et les vanne proportionnelles.

Dans cet égard, nous avons présenté un projet qui il est partagé en trois chapitre

Dans le 1er chapitre on a focalisé sur la présentation détaillé du distillateur, leur constituant, et la manœuvre de fonctionnement.

Dans le chapitre II nous avons présenté une étude sur les API en général et de l'automate Thinget et sur l'interface homme machine en particulier et ses logicielles et présenter le matériel utilisé lors de la programmation.

Le dernier chapitre présente un bon cahier des charge et repose surtout sur la réalisation et l'implémentation de nouveau système de commande, et comme tout travail notre mémoire se terminé par une conclusion générale et perspectives.

CHAPITRE I: PRESENTATION DU SYSTEME DE DISTILLATION DE MARQUE PONZINI

I.1. Introduction

Dans ce premier chapitre on va parler d'abord du distillateur de marque PONZINI; expliquant sa description, ses caractéristiques et son principe de fonctionnement, en suite on abordera une description des constituants du système étudié en tenant compte de la partie commande, partie électrique et la partie mécanique. Finalement on expliquera la manœuvre du distillateur et les phases de son fonctionnement.

I.2. Le distillateur PONZINI

I.2.1. Principe de la thermo compression

Le distillateur "PONZINI" se base sur le principe de la thermo compression mécanique. Ce principe consiste à provoquer l'évaporation d'un liquide en ébullition et d'élever successivement par l'action mécanique d'un compresseur volumétrique la température de la vapeur produite.

Exploitant opportunément le choc thermique qui se détermine entre le liquide en ébullition qui se trouve à l'intérieur des tubes de l'évaporateur et la vapeur qui se trouve compressée à l'intérieur des tubes eux-mêmes, on réalise la récupération intégrale de la chaleur latente de vaporisation, chaleur qui se trouve utilisée comme source de chauffage pour un autre liquide voisin de l'ébullition [1].

I.2.2. Description du fonctionnement du distillateur

Au moyen du dispositif de chauffage, l'eau à distiller contenue dans la colonne est portée à l'ébullition. La vapeur se développe et s'accumule au sommet du dôme, ensuite est aspirée et successivement compressée au moyen d'un compresseur à l'extérieur du faisceau tubulaire du condenseur-évaporateur. L'action mécanique de compression donne une augmentation de pression à la vapeur produite en cycle et donc une augmentation de température.

La différence de température qui se crée entre vapeur compressée à l'intérieur du faisceau tubulaire et l'eau à distiller qui se trouve à l'intérieur des tubes eux-mêmes est suffisante pour permettre à travers l'épaisseur des tubes du condenseur, le transfert de toute la chaleur de vaporisation en cycle et la condensation totale de la vapeur compressé. En cas de fuite de la

vapeur vive, celle-ci est bloquée par un puits de décharge à flotteurs qui permet l'échappement du produit liquide seulement. Avec l'aide d'une électropompe, le condensé chaud peut être transféré directement à l'utilisation ou envoyé à l'extérieur du faisceau tubulaire propre à l'échangeur pour laisser une bonne partie de calories des ébullitions résiduelles à l'eau d'alimentation qui entre en contre courant à l'intérieur des tubes de l'échangeur lui-même.

La sortie du distillé chaud ou froid est toujours vérifiée à l'aide d'un fluxmètre qui permet le contrôle visuel du flux et de la production horaire. Une fois commencé, l'échange de chaleur soit dans le condenseur que dans l'éventuelle diverse extrémité, la fourniture de la chaleur auxiliaire est réduite et réglée afin qu'elle soit à même de fournir seulement les calories qui viennent se disposer par diffusion dans le milieu ambiant et une petite partie se trouve emportée dans l'eau distillée et dans le concentré.

Les impuretés gazeuses (anhydride carbonique, oxygène, ammoniaque...) qui se développent pendant la distillation se dirigent vers un échangeur supplémentaire avant d'être expulsées dans le milieu extérieur. Dans ce cas, les gaz en parcourant l'extérieur du faisceau tubulaire du dit échangeur en contre courant de l'eau d'alimentation cèdent à ce dernier, leurs propres calories [1].

I.2.3. Caractéristiques des installations à thermo-compression du système "Ponzini"

Les distillateurs "Ponzini" à thermo compression mécanique fonctionnent avec une consommation d'énergie grandement inférieure aux évaporateurs ordinaires à simple ou multiples effets avec chauffage à vapeur ou électrique. Confrontés à ses derniers, ceux-ci donnent par exemple à parité de consommation d'énergie, une production de 8 à 12 fois supérieures selon la puissance du modèle. Cela signifie que le même résultat industriel est obtenu avec une consommation d'énergie variant de 1/8 à 1/20.

Cette caractéristique donne à "Ponzini" la qualification de distillateur à haut rendement. Cet installations réalisées avec les exigences de fabrication et en conformité avec les récentes normes américaines définies par FOOD and DRUG ADMINISTRATION (FDA) et CURRENT GOOD MANUFACTURING PRATICE (CGMP). Ces dernier définissent le mode opératoire des produits pharmaceutiques pour usage humain et permettant une distillation rationnelle et efficace de façon à garantir une distillée pure. Afin de satisfaire

largement aux obligations que requièrent les pharmacopées les plus récentes comme: USP, BSP, DAB, etc.

Le choix du prétraitement de l'eau brute destinée à l'alimentation du distillateur est lié au grade de la pureté chimique-bactériologique qu'on veut apprendre et par conséquent il doit être vérifié à chaque fois. Les machine "Ponzini" appartiennent à la catégorie des appareils qui effectuent la distillation à "chaud" au moyen de la transformation de l'eau en vapeur et par conséquent la distillée ainsi exempte des bactéries, qualité qui ne peut être réalisée avec la simple "déminéralisation" même si elle est improprement considéré comme une "distillation à froid", par ce qu'avec le même procédé on capte seulement les impuretés ionisables et non les impuretés organiques et les bactéries. En fait, il est notoire que les particules organiques, les bactéries et la matière organique combinées avec l'inorganique présente dans l'eau s'échappent au procédé de déminéralisation et leurs présences ne peuvent même pas être décelées électriquement. En outre, les précautions spéciales de construction en même temps que la possibilité de stérilisation du circuit distillé, consentent à l'obtention d'un produit final exempt de produit pyrogènes.

Avec de telles qualités, la distillée obtenue avec les installations PONZINI peut être utilisé à peine produit pour les travaux les plus délicats y compris, la préparation des solutions injectables intramusculaires et intraveineuses [1].

I.3. Constituants de l'équipement de production de l'eau distillée

I.3.1. Description générale du système

Le système de compression de vapeur distillation dans la figure (I.1), improprement appelés thermo compression ou comme recompression mécanique de vapeur, aussi, produisent de l'eau pour l'usage pharmaceutique, plus précisément pour les liquides injectables, des solutions de perfusion et spécialisés, les systèmes de lavage et pour tous les produits où les facteurs de qualité comme la stérilité, l'élimination des pyrogènes et les solvants chlorés et d'autres substances externes à faible poids moléculaire sont un attribut de qualité critique.

Les distillateurs de compression à vapeur fonctionnent toujours à une pression interne supérieure à la pression atmosphérique, empêchant l'air extérieur de pénétrer dans le plant. Dans chaque phase de distillation, le distillat est toujours à une pression plus élevée que l'eau

d'alimentation assurant ainsi que de la probabilité de fuite, l'eau d'alimentation ne sera jamais entrée dans le circuit du distillat

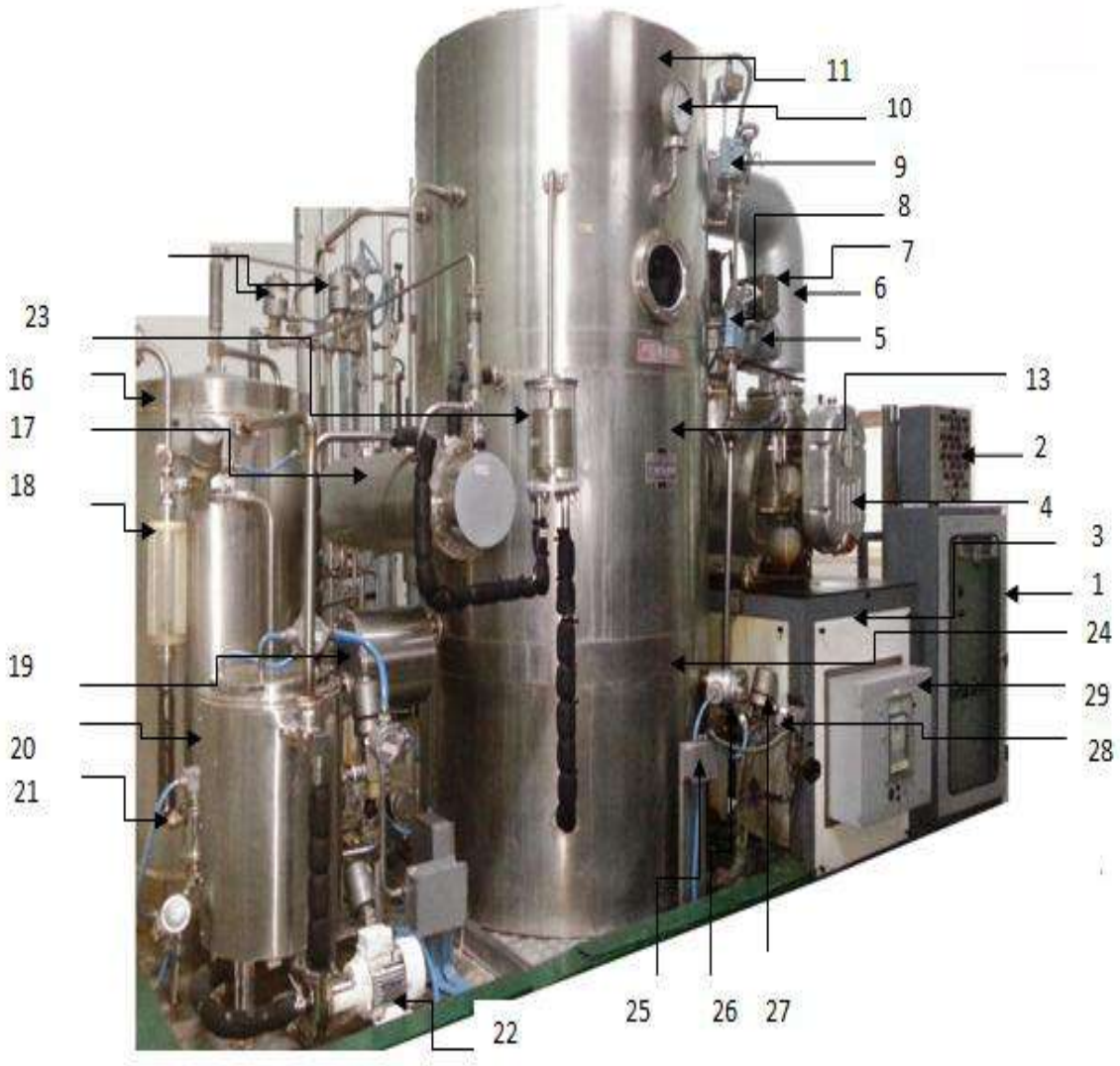


Figure I. 1.*Système de production de l'eau distillé*

Les différents constituants du système décrit sur détailles dans le tableau (I.1)

Tableau I. 1. *L'équipement de production de l'eau distillée*

N°	Description	N°	Description
1	Armoire de commande	2	Panneau de commande
3	Moteur de compresseur	4	Compresseur rotatif de la vapeur
5	Vanne de by-pass servo commandé	6	Tubulure d'aspiration de la vapeur produite
7	Thermostat de consentement au démarrage du compresseur	8	Vacuostat pour dégagement de chauffage auxiliaire
9	Dôme	10	Manostat différentiel pour la régulation de chauffage
11	Manostat différentiel pour la régulation de chauffage	12	Dôme de la vapeur produite
13	Condenseur à surface	14	Filtre soupirail de l'air de l'échangeur de la distillé et de l'eau d'alimentation
15	Soupape électromagnétique	16	Échangeur de chaleur de la distillé
17	Échangeur d'abattage des gaz	18	Fluxmètre de contrôle du débit de la distillée
19	Purgeur du condensé et des gaz	20	Caisse de recirculation
21	Électrode du métreur de la pureté de la distillé	22	Électropompe de soutirage de la distillée
23	Alimentateur automatique de l'eau d'alimentation	24	Chambre de chauffage
25	Manostat d'arrêt du distillateur pour pression excessif dans le condenseur	26	Manostat pour l'ouverture ou la fermeture de la soupape de vapeur
27	Soupapes électromagnétiques de réglage de la vapeur	28	Thermostat pour maintenir l'eau distillée à 80° pendant la phase d'inactivité
29	Enregistreur de la pureté de la distillé		

I.3.2. Description détaillée du système

Pour simplifier la description on présente chaque partie à part comme suit :

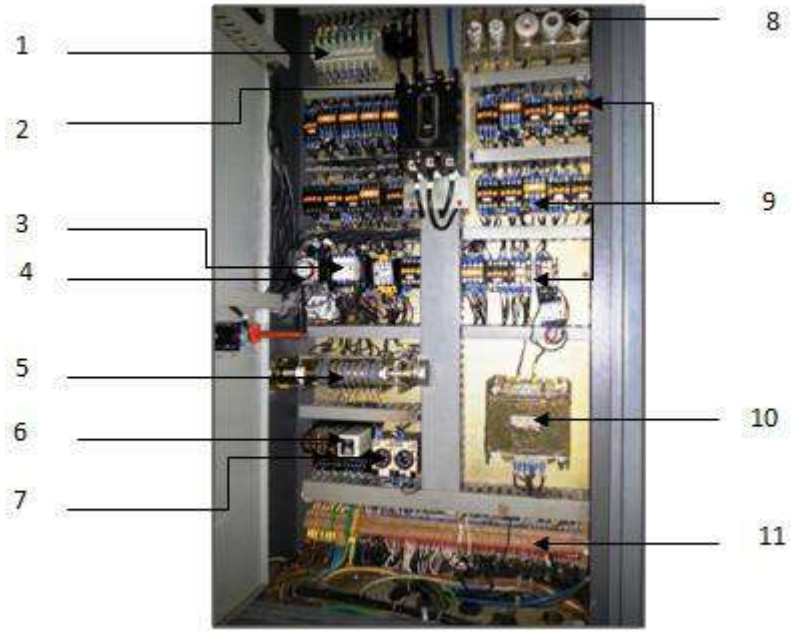
- La partie commande
- La partie opérative
- La partie électrique

- La partie mécanique

I.3.2.1. La partie commande

Cette partie se compose de plusieurs éléments de base, sont détaillés par la figure (I.2)

- une alimentation **220/380 volt 50HZ Neutre + terre**.
- la commande de cette porte contient un commutateur d'alimentation générale et d'autres commutateurs de commande du système



1. Disjoncteurs (composants), 2. Disjoncteur générale (alimentation), 3. Contacteur, 4. Temporisateur, 5. Programmeur à cames, 6. Relais de réglage de la pression (limites haut et bas), 7.Temporisateur, 8. Porte fusible et fusible d'alimentation 380 v~, 9 Relais contacteur (commande), 10. Transformateur d'alimentation de commande et puissance (110v~).

Figure I. 2 .*les éléments de l'armoire électrique du distillateur*

La figure (I.3) permet de relever les états de fonctionnement à l'aide de ces lampes témoins.



Figure I. 3. *Lampes témoins du fonctionnement du distillateur*

La figure (I.4) montre un panneau de commande avec tous les boutons qui permettent de manipuler le fonctionnement de la machine.



Figure I. 4. *Panneau de commande*

I.3.2.2. La partie opérative

Cette partie se compose de plusieurs éléments de base qui sont présentés comme suit :

I.3.2.2.1. Régulateur de la pression

Un dispositif de réglage de la pression qui permet de garder la pression dans le dôme entre deux valeurs taré sur un manostat différentiel en fonction de la vapeur de chauffage, la figure (I.5) présente le schéma électrique de ce dernier.

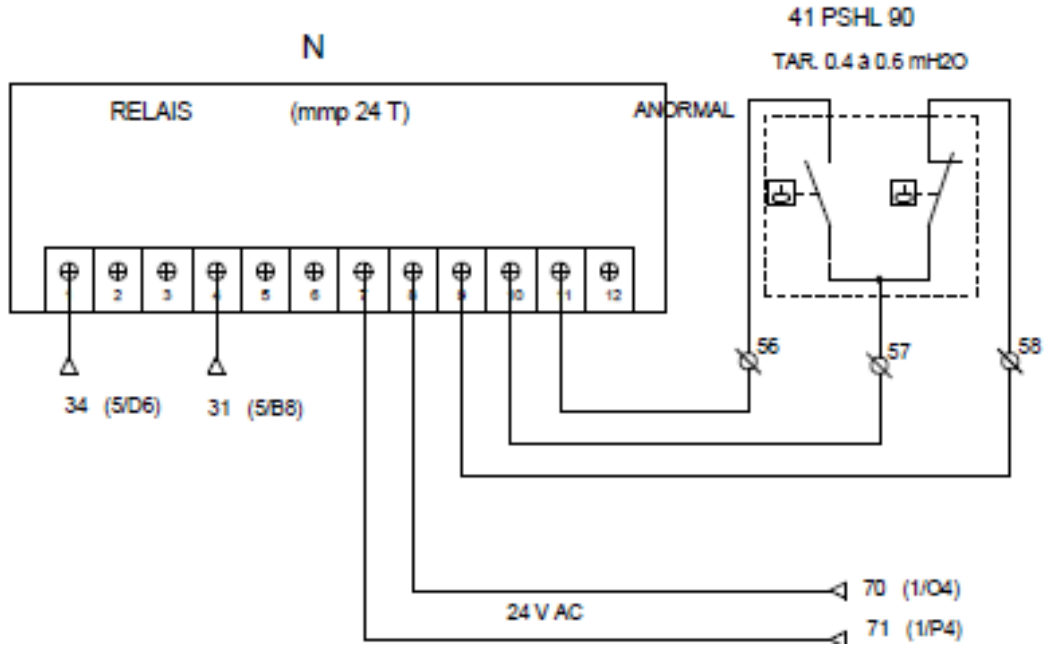


Figure I. 5. *Détail dispositif de réglage de la pression*

I.3.2.2.2. Programmeur de la vanne servo commandée

La vanne de by-pass servo commandée a pour objectif d'augmenter progressivement la pression de la vapeur dans le compresseur vers le distillateur.

- Pression maximale lorsque le by-pass est complètement fermé.
- Pression minimale indique que le by-pass est ouvert.

La figure (I.6) le montre avec leur schéma électrique par la figure (I.7), c'est pour la fermeture progressive de la vanne by-pass servo commandé en fonction de la température; la fermeture totale arrivera à peu près en 40 minutes.

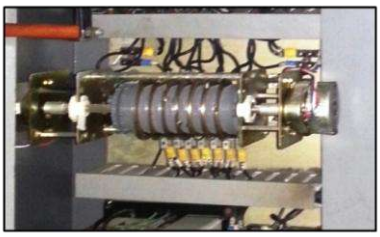


Figure I. 6.*Programmeur à came*

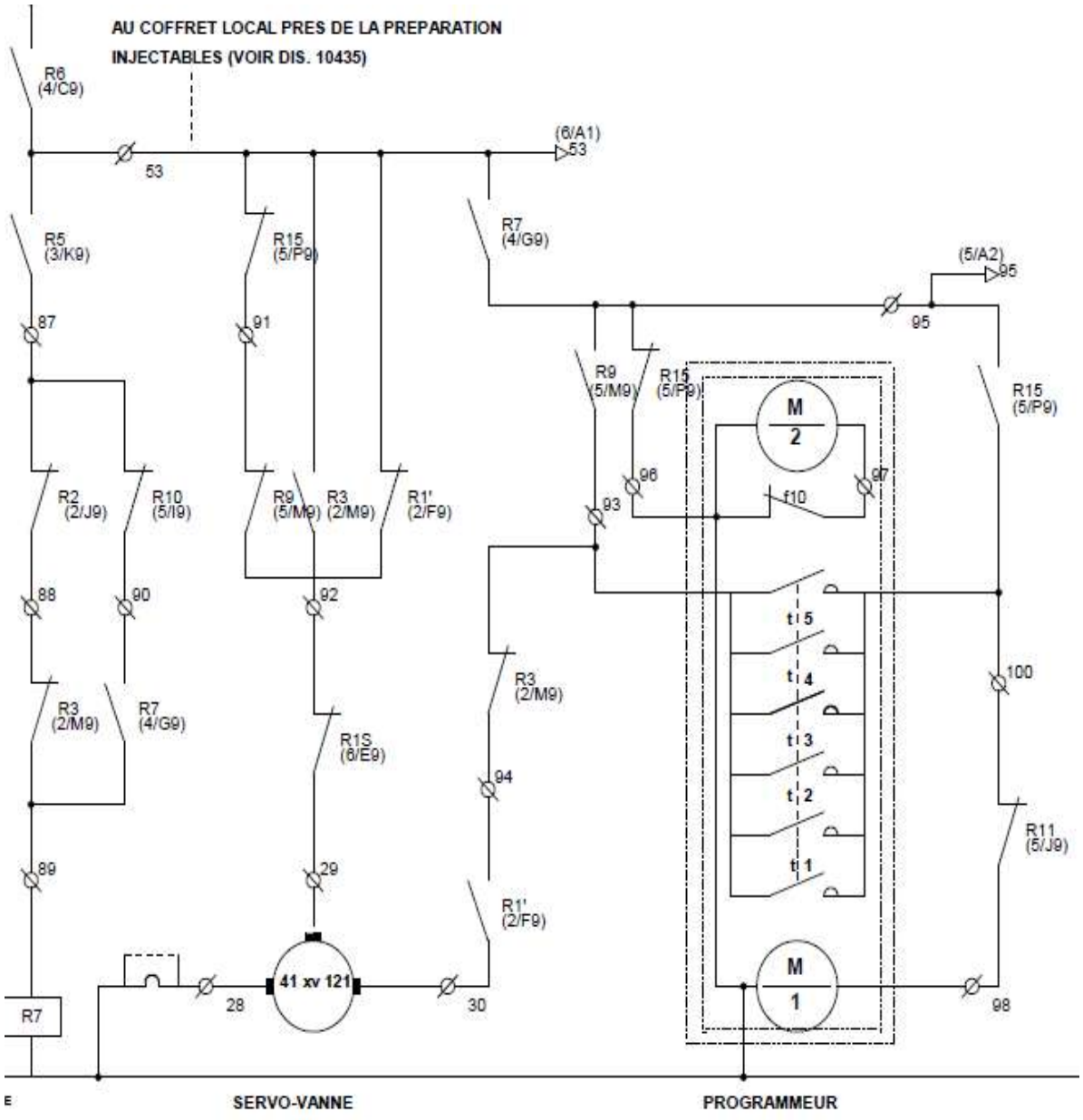


Figure I. 7.*Programmeur de la vanne by-pass*

I.3.2.3. La partie électrique

I.3.2.3.1. Rôle des capteurs

Le capteur est le composant qui permet d'informer la partie commande d'un état de la partie opérative ou du milieu extérieur, présenté par la figure (I.8).

Il prélève une information sur la grandeur physique de la partie opérative et la convertit en une information exploitable par la partie commande.

Les états peuvent être prélevés sur les actionneurs, les adaptateurs, les effecteurs, les matières d'œuvre dans la structure d'un système automatisé, les capteurs font partie de la chaîne d'acquisition des capteurs qui délivrent un signal binaire (0 ou 1) qui sont appelés aussi "détecteurs", ou capteurs "TOR" (Tout Ou Rien).

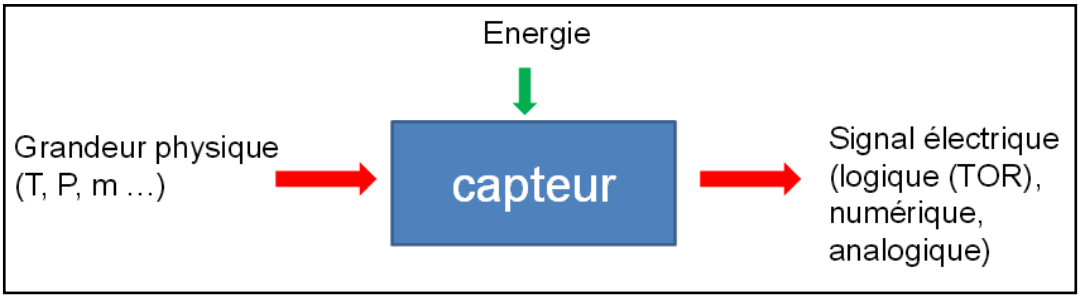


Figure I. 8. *Capteur*

I.3.2.3.2. Capteur de pression et dépression

L'équipement de distillateur contient 5 capteurs de pression tarés, un pressostat pour régler l'apport de la chaleur en fonction de la pression qui se modifiera graduellement à l'intérieur de la colonne, un vacuostat pour dégagement de chauffage auxiliaire, un vacuomètre d'arrêt du distillateur pour vide excessif, un manostat d'arrêt du distillateur pour la pression excessif dans le condenseur et un manostat pour l'ouverture ou la fermeture de la soupape électromagnétique de fuite de la pression excédante et flux vapeur de stérilisation.

- Pressostat et vacuostat
  - Rôle : ils ont pour fonction de contrôler ou de réguler une pression (pressostat) ou une dépression (vacuostat) dans un circuit pneumatique ou hydraulique.
  - Principe de fonctionnement **:** une membrane en se déformant agit sur un micro contact. Le changement de pression est transformé en signal électrique TOR.

- Ils sont prévus pour la régulation entre deux seuils avec point de consigne haut (PH) et bas (PB).
- Utilisation **:** régulation de compresseur, enclenchement d'une pompe de distribution d'eau en fonction de la pression d'eau du circuit de puisage.

La figure (I.9) présente un pressostat [2].



Figure I. 9. Pressostat [2]

- Manostat

Le manostat est un appareil d'indication active. Il sert à relayer les informations des variations de pression à l'intérieur d'un système. Le signal peut être proportionnel ou inversement proportionnel selon le besoin de l'application donnée. Il s'agit d'un manomètre avec contacts pour relayer la lecture par un signal pour un lecteur à distance.

Les manostats peuvent relayer un signal électrique, électronique ou pneumatique. Le signal peut être de type modulant ou ON/OFF. Avec le signal ON/OFF, le manostat pneumatique ou électrique va actionner un démarreur magnétique ou un appareil quelconque. Exemples: Sur la détection d'une basse pression il peut activer une pompe, donner une alarme et/ou arrêter une chaudière. Sur la détection d'une haute pression il va arrêter une pompe ou une chaudière et/ou donner l'alarme, (voir figure I.10). [2]



Figure I. 10. *Manostat différentiel*

- Vacuomètre

Un vacuomètre est un dispositif qui permet de mesurer la valeur de la pression des gaz.

I.3.2.3.3. Capteur de température

L'équipement contient 4 détecteurs de température nommé les thermostats:

- Deux thermostats tarés permettent le démarrage du compresseur de vapeur quand il est chaud.
- Un thermostat taré pour l'arrêt du distillateur pour manque de vapeur.
- Un thermostat pour maintenir l'eau distillé à 80° pendant la phase d'inactivité.

  - Définition *:* Les thermostats sont des interrupteurs électriques commandés par la température.
  - Rôle*:* Son rôle est de régler la température d'une surface froide/ chaude ou d'une ambiance froide/chaude entre deux limites prédéterminées et aussi voisines que possible de la température réelle que l'on désire obtenir. Nous aurons donc l'encadrement de la température désirée entre une limite supérieure et une limite inférieure.
  - description: Le thermostat comporte obligatoirement (figure.I. 11):

    Un organe de détection (thermomètre).

    Un organe de commande (interrupteur électrique),

Un dispositif de liaison mécanique (ce dernier relie l'organe de détection et l'organe de commande) [3].

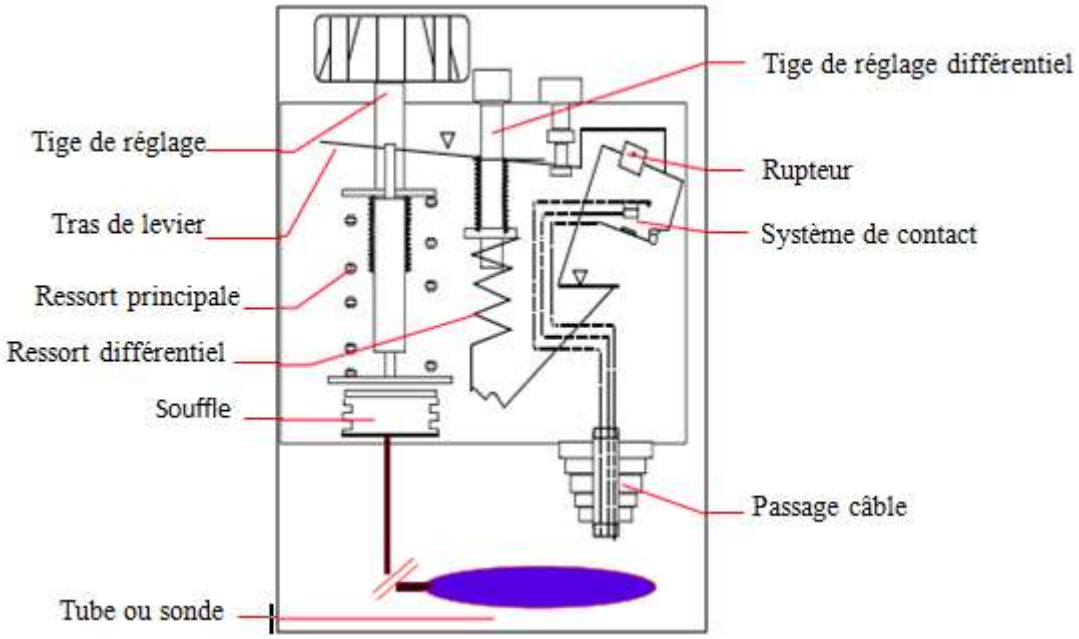


Figure I. 11. *Composition du thermostat*

I.3.2.3.4. Capteur de débit

- Hydrostat

L'eau est un élément principal pour alimenter le distillateur, la détection de se dernier fait par un capteur de débit appelé hydrostat.

- Principe de fonctionnement: Un hydrostat est un appareil destiné à mesurer le débit d'un fluide, liquide ou gazeux. Il coupe le fonctionnement du distillateur en cas de manque d'eau.

- Interrupteur à flotteurs

Dans ce système il y a 3 interrupteurs à flotteur dans la caisse de recirculation; deux (haut et bas) pour le consentement au démarrage de la pompe et le troisième pour l'arrêt du distillateur lorsque il y a un accès d'eau dans la caisse, ce qui implique un problème dans la pompe de recirculation.

- Principe de fonctionnement: Interrupteur à flotteurs ou poire de niveau (figure I.12) est un dispositif suspendu au-dessus d'un plan d'eau (ou d'un autre liquide)

au moyen d'un câble électrique souple constitué de deux fils isolés qui permet de détecter si le niveau de l'eau atteint ou non une certaine cote d'alerte. Lorsque le niveau de l'eau augmente jusqu'à immerger le dispositif, sa capacité à flotter et sa forme de poire l'obligent à se retourner. Dans cette position, une bille métallique située à l'intérieur se déplace par gravité vers la pointe de la poire, mettant ainsi les deux fils en contact électrique. Avec une ou plusieurs poires de niveau, un réglage en « tout ou rien » permet d'asservir une pompe de relevage ou une vanne de trop-plein à l'aide d'une logique simple basée sur des relais électromécaniques [4].



Circuit fermé Circuit ouvert

Figure I. 12. *Détecteur de niveau d'eau*

I.3.2.3.5. Interrupteur de Position

Les interrupteurs de positions mécaniques peuvent aussi être appelés "Détecteur de position" et "Interrupteur de fin de course". Ils coupent ou établissent un circuit lorsqu'ils sont actionnés par un mobile.

La détection s'effectue par contact d'un objet extérieur sur le levier ou un galet. Ce capteur peut prendre alors deux états :

- Enfoncé (en logique positive l'interrupteur est fermé).
- Relâché (en logique positive l'interrupteur est ouvert).

  - Constituant: Les interrupteurs de position sont constitués de trois éléments de base :
    - Une tête de commande avec son dispositif d'attaque (1).
    - Un corps (2).

- Un contact électrique (3) [4].

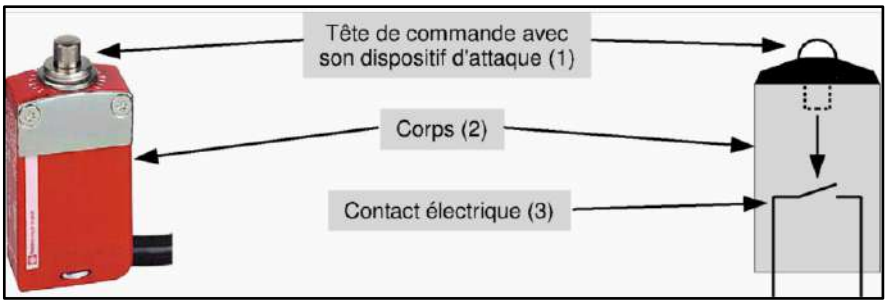


Figure I. 13. Interrupteur de position

- Fonctionnement: L'interrupteur de position détecte le déplacement d'un dispositif, le mouvement engendré provoque la fermeture du contact électrique situé dans le corps du capteur. Il y a deux interrupteur (fins de course) montés au niveau de la vanne du by passe indiquant que la vanne est ouverte ou fermée. (voir la figure I.14).

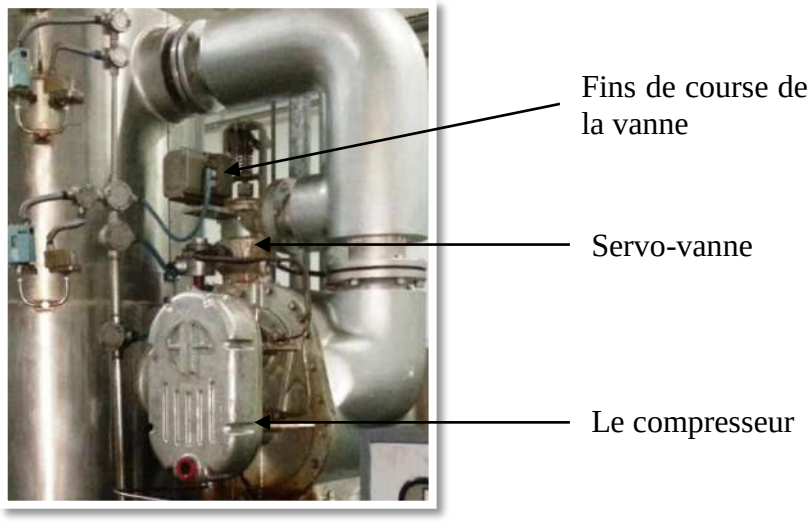


Figure I. 14. *Vanne de by passe*

I.3.2.3.6. Conductimètre

- Rôle: Lorsque l'appareil de distillation marche en conditions normales, il produit de l'eau distillée de haute qualité. En cas où il viendrait, pour une cause accidentelle, la vapeur produite, ou le condensé subisse une pollution, la qualité de la distillé empirait; un instrument indicateur figure (I.15) est appliqué à l'appareil de la distillation, permet un contrôle continu de la qualité de la distillée.



Figure I. 15. *Conductimètre*

- Principe de fonctionnement: Un conductimètre est un ohmmètre alimenté en courant alternatif. On cherche à mesurer la résistance de la solution piégée dans la cellule de mesure. Typiquement, un conductimètre applique un courant alternatif **I** à une fréquence optimale à deux électrodes actives, puis il mesure le potentiel **V** qui en résulte. Le courant et le potentiel vont tous les deux être utilisés pour déterminer la conductance (I/V). En se servant de la conductance obtenue et de la constante de cellule, le conductimètre va afficher la conductivité.

Ce principe s'appuie sur la loi d'ohm (équation I.1)

$$\mathbf{R = U/I = 1/G} \qquad \mathbf{I.1)}$$

R : résistance électrique (Ω)

I : intensité du courant électrique (A)

U : tension électrique ou conversion pour la conductivité (V)

G: Conductance (S)

La condictivité peut être donnée par l'équation (I.2)

$$\mathbf{\gamma = I / U.\ K'} \qquad \mathbf{I.2)}$$

γ: Conductivité électrique (spécifique) (S/m)

I : intensité du courant électrique (A)

U : tension électrique (V)

K' : constante de cellule (cts)

À une tension constante, le courant augmente proportionnellement à la conductivité. À courant constant, la tension diminue quand la conductivité augmente. Comme le montre la loi d'Ohm, la mesure de conductivité est en fait une mesure de résistance. La valeur inverse I/U donne la conductivité à partir de la résistance. La figure (I. 16) présente un diagramme simplifié d'un conductivimètre.

Note : la source de courant est ajustée de façon à ce que le potentiel mesuré (V) soit égal au potentiel de référence (Er) (environ ±200 mV)[6].

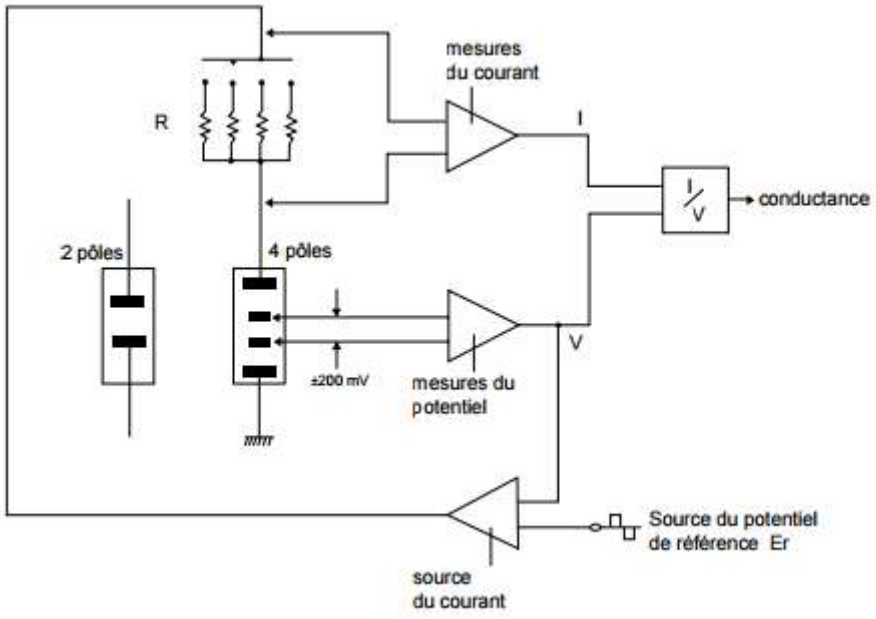


Figure I. 16. *Diagramme simplifié d'un conductimètre*

- Fonctionnement: l'indicateur est toujours en contact avec la distillée fluente. Quand L'eau distillée a une haute pureté chimique, elle présente une forte résistance au passage de courant électrique. Par contre, les impuretés inorganiques rendent la distillée de plus en plus conductrice.

Le conductimètre est un instrument ultra-sensible au changement de la résistivité et par un relais, il actionne une sonnerie de l'alarme et allume une lampe témoin, quand la qualité de l'eau est mauvaise.

En même temps l'indicateur excite aussi une soupape à solénoïde pour détourner l'eau ayant une pureté qui n'eat pas convenable, avant qu'elle puisse contaminer les éventuels stocks de la distillée parfaitement pure.

I.3.2.3.7. Électrovannes (soupape électromagnétique)

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique. (Voir la figure I.17).



Figure I. 17. *Électrovanne*

I.3.2.4. La partie mécanique

I.3.2.4.1. Moteur compresseur

L'unité est équipée par un moteur électrique du compresseur avec les données suivantes:

- Tension: 380 volts
- Courant: 24-26 Ampère.
- Consommation: 12-13: KWh

I.3.2.4.2. Électropompe

Une électropompe de soutirage de la distillée, de la caisse de recirculation vers l'échangeur de chaleur est présenter par la figure (I.18), un interrupteur à flotteur fait démarrer la pompe lorsque la distillé atteint le niveau indiqué.



Figure I. 18. *Soutirage de la distillé*

Le démarrage du moteur compresseur et le pompe de recirculation sont schématisé selon la figure (I.19).

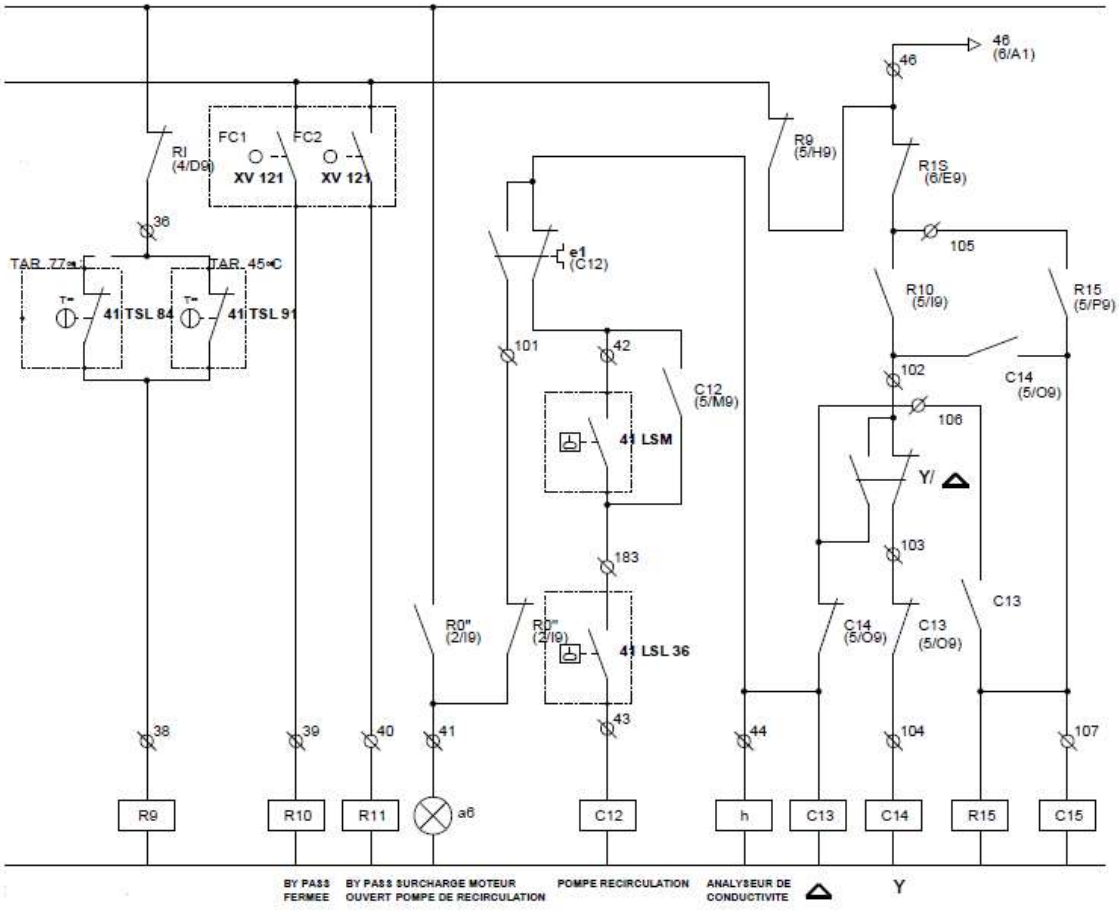


Figure I. 19. *Démarrage du moteur compresseur/pompe*

I.4. Synthèse des manœuvres de fonctionnement

I.4.1. Préambule

Le démarrage du distillateur se fait manuellement au moyen d'un bouton "début programme distillateur" qui donne le départ automatiquement à la séquences des opérations de préchauffage, démarrage, fonctionnement au régime et arrêt subordonné à la demande du distillé qui se trouve accumulé dans le réservoir de réception.

I.4.2. Phase de remplissage

Après s'être assuré que:

- L'interrupteur séparateur soit inséré.
- Les vannes manuelles "vidange distillateur" "drainage réfrigérant des gaz incondensables" "écoulement d'eau dans l'échangeur (éventuel) " soient fermées.
- Les vannes d'interception de flux "eau d'alimentation" et "vapeur réchauffage" sur votre réseau soient ouvertes.

On peut procéder:

- A pousser le levier du commutateur indiqué "commutateur" pour:
    - Phase de stérilisation
    - Décharge boite de recyclage
    - Décharge de l'échangeur H_2O
    - Remplissage et vidage du distillateur.

Quand l'eau prétraitée d'alimentation rejoint dans le condenseur niveau indiqué est visible à travers l'alimentation automatique (6) (voir la figure I.20), il faudra remettre le levier du commutateur.

Étant toujours admis que les réservoirs sont vides ou partiellement vides d'eau distillé, les releveurs de niveau du même récipient donneront le consentement à:

- L'ouverture automatique des soupapes de la vapeur de réchauffage.
- La fermeture de la vanne servo-commandée by-pass du compresseur.

- A ce moment ils ouvriront automatiquement les soupapes de la vapeur de réchauffage et l'appareil entrera automatiquement dans la phase de préchauffage [1].

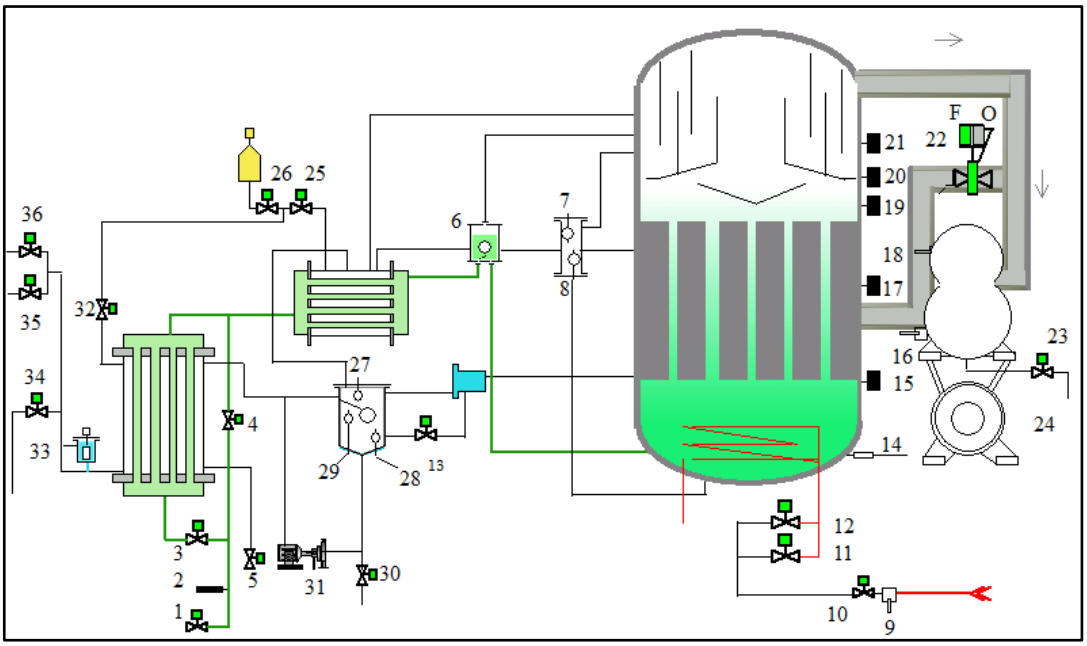


Figure I. 20. *Synoptique du distillateur en phase de remplissage*

I.4.3.Phase de préchauffage

L'eau contenue dans la colonne de distillation est portée à l'ébullition et partiellement évaporée jusqu'à ce que la vapeur produite ait suffisamment préchauffée le compresseur.

Deux thermostats (16) et (18) montré par la figure (I.21) opportunément tarés et appliqués sur le compresseur relèvent la température du travail.

Pendant la phase de préchauffage, l'apport de la chaleur est réglé par un pressostat différentiel (21) (voir la figure I.22) en fonction de la pression qui se modifiera graduellement à l'intérieur de la colonne.

La durée de la phase de préchauffage est variable et influencée suivant:

- Source de chaleur utilisée.
- Température d'eau d'alimentation.
- Température ambiante.

Néanmoins, en partant avec l'installation froide, elle mettra deux heures en moyenne.

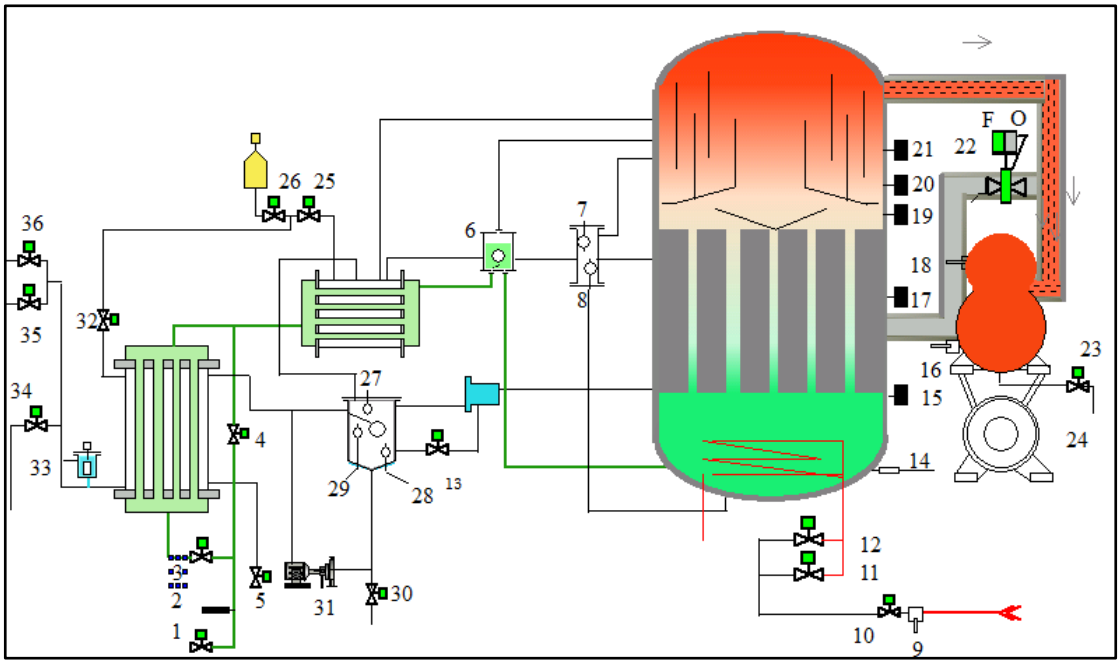


Figure I. 21. *Synoptique du distillateur en phase de préchauffage*

I.4.4.Phase de démarrage

Cette phase est caractérisée par l'ouverture automatique de la vanne servo-commandée du by-pass et par le démarrage automatique du compresseur.

Après quelques minutes de marche du compresseur, la vanne du by-pass se ferme graduellement à des intervalles de temps. La fermeture totale arrivera à peu près en 40 minutes. Pendant la phase de démarrage, la chaleur auxiliaire (résistances électriques ou vapeur de chauffage) est réglée par un manostat différentiel par rapport à la pression du distillateur. Lorsque la vanne du by-pass est complètement fermée, l'appareil de distillation aura atteint la pleine production et l'eau entre en ébullition et la vapeur comprimée aura lieu la cession complète des calories de vaporisation. Quand l'eau distillée recueillie dans un réservoir atteint un niveau déterminé, un interrupteur à flotteur fait démarrer une pompe qui soutire la distillée dans un échangeur de chaleur adéquat et en même temps elle circule le liquide excédent dans le même réservoir. L'eau distillée coulant dans l'échangeur, en contre-courant à l'eau d'alimentation, cède une bonne partie des calories d'ébullition. La distillée ensuite gagnera les utilisations ou les réservoirs de stockage (voir la figure I.22).

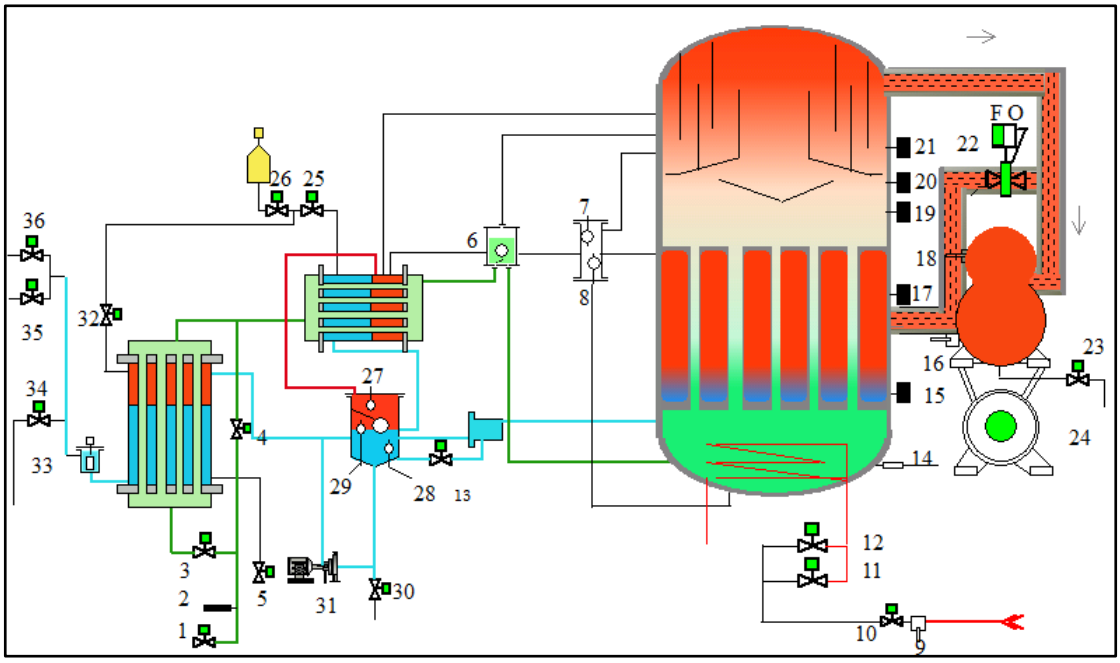


Figure I. 22. *Synoptique du distillateur en phase de production*

I.4.5. Phase de fonctionnement au régime

Cette phase est caractérisée par la régularité de la production d'eau distillée qui coule du débitmètre en continuité. L'apport de la chaleur nécessaire au maintien actif du cycle est réglé en fonction de la variation de pression intérieure du travail (0.4 - 0.6 m H_2O) insérant ou excluant les électrovannes de vapeur de réchauffage. L'insertion de la source de chaleur supplémentaire est signalée sur le tableau de commande au moyen d'une lampe témoin marquée: "Intervention dispositif automatique régulation pression". Si par cause accidentelle, la pression en colonne devait passer outre les valeurs préétablies, les soupapes d'échappement entreront en fonction en essayant d'équilibrer la pression dans les limites de travail.

La persistance et l'accentuation des conditions anormales (insuffisante ou excès d'eau d'alimentation ou de chaleur auxiliaire de réchauffage; absorbement excessif de la force motrice, pression interne dépassant les limites préétablies) feront intervenir les automatismes adéquats pour arrêter l'installation dont l'anomalie paraitra sur le tableau de commande. Dans ce cas, la reprise du fonctionnement est subordonnée à l'annulation de la cause qui à provoqué l'arrêt et ensuite au déblocage de la sécurité affichée sur le tableau d'alarmes marqué "bouton interruption alarme".

Les alarmes sont signalées optiquement au moyen de petites lampes clignotantes et également par de sonneries. La sonnerie peut être exclue au moyen d'un bouton interruption sonnerie [1].

Note: Les appareils de distillation projetés pour produire seulement de l'eau distillée chaude à 80-95°C ne sont pas pourvus du relatif échangeur et par conséquent, le liquide est soutiré dans le réservoir de circulation et envoyé directement à l'utilisation ou au réservoir de stockage (voir la figure I.23) [1].



Figure I. 23. *Stockage*

I.4.6.Phase d'arrêt

Cette phase commence automatiquement avec l'ouverture de la vanne motorisé du by-pass; continue avec l'arrêt du moteur compresseur et de la pompe de recirculation du distillé et se termine avec l'exclusion de la source de chaleur (figure I.24). En outre, l'ouverture de toutes les soupapes du circuit du distillé se fait dans le but d'éviter quelques stagnations. Dans cette condition, l'installation reste prête pour reprendre son cycle productif sur demande du niveau de distillée contenu dans l'accumulateur relatif [1].

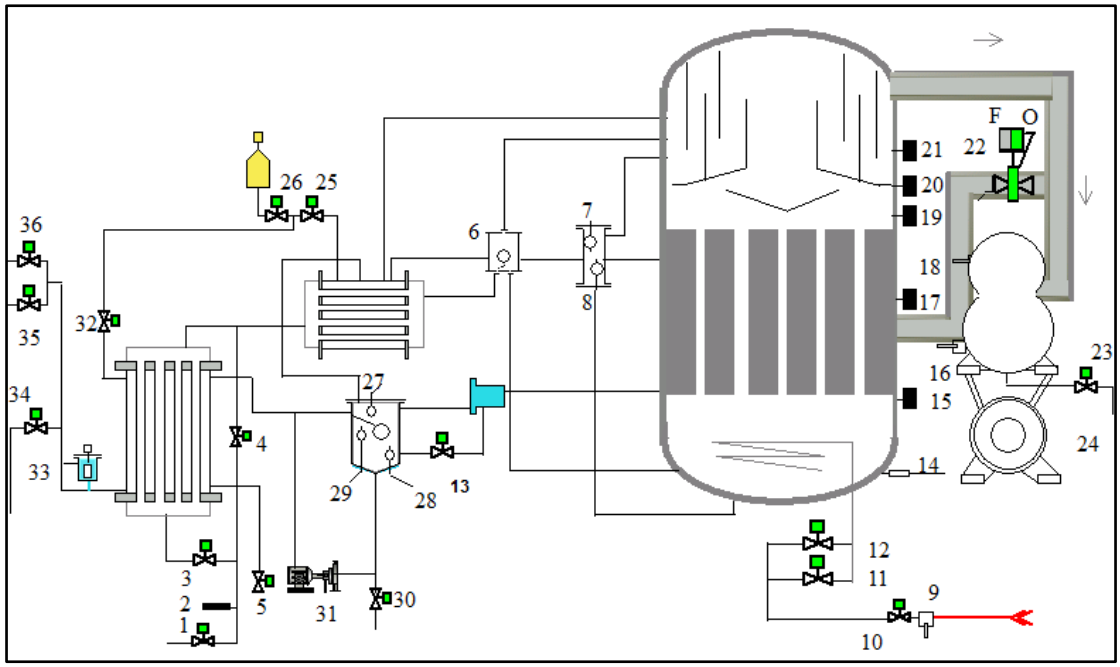


Figure I. 24 . *Synoptique du distillateur en phase d'arrêt*

I.4.7.Stérilisation

L'opération de stérilisation du circuit du distillé est recommandée au commencement de chaque cycle productif spécialement si l'installation est restée inactive pendant un ou plusieurs jours. La durée de stérilisation dure en moyenne 40 minutes, est régularisée ensuite par un temporisateur signalé sur le tableau de commande "alarmes" au moyen d'une petite lampe clignotante indiquant : "Distillateur en stérilisation"

La stérilisation se déroule automatiquement après la phase de préchauffage et prévoit une mise en place du levier du commutateur convenable:

- 0 Exclusions.
- 1 Phase de stérilisation.
- 2 Décharge de l'échangeur H2O.
- Remplissage et vidange du distillateur.

A stérilisation terminée, l'installation reprend automatiquement son cycle normal à partir de la phase de démarrage. [1]

Les composants des figures (I.21, I.22, I.23 et I.25) sont donnés par le tableau (I.2).

Tableau I. 2.*Capteurs et actionneurs du distillateur*

Numéro	**Commentaire**
1	Soupape électromagnétique d'entrée de l'eau d'alimentation
2	Hydrostat d'arrêt du distillateur pour manque d'eau
3	Soupape électromagnétique de l'admission de l'eau à 30°
4	Soupape électromagnétique de l'admission de l'eau à 80°
5	Soupape électromagnétique de désamorçage du circuit de distillée en phase de stérilisation
6	Alimentateur automatique d'eau d'alimentation
7	Flotteur arrêt du distillateur pour accès d'eau
8	Flotteur arrêt du distillateur pour manque d'eau
9	Thermostat d'arrêt du distillateur pour manque vapeur
10	Soupape électromagnétique d'entrée de vapeur
11	Soupape électromagnétique de réglage de la vapeur haut
12	Soupape électromagnétique de réglage de la vapeur bas
13	Soupape de fuite de la pression excédante et flux vapeur de stérilisation
14	Thermostat pour maintenir l'eau distillé à 80° pendant la phase d'inactivité
15	Manostat pour l'ouverture ou la fermeture de soupape de vapeur
16	Thermostat de consentement au démarrage du compresseur
17	Manostat d'arrêt du distillateur pour pression excessive dans le condenseur
18	Thermostat de consentement au démarrage du compresseur
19	Vacuostat pour dégagement de chauffage auxiliaire
20	Vacuomètre d'arrêt du distillateur pour vide excessif
21	Manostat différentiel pour la régulation de chauffage
22	Vanne de by-pass servo commandé
23	Soupape électromagnétique de drainage du compresseur et son tube
24	Moteur électrique du compresseur
25	Soupape électromagnétique d'arrêt soupirail des gaz pendant la stérilisation
26	Soupape électromagnétique d'arrêt filtre de l'air
27	Interrupteur à flotteur arrêt du distillateur pour pompe en panne

28	Interrupteur à flotteur arrêt du distillateur pour manque d'eau
29	Interrupteur à flotteur pour le consentement au démarrage de la pompe
30	Soupape électromagnétique pour drainage de la caisse
31	Électropompe de soutirage de la distillé
32	Soupape électromagnétique soupirail de l'air
33	Électrode de métreur de la pureté de la distillé
34	Soupape électromagnétique de dégorgement de la distillé de qualité inférieure
35	Soupape électromagnétique à 3 voies d'admission d'air dans la soupape pneumatique d'admission distillée chaude dans le réservoir
36	Soupape électromagnétique à 3 voies d'admission d'air dans la soupape pneumatique de dérivation de la distillée froide à l'utilisation

I.4.8. Diagnostique

L'unité est équipée des

- Dispositifs permettant le fonctionnement ou l'arrêt sur demande de la distillée qui est dans le réservoir de stockage.
- Dispositifs de sécurité, alerte et éventuel arrêt de l'installation en cas de
    - Manque d'eau d'alimentation.
    - Manque de la vapeur de réchauffage.
    - Niveau d'eau d'alimentation excessif ou insuffisant
    - Pression hors limite.
    - Surcharge de moteurs actionnant le compresseur de la vapeur et de pompe
    - Dispositifs pour le consentement du démarrage du compresseur à la température du travail, durant la phase de préchauffage
    - Dispositif de mesure de la pureté de la distillée [1].

I.5. Conclusion

Dans ce chapitre on a donné une présentation détaillée du distillateur Ponzini disponible au niveau du complexe Antibioticl, Saidal de Médéa. Après une étude complète du système, on a présenté des schémas électriques. Ces derniers nous ont permet de faire des tests pour mieux comprendre la logique câblée qui est commandé la machine par des éventuelles améliorations qui vont être apportées en utilisant les APIs.

Les différents processus du système ont été illustrés par des schémas synoptiques réalisés.

En conclusion le processus utilisé par le distillateur a montré son efficacité (inchangé jusqu' a ce jour).

La difficulté réside dans son système de commande conventionnelle qui ne permet pas de suivre clairement le processus en cours et rend encore plus difficile à la détection des défauts et des pannes sur ses composants électriques de commande ou de puissance.

CHAPITRE II: METHODOLOGIE DES SOLUTIONS ET DISPOSITIF UTILISE

II.1. Introduction

D'après les recherches faites sur les distillateurs à thermo compression qui se fait actuellement; le principe de fonctionnement reste inchangé pour la partie processus.

Le changement réside dans l'intégration de la logique programmé (API) et sa supervision (IHM) ; et l'intégration des capteurs et actionneurs proportionnels ce qui assure une surveillance continue du processus.

Dans ce chapitre on parlera de l'automate choisi, de son logiciel, de sa programmation, de l'interface homme machine et du matériel choisi pour assurer le bon fonctionnement du système par son utilisateur.

II.2. Automate programmable industriel

II.2.1. Historique

Les automatismes séquentiels ont été réalisés, depuis longtemps, à base de relais électromagnétiques. L'inconvénient des systèmes câblés impose la refonte complète du câblage et ceci pour la moindre modification dans l'ordonnancement des séquences. En 1966, l'apparition des relais statiques a permis de réaliser des divers modules supplémentaires tel que le comptage, la temporisation, le pas à pas ... Cependant cette technologie avait le même problème : technologie câblée. En 1968 et à la demande de l'industrie automobile nord-américaine, sont apparus les premiers dispositifs de commande logique aisément modifiable sont les PLC (Programmable Logic Controller) par Allen Bradley, Modicom et Digital Équipement [7].

II.2.2. Présentation d'un API

On nomme Automate Programmable Industriel, API (en anglais Programmable Logic Controller, PLC) un type particulier d'ordinateur, robuste et réactif, ayant des entrées et des sorties physiques, c'est un appareil électronique qui comporte une mémoire programmable par un utilisateur automaticien à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme comme par exemple : logique séquentiel et combinatoire ; temporisation, comptage, décomptage, comparaison ; calcul arithmétique ; réglage, asservissement, régulation, etc. pour commander, mesurer et contrôler au moyen de

modules d'entrées et de sorties (logiques, numériques ou analogiques) différentes sortes de machines ou de processus, en environnement industriel, utilisé pour automatiser des processus comme la commande des machines sur une ligne de montage dans une usine, ou le pilotage de systèmes de manutention automatique. Là où les systèmes automatisés plus anciens employaient des centaines ou des milliers de relais et de cames, un simple automate suffit [7].

II.2.3. Critère de choix d'un API

II.2.3.1. Unité de traitement

La figure (II.1) illustre les composants de l'unité de traitement. [7]

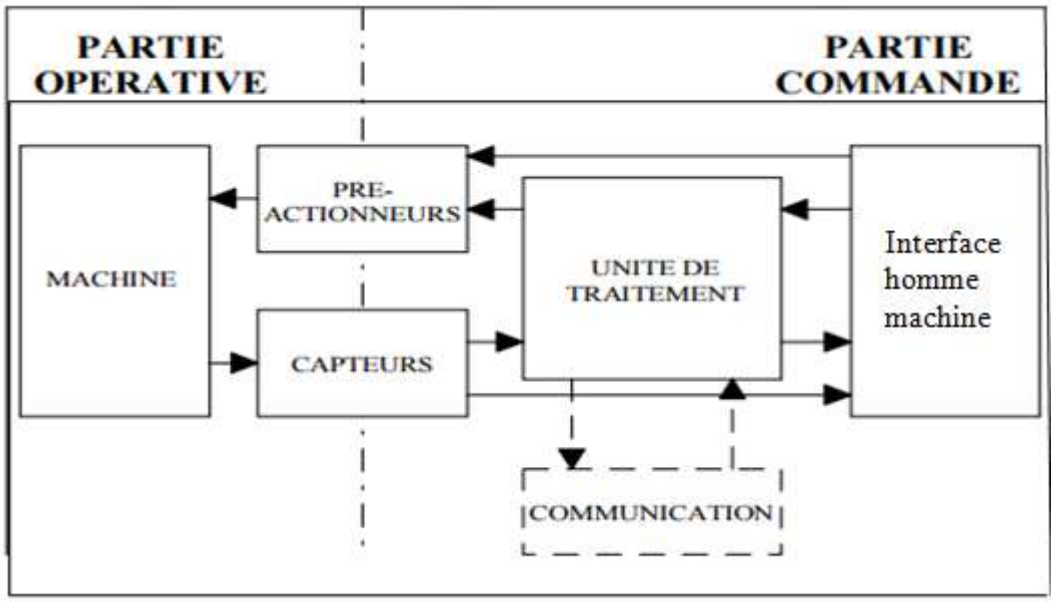


Figure II. 1. *Situation de l'unité de traitement*

II.2.3.2. Structure de l'unité de traitement

La figure (II.2) illustre la structure de l'unité de traitement avec ses fonctions [7].

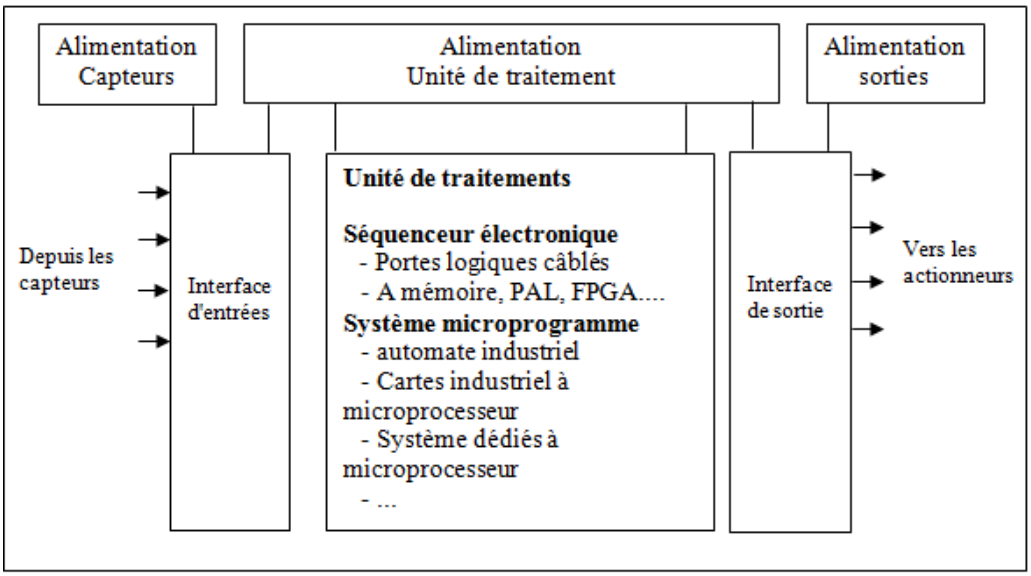


Figure II. 2. *Structure de l'unité de traitement*

II.2.3.3. Choix de l'unité de traitement

Le choix d'une technologie d'unité de traitement dépend de nombreux paramètres. Les critères essentiels permettant un choix sont définis dans le tableau (II.1) [7].

Tableau II. 1. *Choix de l'unité de traitement*

Solution envisage	Condition de choix
Développement spécifique d'une carte (interne ou externe)	Production en grande série Temps de développement élevé Niveau de compétence élevé Adaptabilité très faible Maintenance par remplacement Nombre d'entrées/sorties faible
Adaptation d'une carte industrielle (PCOS, OS 9, OS 9000 ou autre système d'exploitation)	Production en petite et moyenne série Temps de développement moyen Niveau de compétence élevé Adaptabilité bonne Maintenance par fournisseur Nombre d'entrées/sorties illimité
Automate programmable industriel	Production en très petite série ou unitaire Temps de développement court Niveau de compétence moyen Adaptabilité selon fournisseur Maintenance par fournisseur Nombre d'entrées/sorties illimité
PC industriel ou équivalents	Production en très petite série ou unitaire Temps de développement court Niveau de compétence élevé Adaptabilité excellente Maintenance par fournisseur Nombre d'entrées/sorties illimité

D'autres critères de sélection se retrouvent dans chacune de ces catégories : capacité de traitement, vitesse de traitement, capacité de mise en réseau, multitâche, temps réel...

II.2.3.4. Choix d'un automate programmable industriel

Après l'établissement du cahier des charges, il revient à l'utilisateur de regarder sur le marché l'automate le mieux adapté aux besoins, en considérant un certain nombre de critères importants tel que :

- Le nombre et la nature des E/S
- Le type des entrées/sorties nécessaire (numérique, analogique, etc.…)
- La nature du traitement (temporisation, comptage, ...)
- Les moyens de dialogue et le langage de programmation (la console détermine le langage de programmation, IHM)
- La communication avec les autres systèmes
- Les capacités de traitement du processeur (vitesse, données, opérations, temps réel...)
- Les moyens de sauvegarde du programme
- La fiabilité, robustesse, immunité aux parasites
- La documentation, le service après vente, durée de la garantie, la formation

II.2.4. Choix du XC3Thinget

L'automate choisi pour cette installation est un XC3 Thinget; cette référence est disponible au niveau de l'atelier de SAIDAL qui satisfait les exigences de notre projet.

Les Automates XC Séries sont conçus pour fournir la flexibilité et la puissance de l'industrie et comprennent la diversité des unités pour correspondre le budget et la fonctionnalité. Les parts de CPU et l'extension assurent une flexibilité de conception. En outre, les unités d'extension facilitent l'expansion facile des E/S et la communication. Le logiciel fourni pour programmer les unités PLC de Windows ou MAC basé et conçu pour faciliter l'utilisation.

De nombreuses fonctions sont intégrées dans cet API [8].

II.2.5. Les modèles disponibles

Les unités sont disponibles avec des options variables:

- I / O comptages allant de 14 points à 60 points
- Sources d'alimentation variables telles que 240V ou 24 V DC
- Relais ou sorties transistor ou sorties mixtes
- PLC combiné spécial et HMI - XC3-19AR-E
- La Configuration d'entrée est disponible en PNP ou NPN. [8]

II.2.6. Carte BD

Les modules d'extension, XC Séries API peuvent également accueillir des cartes supplémentaires BD.

Les cartes de BD sont des petites cartes de circuits imprimés qui peuvent être insérées dans l'automate du port BD sur CPU, si ce genre d'expansion ne prend pas d'espace supplémentaire.

II.2.7. Schéma général des composants de l'API XC3Thinget

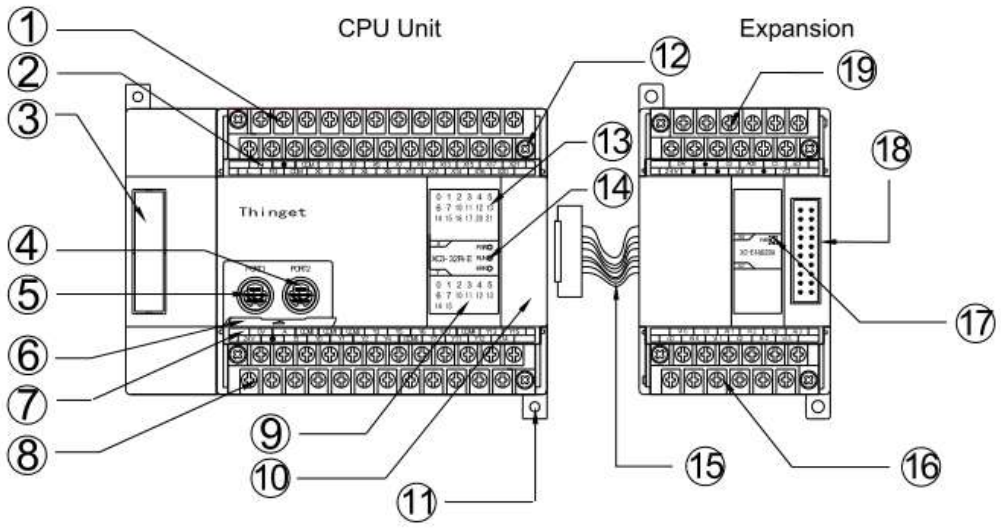


Figure II. 3. *Composants de l'automate XC3Thinget*

La Figure (II.3) présente les composants de l'automate et le module d'expansion .Les éléments constituants des donnés sur le Tableaux (II.2) [8].

Les éléments constituants sont donnés par le tableau (II.1)

Tableau II. 2. *Les composants de l'automate*

Nombre	Nom	Nombre	Nom
1	Bornes d'alimentation	11	Trous de montage (2)
2	Étiquette de la borne d'entrée	12	Vis pour installer/supprimer les bornes
3	Port d'installation de la carte de BD	13	LED d'entrée
4	COM2	14	LED d'action: PWR (alimentation); RUN; ERR (erreur)
5	COM1	15	Câble d'extension
6	plaque de couverture pour le port COM	16	Les bornes de sortie
7	Étiquette de bornes de sortie	17	LED d'action PWR (alimentation)
8	Sortie et bornes d'alimentation 24v	18	Port de connexion avec l'expansion
9	LED de sortie	19	Les bornes d'entrée et alimentation
10	Port de connexion avec l'expansion		

II.2.8. Modules d'extension

Pour mieux répondre aux exigences de contrôle sur le terrain, la Série XC automates peut fonctionner avec des extensions, chaque CPU peut relier jusqu'à 7 extensions.

- Types divers
- Extensions E/S, les modules E/S analogiques, des modules de contrôle de la température et mixte modules de fonction, etc.
- Taille compacte
- Alimentation DC24V (32 modules E/S sont AC220V alimentation).
- Analogique, modules de température qui comprend tous une fonction d'étalonnage PID [8].

II.2.9. Spécifications générales de module E3AD4PT2DA

Le choix de module E3AD4PT2DA et convenable avec l'amélioration qu'on a souhaité; selon les différentes entrés/sorties analogiques de ce type d'extension:

- 3 canaux entrés analogiques sur 14 bits; Plage de courant d'entrée est de 0 ~ 20mA, 4 ~ 20mA sélectionnable.
- 4 canaux entrés de température type PT 100
- 2 canaux sorties analogique sur 10 bits; Plage de tension est de 0 ~ 5V, 0 ~ 10V sélectionnable.
- 3 canaux A/D et 4 canaux entés PT 100 sont équipés par une fonction PID.
- Comme un module spécial, jusqu'à 7pcs XC-E3AD4PT2DA peut être relié à une série XC PLC unité principale.[8].

Les spécifications de ce module sont données par le tableau (II.3)

Tableau II. 3. *Spécifications générales de XC-E3AD4PT2DA*

Articles	entrée analogique courant (AD)	Entrée température (PT)	Sorties analogique voltage (DA)
Entrée analogique	DC0 ~ 20mA, 4 ~ 20mA	-100/350 °C	-
Maximum de la gamme d'entré	DC0-40mA	-	
Gamme de sortie analogique	-	-	DC0-5V 0-10V (résistance externe de charge 2KΩ~1MΩ)
Gamme numérique d'entré	-	-	10 bits binaire (0-1023)
Gamme numérique de sortie	14 bite binaire (0-16383)	-1000-3500	-
Rapport distingué	1/16383(14 bit): la données converties sont stockées dans l'API en Hex. (14bits)	0.1 °C	1/1023(10 bit): les données converties sont stockées dans l'API en Hex (10bit)
Valeur de sortie PID	0~K4095		
Précision intégrer	0.8%	±0.5C	0.8%
Vitesse de conversion	20ms/CH	20ms/CH	3ms/CH
Alimentation	DC24V±10% , 100mA	DC24V±10% , 100mA	DC24V±10% , 100mA

II.3. Programmation

Les programmes des API sont traités selon un cycle précis, le plus souvent est:

- diagnostique (autotest)
- acquisition de toutes les entrées (recopie dans une mémoire image)
- traitement du programme
- mise à jour des sorties.

Le temps d'un cycle d'API varie selon la taille du programme, la complexité des calculs, le nombre d'entrées/sorties, la puissance de l'API, et les besoins du procédé piloté. Il varie de quelques dizaines de millisecondes et il est protégé par un chien de garde, au cas par exemple où l'algorithme exécuterait indéfiniment une même boucle de programme.

II.3.1. Présentation de logiciel XCP pro

Dans cette partie, on s'intéresse au logiciel utilisé pour la programmation de l'API XC3 Thinget.

II.3.1.1. La barre d'outils [8]

La figure (II.8) présente la barre d'outils de logiciel XCP Pro.

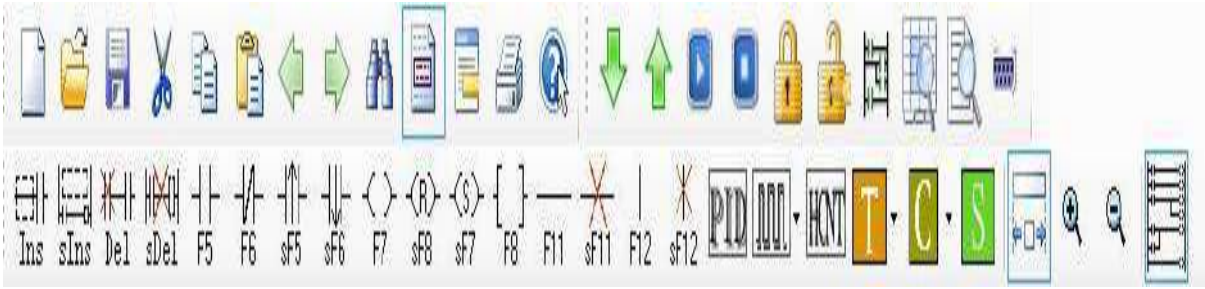


Figure II. 4. *Barre d'outils du logiciel XCP Pro*

II.3.1.2. L'interface de base [8]

La figure (II.5) donne une capture de l'interface de base du logiciel XCP Pro

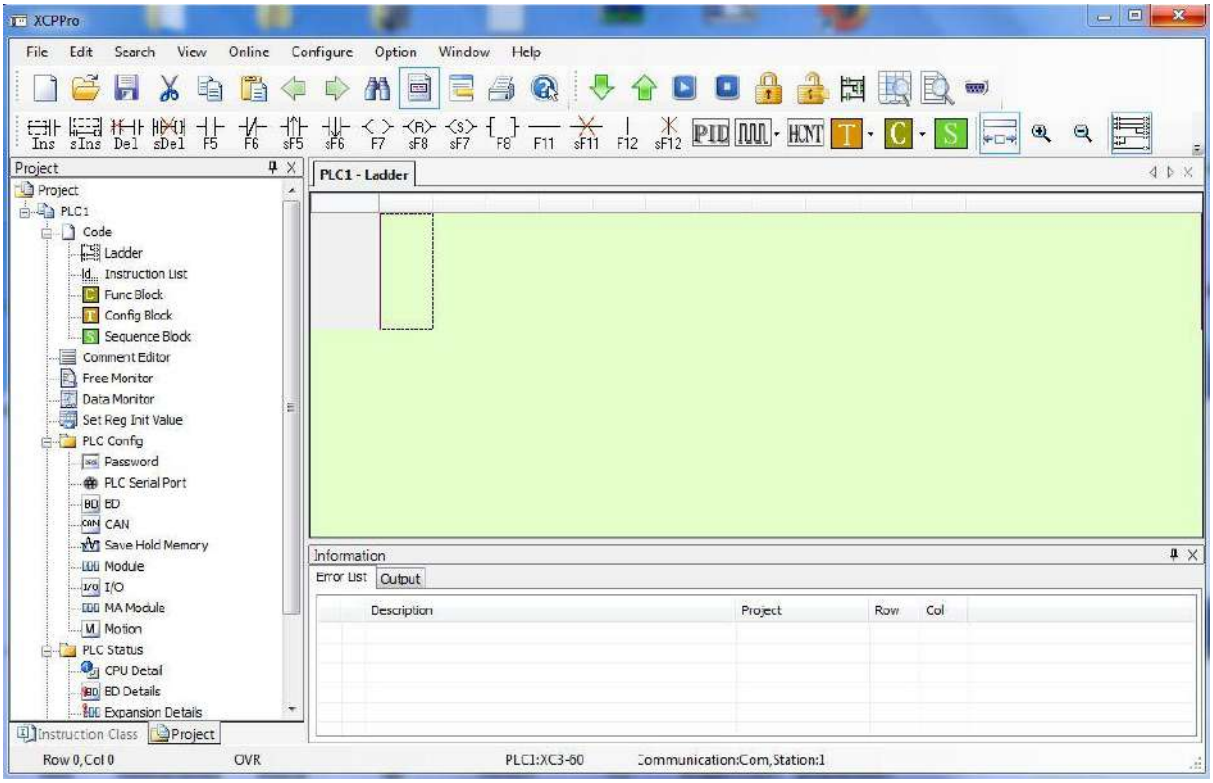


Figure II. 5. *L'interface de base de XCP Pro*

Les tableaux (II.4) représentent les éléments d'interface basique de logicielle XCP pro [8].

Tableau II. 4. *Interface Basique*

Repère	Élément	Fonction
1	Barre de titre	Derrière l'ECP Pro, affichage de programme Ladder
2	Barre de menus	Choisissez l'opération à effectuer dans le menu déroulant
3	Barres d'outils classique	Afficher les icônes des fonctions de base, telles que la copie
4	Barre d'entrée de ladder	Lors de l'ajout symbole d'instruction, sélectionnez l'icône
5	Fenêtres basculer bar	Basculer entre les fenêtres
6	PLC barre d'outils	Y compris télécharger, course
7	Autre	Le fonctionnement Ladder

Tableau II. 5. *Barre d'outils classique*

	Nouveau	Crée un nouveau programme Ladder
	Ouvrir	Ouvrez un éditée (enregistrer) le fichier
	Enregistrer	Enregistrer le fichier modifier ou nouvellement crée
	Couper	Couper
	Copier	Copier dans le champ d'instruction
	Coller	Collez le coupe et contenus copiés à une personne désignée
	Retour	Retour à la région de curseur précédente
	Aller de l'avant	Aller de l'avant pour la région de la prochaine Curseur
	Recherche	Rechercher la déclaration ou chaîne
	Nœud	Afficher noeud commentaire
	instruction info bulle	Instruction info bulle d'ouverture / fermeture
	Imprimer	Imprimez le fichier actuel
	Help	Voir les instructions de XC connexes pour Utilisation

Tableau II. 6. *Barre d'outils Ladder*

	Télécharger	Télécharger le programme ou de données dans l'édition Mémoire de l'automate SME
	Télécharger	Lire le programme ou données en mémoire de l'automate
	Run	Mise en marche API
	Stop	arrêt de l'automate
	Verrou	programme de verrouillage
	Ouvrir	programme déverrouillé
	Monitor ladder	Surveiller le processus de fonctionnement de l'échelle programme de carte
	Surveillance des données	Surveiller et mettre en état, les données de tous les PLC douces éléments
	Free monitor	Surveiller et mettre en état, les données de l'API spécifique des éléments souples
	Logiciel de série le port config	Configuration de port série pour la connexion à L'API

Tableau II. 7. *Barre d'outils de logique à relais*

Ins	Insérer un contact	sF7	Set
sIns	Insérer une ligne	F8	Cadre de l'instruction
Del	Supprimer un contact	F11	Ligne horizontale
sDel	Supprimer une ligne	sF11	Supprimer ligne horizontale
F5	Contact normalement ouvert	F12	Vertical linge
F6	Contact normalement fermé	sF12	Supprimer ligne verticale
sF5	Contact transitionnel front montant	PID	Configuration des paramètres de l'instruction PID
sF6	Contact transitionnelle descendant		Configuration des paramètres de l'instruction PWM
F7	Bobine de sortie	HCNT	Configuration grande vitesse Compter 24/section
sF8	Rset	T	G-BOX SMS Configuration

II.3.2. Langage de programmation

II.3.2.1. Caractéristique

- Langage de programme XCP pro: Automates de la série XC prennent en charge deux types de langage de programmation; liste d'instructions et Ladder, les deux langues peuvent se convertir à l'autre.
- Sécurité de programme: Le programme est chiffré à empêcher la copie ou la modification illégale. Lors du téléchargement du programme crypté, on sera invité à saisir un mot de passe. Cela maintient l'utilisateur le droit d'auteur.
- Commentaires: Lorsque le programme utilisateur est trop long, l'ajout de commentaires à ce programme si nécessaire est possible.
- Fonctions de base riches: Avec suffisamment instructions de la Série automates XC peut accomplir la commande séquentielle de base; comparaison ; opérations arithmétiques; contrôle de la logique; boucle de données. la Série XC d'automates prennent également en charge les comparaisons particulières; impulsion haute vitesse; test de fréquence; Contrôle PID: contrôle de position, interruption, compteur à grande vitesse.

- Fonction Langue C : la série d'automates XC est appuyé sur le langage C. Les utilisateurs peuvent appeler le bloc de fonction et le modifier librement. Cette fonction réduit la taille du programme grandement.
- Arrêtez-vous lorsque POWER ON Fonction: La série XC support la fonction "Stop when Power ON PLC" fonction. Grâce à cette fonction, s'il existe un grave problème tandis que l'automate est en cours d'exécution, cette fonction permet au système d'arrêter toutes les sorties immédiatement c'est le bouton d'urgence.
- Fonction Communication: De nombreux formats de communication de soutiennent la série d'API XC, par exemple, la communication Modbus, CAN-Bus de communication et de format libre communication. Via un module de réseau spécial l'API peut également être connecté à Ethernet ou GPRS net [8].

II.3.2.2. Langage d'instructions

On écrit la liste d'instructions sous la forme de "LD", "ET", "OUT", etc. C'est la forme d'entrée de base de la programmes, mais il est difficile à lire et à comprendre voir la figure (II.6)[8].

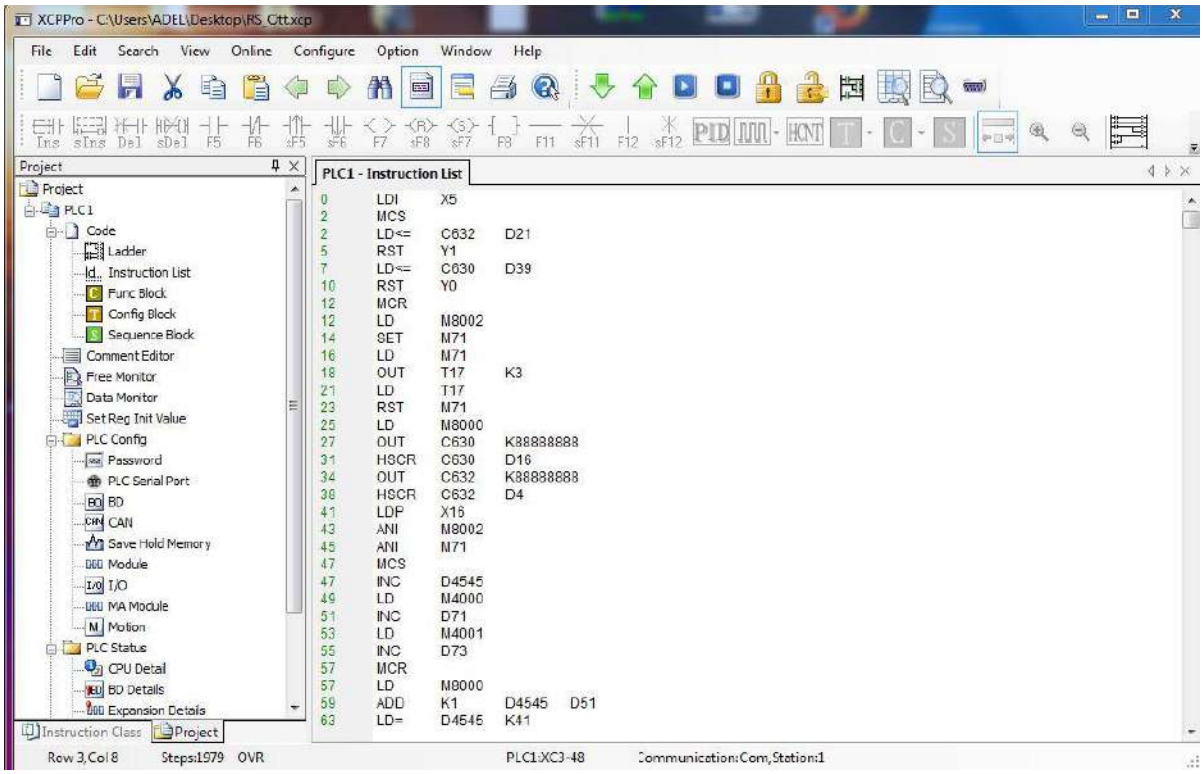


Figure II. 6.*Langage d'instructions de XCS Thinget*

II.3.2.3. Langage Ladder

Ressemble aux schémas électriques et permet de transformer rapidement une ancienne application faite de relais électromécaniques en un programme. Cette façon de programmer exploite une approche visuelle du problème longtemps appréciée en industrie, mais qui s'appuie sur une logique de moins en moins adaptée mais toujours utilisée. On parle également de langage à contacts ou de schéma à contacts pour désigner ce langage Ladder.

Cette méthode utilise des signes de la bobine etc. pour représenter des circuits séquentiels, c'est tellement plus facile de comprendre le programme. Entre-temps, il permet la surveillance de l'automate en montrant du circuit par la figure (II.7).

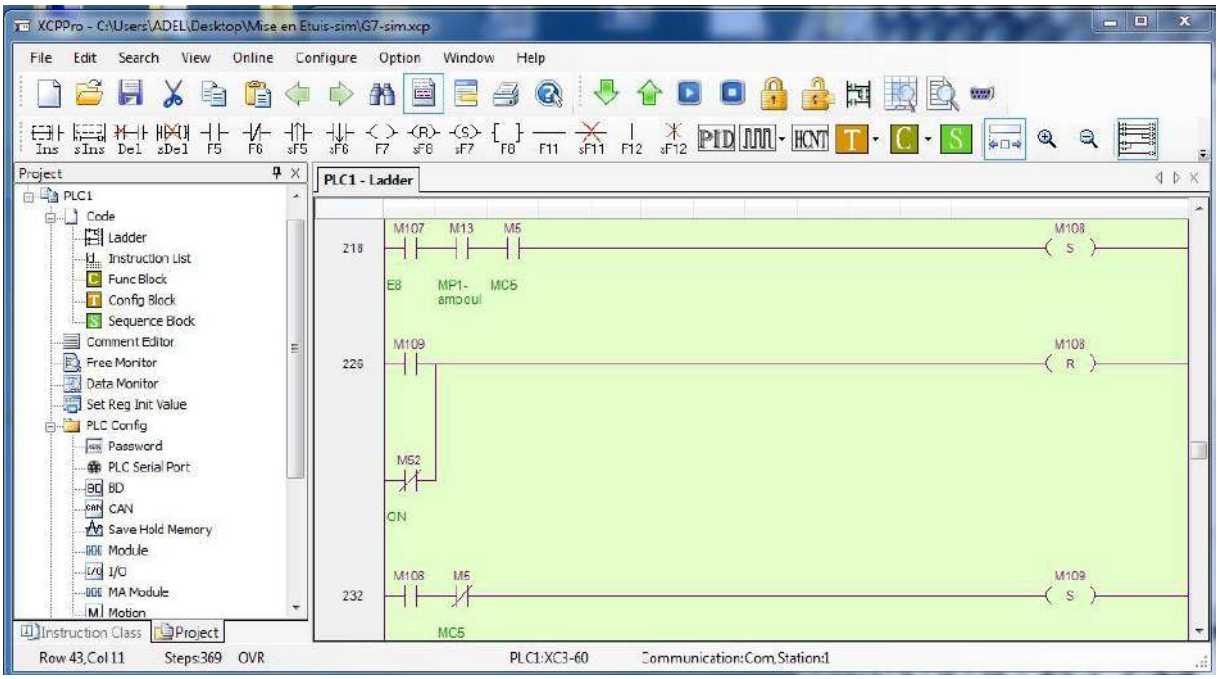


Figure II. 7. *Exemple d'un programme Ladder*

II.3.2.4. Composants à fonctions et d'actions

Nous avons convaincu brièvement les langages de programmation de XC automates série. Cependant, les éléments les plus importants pour un programme sont les opérandes. Ces éléments concernent les relais et des registres à l'intérieur de l'unité de commande. Dans cette partie nous allons décrire les fonctions et procédés d'utilisation de celle-ci [8].

Tableau II. 8. *Des Composants fonctions et d'actions*

1	(X, Y)	Les relais d'entrée/sortie
2	(M)	Relais auxiliaires
3	(S)	Relais d'état
4	(T)	Temporisateur
5	(C)	Compteurs
6	(D)	Registre de données
7	(K, H)	La constante
8	(P, I)	Pointeur

II.3.2.5. Instruction PID

- Réglage des paramètres et transfert des instructions
- Définir la boîte de dialogue, les paramètres comprennent l'adresse, le paramètre PID dans l'usage commun.
- Réglages, dépassement, direction, etc…(figure II.8): [8]

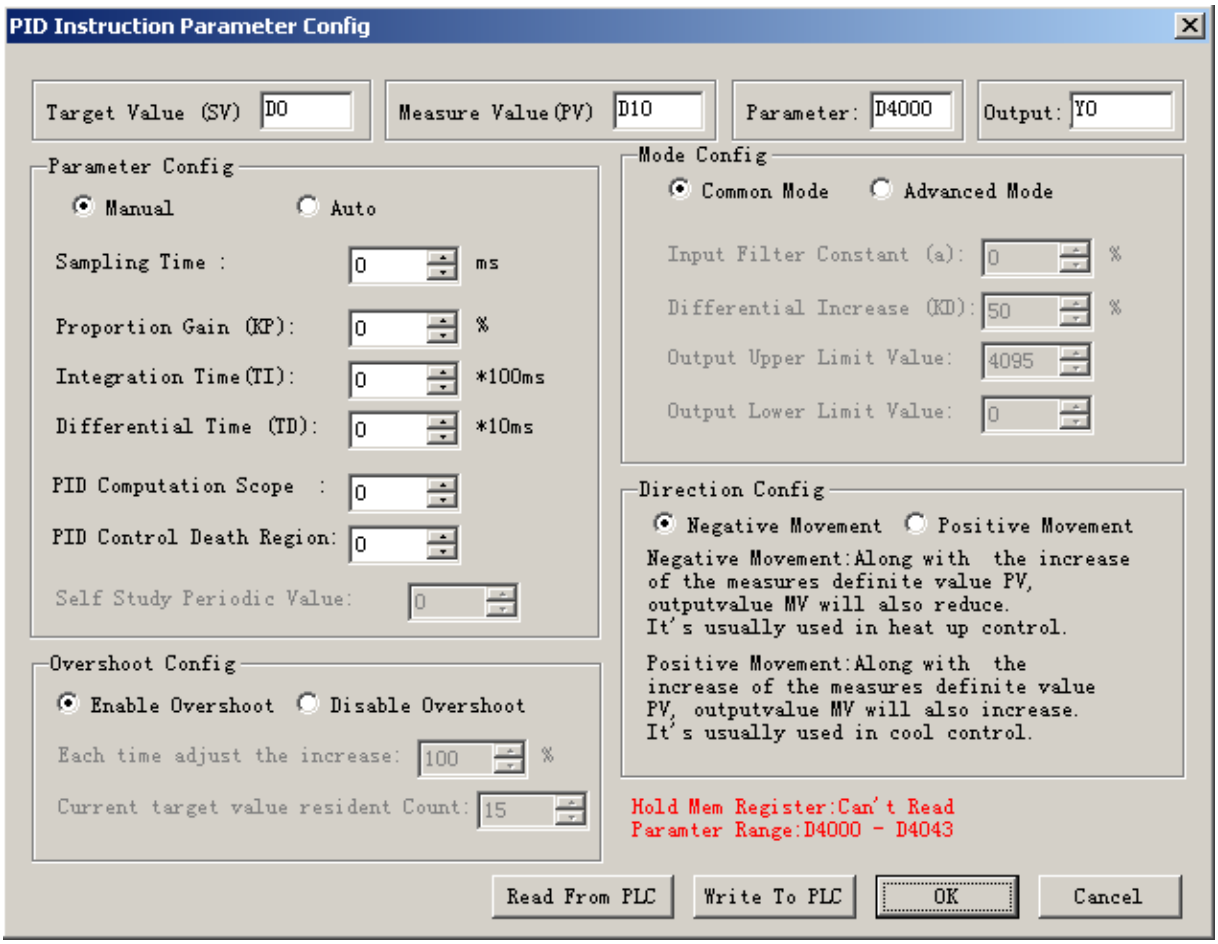


Figure II. 8. *Instruction PID*

- Après avoir réglé les paramètres, cliquant sur "OK", l'instruction apparaît dans la fenêtre de diagramme de l'échelle (figure II.9).

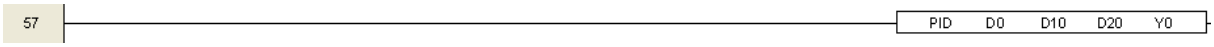


Figure II. 9. *Ladder PID*

II.3.2.6. Création d'une application

- Lancer XCPPRO.exe vous visualisez alors cet écran (voir figure II.10)
- Sélectionner dans le menu (Fichier) l'action (Nouveau).

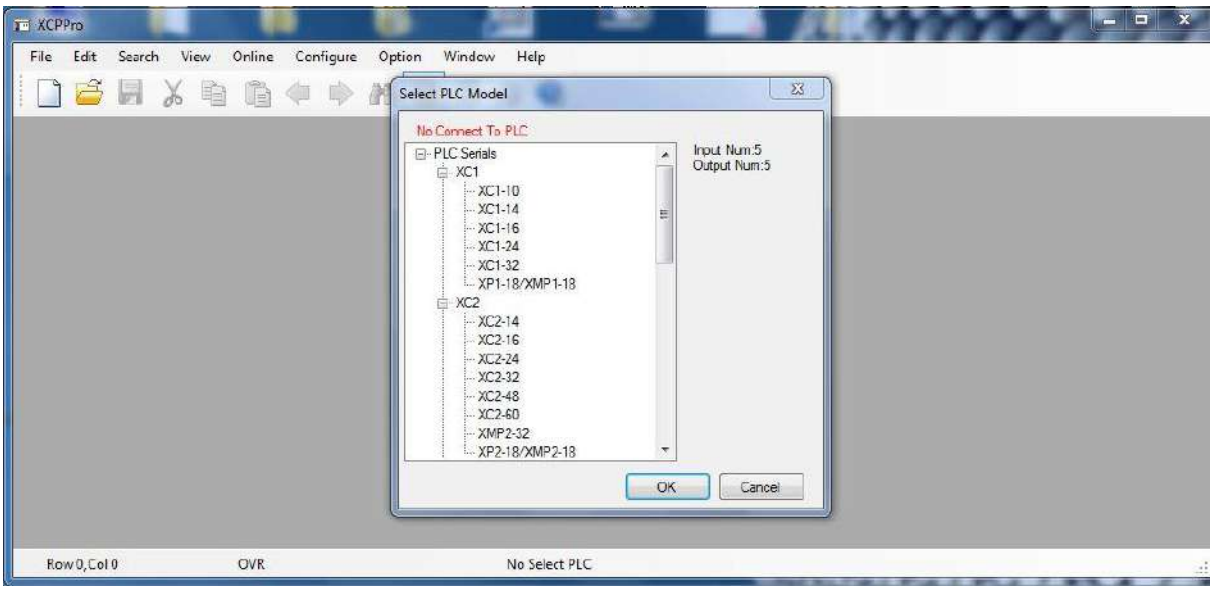


Figure II. 10. *La fenêtre de travail sous XCPpro*

II.3.2.7. Boite de dialogue pour un nouveau projet

- Choisie la gamme d'API (XC Micro) et le type de processeur (XCP Pro)

Valider la fenêtre par OK.

- Il apparait la fenêtre navigateur application figure (II.11).

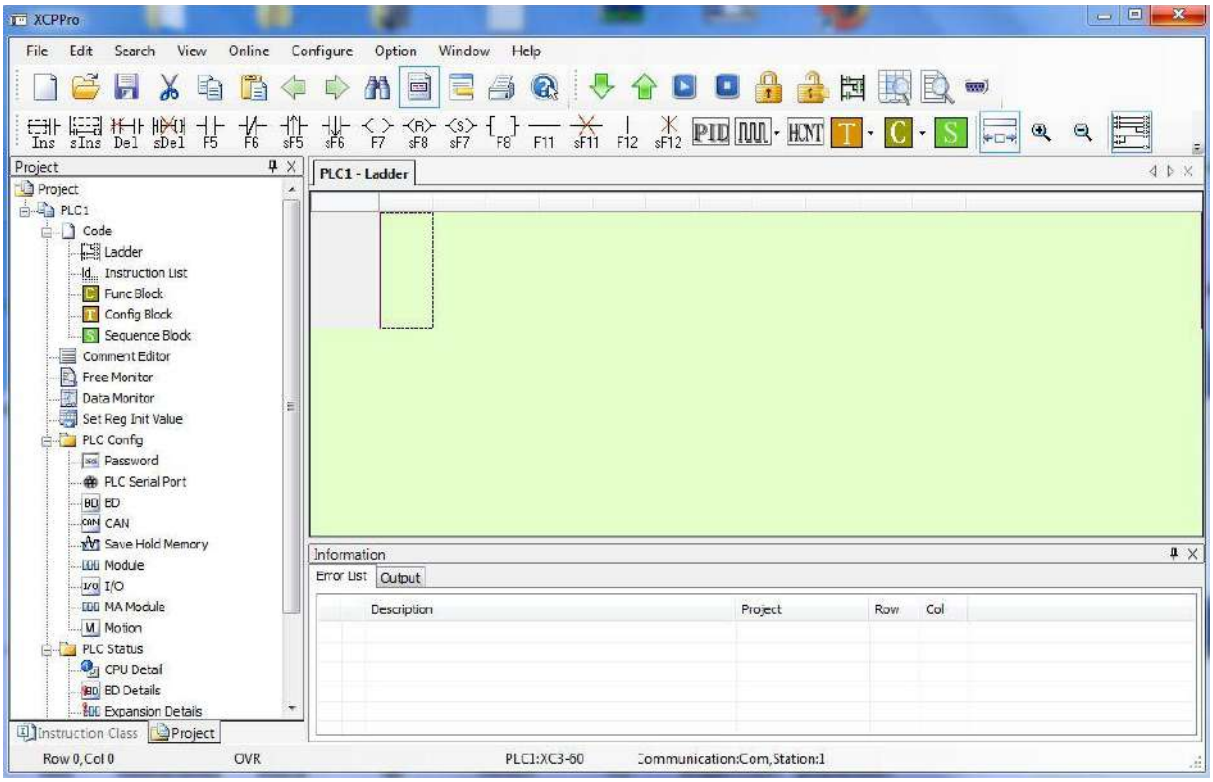


Figure II. 11. *Navigateur d'application*

II.4. L'interface homme machine

II.4.1. Introduction

Pour réaliser une IHM, on utilise généralement un logiciel qui permet d'élaborer l'interface et la relier au système à contrôler. Dans notre projet, on va utiliser le logiciel Touchwin.
C'est la raison pour laquelle on donne un aperçu sur l'utilisation dans cette section.

II.4.2. Materiel

II.4.2.1. Structure de l'écran touchwin

La structure matérielle de l'écran tactile disponible TH série comprend côté avant et arrière. Prendre TH765-ET un exemple pour expliquer la structure donnée par la figure(II.10) [9].

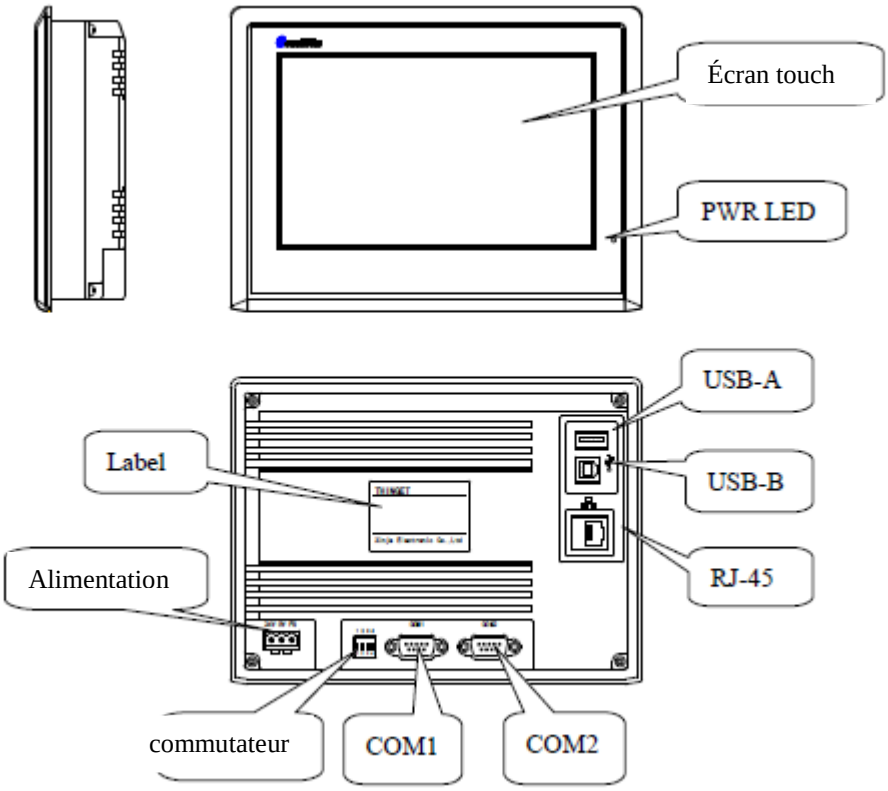


Figure II. 12. *Structure de l'écran touchwin*

II.4.2.2. Commutateur et interface

Tableau II. 9. *PortsTH series HMI*

Outline	**Nom**	Fonction
	**DIP interrupteur**	Force-téléchargement, Réglage de la zone tactile
	**Communication**	RS232/RS485
	**Communication**	RS232/RS485/RS422
	**USB-A**	Connecter au disque U
	**USB-B**	Brancher le câble USB pour télécharger le programme
	**RJ-45**	L'échange de données entre les IHMs

II.4.3. Fonction de communication:

L'interface peut se connecter à l'API, imprimante, onduleur, compteur on montrée par la figure (II.13).

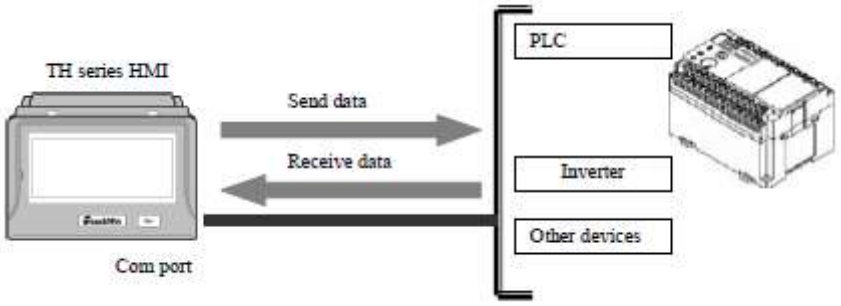


Figure II. 13. *Communication avec API*

- Série TH HMI peut communiquer avec la plupart des automates populaires (voir figure II.14 et II.15).

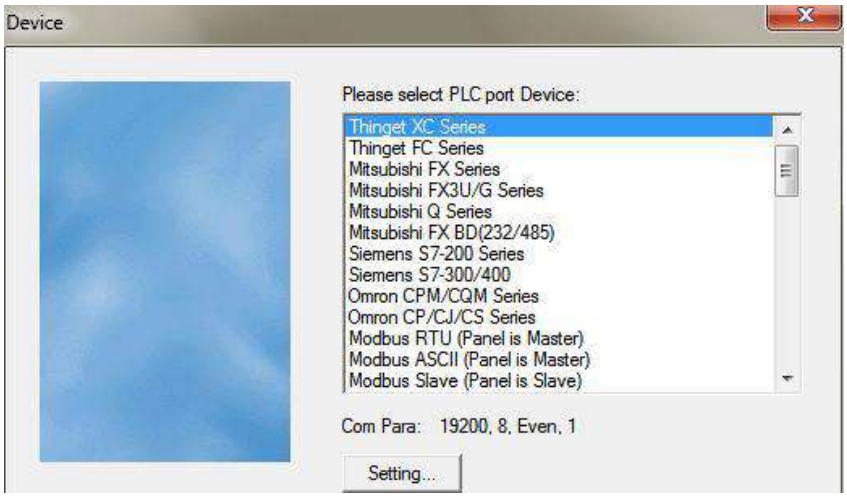


Figure II. 14. *Choix de communication avec un API*

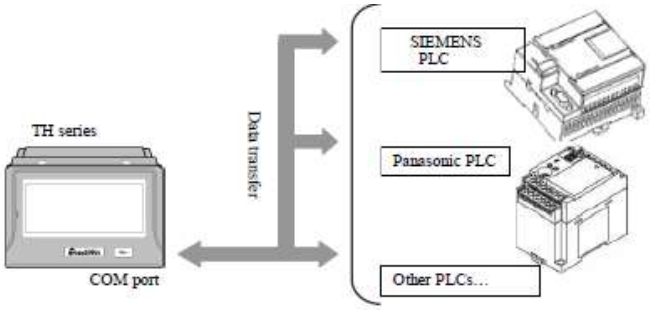


Figure II. 15. *Communication avec différents API*

II.4.4. Touchwin software (IHM)

II.4.4.1. Préparation

- Version du logiciel: V2.C et les versions ultérieures.
- Source de logiciel: visitez le site Web Xinje www.xinje.com pour obtenir le logiciel ou obtenir le CDs [10].
- Exigences OS : Windows98/2000/XP/ME/win7/win8
- Les étapes d'installation [9].

II.4.4.2. La construction de touchwin

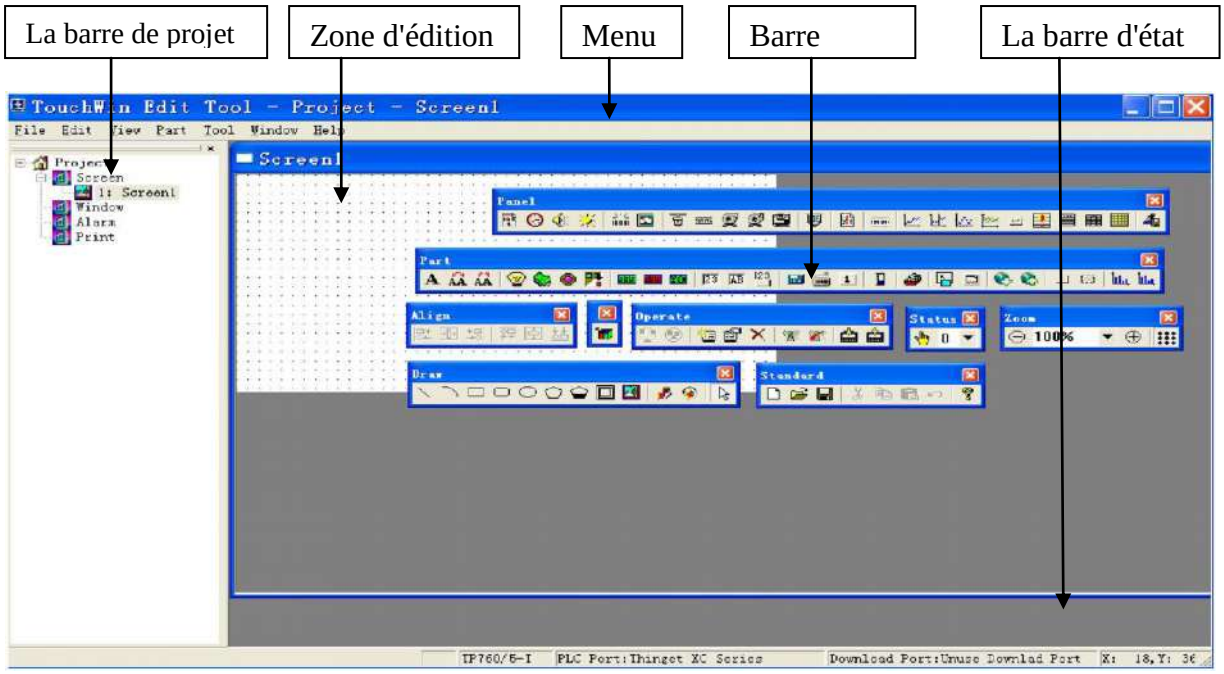


Figure II. 16. *Écran touchwin*

- La barre du projet: construire, supprimer, copier, couper opération de l'écran et fenêtre.
- Zone d'édition d'écran: construire le projet dans cet espace.
- Menu: elle inclut Fichier, Edition, Affichage, Outils, partie, fenêtre et aide.
- Barre d'élément: elle inclut standard, partie, panneau, d'exploiter, de statut, zoom, dessiner et aligner.
- Barre d'état: il comprend le type IHM, dispositif de port de PLC et le dispositif de port de téléchargement [9].

- Barre d'outils de logicielle touchwin

Les fonctions de la barre d'outils sont détaillées par le tableau (II.9) [9].

Tableau II. 10. *Barre d'outils*

Symbole	Nom	Fonctionnement
	Nouveau	Construire un nouveau projet
	Ouvrir	Ouvrir un nouveau
	Sauvegarder	Enregistrez le fichier
	Couper	Couper l'élément
	Copier	Copier
	Coller	Coller
	Undo	Annuler l'opération
	Help	Vérifier les informations de la version du logiciel
	Texte	Entrée statique de texte
	Texte dynamique	Afficher le texte en fonction de la valeur du registre, supporte 16 textes, mis en valeur de registre de 0 ~ 15 .
	Passer de l'écran	Aller à l'écran de l'objet.
	Digital display	Afficher la valeur du registre.
	Texte display	Afficher les caractères dans plusieurs registres.
	Frame	Dessine un rectangle 3D
	Map	Ajouter format photos jpg ou bmp
	Move animation	faire l'animation de mouvement de l'objet.
	Retour animation	Changer l'image.
	Grille	Afficher la grille à l'écran.
	State change	Change l'affichage de l'état du bouton
	Photo dynamique state Sélection	Changer l'affichage d'état dynamique de l'image.
	Supprimer	Supprimer l'écran actuel.
	Simulation offline	Simuler le projet dans la TH.
	Simulation online	Branchement de l'automate et TH, simuler le projet dans TH en ligne.
	Télécharger	Télécharger le projet dans la TH
	Upload	Téléchargez le projet de TH au PC
	Debag download	Début de téléchargement

II.5. Variateur de vitesse

II.5.1. Fonction des variateurs électrique

Un variateur de vitesse (voir figure II.17) est un équipement permettant de faire varier la vitesse d'un moteur, une nécessité pour de nombreux procédés industriels. En effet, la plupart des moteurs tournent à vitesse constante. Pour moduler la vitesse des équipements de procédé, on a longtemps eu recours à divers dispositifs mécaniques. Aujourd'hui, on fait surtout appel à des variateurs de vitesse électroniques.

La vitesse peut être proportionnelle à une valeur analogique fournie par un potentiomètre, ou par une commande externe: un signal de commande analogique ou numérique, issue d'une unité de contrôle. [10]



Figure II. 17. *Variateur Altivar 31*

II.5.2. Principe

Un variateur de vitesse est constitué d'un redresseur et d'un onduleur .Le redresseur va permette d'obtenir un courant quasi continu. A partir de ce courant continu; l'onduleur (bien souvent à modulation de largeur d'impulsion MLI) va permette de créer un système triphasé de tensions alternatives dont on pourra faire varier la valeur efficace et la fréquence. (figure II.18)

Le faite de conserver le rapport de la valeur efficace du fondamental de la tension par la fréquence constant permet de maintenir un flux tournant constant dans la machine et donc de maintenir constante la fonction reliant la valeur du couple en fonction de la vitesse synchrone des champs magnétique et de la vitesse asynchrone du rotor [11].

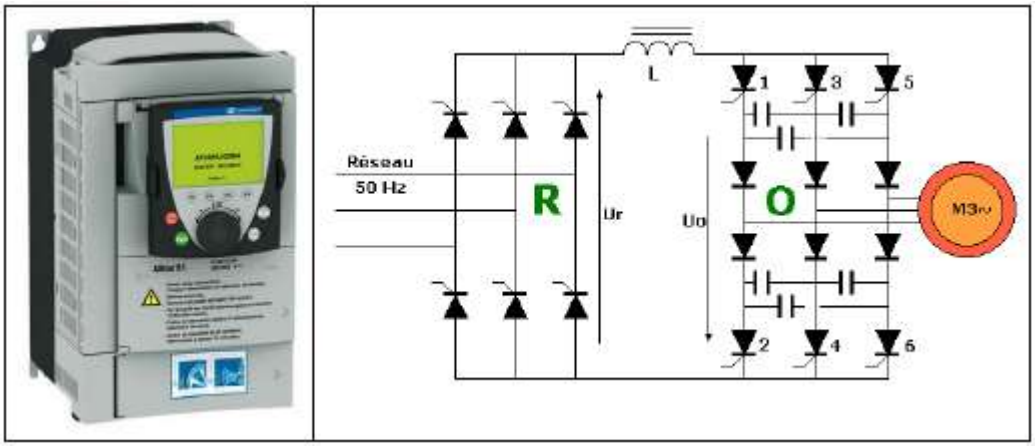


Figure II. 18. *Carte de commande d'un variateur de la vitesse*

II.5.3. Commande

Le variateur est équipé d'une carte qui reçoit un signal de commande analogique 1/4...20 mA ou 0/2...10V, ou par potentiomètre sur la façade pour commander la vitesse et le couple moteur d'une manière parfaitement linéaire (figure II.19) [11].

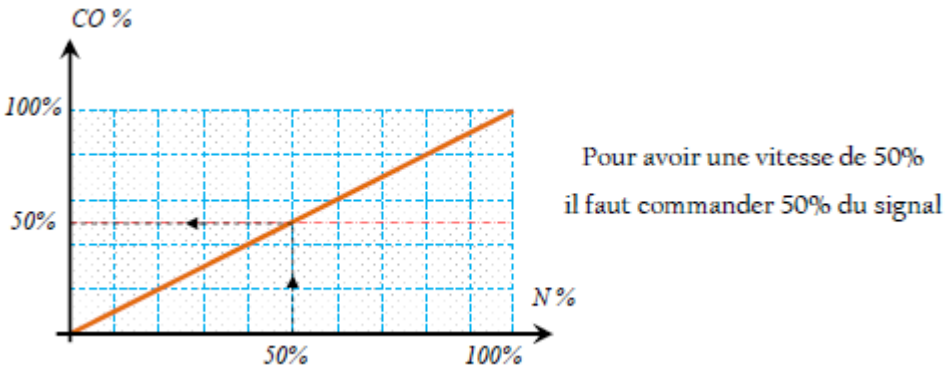


Figure II. 19. *Commande du variateur*

II.5.4. Avantage

Le recours aux variateurs de vitesse offre plusieurs avantages:

- Démarrage progressif des moteurs réduisant les chutes de tension dans le réseau et limitant les courants de démarrage.
- Amélioration du facteur de puissance.
- Précision accrue de la régulation de vitesse.
- Prolongement de la durée de service du matériel entraîné.
- Diminution de la consommation d'électricité.

De nouveaux variateurs de vitesse plus performants peuvent éviter l'interruption des procédés en cas de perturbation du réseau de courte durée.

Le variateur de vitesse destiné à la commande de moteur asynchrone et synchrone triphasés de quelques watts à des centaines de KW [10].

II.6. Capteur de pression VEGBAR

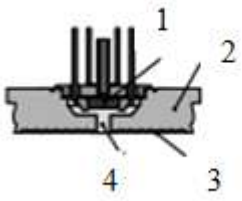
II.6.1. Application

VEGBAR est un capteur de pression avec cellule de mesure métallique, conçu pour la mesure de pression relative, de pression absolue et du vide. Les produits à mesurer sont des gaz, des vapeurs ou des liquides dans toutes les industries.

Les VEGABAR de la série 50 sont des capteurs de pression avec un écart de courbe caractéristique de 0,2 % et/ou 0,1 % pour la mesure de pression. Ils sont appropriés en version et précision pour toutes les opérations de mesure standard dans les gaz, vapeurs et liquides. Les appareils disposent de larges possibilités de réglage et d'affichage aussi bien sur le site directement ainsi que sur le point de mesure que déporte du point de mesure. Les préamplificateurs sont proposés avec sorties signal analogiques et numériques 4 … 20 mA, 4 … 20 mA/HART, Pro- fibus PA et FoundationFieldbus. Ce qui permet aussi bien la mise au point de mesures uniques économiques que le raccordement à des systèmes d'UCP et d'API [12].

II.6.2. Principe de mesure

La pression du processus ou la pression hydrostatique entraîne la variation d'une grandeur électrique dans la cellule de mesure par l'intermédiaire de la membrane. Cette variation est convertie en un signal de sortie appropriée. Les appareils étant conçus chacun pour des applications spécifiques, on utilisera pour mesurer la pression des éléments de mesure différents illustrés par la figure (II.20) [12].



1 Elément capteur, 2 Corps de base, 3 Membrane, 4 Remplissage en huile de silicone

Figure II. 20. *Présentation de la cellule piézorésistive du VEGABAR 53*

II.6.3. Avantages

- Utilisation universelle
- Très bonne précision de mesure, très résistant aux surpressions et au vide
- Technique de mesure de pression éprouvée
- Module de réglage et d'affichage interchangeable
- Mise en œuvre rapide guidée par menus
- Nombreuses fonctions de surveillance et de diagnostics [12]

La figure (II.21) présente un type de capteur de pression.



Figure II. 21. *Capteur de pression VIGABAR*

II.7. Capteur de température PT100

II.7.1. Définition

La sonde Pt 100 est un capteur de température qui est utilisé dans le domaine industriel (agroalimentaire, chimie, raffinerie…). Ce capteur est constitué d'une résistance en Platine. La valeur initiale du Pt100 est de 100 ohms correspondant à une température de 0°C.

Le type de capteur choisis présenter par la figure (II.22).

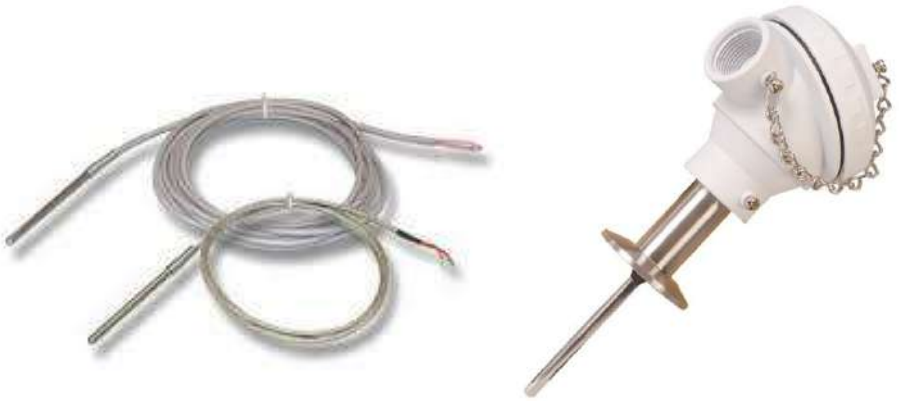


Figure II. 22.*Sonde Pt100*

II.7.2. Principe de fonctionnement

Changement de résistance électrique d'un conducteur soumis à une modification de sa température.

Le PLATINE par ses caractéristiques faciles à quantifier (surtout dans une plage de température de -200 à +600 °C), par ses propriétés métallurgiques et par sa simplicité d'installation s'est imposé comme standard dans les mesures de température dans toutes les industries (agroalimentaires, chimie, pharmacie, ...).

Le principe de mesure des sondes à résistances, est basé sur la variation de la résistance laquelle est directement liée à la variation de la température.

II.8. Électrovanne proportionnelle

II.8.1. Rôle

Les vannes proportionnelles (figure II.23) permettent d'optimiser les processus de production automatisée dans les secteurs les plus divers comme les industries alimentaire, textile, médicale, pharmaceutique, automobile et des matériels industriels. Elles sont utilisées dans les systèmes de commande séquentiels, de réglage télécommandé ou de réglage en boucle programmable.

Les valeurs telles que déplacement, vitesse et force doivent être ajustées dans tous les processus répétitifs. En règle générale, les vannes proportionnelles permettent de contrôler avec sûreté ces paramètres et ce, de manière simple, flexible et économique. Elles sont performantes et leur maintenance est aisée et rapide. Les capteurs de pression des vannes proportionnelles permettent le contrôle permanent de leurs fonctions.

Les systèmes de contrôle prévus sur de longues distances (par exemple dans de grandes unités de production ou en cas de danger pour l'opérateur) et utilisant des conduites hydrauliques ou pneumatiques ne peuvent souvent être réalisés que dans une étendue limitée. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des vannes proportionnelles pouvant être contrôlées via des lignes électriques dont la longueur importe peu. La transmission des signaux peut être adaptée aux besoins de l'utilisateur, elle est exempte d'inertie et n'est influencée ni par la pression ni par la température. Les vannes proportionnelles jouent un rôle important dans les systèmes programmables de régulation. L'association d'une électronique intelligente à la puissance de la pneumatique offre des solutions nouvelles et innovantes pour les applications les plus variées [13].



Figure II. 23. *Vanne de régulation proportionnelle*

II.8.2. Principe de fonctionnement

Les vannes proportionnelles à 2 ou 3 orifices à commande par pression positionnée +offrent une solution de faible encombrement et permettent une installation simple et un réglage aisé. Ces vannes peuvent être utilisées dans de nombreux processus : systèmes de contrôle séquentiel, régulation en boucle ouverte ou fermée, régulation de débit ou de pression par ajustement automatique de la course du clapet. Avec une construction adaptée, ces vannes peuvent être utilisées sur différents gaz ou fluides agressifs. Pour les installations nécessitant une adaptation des paramètres de processus.

Une seule vanne proportionnelle peut remplacer deux ou trois vannes standard (NO/NF) utilisées en parallèle pour obtenir différents niveaux de débit [13].

La commande de ce type des vannes et commander par un signal pneumatique

- Convertisseur électropneumatique

Les convertisseurs P/I sont utilisés pour convertir en standard électronique les signaux pneumatiques dans le but de les transmettre sur une grande distance ou de les utiliser en régulation électronique. Les convertisseurs I/P sont utilisés dans toutes les boucles électroniques dont l'actionneur est pneumatique ou par exemple pour la traversée de zones explosives. Ils transforment les signaux électriques normalisés en signaux pneumatiques normalisés Dans le cas d'un convertisseur électro-pneumatique, celui-ci reçoit un signal 4-

20mA et renvoie une pression de 200 à 1000 mb. Le convertisseur est alimenté par une pression d'air de 1400 mb.

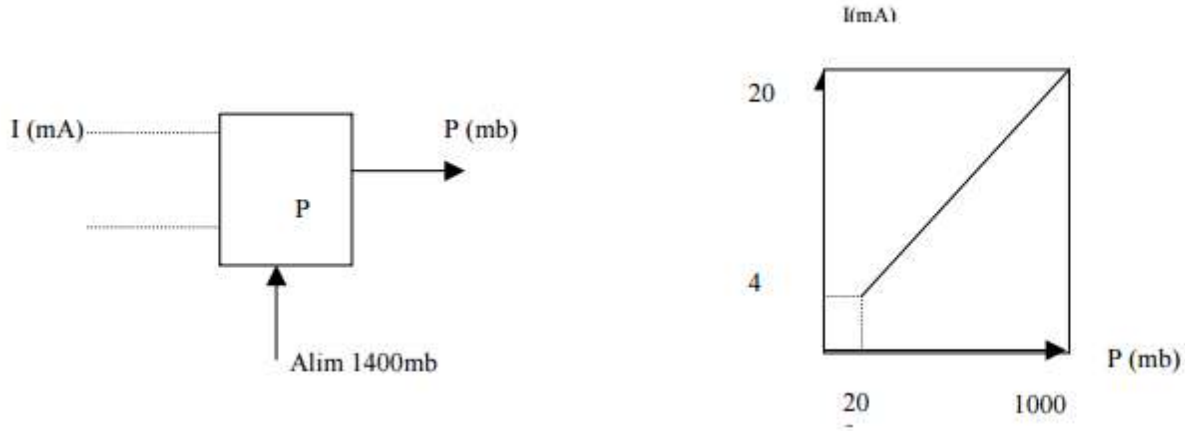


Figure II. 24. *Convertisseur I/P*

- Avantages
  - Plage de température jusqu'à 85°
  - Alimentation et échappement proportionnels
  - Conception de type vanne à clapet
  - Régulation de pression ou de débit
  - Haute précision
  - Grande longévité
  - Diverses interfaces en option

II.9. Conclusion

Ce chapitre présente le matériel choisi comme alternatifs aux dispositifs existants afin de commander le système de distillation. Nous avons présenté l'API et l'écran tactile, aussi que les logiciels de programmation. Ensuite, on a abordé les capteurs et les actionneurs afin d'améliorer les performances du système par une commande améliorée et fiable. Aussi que l'application de ces dispositifs feront l'objet du chapitre trois de ce mémoire.

CHAPITRE III: REALISATION DE LA COMMANDE PAR API ET IHM

III.1. Introduction

Notre stage au niveau du complexe Antibioticale SADAL, nous a permet de jeter un clean d'œil sur plusieurs équipement, qui doivent être disponible et totalement fonctionnelle pour assurer la continuité du secteur de la production on a choisi parmis les matériels constaté pour fonder notre étude dans ce projet "le distillateur". Ce dernier a connu un taux de panne augmenté et aussi la lenteur de diagnostique, ce qui influence sur le taux de la production.

Afin de résoudre ce problème posé qu'on a cité précédemment, on a essayé de trouver une solution avec les distillateurs actuelles qu'ils sont disponible sur le marché, en remplaçants leur système de commande par un système basé sur le API et l'IHM.

Nous détaillerons dans ce chapitre la mise en œuvre de notre installation réalisé ainsi que ses constituants et nous présenterons avec l'écran Touchwin le déroulement de notre programme.

III.2. Cahier des charges

III.2.1. Le distillateur à thermo compression

Le système de compression de vapeur distillation produit de l'eau pour l'usage pharmaceutique, plus précisément pour un liquide injectable des solutions de perfusion et spécialisés, les systèmes de lavage et pour tous les produits où les facteurs de qualité comme la stérilité, l'élimination des pyrogènes et les solvants chlorés et d'autres substances externes à faible poids moléculaire sont un attribut de qualité critique.

III.2.2. Système du distillateur

Les étapes du processus décrite étape par étape comme suit illustrées par la figure (III.1):

- Étape 1: L'eau entre dans le premier échangeur de chaleur (1) et elle est préchauffée.

L'eau d'alimentation doit arriver au distillateur prétarée à une pression comprise entre 1 et 4 kg/cm^2.

- Étape 2: Un hydrostat d'arrêt du distillateur pour manque d'eau d'alimentation en passant par la phase 1.

- Étape 3: l'eau d'alimentation va donc dans le deuxième échangeur de chaleur (2) (côté du tube), et est en outre préchauffée, la condensation du gaz générée par le processus de production.
- Étape 4: flux de l'eau chauffée dans le réservoir (3). Le niveau d'eau est contrôlé par un système automatique, géré par des pressostats. Les tuyaux de condenseur (4) sont partiellement remplis par l'eau d'alimentation.
- Étape 5: Le chauffage (soit électrique et / ou chauffé à la vapeur) augmente la température d'eau d'alimentation à la température d'évaporation. La vapeur pure générée occupe le dôme (5). Un système automatique régule l'apport thermique du système de chauffage, afin de maintenir la pression dans le dôme à la valeur de configuration.
- Étape 6: Un compresseur (6) de la vapeur d'eau pur présent dans le dôme (5) en comprimant le côté (1) du condenseur.
- Étape 7: La vapeur pure se condense dans le condenseur par un rendement énergétique de d'eau l'alimentation contenue dans les tubes du condenseur, qui s'évapore, générant autre vapeur pure.
- Étape 8: l'eau apyrogène produit sort du condenseur et s'écoule dans la cuve de recirculation (7). Les gaz dégagés pendant le processus de production d'eau apyrogène entrent dans le côté enveloppe de l'échangeur de chaleur (2).
- Étape 9: l'eau apyrogène est ensuite recueillie dans la cuve de recirculation (7) et mis sous pression par la pompe (8), à travers l'échangeur de chaleur (1), où elle atteint la température. la configuration dans le panneau de commande.
- Étape 10 : Un système de mesure surveille en permanence la qualité d'eau apyrogène (conductivité et de la température), et détourne l'eau pour injection à la cuve de stockage (eau apyrogène conforme) ou dans les collecteurs d'évacuation de distillateur (9) inférieure.

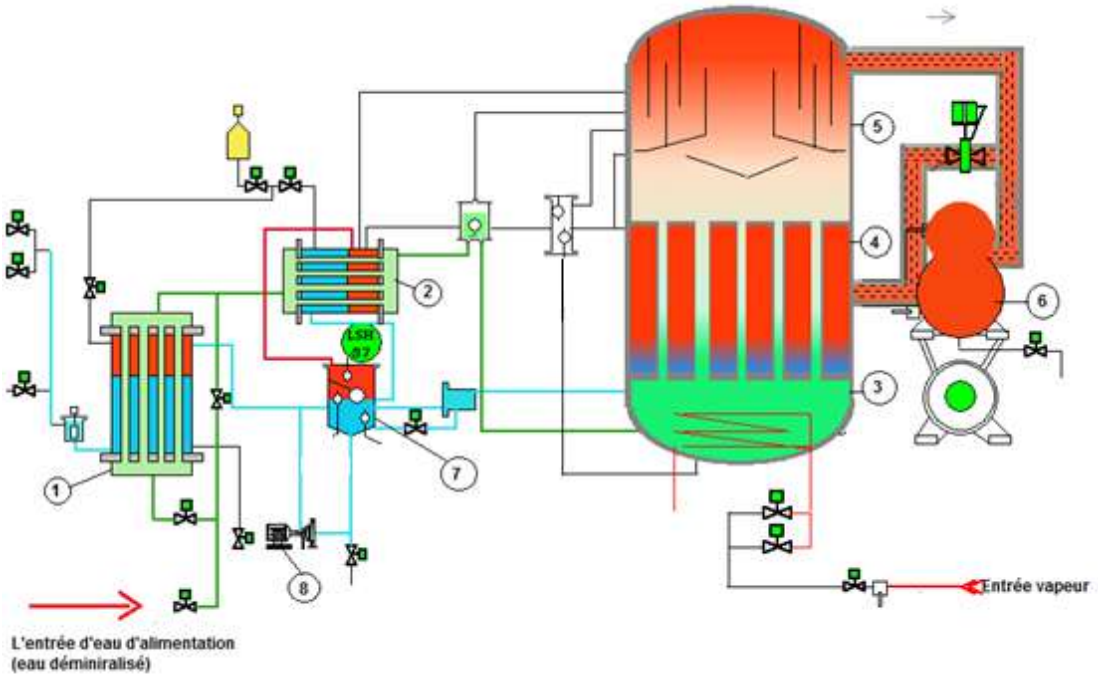


Figure III. 1.*Synoptique du distillateur*

III.2.3. Taches à faire

- Réalisation du planning, choix du matériel de commande, de différents capteurs, de protection et de l'armoire.
- Choix de l'API et du pupitre opérateur, étude et redéfinition de l'organisation des programmes API, saisie du programme automate, réalisation du programme de dialogue homme machine (pupitre opérateur) et essais des différents programmes en visualisant sur l'écran.
- Choix du matériel situé sur la porte (sonnerie, arrêt d'urgence…).
- Conception des schémas électrique structurels de commande et réalisation du câblage.
- Le remplacement de la logique câblée par la logique programmé tout en assurant le fonctionnement d'origine de la machine.

III.3. Améliorations apportées sur le système existant

L'eau de qualité apyrogène est l'élément principal dans l'industrie pharmaceutique (les préparations injectables, préparation des médicaments liquide...), quand le distillateur qui se trouve en panne; une grande partie de production s'arrête aussi. Ce qui est entrave la

production de l'industrie. Avec l'ancien système, la détection des pannes prend beaucoup plus de temps (parfois des jours) en raison de la méthode de diagnostic employé.

En plus l'entretien de l'équipement avec les capteurs utilisés nécessite un démontage périodi0que pour vérification et/ou étalonnage des différents pressostats et thermostats.

En raison de la nécessité de la disponibilité de l'équipement nous avons pensé à une manière de réduire son taux de non disponibilité par la rénovation et l'actualisation du système de commande du distillateur qui fait l'objet des pannes les plus fréquentes

Notre choix se justifie par le fait que les distillateurs actuellement proposés par les fabricants de ce genre d'équipements ne diffèrent que par des systèmes de commande basé par l'introduction de composants d'automatismes récents.

III.3.1. L'API

Le passage de la logique câblé à la logique programmé est réalisé par la programmation d'un automate programmable industriel, qui offre à l'utilisateur plusieurs avantages tel que la réduction des composants (relais, temporisateur, programme à came, câblage...), et facilite de la mise en œuvre. L'intégration de cette technologie augmente ainsi la précision qui est importante dans l'industrie pharmaceutique.

III.3.2. L'IHM

L'interface homme machine fourni à l'utilisateur une supervision de déroulement du processus en temps réel, en visualisant l'état des actionneurs (électrovannes moteur,..) et le résultat qui se traduit par l'évolution de la température et de la pression en différents endroits de l'équipement. Avec l'IHM le changement de consignes pour le réglage des défférents paramètres se fait localement sur l'écran.

Une possibilité de programmer préalablement le démarrage de production.

Un diagnostic facile sur l'état de câblage des entrées (capteurs, boutons, fin de course) ainsi que les sortis (variateur, moteur, électrovanne...).

III.3.3. La vanne proportionnelle

Le distillateur fonctionne avec le chauffage à la vapeur, l'apport de la chaleur nécessaire au maintien actif du cycle est réglé en fonction de la variation de pression intérieure du travail (1039 à 1059 mbar).

Par la logique câblée la régulation de chauffage faite par trois électrovanne TOR (voir la figure III.2), la vapeur entre par l'électrovanne (1) et les deux électrovannes s'ouvre selon la pression au niveau du dôme.

La commande de ces électrovannes se fait par la logique câblée composée par des pressostats et des relais donc par une régulation tout ou rien manquant de précision et nécessitant beaucoup de composants.

Par l'introduction de l'API, il nous est possible d'utiliser une régulation PI ainsi qu'un organe d'exécution proportionnelle : Vanne pneumatique a ouverture proportionnelle grâce a la sortie proportionnelle du module analogique.

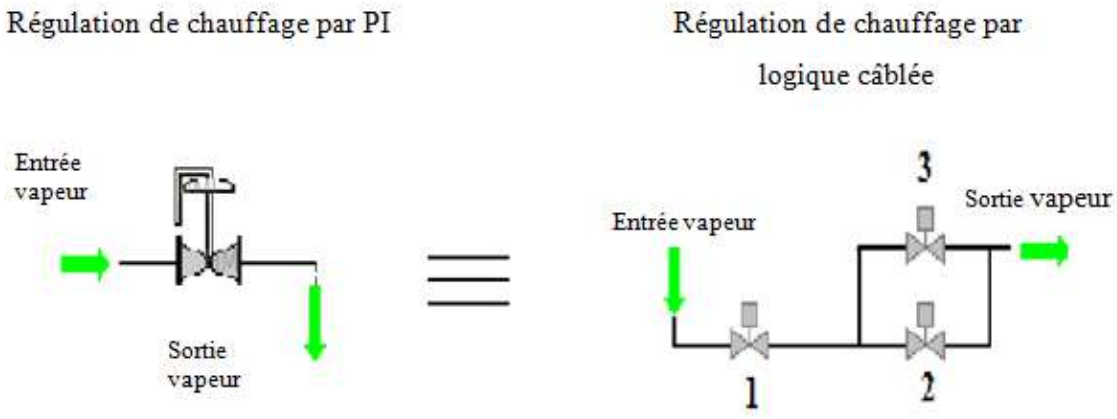


Figure III. 2. *Réglage de chauffage*

Cette vanne est équipé par un convertisseur électropneumatique I/P, celui-ci reçoit un signal 4-20mA et renvoie une pression de 200 à 1000 mb. Le convertisseur est alimenté par une pression d'air 1400 mb.

La vanne doit s'ouvrir selon le signal de pression (0.2b à 1 b).

Le régulateur de la sortie analogique de l'automate est configuré en mode proportionnel et intégral suivant la mesure (M) de la pression dans le dôme.

Nous avons configuré le régulateur en fonction des paramètres G, ti et td déterminés au cours de l'étude du procédé.

III.3.4. Les capteurs de pression

Le distillateur est équipé par 3 capteurs de pression TOR au niveau du dôme (5) (voir figure III.1) et deux capteurs dans le condenseur (4) (voir figure III.1), le fonctionnement et le tarage de chaque capteur est donné par le tableau (III.1).

Tableau III. 1. *Capteurs de pression*

Placement	Fonctionnement	Tarage (mbar)
Dôme	Manostat différentiel pour la régulation de chauffage	39.22 à 58.83
	Mano-vacuostat d'arrêt du distillateur pour vide excessif	-98.05
	Vacuostat pour dégagement de chauffage auxiliaire	68.64 à 88.25
Condenseur	Manostat d'arrêt du distillateur pour pression excessif dans le condenseur	215.72
	Manostat pour l'ouverture ou la fermeture de la soupape électromagnétique	196.11

Par principe, la pression dans une enceinte fermé est partout la même et puisque le distillateur comporte deux niveaux de pressions homogènes donc il suffit de deux capteurs analogiques (un pour chaque niveau).

- Un capteur analogique au niveau du condenseur remplacera le manostat d'arrêt du distillateur et le manostat d'ouverture des soupapes.

- Un deuxième capteur analogique au niveau du dôme remplacera les 3 manostats: pour la régulation de chauffage, l'arrêt du distillateur au cas de vide excessif et pour dégagement de chauffage auxiliaire.

Les consignes pour ses derniers points se feront par le programme (API et IHM).

III.3.5. Les sondes Pt100

Le remplacement des thermostats par des sondes à résistance de platine (Pt 100),

Le tableau (III.2) explique le fonctionnement de chaque sonde.

Tableau III. 2. *Capteurs de température*

Placement	Fonctionnement	Tarage
Chambre de chauffage	Pour maintenir l'eau distillée à 80°C pendant la phase d'inactivité	80°C
Au niveau du compresseur	Premier capteur de consentement au démarrage du compresseur	77°C
	Deuxième capteur de consentement au démarrage du compresseur	45°C
	Thermostat d'arrêt du distillateur pour manque vapeur	ENV. 90°C

III.3.6. Le variateur de vitesse

Dans l'ancien système, la commande du moteur était assuré par des contacteurs et temporisateurs pour exécuter un démarrage Etoile-Triangle, donc le moteur ainsi que le compresseur tournait dès le début à plein régime, hors le processus exigeait que le distillateur ne doit pas fonctionner immédiatement en pleine charge, il doit monter progressivement en puissance durant environ 40 minutes, la solution était de placer un by-pass avec une vanne cerveau commandé par un programmeur a cames qui assurait la fermeture ,donc l'élimination progressive du by-pass pour en fin atteindre la puissance maximal fournit par le compresseur;

Parmi les améliorations apportées :

Une autre solution pour monter progressivement en puissance est de faire varier la vitesse du moteur, cette solution est devenue possible de nos jours par l'avènement des variateurs de fréquence disponible actuellement sur le marché local et dont la commande est assurée par un signal analogique fournit dans notre cas par le module analogique.

On a introduit un variateur de vitesse qui nous a permis de commander la vitesse du moteur et de la faire varier selon le besoin donc la montée progressive en puissance est assuré

uniquement par la montée progressive de la vitesse et par conséquence l'élimination du système by-pass et cerveau vanne .

III.3.7. La commande après et avant

La figure (III.3) montre l'armoire de commande avec le nouveau système et l'armoire précédente. L'échelle des deux figures est la même pour pouvoir faire une comparaison entre les deux solutions.

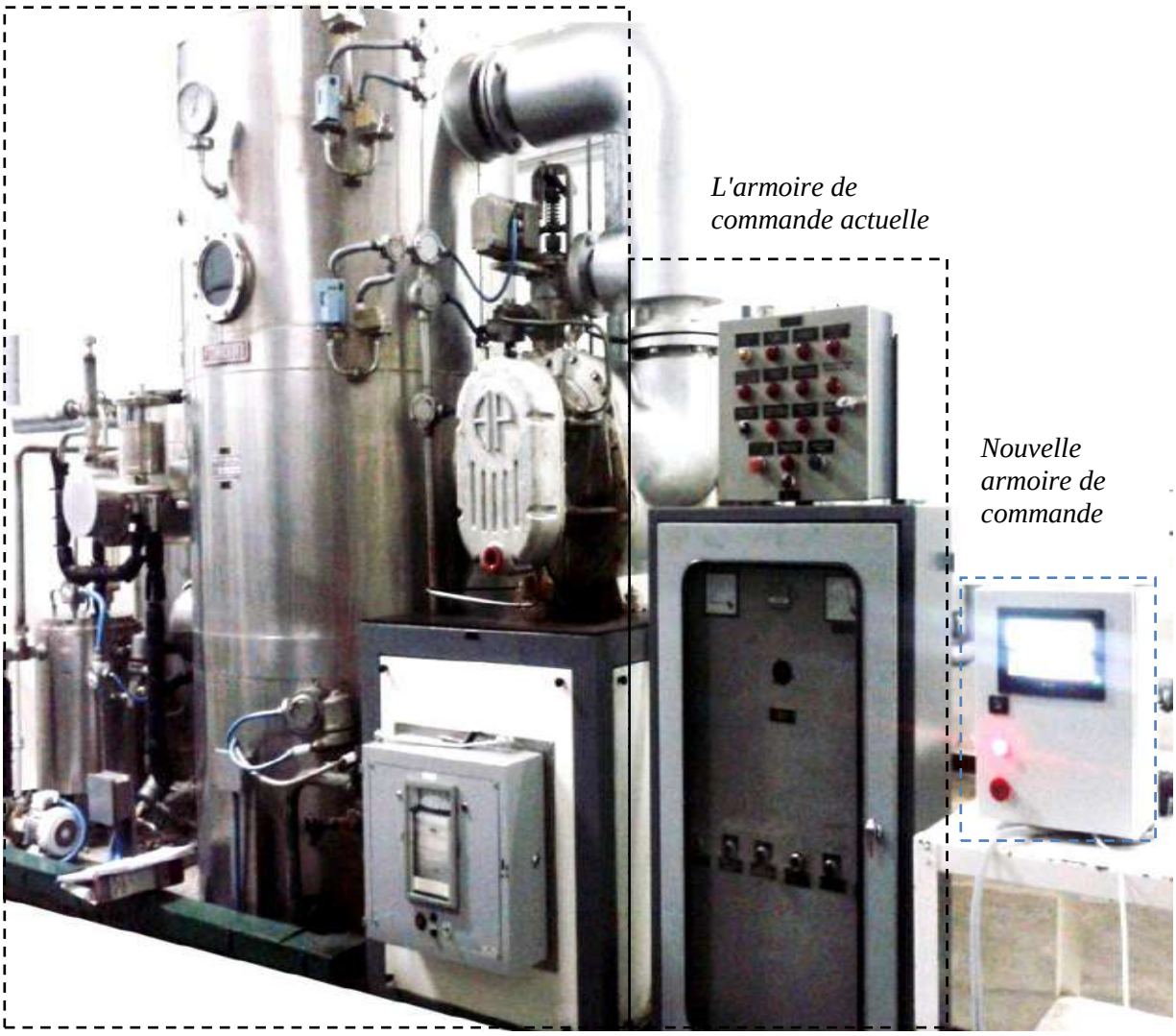


Figure III. 3. *Le distillateur avec les deux armoires de commande nouvelle et ancienne*

III.4. Identification des entrées/ sorties

Le tableau (III.3) donne les détails des différents entrée/sortie du système.

Tableau III. 3. *Tableau des capteurs et des actionneurs*

	Adresse	Fonction	Type
Entrées	X 0	Bouton d'urgence	TOR
	X 1	Flotteur pour l'excès d'eau dans le distillateur	TOR
	X 2	Flotteur pour manque d'eau dans le distillateur	TOR
	X 3	Interrupteur à flotteur d'arrêt de la pompe pour manque d'eau dans la caisse	TOR
	X 4	Interrupteur à flotteur pour le consentement au démarrage de la pompe	TOR
	X 5	Interrupteur à flotteur arrêt du distillateur pour pompe en panne	TOR
	X 7	Contact relai thermique du moteur compresseur	TOR
	X 10	Contact relai thermique de la pompe	TOR
	X 11	Capteur de débit	TOR
	X 12	Réservoir plein	TOR
	X 13	Condictivimètre	TOR
	X 14	Distillateur en chauffage pendant la phase d'inactivité	TOR
	ID 100	Capteur de pression 1	Analogique
	ID 101	Capteur de pression 2	Analogique
	ID 103	PT100	Analogique
	ID 104	PT100	Analogique
	ID 105	PT100	Analogique
	ID 106	PT100	Analogique
Sorties	Y 0	Électrovanne entrée d'eau	TOR
	Y 4	Moteur compresseur	TOR
	Y 5	Pompe de recirculation	TOR
	Y 6	Électrovanne insertion filtre	TOR
	Y 7	Électrovanne désamorçage circuit distillée en stérilisation	TOR
	Y 10	Électrovanne drainage caisse	TOR
	Y 11	Électrovanne drainage compresseur	TOR
	Y 12	Électrovanne aération stérilisation	TOR
	Y 13	Électrovanne aération	TOR
	Y 14	Électrovanne purge excès pression	TOR
	Y 15	Analiseur	TOR
	Y 16	Buzzer	TOR
	Y17	E.V Stockage	TOR
	Y20	E.V utilisation	TOR
	Y21	E.V distillé anormale	TOR
	QD 100	Variateur de vitesse moteur compresseur	Analogique
	QD 101	Vanne proportionnel	Analogique

III.5. Programmation de l'API

Le programme du système se fait par le logiciel XCP Pro en utilisant le langage schéma à contacts ladder [se référencer au chapitre II]. La visualisation par IHM a été programmée avec le logiciel TOUCHWIN. Après nous avons téléchargé le programme ladder et l'interface sur l'API et l'écran Touchwin.

Le démarrage du distillateur suit des étapes et soumis à des conditions, avant de choisir le cycle par l'opérateur:

- Production
- Stérilisation
- Drainage

III.5.1. Fonctionnement

- L'eau rentre par E V (Y0), Un capteur de débit(X11) d'arrêt du distillateur pour manque d'eau d'alimentation
- Le niveau d'eau est contrôlé par deux flotteur (X2) et (X3) (flotteurs bas et haut du niveau d'eau) un système automatique géré par des pressostats. Les tuyaux de condenseur (4) sont partiellement remplis par l'eau d'alimentation.
- Le chauffage à vapeur augmente la température d'eau d'alimentation à la température d'évaporation. La vapeur pure générée occupe le dôme. Une vanne proportionnelle régule l'apport thermique du système de chauffage par une régulation PI, afin de maintenir la pression dans le dôme à la valeur de configuration.
- Un compresseur de la vapeur d'eau pur géré par deux sondes (ID 103) haut et (ID 104) bas au niveau de celle-ci présent dans le côté du dôme.

La figure (III.4) montre une partie du programme; des conditions de démarrage du moteur compresseur.

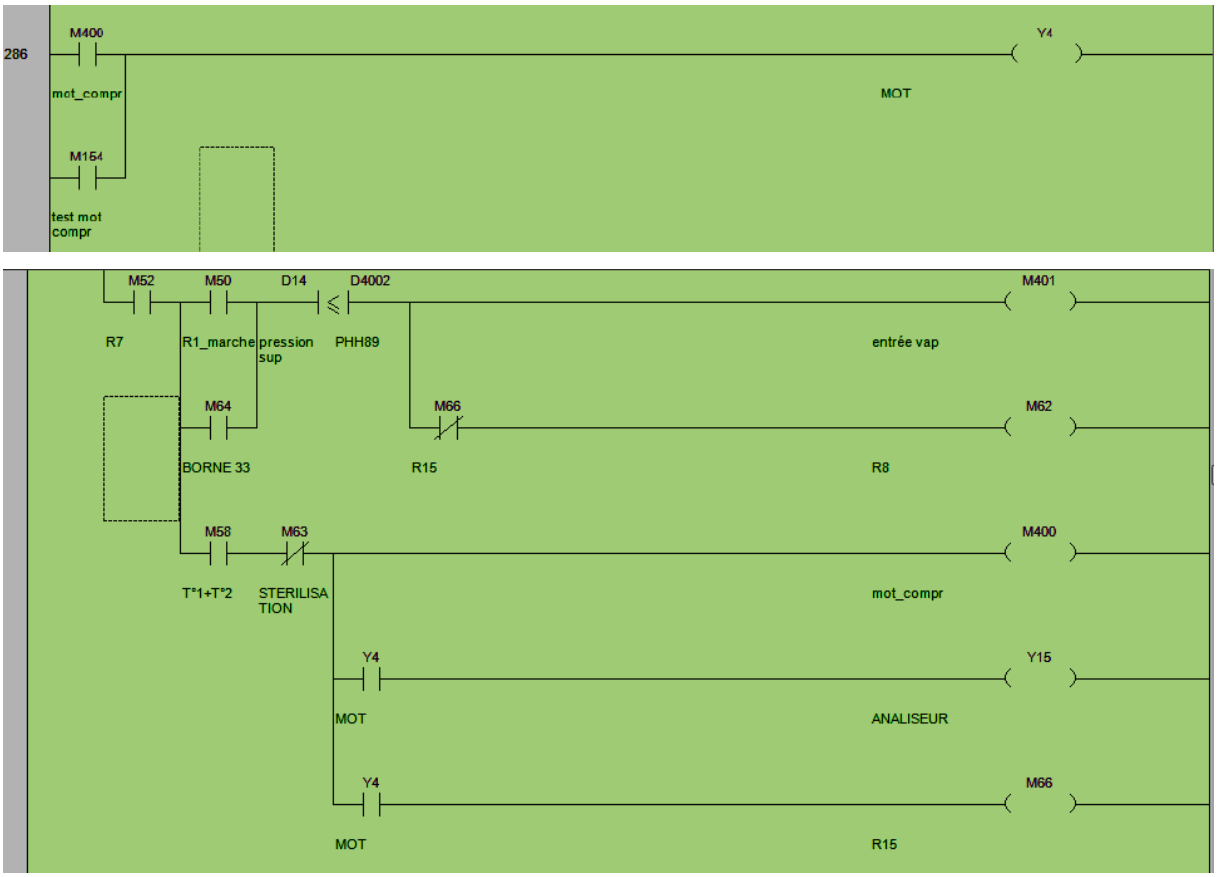


Figure III. 4. *Démarrage du moteur compresseur*

- La vapeur pure se condense dans le côté de l'enveloppe du condenseur rendement énergétique à l'alimentation d'eau contenue dans les tubes du condenseur, qui s'évapore, générant autre vapeur pure.
- L'eau produit sort du condenseur et s'écoule dans la cuve de recirculation. Les gaz dégagés pendant le processus de production d'eau apyrogène entrent dans le côté enveloppe de l'échangeur de chaleur. Une électrovanne d'aération (Y13) s'ouvre au début du cycle
- L'eau distillée est ensuite recueillie dans la cuve de recirculation qu'elle contient trois interrupteurs à flotteur: flotteur haut (X4) fait démarrer la pompe, flotteur bas (X3) arrêt de pompe (niveau inférieur), flotteur (X5) arrêt du distillateur pour pompe en panne, et mis sous pression par la pompe à travers l'échangeur de chaleur (1), où elle atteint la température.
- Un système de mesure surveille en permanence la qualité d'eau apyrogène (conductivité et de la température), et détourne l'eau pour injection à la cuve de stockage à partir d'E V (Y17) ou vers l'utilisation (Y20) (eau apyrogène conforme) ou dans les collecteurs d'évacuation de distillateur inférieure par E V (Y21).

Une partie du programme illustre les conditions le marche de ces derniers par la figure (III.5).

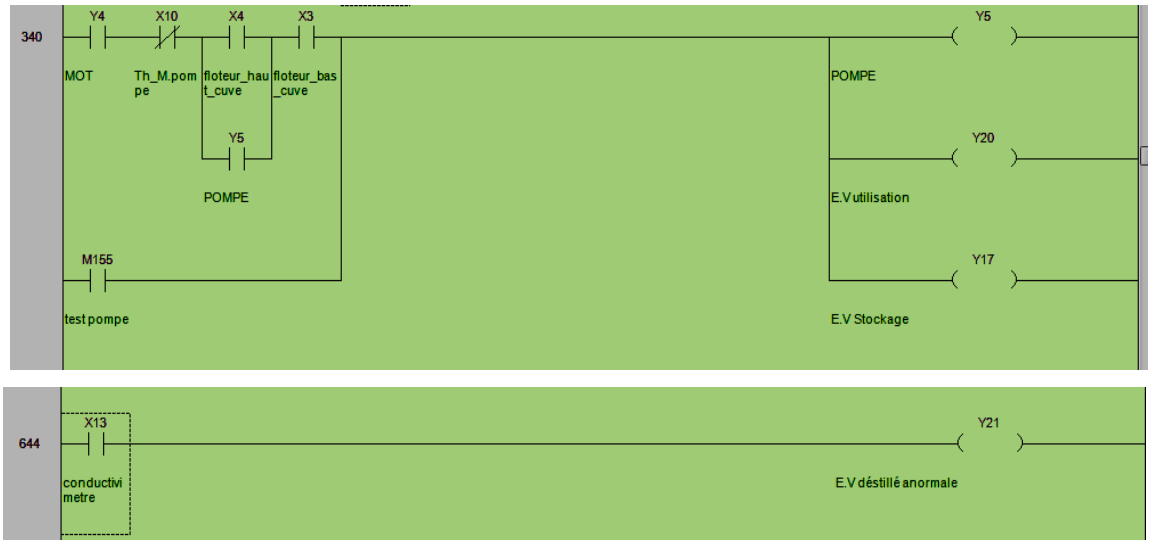


Figure III. 5. *Démarrage du moteur compresseur*

III.5.2. Bouton d'urgence

Le bouton d'urgence se place à l'extérieur de la l'armoire de commande afin d'arrêter le système immédiatement en cas de problème.
Dans toutes les étapes, si le bouton d'urgence est appuyé, le système s'arrête. Une fois relâché; l'automate se met à l'étape initiale.

III.6. Câblage

III.6.1. Raccordement des capteurs TOR aux entrées de l'API

L'automate va recevoir les informations provenant des capteurs ainsi que les consignes données par l'opérateur.
Il existe une multitude de capteurs sur le marché, leur point commun est le type de raccordement électrique. Il est possible de lui câbler des contacts classiques (contact sec sans potentiel) mais aussi des capteurs électroniques deux ou trois fils.

Le type de détecteur qu'on a utilisé est les détecteurs à deux files; ils se câblent comme des interrupteurs de position mécaniques, illustrée clairement dans la Figure (III.6)

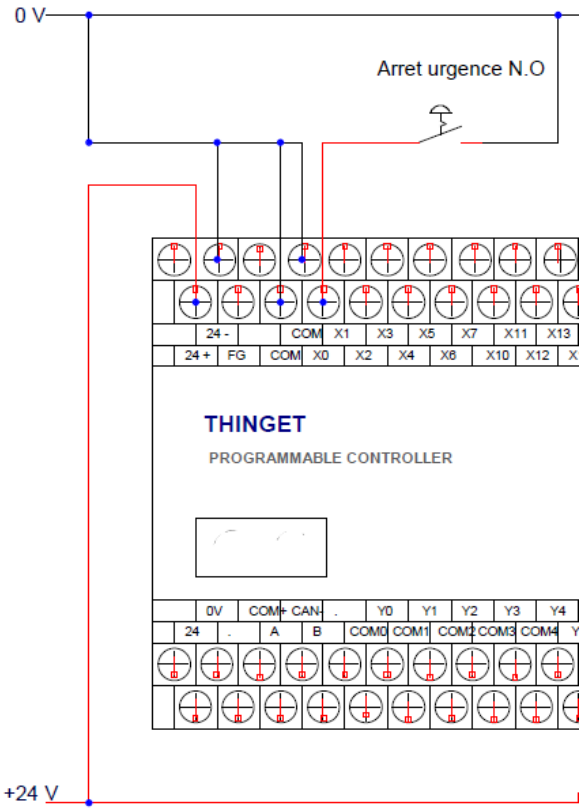


Figure III. 6. *Câblage des entrées*

III.6.2. Raccordement des actionneurs TOR aux sorties de l'API

Les sorties de l'A.P.I permettent de commander le pré actionneurs ou les interfaces (contacteurs auxiliaires, relais, électrovanne, etc.) qui agissent sur les actionneurs de la partie opérative. De même les sorties permettent de renvoyer des informations a l'opérateur sous forme d'un signal. (Voyant, afficheur, terminal de visualisation). Certaines sorties peuvent avoir le même commun d'alimentation. Les sorties de l'automate peuvent être sous forme de contact ou sous la forme statique. La figure (III.7) illustre clairement ce raccordement par un schéma électrique.

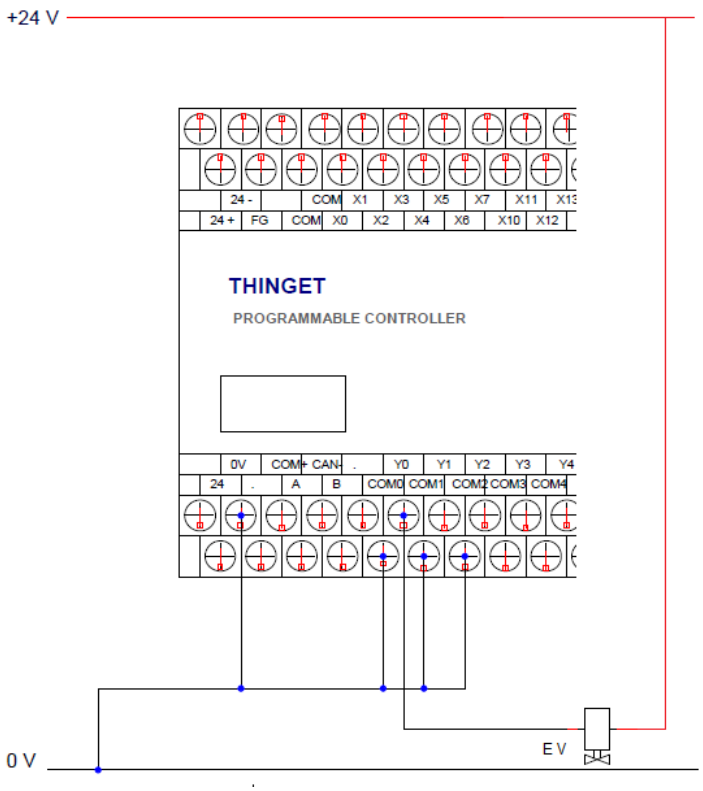


Figure III. 7. *Câblage des sorties*

III.6.3. Montage E/S de l'automate

La figure (III.8) illustre le câblage des capteurs et des actionneurs du système.

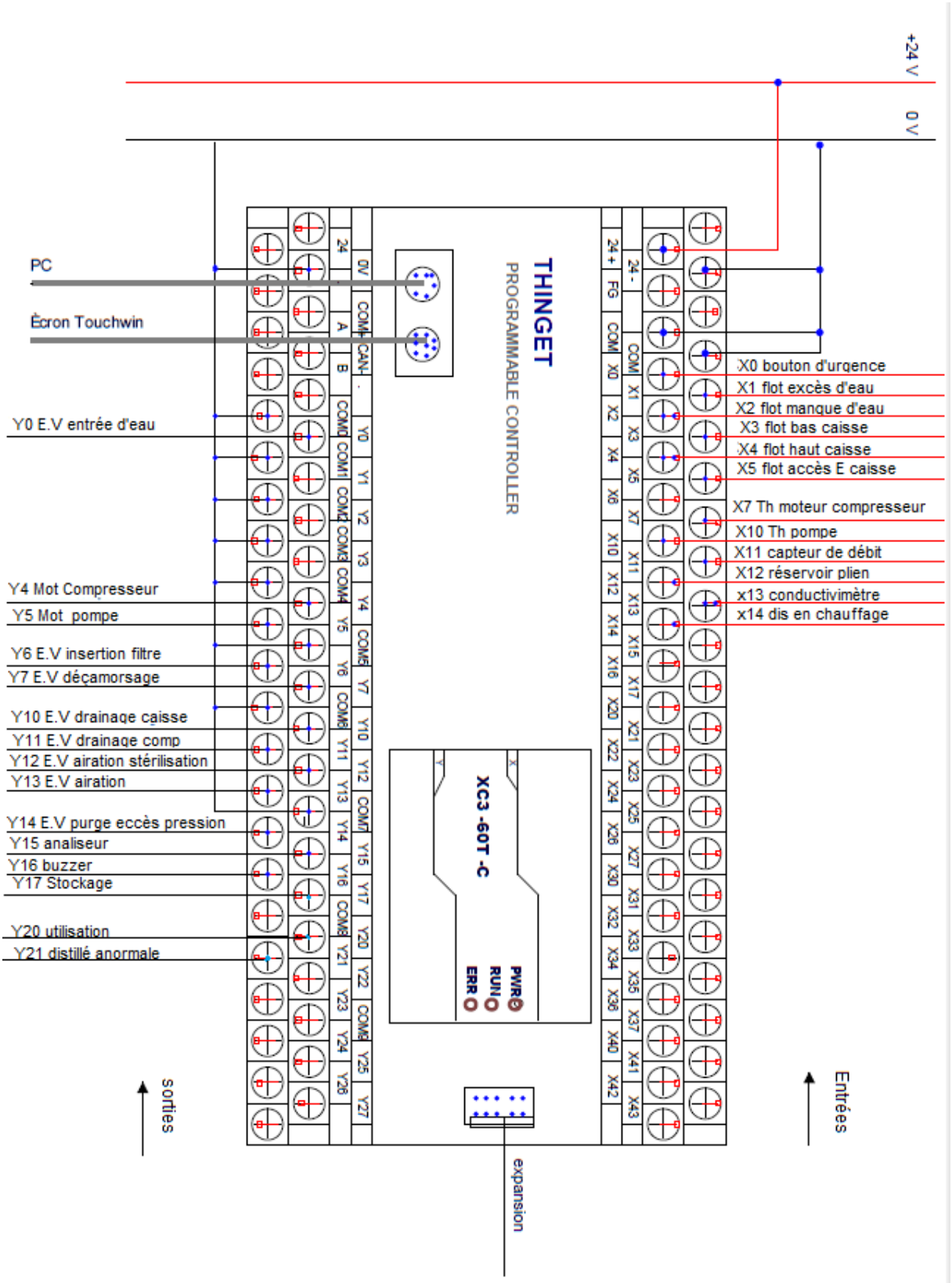


Figure III. 8.*Schéma de montage d'E/S avec l'API*

III.6.4. câblages d'E/S analogique

La figure (III.9) montre le montage des capteurs et des actionneurs avec le module d'extension analogique XC-E3AD4PT2D, tels :

- Les deux capteurs analogique de pression câblés en courant (4 à 20 mA)
- Les sondes Pt100 (thermo résistance)
- Le variateur de vitesse (0 à 10 V)
- La vanne proportionnelle câblée en courant (4-20 mA)

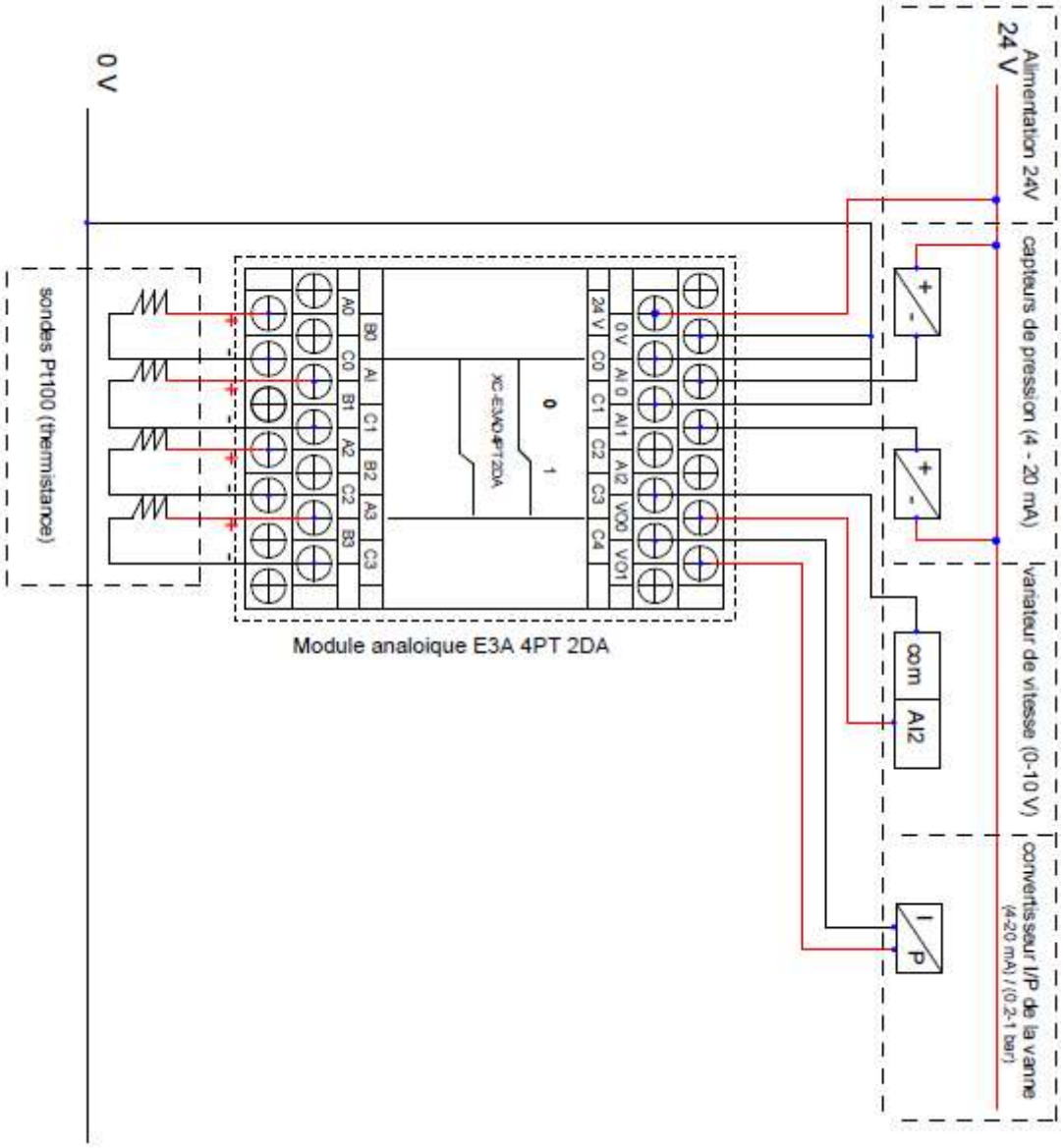


Figure III. 9. *Schéma de montage d'E/S analogique*

III.6.5. Schéma de montage de variateur

Le schéma de commande du variateur Altivar 31 (15 KW/ 380 V) et l'API est présenté par la figure (III.10)

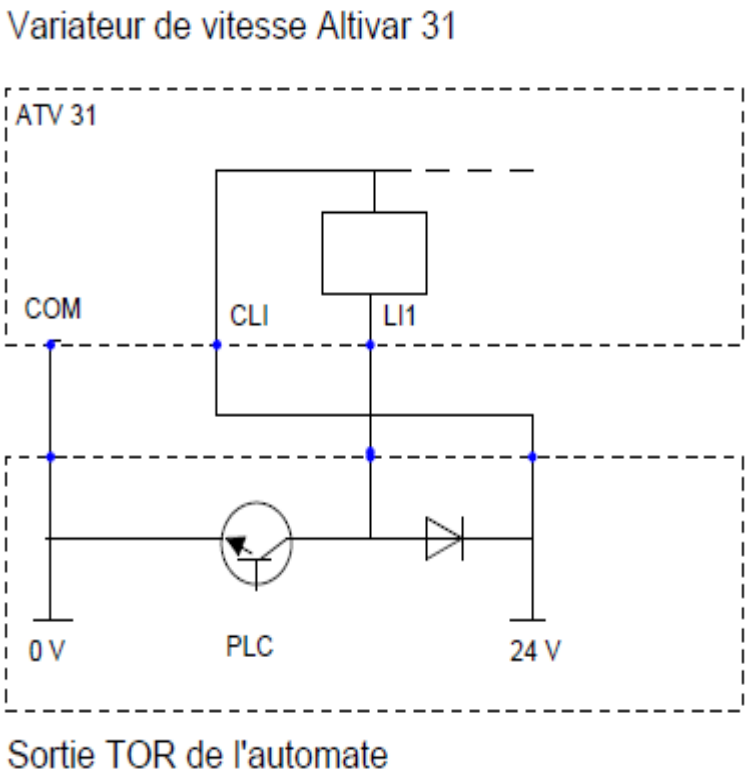


Figure III. 10. *Commande du variateur par l'API*

Le schéma (figure III.11) représente le câblage du signal de sortie analogique 0 à 10 volts issue du module de l'automate vers l'entrée de la consigne de vitesse du variateur.

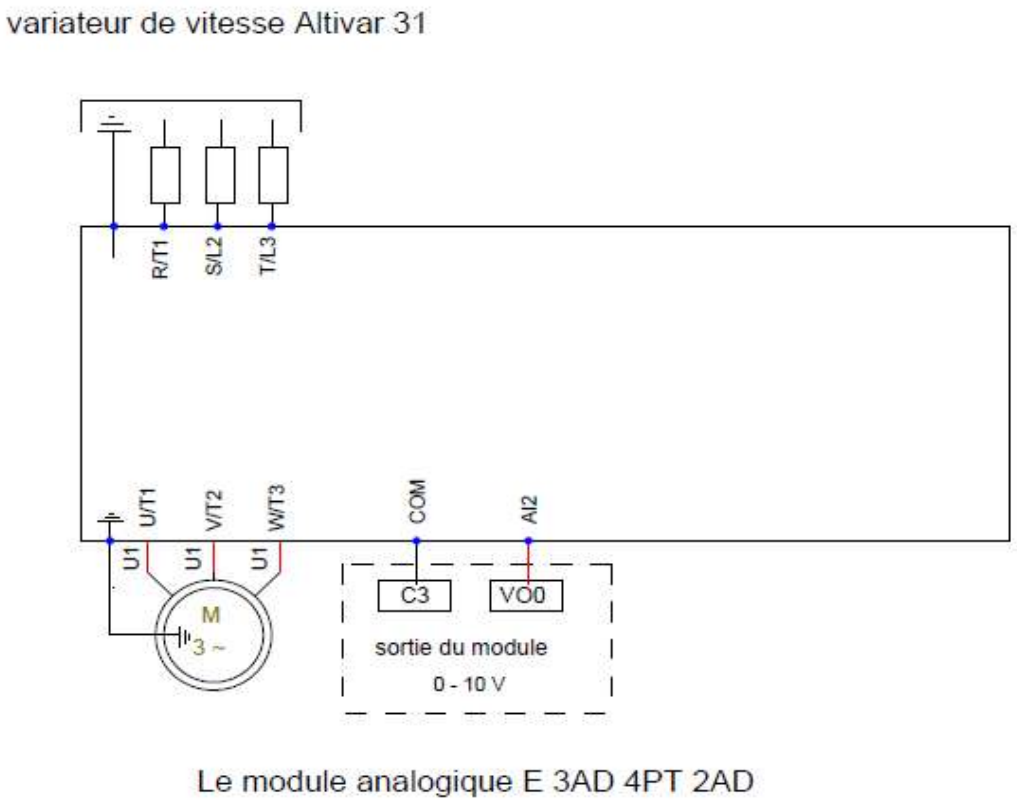


Figure III. 11.*Schéma du câblage du variateur*

III.6.6. Armoire de commande

Une armoire de commande à été réalisée incluant l'API et l'IHM donné par les figures (III.12) et (III.13)



Figure III. 12. *Vue externe sur l'armoire de commande*



Figure III. 13. *Vue interne sur l'armoire de commande*

La figure (III.13) est illustrée par le tableau (III.4)

Numéro	Composant
1	Armoire de commande
2	Automate programmable (Thinget)
3	Module d'extension E3AD4Pt2DA
4	Alimentation 24V
5	Disjoncteur
6	Bornes
7	Variateur de vitesse (Altivar 31)

Tableau III. 4.*composants de l'armoire*

III.7. L'IHM et l'exécution du programme

III.7.1. Cahier des charges

L'IHM réalisé va permettre à son utilisateur :

- La supervision (visualisation).

- Introduction des consignes pour le réglage des paramètres "pression, température".
- La diagnostique en cas d'anomalies.
- Les tests de câblage des entrées/sorties.
- Les notifications des alarmes.

III.7.2. Page d'accueil

Les fonctionnalités de l'IHM accessibles à partir de la page d'accueil (voir figure III.14), selon des niveaux d'accès sont:

- Le démarrage du distillateur (niveau opérateur)
- Les réglages des paramètres de température et de pressions (niveau superviseur)
- Visualisation du synoptique du process (tous les niveaux)
- La calibration des sondes de température (niveau superviseur)
- La gestion d'accès des différents niveaux (niveau administrateur)

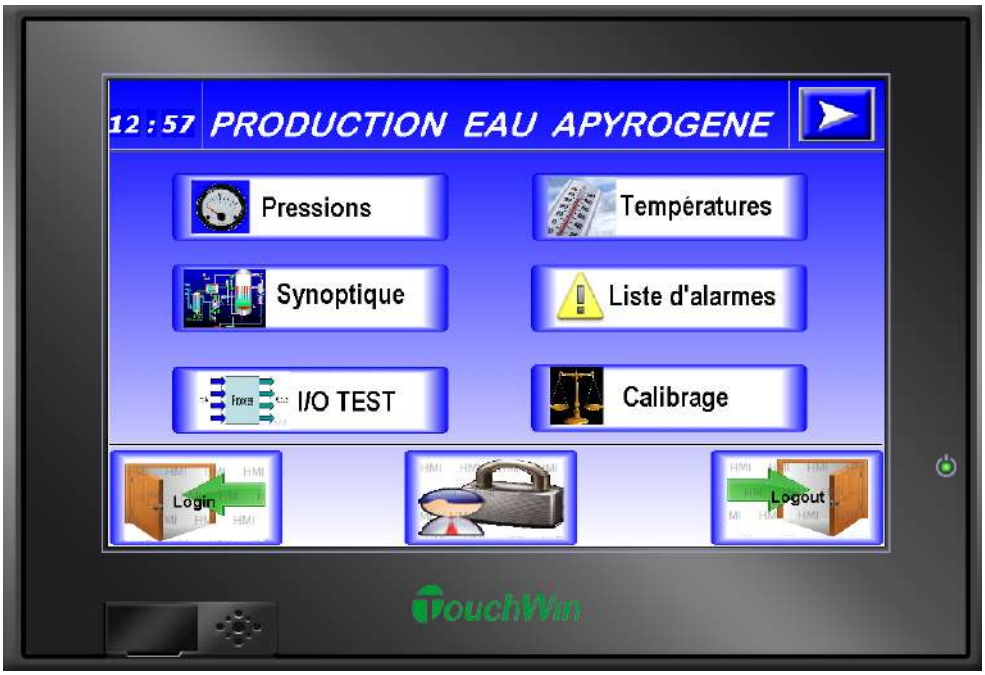


Figure III. 14. *Page d'accueil*

III.7.3. Étape de démarrage

Après avoir entré un mot de passe en appuyant sur la touche , l'IHM nous donne la main pour passer aux pages suivantes par appui sur la touche 

Selon le niveau du mot de passe entré on pourra :

- Uniquement visualiser les consignes et les valeurs actuelles des pressions et températures en cas de niveau operateur
- Modifier les consignes en cas de niveau superviseur ou administrateur (voir la figure III.15)



Figure III. 15.*Page des réglages*

La page suivante (figure III.16) donne l'acces au choix de cycle "production, stérilisaion ou drinage" . La selection se fait par l'apuis sur la touche .



Figure III. 16. *Le choix du cycle*

La page suivante (voir page III.17) est la page de démarrage du cycle, deux cas sont possible selon les conditions suivantes :

- Réservoir de stockage plein pour:  ou partiellement vide pour: 
- Vapeur de chauffage présente pour:  ou absente pour : 
- Bouton d'urgence enfoncé pour:  ou relaché pour: 

- On cas de conditions réunis, (Figure III17.A) la touche 

est active et on pourra démarrer le cycle

- Si une conditions manque, (Figure III.17.B) la touche 

est engrisée et le cycle ne pourra pas etre démarré .



A B

Figure III. 17. *Page des conditions de démarrage*

III.7.4. Synoptique

La page de la figure (III.18) s'affichera automatiquement en cas de démarrage.

Cette page donne toute les donnés concernant le distillateur :

- l'état Marche ou Arrêt du distillateur et la nature du cycle en cours
- l'état des moteurs pompe et compresseur et la vitesse actuelle en tr/min

- l'état de différentes électrovannes et de la vanne proportionnelle de régulation et son pourcentage d'ouverture.
- Visualisation des valeurs actuelles de pressions et de températures sur différents points
- En cas de déclenchement d'une alarme elle sera visualisée dans un champ
- Une animation en continu donne une idée sur le déroulement du processus sur les circuits d'eau déminéralisé et distillé et vapeur ainsi que la température de fonctionnement.

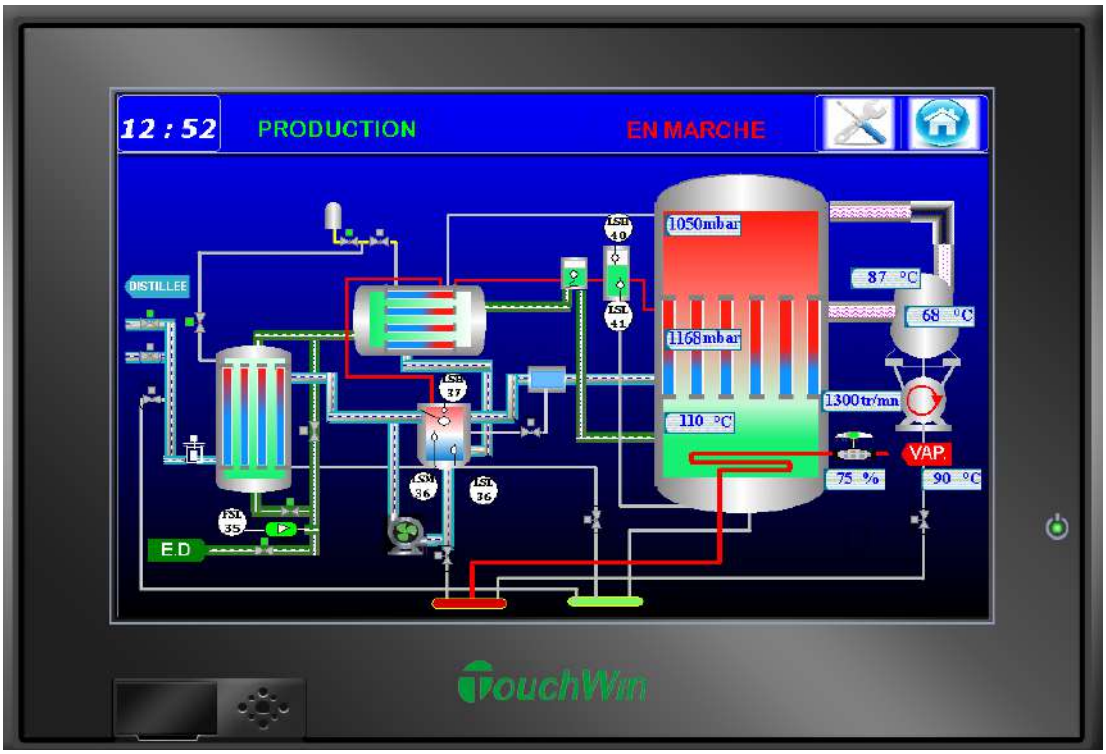


Figure III. 18.*Page de synoptique du processus*

III.7.5. Diagnostique

Ces page présentée par la figure (III.19) permet un diagnostic facile sur l'état de câblage des entrées (capteurs, boutons, fin de course) en visualisant un voyant correspondant à chaque entré TOR, ainsi que les sorties (moteur pompe, électrovanne, variateur) en forçant l'état de la sortie par l'ajout d'un réseau ladder au niveau de l'API.

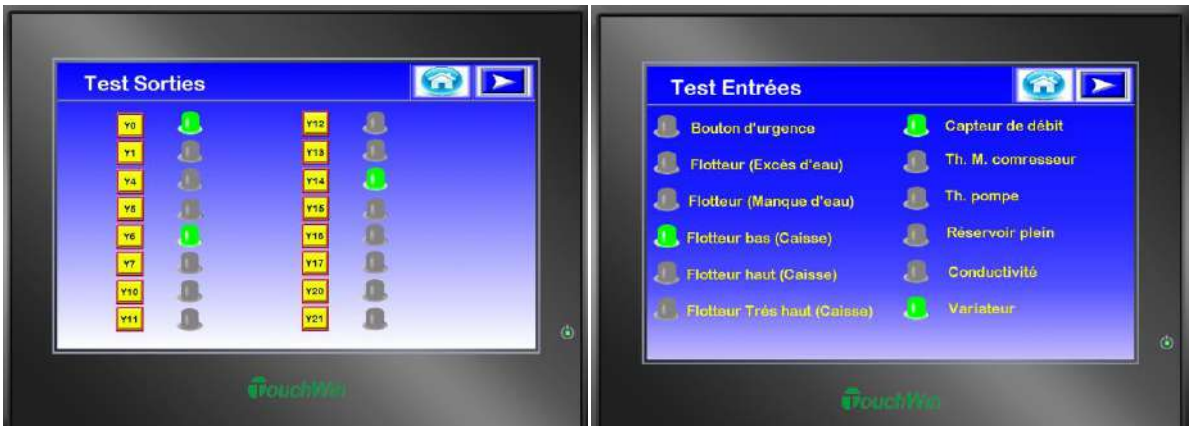


Figure III. 19.*Page des tests E/S*

III.7.6. Alarmes

L'intérêt de cette page (voir figure III.20) est de déterminer la cause lorsque la touche 

est active mais le distillateur ne peut pas démarrer, à cause de la présence d'une alarme.

- En cas d'une anomalie Le voyant  est affiché
- Si il n y a pas une anomalie le voyant sera 



Figure III. 20.*Page des alarmes*

III.7.7. Calibrages

L'ajout de page 'calibrages' donné par la figure (III.21), afin de modifier les décalages entre les sondes Pt 100.

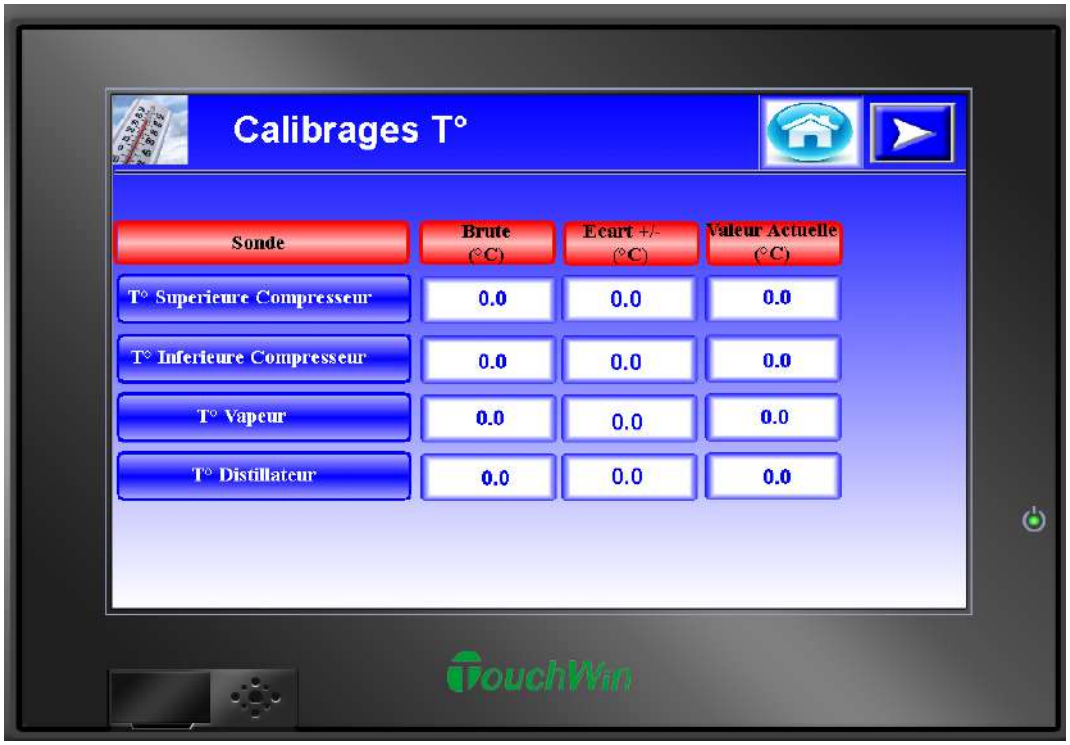


Figure III. 21. *Page de calibrages*

III.8. Test (fonctionnement avec les conditions du distillateur)

Vu que les tests ne peuvent pas être réalisés sur la machine réel qui est en production au niveau du complexe SAIDAL Médéa; on a utilisé des boutons interrupteurs pour quelques entrées, des capteurs réels sur les entrées analogiques, des actionneurs (électrovanne, moteur pompe ...) seront visualisés sur l'IHM, un variateur avec moteur sont montrés par la figure (III.22)

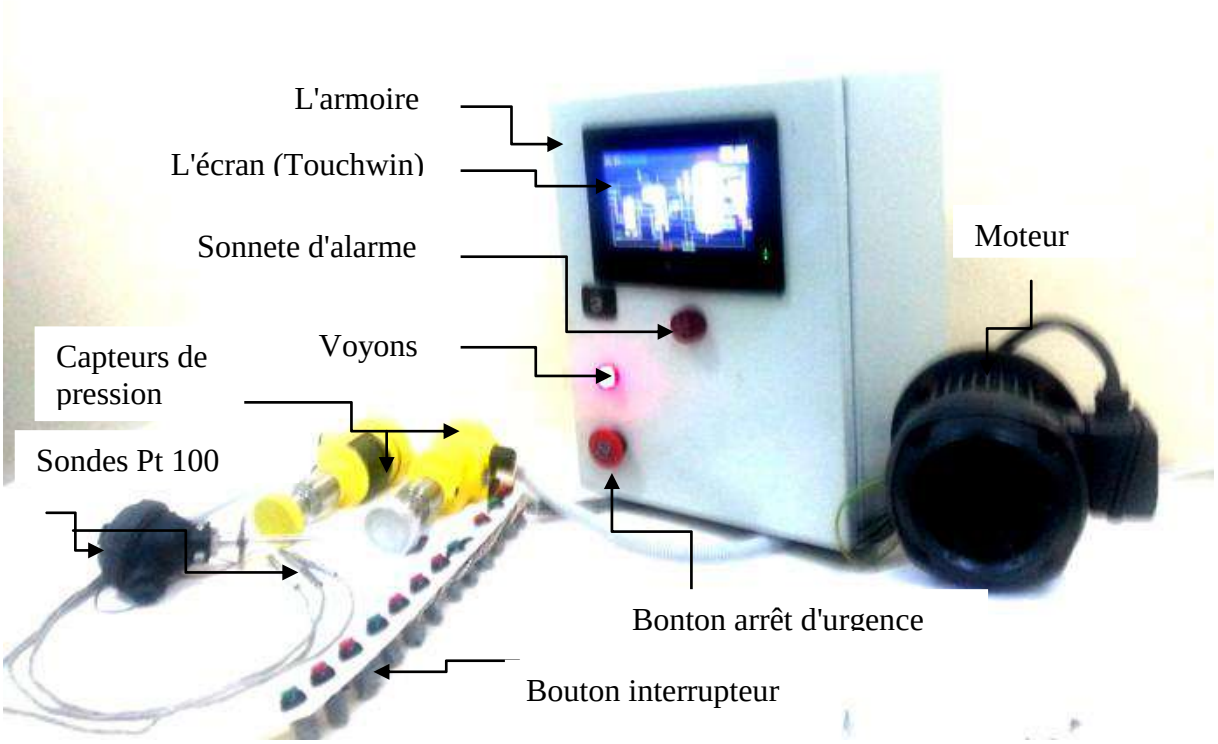


Figure III. 22. *Système de fonctionnement*

Cette figure peut se décomposer en deux parties distinctes, une partie opérative et une partie commande.

III.8.1. Partie opérative

Les effets des actionneurs d'état sont visualisés sur l'écran (voir la figure III.22)

- Ouverture E V d'eau d'alimentation
- Ouverture vanne vapeur avec régulation en fonction de la pression au dôme
- Un moteur remplace moteur compresseur, avec sa vitesse tr/ min
- Ouverture E V aération, drainage selon le programme
- Ouverture E V sortie distillé ou stockage ou distillé anormale

III.8.2. Partie commande

Elle est constituée d'un automate programmable type Thinget équipés de carte entrés/sorties logiques(TOR) en plus du module analogique E3AD4Pt2DA

La machine reste en fonctionnement jusqu'a ce qu'une interruption est émise. Cependant, les effets des capteurs d'état TOR sont remplacés (simulés) par douze boutons poussoirs, les capteurs analogiques (de pression et sondes Pt100) sont monté au module d'extension, De plus le système dispose d'un bouton d'arrêt d'urgence.

III.8.3. Essai

Suivant les étapes de démarrage:

On voie que la vanne d'entrée d'eau et la vanne de la vapeur en vert (s'ouvre)

L'eau d'alimentation rentre dans le premier échangeur puis le deuxième échangeur et ensuite au condenseur par des tube; le tous sont illustré en vert.

Quand la température attient le degré indiqué (degré d'essai 27°, le degré réel 77° en haut 45° en bas), le moteur du compresseur est s'active illustré par le cercle en rouge où il y a l'indication de vitesse "59 tr/min" (quelque min après le démarrage).

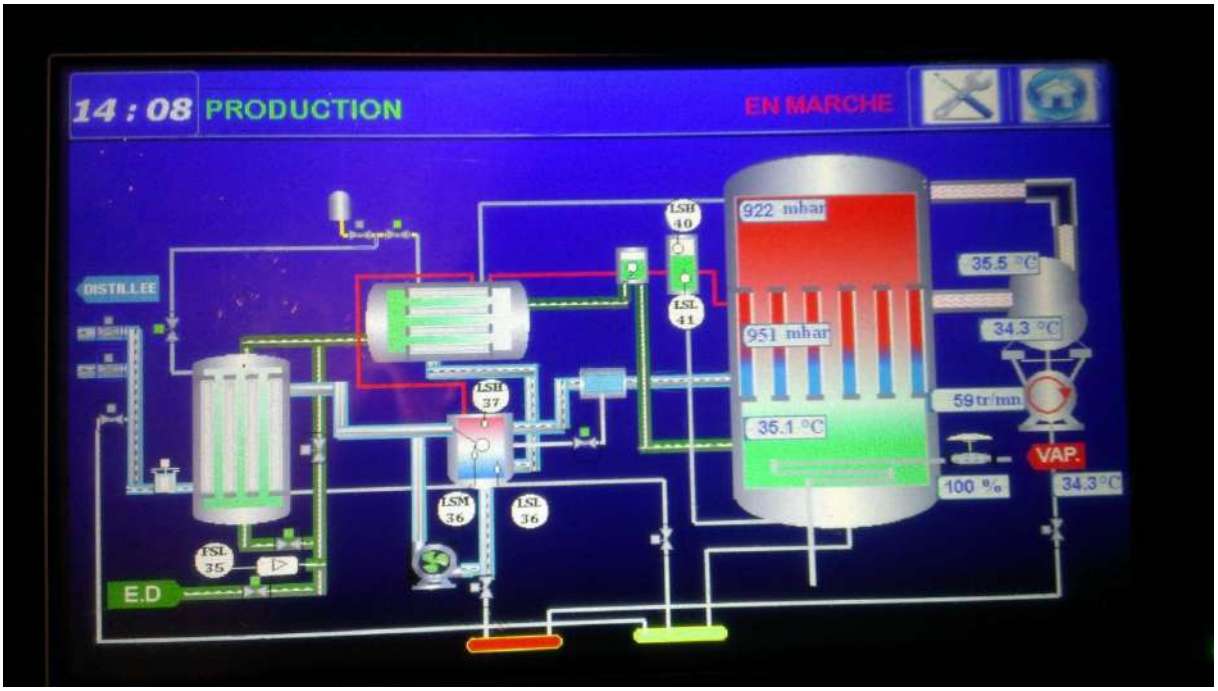


Figure III. 23. *Démarrage du cycle*

Après 40 min (condition du distillateur) le moteur est en vitesse maximale (1330 tr/min)

Par le puits sur les boutons interrupteur '1'(flotteur bas et haut dans la caisse de recirculation du distillé chaud) le moteur pompe "2" et le métreur de la pureté "3" s'activent ainsi l'ouverture de l'EV de stockage. On remarque aussi le passage de la distillé "5" dans les tubes de deux échangeurs au contre courant à l'eau d'alimentation "6" est en outre préchauffé. La condensation du gaz généré par le processus de production. (Figure III.24).

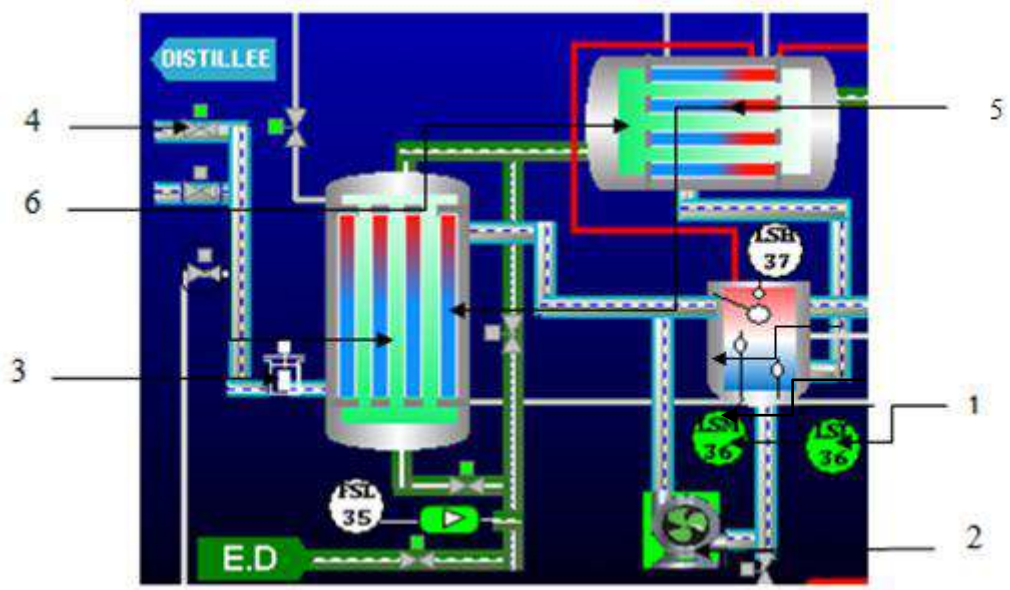


Figure III. 24.*passage du distillé*

Le distillateur dans ce cas attient leur régime de production avec les conditions du système, montré par la figure (III.25)

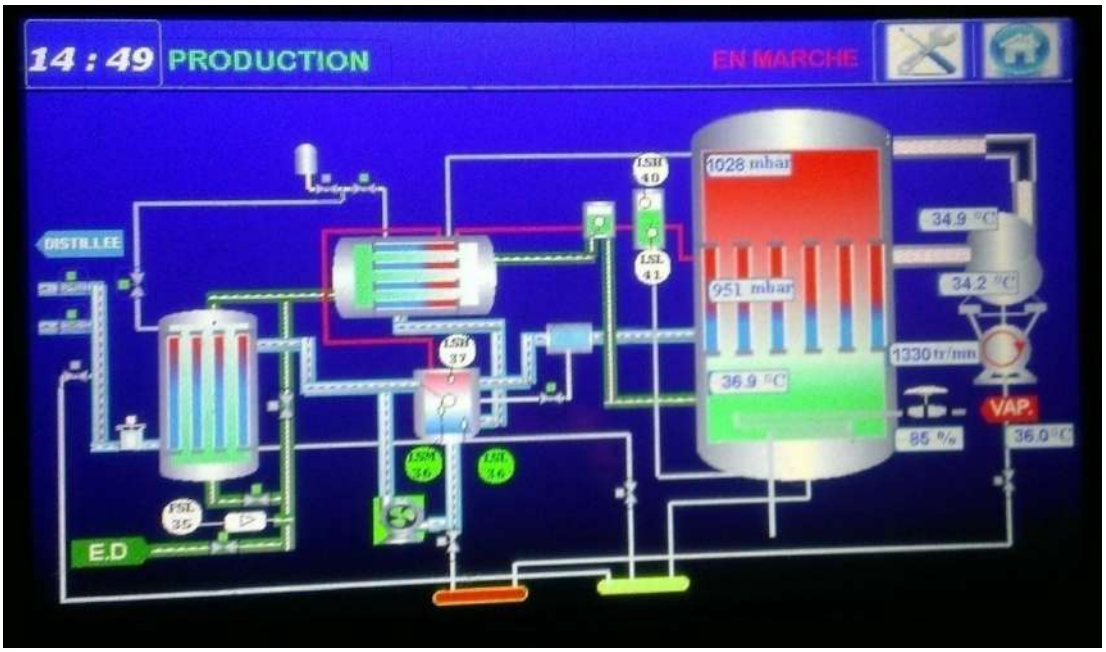


Figure III. 25. *Distillateur en plein régime*

III.8.4. Exemple d'une anomalie

- On lance le bouton du Th compresseur, le système s'arrête : moteur compresseur "1", la pompe de recirculation "2", la sonnette d'alarme déclenche et donné une indication sur l'écran "3", sont montré par la figure (III.26).
- La figure (III.27) montre une alarme 'pression hors limite' "1", cette dernier été crée par l'appui sur le capteur au niveau de la membrane. Le système s'arrêt comme dans l'anomalie précédente et fait déclenché la sonnette d'alarme "2".

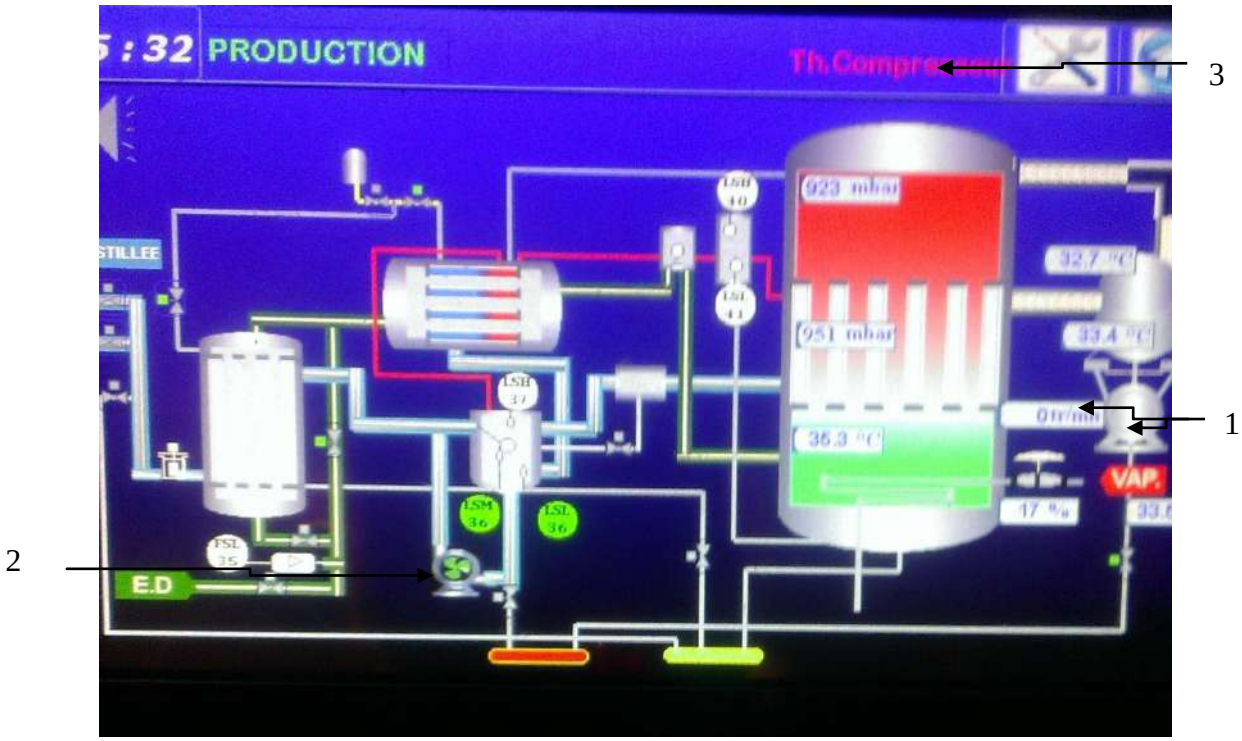


Figure III. 26. *Exemple d'anomalie du thermique du moteur*



Figure III. 27. Indication d'une *alarme (pression hors limite)*

III.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté en détails notre solution pour automatiser le distillateur en utilisant l'API et l'IHM

Une bonne compréhension du système de fonctionnement état nécessaire pour permettre le passage de la logique câblée à l'API.

En plus, une meilleure supervision du système peut être faite grâce à l'IHM réalisé, ce qui permet de

- visualiser l'état du système
- Varier les paramètres du système
- Détecter les alarmes en cas de problème

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le projet à fait l'objet d'une réussite sur plusieurs plans :

- **Efficacités :** le distillateur avec le nouveau système de commande remplit les fonctions attendues sans aucune altération, bien au contraire une amélioration prouvé par sa simplicité de mise en œuvre par les agents de production appelé à son exploitation.
- **Rentabilité :** Le système de commande proposé s'est avéré économiquement rentable selon le nombre de composants utilisés et leur cout et disponibilité comparé à l'ancien système ainsi qu'au cout de la sa maintenance évalué en « homme/heure »
- **Rendement :** Techniquement parlant, le rendement en soi du distillateur se détermine surtout par la mécanique utilisé, néanmoins avec la nouvelle commande le taux de panne due à ce système a été considérablement diminué, voir éliminé ainsi que la détection de pannes même celles dues à la mécanique a été réduite grâce a un outil de diagnostic très efficace, ce qui donne un taux de fonctionnement nettement supérieur au taux avec l'ancien système

.

Le plus important est que l'installation réalisé nous a permis d'apprendre les différentes étapes à faire pour concrétiser un tel projet .

Le projet nous a été bénéfique surtout par la diversité et la richesse des techniques utilisées à base d'un automate programmable et une interface homme machine : tel que l'exploitation des capteurs de grandeurs analogiques (capteurs de pression et température) et la commande proportionnelle d'organes d'exécution (Vanne proportionnelle) ainsi que la mise en œuvre et le paramétrage d'une régulation PID . Ajouté à cela la connaissance de la technique des variateurs de fréquence et son apport considérable au domaine de l'automatisme.

Finalement nous aimerons attirer l'attention des étudiants voulant réaliser un projet semblable sur un point souvent négligé et qui est la clé de toute réussite : **La compréhension du processus et des phénomènes physiques d'abord** avant de se précipiter sur la mise en œuvre des outils logiciels et hardware.

Comme perspective, il est très envisageable d'appliquer ces résultats sur l'équipement de production d'eau distillé, ce qui peut être réalisé au période de maintenance dans l'industrie pharmaceutique SAIDAL, Médéa en mois d'Aout.

1. Livres

Papier	[4], A. Georges, *Les capteurs en instrumentation industrielle*, Paris: Dunod, 1999.

2. Rapports techniques

Papier	[1], "Distillateur PONZINI," Itali, Cataloque mécanique, W4100 volume 7, 1989.
Ressources gratuites sur Internet	[8], "XINJE," Thinget XCP Pro V4.5, XC Series PLC Hardware MANUAL, Chine, 2015. [En ligne]. Disponible: http://www.xinje.com/. [Consulté le 10 mai 2015]. [9], "XINJE," TouchWin SCADA Manual, [En ligne]. Disponible: http:// www.xinje.com /. [Consulté le 10 mai 2015]. [12], "VEGA," Capteur de pression avec cellule de mesure CERTEC, Catalogue téchnique , France, [En ligne]. Disponible: http://www.vega.fr/. [Consulté mai 2015]

3. Site internet

[2]: Hydro-Québec, " Mécanique, métallurgie et hydro-éolien", [En ligne]. Disponible: http://www.hydroquebec.com [Consulté le 6 avril 2015].

[3] : ABC CLIM, "Les thermostats ". [En ligne]. Disponible: http://www.abcclim.net/thermostat.html. [Consulté le 9 avril 2015].

[5]: La chimie pour tous, Conductimétrie.[En ligne]. Disponible: http://www.lachimie.fr/solutions/conductimetri/, 2008, [consulté le 15 avril 2015].

[6]: Otis Elevator Company. [En ligne]. Disponible: http://www.otis.com/site/ch-fra/pages/OtisHistory.aspx , 2008, [Consulté le 12 janvier 2015].

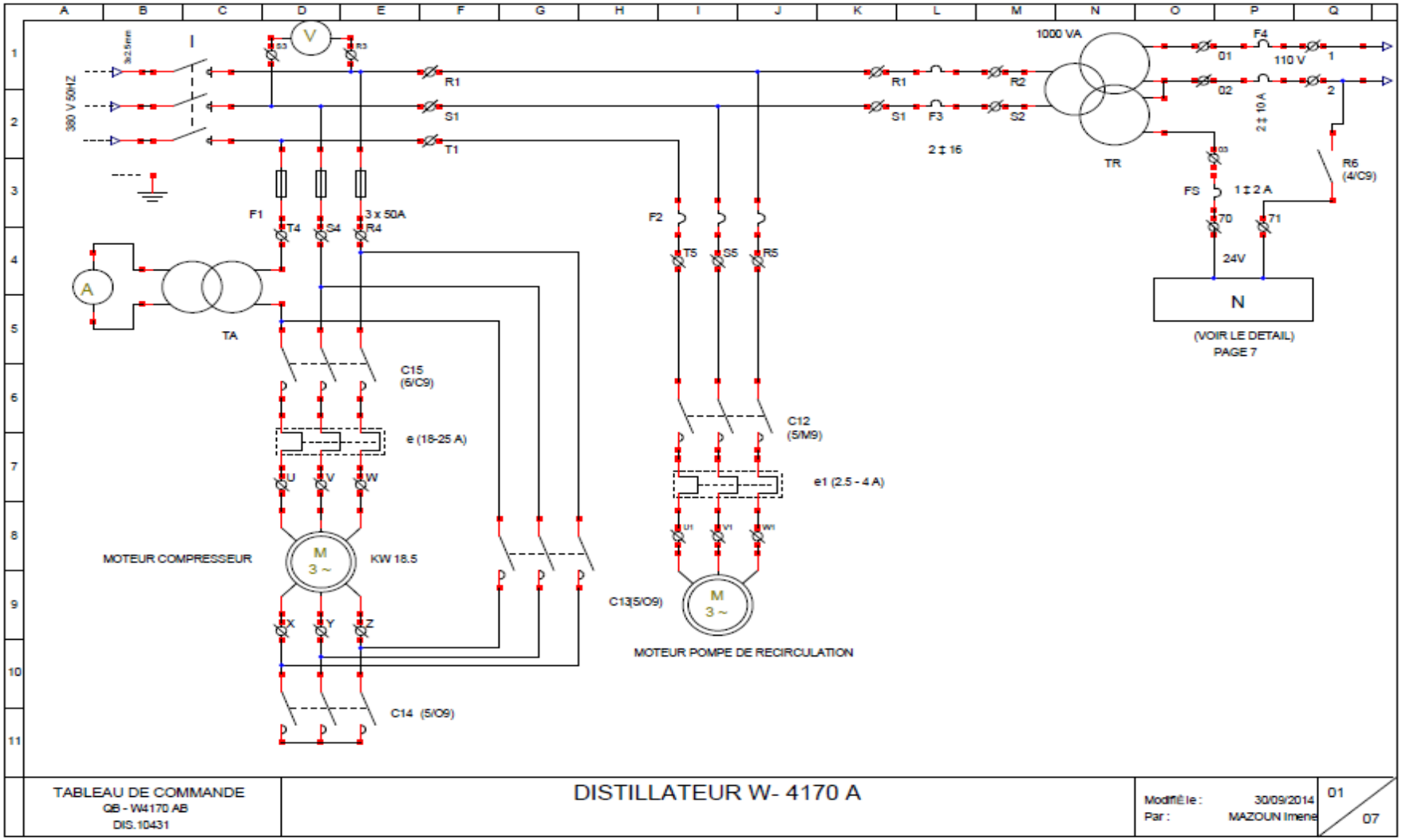
[7]: E-cours, "les automates programmables", [En ligne]. Disponible: http://www.e-cours.com, [Consulté le 12 janvier 2015].

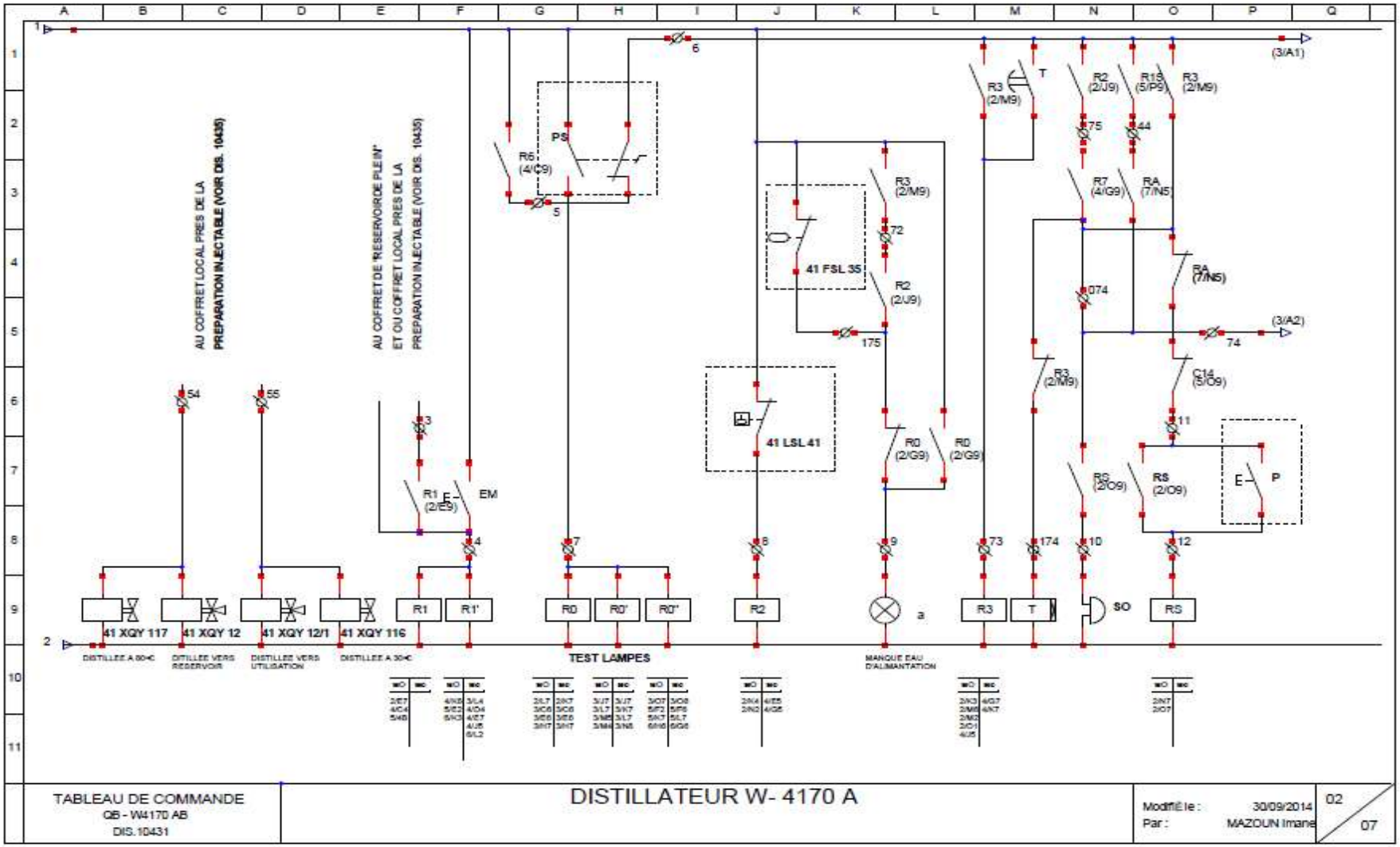
[10]: [En ligne].http://www.energieplus-lesite.be/index.php, [Consulté le 12 mai 2015].

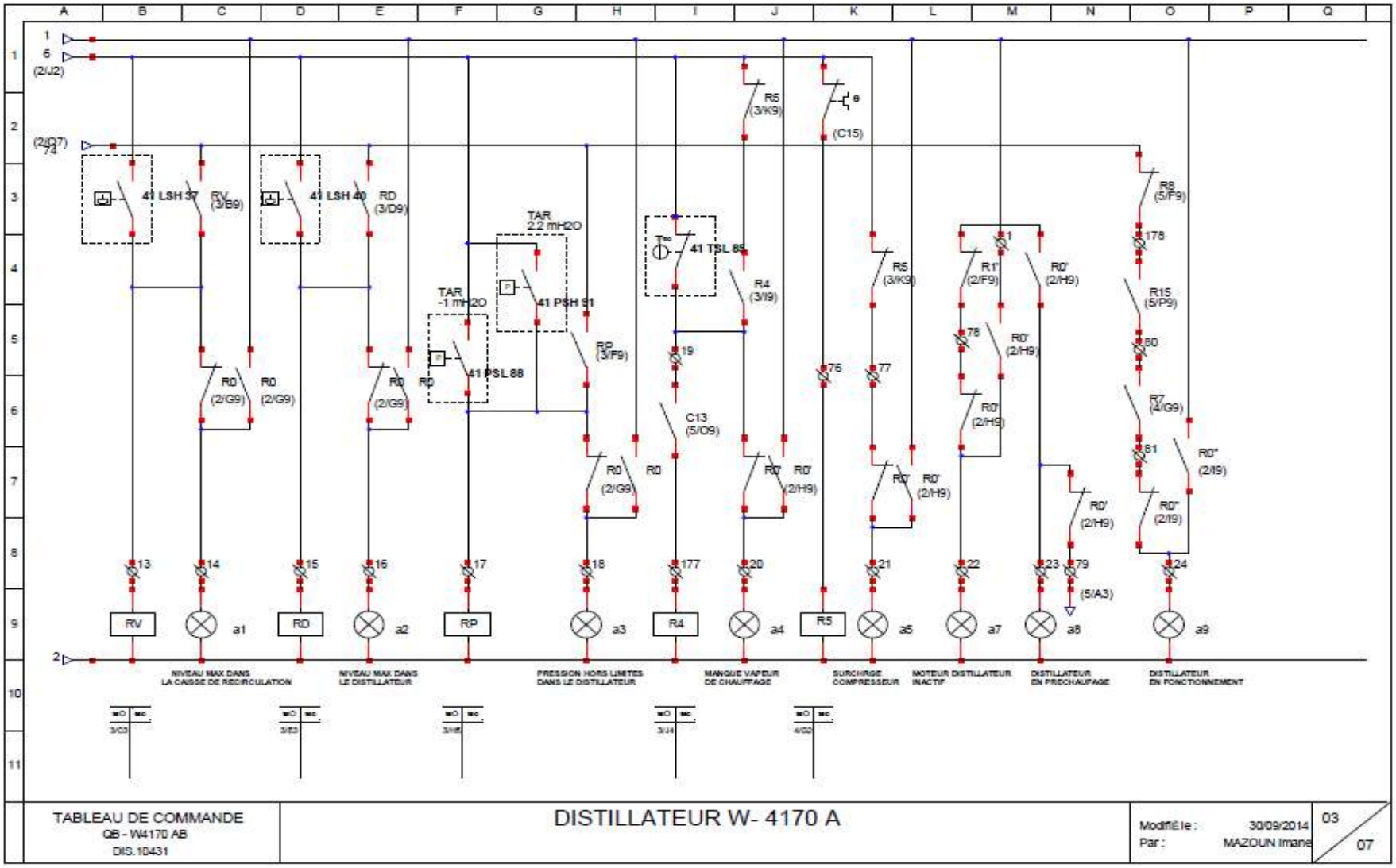
[11]: Schneider-electric, "les variateurs de vitesse", [En ligne]. Disponible: http://www.ac-grenoble.fr/, [Consulté le 12 mai2015].

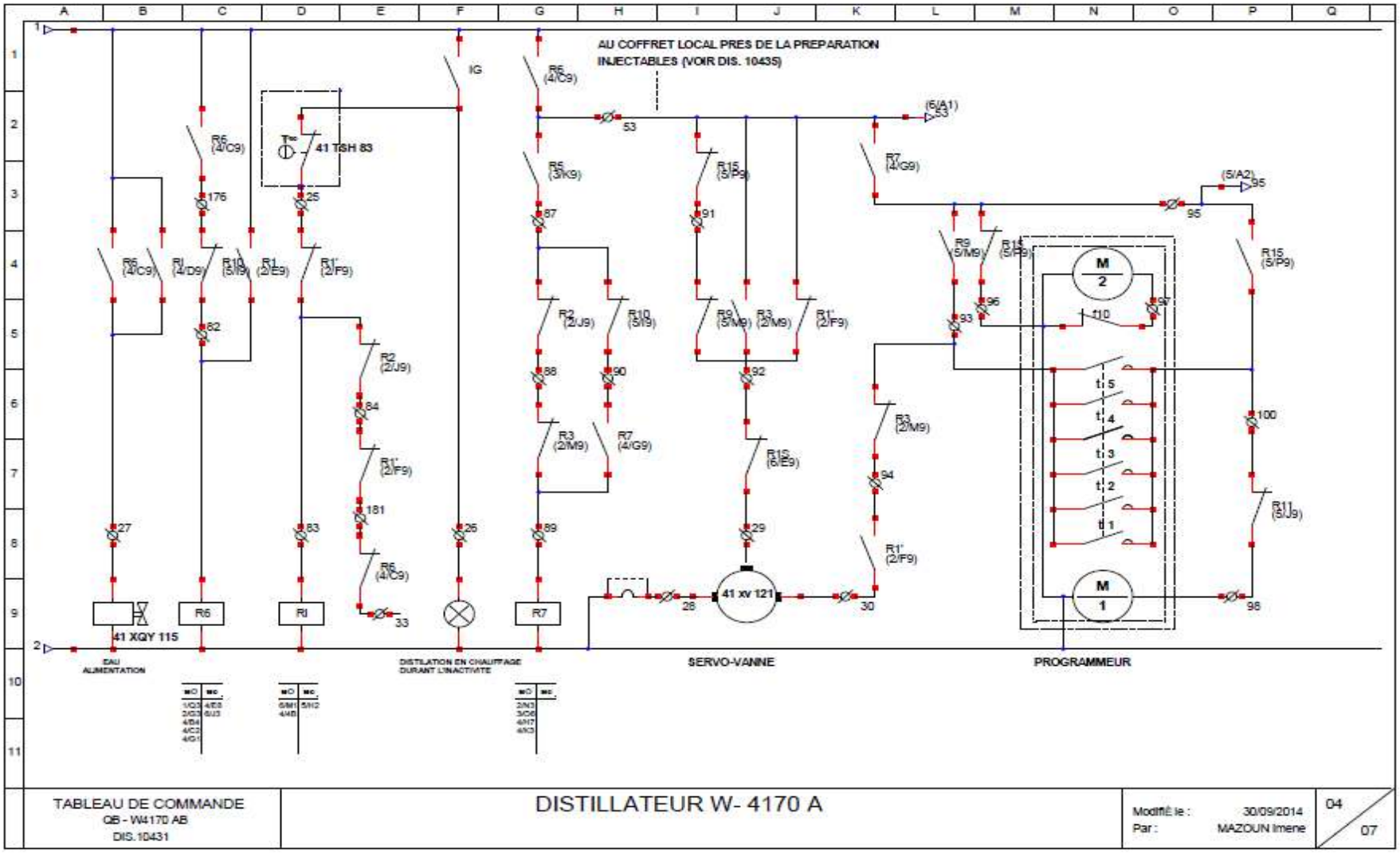
ANNEXE

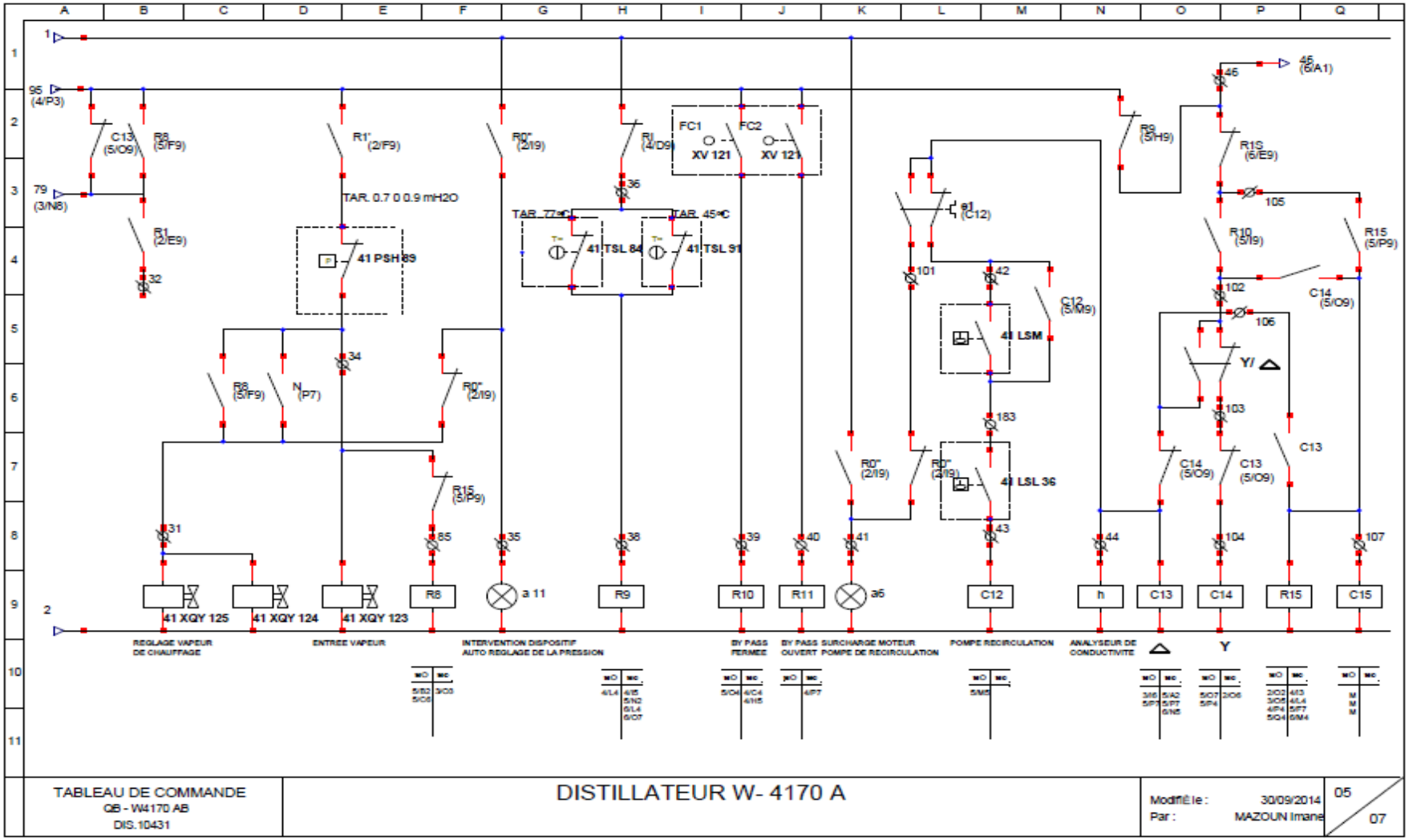
Schéma électrique de la logique câblée du distillateur "Ponzini":

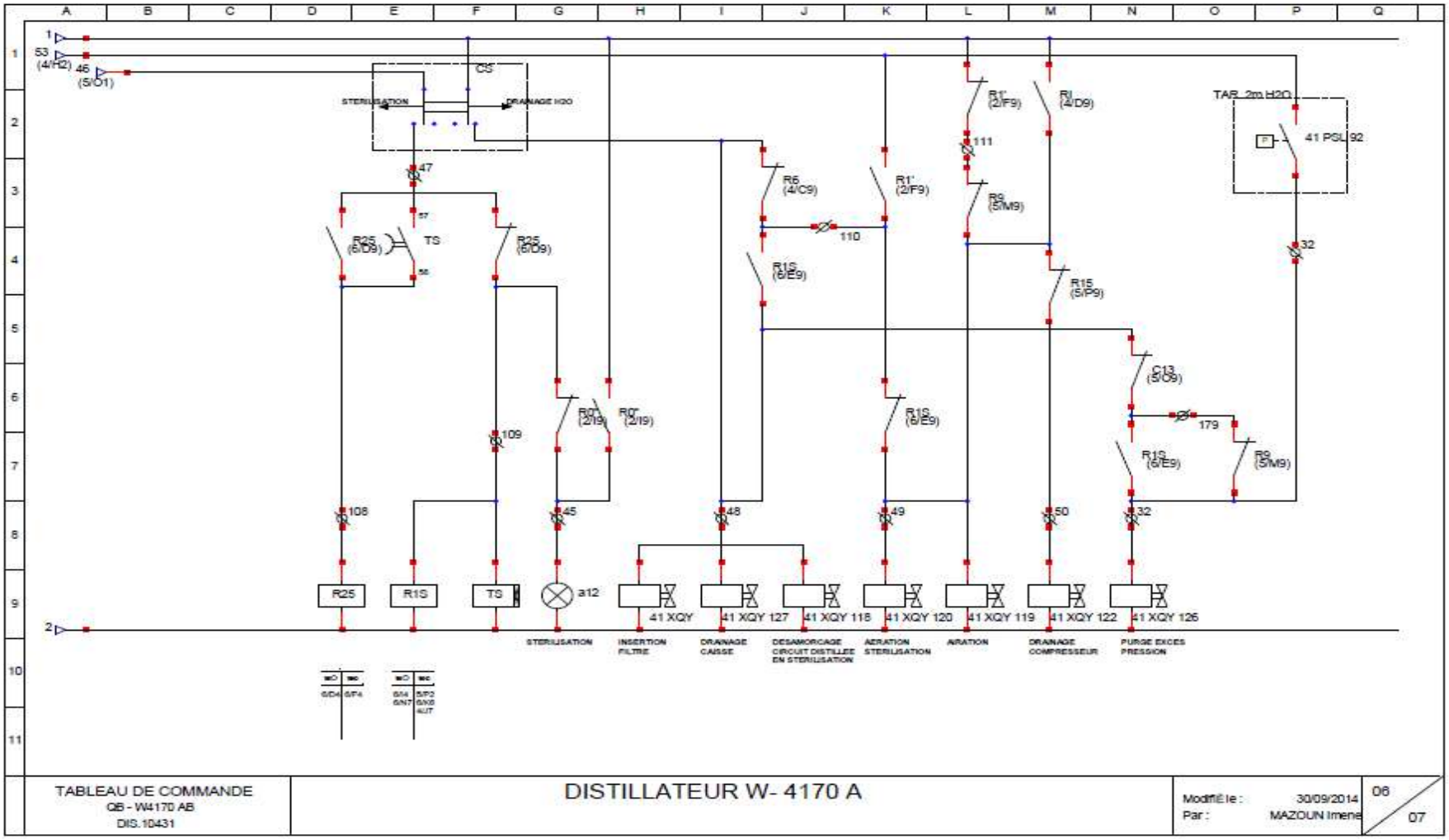


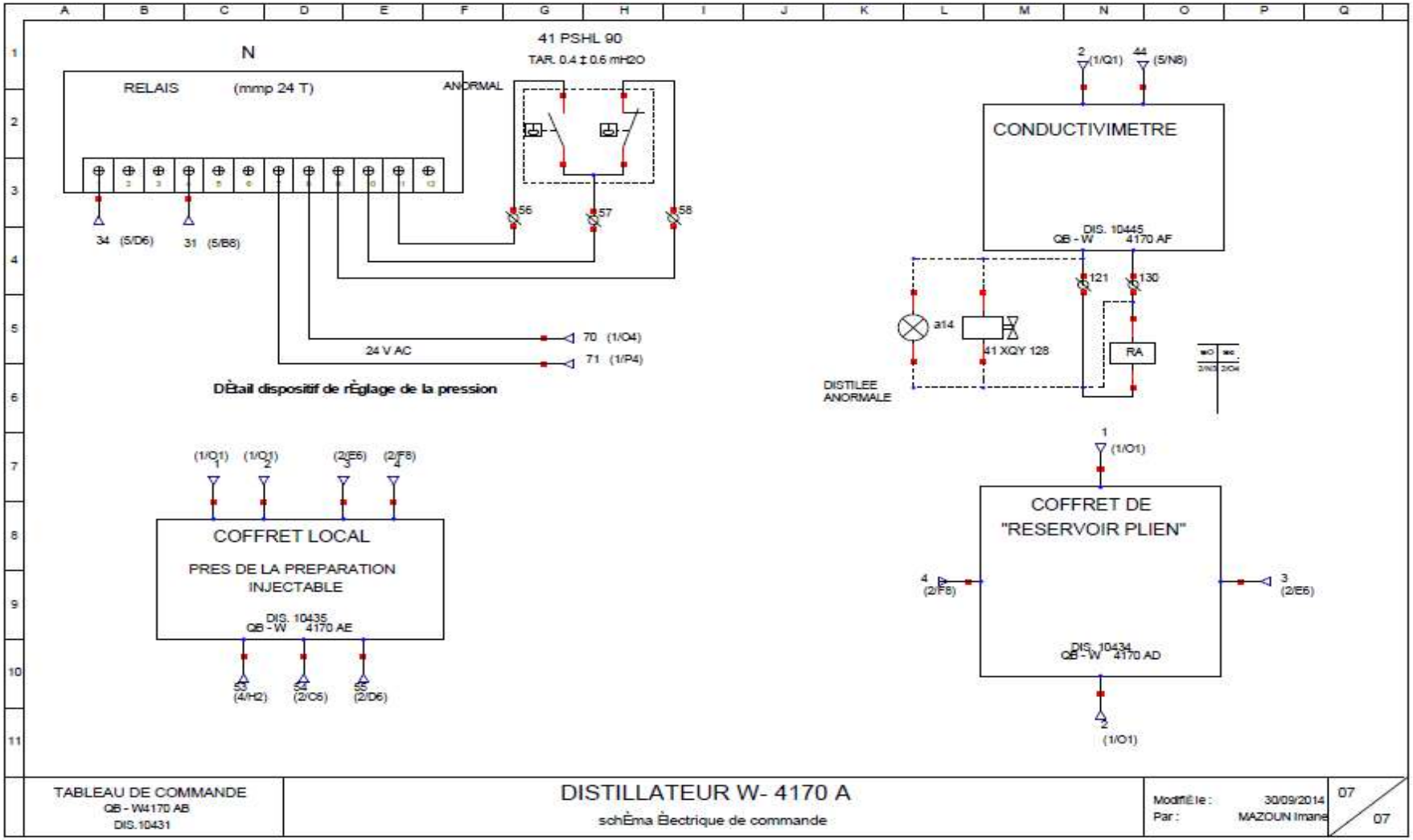

AU COFFRET LOCAL PRES DE LA PREPARATION INJECTABLE (VOIR DIS. 10435)
AU COFFRET DE "RESERVOIR DE PLEIN" ET OU COFFRET LOCAL PRES DE LA PREPARATION INJECTABLE (VOIR DIS. 10435)
PS
R6 (4/C9)
41 FSL 35
41 LSL 41
R3 (2/M9)
R2 (2/J9)
R1 (2/E9)
EM
R7 (4/G9)
RA (7/N5)
C14 (5/O9)
RS (2/O9)
41 XQY 117
41 XQY 12
41 XQY 12/1
41 XQY 116
DISTILLEE A 60+C
DITILLEE VERS RESERVOIR
DISTILLEE VERS UTILISATION
DISTILLEE A 30+C
TEST LAMPES
MANQUE EAU D'ALIMANTATION
SO
(3/A1)
(3/A2)
TABLEAU DE COMMANDE
QB - W4170 AB
DIS.10431
DISTILLATEUR W- 4170 A
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imane
02
07

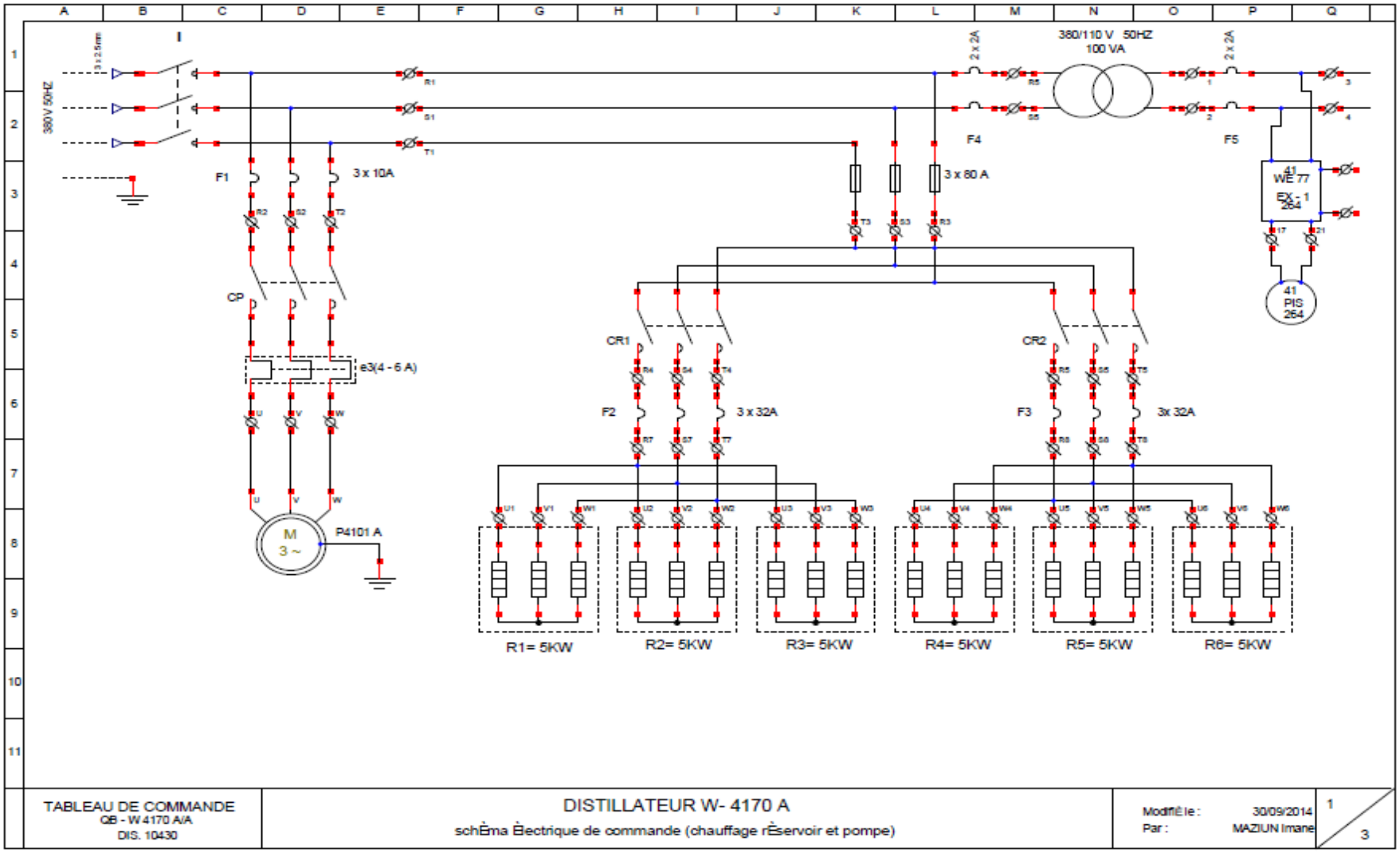

TABLEAU DE COMMANDE
QB - W4170 AB
DIS.10431
DISTILLATEUR W- 4170 A
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imane
03
07
41 LSH 37
41 LSH 40
41 PSH 51
41 PSL 88
41 TSL 85
TAR 2.2 mH2O
TAR -1 mH2O
RV (3/B9)
RD (3/D9)
RP (3/F9)
R4 (3/I9)
R5 (3/K9)
R8 (5/F9)
R15 (5/P9)
R7 (4/G9)
R1' (2/F9)
R0' (2/H9)
R0" (2/I9)
R0 (2/G9)
C13 (5/O9)
(C15)
(5/A3)
(2/J2)
(2/Q7)
NIVEAU MAX DANS LA CAISSE DE RECIRCULATION
NIVEAU MAX DANS LE DISTILLATEUR
PRESSION HORS LIMITES DANS LE DISTILLATEUR
MANQUE VAPEUR DE CHAUFFAGE
SURCHRGE COMPRESSEUR
MOTEUR DISTILLATEUR INACTIF
DISTILLATEUR EN PRECHAUFAGE
DISTILLATEUR EN FONCTIONNEMENT

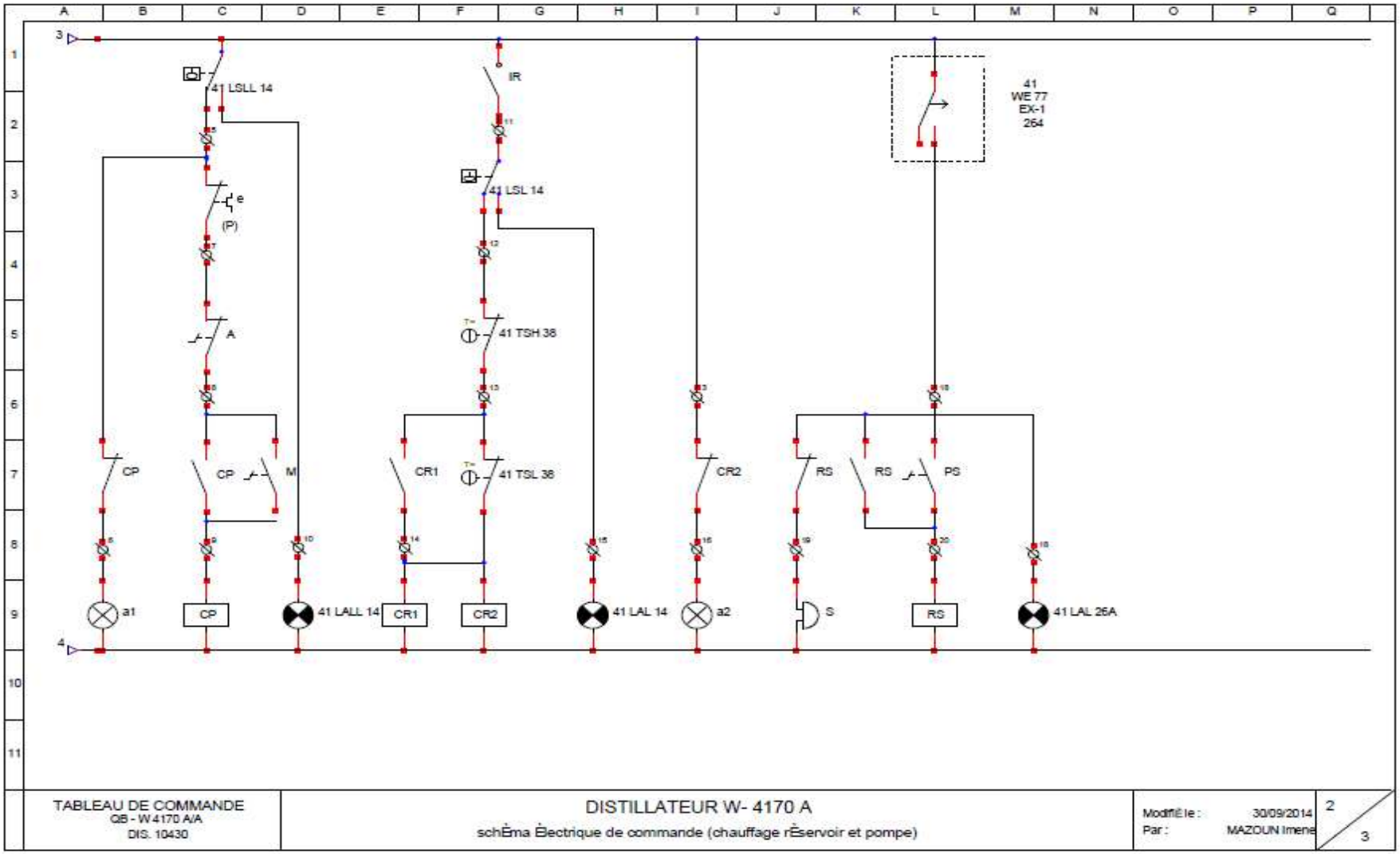

AU COFFRET LOCAL PRES DE LA PREPARATION
INJECTABLES (VOIR DIS. 1043S)
41 TSH 83
41 XQY 115
41 xv 121
EAU ALIMENTATION
DISTILATION EN CHAUFFAGE DURANT L'INACTIVITE
SERVO-VANNE
PROGRAMMEUR
TABLEAU DE COMMANDE
QB - W4170 AB
DIS.10431
DISTILLATEUR W- 4170 A
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imene
04
07

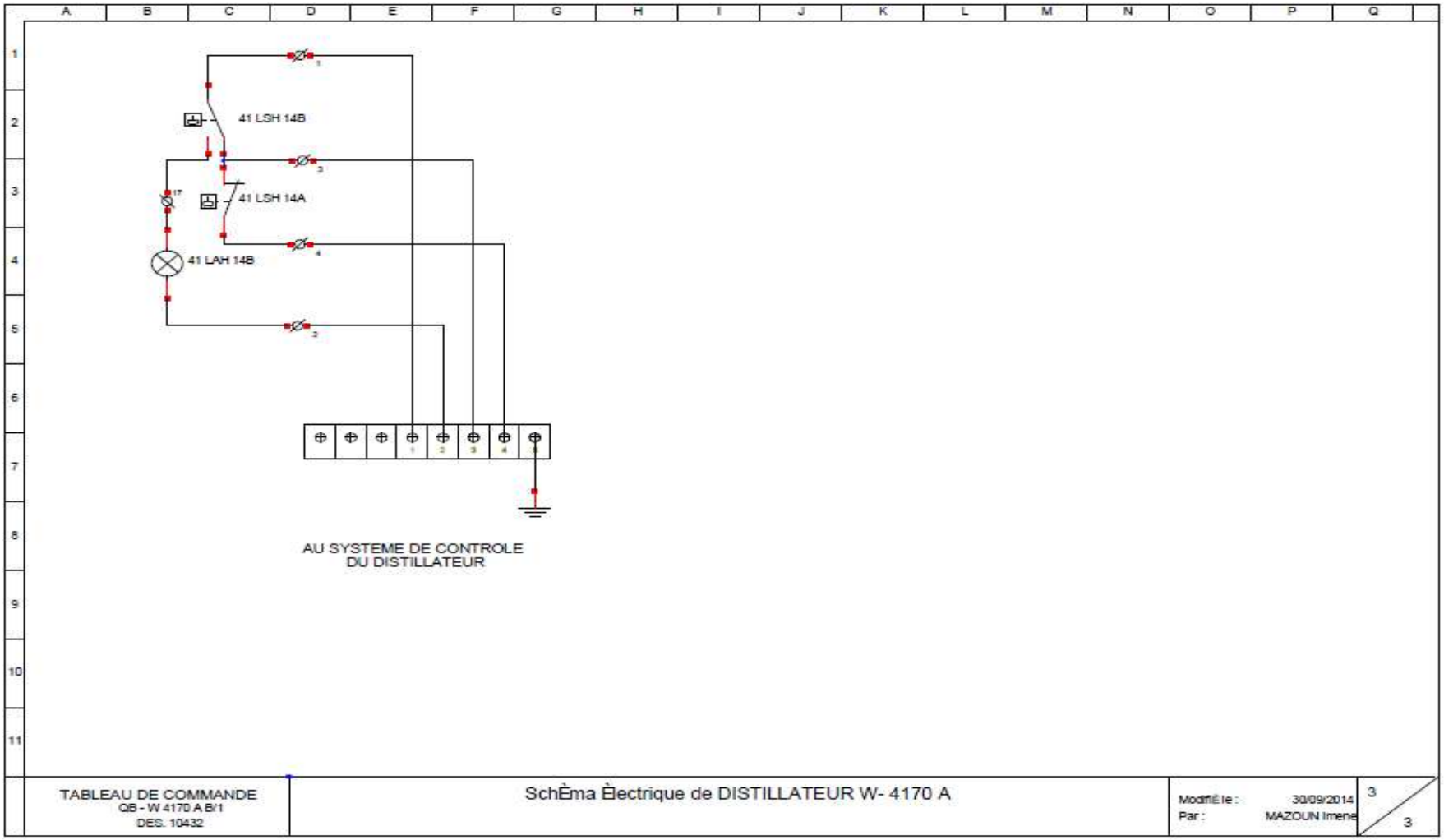

TABLEAU DE COMMANDE
QB - W4170 AB
DIS.10431
DISTILLATEUR W- 4170 A
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imane
05
07
TAR. 0.7 0 0.9 mH2O
41 PSH 89
TAR. 77°C
41 TSL 84
TAR. 45°C
41 TSL 91
FC1
FC2
XV 121
XV 121
41 LSM
41 LSL 36
41 XQY 125
41 XQY 124
41 XQY 123
a 11
a5
REGLAGE VAPEUR DE CHAUFFAGE
ENTREE VAPEUR
INTERVENTION DISPOSITIF AUTO REGLAGE DE LA PRESSION
BY PASS FERMEE
BY PASS OUVERT
SURCHARGE MOTEUR POMPE DE RECIRCULATION
POMPE RECIRCULATION
ANALYSEUR DE CONDUCTIVITE
Y/
Y


TABLEAU DE COMMANDE
QB - W4170 AB
DIS.10431
DISTILLATEUR W- 4170 A
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imene
06
07
CS
STERILISATION
DRAINAGE H2O
TS
R25
R1S
a12
41 XQY
41 XQY 127
41 XQY 118
41 XQY 120
41 XQY 119
41 XQY 122
41 XQY 126
TAR 2m H2O
41 PSL 92
STERILISATION
INSERTION FILTRE
DRAINAGE CAISSE
DESAMORCAGE CIRCUIT DISTILLEE EN STERILISATION
AERATION STERILISATION
AERATION
DRAINAGE COMPRESSEUR
PURGE EXCES PRESSION


N
41 PSHL 90
TAR. 0.4 ± 0.6 mH2O
RELAIS (mmp 24 T)
ANORMAL
34 (5/D6)
31 (5/B8)
56
57
58
70 (1/O4)
24 V AC
71 (1/P4)
DÈtail dispositif de rÈglage de la pression
2 (1/Q1)
44 (5/N6)
CONDUCTIVIMETRE
DIS. 10445
QB - W 4170 AF
121
130
a14
41 XQY 128
RA
DISTILEE ANORMALE
1 (1/O1)
COFFRET DE "RESERVOIR PLIEN"
4 (2/F8)
3 (2/E6)
DIS. 10434
QB - W 4170 AD
2 (1/O1)
(1/Q1) 1
(1/Q1) 2
(2/E6) 3
(2/F8) 4
COFFRET LOCAL
PRES DE LA PREPARATION INJECTABLE
DIS. 10435
QB - W 4170 AE
53 (4/H2)
54 (2/C6)
55 (2/D6)
TABLEAU DE COMMANDE
QB - W4170 AB
DIS.10431
DISTILLATEUR W- 4170 A
schÈma Électrique de commande
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imane
07
07


380V 50HZ
3 x 25mm
F1
3 x 10A
CP
e3(4 - 6 A)
M
3 ~
P4101 A
2 x 2A
380/110 V 50HZ
100 VA
F4
3 x 80 A
F5
41
WE 77
EX - 1
264
41
PIS
264
CR1
F2
3 x 32A
CR2
F3
3x 32A
R1= 5KW
R2= 5KW
R3= 5KW
R4= 5KW
R5= 5KW
R6= 5KW
TABLEAU DE COMMANDE
QB - W 4170 A/A
DIS. 10430
DISTILLATEUR W- 4170 A
schÈma Èlectrique de commande (chauffage rÊservoir et pompe)
Modifiê le : 30/09/2014
Par : MAZIUN Imane
1
3


41 LSLL 14
IR
41 LSL 14
41 TSH 38
41 TSL 38
41 WE 77 EX-1 264
e
(P)
A
CP
CP
M
CR1
CR2
RS
RS
PS
a1
CP
41 LALL 14
CR1
CR2
41 LAL 14
a2
S
RS
41 LAL 26A
TABLEAU DE COMMANDE
QB - W 4170 A/A
DIS. 10430
DISTILLATEUR W- 4170 A
schÈma Èlectrique de commande (chauffage rÈservoir et pompe)
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imene
2
3


41 LSH 14B
41 LSH 14A
41 LAH 14B
AU SYSTEME DE CONTROLE
DU DISTILLATEUR
TABLEAU DE COMMANDE
QB - W 4170 A B/1
DES. 10432
SchËma Èlectrique de DISTILLATEUR W- 4170 A
Modifié le : 30/09/2014
Par : MAZOUN Imene
3
3