

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes DE MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : **Sciences et Technologies**

Filière : **Génie Electrique**

Spécialité : **ELECTROTECHNIQUE INDUSTRIELLE**

Présenté par

ARKOUB Rachid

ZGAOUI Rachid

Thème

Automatisation et supervision d'un système de refroidissement par glycol.

Mémoire soutenu publiquement le /09/ 2015 devant le jury composé de :

M^r Rachid MANSOURI

professeur Classe B, UMMTO, Président

M^r Ahmed NAHI

Maitre assistant-A, UMMTO, Rapporteur

Mr Ramdane AMMOUR

Ingénieur, EASM Ouadhias, Co-promoteur

M^r Lhacen ARAB

Maitre Assistant Classe A, UMMTO, Examineur

M^r Takfarinas CHELLI

Maitre Assistant Classe A, UMMTO, Examineur

Remerciements

Nous remercions, avant toute chose, dieu pour ces bien faits, pour sa miséricorde et pour nous avoir permis d'acquérir ce savoir et d'enrichir nos connaissances.

Nous tenons par la présente à adresser nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes ayant pris part de près ou de loin à notre formation, à tous ceux qui nous ont un jour donné un conseil, qui nous ont guidé sur la voie du savoir et à tous ceux qui nous ont érudité. Particulièrement Mr N.A.H.J. A et Mr, AMMOUR Ramdane, respectivement en qualité de promoteur et d'encadreur, pour les conseils avisés qu'ils ont su nous donner, le temps qu'ils nous ont accordé, leurs disponibilité sans faille et leur amour du travail bien fait.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jurys pour avoir accepté de juger ce travail et de lui accorder l'attention nécessaire.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*Aux êtres les plus chers au monde, mes parents Kaci
et ACHLI Houria pour leur soutien et leur
encouragement tout au long de mon cursus scolaire,*

A ma sœur Fatma et son mari Hidouche ;

*A ma sœur Masika et son mari Boussad et ses deux
garçons Mehdi et Amine ;*

A mes frères :

Achour et sa femme Hamida

Arezki et sa femme Saliha

Boussad et Brahim

A mes amis de l'UMMO

A mes amis du village Timizart

*A mon collègue Rachid. Z qui a partagé plusieurs
aventures avec moi tout au long de cette année*

A tous ceux qui me connaissent.

Rachid. Z

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*Aux êtres les plus chers au monde, mes parents **Asi** et **MEFJAH** Ounissa pour leur soutien et leur encouragement tout au long de mon cursus scolaire,*

A mes sœurs Samia et son mari Morad, Ghania et son mari Khalef, Kahina et son mari Redouene, Fatima et son mari Yacine.

A toutes mes nièces et à tous mes neveux

A mes frères :

Khalef et Kamel

A mes amis de l'UMMO

A mes amis intimes :

Massi, Walid, Nassim et Lounes

A mon collègue Rachid. A qui a partagé plusieurs aventures avec moi tout au long de cette année

A tous ceux qui me connaissent.

<u>I.1. Définition des éléments et du fonctionnement du système et présentation du cahier des charges :</u>	2
<u>I.1. INTRODUCTION :</u>	2
<u>I.2. Définition de la fermentation :</u>	2
<u>I.3. Définition du refroidissement :</u>	2
<u>I.4. Définition du glycol :</u>	2
<u>I.4.1 Rôle du glycol dans la station :</u>	3
<u>I.5. Définition de l'ammoniaque :</u>	3
<u>I.6. Equipement de la station :</u>	3
<u>I.6.1 Bac de stockage du glycol chaud/froid :</u>	3
<u>I.6.2 Cuve de fermentation :</u>	3
<u>I.6.3 Pompe centrifuge :</u>	4
<u>I.6.4 Refroidisseur :</u>	4
<u>I.6.5 Vanne :</u>	5
<u>I.6.6 Capteur de température (PT 100) :</u>	5
<u>I.6.7 Capteur de niveau :</u>	6
<u>I.6.8 Indicateur de pression :</u>	6
<u>I.7. Présentation de la station :</u>	7
<u>I.8. Présentation du cahier des charges :</u>	8
<u>I.8.1 Fonctionnement de la station :</u>	8
<u>II. Dimensionnement et réalisation de l'armoire électrique</u>	12
<u>II.1. Introduction :</u>	12
<u>II.2. Les étapes de réalisation d'une armoire électrique :</u>	12
<u>II.3. Collecte d'information de la station de refroidissement :</u>	12
<u>II.4. Choix des organes de commande :</u>	13
<u>II.5. Choix de l'alimentation stabilisée (AC/DC) :</u>	13
<u>II.6. Choix du démarrage des moteurs :</u>	14
<u>II.6.1 Le démarrage direct :</u>	14

SOMMAIRE

II.6.2	Démarrage avec un démarreur progressif :	15
II.6.3	Démarrage avec un variateur de vitesse :	15
II.7.	Logigramme du choix de la section des conducteurs et du dispositif de protection : [9]	15
II.8.	Détermination des sections des conducteurs :	16
II.8.1	Calcul du courant d'emploi IB :	17
II.8.2	Le facteur tenant compte de la puissance et du rendement (a) :	17
II.8.3	Le facteur de conversion des puissances en intensités(KC) :	17
II.8.4	Le facteur d'utilisation des appareils (Ku) :	18
II.8.5	Le facteur de simultanéité (Ks) :	18
II.8.6	Le facteur tenant compte des prévisions d'extension (Ke) :	18
II.8.7	Le courant assigné ou nominal du dispositif de protection (Ir) :	19
II.8.8	La règle des courants :	19
II.8.9	La règle du temps de fonctionnement :	19
II.8.10	Le courant admissible en fonction des influences extérieures Iz' :	20
II.9.	Choix et dimensionnement des protections :	26
II.9.1	La protection contre les courts-circuits :	27
II.9.2	La sélectivité :	31
II.9.3	La courbe de fonctionnement :	31
II.9.4	La protection des personnes :	32
II.9.5	Principales caractéristiques du régime TNC :	35
II.10.	Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire :	35
II.10.1	Le choix de l'armoire :	36
II.10.2	Le choix de ventilation :	36
III.	Description de l'API et programmation à base d'un automate S7-300	42
III.1.	Introduction :	42
III.2.	Description d'un Système Automatisé de Production (SAP) :	42
III.2.1	Définition :	42
III.2.2	Structure d'un système automatisé de production :	42

III.2.3	La partie opérative :	43
III.2.4	Partie commande :	43
III.2.5	La partie dialogue :	44
III.3.	Objectifs d'automatisation d'un système de production :	44
III.4.	Réseaux d'automate :	44
III.4.1	Définition :	44
III.4.2	Bus de terrain :	44
III.4.3	Les protocoles de communication :	45
III.5.	Types de commande SAP :	45
III.5.1	Commande centralisée :	45
III.5.2	Commande décentralisée :	46
III.6.	Les automates programmables industriels (API) :	46
III.6.1	Présentation de l'API S7/300 :	47
III.6.2	Configuration Matérielle :	48
III.6.3	Programmation en LADDER (LD) :	49
III.6.4	La régulation continue :	51
III.6.5	Identification des paramètres du PID :	51
III.6.6	Le bloc FB 41	55
III.6.7	Description :	55
III.6.8	Schéma fonctionnelle :	56
IV.	Supervision de la station	61
IV.1.	Introduction :	61
IV.2.	Les tâches d'un système IHM :	61
IV.3.	SIMATIC IHM :	62
IV.4.	Représentation du système Win CC flexible :	62
IV.4.1	WinCC flexible Engineering System :	62
IV.4.2	WinCC flexible Runtime :	62
IV.5.	Le WinCC flexible et SIMATIC STEP7 :	62
IV.5.1	Intégration de WinCC flexible dans le step7 :	62
IV.5.2	Avantages d'intégration au step7 :	62
IV.6.	Création d'un projet sous WinCC flexible 2008 :	63
IV.6.1	Planche principale de la station de refroidissement :	65

RESUME

Notre projet de fin d'étude a été effectué au sein de l'entreprise EASM dans le cadre d'un stage pratique de mise en situation professionnelle de trois mois. Au cours de ce stage nous avons participé à l'automatisation d'une station de refroidissement en proposant une solution.

Dans ce travail nous avons résolu certains problèmes dans une station de refroidissement qui appartient à la société « ALBAV ». Le processus de fabrication du produit était manuel donc la société nous a demandé d'automatiser cette partie de refroidissement. Et au cours de cette opération de refroidissement, le contrôle de la température de la boisson et de sa pression était inévitable pour le bon déroulement du processus, chose qu'on réalisé en proposant une automatisation qui prend en compte tous ces problèmes. Et dans ce mémoire le lecteur trouvera une explication détaillée sur la programmation avec STEP7 et la supervision avec WinCC flexible 2008.

Toute automatisation ne peut pas être complète sans une certaine autonomie de procédé et une supervision efficace. Solution que nous avons mise en place en nous aidant de différents outils tel que le STEP7. Le modèle acquis nous a permis de mettre en place la solution programmée qui régit le fonctionnement de la station sur un API S7-300 et d'une interface Homme Machine qui nous permet d'avoir une vue étendue sur le fonctionnement de procédé automatisé.

Mots clés : API, refroidissement, Glycol, supervision, HMI, STEP7, WIN CC

Introduction générale :

L'entreprise **EASM** (Electricité, Automatisme, Service et Maintenance) est parmi les entreprises les plus importantes dans son domaine (Automatisme, communication et télégestion, Electricité industriel, maintenance...etc.).

Le développement et l'amélioration de la qualité de ses produit et services sont parmi les premiers objectifs de l'entreprise, ce qui explique le nombre important d'ingénieurs expérimentés et compétents opérant dans différents secteurs complémentaires (automatique, électrotechnique, électronique, électromécanique...etc.). D'ailleurs, ce projet au sein de l'entreprise(EASM) est une étude et réalisation d'un Système de refroidissement par Glycol d'une boisson en faveur de la société **ALBAV** située à ANNABA.

Le contrôle continu de la température de la boisson durant certaines étapes par lesquelles passe sa fabrication a été l'occupation majeure de cette entreprise(ALBAV). L'automatisation de ce système à l'aide d'un API S7-300 et l'amélioration en régulant la pression est le travail qui nous a été confié par l'entreprise EASM. La majeure partie du travail s'est fait dans les ateliers de l'EASM.

Le présent mémoire est réparti comme suit :

-Le premier chapitre est consacré à la description des éléments et du fonctionnement du système ainsi que la présentation du cahier des charges.

-Le deuxième chapitre est réservé à l'étude et la réalisation de l'armoire électrique.

-Le troisième chapitre consiste en la description de l'API et l'automatisation du système à base d'un API S7-300.

- la supervision de la station à l'aide de WinCC flexible est le contenu du quatrième chapitre.

Chapitre 1

I.1. Définition des éléments et du fonctionnement du système et présentation du cahier des charges :

I.1. INTRODUCTION :

La fabrication de la bière passe par différentes étapes parmi lesquelles on peut citer les deux plus importantes qui sont :

- la fermentation.
- -le refroidissement.

Le changement continu de la température de la boisson posait un sérieux problème pour lequel il fallait trouver une solution. La régulation de la pression était la solution retenue car elle permet un contrôle continu de la température. C'est à dire un bon déroulement de ces deux étapes.

I.2. Définition de la fermentation :

La fermentation est une étape cruciale par laquelle passe la fabrication de la bière. Elle consiste à ensemencer le moût avec une certaine quantité de levure afin qu'elle transforme les sucres présents en alcool et en CO₂ tout en libérant une certaine quantité de chaleur. Il existe quatre types de fermentation :

- fermentation mixte.
- fermentation spontanée.
- fermentation haute.
- fermentation basse. [1]

Dans la fabrication de la bière, le quatrième type de fermentation est utilisé. Celui-ci dure 12 jours durant lesquels il faut maintenir la température entre 4°C et 12°C pour protéger la boisson contre les bactéries et les champignons.

I.3. Définition du refroidissement :

Cette étape consiste à refroidir la boisson le plus rapidement possible après la fermentation. La raison en est très simple, plus la boisson est chaude, plus le risque d'infection par des micro-organismes est important, et cela provoque un mauvais goût du produit. Cette étape dure 48 heures où il faut arriver à une température finale de -1°C.

Afin d'avoir ces températures voulues (entre 4°C et 12°C pour la fermentation et -1 °C pour le refroidissement) une technique de refroidissement par glycol a été adoptée par **ALBAV**.

I.4. Définition du glycol :

Le glycol (ZITREC FC) est un excellent fluide caloporteur (réfrigérant) à usage multiple qui présente une bonne conductivité thermique. Il est utilisé pour le refroidissement des boissons gazeuses, afin d'éviter toute perte de carbonatation. [2]

I.4.1 Rôle du glycol dans la station :

Le rôle du glycol dans la station consiste à garder une température basse durant toute la période de fermentation du moût et de ramener la température de la boisson à -1°C après la fermentation.

Le glycol utilisé passe, lui aussi, par un circuit de refroidissement utilisant un refroidisseur à plaques. L'ammoniaque est le fluide caloporteur utilisé dans cette opération.

I.5. Définition de l'ammoniaque :

L'ammoniaque est une substance naturelle qui peut également être produite en grandes quantités par synthèse chimique. En raison de ses bonnes propriétés thermodynamiques, l'ammoniaque est couramment utilisée dans la réfrigération industrielle. [3]

I.6. Equipement de la station :

I.6.1 Bac de stockage du glycol chaud/froid :

Les bacs de stockage du glycol sont des citernes d'une hauteur de 4 m à deux enveloppes isolés en polyuréthane, fabriqués en acier inoxydable. Ils sont thermo-isolés. Ils permettent de stocker et de conserver le glycol.

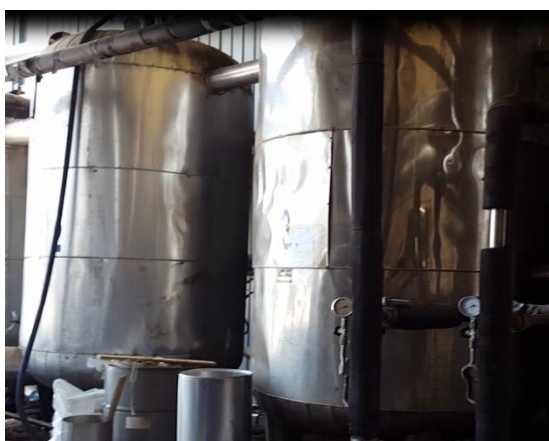


Figure 1-1

Bac de stockage de glycol

I.6.2 Cuve de fermentation :

Sont des cuves verticales coniques-cylindriques d'une hauteur de 20m et d'une capacité de 12000 HL servant à la fermentation de la boisson. Elles sont équipées de zones de refroidissement indépendantes et sont placées sur des pieds réglables.



Figure 1-2 : Réservoirs de fermentation

I.6.3 Pompe centrifuge :

Une pompe centrifuge est une machine rotative, entraînée par un moteur asynchrone, permettant d'aspirer et de refouler un fluide par l'effet de la rotation d'une hélice. Elle permet le déplacement de liquide de faible viscosité.[4]

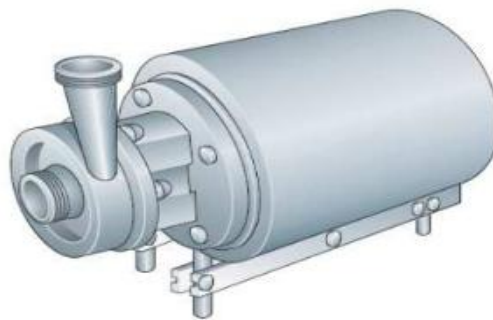


Figure 1-3 : Pompe centrifuge

I.6.4 Refroidisseur :

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger, à travers des parois solides. La plupart du temps, cette méthode est utilisée pour refroidir ou réchauffer un liquide ou un gaz. Il existe plusieurs types d'échangeurs thermiques dont les principes de fonctionnement diffèrent. Parmi les plus répandus :[5]

- Faisceau tubulaire horizontal.
- Plaques.
- Spirales.
- Etc.

L'installation étudiée est équipée d'un échangeur à plaques. Ce dernier est composé d'un grand nombre de plaques disposées l'une derrière l'autre et séparées par un petit espace (quelques millimètres) où circulent les fluides.

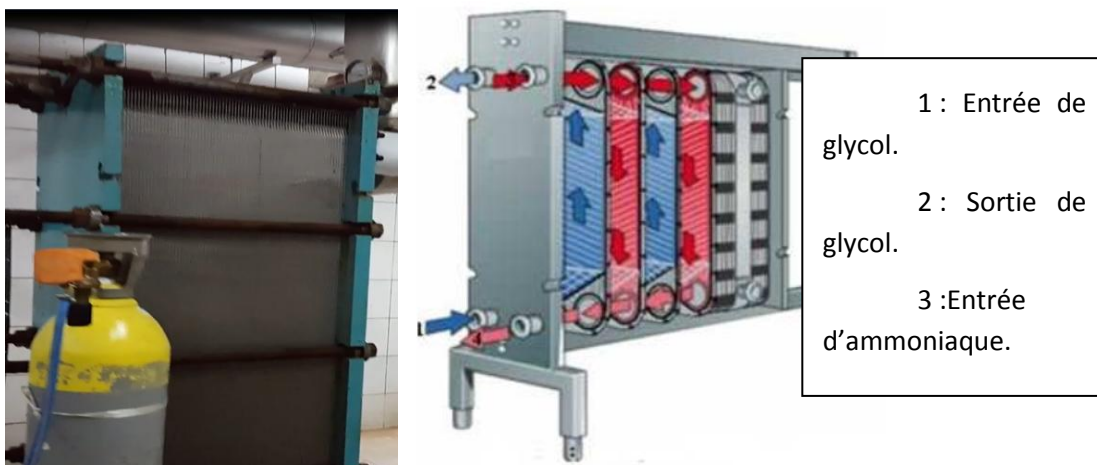


Figure 1-4 : échangeur thermique

I.6.5 Vanne :

Une vanne est un dispositif qui sert à arrêter ou à modifier le débit d'un fluide, en milieu libre (canal) ou en milieu fermé (canalisation). Munie d'un organe de contrôle manuel ou motorisé, il permet de modifier l'ouverture ou l'orifice de passage de fluide et donc de sa pression et son débit. Les vannes utilisées dans la station sont :

I.6.5.1 Vanne proportionnelle :

Dans une vanne proportionnelle, ou bien vanne à régulation, le passage peut être modulé progressivement : elle permet une régulation précise des débits et des pressions en différents points du système.



Figure 1-5 : vanne proportionnelle

I.6.6 Capteur de température (PT 100) :

La sonde PT 100 est un capteur de température largement répandu dans le domaine industriel (agroalimentaire, chimie, raffinerie ... etc.).

La sonde à résistance de platines est constituée d'un filament de platines entourant une tige de verre ou de céramique dont la résistance varie en fonction de la température. Cette sonde est reliée à un transmetteur qui transforme la résistivité en une intensité de courant (signal normalisé 4-20 mA).[6]



Figure 1-6 : PT100

I.6.7 Capteur de niveau :

Il repose sur le principe du diapason. Un cristal piézo-électrique fait osciller le diapason à sa fréquence de résonance. Les variations de cette fréquence sont contrôlées en permanence. La fréquence du capteur à lames vibrantes varie en fonction du produit dans lequel il est immergé. Plus le liquide est dense, plus la fréquence est basse. Le capteur délivre un signal électrique tout ou rien à chaque changement de fréquence pour indiquer un contact ou l'absence de contact avec un fluide.[6]



Figure 1-7

I.6.8 Indicateur de pression :

Les indicateurs de pression (manomètres) sont des appareils de mesure de pression d'un fluide (gazeux ou liquide). On distingue plusieurs principes de fonctionnement dans les manomètres à déformation de solide à l'instar du manomètre monté sur les conduites. Le fonctionnement de ce type de manomètre repose sur la déformation d'un solide (membrane, capsule...etc) causée par la pression de fluide à mesurer. Ces appareils sont fabriqués de tel sorte qu'ils soient protégés contre les risques de surpression ou de dépassement d'échelle.



Figure 1-8 : Manomètre

I.7. Présentation de la station :

La station de refroidissement par glycol se compose de plusieurs parties décrites et représentées sur la figure suivante :

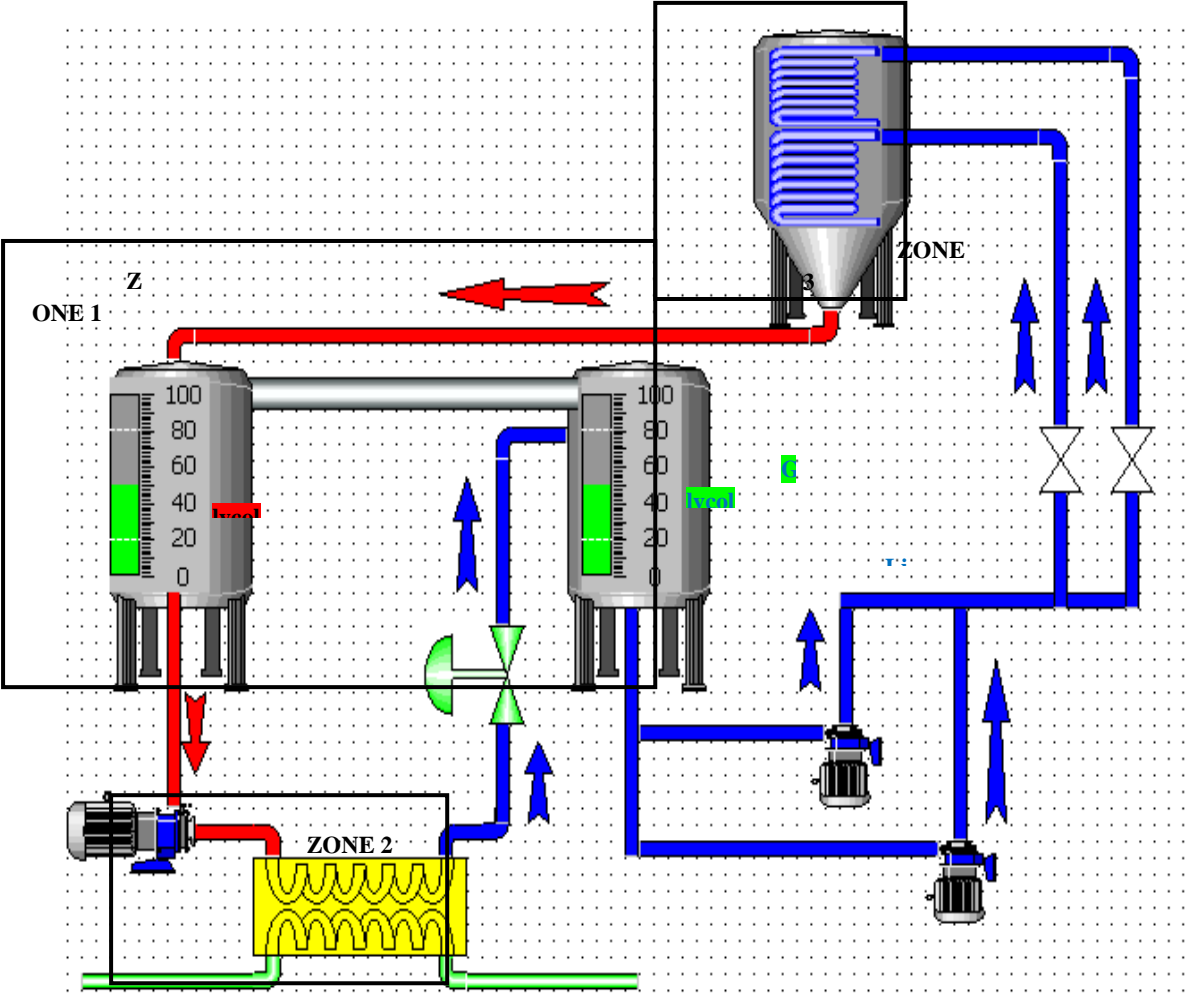


Figure 1-9 : schéma représentatif de la station de refroidissement

✓ **ZONE1** : stockage du glycol (froid et chaud) :

Elle est composée de 4 bacs de 4 m de hauteur (2 pour le glycol froid et 2 autres pour le glycol chaud). Reliés à plusieurs pompes de différents rôles comme celles de la distribution du glycol froid vers les réservoirs de fermentation ou celles de recirculation, désaération... etc.

✓ **ZONE2** : Refroidissement du glycol :

Le glycol parvenant de la zone de stockage (glycol chaud) passe dans l'un des deux circuits du refroidisseur. Le deuxième circuit sera réservé pour la circulation de l'ammoniaque. Cela permet un échange de température entre les deux fluides.

A la sortie du refroidisseur, on obtient du glycol froid qui sera envoyé vers les bacs de stockage de glycol froid, et de l'ammoniaque gazeux qui passe par un circuit de filtration et de compression pour le rendre liquide en vue d'une autre utilisation.

✓ **ZONE3** : Fermentation de la bière :

Cette zone est équipée de plusieurs réservoirs remplis de bière où se déroule l'opération de fermentation et de refroidissement. Le passage de glycol dans la conduite plongée dans les réservoirs provoque un échange de température entre la bière chaude et le glycol froid à travers la surface de la conduite.

I.8. Présentation du cahier des charges :

I.8.1 Fonctionnement de la station :

I.8.1.1 Fonctionnement avant les modifications :

L'opération de refroidissement se déroulait comme suit :

L'opérateur ouvre la vanne de la conduite qui injecte le glycol chaud dans le refroidisseur puis met en marche la pompe qui envoie le glycol chaud dans le refroidisseur. Une fois le glycol refroidi, il est envoyé vers les Bacs de stockage du glycol froid.

Dès que l'opérateur confirme la présence de la bière dans les réservoirs de fermentation, il ouvre les vannes des conduites qui mènent le glycol froid dans les réservoirs et allume les pompes qui envoient le glycol froid vers les réservoirs. Une fois que le glycol termine sa séquence, il est évacué vers les bacs de stockage du glycol chaud. Dès confirmation que la bière a atteint la température voulue, l'opérateur ferme toutes les vannes et éteint les pompes.

La pression instable dans la conduite injectant le glycol froid dans les réservoirs provoque des températures instables. Cela empêche le bon déroulement de la fermentation. C'est pour cela que nous avons apporté des modifications sur le système afin d'assurer un bon fonctionnement (pression stable).

1.8.1.1 Solution du problème :

Pour rendre le système automatique et convivial, on a proposé :

- L'automatisation de la station via un API.
- La centralisation de la commande.
- La supervision de la station.

1.8.1.2 Modifications proposées :

La solution proposée est accompagnée des modifications suivantes

- Commande de la vanne1 proportionnelle du refroidisseur.
- Commande des différentes pompes.
- Régulation de la pression dans les conduites menant le glycol froid vers les réservoirs de stockage de la boisson avec des variateurs de vitesse.
- réalisation d'un fonctionnement en intermittence entre les pompes (3/2, 6/7, 11/12).

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté et défini les différents éléments qui constituent la station de refroidissement et leurs fonctionnements. Puis on a subdivisé la station avant de décrire son fonctionnement. Cette étape est un pré-requis pour le chapitre suivant qui consiste à étudier et réaliser l'armoire électrique.

Chapitre II

II. Dimensionnement et réalisation de l'armoire électrique

II.1. Introduction :

Ce chapitre est dédié à la réalisation de l'armoire électrique, donc de ses composants qui sont reliés de façon à créer une interaction entre les capteurs, les différents actionneurs, pré-actionneurs et l'automate programmable.

Lors de l'automatisation d'un processus industriel, on procède au câblage de l'armoire électrique séparément du reste de l'installation.

II.2. Les étapes de réalisation d'une armoire électrique :

La réalisation d'une armoire électrique, passe par une succession d'étapes qui se résume comme suit :

- Collecte des informations de la station et traitement des données.
- Choix des organes de commande.
- Choix de l'alimentation stabilisée (AC/DC).
- Choix du démarrage des pompes.
- Dimensionnement des sections des conducteurs et des protections.
- Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.
- Choix de l'armoire.

II.3. Collecte d'information de la station de refroidissement :

La collecte des informations commence par le relever des plaques signalétiques des moteurs, de la nature des signaux des capteurs, du nombre des entrées/sorties.....etc.

De la station de refroidissement on a relevé les informations suivantes :

Les plaques signalétiques des différents moteurs de la station :

Tableau II-1

Nombre de Pompes	Pn en (kW)	In en (A) sous 400 V	$\eta(\%)$	$\cos\phi$
2	22	42	77	0.8
4	15	28.5	90	0.81
5	7.5	13.8	84.6	0.77
2	1.1	2.4	68.4	0.79

La nature des signaux à gérer logique ou analogique et le nombre d'entrées/sorties qui détermineront le type de l'armoire à utiliser. Ils sont comme suit :

- Entrées analogiques : 18 entrées.
- Sorties analogiques : 6 sorties.

- Entrées logiques : 36 entrées.
- Sorties logiques : 29 sorties.

II.4. Choix des organes de commande :

Les organes de commande forment un ensemble de composants (contacteur, API, pupitre...etc.) qui effectue le traitement de l'information. Il est destiné à coordonner la succession des actions sur la partie opérative et surveiller son bon fonctionnement. Il permet aussi de gérer le dialogue avec les intervenants ainsi que les autres systèmes.

Dans l'armoire on aura besoin de :

- Contacteurs pour la commande des pompes.
- Un automate programmable industriel (S7-300 et une CPU).
- Des variateurs de vitesse ALTIVAR 71.
- Des démarreurs progressifs.
- Des relais à fiches pour l'adaptation des tensions des bobines à 220V AC , et la protection des sorties de l'automate programmable industriel.
- Des boutons poussoirs, un sélecteur de mode de marche, un commutateur à clef (pour le verrouillage des paramètres) et des voyants.
- Des disjoncteurs moteurs, un disjoncteur principal, des portes fusibles, un relais de phase.
- Des borniers.

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

L'alimentation stabilisée (24V DC) est utilisée pour l'alimentation des organes de commande et les différents capteurs. Elle est choisie généralement à base de :

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

Le choix de l'alimentation stabilisée est basé sur la somme des consommations en courant, des éléments alimentés, avec la tension 24V DC.

La consommation en courant sous la tension 24V DC de tous les organes de commande est évalué à $I_{total}=8A$ Avec :

$$I_{sources}=I_{Total} * K_e \quad _1_$$

K_e étant le facteur d'extension et vaut 1,2(20% d'extension prévisible) donc :

$$I_{source} = 9,6A$$

De là on a choisi une alimentation stabilisée (380V AC/24V DC) qui délivre un courant de 10 A

II.6. Choix du démarrage des moteurs :

A la mise sous tension le moteur doit délivrer un couple supérieur à celui opposé par la machine entraînée, ce qui se traduit par un fort appel de courant engendrant des chutes de tensions supplémentaires dans les lignes ainsi que des contraintes thermiques sur le moteur.

Pour ces raisons, il faut parfois choisir un type de démarrage adéquat pour amener le courant pendant le démarrage à une valeur admissible et adapté au besoin du fonctionnement.

De nombreux modes de démarrage peuvent être appliqués aux moteurs asynchrones à savoir :

- Le démarrage direct.
- Le démarrage étoile-triangle.
- Le démarrage par autotransformateur.
- Le démarrage par élimination des résistances statorique ou rotorique.
- Le démarrage par variateur de fréquence.

Le choix d'un démarreur sera lié :

- Au type d'utilisation : souplesse au démarrage.
- A la nature de la charge à entraîner.
- Au type de moteur asynchrone.
- A la puissance de la machine.
- A la puissance de la ligne électrique.
- A la gamme de vitesse requise pour l'application.

Pour les moteurs de la station de refroidissement on a opté pour deux types de démarrage

II.6.1 Le démarrage direct :

Le moteur est branché directement sur le réseau. Ce type de démarrage est réservé aux moteurs de faible puissance ($p < 5\text{KW}$) devant celle du réseau ; il est appliqué aux pompes de 1,1KW, ne nécessitant pas une mise en vitesse progressive. Le couple est énergique, l'appel de courant est important. [7]

II.6.1.1 *Avantage:*

- Simplicité de l'appareillage.
- Couple important.
- Temps de démarrage minimal pour un moteur à cage.

II.6.1.2 *Inconvénient :*

- Appel de courant de démarrage très important ($I_d = 4 \text{ à } 8 I_n$).
- Démarrage brutal.

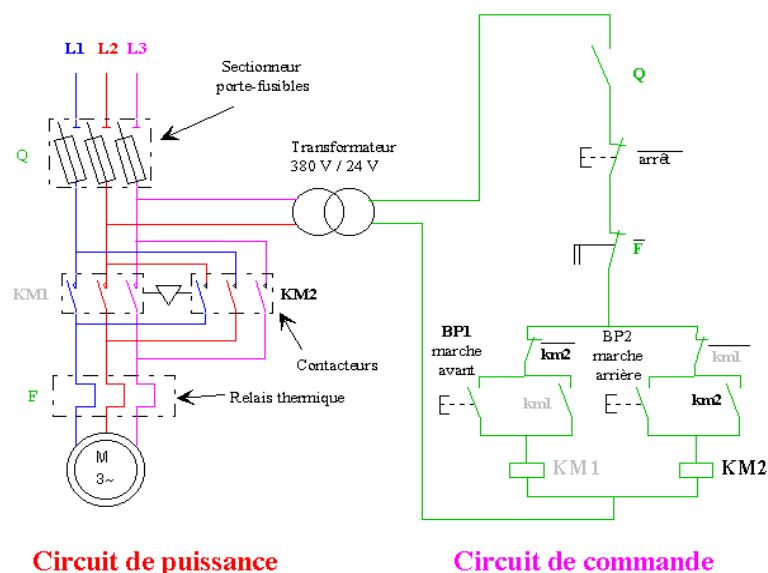


Figure II-1 : démarrage direct d'un moteur triphasé

II.6.2 Démarrage avec un démarreur progressif :

L'objectif de démarreur progressif est d'amener le moteur à son régime nominal le plus progressivement possible, ainsi que son arrêt. Ce type de démarrage est appliqué aux pompes (recirculation et désaération $p=7,5KW$).

II.6.3 Démarrage avec un variateur de vitesse :

II.6.3.1 Description :

L'objectif des variateurs de vitesse de type « convertisseurs de fréquence » est d'alimenter les moteurs asynchrones triphasés de manière à obtenir des caractéristiques de fonctionnement radicalement différentes de leur utilisation normale (moteurs alimentés en direct par la tension réseau), à amplitude et fréquence constantes. Dans la station, on a utilisé ce type de démarrage aux pompes qui injectent le glycol chaud dans le refroidisseur et celles qui envoient le GLYCOLE froid dans les réservoirs de fermentation.

II.6.3.2 Principe :

Il consiste à fournir au moteur une onde de tension à amplitude et fréquence variables, en maintenant le rapport tension / fréquence sensiblement constant. La génération de cette onde de tension est réalisée par un dispositif électronique de puissance. [8]

II.7. Logigramme du choix de la section des conducteurs et du dispositif de protection : [9]

Le logigramme de la Figure II-2 résume les étapes à suivre pour déterminer la section des conducteurs qui convient à chaque élément de la station.

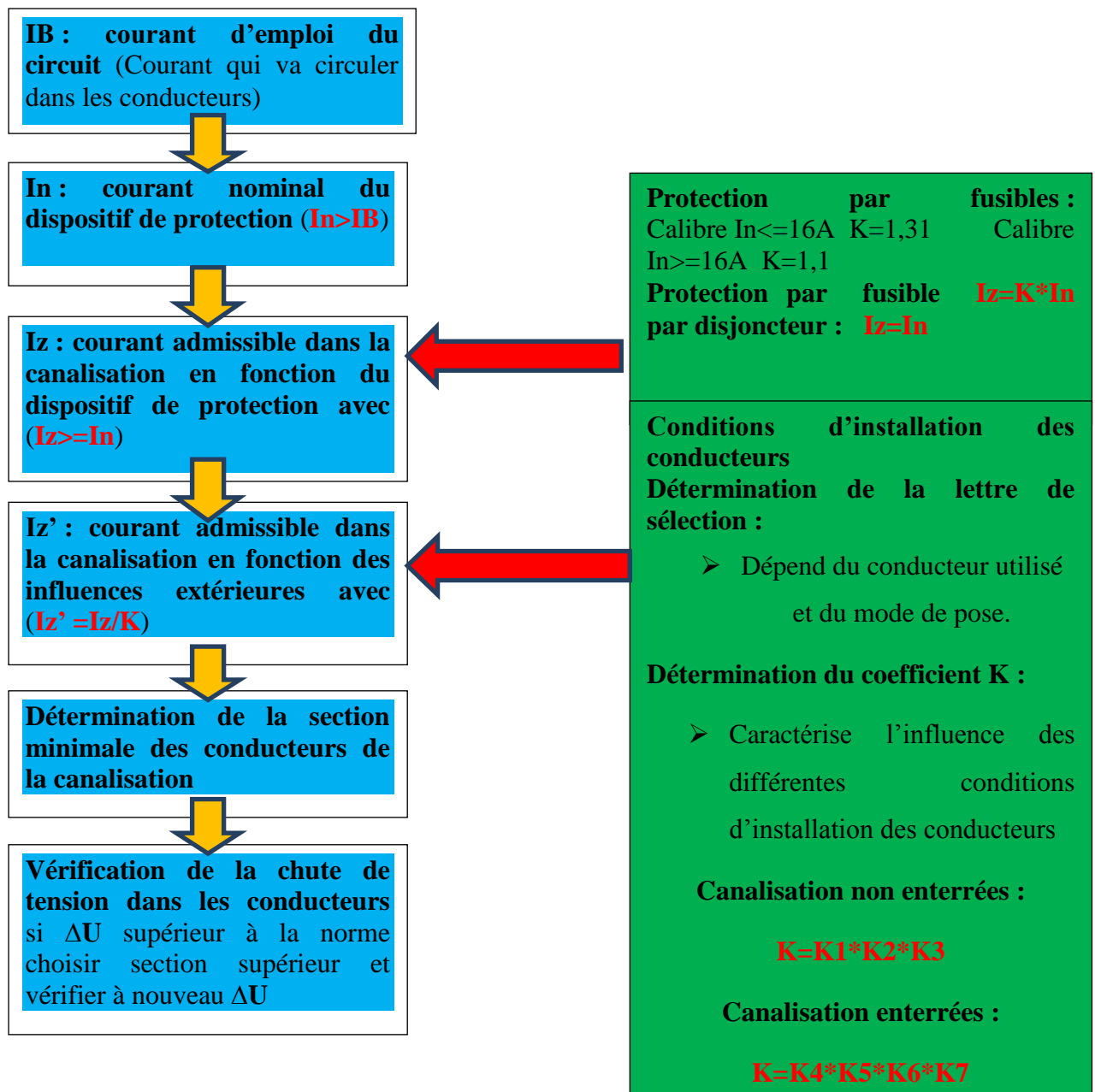


Figure II-2 : logigramme de choix de la section des conducteurs et des dispositifs de protection

II.8. Détermination des sections des conducteurs :

En se basant sur le logigramme de choix de la section des conducteurs et du dispositif de protection de la figure précédente, on procédera à la détermination des sections des conducteurs des canalisations des à base des puissances d'utilisation ou des courant maximaux absorbés.

On détermine le courant maximal d'emploi **IB** et on déduit le courant assigné I_r du dispositif de protection, auquel on appliquera des corrections selon des facteurs soit de type de protection ou de mode de pose et d'influence extérieure. On obtiendra un courant admissible

dans les différentes canalisations **Iz'**, auquel on associe le type d'isolation et la nature de la matière du conducteur pour déterminer les sections des conducteurs.

II.8.1 Calcul du courant d'emploi **IB** :

Le courant d'emploi **IB** est le courant véhiculé dans les circuits pour alimenter les différentes charges.

Dans le cas de l'alimentation individuelle d'une charge, le courant **IB** sera égal au courant assigné de la charge alimentée, par contre, si la canalisation alimente plusieurs appareils, le courant **IB** sera égal à la somme des courants absorbés, en tenant compte des facteurs d'utilisation et de simultanéité de l'installation.

La méthode de détermination du courant maximal d'emploi s'appuie sur la connaissance de la puissance de chaque circuit d'utilisation pour lequel sont attribués différents coefficients.

$$I_B = P_U * a * K_c * (K_S * K_U * K_e) \quad \underline{\underline{2}}$$

Avec :

Pu : puissance utile en (KW).

a : facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement.

Kc : facteur de conversion des puissances en intensités.

Ks : facteur d'utilisation des appareils.

Ku : facteur de simultanéité.

Ke : facteur tenant compte des prévisions d'extension.

II.8.2 Le facteur tenant compte de la puissance et du rendement (a) :

Le facteur (**a**) est calculé à base du rendement et le facteur de puissance du circuit considéré.

$$a = \frac{1}{\eta * \cos(\varphi)} \quad \underline{\underline{3}}$$

II.8.3 Le facteur de conversion des puissances en intensités(KC) :

Le facteur de conversion de la puissance en intensité est le courant absorbé par un récepteur de puissance 1KW en triphasé sous 400V et de $\cos(\varphi) = 1$.

$$P = \sqrt{3} U * I_b * \cos(\varphi) \quad \underline{\underline{4}}$$

Avec :

$$I_b = P / U * \sqrt{3} \quad *P = 1000 / 400 * \sqrt{3} = 1,44$$

De là **Ib = Kc = 1,44A**

Pour les différents réseaux d'alimentation on a les valeurs suivantes :

Tableau II-2

RESEAU	TENSION D'ALIMENTATION	Kc
Triphasé	400 V	1,44
Monophasé	230 V	4,3
	127 V	8

II.8.4 Le facteur d'utilisation des appareils (Ku) :

Dans une installation industrielle, les récepteurs ne sont jamais utilisés à pleine puissance alors on introduit un facteur d'utilisation (Ku) qui varie généralement entre 0,3 et 1.[9]

On prend :

Ku = 0,9 pour les moteurs.

Ku = 1 pour l'éclairage et le chauffage.

II.8.5 Le facteur de simultanéité (Ks) :

Dans une installation industrielle, les récepteurs alimentés par une même canalisation, ne fonctionnent pas toujours simultanément.

Pour tenir compte de ce phénomène qui reste lié aux conditions d'exploitation de l'installation, dans le dimensionnement des liaisons, on applique à la somme des puissances des récepteurs le facteur de simultanéité qui représente le rapport entre les charges maximales simultanées et les charges globales.

En l'absence d'indications précises résultantes de l'expérience d'exploitation, les valeurs du Tableau II-3 suivant peuvent être utilisées :

Tableau II-3

Utilisation	Le facteur de simultanéité (Ks)
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0,1 à 0,2 (pour nombre de prises > 20)

II.8.6 Le facteur tenant compte des prévisions d'extension (Ke) :

La valeur du facteur (**Ke**) doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation, il est au moins égale à 1.

A défaut de précision, la valeur 1,2 est souvent utilisée.[10]

II.8.7 Le courant assigné ou nominal du dispositif de protection (Ir) :

Le courant assigné d'emplois (**Ir**) ou I_n est la valeur maximale du courant ininterrompu que peut supporter un disjoncteur à une température ambiante précise en respectant les limites d'échauffement prescrites. On l'assimile souvent au courant thermique noté **Ith**.

Les déclencheurs amovibles sont en général réglables. On appelle alors courant de réglage (**Ir**) le courant maximal que peut supporter le disjoncteur sans déclenchement. C'est ce réglage qui permet d'assurer la protection contre les surcharges. Son choix doit satisfaire les deux règles suivantes :

II.8.8 La règle des courants :

Il faut que le dispositif de protection ne déclenche pas pour les courants d'intensité nominale, mais détecte les courants d'ordre supérieur. Il doit donc avoir un courant assigné (calibre ou réglage) tel que :

$$I_B \leq I_r \leq I_z \quad \underline{\quad 5 \quad}$$

II.8.9 La règle du temps de fonctionnement :

Les normes des produits de protection imposent aux constructeurs d'indiquer une grandeur I^2t qui doit respecter la règle suivante :

$$I^2t < I_z^2t * 1,45 \quad \underline{\quad 6 \quad}$$

Avec : **Iz** le courant admissible dans la canalisation en fonction du dispositif de protection choisi.

Comme le montre le logigramme de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, le courant admissible dans la canalisation dépend du type de protection appliqué au circuit considéré, qui peut être soit :

II.8.9.1 Par fusible

La valeur du courant admissible est obtenue par la multiplication du courant de réglage par des coefficients standards déterminés selon I_r comme suit :

$$I_z = K * I_r \quad \underline{\quad 7 \quad} \quad \text{avec : } \left\{ \begin{array}{l} K=1,3 \quad \text{si } I_r < 10 \text{ A} \\ K=1,21 \quad \text{si } 10 < I_r < 25 \text{ A} \\ K= 1,1 \quad \text{si } I_r > 25 \text{ A} \end{array} \right.$$

II.8.9.2 Par disjoncteur :

Dans ce cas le coefficient standard est égal à 1 :

$$I_z = I_r$$

II.8.10 Le courant admissible en fonction des influences extérieures I_z' :

Le courant admissible dans la canalisation en fonction des influences extérieures représente le courant admissible dans la canalisation adapté aux contraintes caractérisant l'influence des différentes conditions d'installations sur les protections des circuits électriques.

Dans les circuits non enterrés et protégés par des disjoncteurs, on distingue trois coefficients qui reflètent l'influence des conditions d'installation à savoir :

$$K = K_1 * K_2 * K_3 \quad \underline{\underline{8}}$$

Avec :

- **K1** : facteur qui prend en compte le mode de pose.
- **K2** : le facteur qui prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte.
- **K3** : le facteur qui prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.

Mais avant de désigner la valeur que prendra chaque facteur, on doit choisir une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose, le Tableau II-4 énumère quelques cas qui sont les plus rencontrés dans le domaine industriel. [10]

Tableau II-4

Type de conducteurs	Mode de pose	lettre
Conducteurs et câbles multiconducteurs	Sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré	B
	Sous vides de construction, faux plafond.	
	Sous caniveau, moulures, plinthe, chambranles.	
	En apparent contre mur ou plafond.	C
	Sur chemin de câbles ou tablettes non perforées.	
Câbles multiconducteurs	Sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé.	E
	Fixés en apparent, espacés de la paroi.	
	Câbles suspendus.	
Câbles mono conducteurs	Sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé.	F
	Fixés en apparent, espacés de la paroi.	
	Câbles suspendus.	

Pour le dimensionnement des sections des conducteurs on choisira le type de conducteurs qui est le premier choix du tableau précédent c.à.d. (conducteurs câbles multiconducteurs) et pour le mode de pose on choisira (sous conduit, profilé) ou (goulotte, en apparent ou encastré) pour les conducteurs à l'intérieur de l'armoire qui correspond à la lettre de sélection (B).[9]

II.8.10.1 Mode de pose K1 :

Selon le mode de pose des conducteurs et leur isolation, on détermine le facteur K1 du Tableau II-5 . Mais à défaut de précision on peut prendre **K1** égale à 1 ce qui est le cas.

Tableau II-5

Lettre	Cas d'installation	K1
B, C	Câbles dans profilés encastrés directement dans matériaux thermiquement isolants	0,79
	Conduit encastré dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	Câbles multiconducteurs	0,90
	Vides de construction et caniveaux	0,95
C	Pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	Autres cas	1,00

II.8.10.2 Influence des circuits placés côte à côte :

Dans une armoire électrique, de plus que la mise en évidence de ce facteur, on essaie toujours de séparer le câblage des circuits de la commande de ceux de la puissance, afin de limiter l'influence des courants transportés dans les conducteurs les uns contre les autres.

Le Tableau II-6 résume les valeurs prises par le facteur K2 qui tient compte des circuits placés à côté du circuit en question.

Tableau II-6

Lettre	Disposition des câbles jointifs	Nombre de circuit ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	Encastrés ou noyés dans parois	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38
C	Simple couche sur murs ou planchers ou tablettes non perforées	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	0,7		
	Simple couche ou plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	Simple couche sur tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1	0,88	,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	Simple couche sur échelles ou corbeaux	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

II.8.10.3 Influence de la température et de la nature de l'isolant:

Le Tableau II-7 donne le facteur K3 qui rend compte de l'influence de la température et la nature de l'isolant utilisé pour les conducteurs.

Tableau II-7

Température ambiante (c°)	Isolation		
	Caoutchouc	PVC	Polyéthylène réticulé
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55		0,61	0,76
60		0,5	0,71

On supposera que la température peut atteindre 50C° avec la ventilation qui sera dimensionnée ultérieurement. L'isolation des conducteurs est en caoutchouc excepté celle des câbles qui est en PVC.

Alors $K_3=0,71$

Après avoir déterminé les facteurs K_1 , K_2 , K_3 qui tiennent compte des différentes influences sur les conducteurs on obtient le facteur K et on calcule le courant admissible dans la canalisation en fonction des influences extérieures I_z' .

Avec :

$$I_z' = I_z / K \quad \underline{\quad 9 \quad}$$

En tenant compte du courant I_z' , la lettre de sélection, la nature de l'isolation, la matière des conducteurs ainsi que le nombre des conducteurs chargés, on détermine les sections des conducteurs exactes ou approchées grâce à un tableau standard utilisé dans le domaine industriel qui est le suivant :[9]

Tableau II-8

Lettre de sélection	Isolant et nombre des conducteurs chargés								
	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
Section (mm ²) CUIVRE									
15	15.5	17.5	18.5	19.5	22	23	24	26	
2.5	21	24	25	27	30	3	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254

Le Tableau II-9 suivant résume le calcul des sections des conducteurs.

Tableau II-9

	2 Pompes	4 Pompes	5 pompes	2 pompes	Prise et néon	Alimentation API et ces modules
Pn(kw)	22 kw	15 kw	7.5 kw	1.1 kw	3.5	
A	1.62	1.37	1.53	1.85		
Iabs	42	28.5	13.8	2.4	16	
IB(A)	55.42	31.95	18.32	3.16	15.8	
Ir(A)	56	33	19	4	16	
Type de protection	Disj	Disj	Disj	Disj	disj	Fusible
I _z (A)	56	33	19	4	16	
I ₂	<81.2	<47.85	<81.2	<27.55	<5.8	
K1	1	1	1	1	1	
K2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
K3	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	
K	0.497	0.497	0.497	0.497	0.497	
I _z '(A)	112.67	66.39	38.22	8.04	35.79	
S _{min} (mm ²)	25	16	6	1.5	4	0.75

IB totale= (55.42*2+31.95*4+18.32*5+3.16*2+15.8)=352.36A

Donc : Ir total =353A, I_z'total=710.26A, S=150mm²

Tel que : Ir_{total} courant de réglage du disjoncteur principal, et S la section des câbles du disjoncteur principal.

Remarque :

Pour les circuits de commande on utilisera une section de 1mm² et des fusibles de 1A.

II.9. Choix et dimensionnement des protections :

Toutes les installations des limites de fonctionnement. Dépasser celles-ci conduit plus ou moins à leurs destruction, avec pour conséquences immédiates des arrêts et des pertes d'exploitation.

Le type de récepteur qui transforme une énergie électrique en énergie mécanique peut être le siège d'incidents d'origine électrique ou mécanique comme :

- Surtension, chute de tension, déséquilibre et perte de phases qui provoquent des variations sur le courant absorbé.
- Court-circuit dont le courant peut atteindre des niveaux destructeurs pour le récepteur.
- Calage de rotor, surcharge momentanée ou prolongée qui entraînent une augmentation du courant absorbé par le moteur, d'où un échauffement dangereux pour le bobinage.

Le coût de ces incidents peut être élevé. Il doit prendre en compte les pertes de production, les pertes de matière première, la remise en l'état de l'outil de production, la mauvaise qualité de la production, les retards de livraison et autres.

Ces incidents peuvent avoir également des conséquences dramatiques sur la sécurité des personnes en contact direct ou indirect avec les moteurs. Pour s'affranchir de ces incidents ou du moins limiter leurs conséquences et éviter qu'ils n'entraînent la détérioration du matériel ainsi que les perturbations sur le réseau d'alimentation, l'utilisation de protections est nécessaire. Elles permettent d'isoler du réseau le matériel protégé en actionnant un organe de coupure par détection et mesure des variations de grandeurs électriques (tension, courant...etc.).

Le dimensionnement des différentes protections est indispensables afin d'assurer au maximum possible la protection des organes internes et externes de l'armoire ainsi que les personnes intervenant sur l'armoire à savoir :

- La protection contre les courts-circuits.
- La protection contre les surcharges.
- La protection des personnes.[12]

II.9.1 La protection contre les courts-circuits :

Un court-circuit est défini comme la liaison accidentelle entre deux points (au moins) ayant des potentiels différents, il s'ensuit généralement un arc électrique si la différence de potentiel est supérieure à une dizaine de volts.

Les causes sont la plupart du temps accidentelles : inattention, câblage non testé, fausse manœuvre. Elles peuvent aussi découler d'autres défauts non traités : surcharge, isolement défectueux.

Pour que la protection contre les courants des courts-circuits soit assurée, les dispositifs de protection appliqués (soit des fusibles ou des disjoncteurs) doivent satisfaire les conditions du Tableau II-10. [10]

Tableau II-10

Protection par fusibles	Protection par disjoncteurs
Le pouvoir de coupure (pdc) des fusibles doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit triphasé (icc) susceptible de se produire juste en dessous d'eux. $Pdc_{fusible} \geq I_{ccmax}$	Le pouvoir de coupure (Pdc) d'un disjoncteur doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit triphasé I_{cc} susceptible de se produire juste en dessous de lui. $Pdc_{disjoncteur} \geq I_{ccmax}$
Le (ou les fusibles) doit fondre pour une valeur minimum de courant de court-circuit, c'est-à-dire pour un défaut franc situé en bout de ligne et dans un temps inférieur à 5secondes	Le disjoncteur doit déclencher pour une valeur minimum de courant de court-circuit, c'est-à-dire pour un défaut franc situé en bout de ligne. $I_{mag} < I_{ccmin}$
I_{f5s} = courant de fusion pour un temps de 5 secondes	I_{mag} =courant de réglage du déclencheur magnétique

A cet effet on procédera d'abord à la détermination des courants des courts-circuits maximums qui peuvent avoir lieu dans les circuits nécessitant une protection suivant le logigramme de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et suivant la norme NF C 15-500, afin de déterminer le pouvoir de coupure des dispositifs de protection qui n'est que l'intensité maximum du courant de court-circuit coupée par le dispositif sans se détériorer et sans mettre en danger l'entourage.

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

$$I_{cc \max} = \frac{m \cdot c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \text{ (KA)} \quad \text{_10_}$$

$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ en (mΩ) la somme des résistances situées en amont de ce point.

$X_t = X_1 + X_2 + X_3 + \dots$ en (mΩ) la somme des réactances situées en amont de ce point.

Tel que :

U : la tension du réseau utilisé.

m : facteur de charge à vide qui est égal à 1.05.

C : facteur de tension qui est égal à 1.05.

II.9.1.1 Détermination des résistances et des réactances d'une installation :

Pour la détermination des résistances des fils utilisés on utilise les lois suivantes :

$$R = \rho L / S \text{ (m}\Omega\text{)} \quad \text{_11_}$$

Tel que :

ρ : résistivité du cuivre qui est égale à 0.027($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L : la longueur du fil en (m).

S : la section du fil en (mm^2).

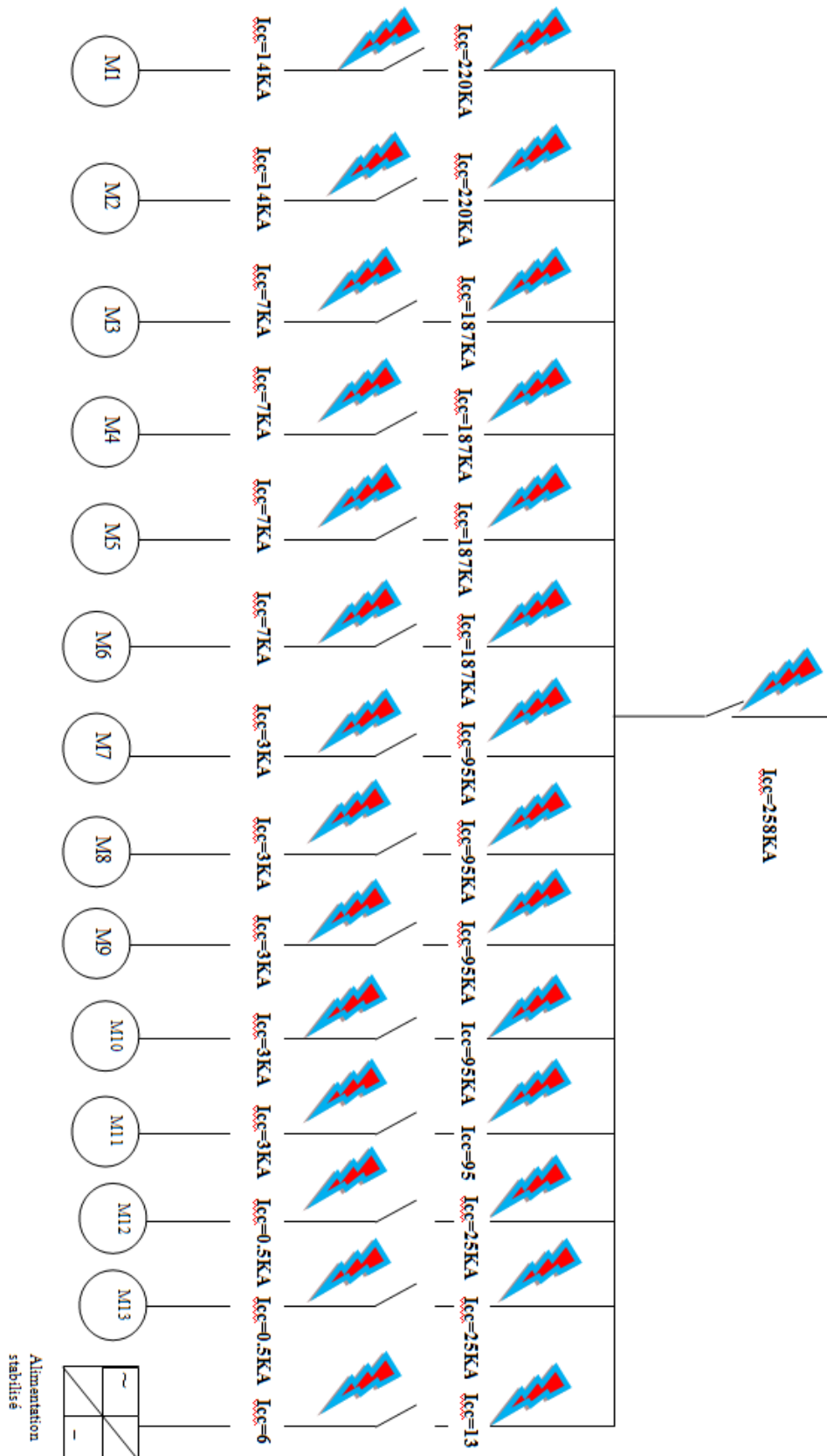
Le tableau suivant énumère les formules utilisées par cette méthode dans la détermination des résistances et réactances des parties d'une installation électrique d'une manière générale.

Tableau II-11

Parties de l'installation	Résistances en (m Ω)	Réactances en (m Ω)
Réseau amont	$R=0.1*Zq$	$X=0.995*Zq$ Avec : $Zq = \frac{(m*Un)^2}{SKQ}$ Zq : puissance du court-circuit dans un réseau HT en kVA
Liaisons		
Câble	$R = \rho \frac{L}{S}$	$X=0.09*L$ câble uni jointifs $X=0.13*L$ câble uni espacés
Jeu de barres ou répartiteur	$R = \rho \frac{L}{S}$	$X=0.15*L$
Disjoncteurs		
Rapide ou sélectif	R négligeable	X négligeable

Pour le coffret électrique de la station de refroidissement et après avoir calculé les différentes résistances des lignes, on a calculé les courants des courts-circuits susceptibles de se produire au niveau des différents points de l'armoire.

évaluation des courants de courts-circuits



II.9.2 La sélectivité :

La sélectivité est la coordination des dispositifs de protection pour qu'un défaut survenant en un point quelconque du réseau soit éliminé par le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut. On peut distinguer principalement deux types de sélectivité :

II.9.2.1 Sélectivité totale :

La sélectivité est dite totale entre deux disjoncteurs lorsque, en présence de deux dispositifs de protection à un maximum de courant placés en série, le dispositif aval assure la protection sans provoquer le fonctionnement du dispositif amont Figure II-3.

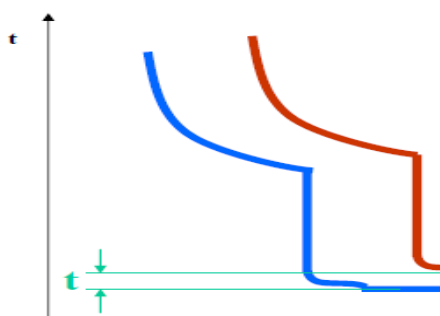


Figure II-3 : Sélectivité totale

II.9.2.2 Sélectivité partielle :

La sélectivité est dite partielle entre deux disjoncteurs lorsque, en présence de deux dispositifs de protection à un maximum de courant placés en série, le dispositif aval assure la protection jusqu'un niveau donné sans provoquer le fonctionnement du dispositif amont. [13] Au-delà les deux dispositifs réagissent simultanément. Figure II-4

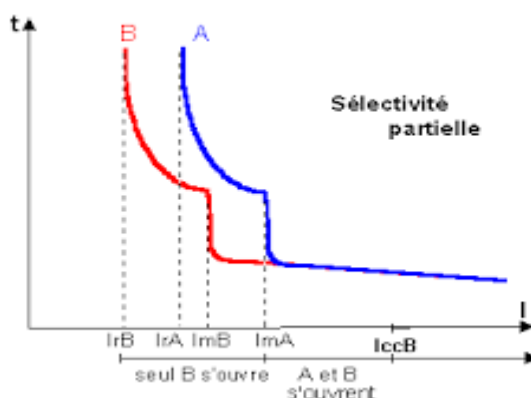


Figure II-4 : Sélectivité partielle

II.9.3 La courbe de fonctionnement :

La norme des protections exige le choix de la courbe de fonctionnement des disjoncteurs (A, B, C, D) à base du type de récepteur et de la ligne à protéger.

On a choisi des disjoncteurs de courbe (C) pour la protection des moteurs car ils couvrent la majorité des besoins des récepteurs et leurs déclenchements magnétiques sont relativement bas (entre $5\text{ à }10I_n$). Pour les autres circuits on a choisi des disjoncteurs de courbe (B) car leurs déclenchements magnétiques sont (entre $3\text{ à }5I_n$) et permettent d'éliminer les courts-circuits de faibles valeurs.[14]

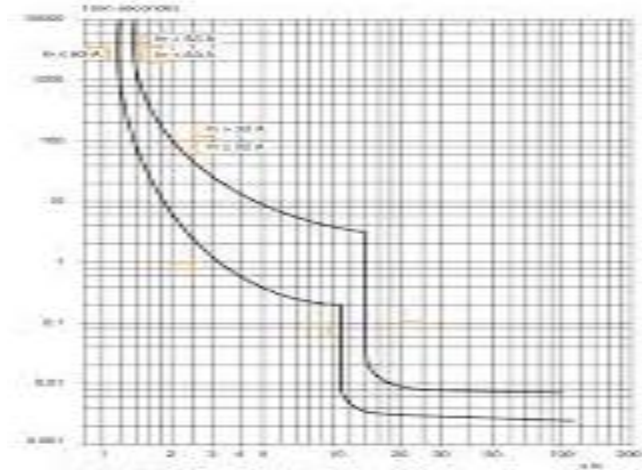


Figure II-5 : Les courbes de protection B et C

II.9.4 La protection des personnes :

La protection des personnes est primordiale dans toutes les installations électriques alimentés par une source d'énergie électrique capable de générer une tension U_c , supérieure ou égale à la tension limite U_L qui peut présenter un risque potentiel pour l'utilisateur ($U_L=50V$ pour les locaux secs ou humides, $U_L=25V$ pour les locaux mouillés.)

Le corps humain peut, en cas de contact accidentel avec une pièce sous tension, être assimilé à un récepteur qui va laisser passer un courant. Celui-ci engendre des conséquences proportionnelles à la valeur du courant circulant dans l'organisme et qui dépendent du temps de contact. Figure II-6

Les différentes études sur la protection des personnes ont affiné le risque qui se traduit, pour un signal à 50 Hz, par le tableau suivant :

Tableau II-12

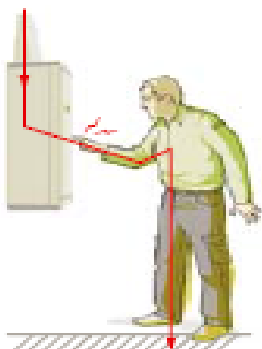


Figure II-6

Tension de contact présumée	Temps de coupure max du dispositif de protection en (s)	
	Courant alternatif	Courant continu
Locaux ou emplacements secs ou humides : $U_I \leq 50V$		
<50	5	5
50	5	5
75	0.6	5
90	0.45	5
120	0.34	5
150	0.27	1
220	0.17	0.4
280	0.12	0.3
350	0.08	0.2
500	0.04	0.1
25	5	5
Locaux ou emplacements mouillés : $U_I \leq 25V$		
50	0.48	5
75	0.3	2
90	0.25	0.8
110	.18	0.5
150	0.1	0.25
220	0.05	0.06
280	0.02	0.02

Pour assurer la protection des personnes, des dispositifs de protection sûrs ont été conçus, grâce à l'analyse rigoureuse des risques et des conséquences de défaillance matérielle ou de mauvaise utilisation. Parmi ces dispositifs, les protections différentielles et les protections contre les surintensités du courant électrique selon le schéma de liaison à la terre (régime des neutres TT, IT, TNC, et TNS).

La station de refroidissement utilise le schéma de liaison a la terre TNC (neutre et conducteur de protection confondus en un seul conducteur appelé PEN), on aura besoin d'un dispositif de protection contre les courts-circuits. Figure II-7

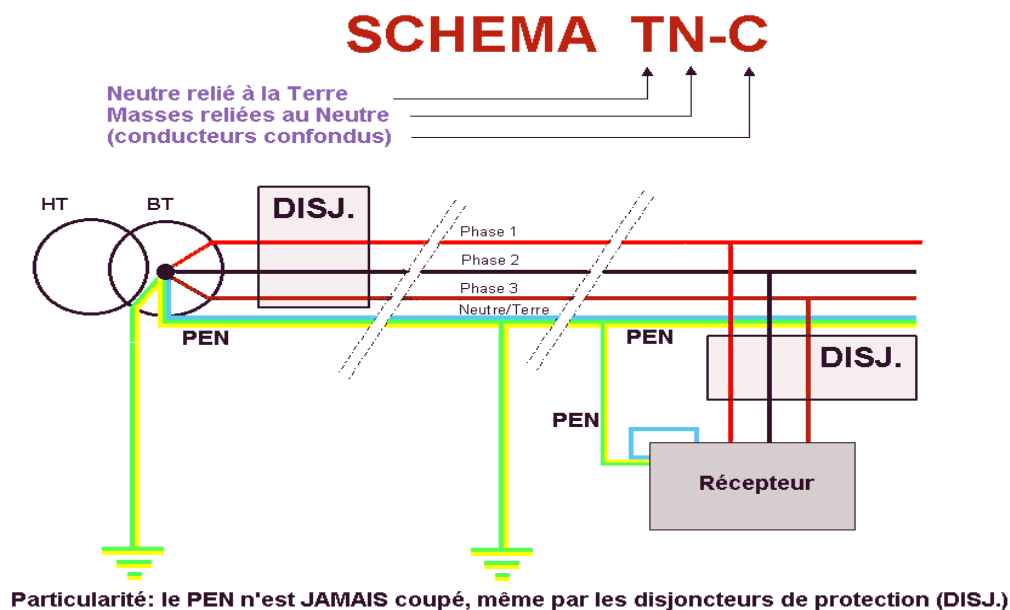


Figure II-7 : mise au neutre TNC

II.9.4.1 Règle du temps de coupure :

Cette règle permet d'assurer que le dispositif de protection déclenche dans un temps compatible avec la contrainte thermique des composants à protéger (câbles).

$$\sqrt{t} < \frac{k.S}{I} \quad _12_$$

Le produit k.S (contrainte thermique) et I sont des caractéristiques du circuit à protéger.

II.9.4.2 Règle du pouvoir de coupure :

Cette règle assure que le dispositif de coupure sera encore en état de fonctionner après avoir éliminé le court-circuit. Il faut donc que son pouvoir de coupure (I_{cu}) soit plus grand que les courants des courts-circuits apparaissant sur le circuit qu'il est censé protéger.[15]

II.9.4.3 Technique de protection :

Elle nécessite :

- Une interconnexion à une mise à la terre des masses et des neutres impératifs.
- Une coupure au premier défaut par une protection de surintensité (disjoncteur ou fusible).

II.9.5 Principales caractéristiques du régime TNC :

- Une économie à l'installation (suppression d'un conducteur).
- La nécessité d'un personnel d'entretien très compétent.
- La nécessité d'un contrôle périodique de la continuité du conducteur de protection.
- La nécessité des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation.
- La nécessité d'une vérification obligatoire des déclenchements au premier défaut.
- L'augmentation des risques d'incendie de fait des forts courants de défauts.

II.10. Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire :

Lorsque l'étude du dimensionnement des conducteurs, protections ou autres éléments qui peuvent faire partie de l'armoire comme l'éclairage, la ventilation...etc. est terminée, on passe à la réalisation du schéma de l'armoire en respectant les normes internationales de traçage par ordinateur à l'aide du logiciel « WinCC flexible Runtime Loader.Ink » avec quoi on peut tracer les différents circuits :

- Circuit de puissance.
- Circuit de commande.
- Circuit de signalisation.

Il y a trois règles importantes à respecter au niveau de la réalisation d'une armoire :

- Respecter la couleur des fils et leurs sections afin de reconnaître la nature de la tension qui circule (alternative, continue, 24V, 230V, 400V...).
- Respecter le repérage des fils et des appareils électriques afin de mieux se situer sur le schéma électrique.
- Respecter l'implantation des appareils électriques dans l'armoire (partie commande à gauche séparée de la partie puissance à droite).

Le respect de ces trois règles permet de faciliter la maintenance une meilleure compréhension de l'installation.

Les schémas de câblage électriques de l'armoire sont illustrés dans les dernières pages de l'annexe.

II.10.1 Le choix de l'armoire :

Le choix de la taille de l'armoire commence par l'analyse complète du schéma électrique pour déterminer le nombre exact d'appareils électriques à y installer et leurs encombrements afin de procéder à une bonne disposition de ceux-ci. 30% , au moins, de volume vide est préconisé.

Les armoires les plus utilisées sont de dimensions standards suivantes :

- 500*400*250
- 500*400*250
- 700*500*250
- 800*700*300
- 900*300*700
- 1200*800*300
- 1600*800*300
- 200*1200*600
- P6 :2000*800*400
- 2P6 :2000*1600*400
- 3P6 :2000*2400*400

Après estimation de la taille qui sera occupée par les différents organes et évaluation des espaces entre les différents blocs de l'armoire on a choisi un coffret de :

$$(H*L*P) = (2000*2400*400) \text{ mm}^3 \quad \text{_14_}$$

II.10.2 Le choix de ventilation :

Le choix de la ventilation est basé sur le calcul du débit nécessaire pour l'évacuation de l'air chaud de l'armoire vers le milieu extérieur.

Le débit est calculé à partir de la formule suivante :

$$D = 3,1(P/\Delta t - K*S) \quad \text{_15_}$$

Avec :

P : puissance à dissiper dans l'enveloppe (W) ;

Δt : l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'armoire ;

S : surface extérieure de l'armoire ;

K : coefficient de tôle ($K = 5.5 \text{ w/m}^2/\text{°C}$) tôle peinte.

Le Tableau II-13 donne l'estimation des puissances dissipées :

Tableau II-13

Organes	Dissipation (w)	Nombre	Dissipation totale(w)
Jeux de barre	45	1	45
Contacteurs <10kw	3/pole	9	81
Disjoncteurs <100A	30	17	510
Démarreur progressif	(1- η)*puissance 0.06*7500	4	1800
Relais à fiche	7	11	77
API	(1- η)*puissance 0.12*48	1	5.76
Fusible gG<10A	3	3	18
Disjoncteur 400A	19	1	19
Variateur de vitesse 22 KW	477	2	954
Variateur de vitesse 18KW	269	2	538
Variateur de vitesse 7.5KW	180	1	180
			4227

La température à l'intérieure de l'armoire doit être inférieure à 50°C(elle sera fixée à 45 °C) et la température extérieure peut atteindre 35°C.

Donc :

$$\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$$

$$S = 13.12\text{m}^2$$

$$K = 5.5\text{w/m}^2/^{\circ}\text{C}$$

$$P = 4227$$

D'où :

$$D=3.1\left(\frac{4227}{10}-5.5*13.12\right) \quad _16_$$

$$D=1086\text{m}^3/\text{h}$$

Après avoir calculé D, on choisit un ventilateur de 1500 m³/h

CONCLUSION :

Dans ce chapitre, on a dimensionné les sections des différentes canalisations permettant au courant d'y circuler normalement sans y provoquer des échauffements excessifs, et calculé les courants des courts-circuits qui peuvent survenir sur les différents points de l'armoire électrique, d'où le choix des protections.

Chapitre III

III. Description de l'API et programmation à base d'un automate S7-300

III.1. Introduction :

L'étude d'un système automatisé de production passe d'abord par une subdivision de ce dernier en parties. Ces différentes parties sont présentées dans ce qui suit :

III.2. Description d'un Système Automatisé de Production (SAP) :

III.2.1 Définition :

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire, en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité et ce pour un coût plus faible. Un système automatisé est un ensemble d'éléments organisés en interactions, dans un but précis : agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée. [16]

III.2.2 Structure d'un système automatisé de production :

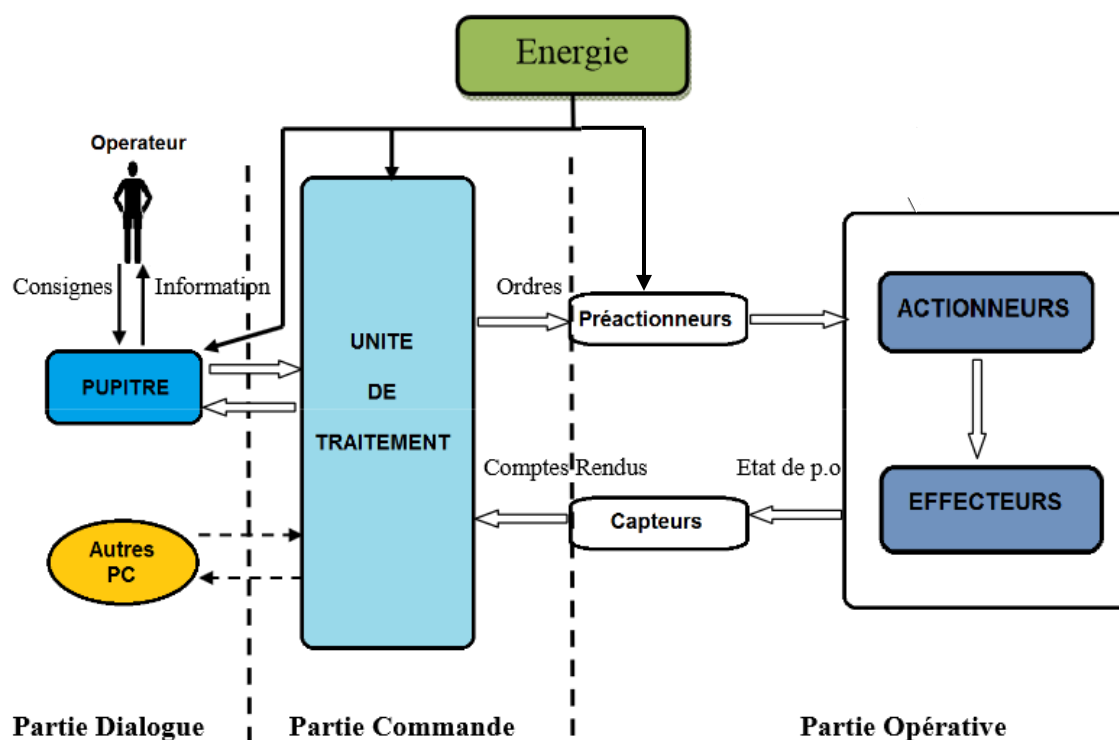


Figure III-1 : Architecture de système automatisé de production

Tout système automatisé comporte :

- Une partie opérative (PO).
- Une partie commande (PC).
- Une partie dialogue.

III.2.3 La partie opérative :

La partie opérative est appelée également partie puissance, cette dernière est la partie visible du système (corps) permettant de transformer la matière d'œuvre entrante. Elle est composée d'éléments mécaniques, d'actionneurs (vérins, moteurs), de pré-actionneurs (distributeurs et contacteurs) et des éléments de mesure et de détection (capteurs, détecteurs).

III.2.3.1 Constituants de la partie opérative :

- La fonction d'une unité de production est de transformer une matière d'œuvre ;
- Les actionneurs transforment l'énergie pneumatique, électrique, hydraulique;
- Les capteurs mesurent à partir d'informations de natures diverses (déplacement, température...etc.), des informations utilisables par la partie commande.

III.2.4 Partie commande :

Elle est constituée d'un automatisme qui élabore les ordres destinés au processus à partir d'un ensemble d'informations prélevées sur la partie opérative et la partie dialogue afin d'obtenir les actions souhaitées.

III.2.4.1 Constitution de la partie commande :

La partie commande est constituée des interfaces d'entrées et de sorties et de l'unité de traitement.

- Les interfaces d'entrée transforment les informations issues des capteurs et des détecteurs placés sur la partie opérative ou dans la partie dialogue en informations de nature et d'amplitude compatibles avec les caractéristiques technologiques de l'automate ;
- Les interfaces de sortie transforment les informations élaborées par l'unité de traitement en informations de nature et d'amplitude compatibles avec les caractéristiques technologiques des pré-actionneurs d'une part, des visualisations et avertisseurs d'autre part ;
- L'unité de traitement élabore les ordres destinés aux actionneurs en fonction des informations reçues des différents capteurs et du fonctionnement à réaliser.

III.2.5 La partie dialogue :

La partie dialogue (pupitre) permet la communication entre l'unité de production (partie commande) et l'homme. Elle donne la possibilité de :

- Superviser le processus de production.
- Gérer la production .
- Suivre la production en quantité et qualité.
- Faciliter la maintenance en apportant une aide au diagnostic.

III.2.5.1 Constituant de la partie dialogue :

- Les visualisations et avertisseurs transforment les informations fournies par l'automate en informations perceptibles par l'homme (informations optiques ou sonores) ;
- Les interfaces de communication transforment les informations fournies par l'homme (action manuelle sur un bouton-poussoir ou écrans tactiles) en informations exploitables par l'automate.

III.3. Objectifs d'automatisation d'un système de production :

Parmi les objectifs de l'automatisation d'un système industriel, on peut citer les points ci-dessous [16] :

- La recherche de coûts plus bas par réduction des frais de main-d'œuvre, d'économie de matière, d'économie d'énergie, etc..
- La suppression des travaux dangereux ou pénibles et l'amélioration des conditions de travail.
- La réalisation d'opérations impossibles à contrôler manuellement.

III.4. Réseaux d'automate :

III.4.1 Définition :

Les réseaux industriels sont désormais incontournables dans le monde de l'automatisme pour bien exploiter une installation. Ils apportent une grande souplesse aux systèmes de contrôle (commande), diminuent les coûts de câblage et offrent des possibilités nouvelles pour le contrôle et la supervision des installations, tant pour les équipes d'exploitation que de maintenance, de production ou de gestion. [4]

III.4.2 Bus de terrain :

Les bus de terrain sont les réseaux qui permettent de communiquer avec les équipements de terrain (capteurs, actionneurs, automates programmables, terminaux opérateurs, applications de supervision de procédé). La définition la plus vaste des bus de

terrain fait référence à n'importe quel bus d'automatisme installé dans un atelier pour raccorder des organes de détection et des organes de commande au procédé. Les bus de terrain les plus utilisés sont : Profibus, Ethernet etc. [4]

III.4.3 Les protocoles de communication :

Les protocoles servent à interfacer les échanges de flux de données de façon standard et formelle. Certains de ces protocoles n'utilisent pas de support de transmission spécifique ni la manière de véhiculer les informations.

Les protocoles tendent à répondre à des contraintes particulières tout en bénéficiant de supports adaptés pour acheminer les données. Certains de ces protocoles peuvent être utilisés tels quels en étant encapsulés dans les protocoles d'autres réseaux. D'autres protocoles peuvent utiliser diverses et différentes architectures réseau pour acheminer l'information.

III.5. Types de commande SAP :

III.5.1 Commande centralisée :

Un système de commande centralisée peut être défini comme un système informatique qui permet la programmation, le contrôle et la gestion d'un système à partir d'un seul endroit.

Les automatismes centralisés génèrent de nombreuses contraintes:

- Aucune autonomie des différents sous-ensembles.
- Mise en service et maintenance lourdes et difficiles du fait de la quantité d'E/S gérée.
- Arrêt de l'ensemble des fonctions gérées par l'API en cas de défaillance de ce dernier ou d'arrêt pour la maintenance du moindre élément de l'outil de production.

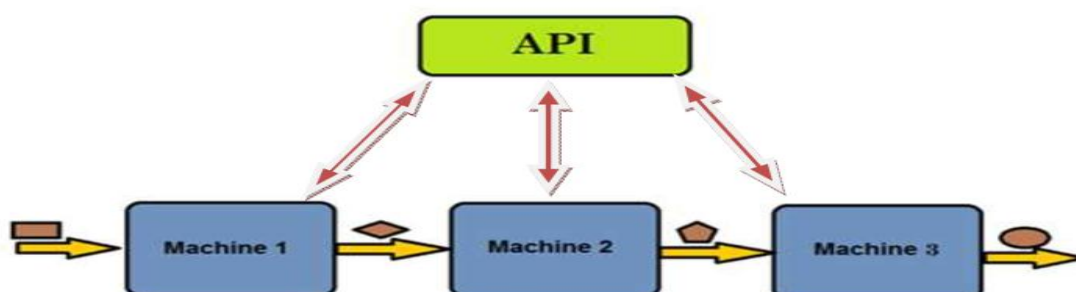


Figure III-2 : Architecture d'une commande centralisée

III.5.2 Commande décentralisée :

Du fait des contraintes imposées par les systèmes centralisés, les utilisateurs se sont orientés vers une segmentation et hiérarchisation de l'architecture de l'automatisme en entités fonctionnelles inter communicantes.

Elle permet de simplifier les automatismes en réduisant le nombre d'E/S géré et présente donc l'avantage de faciliter la mise en service et la maintenance.

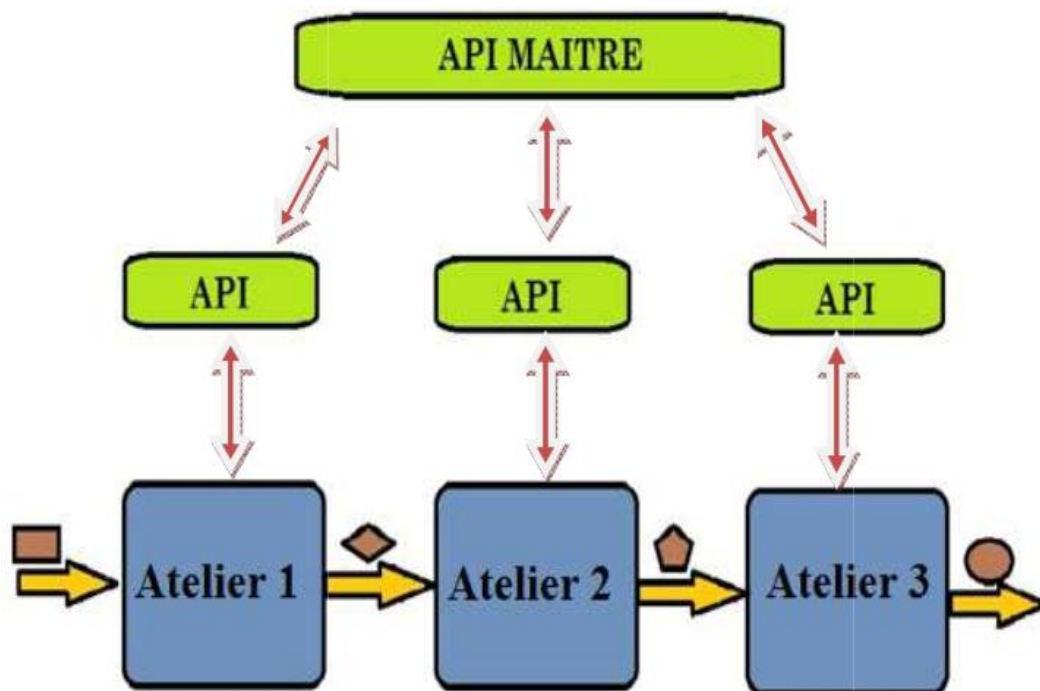


Figure III-3 : Architecture d'une commande décentralisée

III.6. Les automates programmables industriels (API) :

L'API est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques, reçues de la partie opérative ou de la partie dialogue. Cette structure est donnée sur la figure IV.6 [17].

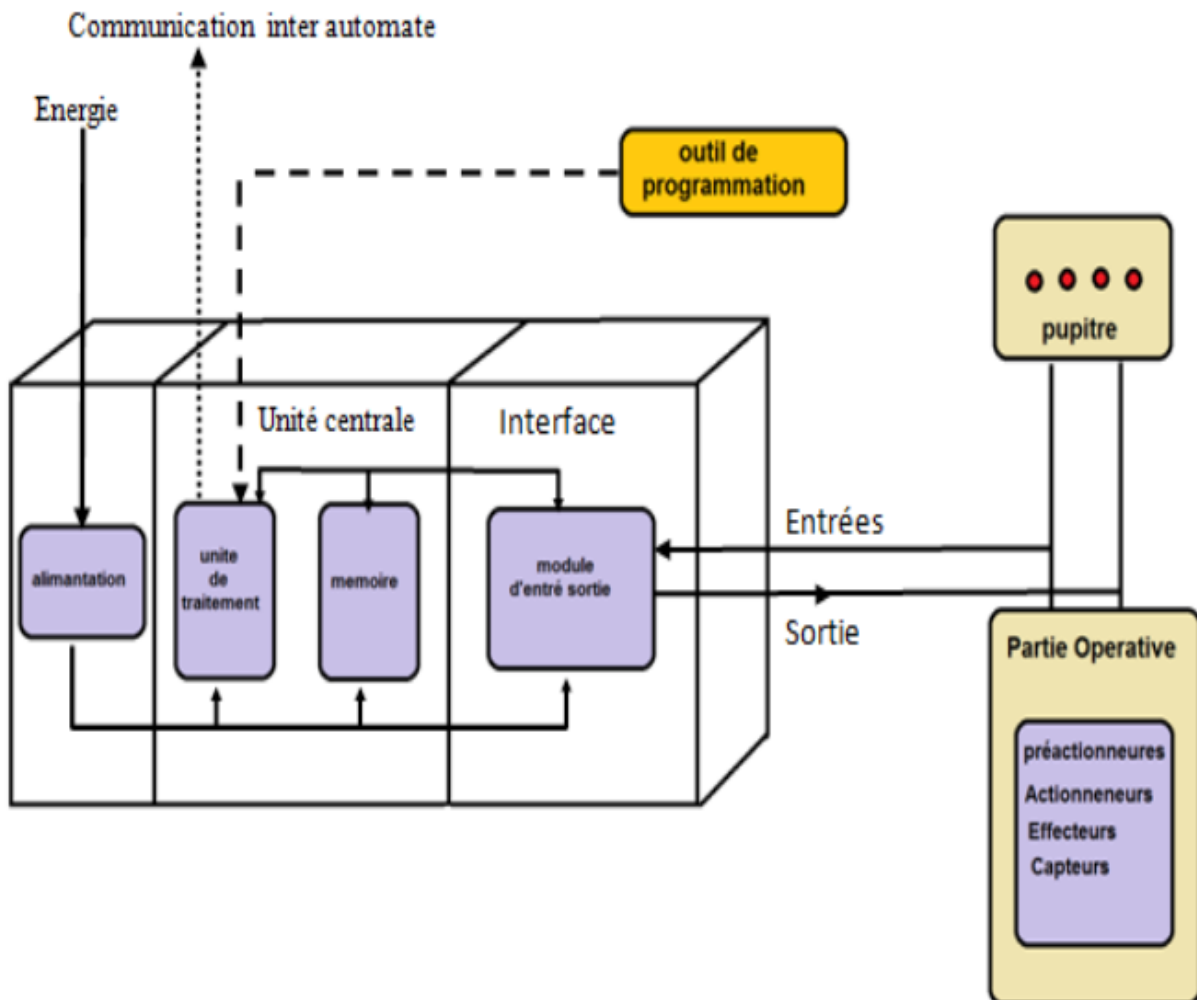


Figure III-4 : structure interne d'un API

III.6.1 Présentation de l'API S7/300 :

L'API S7/300, illustré sur la figure suivante est de la famille SIMATIC qui est un automate de conception modulaire destiné à des tâches d'automatisation de moyenne et haute gamme et / ou étendue.

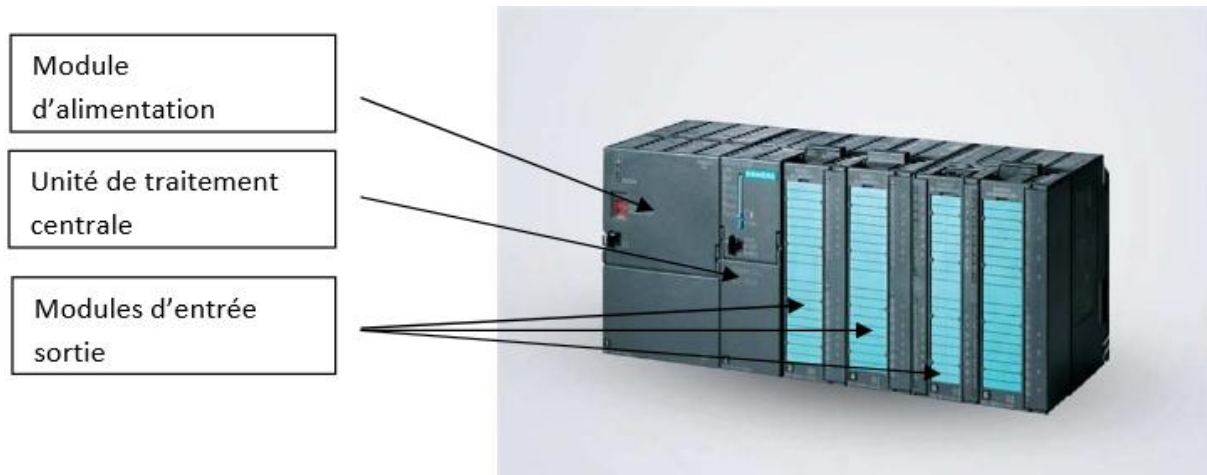


Figure III-5 : Automate S7-300

III.6.1.1 CPU (unité centrale de traitement) :

L'unité centrale est le module d'exécution du programme chargé dans la mémoire. Il scrute les entrées, exécute les instructions en tenant compte des entrées et génère les sorties.

III.6.1.2 Modules d'entrée/sortie tout ou rien (TOR) :

Les E/S TOR sont des composants qui génèrent ou réagissent à des signaux électriques tout ou rien normalisés.

Les modules de sortie génèrent des signaux en réaction à des séquences du programme pour activer ou désactiver des actionneurs ou des pré-actionneurs. Les modules d'entrée, quant à eux, reçoivent les données et font évoluer le programme qui génère les sorties.

III.6.1.3 Modules d'entrée/sortie analogique :

Les modules d'entrée et de sortie analogiques tout comme les modules tout ou rien génèrent et reçoivent des signaux.

Les modules d'entrée analogiques reçoivent le signal analogique normalisé d'un capteur couplé à un transmetteur. Le signal est échantillonné et la valeur de l'échantillonnage est sauvegardée dans la mémoire de l'automate.

Les modules de sortie recomposent un signal analogique à partir d'une valeur numérique sauvegardée dans la mémoire de l'automate. Ce dernier est transmis à l'actionneur.

III.6.2 Configuration Matérielle :

Les modules utilisés dans le cadre de l'automatisation de la station de refroidissement sont répertoriés et paramétrés comme montré dans la figure ci-dessous :

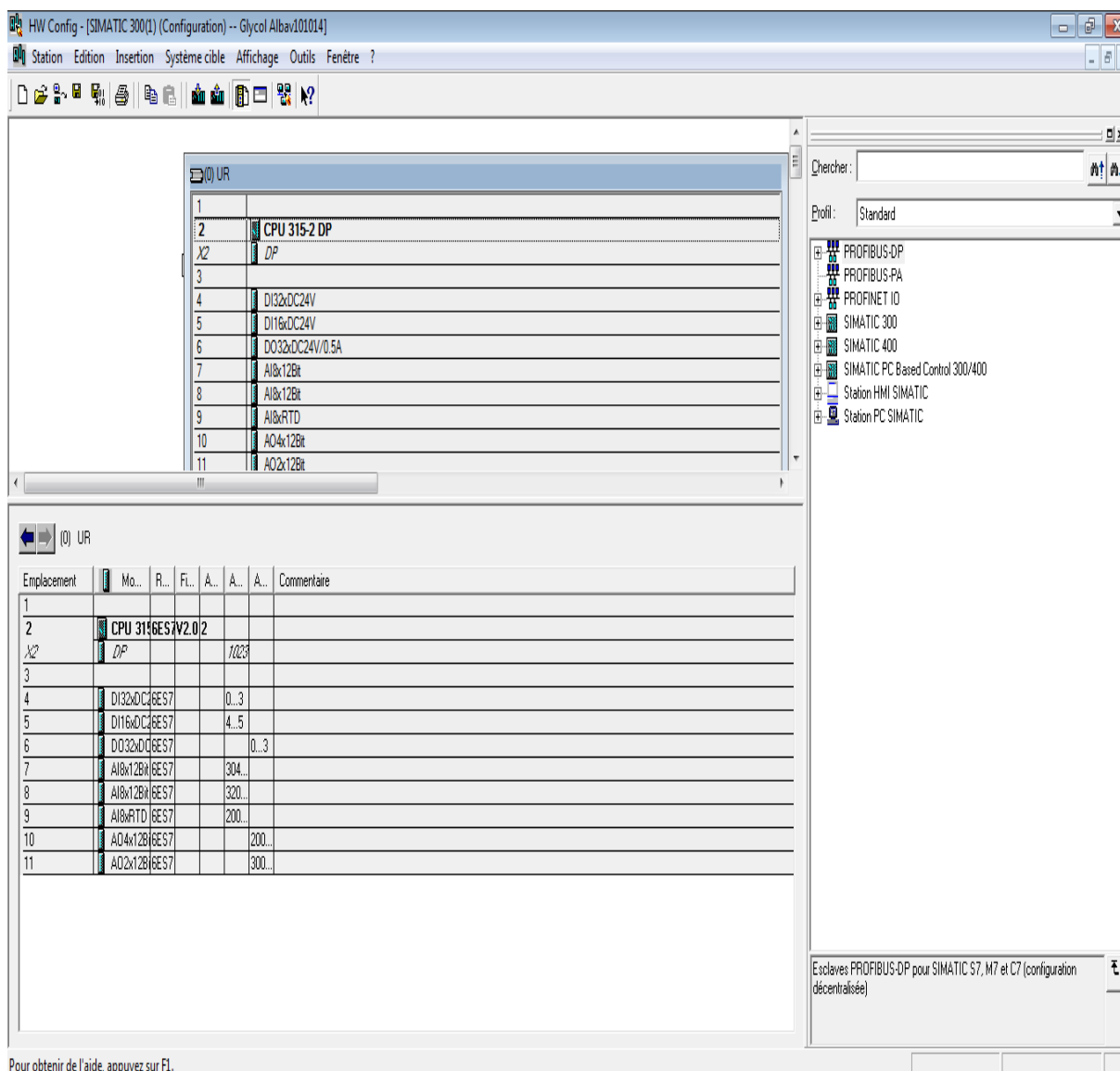




Figure III-6

Après que la configuration matérielle ait été effectuée, il faut la compiler et la charger dans la mémoire de l'automate en appuyant respectivement sur le bouton  puis .

III.6.3 Programmation en LADDER (LD) :

Très populaire auprès des automaticiens notamment pour la programmation d'API. Le langage de programmation LD (littéralement traduit échelle depuis l'anglais) est un langage graphique (pictographique) inventé initialement pour décrire la logique à relais, actuellement utilisé pour décrire le fonctionnement séquentiel d'une installation.

Le langage de programmation LD reste simple et compréhensible par un large éventail de personnel technique de par sa ressemblance aux circuits électriques.

Les contacts normalement ouverts en vert témoignent de la présence d'un signal sur les entrées qui leurs sont individuellement affectées tandis que les contacts normalement fermés en vert ainsi que les contacts et les blocks (bascule SR) en pointillés bleus trahissent l'absence de ce dernier.

III.6.3.1 Mise à l'échelle avec le bloc FC105 :

La fonction mise à l'échelle (SCALE) prend une valeur entière (IN) et la convertie en une valeur réelle exprimée en unités physiques, comprises entre une limite inférieure (LO_LIM) et une limite supérieure (HI_LIM).

Les valeurs d'entrée sont comprises entre deux valeurs **K1** et **K2**:

- Si l'entrée est Bipolaire : La valeur entière d'entrée est supposée être comprise entre -27648.0 et 27648.0, donc :

$$\mathbf{K1} = -27648.0 \text{ et } \mathbf{K2} = +27648.0$$

- Si l'entrée est unipolaire : La valeur entière d'entrée est supposée être comprise entre 0.0 Et 27648.0, donc :

$$\mathbf{K1} = 0.0 \text{ et } \mathbf{K2} = +27648.0$$

Si la valeur entière d'entrée est supérieure à **K2**, la sortie (OUT) est saturée à la valeur la plus proche de la limite supérieure (HI_LIM) et une erreur est signalée. Si la valeur entière d'entrée est inférieure à **K1**, la sortie est saturée à la valeur la plus proche de la limite inférieure (LO_LIM) et une erreur est signalée [18].

III.6.3.2 Paramètre de la FC 105 :

- **EN** : Alimentation du module.
- **IN** : Valeur d'entrée à convertir.
- **HI_LIM** : limite supérieure en unité physique.
- **LO_LIM** : limite inférieure en unité physique.
- Bipolaire : L'état de signal "1" signifie que la valeur d'entrée est bipolaire et l'état de signal "0" qu'elle est unipolaire.
- **OUT** : Résultat de la conversion d'échelle.

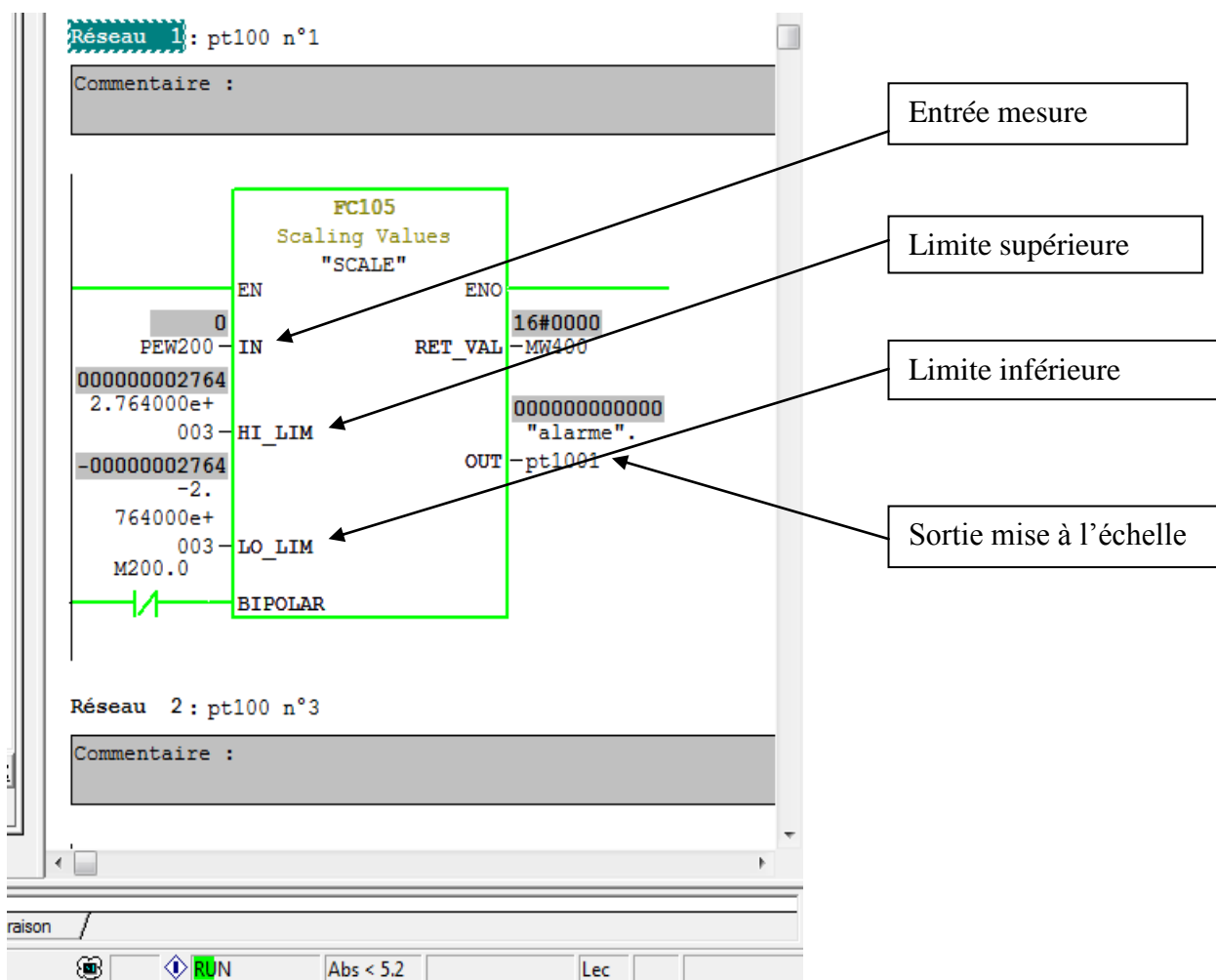


Figure III-7

III.6.4 La régulation continue :

Dans une régulation continue, la grandeur à contrôler (sortie ou réponse) est mesurée de façon continue et ensuite comparée aux valeurs d'entrée du système (consigne). La régulation a pour objectif principal de rapprocher la valeur à réguler de celle injectée en entrée.

Pour réaliser cette régulation plusieurs blocs préprogrammes sont disponibles sous STEP7 dont le bloc **FB 41** dans lequel on doit d'abord déterminer les paramètres du **PID**.

III.6.5 Identification des paramètres du PID :

Deux méthodes sont données ici :

III.6.5.1 Broida :

Avec cette méthode un système d'ordre n est assimilé à un système de 1^{er} ordre. on détermine les paramètres **T** et ζ comme suit :

$$T = 2.8(t_1 - t_0) - 1.8(t_2 - t_1)$$

$$\zeta = 5.5(t_2 - t_1)$$

où les valeurs de t_2 , t_1 et t_0 seront relevés graphiquement comme représenté ci-dessous.

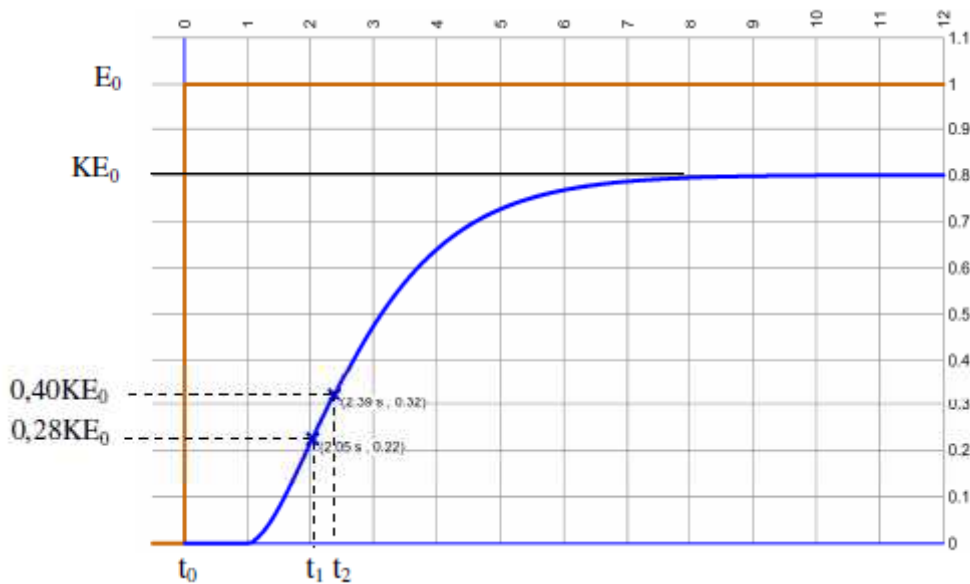


Figure III-8 : Extraction de t_1 et t_2 à partir d'un système de 1^{er} ordre

Le rapport ζ/T donne une idée sur le type de régulateur à utiliser comme illustré sur le schéma suivant :

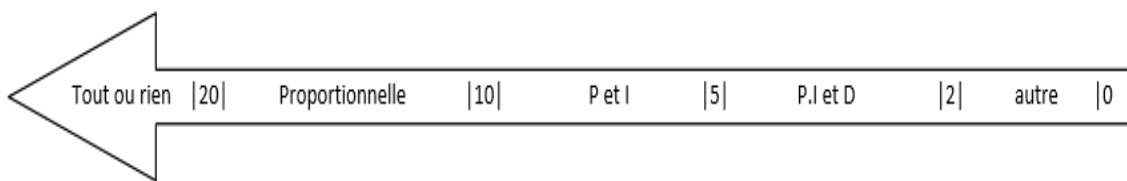


Figure III-9 : Déduction du paramétré a utilisé selon la valeur ζ/T

Une fois le régulateur choisi, on se sert du tableau suivant pour déterminer le reste des paramètres de régulateur.

Tableau III-1

	P	PI série	PI parallèle	PID série	PID parallèle	PID mixte
G		$\frac{0.78\zeta}{Gs.T}$		$\frac{0.83\zeta}{Gs.T}$	$\frac{0.83}{Gs} \left(\frac{\zeta}{T} + 0.4 \right)$	
Ti	Sans	Z	$\frac{Gs.\zeta}{0.78}$	ζ	$\frac{Gs.\zeta}{0.75}$	$\zeta+0.4.T$
Td	0			0.42.T	$\frac{0.35\zeta}{Gs}$	$\frac{T.\zeta}{T + 2.5.\zeta}$

III.6.5.2 Méthode empirique de ZEIGLER-NICHOLS

Le modèle de ZEIGLER NICHOLS sert à calculer les paramètres des correcteurs pour les systèmes linéaires en boucle ouvertes ou fermées ayant de bonnes performances.

- En boucle ouverte il faut calculer les deux paramètres T et ζ de sorte que
 $T=t_1-t_0$
 $\zeta=t_2-t_1$
 t_2 et t_1 sont obtenus en traçant la tangente à l'origine qui passe par le point d'inflexion.

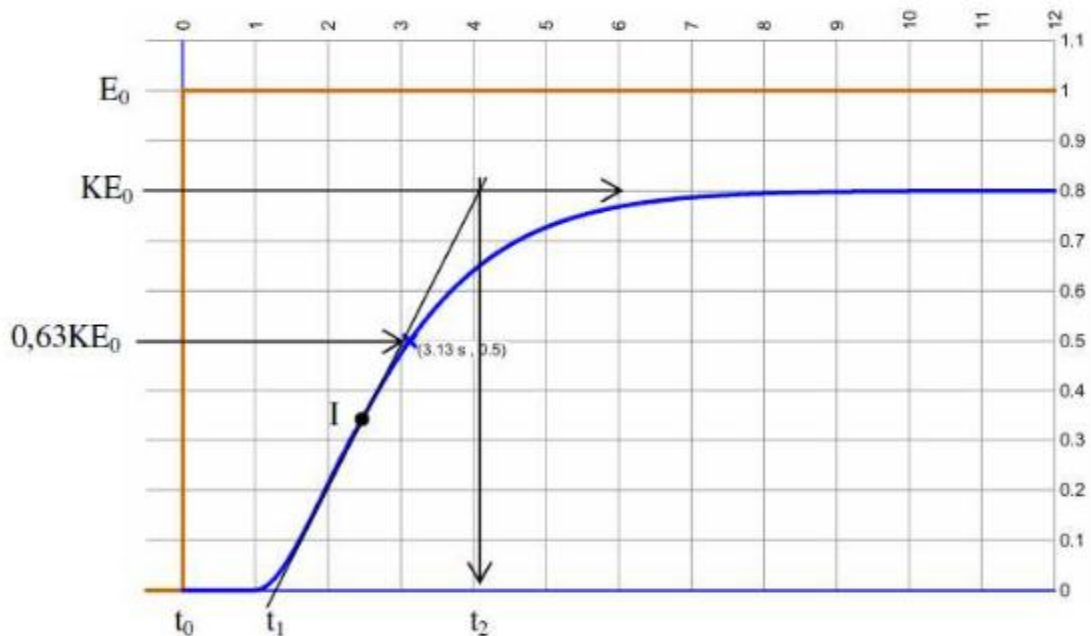


Figure III-10 : Extraction de t_1 , t_2 et t_0 à partir d'un système de 1^{er} ordre

Tableau III-2

	P	PI série	PID mixte
Kr	$\frac{\zeta}{T}$	$\frac{0.9 \cdot \zeta}{T}$	$\frac{1.27 \cdot \zeta}{T}$
Zi		3.3T	2.T
Zd			0.5T

- En boucle fermée :
 Dans le cas où on n'a pas accès au système en boucle ouverte on utilisera le test dit « limite de pompage ». on utilisera le correcteur P seulement. On augmentera Kr jusqu'à l'apparition d'oscillations entretenues. On doit alors relever K_{rosc} et T_{osc} avec lesquels on déterminera les paramètres de correcteur suivant le tableau ci-dessous.

Tableau III-3

	P	PI série	PI parallèle	PID série	PID parallèle	PID mixte
Kr	0.5.Krosc	0.45Krosc		0.3.Krosc	0.6Krosc	
Zi	Max	0.83.Tosc	$2 \cdot \frac{Tosc}{Krosc}$	0.25.Tosc	$8500 \cdot \frac{Tosc}{Krosc}$	0.5.Tosc
Zd	0			0.125.Tosc	0.75.Tosc.Krosc	0.152.Tosc

III.6.5.3 Méthode des approximations successives :

Le système fonctionnant en boucle fermée est ramené autour de son point de fonctionnement manuellement. Des petites perturbations sont introduites afin d'observer la réaction du système et de déduire les valeurs approximatives pour les actions proportionnelle, dérivée et intégrale.

Les paramètres sont alors réglés l'un après l'autre (P puis D puis I) en insérant un échelon de consigne (5% à 10% de la consigne) dans le système (valeurs toujours plus proches des valeurs recherchées).

Cette méthode est utilisable dans les systèmes automatisés à faible inertie car son utilisation dans les systèmes à grande inertie demanderait beaucoup de temps pour que le système revienne au point de fonctionnement.

- Réglage de paramètre P :
 - stabiliser la mesure au point de fonctionnement.
 - mettre le régulateur en P seulement ($T_i = \text{Max}$ et $T_d = 0$)
 - afficher un gain faible (inférieur à 1)
 - passer le régulateur en automatique pour égaler la consigne.
 - introduire un échelon de consigne de 5% à 10%
 - observer l'allure de la courbe résultante

Si c'est une harmonique amortie, augmenter le gain (ou diminuer la bande proportionnelle)

Si elle présente plus de deux oscillations, diminuer le gain (ou augmenter la bande proportionnelle).

- Réglage du paramètre D : qui ne se justifie que si la mesure accuse un retard.
 - conserver la valeur de l'action proportionnelle précédente et la valeur de l'intégrale minimale
 - introduire une action dérivée faible (le tiers de temps de réaction)
 - mettre le régulateur en automatique jusqu'à ce que la mesure atteigne la consigne
 - insérer un faible échelon de consigne (de 5% à 10%)

Si la réponse ne s'amortie pas, augmenter T_d

Si la réponse est oscillante ou lente diminuer T_d

- Réglage de paramètre I :
 - conserver les valeurs des actions proportionnelle et dérivée précédemment déterminées
 - introduire une action intégrale faible (quelques minutes)
 - Mettre le régulateur sur automatique et observer la courbe résultante.

Si la réponse est trop amortie ou trop lente, diminuer T_i

Si la réponse présente un dépassement trop important, augmenter T_i

III.6.6 Le bloc FB 41

Le bloc FB41 « CONT-C »(continuous controller) sert à réguler des processus industriels à grandeurs d'entrée et de sortie continues sur les automates programmables SIMATIC. Le paramétrage permet d'activer ou de désactiver des fonctions partielles du régulateur PID et donc d'adapter ce dernier au système régulé.[18]

Quelques entrées du bloc FB41 :

- EN : mise sous tension du bloc
- COM_RST : remise à zéro
- MAN_ON : activation du mode manuel
- PVPER_ON : activation de la mesure de périphérie
- P_SEL : activation de l'action proportionnelle
- I_SEL : activation de l'action intégrale
- D_SEL : activation de l'action dérivée
- CYCLE : période d'échantillonnage
- SP_INT : consigne interne
- PV_PER : mesure de périphérie
- GAIN : coefficient d'action proportionnelle
- TI : temps d'intégration
- TD : temps de dérivation
- LMN_PER : valeur de réglage de périphérie

III.6.7 Description :

L'introduction de la consigne se fait sur la branche SP_INT en format de virgule flottante et la mesure peut être lue en format de périphérie ou de virgule flottante, la mesure introduite en format périphérie sur l'entrée PV_PER est convertit par CRP_IN en un nombre à virgule flottante compris entre -100 et +100% selon la formule suivante :

$$\text{Sortie de CRP_IN} = \text{PV_PER} * \frac{100}{27648}$$

La fonction PV_NORM normalise la sortie de CRP_IN selon la formule suivante :

$$\text{Sortie de PV_NORM} = (\text{sortie de CRP_IN})_PV_FAC + PV_OFF$$

La valeur par défaut de PV_FAC est 1 et celle de PV_OFF est 0.

La différence entre consigne et mesure donne le signal d'erreur, il traverse une zone morte (DEADBAND) pour supprimer la petite oscillation permanente due à la quantification de la grandeur de réglage, les actions proportionnelle, intégrale (INT) et dérivée (DIF) sont en parallèle et peuvent être activées ou désactivées séparément. Ceci permet de paramétrer les paramètres P,PI, PD, et PID.

La fonction LMNLIMIT permet de limiter la grandeur de réglage à une valeur indiquée, et la fonction LMN_NORM normalise la sortie LMNLIMIT.

La valeur de réglage est disponible sur LMN en format à virgule flottante, aussi en format de périphérie grâce à la fonction CRP_OUT qui convertit la valeur à virgule flottante LMN en une valeur de périphérie .

III.6.8 Schéma fonctionnelle :

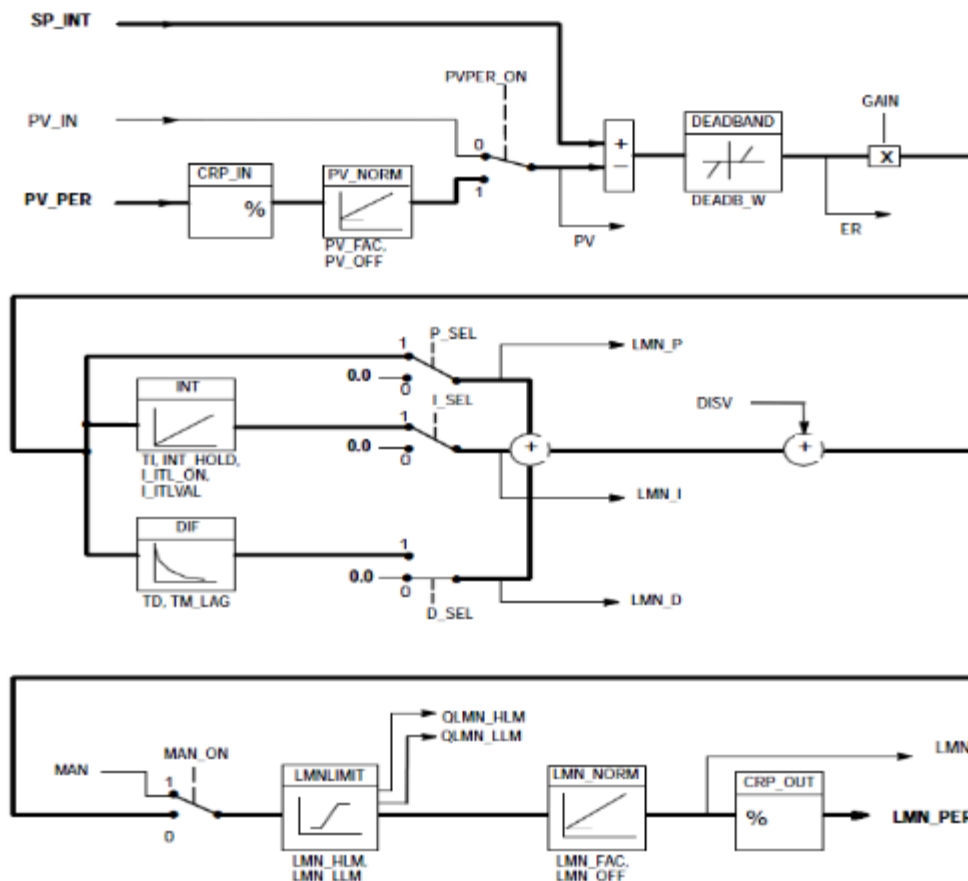
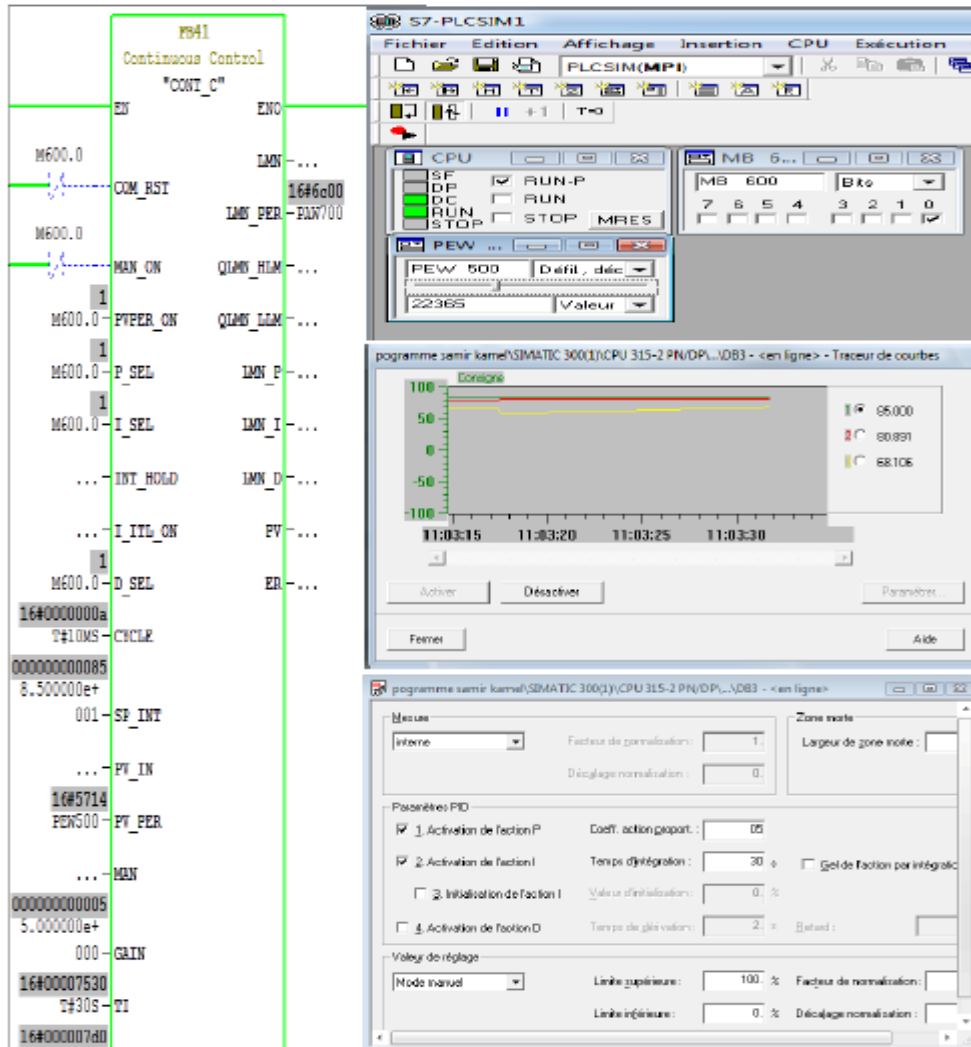


Figure III-11

Le bloc FB 41 est utilisé pour la régulation en continu de la vanne proportionnelle et la pression du glycol. Son rôle sert à calculer une valeur d'ajustement, en fonction de l'erreur (différence mesure/consigne) selon l'algorithme du régulateur PID.



Conclusion :

Dans ce chapitre, on a fait une étude sur l'automate programmable industriel S7-300 parce qu'il est choisi pour réaliser la tâche d'automatisation.

On a aussi rédigé le programme qui permettra de procéder à la simulation et à la conception de l'interface de supervision du système grâce à l'outil STEP7.

Chapitre IV

IV. Supervision de la station

IV.1. Introduction :

Lorsque la complexité des processus augmente et que les machines et les installations doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum de transparence.

Cette transparence s'obtient à l'aide de l'interface Homme-Machine (IHm).

Un système IHM constitue l'interface Homme (opérateur) et le processus (machine/installation), le contrôle proprement dit du processus est assuré par le système d'automatisation, et le système IHM se charge de quelques tâches afin de constituer l'intermédiaire entre l'homme et la machine.

IV.2. Les tâches d'un système IHM :

Un système d'interface Homme-Machine (IHM) est chargé des tâches suivantes :

- Représentation du processus :

Les éléments qui rentrent dans le processus du système d'automatisation sont représentés sur le pupitre opérateur, lorsqu'un état de processus évolue, l'affichage du pupitre opérateur est mis à jour.

- Commande du processus :

L'opérateur peut commander le processus via l'interface utilisateur graphique, il peut définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.

- Vue des alarmes :

Lorsque des états critiques surviennent dans le processus, ou une valeur limite est franchie une alarme est immédiatement déclenchée.

- Archivage des valeurs processus et d'alarmes :

Les alarmes et valeurs processus peuvent être archivées par le système IHM, on peut ainsi documenter la marche du processus et accéder ultérieurement aux données de la production écoulée.

- Gestion des paramètres de processus et de machine :

Les paramètres du processus et des machines peuvent être enregistrés au sein du système IHM dans des recettes, ces paramètres sont alors transférables en une seule opération sur l'automate pour démarrer la production d'une variante du produit.

IV.3. SIMATIC IHM :

SIMATIC IHM offre une gamme complète permettant de couvrir toutes les tâches de contrôle-commande pour maîtriser le processus à tout instant et de maintenir les machines et les installations en état de marche.

Les systèmes SIMATIC IHM simples ont de petites consoles à écran tactile mises en œuvre sur site pour apporter une aide à l'opérateur dans la conduite du processus industriel souhaité.

IV.4. Représentation du système Win CC flexible :

Les logiciels de supervision sont une classe de programmes applicatifs dédiés au contrôle et à la collecte d'information en temps réel depuis des sites distants, en vue de maîtriser un équipement.

WinCC flexible est le logiciel de réalisation d'interface de supervision des processus industriels, il réunit des moyens d'ingénierie simples et efficaces, de concepts d'automatisation évolutifs avec lesquels il garantit les avantages suivants :

- Simplicité.
- Ouverture.
- Flexibilité.

Il est composé de deux éléments principaux :

IV.4.1 WinCC flexible Engineering System :

WinCC flexible engineering system est le logiciel avec lequel on réalise toutes les tâches de configuration requises après que l'édition WinCC flexible détermine les pupitres opérateurs de la gamme SIMATIC HMI à configurer.

IV.4.2 WinCC flexible Runtime :

Qui est le logiciel de visualisation de processus, ou on exécute le projet en mode processus.

IV.5. Le WinCC flexible et SIMATIC STEP7 :

IV.5.1 Intégration de WinCC flexible dans le step7 :

WinCC flexible peut être intégré au logiciel de configuration SIMATIC STEP7, cela permet de choisir des mnémoniques et blocs de données de SIMATIC STEP7 comme variables dans le WinCC flexible, on économise non seulement le temps et l'argent, mais on évite des sources d'erreurs dues à la répétition de la saisie.

IV.5.2 Avantages d'intégration au step7 :

Lors de la configuration intégrée, on a accès aux données de configuration que l'on a créés lors de la configuration de l'automate avec step7, on profite des avantages suivant :

- On peut utiliser le gestionnaire SIMATIC Manager comme poste central de création, d'édition et de gestion des automates SIMATIC et des projets WinCC flexible.
- Les paramètres de communication de l'automate ont entrés par défaut lors de la création du projet WinCC flexible, toute modification sous step7 se traduit par une mise à jour des paramètres de communication sous WinCC flexible.
- Lors de la configuration des variables et des pointeurs de zone, on peut accéder sous WinCC flexible directement aux mnémoniques de STEP7, on sélectionne simplement sous WinCC flexible le mnémonique STEP7 auquel on veut affecter une variable. Les modifications de mnémonique sous step7 sont mises à jour sous WinCC flexible.
- Il suffit de définir les mnémoniques une seule fois sous step7 pour pouvoir les utiliser sous step7 et sous WinCC flexible.
- Les alarmes ALARM_S et ALARM_D configurées sous step 7 sont prises en charge sous WinCC flexible et peuvent être affichées sur le pupitre opérateur.

IV.6. Création d'un projet sous WinCC flexible 2008 :

Pour la première utilisation du logiciel on démarre WinCC flexible, soit par l'icône placée sur le bureau soit par le menu démarrer de Windows.

Une fenêtre WinCC Flexible Advanced s'ouvre afin de vous permettre de spécifier le type d'action que vous désirez accomplir, validez avec un clique sur (créer un projet vide)

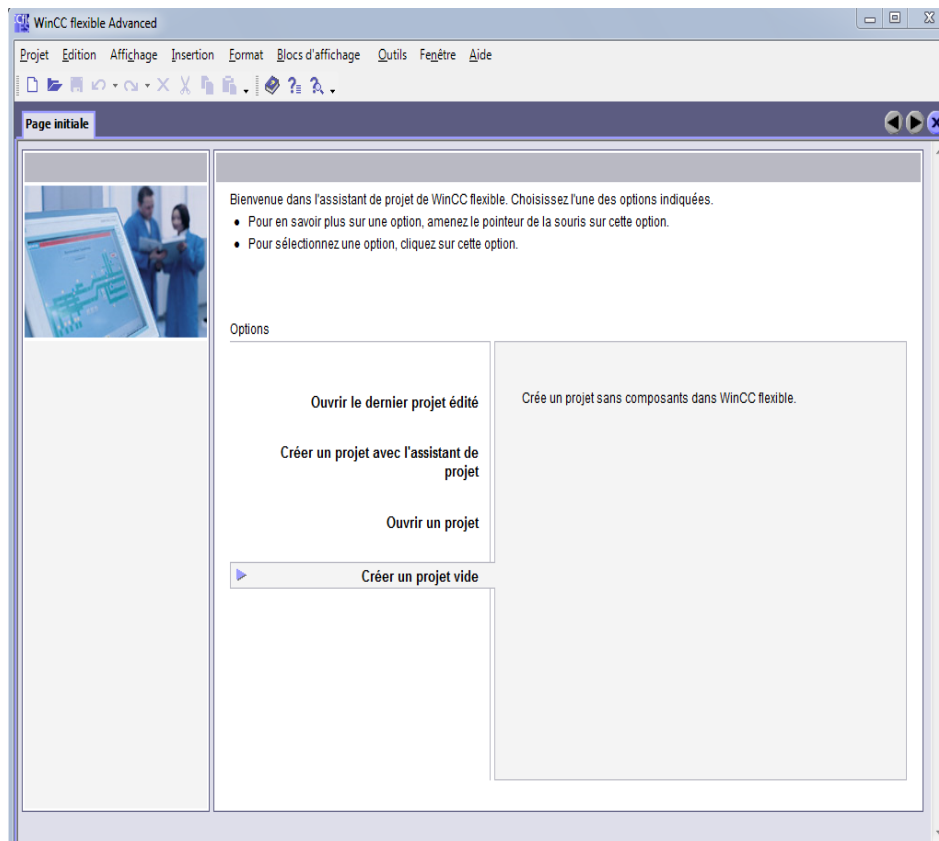


Figure IV-1

Une fenêtre de sélection du type de pupitre s'ouvre pour permettre de choisir un pupitre adéquat à l'application.

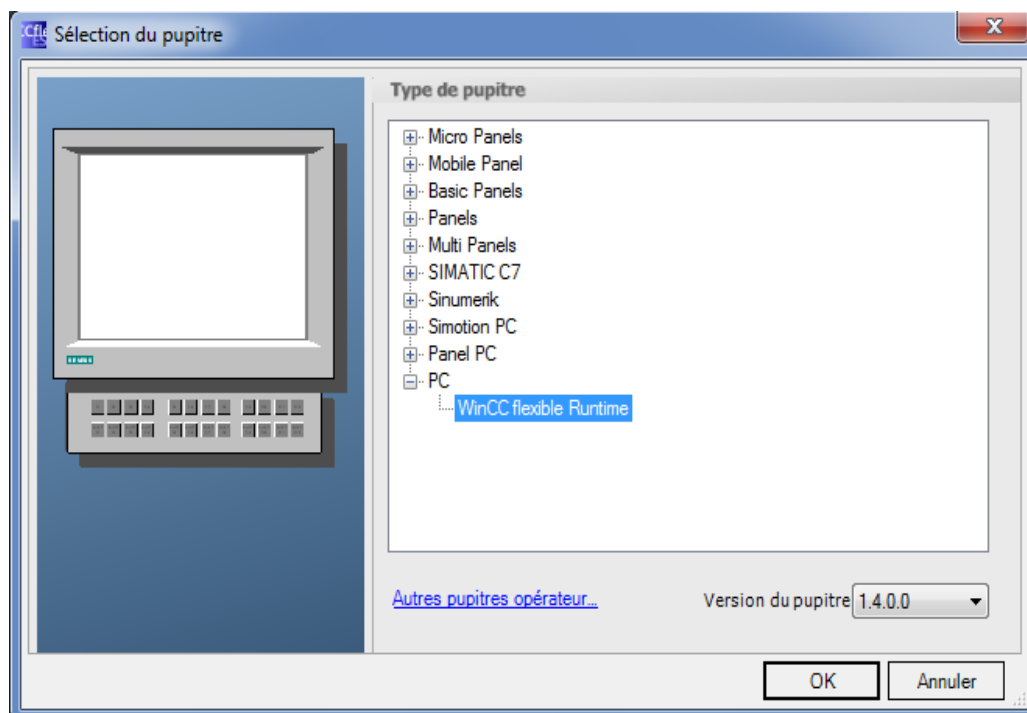


Figure IV-2

Après validation du type de PC WinCC flexible Runtime l'espace de travail WinCC flexible Advanced-projet-HMI s'ouvre.

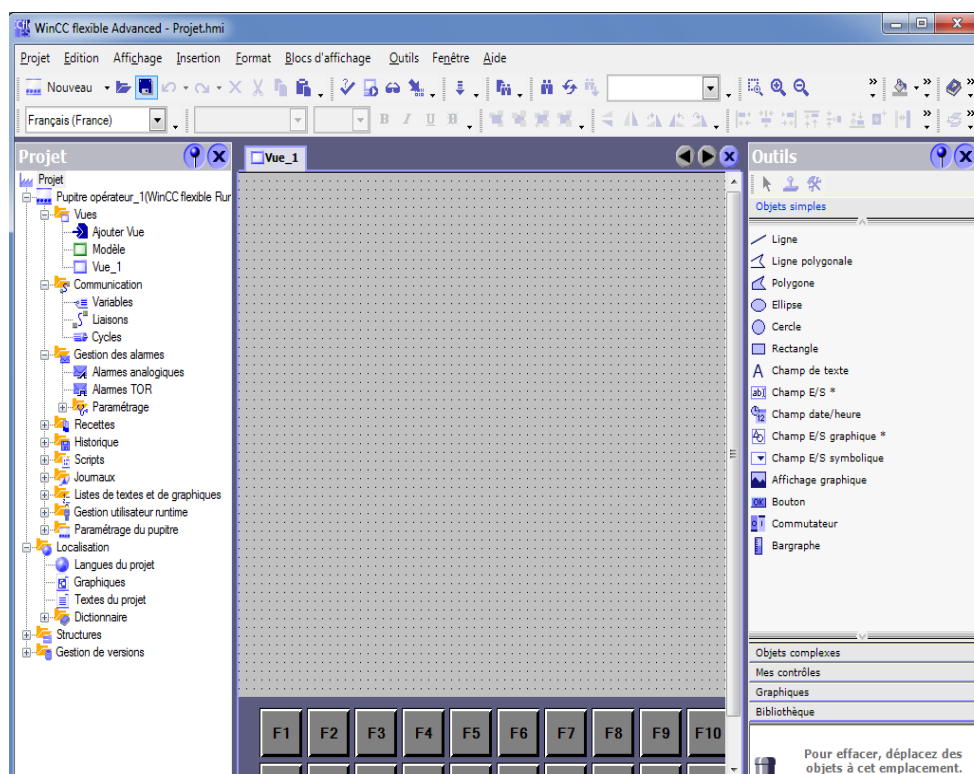


Figure IV-3

L'espace de travail de WinCC flexible offre tous les outils nécessaires pour la présentation d'un quelconque système automatique, mécanique, hydraulique et autre.

L'insertion de la maquette du système sera suivie des configurations de ces différents paramètres soit de mise en marche ou de communication avec l'automate programmable grâce à des éditions des différentes variables intervenant dans le processus du système à automatiser.

IV.6.1 Planche principale de la station de refroidissement :

Cette figure représente la station de refroidissement qui va faciliter à l'opérateur de piloter et visualiser le processus.

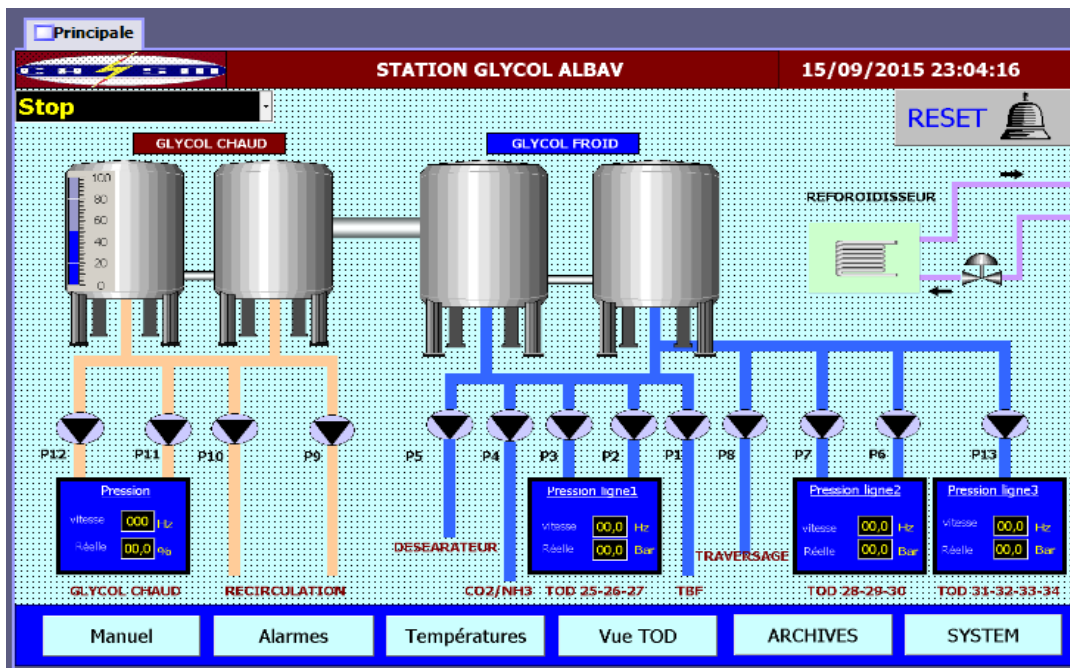


Figure IV-4 : Station de refroidissement

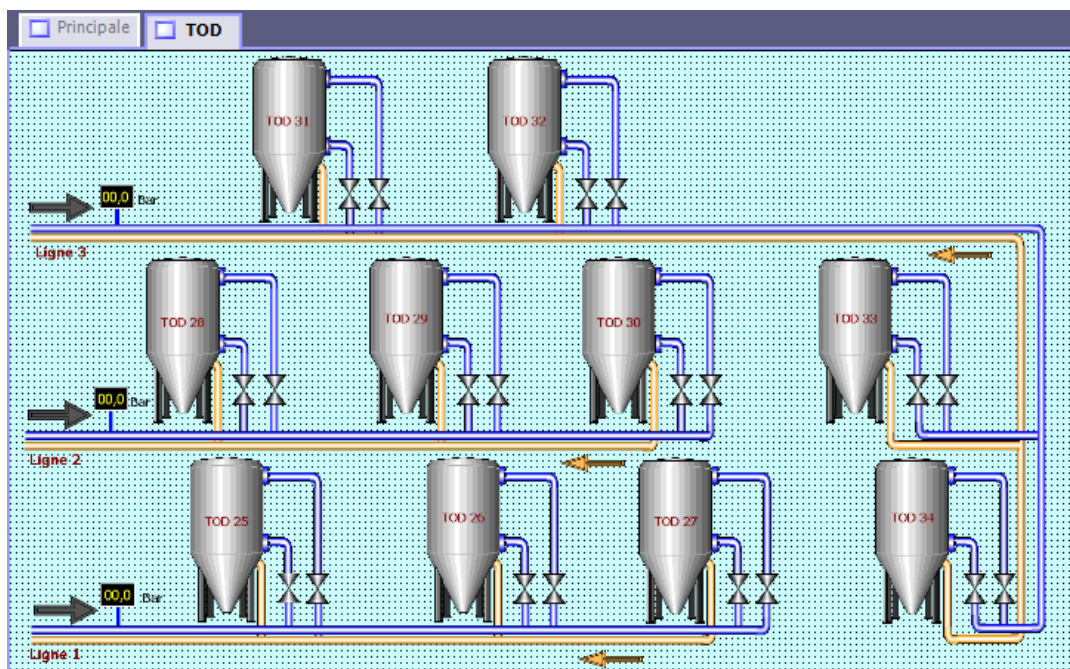


Figure IV-5 : vue des TANKS DE fermentation

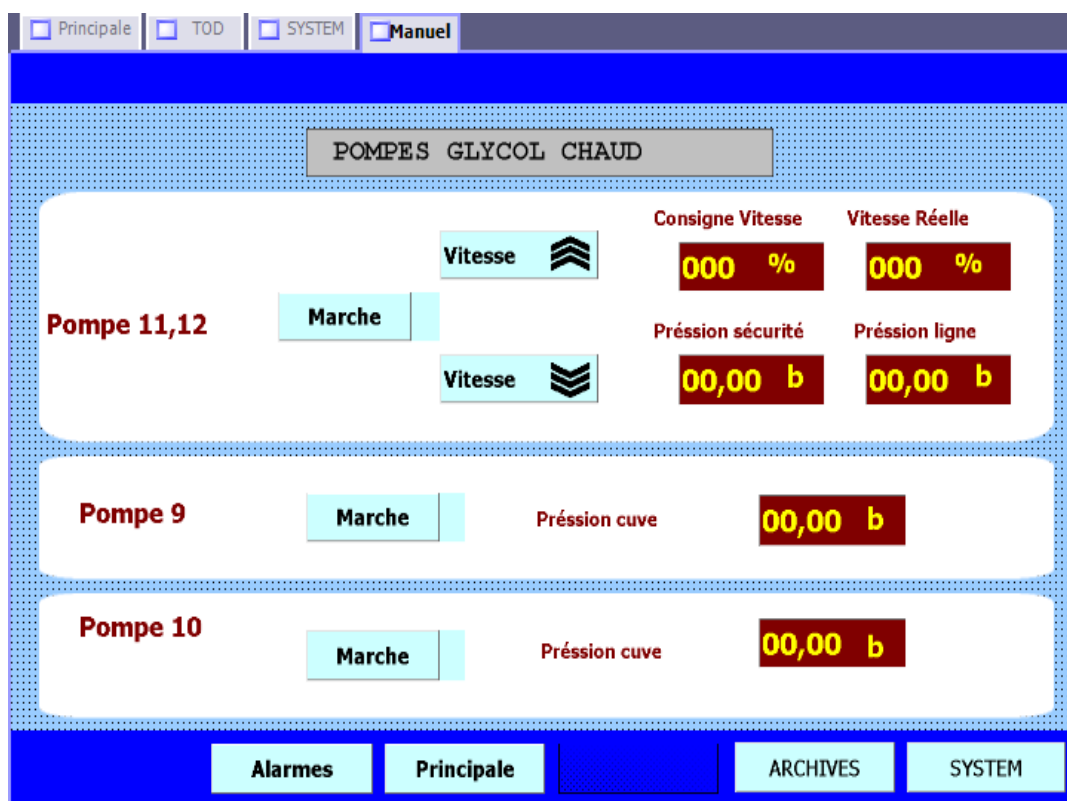


Figure IV-6 : Pompes de glycoL chaud

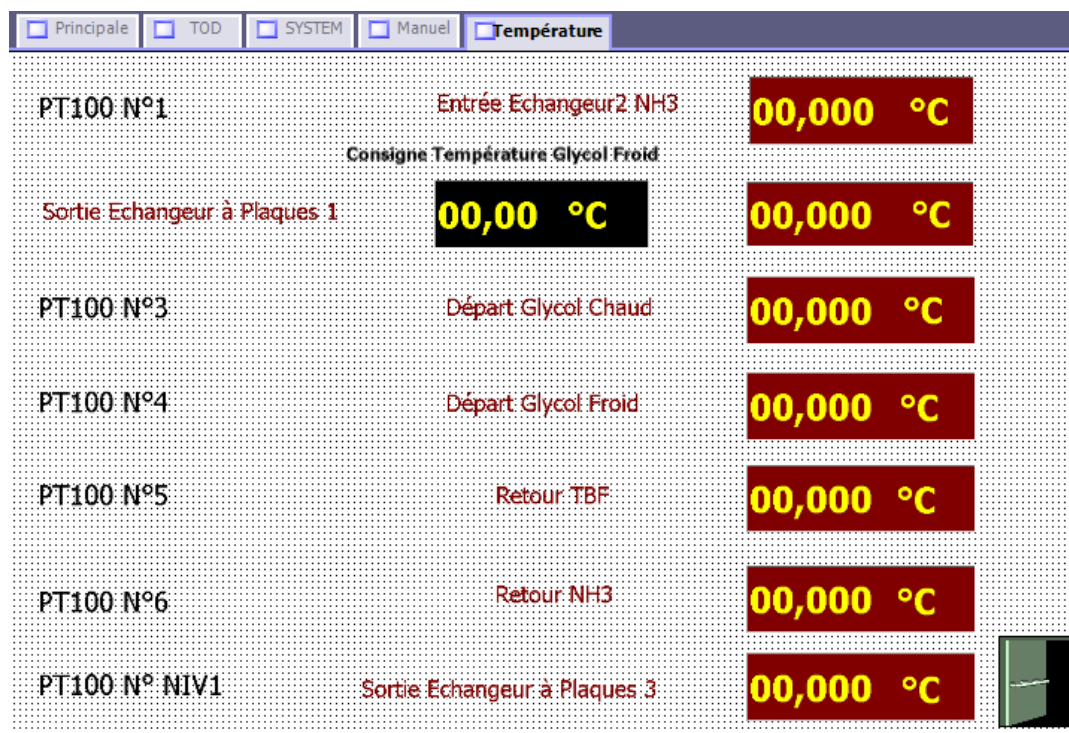


Figure IV-7 : Planche de réglage de températures

Conclusion :

On a élaboré sous WinCC toutes les vues qui sont utiles pour suivre l'évolution de cycle de travail de la station. Ce programme respecte l'exactitude de programme de fonctionnement de la station qu'on a développé avec le logiciel STEP7.

Le logiciel de supervision met à disposition de vrais outils industriels pour surveiller, contrôler et conduire le procédé.

La supervision est devenue indispensable dans l'industrie. Son utilité apparait dans la diminution des temps d'arrêt, signalisation des pannes. Elle augmente aussi la fiabilité de la machine et sa durée de vie.

Conclusion générale :

Le travail a été effectué au sein de l'entreprise EASM dans le cadre d'un stage pratique de mise en situation professionnelle de trois mois. Au cours de ce stage on a participé à l'automatisation d'une station de refroidissement en proposant une solution d'automatisation. On a dû, pour cela, procéder à l'étude de la station précédemment citée. Après avoir étudié son équipement, assimilé son fonctionnement, avoir reçu le cahier des charges et avoir pris conscience de la charge impartie, on a proposé une solution adéquate au problème posé tout en tenant compte des besoins formulés dans le cahier des charges.

Toute automatisation ne peut pas être complète sans une certaine autonomie de procédé et une supervision efficace. Solution mise en place en s'aidant de différents outils tel que le STEP7. Le modèle acquis a permis de mettre en place la solution programmée qui régit le fonctionnement de la station sur un API S7-300 et d'une interface Homme Machine qui permet d'avoir une vue étendue sur le fonctionnement du procédé automatisé.

Riches de l'expérience acquise durant ce stage, on souhaite que les efforts fournis ne seront pas vains et que ce travail soit profitable aux prochaines promotions.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] fermentation de la bière .documentation sur le site internet :
<http://www.fermentis.com>
- [2] ZITREC FC
- [3] Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec
‘CSST’ « systèmes de réfrigération fonctionnant à l’ammoniaque »
2eme édition2009.
- [4]Luc loron, « commande des système électrique », Edition Hermes
Science,2003
- [5]documentation interne de laboratoire qualité et hygiène
- [6] ENDRESS et HAUSER « manuel d’instrumentation, capteurs et
transmetteurs pour les industries de process »,2004.
- [7] « Le départ-moteur dans l’utilisation quotidienne », documentation
Schneider électrique.
- [8] Schneider électrique, « variateurs de vitesse pour moteurs
asynchrones », atv31_programming manuel_FR_v1,2003
- [9] « détermination de la section des conducteurs », documentation sur
le site internet : <http://www.courselec.free.fr>
- [10]Roizot Sébastien
- [11] « Memotech Electrotechnique » 7eme édition
CASTEILLA,(ELT86)
- [12] cours automatisme industriel chapitre 7 API
- [13] « la protection des circuits et des personnes ».
Guide pédagogique/ en conformité avec la NFC 15-100 du 31/05/2003
publié par legrand
- [14] « protection contre les surintensités »...BTS ETT 2006.

Site internet : http://www.socomec.fr/page_fr/lien_doc.htm

[15] Gui Benchimol, Christian Verlinde, Georges Rosta, « Méthodes d'automatisation industrielle », Edition HERMES Flachet, 1991

[16] Gilles Michel, Bernard Girard, « Les API Architecture et application des automates programmables industriels », Edition dunod, paris 1988

[17] Manuel de référence SIMATIC, SIEMENS AG 2010

Annexe

SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Alimentation : 3PH/N

Régime du Neutre TNC

Tension réseau : 400V/50HZ

Puissance installée: 116 KW

Couleur cables

Phase 400V : NOIR

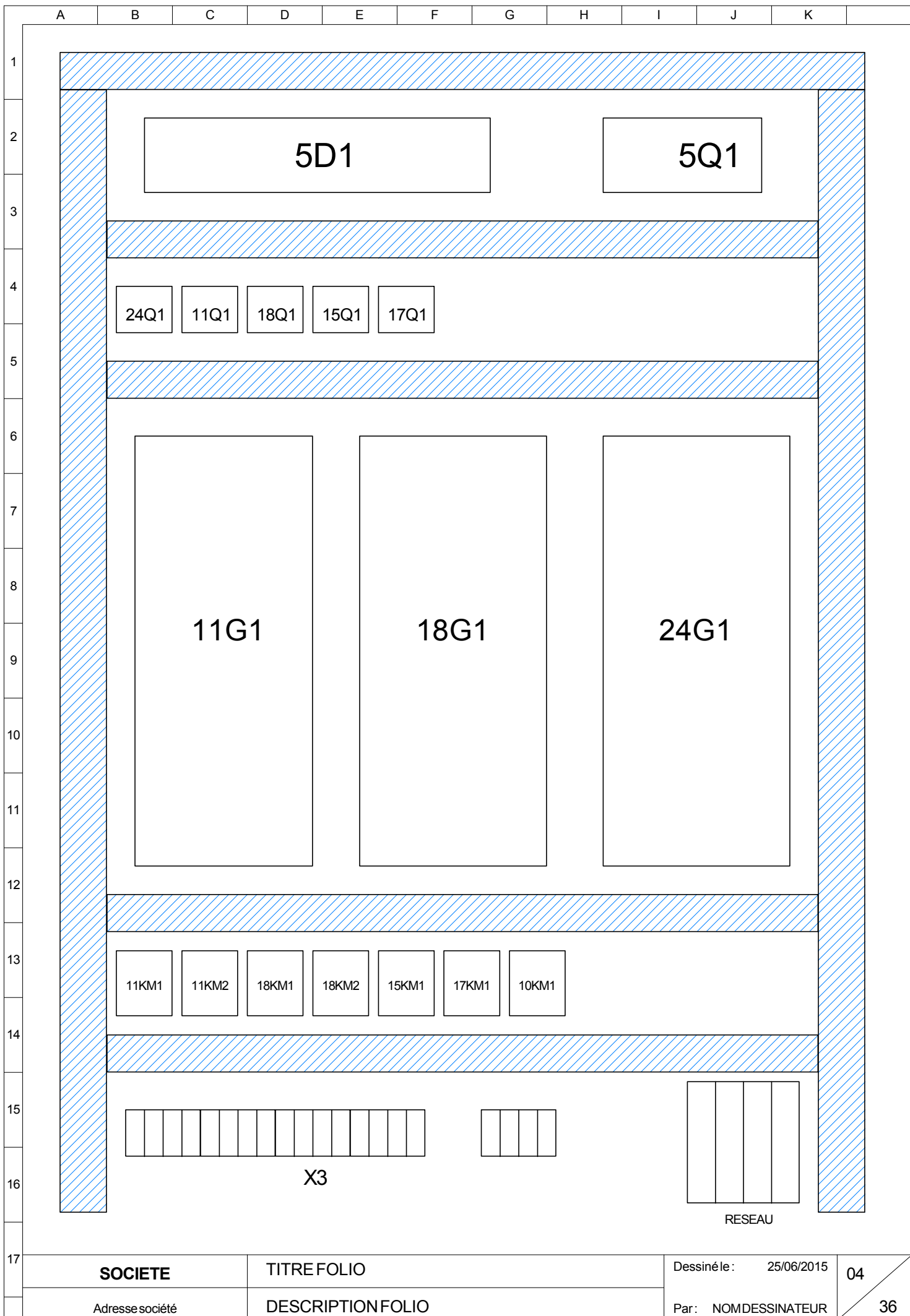
Phase 220V : MARON

Neutre 220V : BLEU CLAIR

24VDC : NOIR

0VDC : BLEU FONCE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
	Désignation				Quantité		Référence			Marque	
2	Jeux de barre 400A				01		LV 432 893			Schneider	
	Relais a fiche				11		A9F 742 03			Schneider	
3	Prise+Neon				02		GV3 ME 80			Schneider	
	Disjoncteur 400A				01		GV2 ME 14			Schneider	
4	Disjoncteur moteur 25-32A				02		GV3 P65			Schneider	
	Disjoncteur moteur 13-18A				05		LV 429 630			Schneider	
5	Disjoncteur moteur 1.6-2.5A				02		LV 429 631			Schneider	
	Disjoncteur 2P 2A				01		A9F 744 32			Schneider	
6	Disjoncteur moteur 50A				01		A9F 744 25			Schneider	
	Alimentation 20A				02		A9F 74 363			Schneider	
7	Disjoncteur moteur 6-10A				01		LV 429 631			Schneider	
	Disjoncteur 2P 6A				01		A9F 742 06			Schneider	
8	Porte fusible 3P				01		A9F 742 02			Schneider	
	Repartiteur 2P				01		A9F 743 32			Schneider	
9	Altivar 61 22kw				02		A9F 742 06			Schneider	
	Altivar 31 - 7.5kw				01		A9F 742 10			Schneider	
10	Altivar 18.5kw				02		044 235			Legrand	
	Transformateur 630VA/6A				01		044 267			Legrand	
11	Porte fusible 1P				01		A9F 742 02			Schneider	
	Ventilateur				02		048 81			Schneider	
12	Demarreur progressif 7.5kw				04		044 267			Schneider	
	Contacteur 15KW				04		056 3840			Schneider	
13	Contacteur 7.5KW				02		LC1 D18 P7			Schneider	
	Conacteur 4KW				03		37 551			Schneider	
14	Disjoncteur 2P 16A				01		A9F 742 16			Schneider	
	Relais de phase				01		A9F 743 50			Schneider	
15	Disjoncteur 2P 3A				02		A9F 742 03			Schneider	
	Disjoncteur 2P 20A				02		A9F 742 20			Schneider	
16	Borniers				80		044 267			Legrand	
17	SOCIETE				TITRE FOLIO				Dessiné le : 25/06/2015		03
	Adresse société				DESCRIPTION FOLIO				Par : NOMDESSINATEUR		36



SOCIETE

TITRE FOLIO

Dessiné le : 25/06/2015

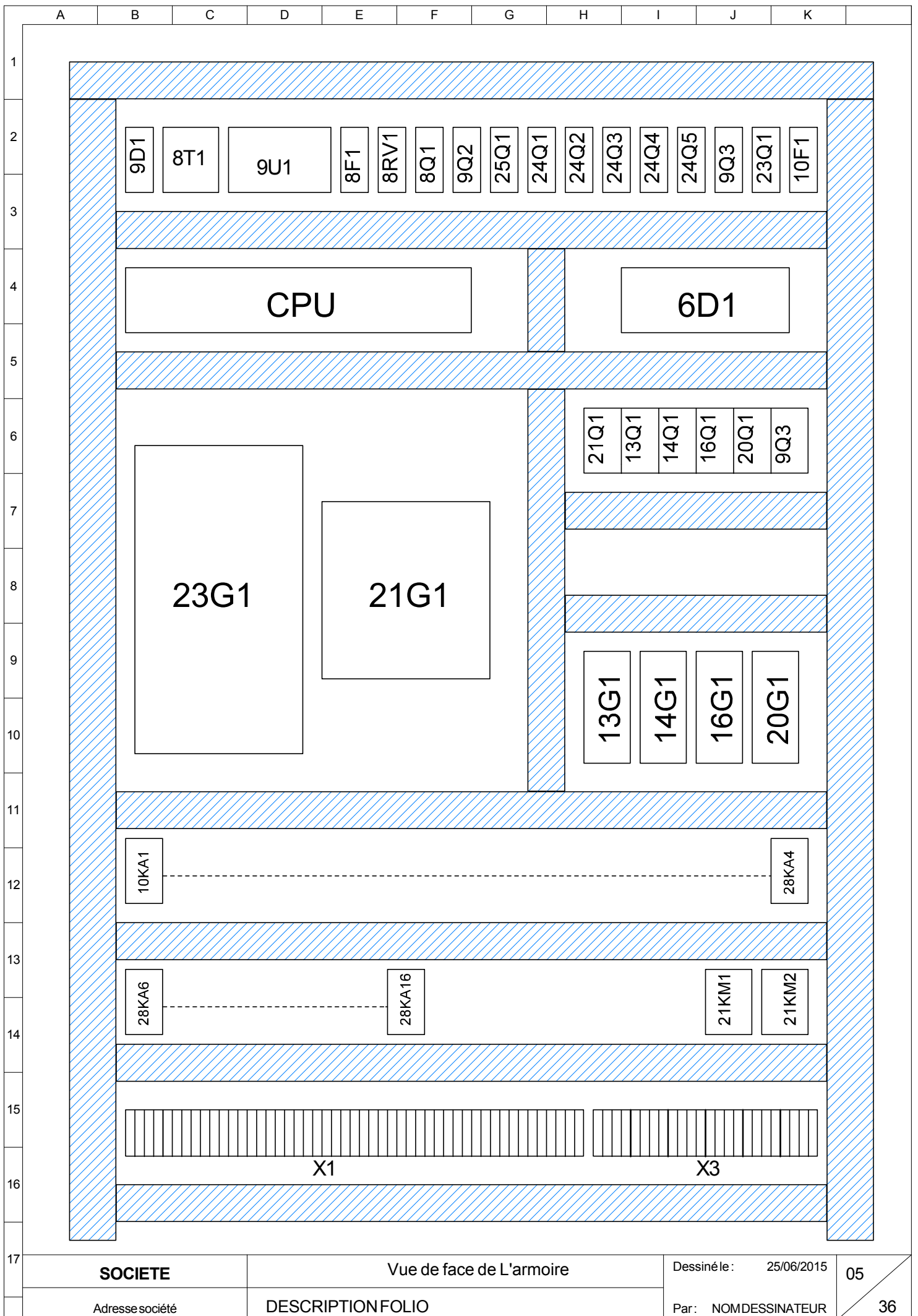
04

Adresse société

DESCRIPTION FOLIO

Par : NOM DESSINATEUR

36



SOCIETE

Vue de face de L'armoire

Dessiné le : 25/06/2015

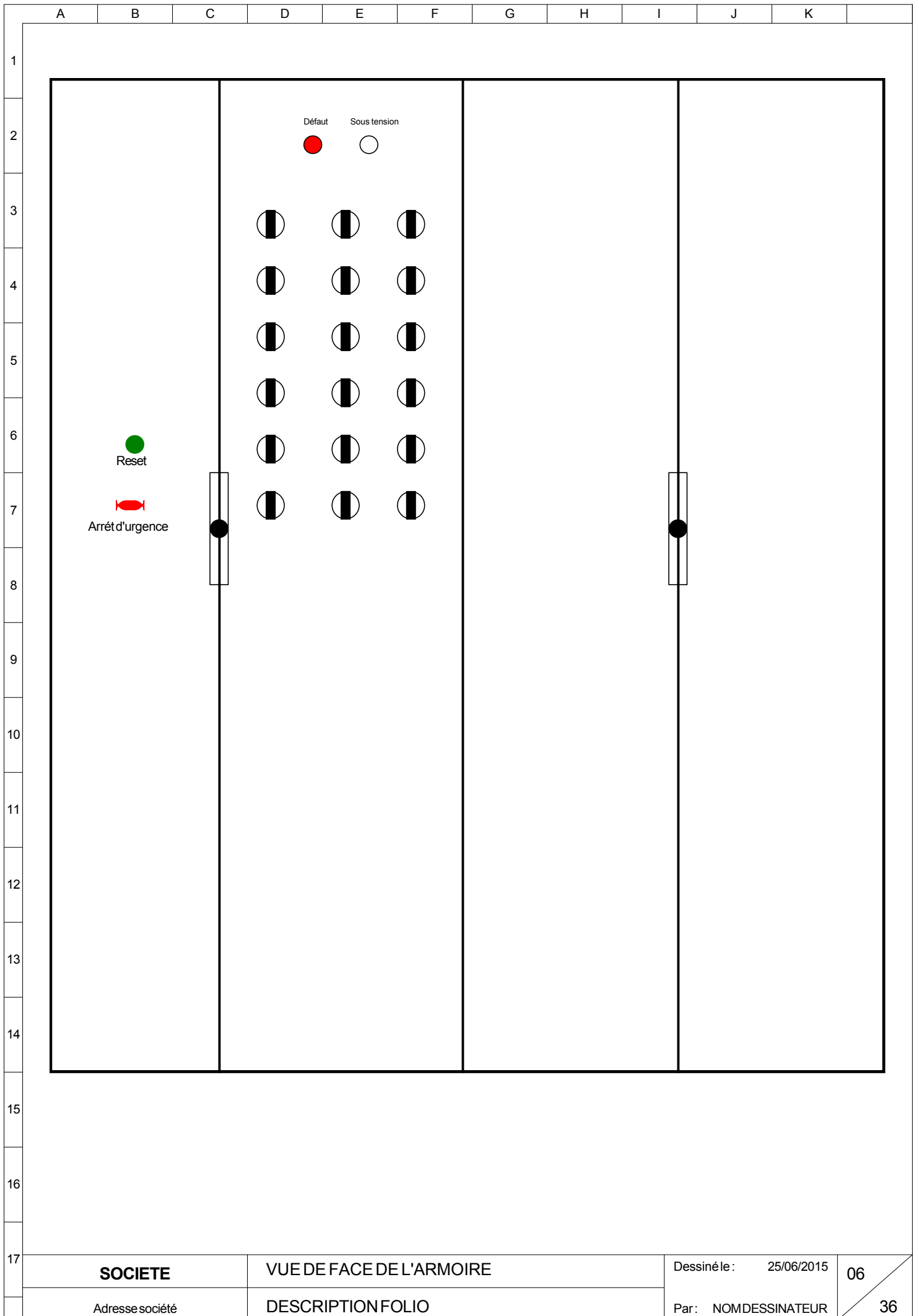
05

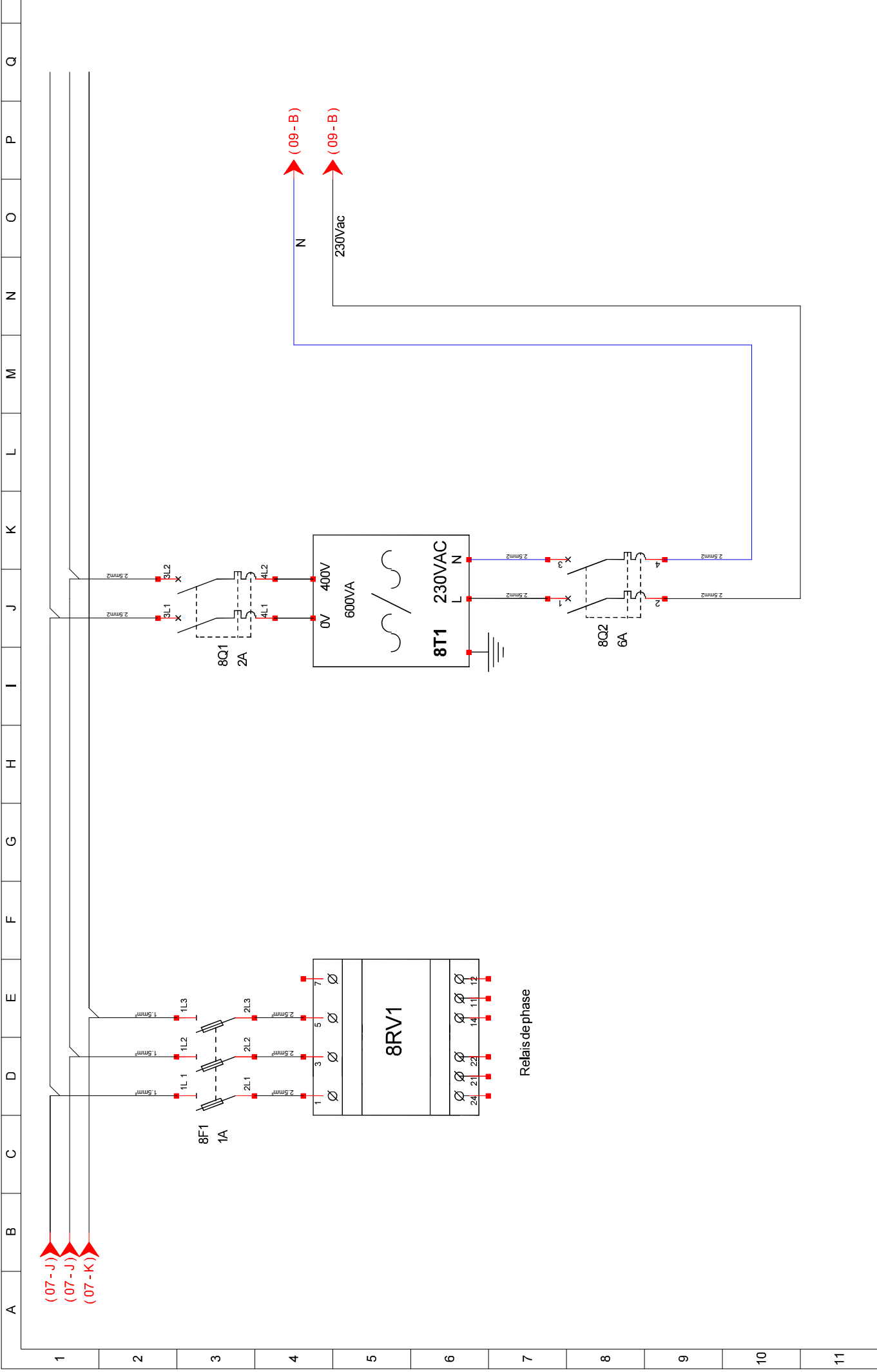
Adresse société

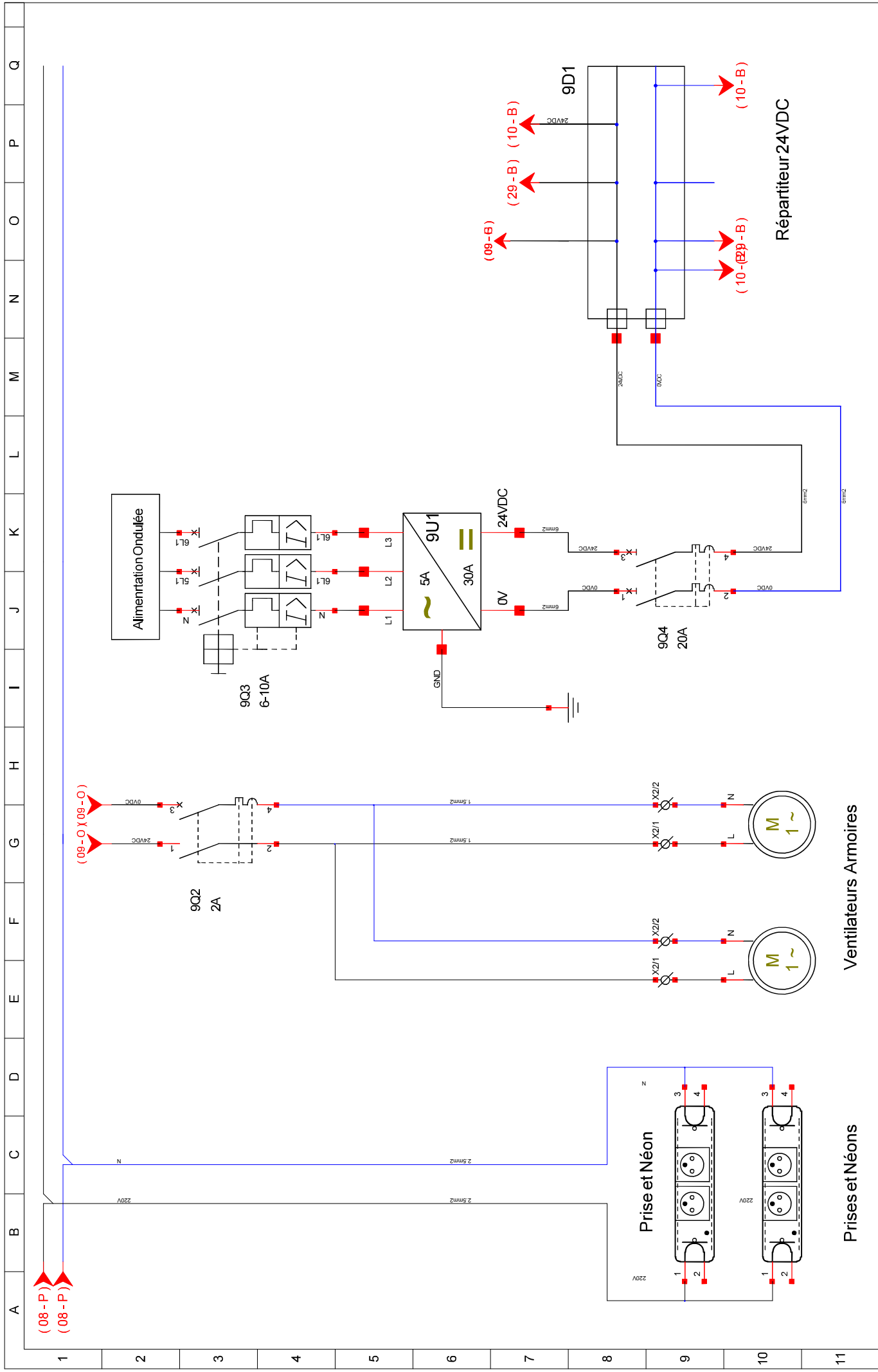
DESCRIPTION FOLIO

Par : NOMDESSINATEUR

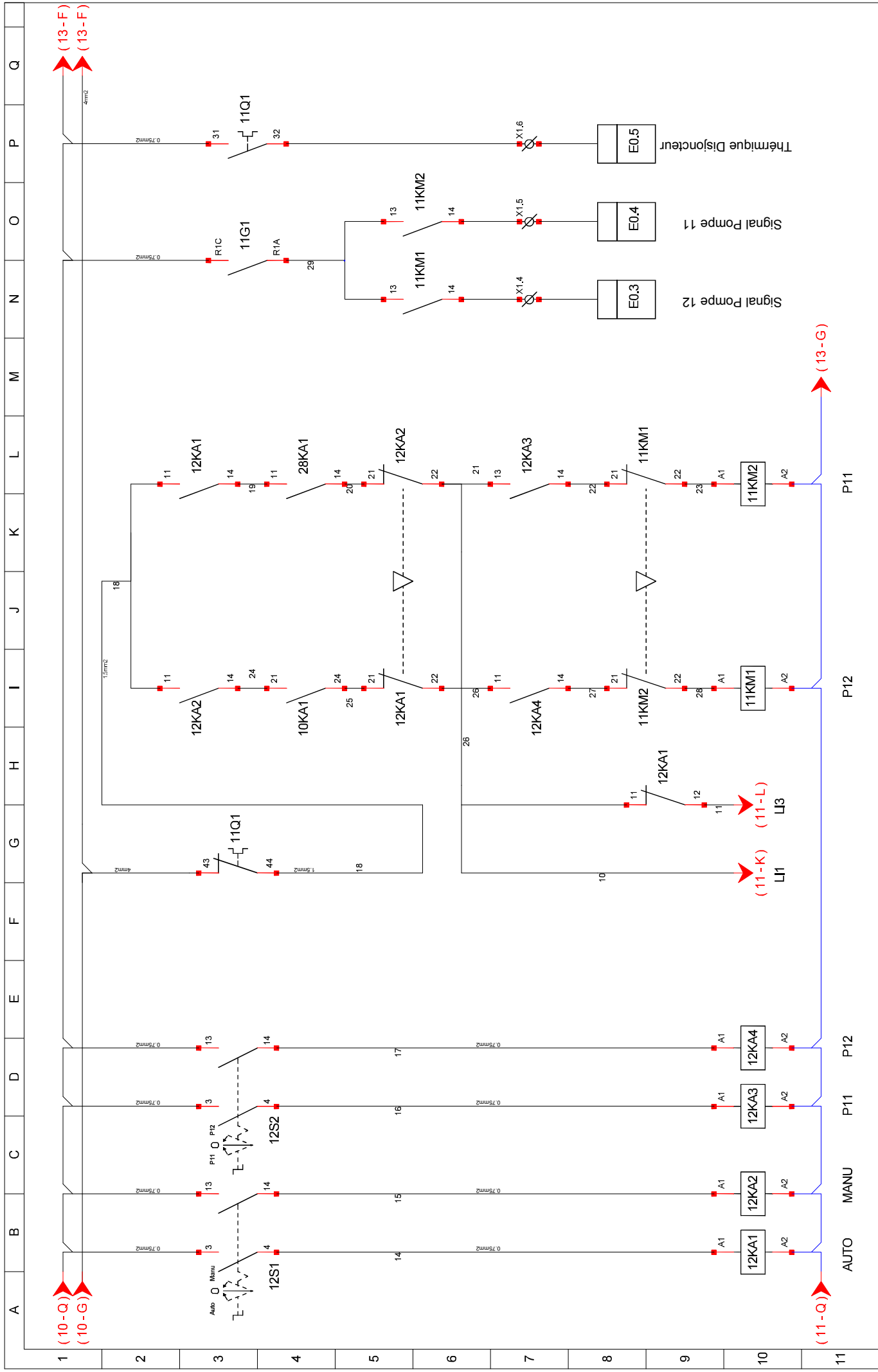
36



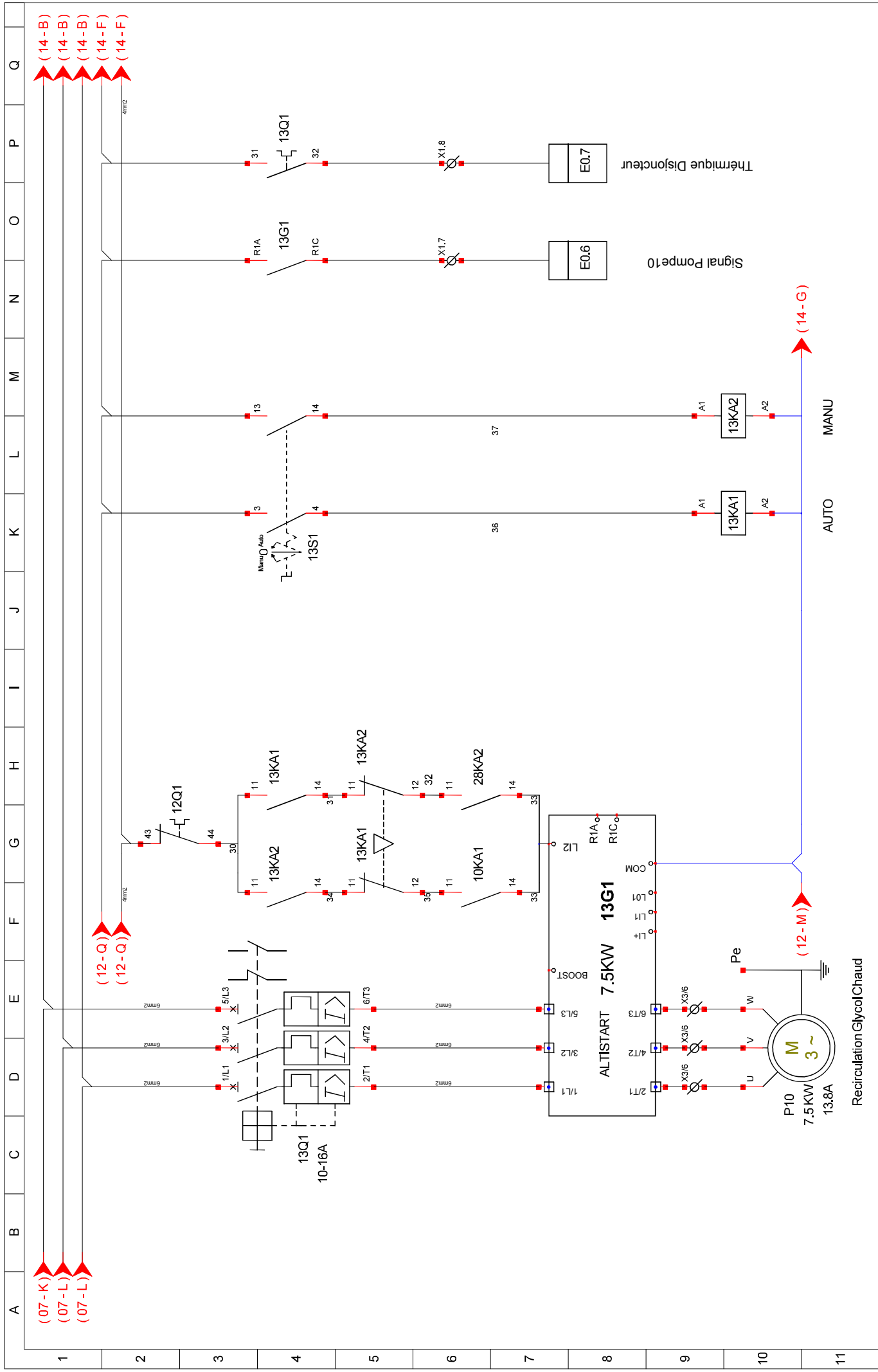


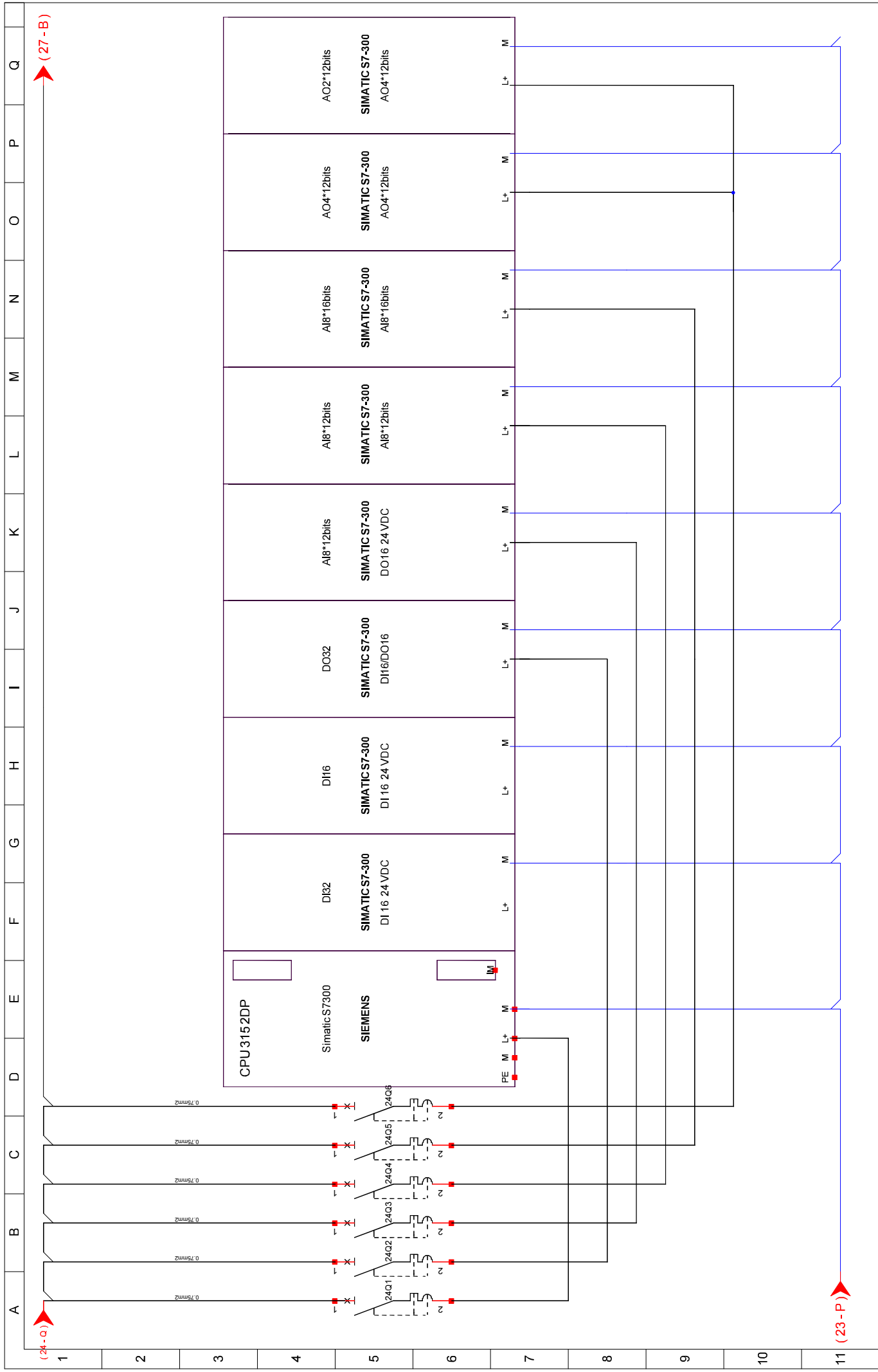


<p>EASMINDEXTRIEL AIT BOUADDOU, TIZI OUZOU</p>	<p>Shéma de puissance Armoire ALBAV</p>
<p>Dessiné le : 25/06/2015</p>	<p>09</p>
<p>Pat :</p>	<p>EASM</p>
<p>36</p>	

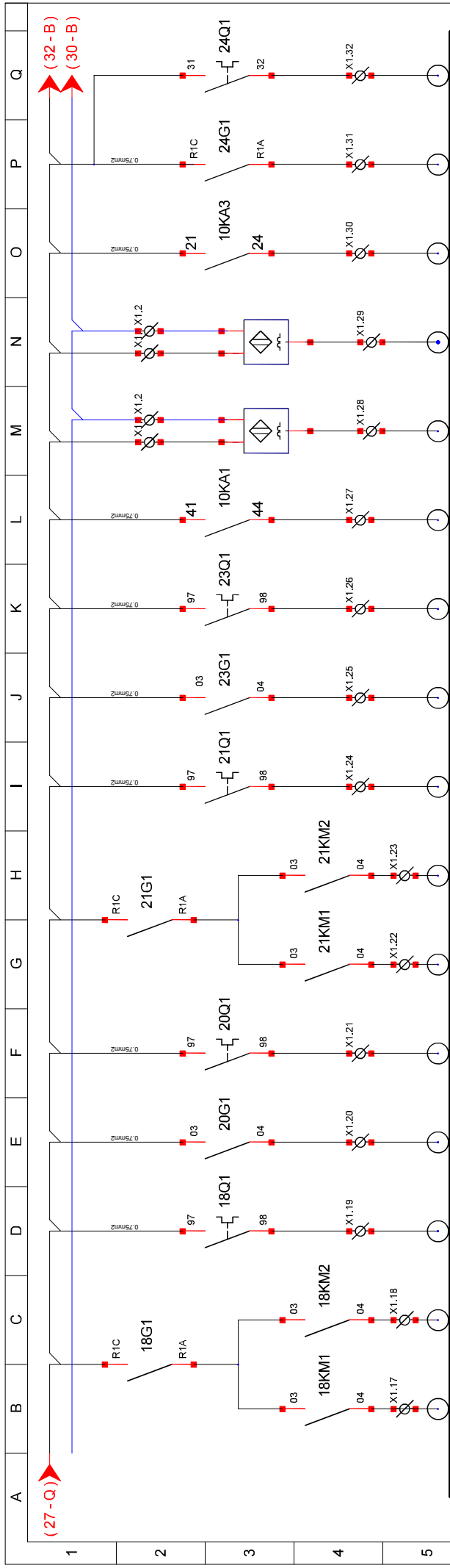


EASMINDEXTRIEL AITBOUADDOU, TIZIOUZOU	Shéma de commande Armoire ALBAV		Dessiné le : 25/06/2015	12
				Par : EASM



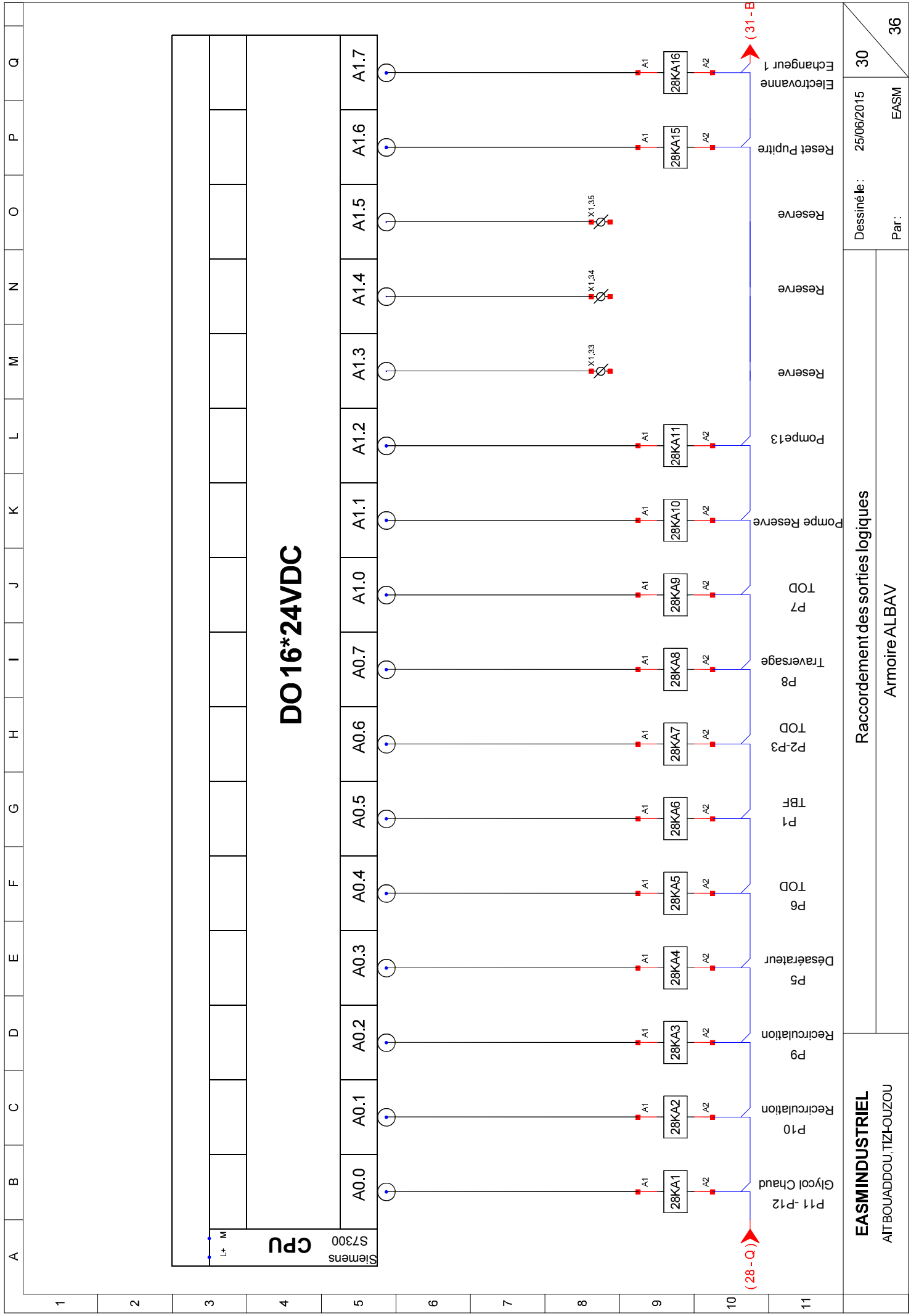


EASMINDEXTRIEL AITBOUADDOU, TIZI-OUZOU	ALIMENTATION DES MODULES		Dessiné le : 25/06/2015	26
	Armoire ALBAV		Par : EASM	36



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
L+ M	E2.0	E2.1	E2.2	E2.3	E2.4	E2.5	E2.6	E2.7	E3.0	E3.1	E3.2	E3.3	E3.4	E3.5	E3.6	E3.7
DI32*24VDC																
Siemens S7300 CPU																

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
Signal Pompe 03	Signal Pompe 02	Thermique Pompe 03/02	Signal Pompe 08	Thermique Pompe 08	Signal Pompe 07	Signal Pompe 06	Thermique Pompe 06/07	Signal Pompe Reserve	Thermique Pompe Reserve	Niveau bas glycol chaud	Niveau haut glycol chaud	Niveau bas glycol froid	Niveau haut glycol froid	Signal P13	Thermique P13

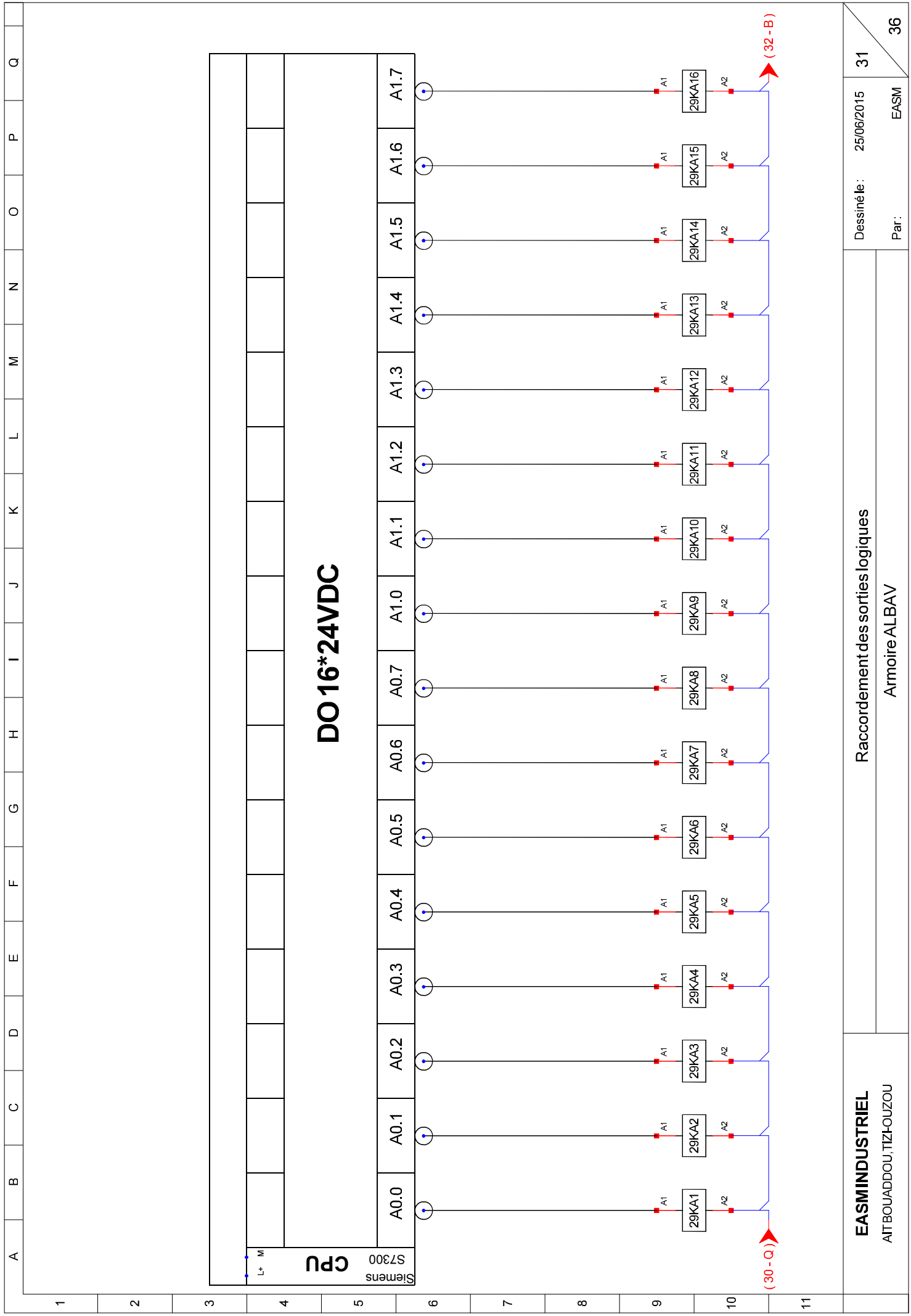


EASMINUSTRIEL
AITBOUADDOU, TIZTOUZOU

Raccordement des sorties logiques
Armoire ALBAV

Dessiné le : 25/06/2015
Par : EASM

30
36



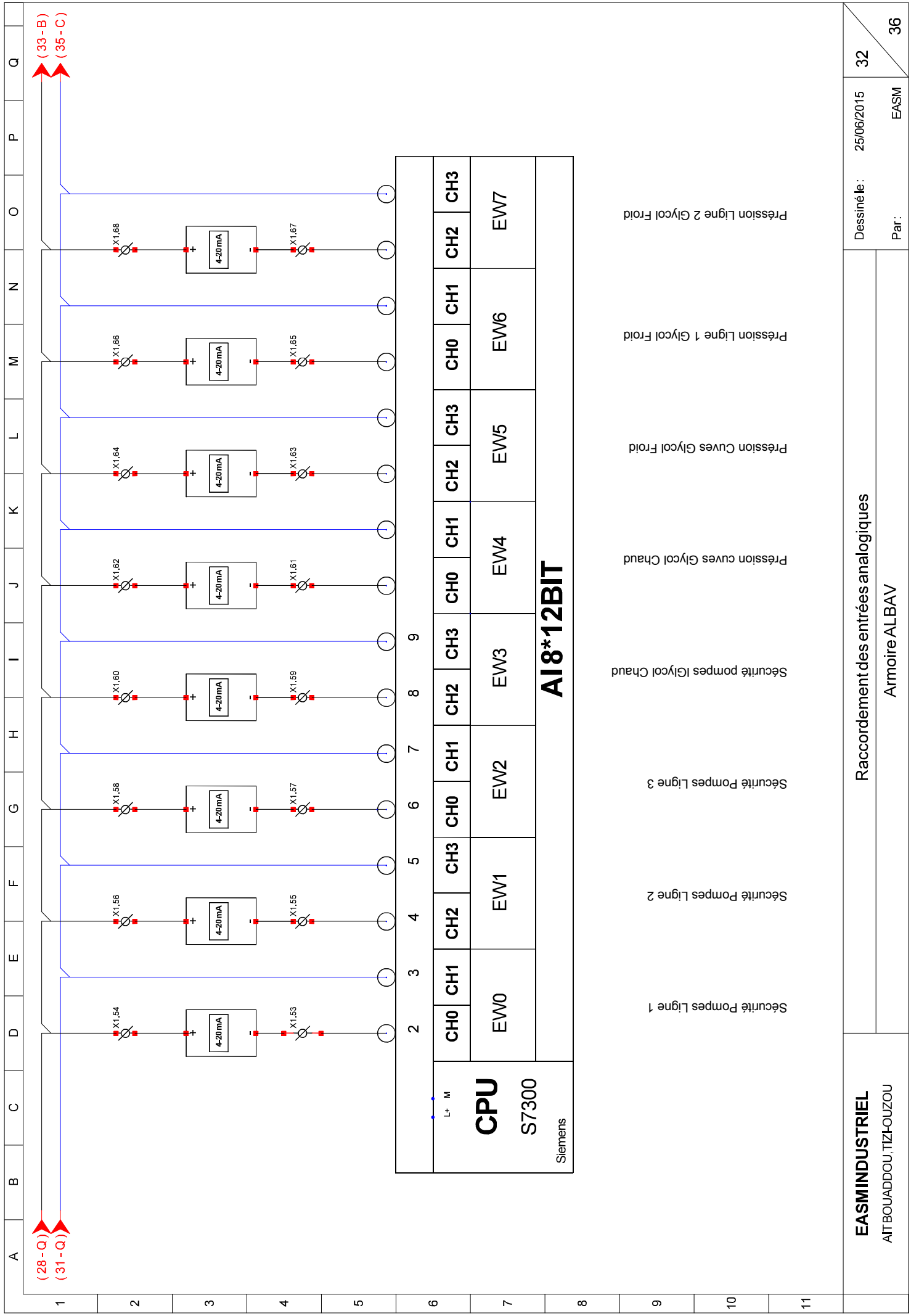
DO 16*24VDC

Raccordement des sorties logiques
Armoire ALBAV

Dessiné le : 25/06/2015
Par : EASM

31
36

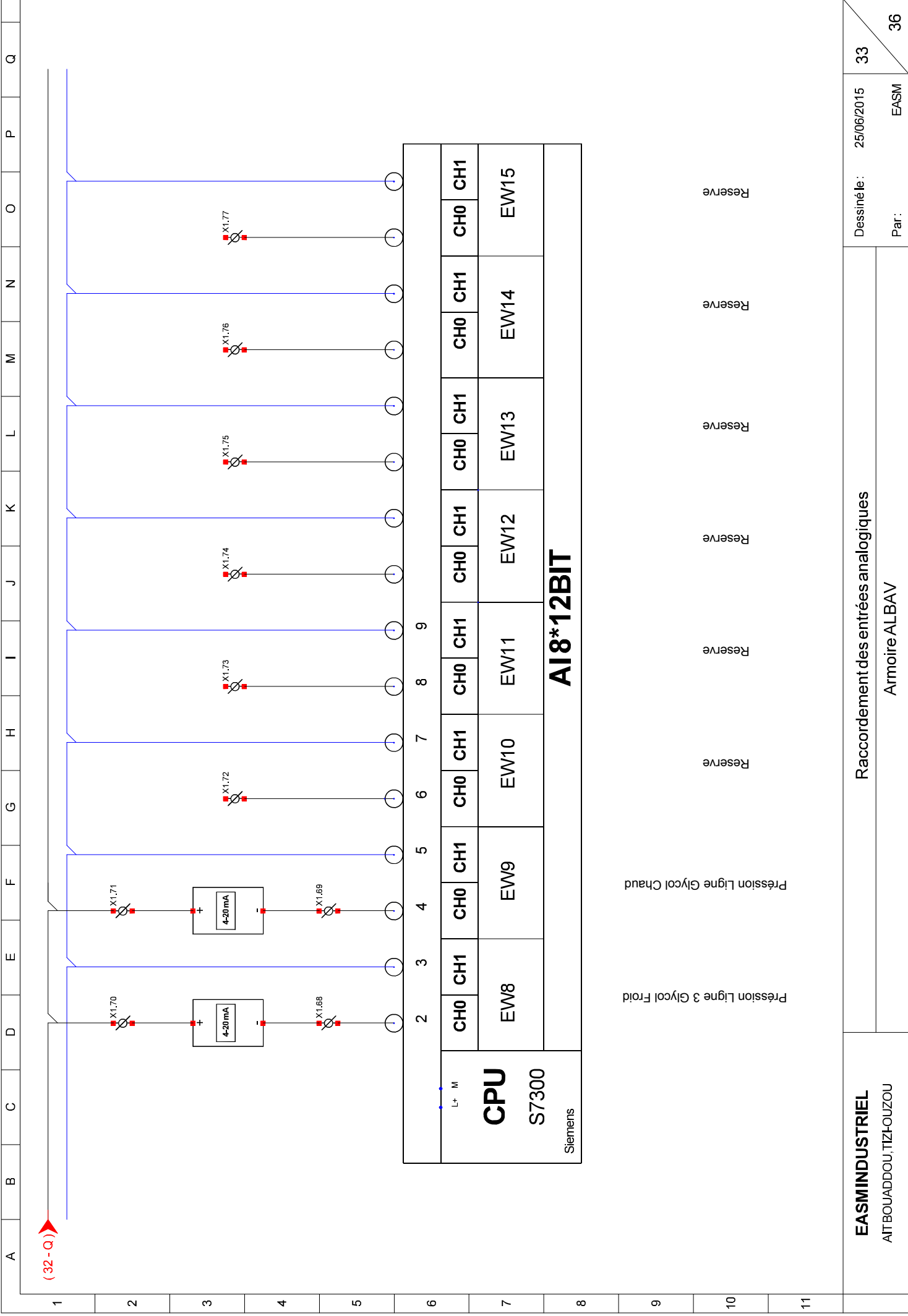
EASMINDEXTRIEL
AIT BOUADDOU, TIZ OUZOU



CPU				S7300				Siemens																							
2	3	4	5	6	7	8	9	CH0	CH1	CH2	CH3	CH0	CH1	CH2	CH3																
EW0				EW1				EW2				EW3				EW4				EW5				EW6				EW7			

AI8*12BIT

- 1 Sécurité Pompes Ligne 1
- 2 Sécurité Pompes Ligne 2
- 3 Sécurité Pompes Ligne 3
- 4 Pression cuves Glycol Chaud
- 5 Pression Cuves Glycol Froid
- 6 Pression Ligne 1 Glycol Froid
- 7 Pression Ligne 2 Glycol Froid



EASMINDEXTRIEL
AIT BOUADDOU, TIZ OUZOU

Raccordement des entrées analogiques
Armoire ALBAV

Dessiné le : 25/06/2015
Par : EASM

33 / 36

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q																																				
1																																																					
2																																																					
3																																																					
4																																																					
5																																																					
6																																																					
7	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2"> CPU S7300 Siemens </td> <td>CH0</td> <td>CH1</td> <td>CH2</td> <td>CH0</td> <td>CH1</td> <td>CH2</td> <td>CH0</td> <td>CH1</td> <td>CH2</td> <td>CH0</td> <td>CH1</td> <td>CH2</td> <td>CH0</td> <td>CH1</td> <td>CH2</td> <td>CH0</td> <td>CH1</td> <td>CH2</td> </tr> <tr> <td>PEW0</td> <td>PEW2</td> <td>PEW4</td> <td>PEW6</td> <td>PEW8</td> <td>PEW10</td> <td>PEW12</td> <td>PEW14</td> <td colspan="9"></td> </tr> </table>																	CPU S7300 Siemens	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	PEW0	PEW2	PEW4	PEW6	PEW8	PEW10	PEW12	PEW14									
CPU S7300 Siemens	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1	CH2	CH0	CH1		CH2																																		
	PEW0	PEW2	PEW4	PEW6	PEW8	PEW10	PEW12	PEW14																																													
8																																																					
9																																																					
10																																																					
11	<table border="1"> <tr> <td> Temperature Echangeur Pt100[1] Plaque 2 </td> <td> Départ Glycol Chaud Eau Glycolé Pt100[3] </td> <td> Départ Glycol Froid Pt100[4] </td> <td> Retour NH3 Pt100[6] </td> <td> Retour TBF Pt100[5] </td> <td> Sortie Echangeur à Plaques 1 Pt100[2] </td> <td> Reserve </td> </tr> </table>																	Temperature Echangeur Pt100[1] Plaque 2	Départ Glycol Chaud Eau Glycolé Pt100[3]	Départ Glycol Froid Pt100[4]	Retour NH3 Pt100[6]	Retour TBF Pt100[5]	Sortie Echangeur à Plaques 1 Pt100[2]	Reserve																													
Temperature Echangeur Pt100[1] Plaque 2	Départ Glycol Chaud Eau Glycolé Pt100[3]	Départ Glycol Froid Pt100[4]	Retour NH3 Pt100[6]	Retour TBF Pt100[5]	Sortie Echangeur à Plaques 1 Pt100[2]	Reserve																																															
EASMINUSTRIEL AIT BOUADDOU, TIZ OUZOU		Raccordement des entrées analogiques Armoire ALBAV														Dessiné le : 25/06/2015 Par : EASM	34 36																																				

