

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DE 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*  
**Essaid TASLENTE**  
**Hakim DJIOUA**

### Thème

# ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE ARMOIRE ELECTRIQUE EN VUE DE L'AUTOMATISATION D'UNE STATION DE TRAITEMENT DES EAUX

*Mémoire soutenu publiquement le 25/09/2017 devant le jury composé de :*

- **DENOUN Hakim** : Président  
Maitre de conférences classe A. UMMTO
- **BENAMROUCHE Nacereddine** : Encadreur  
Professeur. UMMTO
- **FEKIK Arezki** : Co-encadreur  
Doctorant. UMMTO
- **ZAOUIA Mustapha** : Examineur  
Maitre de conférences classe A. UMMTO
- **BENYAHIA Nabil** : Examineur.  
Maitre de conférences classe A. UMMTO



# Remerciements

**Avant tout, nous tenant à remercier DIEU qui nous a donner le courage, la santé et la patience pour réaliser ce modeste travail**

*Nous tenant à remercier notre promoteur Mr BENAMROUCHE Nacereddine qui nous a inspirer a abordé le thème de notre mémoire, nous le remercions pour sa confiance, ses conseils, et son aide précieux.*

*Nous tenons aussi à remercier notre Co promoteur Mr FEKIK Arezki Doctorant de l'université UMMTO, pour son immense aide, sa patience, sa disponibilité et ses conseils judicieux.*

*Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde gratitude.*

*Nous voudrons également remercier les membres de jury pour avoir accepté d'évoluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques.*

*A tous nos enseignants qui nous ont aider durant notre cursus, en signe d'un profond respect et d'une profonde gratitude.*

*A tous qui nous ont aidé de près ou de loin pour réaliser ce travail.*

**Merci à vous tous**



# ***DEDICACES***

*A la mémoire de mon défunt grand père « Lounes »,*

*Que DIEU l'accueillir dans son vaste paradis.*

*A ma grand-mère Ouardia, aucun hommage ne pourrait être  
à la hauteur de l'amour dont tu ne cesses de me combler.*

*Que dieu te procure une bonne santé et une longue vie.*

*A mon père DJEBARA qui a été toujours un grand support  
pour moi, je vous remercie énormément pour le soutien et  
l'amour que vous me portez depuis mon enfance.*

*A mes chers oncles : Achour, Mohand et Kamal. Grand  
merci pour votre soutien précieux.*

*A mes chers frères : Nacer, Massinissa et Aghiles*

*A mes chères tantes : Houria, Loudja et Fatiha. Que vous  
bénisse, vous étiez toujours là pour moi.*

*A tous mes cousins et mes cousines.*

*A mon chers binôme « Hakim » et la famille DJIOUA.*

*A mes chers amis : Rafik, Massi, Khaled, Tarik, Abderzak,  
Azouaou, Nourdine, Rokia, Tina.*

*A toute la promotion d'électrotechnique industriel  
2016/2017.*

*A ma meilleur amie « Rachel »*

*TASLENTE Essaid.*

# ***DEDICACES***

*A la mémoire de mon défunt père « Mouhand », que DIEU  
t'accueillir dans son vaste paradis.*

*À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, À cet  
source de tendresse, de patience et de générosité, À ma mère.*

*A mes chers frères : Rabah, Ahmed, Djamal.*

*A mes chères sœurs : Malika, Hamida, Ouardouch, Fatiha,  
Chafiaa, Sabiha.*

*A mes chers tantes Tassadit, Malha, Hasni et aussi mes grand  
mères « Hasni et Ouardia »*

*Mes chers amis : Rafik, Nabil, Rebouh.*

*A mon cher binôme « Essaid » avec qui j'ai partagé ce  
modeste travail.*

*A la promotion d'électrotechnique industriel 2016/2017.*

*Merci à tous !!*

*DJIOUA Hakim.*

# *Sommaire*

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Description de la station de traitement des eaux</b>	
I-1 : Introduction .....	2
I-2 : Présentation de la station.....	2
I-2-1: Armoire de commande.....	2
I-2-2: Les organes d'acquisitions.....	7
I-2-3: Les actionneurs.....	8
I-3 : Description du processus.....	11
I-4 : Présentation du cahier de charge.....	13
I-5 : Conclusion.....	13
<b>Chapitre II: Dimensionnement de l'armoire de la station traitement des eaux</b>	
II-1 : Introduction.....	14
II-2 : Les différentes étapes de réalisation de l'armoire électrique.....	14
II-3 : Collection des informations sur la station.....	14
II-4 : Les organes de commande.....	15
II-5 : Alimentation stabilisée AC/DC.....	15
II-6 : Démarrage des pompes.....	16
II-6-1 : Démarrage directe par contacteur.....	16
II-6-2 : Démarrage par variateur de vitesse.....	17
II-7 : Dimensionnement des sections des conducteurs et des protections.....	18
II-7-1 : Sections des conducteurs.....	19
II-7-2 : Choix et dimensionnement des protections.....	29
II-7-3 : La sécurité des personnes.....	29
II-7-4: La protection contre les courts circuits .....	33
II-8 : Etapes de réalisation de l'armoire.....	41
II-8-1 : Choix du coffret du câblage .....	41
II-8-2 : Choix de ventilation.....	41

II-8-3 : Matériels de fixation des appareils.....	42
II-8-4 : Réalisation du câblage de l'armoire.....	44
II-9 : Conclusion.....	45
<b>Chapitre III : Automatisation de l'armoire de la station de traitement des eaux</b>	
III-1 : Introduction.....	46
III-2: Généralités sur les automates programmables industriels.....	46
III-2-1: Définition.....	46
III-2-2: Critères du choix d'un API.....	47
III-3: L'automate S7-300.....	47
III-3-1: Présentation .....	47
III-3-2: Caractéristiques.....	48
III-4: Les modules de l'automate S7-300.....	48
III-4-1: Module d'alimentation .....	48
III-4-2: L'unité centrale .....	49
III-4-3: Module d'entrées/sorties logiques.....	49
III-4-4: Module entrées/sorties analogiques.....	50
III-4-5: Module de simulation.....	50
III-4-6: Consol de programmation.....	50
III-5: les langages de programmation de l'automation S7-300.....	50
III-6: Les blocs de S7.....	51
III-6-1: Blocs OB.....	51
III-6-2: Blocs DB.....	51
III-6-3: Blocs FB.....	51
III-6-4: Fonction FC.....	51
III-7 : Programmation de la station de traitement des eaux.....	53
III-7-1 : Création du projet.....	53
III-7-2 : Configuration matérielle.....	55
III-7-3 : Table des mnémoniques.....	56

III-7-4 : Structure du programme de la station de traitement des eaux.....	58
III-7-5 : Exemple de simulation .....	59
III-7: Conclusion.....	66
<b>Chapitre IV : Supervision du processus</b>	
IV-1 : Introduction.....	67
IV-2 : La supervision.....	67
IV-3 : Constitution d'un système de supervision.....	67
IV-3-1: Module de visualisation.....	68
IV-3-2 : Module d'archivage.....	68
IV-3-3 : Module de traitement.....	68
IV-3-4 : Module de communication.....	68
IV-4 : Description du logiciel de supervision WinCC.....	68
IV-5: principe de communication de WinCC.....	68
IV-6: Supervision de la station de traitement des eaux.....	69
IV-6-1 : Création du projet.....	69
IV-6-2 : Liaison avec l'automate.....	72
IV-6-3 : Création des vues.....	72
IV-6-4 : Configuration des alarmes.....	76
IV-6-5 : Changement de vues.....	77
IV-6-6 : Visualisation du processus.....	77
IV-6-7 : Exemple d'application.....	78
IV-7 : Conclusion.....	80
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>81</b>

## **Annexe**

## **Bibliographie**

# *Les abréviations*

## *Les pompes*

**PF1** : pompe forage 1 : assure le pompage d'eau du forage 1.

**PF2** : pompe forage 2 : assure le pompage d'eau du forage 2.

**PD** : pompe doseuse : injecte la solution du chlore dans la canalisation.

**P10** : maitre pompe 10 : envoie de l'eau brute dans l'osmoseur 1.

**P20** : maitre pompe 20 : envoie de l'eau vers osmoseur 2

**P11** : pompe esclave 11 : assure le secours de **P10**.

**P21** : pompe esclave 21 : assure le secours de **P20**.

**P2** : pompe 2 : envoie de l'eau osmosée vers la cuve d'eau glacée.

**P3** : pompe 3 : envoie de l'eau osmosée vers la cuve d'eau chlorée.

**P5** : pompe 5 : envoie de l'eau chlorée vers la cuve SBOA.

## *Les capteurs*

**p1** : placé au niveau de la cuve d'eau brute ; mesure du niveau de la cuve.

**p3** : capteur lié au variateur HYDROVAR placé au niveau de **P10**.

**p4** : capteur placé au niveau de **P11**.

**p5** : capteur lié au variateur HYDROVAR placé au niveau de **P20**.

**p6** : capteur placé au niveau de **P21**.

**pe1** : capteur placé à l'entrée du filtre a sable 1.

**ps1** : capteur à la sortie du filtre à sable 1.

**pe2** : capteur à l'entrée du filtre à sable 2.

**ps2** : capteur à la sortie du filtre à sable 2.

**p7** : capteur à l'entée de l'osmoseur 1.

**p8** : capteur placé au niveau de cuve d'eau osmosée ; mesure du niveau de la cuve.

**p9** : capteur placé au niveau d'eau osmosée chlorée ; mesure du niveau de la cuve.

**p10** : capteur à la sortie de l'osmoseur 2.

**p11** : capteur placé au niveau de **P5**.

### *L'électrovanne*

**EV3** : placée à la sortie de la cuve d'eau osmosée.

### *Les termes*

**CPU**: Central Processing Unit.

**DP**: Decentralized Peripherals.

**MPI**: Multi Point Interface.

**RISC**: Reduced Instruction Set Computing.

**CE**: Embedded Compact.

**CANopen**: Controlling area network.

**EIA**: Energy Information Administration.

**TOR**: Tout ou rien

**WinCC**: Windows Control Center

**IGBT**: Insolated Gate Bipolar Transistor

**CEI**: Commission Electrotechnique Internationale

**Pdc**: Pouvoir de coupure

**API**: Automate Programmable Industriel

**PLC**: Programmable Logic Controller

**LED**: Light-Emitting Diode

**DI**: Digital Input (entrée logique)

**DO**: Digital Output (sortie logique)

**AI**: Analog Input (entrée analogique).

**AO**: Analog Output (sortie analogique).

**OB**: Bloc d'organisation.

**DB**: Data Bloc (Bloc de donnée).

**FB**: Bloc fonctionnel.

**FC**: Fonction.

**SBOA**: Société des Boissons de l'Ouest Algérien.

**ESC:** Escape (Echappe).

**CC:** Court-Circuit.

**DDR:** Dispositif différentiel à courant résiduel.

**AC:** Alternating current (courant alteratif).

**DC:** Direct Current (courant continu).

**JDB :** Jeu De Barres.

## **Figures**

*Figure I-1 : L'Automate programmable industriel SIMATIC S7-300 de SIEMENS*

*Figure I-2 : Phase de configuration et de conduite du processus*

*Figure I-3: Pupitre Opérateur OP270-06.*

*Figure I-4: variateur de vitesse ALTIVAR 71.*

*Figure I-5: les protocoles de communication intégrant dans l'ALTIVAR 71.*

*Figure I-6 : Système multi pompes équipé de variateurs MASTER seulement*

*Figure I-7 : Système multi pompes équipé d'un variateur MASTER et des variateurs BASIC.*

*Figure I-8 : Capteur de pression 4-20mA*

*Figure I-9 : Principe d'une pompe émergente.*

*Figure I-10 : Constitution d'un système de dosage.*

*Figure I-11 : principe de fonctionnement d'une électrovanne TOR.*

*Figure I-12 : Schéma de la station de traitement des eaux.*

*Figure II.-1 : schéma de la mise en marche/arrêt d'un moteur.*

*Figure II-2 : Caractéristique du courant et du couple d'un moteur asynchrone.*

*Figure II-3: Structure internes d'un variateur de vitesse.*

*Figure II-4: logigramme des étapes de détermination des sections des conducteurs.*

*Figure II-5: Effets physiopathologiques du passage du courant a travers le corps humain*

*Figure II-6: Contact direct*

*Figure II-7 : Contact indirect.*

*Figure II-8: Zones temps/courant des effets des courants alternatifs (15 Hz à 100 Hz) sur des personnes selon la norme CEI 60449-1.*

*Figure II-9: Caractéristique de fonctionnement d'un fusible*

*Figure II-10: Caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur*

*Figure II-11 : Valeurs maximales des courts circuits en différents points de l'installation*

*Figure II-12: La sélectivité des disjoncteurs.*

*Figure II-13: courbes de fonctionnement des disjoncteurs (B et C).*

*Figure II-14 : Les fonctionnalités que doit assurer un départ moteur*

*Figure II-15: Départ moteur constitue d'un disjoncteur magnétothermique et un contacteur de puissance.*

*Figure II-16: Départs moteur constitue d'un disjoncteur magnétothermique et un variateur de vitesse.*

*Figure II-17: Différents tailles des coffrets de câblage.*

*Figure II-18: Types de platines.*

*Figure II-19: Différents types de profilés.*

*Figure II-20: Les goulottes de câblage.*

*Figure II-21: Espace entre les goulottes et l'appareillage*

*Figure III-1 : Automate programmable industriel*

*Figure III-2 : L'automate S7-300 de SIEMENS.*

*Figure III-3 : Les différents modules de l'automate S7-300.*

*Figure III-4 : Principe de conversion analogique/numérique.*

*Figure III-5 : Fonction mise à l'échelle « SCALE »*

*Figure III-6 : Fonction annuler la mise à l'échelle « UNSCALE »*

*Figure III-7 : Assistant de Step7*

*Figure III-8 : Choix de la CPU*

*Figure III-9 : choix du bloc à insérer et le langage de programmation.*

*Figure III-10 : Nom du projet*

*Figure III-11 : Configuration matérielle de l'automate pour le projet de station de traitement des eaux.*

*Figure III-12 : table des mnémoniques.*

*Figure III-13: Structure du programme de la station de traitement des eaux*

*Figure III-14 : Bloc d'organisation OBI du programme.*

*Figure III-15 : Montage du circuit puissance de l'ALTIVAR 31.*

*Figure III-16 : Schéma de commande (connexion variateur/automate)*

*Figure III-17 : Plaque signalétique du moteur.*

*Figure III-18 : Schéma du programme « Condition de sécurités » (FC2).*

*Figure III-19 : SCALE niveau d'eau brute.*

*Figure III-20 : UNSCALE sortie analogique.*

*Figure III-21 : Démarrage du moteur*

*Figure III-22 : Fenêtre du simulateur S7-PLCSIM.*

*Figure III-23 : Simulation du niveau d'eau brute.*

*Figure III-24 : Simulation de la sortie analogique pour varier la vitesse du moteur.*

*Figure III-25 : Simulation état du moteur.*

*Figure IV-1 : Structure d'un système de supervision.*

*Figure IV-2 : Assistant de projet de WinCC flexible.*

*Figure IV-3 : Choix du pupitre opérateur.*

*Figure IV-4 : Insertion d'une station HMI à partir de SIMATIC Manager.*

*Figure IV-5 : Vue général du WinCC Flexible Advanced.*

*Figure IV-6 : Liaison pupitre-API.*

*Figure IV-7 : Vue d'accueil (HOME).*

*Figure IV-8 : Vue pompage eau brute.*

*Figure IV-9 : Variation des vitesses des pompes de forage.*

*Figure IV-10 : Variation des niveaux des trois cuves en fonction du temps.*

*Figure IV-11 : Vue des osmoseurs.*

*Figure IV-12 : Distribution vers S.B.O.A et EAU GLACÉE.*

*Figure IV-13 : Vue des statistiques de l'installation.*

*Figure IV-14 : Alarmes de la station de traitement des eaux*

*Figure IV-15 : Lancement de WinCC flexible Runtime.*

*Figure IV-16 : Vue générale de l'application.*

*Figure IV-17 : les variables des différents objets de la vue.*

*Figure IV-18 : Visualisation de l'application en mode Runtime*

## **Tableaux**

*Tableau II-1 : les caractéristiques des différentes pompes de la station de traitement des eaux.*

*Tableau II-2 : Facteur de simultanéité pour bâtiments administratifs*

*Tableau II-3 : Facteur de simultanéité pour armoires de distribution industrielles.*

*Tableau II-4: Valeur du facteur de conversion de puissance en intensité.*

*Tableau II- 5: Lettres de sélection des conducteurs.*

*Tableau II-6: Valeurs du coefficient  $K_1$*

*Tableau II-7: valeurs du facteur  $K_2$ .*

*Tableau II-8 : valeurs du facteur  $K_3$*

*Tableau II-9 : sections standards des conducteurs.*

*Tableau II-10 : Résultats de calcul des sections des conducteurs*

*Tableau II-11 : Durée maximale de maintien de la tension de contact.*

*Tableau II-12: Détermination des résistances et des réactances d'une installation.*

# ***Introduction générale***

La qualité de l'eau est d'une importance primordiale dans l'agro-alimentaire, cette industrie exige une bonne qualité de l'eau, en particulier quand il y a un contact direct avec les aliments, la plupart des procédés exigent une qualité d'eau conforme aux recommandations physico-chimique. C'est pour cette raison que toutes les sociétés d'embouteillage disposent de station de traitement des eaux en amont des chaînes de production.

Sous la concurrence et la compétitivité dans le secteur de l'industrie, toutes sociétés industrielles cherchent à améliorer leurs productions de bonne qualité, à moindre coût et en minimum de temps possible. Leurs investissements seront dirigés vers la recherche de la satisfaction du client qui se résume dans le célèbre trio : une meilleure qualité, un moindre prix, un bref délai.

Néanmoins, l'amélioration de la production revient à effectuer des tâches répétitives en toute fiabilité et sécurité du processus de fabrication et du matériel utilisés. Ce qui revient à opter pour une automatisation plus flexible des équipements et des procédés de production.

La technologie des automates programmables apporte une solution sûre et durable aux exigences des installations modernes dans toutes les branches. Vu la complexité des installations modernes, ils exigent des grands volumes de traitement, ces systèmes donnent la possibilité de réaliser ces commandes d'une manière plus simplifiée et moins encombrée.

Le projet présenté dans ce mémoire est le dimensionnement et la réalisation d'une armoire électrique de commande d'une station de traitement des eaux en vue d'une automatisation à base de :

- STEP 7/300 qui est le logiciel de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC.
- WinCC qui est un logiciel de supervision et de configuration en fonctionnement monoposte ou multiposte.

Ce travail se présente en quatre chapitres :

Le premier chapitre porte sur la description de la station de traitement des eaux ainsi que la présentation des différents éléments qui la constitue, leurs rôles et leurs fonctions.

Le deuxième chapitre est consacré pour le choix et le dimensionnement de l'armoire à savoir les conducteurs et les protections des équipements, ainsi que les étapes de réalisations.

Le troisième chapitre consiste à présenter la solution apportée pour l'automatisation du système ainsi que la manière de programmer et le comportement des équipements sous le logiciel utilisé.

Le quatrième chapitre porte sur la supervision du processus sur un écran à l'aide du logiciel WinCC.

# ***Chapitre I:***

Description de la station de  
traitement des eaux

## **I-1 : Introduction**

L'eau est un élément primordial pour la vie sur la planète. Dans l'industrie, l'eau est le fluide le plus utilisé dans les procédés industriels. La majorité des applications exigent de faire un traitement de l'eau pour remplir un certain nombre de normes de conditions comme l'élimination des impuretés et avoir un certain nombre de caractéristiques chimiques concernant la matière organique et minérale.

C'est pour cela que les sociétés mettent en place des stations bien équipées pour le traitement des eaux avant les chaînes de productions, afin de garantir une eau de bonne qualité.

## **I-2 : Présentation de la station**

### **I-2-1 : Armoire de commande**

- L'automate: SIMATIC S7-300

L'automate programmable industriel S7-300 fabriqué par SIEMENS, fait partie de la gamme SIMATIC S7, c'est un automate destiné à des tâches d'automatisation moyennes et hautes gammes.

L'automate est constitué d'un module d'alimentation, une CPU, un coupleur et des modules d'entrées/sorties.



*Figure I-1 : L'Automate programmable industriel SIMATIC S7-300 de SIEMENS*

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des signaux d'entrées, exécute le programme de l'utilisateur et commande les sorties.

Pour l'armoire de la station on a utilisé une CPU 315-2DP de mémoire de travail 256Ko, une vitesse d'exécution de 0.05ms/kinst, une interface MPI (multi point interface) pour la connexion de la console de programmation (PG ou PC), une deuxième interface DP (interface PROFIBUS DP) soit comme maître DP ou esclave DP dans un réseau PROFIBUS DP et une configuration à plusieurs rangées jusqu'à 32 modules.

- Pupitre operateur

Il permet à l'utilisateur de visualiser et commander l'installation par représentation graphique de l'état de service, ainsi que les valeurs actuelles d'un processus et les défaillances de l'automate couplé.

Pour effectuer le pilotage d'une machine il faut configurer le panneau de configuration de ce pupitre 'phase de configuration' comme le montre la figure suivante. [1]

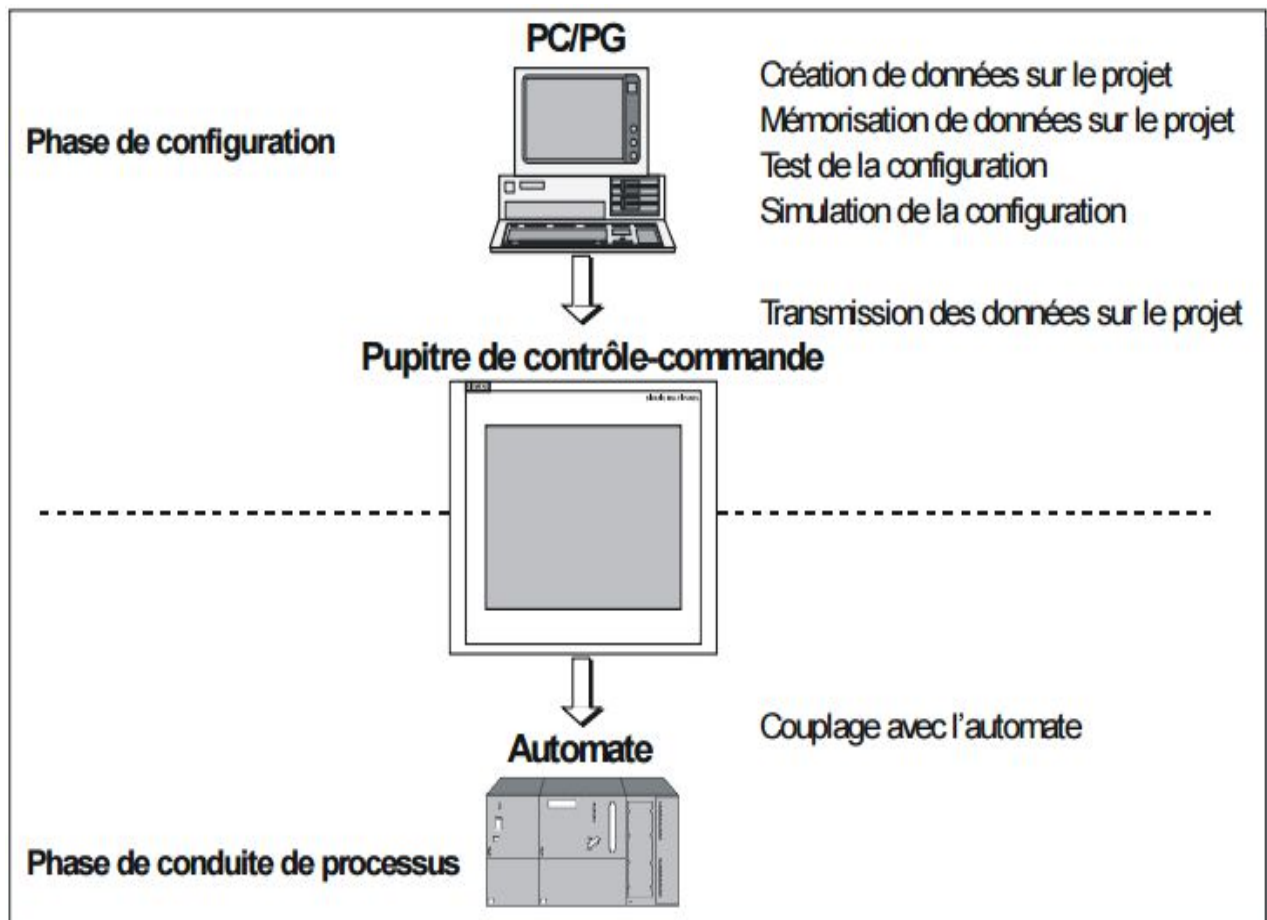


Figure I-2 : Phase de configuration et de conduite du processus

Pour la supervision de la station de traitement des eaux, nous avons choisi le pupitre OP 270-06 qui possède les caractéristiques suivantes :

- Ecran 6 pouces (environ 15cm) avec des touches clé.
- Une capacité maximale 2 Mo.
- Une CPU RISC.
- Système d'exploitation Microsoft Windows CE.
- Des interfaces pour connexion de l'automate, PG/PC, imprimante, réseau, souris et claviers externes.

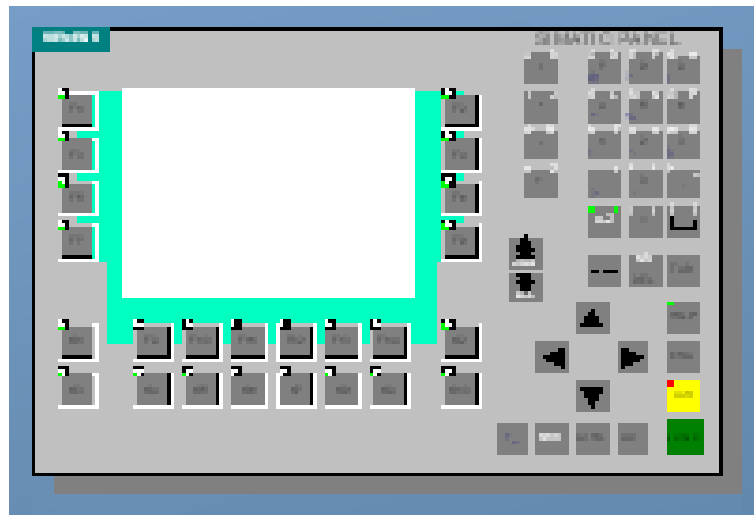


Figure I-3: Pupitre Operateur OP270-06

- Les variateurs de vitesses  
Sont utilisés pour le démarrage des pompes :
- **ALTIVAR 71 :**  
Ce variateur à une gamme qui reprend aux exigences les plus fortes, il contient différents types de commande moteur et de nombreuses fonctionnalités intégrées, il est conçu pour répondre à toutes les configurations dans les installations industrielles communicantes. [2]



Figure I-4: variateur de vitesse ALTIVAR 71.

La gamme ALTIVAR 71 couvre les puissances moteur 0.37 à 500kW sous tensions d'alimentation :

- 200 ; 240V Alternatif monophasé : 0.37 à 5.5 kW.
- 200 ; 240V Alternatif triphasé : 0.37 à 75 kW.
- 380 ; 480V Alternatif triphasé : 0.75 à 500 kW.

Cette gamme de variateurs est adaptée aux applications qui exigent :

- Couple et précision de vitesse à très basse vitesse.
- Gamme de puissance étendue pour les moteurs à haute vitesse.
- Précision de vitesse statique et économie d'énergie pour les moteurs asynchrone en boucle ouverte.
- Mise en parallèle des moteurs. [3]

Ce variateur intègre en standard les protocoles de communication Modbus et CANopen ainsi que de nombreuses fonctionnalités.

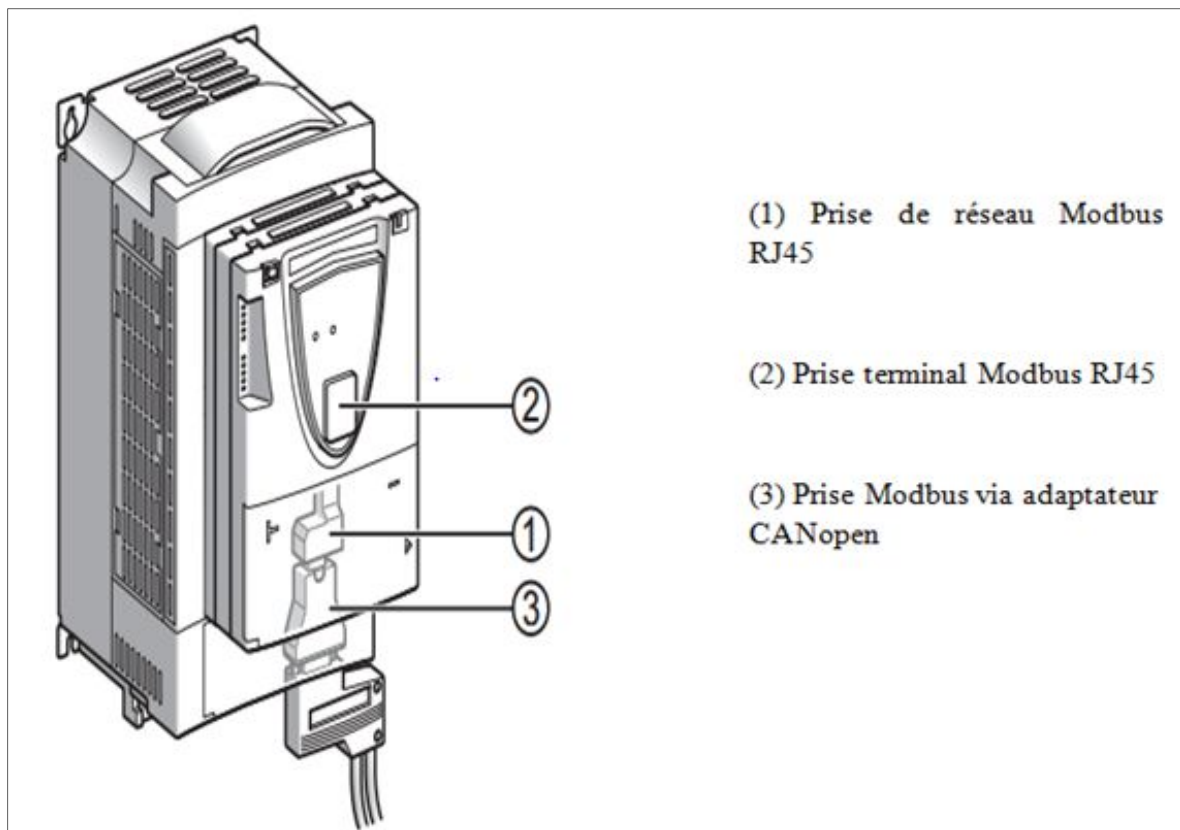


Figure I-5 : les protocoles de communication intégrant dans l'ALTIVAR 71.

- La prise réseau Modbus de type RJ45 : cette prise est destinée au contrôle et la commande par un automate programmable ou un autre type de contrôleur.
- La prise terminal Modbus de type RJ45 : destinée pour la connexion d'un terminal graphique déportable, d'un terminal de dialogue industriel de type Magelix, de l'atelier logiciel PowerSuite.
- Prise de réseau Modbus via adaptateur CANopen : cette prise permet l'accès au protocole CANopen. [5]

Les fonctionnalités de la gamme ALTIVAR 71 peuvent être étendues à l'aide de cartes de communication, extension d'entrées/sorties, d'une carte programmable « Contrôle Inside » ou une carte d'interface codeur.

Parmi ses applications on trouve : levage, ascenseurs, manutention, emballage, textile, bois, forte inertie, process. [2] [3]

Ce variateur sera utilisé pour démarrer les pompes forage 1 et 2.

#### - HYDROVAR

C'est un système de contrôle intelligent qui s'adapte aux exigences des installations. Il est monté directement sur le moteur.

L'unité HYDROVAR se compose d'un groupe puissance et d'une carte de commande.

Pour une configuration comportant le groupe puissance seulement (configuration BASIC) l'HYDROVAR est un variateur de base, il est utilisé comme une pompe séquentielle dans un système multi pompe ou un simple démarreur progressif dans un système mono pompe.

L'association d'une carte de commande supplémentaire pour la configuration basic nous donne ce qu'on appelle la configuration SINGLE.

La configuration MASTER est l'association d'une carte de contrôle a un variateur BASIC, la fonction sera étendue à une configuration SINGLE ou MASTER.

L'HYDROVAR permet de réaliser presque n'importe quelle configuration de pompes : jusqu'à 8 HYDROVAR MASTER ou un mixte de MASTER/SLAVE. [4]

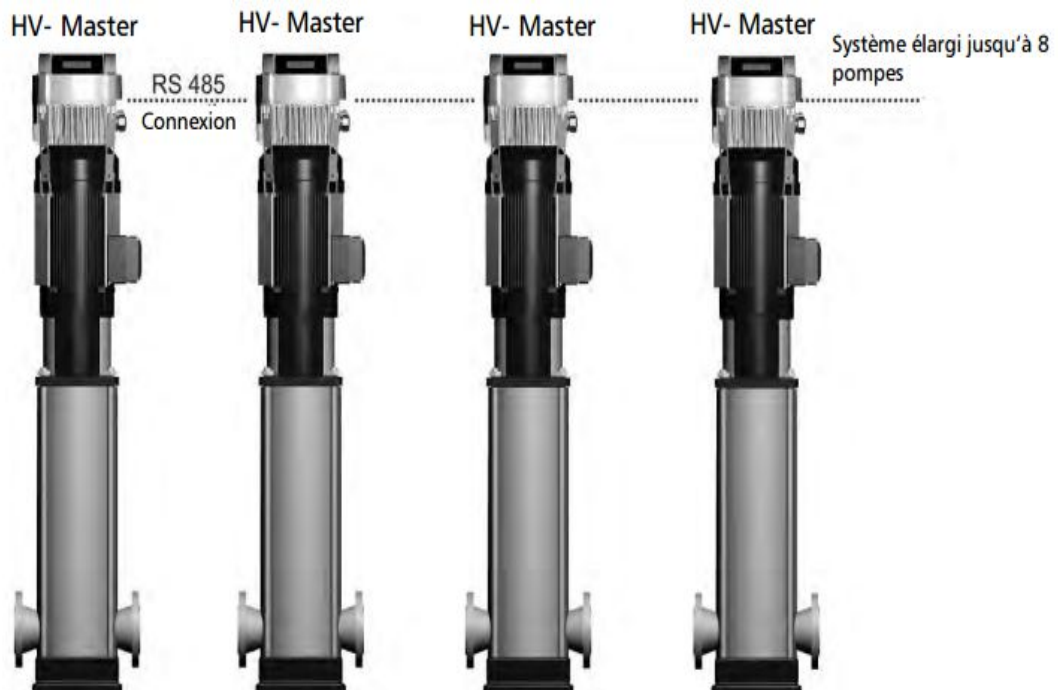


Figure I-6 : Système multi pompes équipé de variateurs MASTER seulement

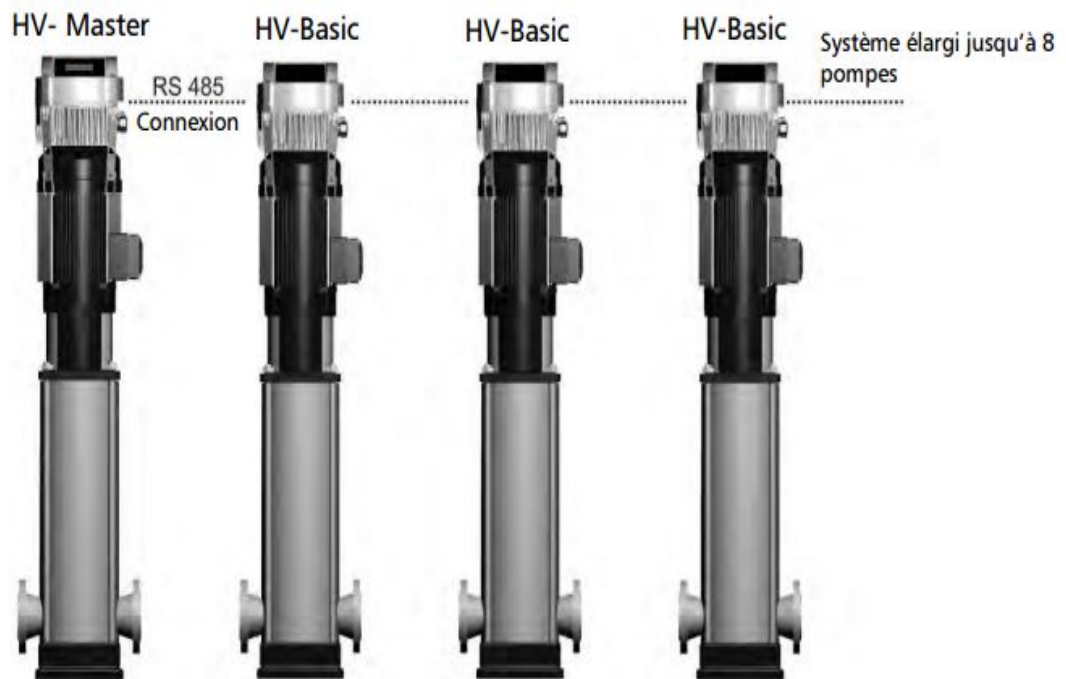


Figure I-7 : Système multi pompes équipé d'un variateur MASTER et des variateurs BASIC.

### I-2-2 : Les organes d'acquisitions

- Les capteurs

Un capteur est un dispositif qui transforme l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable (électrique).



Figure I-8 : Capteur de pression 4-20mA

La station est équipée de plusieurs capteurs afin de créer un système d'acquisition de données ou de commande. Ces capteurs utilisent le principe de mesure piézorésistif, la membrane mesure la pression par contact direct avec le fluide, la grandeur relevée est convertie en un signal de sortie linéaire 4...20mA.

### I-2-3 : Les actionneurs

- **Pompe émergente**

Ces pompes sont conçues pour le prélèvement de l'eau dans les forages, ce sont des moteurs asynchrones à stator encapsulé dans une chemise étanche en acier inoxydable. La qualité de l'acier offre une résistance à l'usure et à la corrosion lors du pompage d'eau.

Le principe de la pompe émergente est de transformer l'énergie électrique en énergie cinétique dans le fluide, cette énergie crée une différence de pression du fluide entre l'entrée et la sortie de la pompe.

La figure suivante montre les différentes parties d'une pompe émergente :

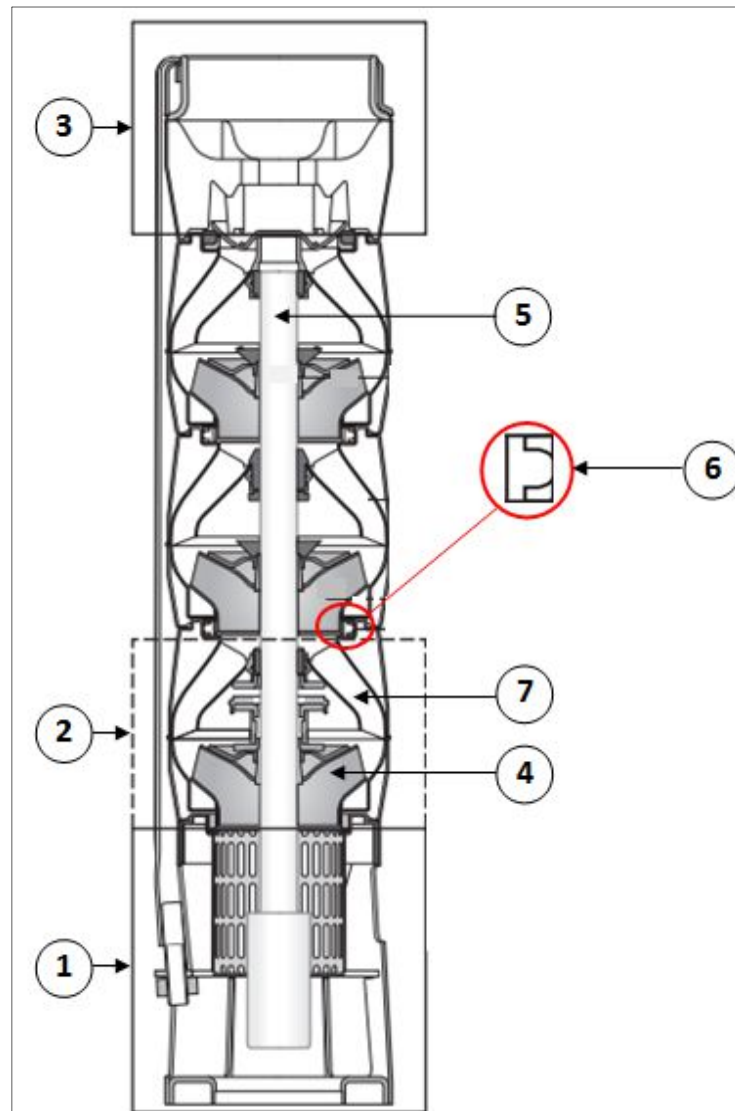


Figure I-9 : Principe d'une pompe émergente.

- (1) : *Entrée.*
- (2) : *Etape (chambre ou cellule) :* chaque chambre génère une différence de pression.
- (3) : *Sortie.*
- (4) : *Roue :* Transfère une énergie à l'eau qui permet d'augmenter le débit et la pression.
- (5) : *Arbre de la pompe.*
- (6) : *Joint d'étanchéité :* installé entre l'entrée de la roue et la fin de la cellule, ce joint sert à limiter le refoulement.
- (7) : *Arbre directrice :* sert à amener l'eau à l'étage suivant.

La station est munie de deux pompes émergentes équipées d'un variateur ALTIVAR71 chacune assure le pompage de l'eau des forages 1 et 2.

- **Pompe doseuse**

C'est un appareil automatique. Elle permet le dosage précis de la solution du chlore sans manipulation par un opérateur. Cette pompe nécessite un nettoyage fréquent et un remplissage de la solution mère par une solution conforme pour le bon fonctionnement.

Le processus du dosage ne contient pas seulement la pompe doseuse, il nécessite également d'autres composants et accessoires.

La figure suivante illustre les différents composants d'un système de dosage :

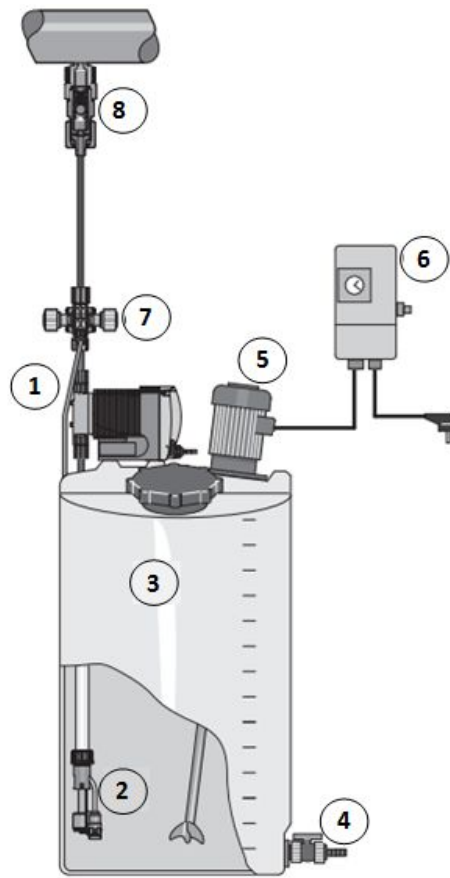


Figure I-10 : Constitution d'un système de dosage.

- (1) : Pompe doseuse.
- (2) : Garniture d'aspiration avec capteur de niveau.
- (3) : Réservoir de dosage.
- (4) : Robinet de vidange.
- (5) : Agitateur.
- (6) : Minuterie pour agitation.
- (7) : Vannes multifonction.
- (8) : Canne d'injection.

La station possède 3 pompes doseuses monophasées. Deux pompes seront installées à la sortie de la cuve d'eau brute, chacune d'elles injectent la solution de chlore dans les deux canalisations de sorties avant l'arrivée aux filtres. La troisième pompe doseuse sera placée à la sortie de la cuve d'eau osmosée et injecte la solution de chlore dans la conduite pour que l'eau soit dirigée vers la cuve d'eau osmosée chlorée.

• **L'électrovanne**

Une électrovanne est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique.

La station possède une électrovanne à la sortie de la cuve d'eau osmosée vers la cuve d'eau chlorée.

L'électrovanne EV3 est de type tout ou rien (TOR), son rôle est d'interrompre ou permettre le passage d'un fluide ou un gaz. Son principe de fonctionnement général se résume dans la figure suivante :

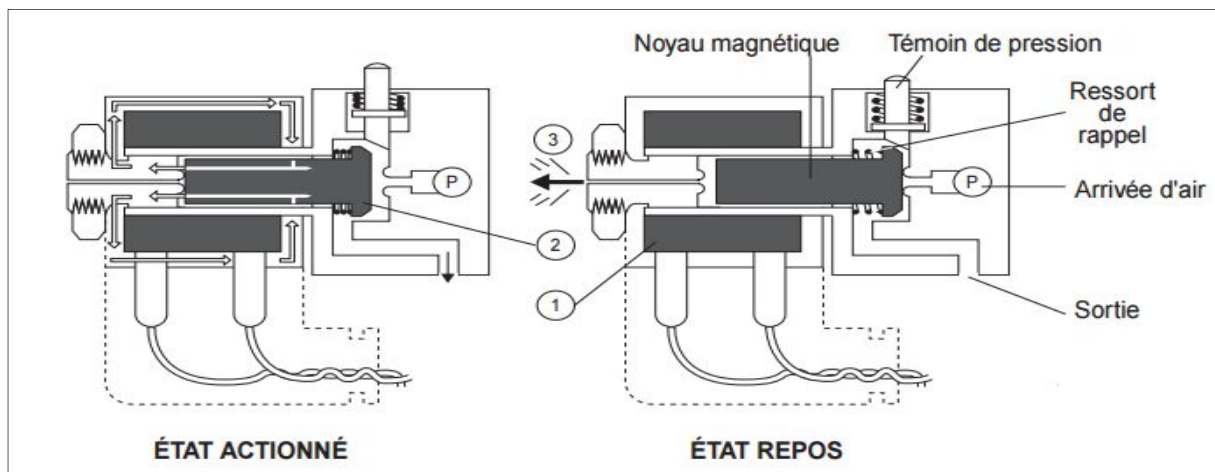


Figure I-11 : principe de fonctionnement d'une électrovanne TOR.

En alimentant la bobine (1), le noyau est attiré et autorise l'arrivée et le passage de l'air ou le fluide, c'est l'ETAT ACTIONNE.

Quand la bobine (1) est hors tension, il n'y aura plus de force magnétique qui attire le noyau, l'énergie emmagasinée dans le ressort de rappel se libère en poussant le clapet solidaire du noyau et obture l'arrivée de l'air ou le fluide, c'est l'ETAT REPOS.

- **Pompe 2**

C'est une pompe d'une puissance de 2.2KW placée à la sortie de la cuve d'eau osmosée et effectue le pompage vers une cuve d'eau glacée.

- **Pompe3**

Cette pompe est de 7.5KW chargée de l'envoi de l'eau osmosée vers la cuve d'eau chlorée via l'électrovanne EV3.

- **Pompe5**

Elle a une puissance de 15KW, elle effectue le pompage de l'eau osmosée chlorée vers SBOA. Cette pompe est équipée d'un variateur HYDROVAR.

### **I.3 : Description du processus :**

Les pompes des forages **PF1** et **PF2** équipées d'un variateur ALTIVAR 71 pompent l'eau des forages 1 et 2 vers la cuve d'eau brute. Ces pompes sont commandées en vitesses en fonction du niveau d'eau brute dans la cuve en utilisant un module de sortie analogique.

Le processus commence par la sélection du numéro de forage à utiliser par l'opérateur.

Les osmoseurs démarrent manuellement par l'opérateur parce que leurs armoires ne sont pas encore réalisées, ces osmoseurs s'arrêtent lorsque la cuve d'eau osmosée est remplie à 80%.

Le système de pompes MASTER/SLAVE (**P10/P11**) envoie l'eau brute vers l'osmoseur 1 via une pompe doseuse.

Le système **P10/P11** possède un variateur HYDROVAR sur chacune d'eux. Les capteurs **p3** et **p4** des pompes **P10** et **P11** respectivement sont liés directement aux variateurs et nécessitent seulement un signal de démarrage et d'arrêt. Ces pompes démarrent automatiquement par la présence d'une quantité d'eau dans la cuve d'eau brute. Une pression de consigne sur les variateurs HYDROVAR provoque l'arrêt de ces pompes une fois que cette valeur est atteinte.

La pompe **P3** envoie l'eau osmosée vers la cuve d'eau chlorée via une pompe doseuse injectant du chlore dans l'eau et une électrovanne **EV3**, ce dernier est une électrovanne TOR reçoit un signal d'ouverture lorsque la cuve d'eau chlorée atteint son niveau bas et la pompe **P3** démarre.

La pompe **P2** envoie d'eau osmosée vers la cuve d'eau glacée, cette pompe sera commandée par le niveau de cette cuve.

La pompe **P5** équipée d'un variateur HYDROVAR effectue le pompage d'eau chlorée vers SBOA. La commande de cette pompe sera effectuée par le pupitre à travers le capteur **p11** et un signal d'ouverture.

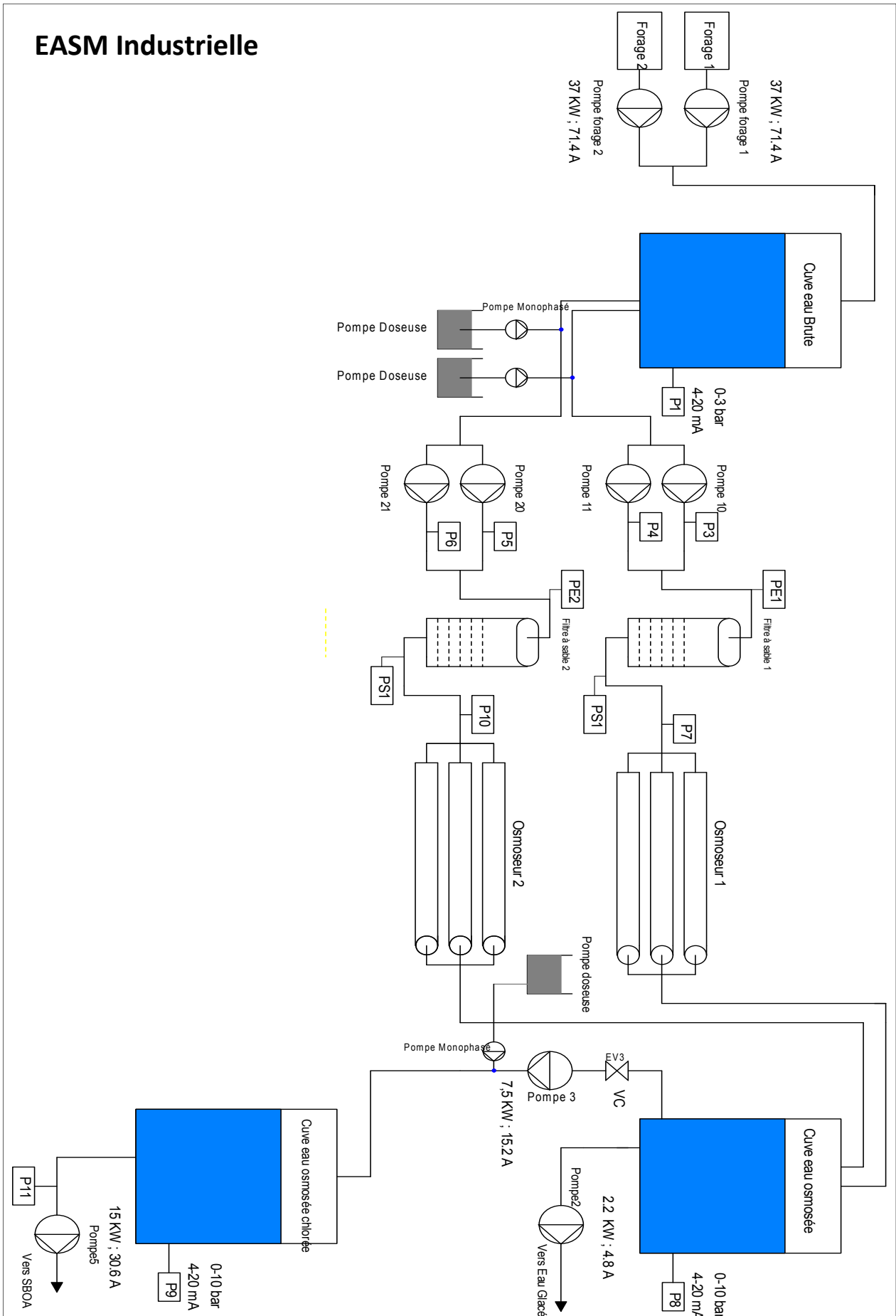


Figure I-12 : Schéma de la station de traitement des eaux.

**I-4 : Présentation de cahier de charge :**

- Remplacement des modules logo par un automate STEP 7-300 de la CPU 315-2DP d'une vitesse d'exécution de 0.05ms/kinst et une mémoire de travail de 64Ko et des interfaces MPI et DP.
- Démarrage des pompes par variateurs de vitesse.
- Réduction du câblage de l'armoire électrique.
- Amélioration des performances et du mode de fonctionnement de la station.
- Amélioration de la protection de l'armoire par l'étude et le dimensionnement des dispositifs de protections.
- Supervision du processus de la station et affichage des défauts et les dysfonctionnements de l'armoire à partir du logiciel WinCC.

**I-5 : Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la station de traitement des eaux d'une manière générale avec ses différentes parties et leurs fonctionnements. On a eu un aperçu sur le fonctionnement général de la station sur lequel va se baser l'armoire de commande.

Dans le chapitre suivant on procédera au dimensionnement de l'armoire électrique de la station.

# ***Chapitre II:***

Dimensionnement de  
l'armoire de la station  
de traitement des eaux

## II-1 : Introduction

Une armoire électrique assure le fonctionnement et l'alimentation en énergie électrique des différents composants de l'installation. Avant de commencer la réalisation de l'armoire, on doit faire une étude électrique, automatique et schématique de l'installation. Cette étude nous permet d'avoir un bon fonctionnement de l'armoire ainsi qu'un bon niveau de sécurité des personnes et des biens.

Dans ce chapitre nous allons faire le dimensionnement des sections des canalisations électriques ainsi que le dimensionnement des protections pour offrir une bonne protection du matériel et des personnes ainsi que pour assurer la continuité de service.

## II-2 : Les différentes étapes de réalisation de l'armoire électrique

Pour réussir la réalisation de l'armoire électrique il faut suivre une série d'étapes qu'on peut résumer comme suit :

- ❖ Collection des informations sur la station.
- ❖ Le choix des organes de commande.
- ❖ Le choix de l'alimentation des organes de commande (alimentation stabilisée AC/DC)
- ❖ Choisir les types de démarrage des pompes.
- ❖ Dimensionner les sections des conducteurs ainsi que les protections.
- ❖ Réalisation du schéma de câblage électrique de l'armoire.
- ❖ Choix du coffret et de la ventilation.
- ❖ Câblage de l'armoire.
- ❖ Programmation de l'Automate programmable.

## II-3 : Collection des informations sur la station

Avant d'entamer la conception de n'importe quel système il est nécessaire d'avoir le maximum d'informations sur ce dernier.

Pour la station de traitement des eaux à automatisé on doit recueillir des informations sur:

- ❖ Type des signaux des capteurs.
- ❖ Caractéristiques des pompes.
- ❖ Le nombre et le type d'entrées et de sorties.

La détermination du nombre et du types d'entrées et de sorties décide le type et nombre de modules d'entrées/sorties de l'Automate programmable à utiliser. Après l'étude de la station de traitement des eaux, on distingue :

- 7 Entrées analogiques, 1 est de réserve.
- 2 Sorties analogiques.
- 26 Entrées logiques, 6 sont de réserve.
- 10 Sorties logiques, 6 sont de réserve.

Les caractéristiques des pompes sont données par le tableau suivant :

Pompe	Pn (KW)	In (A)	Id (A)	$\eta$ (%)	$\cos \varphi$
PF1	37	71.4	385.56	89	0.84
PF2	37	71.4	385.56	89	0.84
PD	1.1	6.9	33.81	70	0.95
P2	2.2	4.8	28.32	81.2	0.73
P3	7.5	15.2	106.4	86.2	0.74
P5	15	30.6	180.54	83	0.81

Tableau II-1 : les caractéristiques des différentes pompes de la station de traitement des eaux

#### II-4 : Les organes de commande :

Ce sont les différents éléments qui se chargent du traitement de l'information, ils effectuent la suite des actions sur la partie opérative et surveillent le bon fonctionnement et aussi gèrent le dialogue avec les intervenants et les autres systèmes.

Dans l'armoire de la station de traitement des eaux, on utilisera :

- ❖ Un automate programmable industriel Step7-300 et une CPU 315-2DP.
- ❖ Un pupitre opérateur de commande OP270-06.
- ❖ Des contacteurs pour la commande des pompes.
- ❖ Des relais à fiches pour assurer la protection des sorties de l'automate et l'adaptation des tensions des bobine à 230V en alternatif.
- ❖ Des variateurs de vitesses (ALTIVAR 71) pour le contrôle des vitesses de rotation des pompes.
- ❖ Des boutons poussoir.
- ❖ Des voyants pour la signalisation.

#### II-5 : Alimentation stabilisée AC/DC :

Cette alimentation est utilisée pour alimenter les capteurs ainsi que les différents organes de commande, le choix de cette alimentation est basé sur la nature de la tension d'entrée, la puissance délivrée à sa sortie, le courant et la tension de sortie.

Le courant total consommé par les différents organes de commande est :

$$I_{total} = 8.33 \text{ A}$$

Le courant que doit fournir l'alimentation stabilisée est :

$$I_{source} = I_{total} \times K_e \dots\dots\dots (1)$$

Avec :  $K_e$  : facteur d'extension ( $K_e = 1.2$ )

$$I_{source} = 8.33 \times 1.2 = 9.99 \text{ A}$$

A partir de ce calcul le choix s'est porté sur une alimentation stabilisée (380V AC/24V DC) qui délivre un courant de : 10 A.

## II-6 : Démarrage des pompes :

Le moteur asynchrone est le plus utilisé dans le contexte industriel vu sa simplicité de mise en œuvre. Il peut être mis en marche par un simple commutateur manuel à deux positions (marche/arrêt).

Néanmoins, cette structure ne possède pas un moyen de protection contre les forts courants de démarrage qui provoquent des chutes de tensions importantes dans l'installation. Cette structure contient aussi d'autres inconvénients, en mentionnant l'absence d'une coupure automatique en cas de court-circuit, l'absence de la commande à distance du commutateur et le danger présenté sur la sécurité des personnes hors de la mise en marche/arrêt manuel d'un composant alimenté sous une tension triphasée de 400V.

Ces considérations nous obligent à choisir le type de démarrage adéquat pour minimiser les piques de courant de démarrage et assurer la protection du moteur et la sécurité des personnes. [6]

De nombreuses structures peuvent être appliquées pour le démarrage des moteurs asynchrone 3 ~, on peut citer :

- Démarrage directe par contacteur.
- Démarrage étoile/triangle.
- Démarrage par rhéostat.
- Démarrage par autotransformateur.
- Démarrage par variateur de vitesse.

Pour la station de traitement des eaux, on a opté pour deux types de démarrages :

### II-6-1 : Démarrage directe par contacteur :

C'est la structure de démarrage la plus simple, en plaçant un disjoncteur  $Q_1$  en tête du circuit de puissance on assure la protection du moteur contre les courants de surcharge, ce disjoncteur assure la coupure du circuit puissance si un court-circuit se produit en son aval.

La mise en marche/arrêt du moteur sera faite par un contacteur en aval du disjoncteur (figure II-1)

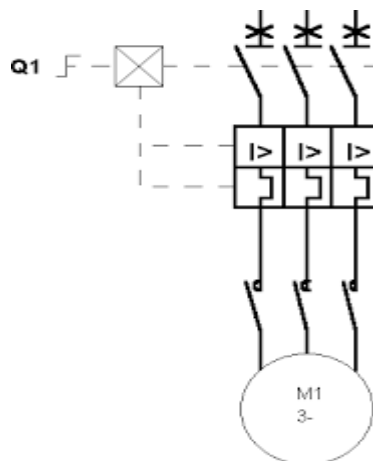


Figure II.-1 : schéma de la mise en marche/arrêt d'un moteur.

Avec ce type de démarrage on peut commander le moteur à distance par le contacteur.

Cette structure est simple, mais elle ne règle pas le problème du pique de courant au démarrage qui peut atteindre 6 à 8 fois le courant nominal du moteur (figure II -2)

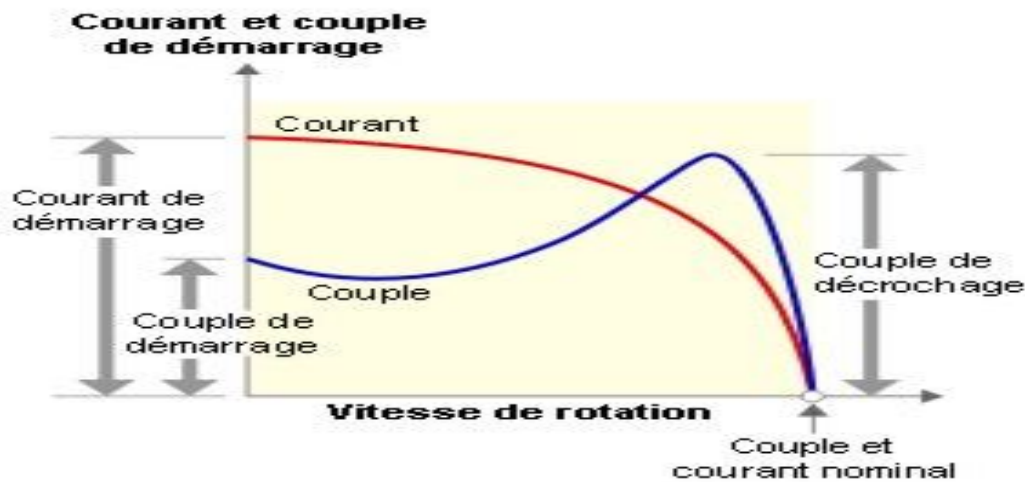


Figure II-2 : Caractéristique du courant et du couple d'un moteur asynchrone.

Ce démarrage est destiné aux moteurs de faible puissance devant celle du réseau, ainsi que les machines qui ne nécessitent pas une mise en rotation progressive et aussi le démarrage à couple élevé. [6]

Pour la station de traitement des eaux, le démarrage direct par contacteur sera appliqué pour :

- La pompe 3 (P3) : pompe envoyant l'eau osmosée vers la cuve d'eau chlorée.
- La pompe 2 (P2) : pompe l'eau osmosée vers eau glacée.

#### II-6-2 : Démarrage par variateur de vitesse :

Le démarrage par variateur de vitesse présente des avantages majeurs. Cet appareil permet de faire varier la vitesse d'un moteur asynchrone triphasé sur une plage de vitesse définie par l'utilisateur.

La structure interne simplifiée du variateur de vitesse explique son fonctionnement et la manière de produire une alimentation triphasée variable. En faisant la décomposition de la partie puissance du variateur on obtient :

- a) Un pont redresseur constitué de 6 diodes donne une tension de sortie d'amplitude maximale de 565V pour une alimentation triphasée 3x400V.
- b) Une inductance de lissage et un condensateur de filtrage permettent d'obtenir une tension quasi continue aux bornes du condensateur.
- c) Un transistor de puissance IGBT placé en série avec une résistance permet le freinage du moteur.
- d) Un onduleur constitué de 6 transistors de puissance de type IGBT convertit la tension continue en tensions alternatives triphasées à fréquence variable. [6]

Le schéma de la figure (II-3) montre la structure interne d'un variateur de vitesse.

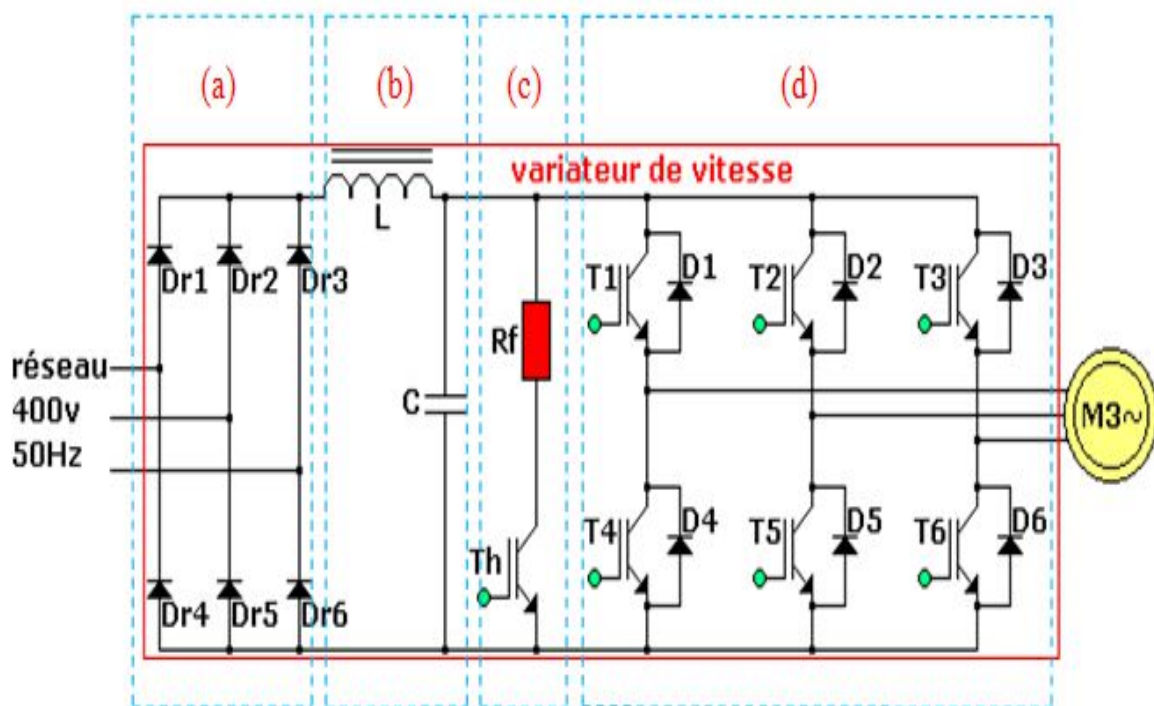


Figure II-3 : Structure internes d'un variateur de vitesse.

Pour la station de traitement des eaux, ce type de démarrage est destiné pour :

- Pompes de forage 1 et 2 : (PF1 et PF2) : équipées d'un variateur ALTIVAR 71.
- Pompes des osmoseurs 1 et 2 : (P10/P11 et P20/P21) : équipées d'un variateur HYDROVAR
- Pompe 5 : (P5) : pompe envoyant de l'eau chlorée vers SBOA.

## II-7 : Dimensionnement des sections des conducteurs et des protections :

La réalisation de toute installation électrique nécessite le bon dimensionnement des sections des conducteurs et des protections après avoir réalisé une analyse préliminaire en puissance.

Pour la conception des armoires électriques, le dimensionnement des sections des conducteurs et des protections des installations à l'intérieur et à l'extérieur de l'armoire électrique est d'une importance primordiale.

Un câble trop faible va entraîner un échauffement dû à la résistance des câbles et une perte de tension, une section trop importante peut entraîner un problème de poids et de coût.

Pour l'armoire de la station de traitement des eaux, on aura besoin de dimensionner les sections des conducteurs et les dispositifs de protections afin d'assurer la protection du circuit puissance (pompes, prise de courant ...) et de commande (l'Automate, les capteurs ...), et cela contre les courts circuits, les surcharges, les chutes de tension et aussi assurer la sécurité des personnes.

Chaque association canalisation-protection doit répondre simultanément à plusieurs conditions qui assurent la sûreté de l'installation, et cela en conformité avec les recommandations de la norme NF C15-100.

La canalisation doit :

- Véhiculer le courant maximal d'emploi et ses pointes transitoires normales.
- Ne pas générer des chutes de tension supérieures aux valeurs admissibles.

Le dispositif de protection doit :

- Protéger la canalisation contre toutes les surintensités jusqu'au courant de court-circuit.
- Assurer la protection des personnes contre les contacts directs. [15]

### II-7-1 : Sections des conducteurs :

La détermination des sections des conducteurs sera basée sur le logigramme précédent à partir des puissances d'utilisation ou des courants maximum absorbés.

On peut résumer le principe de détermination des sections des conducteurs en 3 étapes :

- **1<sup>ère</sup> étape :**  
On détermine le courant maximum d'emploi  $I_B$  à partir de la puissance d'utilisation et on déduit le courant assigné  $I_r$  du dispositif de protection.
- **2<sup>ème</sup> étape :**  
On détermine le facteur de correction globale  $K$  qui dépend des conditions d'utilisation (mode de pose, température ambiante, ...).  
En fonction de  $I_r$  et  $K$  on choisit la section adéquate du conducteur.
- **3<sup>ème</sup> étape :**  
On vérifie la chute de tension maximale et la tenue des conducteurs à la contrainte thermique en cas de court-circuit.

Le logigramme de la figure (II-4) résume les étapes de la détermination des sections des conducteurs :

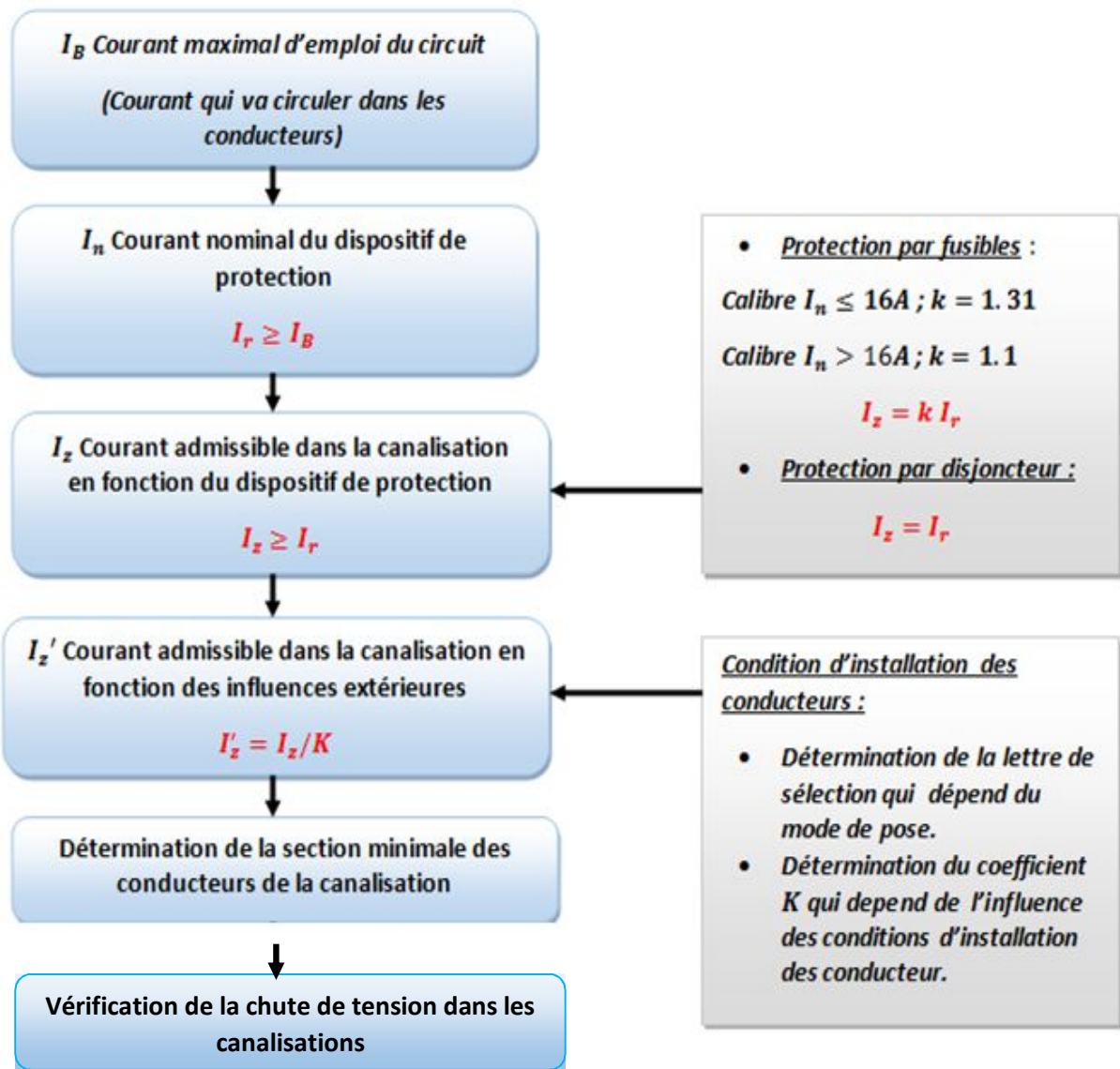


Figure II-4 : logigramme des étapes de détermination des sections des conducteurs.

❖ **Détermination du courant maximal d'emploi du circuit :**

Le courant  $I_B$  est le courant qui est réellement transporté par les conducteurs actifs, il correspond à la plus grande puissance transportée par le circuit en service normal.

Le courant  $I_B$  est déterminé à partir du courant absorbé. Pour une alimentation individuelle d'un appareil, le courant  $I_B$  est égal au courant assigné de l'appareil alimenté. Par contre, pour l'alimentation de plusieurs appareils, le courant  $I_B$  sera égal à la somme des courants absorbés.

Par ailleurs, dans un circuit, les appareils ne sont pas utilisés en permanence ou à régime nominal, il faut tenir compte des appels de courants de démarrage de certains récepteurs (ex : moteurs) qui affectent les câbles et les relais thermiques. C'est pour cette raison qu'il faut appliquer divers facteurs. [15]

Le courant d'emploi  $I_B$  est calculé par la formule pratique suivante :

$$I_B = P_u \times a \times K_u \times K_s \times K_e \times K_c \dots \dots \dots (2)$$

Avec :

$P_u$  : Puissance utile en (kW) qu'on peut calculer par la formule :

$$P_u = \eta \times P_n \dots\dots\dots (3)$$

$P_n$  Étant la puissance nominale.

$\alpha$  : Facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement.

$K_u$  : Facteur d'utilisation des appareils.

$K_s$  : Facteur de simultanéité.

$K_e$  : Facteur d'extension.

$K_c$  : Facteur de conversion de la puissance en intensité.

On commence par la détermination des différents facteurs de correction.

➤ **Facteur tenant compte du facteur de puissance et du rendement ( $\alpha$ ) :**

Ce facteur est calculé à base du rendement et du facteur de puissance du circuit considéré [28]. Ce facteur est donné par l'expression :

$$\alpha = \frac{1}{\eta \times \cos \varphi} \dots\dots\dots (4)$$

Avec :  $\eta$  : Le rendement.

$\cos \varphi$  : Le facteur de puissance.

➤ **Facteur d'utilisation des appareils ( $K_u$ ) :**

Ce facteur concerne les installations industrielles et plus particulièrement les moteurs fonctionnant en régime variables. On suppose que les récepteurs ne seront jamais utilisés en pleine puissance. On introduit alors un facteur d'utilisation qui varie entre 0.3 et 1. [15]

On absence d'indication plus précises on adopte :

$K_u = 0.75$  : Pour les moteurs.

$K_u = 1$  : Pour les appareils d'éclairage et de chauffage.

➤ **Facteur de simultanéité ( $K_s$ ) :**

Ce facteur est lié aux conditions d'exploitation. Dans une installation industrielle, les récepteurs alimentés par une même canalisation ne fonctionnent pas au même temps dans tous les cas. Pour tenir compte de ce phénomène on applique le facteur  $K_s$  à la somme des puissances des récepteurs.

Dans le cas où on n'a pas d'indications précises résultant d'exploitation d'installation type, les tableaux ci-dessus peuvent être utilisés pour déterminer ce facteur :

Utilisation	Facteur de simultanéité $K_s$
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0.1 à 0.2 (pour un nombre > 20)

Tableau II-2 : Facteur de simultanéité pour bâtiments administratifs

Nombre de circuits de courant nominaux voisins	Facteur de simultanéité $K_s$
2 et 3	0.9
4 et 5	0.8
5 à 9	0.7
10 et plus	0.6

Tableau II-3 : Facteur de simultanéité pour armoires de distribution industrielles.

➤ **Facteur d'extension ( $K_e$ ) :**

La valeur du facteur d'extension ( $K_e$ ) doit être estimée suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation ; il est au moins égal à 1.

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

➤ **Facteur conversion de la puissance en intensité ( $K_c$ ) :**

Le facteur de conversion de la puissance en intensité est le courant absorbé par un récepteur. Il est en fonction de la tension et du type de réseau. [15]

Ces valeurs seront calculées par les relations suivantes :

Pour un récepteur de  $P = 1kW$  et de  $\cos \varphi = 1$  :

$$K_c = \frac{P}{U} ; \text{ En monophasé}$$

$$K_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U} ; \text{ En triphasé}$$

Réseau	Tension d'alimentation	$K_c$
Monophasé	127 V	8
	230 V	4.35
Triphasé	230 V	2.5
	400 V	1.44

Tableau II-4 : Valeur du facteur de conversion de puissance en intensité.

Exemple :

Un récepteur de  $P = 1kW$  est de  $\cos \varphi = 1$  ; alimenté en 230V triphasé :

$$K_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 230 \times 1} = 2.51 \text{ A/kW} \dots \dots \dots (5)$$

❖ **Détermination du courant assigné du dispositif de protection :**

Le courant assigné d'un dispositif de protection est le courant maximal ininterrompu que peut supporter un disjoncteur équipé d'un déclencheur à une température ambiante précisée par le constructeur, en respectant les limites d'échauffement prescrites. [10]

Les disjoncteurs industriels sont équipés de déclencheurs amovibles généralement réglables pour l'adaptation aux caractéristiques du circuit et éviter le surdimensionnement des câbles, le courant de réglage  $I_r$  est le courant maximal que peut supporter le disjoncteur sans déclenchement, c'est ce réglage qui permet d'assurer la protection contre les surcharges.

La valeur du courant assigné du dispositif de protection doit être choisit entre le courant d'emploi  $I_b$  et le courant admissible dans la canalisation  $I_z$

$$I_b \leq I_r \leq I_z \dots\dots\dots (6)$$

Les normes des produits de protection imposent aux constructeurs de définir une grandeur  $I_2$  qui est le temps de fonctionnement conventionnel, qui doit respecter la règle :

$$I_2 < 1.45 I_z \dots\dots\dots (7)$$

❖ **Détermination du courant admissible dans la canalisation :**

On appelle courant admissible  $I_z$  le courant maximal que peut supporter un conducteur. En dépassant cette valeur on risque de détruire l'isolation du conducteur et de provoquer des incendies. [10]

Le courant  $I_z$  dépend du type de protection appliqué au circuit considéré, donc il est choisi en fonction du dispositif de protection choisie.

▪ **Protection par fusible :**

Dans ce cas, on obtient le courant admissible  $I_z$  par la multiplication du courant assigné  $I_r$  par des coefficients standards :

$$I_z = k I_r \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} k = 1.31 & \text{si } I_r < 10A \\ k = 1.21 & \text{si } 10 < I_r < 25A \\ k = 1.1 & \text{si } I_r > 25A \end{cases}$$

▪ **Protection par disjoncteur :**

Dans ce cas le coefficient standard égal à 1.

$$I_z = I_r \dots\dots\dots (9)$$

❖ **Détermination du courant admissible en fonction des influences extérieures :**

Ce courant représente le courant admissible dans la canalisation en tenant compte de l'influence des différentes conditions d'installation sur les dispositifs de protection des circuits électriques.

La conception des armoires de commande figure dans les cas des circuits non enterrées et protégés par disjoncteurs. Dans ce cas on peut définir 3 facteurs qui influent sur conditions d'installation [12]. Ces facteurs sont :

- $K_1$  : Facteur tenant compte du mode de pose.
- $K_2$  : Facteur tenant compte de l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte.
- $K_3$  : Facteur tenant compte de la température ambiante et de la nature de l'isolant.

On définit le coefficient  $K$  comme étant le produit des facteurs :  $K_1, K_2, K_3$ .

$$K = K_1 \times K_2 \times K_3 \dots\dots\dots (10)$$

La procédure de détermination du courant admissible en fonction des influences extérieures à partir du courant  $I_z$  commence par la détermination de la lettre de sélection qui tient compte du conducteur utilisé et de son mode de pose.

A chaque type de conducteur et mode de pose correspond une méthode de référence désignée par une lettre majuscule : B, C, E, F.

Le tableau suivant énumère les cas les plus rencontré dans le domaine industriel.

Type d'élément conducteur	Mode de pose	Lettre
Conducteurs et câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sous conduit, profilé ou goulotte, en apparence ou encastré.</li> <li>✓ Sous vide de construction, faux plafond.</li> <li>✓ Sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles</li> </ul>	B
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En apparent contre mur ou plafond.</li> <li>✓ Sur chemin de câbles ou tablettes non perforées.</li> </ul>	C
Câbles multiconducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé.</li> <li>✓ Fixés en apparent, espacés de la paroi.</li> <li>✓ Câbles suspendus.</li> </ul>	E
Câbles mono conducteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sur échelles, corbeaux, chemin de câbles.</li> <li>✓ Fixés en apparent, espacés de la paroi.</li> <li>✓ Câbles suspendus</li> </ul>	F

Tableau II- 5 : Lettres de sélection des conducteurs.

Les conducteurs de l'armoire électrique de commande correspondent au type : « Conducteurs et câbles multiconducteurs », on choisit le mode de pose : « Sous conduit, profilé ou goulotte, en apparence ou encastré » qui correspond à la lettre : « B ».

Après avoir choisi la lettre de sélection on passe à la sélection des coefficients :  $K_1, K_2, K_3$ .

➤ **Facteur  $K_1$  :**

Ce facteur tient compte du mode de pose. On peut le déterminer à partir du tableau suivant [16] :

Lettre de sélection	Cas d'installation	$K_1$
B	✓ Câbles dans les produits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants.	0.7
	✓ Conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants.	0.77
	✓ Câbles multiconducteurs	0.9
	✓ Vides de construction et caniveaux.	0.95
C	✓ Pose sous plafond	0.95
B, C, E, F	✓ Autres cas.	1

Tableau II-6 : Valeurs du coefficient  $K_1$

Pour notre cas on choisit :  $K_1 = 1$ .

➤ **Facteur  $K_2$  :**

Ce facteur tient compte de l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte. Dans la conception des armoires électriques de commande, le constructeur essaye de séparer le circuit puissance du circuit commande le plus loin possible pour minimiser l'influence mutuelles des courants transportés par les deux parties.

Pour tenir compte de cette influence on définit le facteur  $K_2$  qui peut être sélectionné dans le tableau suivant [16] :

Lettre	Disposition des câbles jointifs	Nombre de circuits ou câbles multiconducteurs.											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	Encastrés ou noyés dans parois	1	0.8	<b>0.7</b>	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 au 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	0.82	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		

Tableau II-7 : valeurs du facteur  $K_2$ .

Pour notre cas on choisit  $K_2 = 0.7$  qui correspond à 3 câbles multiconducteurs et à la lettre **B** choisit auparavant.

➤ **Facteur  $K_3$  :**

Ce facteur tient compte de l'influence de la température ambiante et la nature de l'isolant, on le détermine à partir du tableau suivant:

Température ambiante (°C)	Isolation		
	Elastomère	Polychlorure de vinyle	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	<b>0.87</b>	0.91
45	0.71	0.79	0.87
50	0.58	0.71	0.82

Tableau II-8 : valeurs du facteur  $K_3$

On choisit la valeur  $K_3 = 0.87$

Après avoir choisi les 3 facteurs de correction, on calcule le facteur  $K$  par le produit des 3 facteurs, et on calcule le courant admissible dans la canalisation en fonction des influences extérieurs  $I'_z$  par l'expression suivante :

$$I'_z = \frac{I_z}{K} \dots\dots\dots (11)$$

❖ **Détermination des sections des conducteurs standardisées :**

Après la collection des informations sur : le courant  $I'_z$ , la lettre de sélection, la nature d'isolation, le nombre de conducteurs chargés et la matière des conducteurs, on choisit la section correspondante ou la plus proche aux valeurs des sections standards indiquées dans le tableau suivant. [12]

		isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)								
		caoutchouc ou PVC			butyle ou PR ou éthylène PR					
lettre de sélection	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
	C		PVC3		PVC2	PR3		PR2		
	E			PVC3		PVC2	PR3		PR2	
	F				PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm <sup>2</sup> )	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	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		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
section aluminium (mm <sup>2</sup> )	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	58	62	67	
	16	53	59	61	66	73	77	84	91	
	25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	120	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
	150		227	245	261	283	304	324	346	389
	185		259	280	298	323	347	371	397	447
	240		305	330	352	382	409	439	470	530
	300		351	381	406	440	471	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
630					711	808	899		996	

Tableau II-9 : sections standards des conducteurs.

Résultats de calcul des sections des conducteurs pour l'armoire de la station de traitement des eaux :

	PF1/ PF2	P2	P3	P5	PD	Prise de courant et Néon	Ventilateur
$P_n$	37	2.2	7.5	15	1.1	3.5	0.015
$P_u$	32.93	1.78	6.46	12.45	0.77	✓	✓
$a$	1.33	1.36	1.56	1.48	1.50	✓	4
$I_{abs}$	71.4	5.37	16.74	32.20	3.18	16	0.13
$K_u$	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	1	0.75
$K_s$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.9
$K_e$	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
$K_c$	1.44	1.44	1.44	1.44	4.35	4.35	4.35
$I_b$	51.08	2.82	11.75	21.49	4.06	15.9	0.23
$I_r$	63	4	16	25	6	16	1
Type de protection	Disj.	Disj.	Disj.	Disj.	Disj.	Disj.	Disj.
$I_z$	63	4	16	25	6	16	1.3
$I_2$	<91.35	<5.80	<23.2	<36.25	<8.7	<23.2	<1.88
Lettre de sélection	B	B	B	B	B	B	B
$K_1$	1	1	1	1	1	1	✓
$K_2$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	✓
$K_3$	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	✓
$K$	0.609	0.609	0.609	0.609	0.609	0.696	✓
$I_z'$	103.44	6.56	26.27	41.05	9.85	22.89	2.35
$S_{min}$	35	1.5	6	10	1.5	2.5	1

Tableau II-10 : Résultats de calcul des sections des conducteurs

Détermination de la section des câbles du disjoncteur principal : [27]

$$I_{b\ Total} = [2(51.08) + 2.82 + 11.75 + 21.49 + 3(4.06) + 15.9 + 2(0.23)] \times 1.2 \times 0.6$$

$$= 120.06A \dots\dots\dots (12)$$

$$\Rightarrow I_r\ Total = 125A \Rightarrow I_z\ Total = 125A \Rightarrow I_z'\ Total = 205.25A$$

$$\Rightarrow S_{min\ Total} = 95\ mm^2$$

### ❖ Vérification des chutes de tension

Selon la norme NF C15-100, la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les 5% pour un abonné alimenté par le réseau BT de distribution publique pour un usage hors éclairage. [10]

Cette valeur sera réglée dans le contrôleur de phase.

### II-7-2 : Choix et dimensionnement des protections :

Toutes machines ou installation électriques au cours de son fonctionnement sont exposées à avoir des dysfonctionnements à tout instant. Ces défauts se présentent comme étant une augmentation ou une diminution anormale des grandeurs nominales dans un circuit électrique contenant une perturbation. Ce sont le plus souvent les variations anormales de la tension, de l'intensité et de la fréquence qui sont à l'origine de ces perturbations.

Les incidents les plus courants :

- *Les surcharges* : augmentation de l'intensité entraînant des échauffements lent et progressif des parties actives, des masses métalliques et des isolants.
- *Les courts circuits* : élévation brutale de l'intensité du courant qui peut atteindre des niveaux destructeurs pour le récepteur.
- *Les surtensions* : augmentation soudain et important de la tension qui peut induire au calquage des isolants avec pour conséquence des courts circuits éventuels.

Les conséquences de ces incidents sont assez graves et coûteuses, il faut prendre en compte le danger présenté sur la sécurité des personnes en contact directe ou indirecte avec les récepteurs, ainsi les risques de détérioration du matériel qui va influencer sur la production et la continuité de service.

Pour s'affranchir de ces incidents ou du moins éviter leurs conséquences, il faut faire le bon choix et le bon dimensionnement des protections afin d'assurer la coupure en cas de détection de grandeurs anormales circulant dans l'installation.

Le choix et le dimensionnement des dispositifs de protection de l'armoire électrique sont faits d'une manière à assurer au maximum possible la sécurité des personnes et la protection des matériels internes et externes de l'armoire.

### II-7-3 : La sécurité des personnes :

Le corps humain est très sensible au courant électrique, beaucoup d'études sur les effets du courant électrique sur le corps humain sont effectuées depuis de nombreuses années. Les dangers présentés sur les personnes traversées par un courant électrique dépendent de l'intensité du courant et du temps de contact. Le courant dépend de la tension du contact ( $U_c$ ) qui s'applique sur la personne ainsi que de l'impédance rencontrée lors de son passage à travers le corps humain. Cette impédance dépend du trajet à travers le corps, de la fréquence du courant et de la tension de contact, des caractéristiques physiologiques de l'être humain concerné et aussi de l'environnement (milieu humide ou sec ...). [7]

Une personne soumise à une tension électrique est électrisée. Selon l'importance de l'électrisation, cette personne peut subir différents effets physiopathologiques :

- Une sensation désagréable.
- Des contractures musculaires.
- Une paralysie respiratoire.
- Des brûlures.
- Arrêt cardiaque.

La figure II-7 résume les conséquences physiopathologiques qu'une personne peut subir l'hors du passage d'un courant alternatif (entre 15 et 1100Hz). [12]

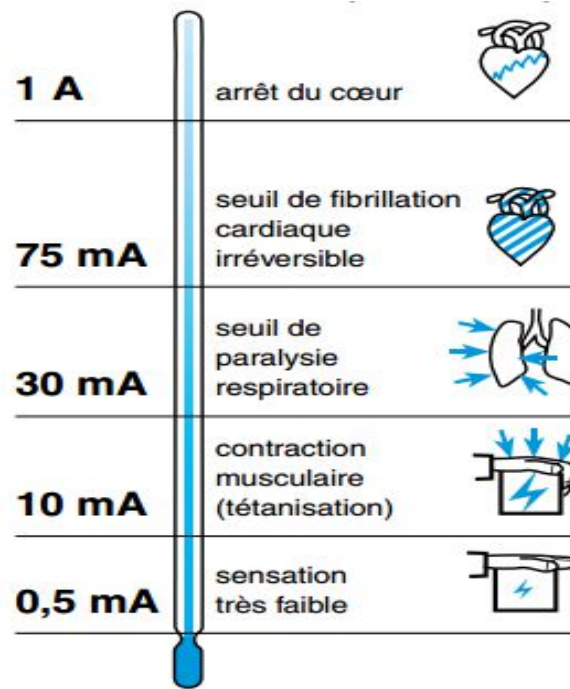


Figure II-5 : Effets physiopathologiques du passage du courant a travers le corps humain

Une personne peut subir un choc électrique dans les circonstances suivantes :

- *Contact directe* : la norme NF C 15-100 définit le contact direct comme suit : ‘contact de personne ou d’animaux domestiques ou d’élevage avec des parties active’, c’est le cas d’une personne qui touche un conducteur nu sous tension comme le montre la figure suivante : [7] [10].

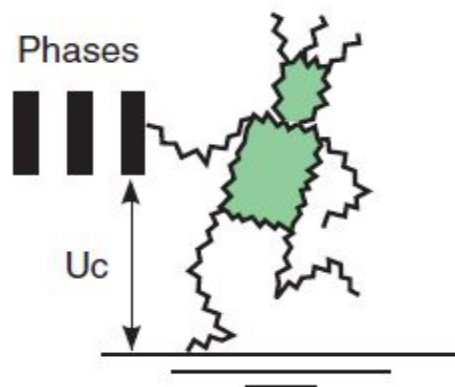


Figure II-6 : Contact direct

- *Contact indirect* : il est défini par la norme NF C 15-100 comme suit : ‘contact de personnes ou d’animaux domestiques ou d’élevage avec des masses mises sous tension par suite d’un défaut d’isolement’. C’est le cas d’une personne qui touche une carcasse métallique d’un récepteur mis accidentellement sous tension généralement suite à un défaut d’isolement comme le montre la figure suivante [7] [10]:

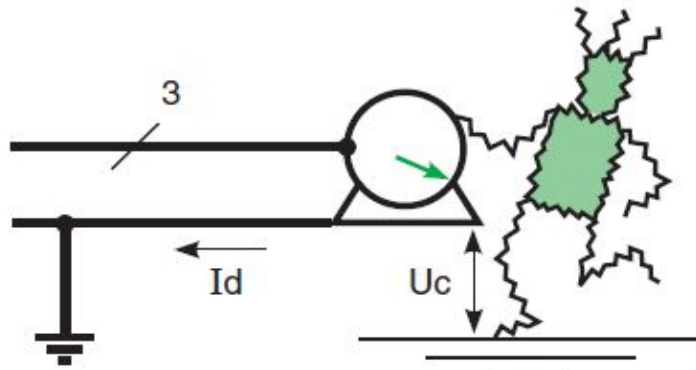


Figure II-7 : Contact indirect.

Le danger provient du courant traversant le corps humain (en valeur et en durée de contact), la Commission d’Electrotechnique Internationale (CEI) résume les effets du courant alternatif (temps/intensité) sur les personnes par la figure II-8, cette figure était le résultat des travaux sur le sujet : ‘*Spécification Technique CEI 60479-1, Ed.4, 2005 : Effet du courant sur l’homme et les animaux domestiques*’. [8]

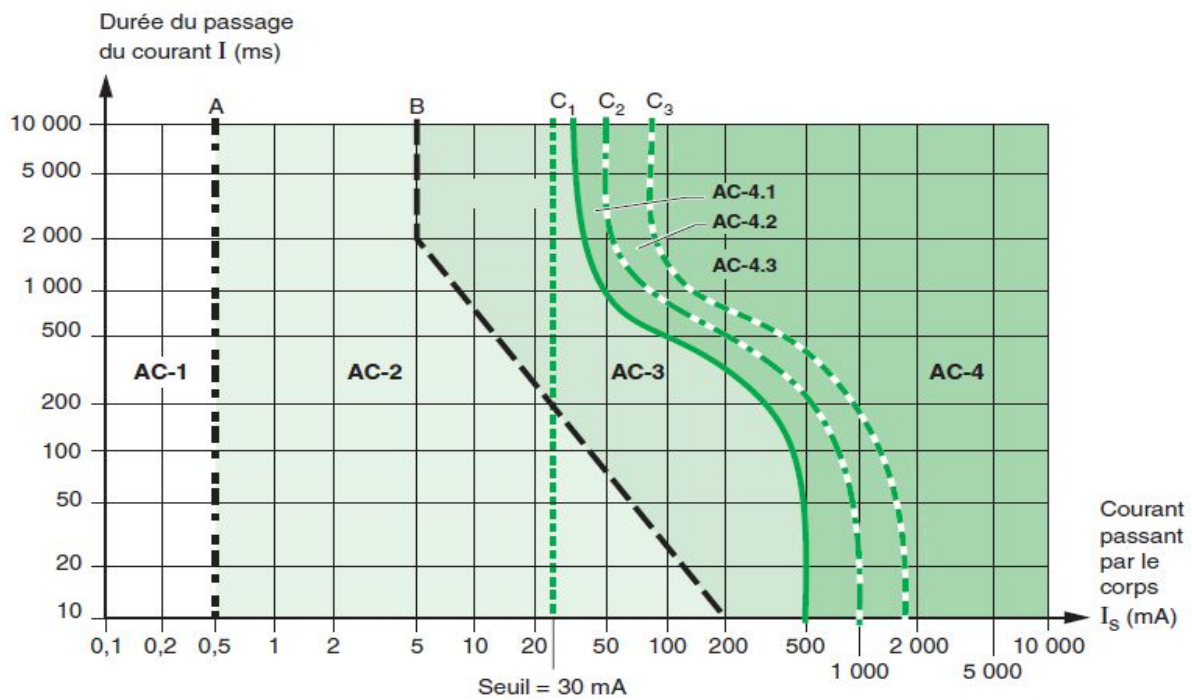


Figure II-8 : Zones temps/courant des effets des courants alternatifs (15 Hz à 100 Hz) sur des personnes selon la norme CEI 60449-1.

<b>Zone AC-1</b> : Perception
<b>Zone AC-2</b> : Contractions musculaires involontaires
<b>Zone AC-3</b> : Difficultés de respiration
<b>Zone AC-4</b> : Effets pathophysiologies graves
<b>AC-4.1</b> : risque de fibrillation ventriculaire jusqu'à 5 %
<b>AC-4.2</b> : risque de fibrillation ventriculaire jusqu'à 50 %
<b>AC-4.3</b> : risque de fibrillation ventriculaire supérieur à 50 %

La CEI a défini une 'tension limite conventionnelle de contact' appelé  $U_L$ , c'est la valeur maximale de la tension de contact pouvant être maintenu indéfiniment dans des conditions d'environnement spécifié, elle est fixée à  $U_L = 50V$  pour les milieux secs,  $U_L = 25V$  pour les milieux mouillés. Si la tension de contact ( $U_c$ ) dépasse la tension limites, la durée de contact doit être limité par l'intervention du dispositif de protection comme le montre le tableau suivant [8] :

• Locaux ou emplacements secs ou humides : $U_L \leq 50V$											
$U_c$ Présumée (V)		<50	50	75	90	120	150	220	280	350	500
Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)	CA	5	5	0.60	0.45	0.34	0.27	0.17	0.12	0.08	0.04
	CC	5	5	5	5	5	1	0.40	0.30	0.20	0.10
• Locaux ou emplacements mouillés : $U_L \leq 25V$											
$U_c$ Présumée (V)		25	50	75	90	110	150	220	280		
Temps de coupure maximal du dispositif de protection (s)	CA	5	0.48	0.30	0.25	0.18	0.10	0.05	0.02		
	CC	5	5	2	0.80	0.50	0.25	0.06	0.02		

Tableau II-11 : Durée maximale de maintien de la tension de contact.

Pour assurer la protection des personnes on utilise les disjoncteurs différentiels (DDR) qui ont la possibilité de détecter les faibles courants de fuite, susceptibles de traverser le corps d'une personne.

La protection différentielle doit satisfaire la relation suivante :

$$I_{\Delta n} \leq U_L / R_m \dots\dots\dots (13)$$

Avec :  $I_{\Delta n}$ : Sensibilité du DDR.

$U_L$  : Tension limite de sécurité imposée par la norme.

$R_m$  : Résistance de prise de terre des masses.

### II-7-4 : La protection contre les courts circuits :

Tout fonctionnement d'une installation électrique peut être le sujet de l'apparition de défauts se manifestant par des courants élevés de court-circuit, avec de lourdes conséquences qu'il faut savoir gérer au mieux.

Le court-circuit est une élévation brutale de l'intensité de courant dans un circuit suite à la mise en contact de deux conducteurs portés à des potentiels différents.

Les origines des courts circuits dans une installation sont souvent des perturbations accidentelles : liaison indésirable entre conducteurs, fausse manœuvre, claquage diélectrique d'isolation par surtension.

La protection contre les courts circuits est assurée par un disjoncteur ou un fusible.

#### ❖ Protection par fusible :

Un fusible est un appareil qui possède la fonction d'ouvrir le circuit dont lequel il est inséré en coupant un courant qui dépasse une valeur donnée pendant un temps suffisant. La coupure s'effectue par la fusion de l'un ou plusieurs éléments du fusible, ces éléments sont conçus et calibrés pour la fusion.

#### ◆ **Pouvoir de coupure du fusible :**

Le pouvoir de coupure d'un fusible est le courant maximal que peut couper le fusible sans provoquer l'apparition d'un arc.

Pour assurer la protection contre les courants de court-circuit le pouvoir de coupure du fusible doit être supérieur ou égale au courant de court-circuit maximal qui peut se produire au-dessous du point où il est installé. [17]

$$Pdc_{fusible} \geq I_{cc\ max} \dots\dots\dots (14)$$

#### ◆ **Le courant de fusion pour 5 secondes :**

C'est le courant qui provoque la fusion de la cartouche au bout de 5 secondes.

La fusion doit se produire pour la valeur minimale du courant de court-circuit. Si un défaut provient, le fusible doit se fondre dans un temps inférieur à 5 secondes. [18]

$$I_{f\ 5s} < I_{cc\ min} \dots\dots\dots (15)$$

#### ◆ **Courant assigné du fusible :**

C'est la valeur du courant que le fusible peut supporter en permanence sans échauffement.

#### ◆ **Courbe de fonctionnement :**

Elle permet de déterminer la durée de fonctionnement du fusible en fonction du courant qui le traverse. [11]

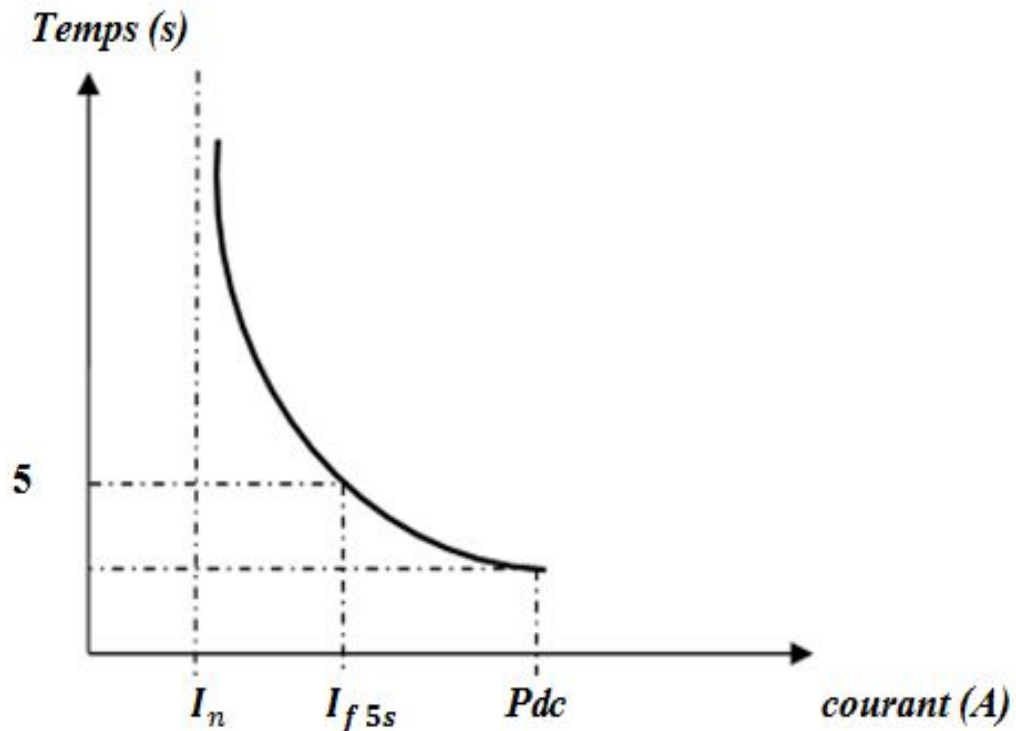


Figure II-9 : Caractéristique de fonctionnement d'un fusible

❖ **Protection par disjoncteur :**

Un disjoncteur est un appareil de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans un circuit électrique.

Le disjoncteur assure 2 fonctions :

- Protection contre les surcharges (détection thermique).
- Protection contre les courts circuits (détection magnétique).

◆ **Le pouvoir de coupure :**

C'est la plus grande valeur du courant de court-circuit que peut interrompre un disjoncteur dans les conditions déterminées par les normes sans dégradation de ses performances.

Le Pdc d'un disjoncteur doit être supérieur ou égale au courant de court-circuit maximal que peut se produire an dessous de lui. [17]

$$Pdc_{disj} \geq I_{cc\ max} \dots\dots\dots (16)$$

◆ **Courant de réglage magnétique :**

C'est la valeur du courant qui provoque le déclenchement du disjoncteur.

Le disjoncteur doit déclencher pour une valeur minimale du courant de court-circuit. [18]

$$I_m < I_{cc\ min} \dots\dots\dots (17)$$

◆ **Courant assigné du disjoncteur :**

C'est la valeur maximale du courant que le disjoncteur peut conduire pour des conditions de fonctionnement spécifiées sans avoir un échauffement excessif.

◆ **Courbe de fonctionnement :**

Cette courbe définit la zone de déclenchement thermique et la zone magnétique. [9]

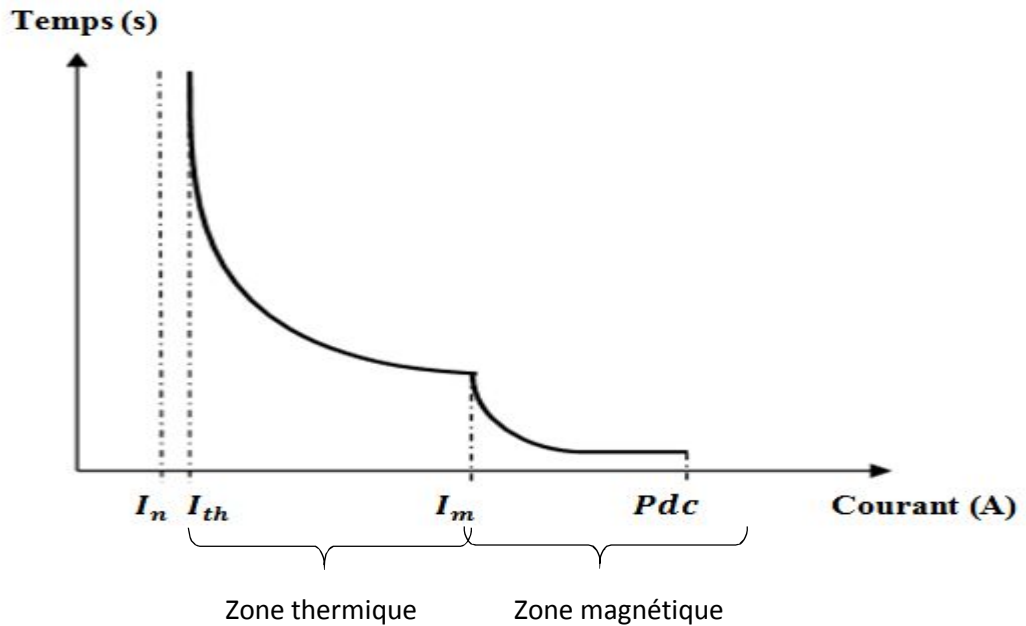


Figure II-10 : Caractéristique de déclenchement d'un disjoncteur

❖ **Détermination du courant de court-circuit en un point quelconque de l'installation :**

Le dimensionnement d'une installation électrique et du matériel à mettre en œuvre ainsi que la détermination des protections des personnes et des biens, nécessite le calcul des courants de court-circuit en tout point de l'installation.

On procédera par le calcul du courant de court-circuit maximal qui peut se produire dans l'installation [13].

Le courant de court-circuit maximal permet :

- Détermination du Pdc des disjoncteurs.
- Détermination du pouvoir de fermeture des appareils.
- La tenue électrodynamique des canalisations et de l'appareillage.

Le courant de court-circuit maximal en tous points par la méthode suivante :

$$I_{cc\ max} = \frac{m.c.U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_t^2 + X_t^2}} \dots\dots\dots (18)$$

Avec :  $I_{cc\ max}$  : Courant de court circuit maximal en (kA)

$m$  : Facteur de charge à vide ;  $m = 1.05$

$c$  : Facteur de tension ;  $c = 1.05$

$U_n$  : Tension du réseau utilisée.

$R_t$  : La somme des résistances en amont du point de court circuit en  $m\Omega$ .

$X_t$  : La somme des réactances en amont du point de court circuit en  $m\Omega$

❖ **Détermination des résistances et des réactances en tout point de l'installation :**

L'application de la formule de calcul du court-circuit maximale précédente nécessite de connaître les résistances et les réactances en tout point de l'installation, en utilisant la méthode des impédances on peut déterminer les différentes résistances et réactances de l'installation, le tableau suivant énumère les formules utilisées par cette méthode [14]:

Partie de l'installation	Résistance (mΩ)	Réactance (mΩ)
Réseau amont	$R_A = 0.1 \times Z_{cc}$	$X_A = 0.995 \times Z_{cc}$ Avec : $Z_{cc} = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{cc}}$
Transformateur	$R_T = \frac{W_c \times U^2}{S_n^2} 10^{-3}$	$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$ Avec : $Z_T = \frac{U_{cc}}{100} \times \frac{U^2}{S_n}$
<b>Liaison</b>		
Câbles	$R_{cables} = \frac{\rho l}{S}$	$X_{cables} = 0.09l$ (Câbles uni joints). $X_{cables} = 0.13l$ (Câbles uni espacés).
Jeux de barre	$R_{JDB} = \frac{\rho l}{S}$	$X_{JDB} = 0.15l$
<b>Disjoncteur</b>		
Rapide	Négligeable	Négligeable
Sélectif	Négligeable	Négligeable

Tableau II-12 : Détermination des résistances et des réactances d'une installation.

$Z_{cc}$  : Impédance de court-circuit du réseau amont.

$S_{cc}$  : Puissance de court-circuit du réseau HT en (kVA).

$U_{cc}$  : Tension du court-circuit du transformateur (en %).

$W_c$ : Pertes en cuivre en (W).

$S_n$ : Puissance apparente du transformateur en (kVA).

$\rho$  : Résistivité :  $\rho = 18.51$  (Cuivre)

$\rho = 29.41$  (Aluminium)

$l$  : Longueur du câble/JDB en (m)

$S$  : Section du câble/JDB en (mm<sup>2</sup>).

❖ **Résultats de calcul :**

Pour l'armoire de la station de traitement des eaux on va calculer les différentes résistances et réactances de l'installation, en suite on va calculer le courant de court-circuit maximal afin de choisir le Pdc des protections.

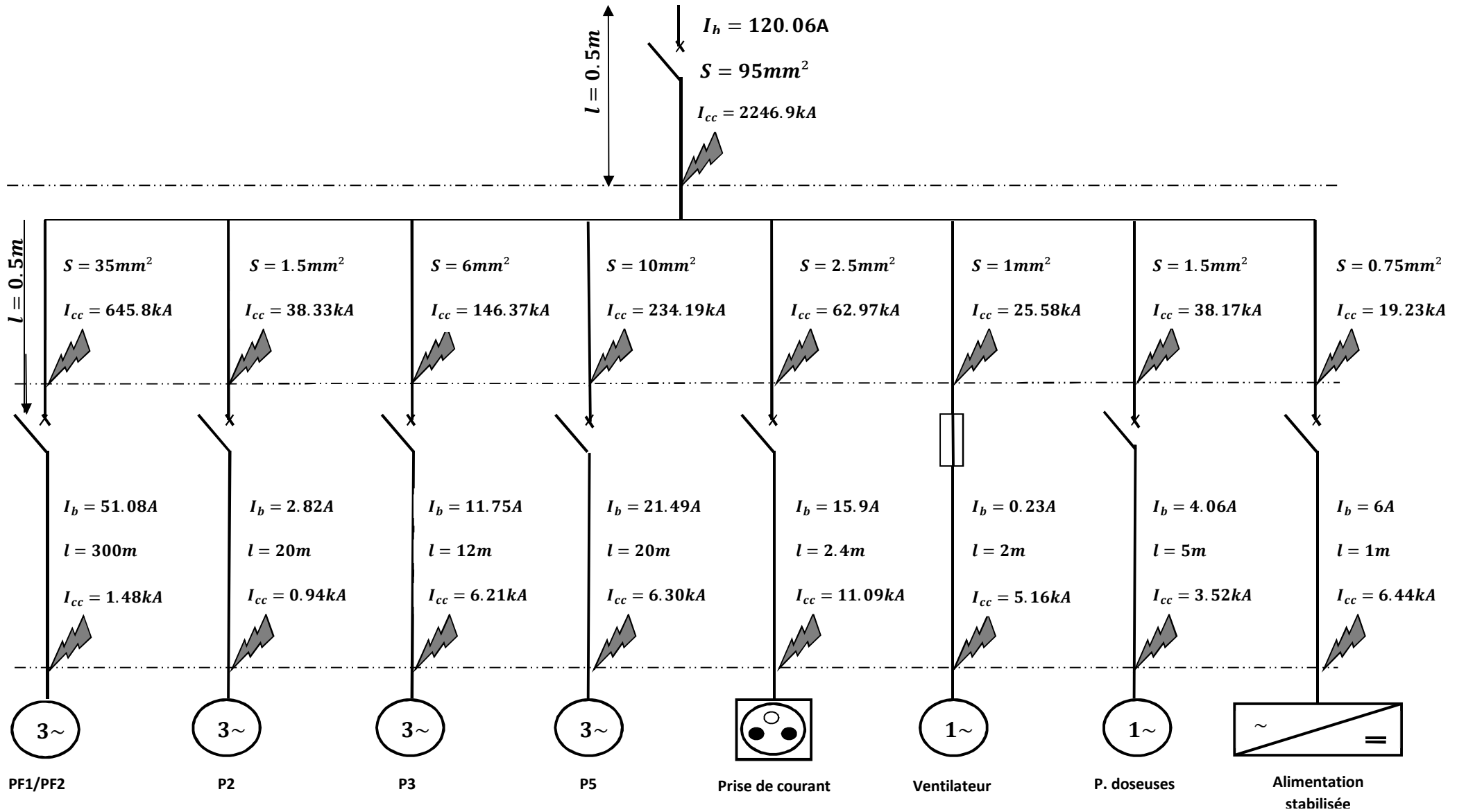


Figure II-11 : Valeurs maximales des courts circuits en différents points de l'installation

❖ **La sélectivité des protections :**

L'objectif de la sélectivité des protections est de mettre hors tension le récepteur ou le départ en défaut seulement et maintenir sous tension la plus grande partie possible de l'installation, ainsi assuré la continuité de service et faciliter la localisation de défauts.

Dans une distribution radiale, si un défaut se produit en un point quelconque de l'installation, l'appareil de protection placé en amont de ce défaut se déclenche en éliminant le défaut par lui seul. [9]

Il y a deux types de sélectivité :

- **Sélectivité totale :**

La sélectivité est totale lorsqu'elle est assurée jusqu'au pouvoir de court-circuit de l'installation. Dans une distribution radiale, pour toutes les valeurs de défaut, depuis la surcharge jusqu'au court-circuit franc, la sélectivité est totale si D2 s'ouvre et D1 reste fermé.

- **Sélectivité partielle :**

La sélectivité est partielle lorsqu'elle est assurée jusqu'à une valeur du courant de court-circuit inférieure au pouvoir de coupure de l'installation. Cette valeur est appelée limite de sélectivité. Pour un défaut qui dépasse cette valeur les disjoncteurs D1 et D2 s'ouvrent.

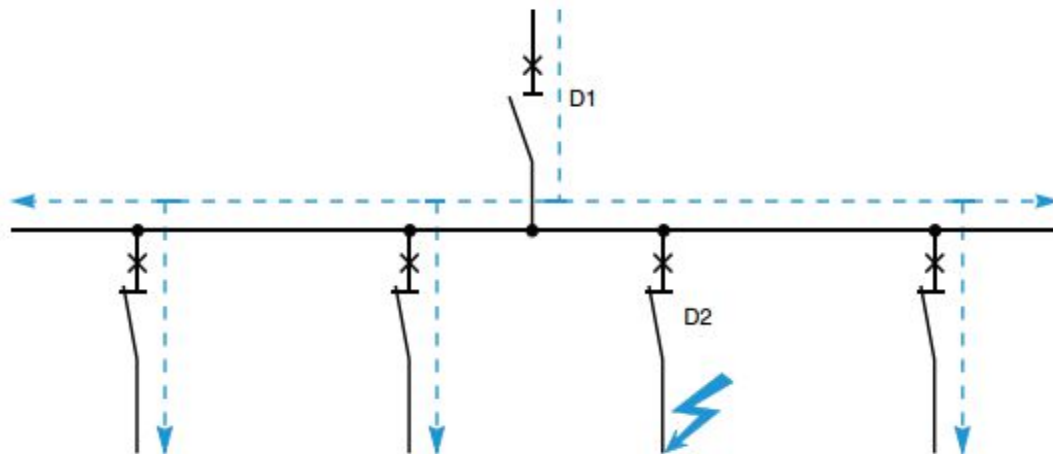


Figure II-12 : La sélectivité des disjoncteurs.

❖ **Courbe de fonctionnement :**

Selon le domaine d'application du disjoncteur (sur charge résistive, sur charge inductive, déclenchement instantané ou à retard désiré). Il existe différentes courbes de fonctionnement des disjoncteurs (A, B, C, D). Parmi les plus employées : la courbe B, la courbe C et la courbe D. [12]

Vue les caractéristiques électriques des pompes dans la station de traitement des eaux, nous avons choisis les courbes de fonctionnement B et C.

- Courbe C : pour la protection des pompes, possède un déclenchement magnétique  $I_m$  entre 5 à  $10I_n$ .
- Courbe B : pour la protection d'autre circuit avec un déclenchement magnétique  $I_m$  entre 3 à  $5I_n$ .

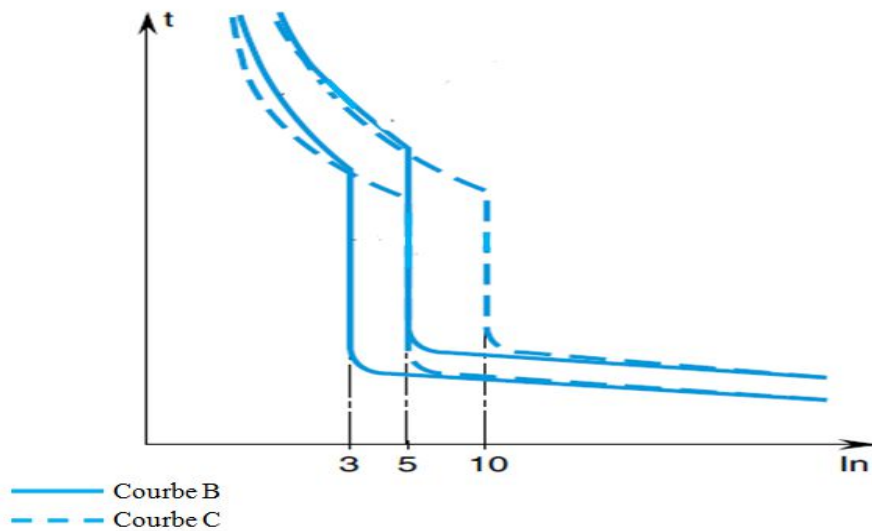


Figure II-13 : courbes de fonctionnement des disjoncteurs (B et C).

❖ **Protection des pompes :**

La protection des pompes sera assurée par le choix des départs moteurs convenables. Les départs moteurs sont des dispositifs de commande et de protections associés aux moteurs pour garantir la protection des personnes et des biens, réduire les pertes de production et des coûts de manœuvre et assurer une meilleure disponibilité de l'énergie pour une sûreté optimisée de l'installation.

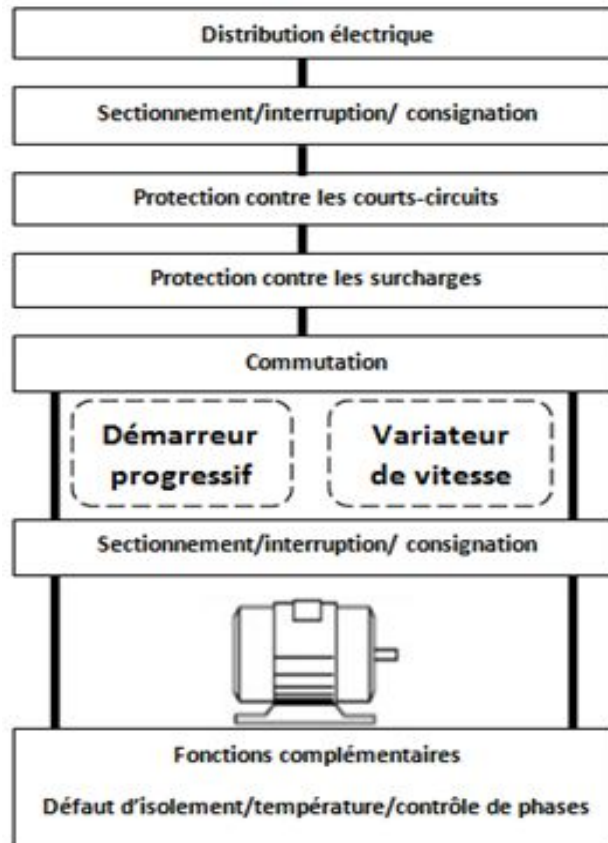


Figure II-14 : Les fonctionnalités que doit assurer un départ moteur

Les fonctions de base que doit assurer un départ moteur sont :

- L'interruption.
- Protection contre les surcharges.
- Protection contre les courts-circuits.
- Le sectionnement.
- La commutation.

Chaque départ peut être associé à des fonctionnalités supplémentaires selon les besoins de l'installation.

- Démarreur progressif.
- Variateur de vitesse.
- Communication.

Pour notre cas on a opté pour des départs moteur composés de :

- **Disjoncteur magnétothermique** : cet appareil réalise à la fois la protection contre les courts-circuits (déclencheur magnétique) avec un seuil de déclenchement environ  $13I_n$  (non réglable), et la protection contre les surcharges (déclencheur thermique) qui doit correspondre au courant nominal du moteur à protéger.
- **Contacteur de puissance** : appareil de connexion ayant une position de travail et une position de repos, il est capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit ainsi que les conditions de surcharges.
- **Variateur de vitesse** : cet appareil permet la mise en vitesse et la décélération progressive, il permet l'adaptation précise de la vitesse du moteur aux conditions d'exploitation.

Les deux figures montrent les schémas des départs-moteurs employés :

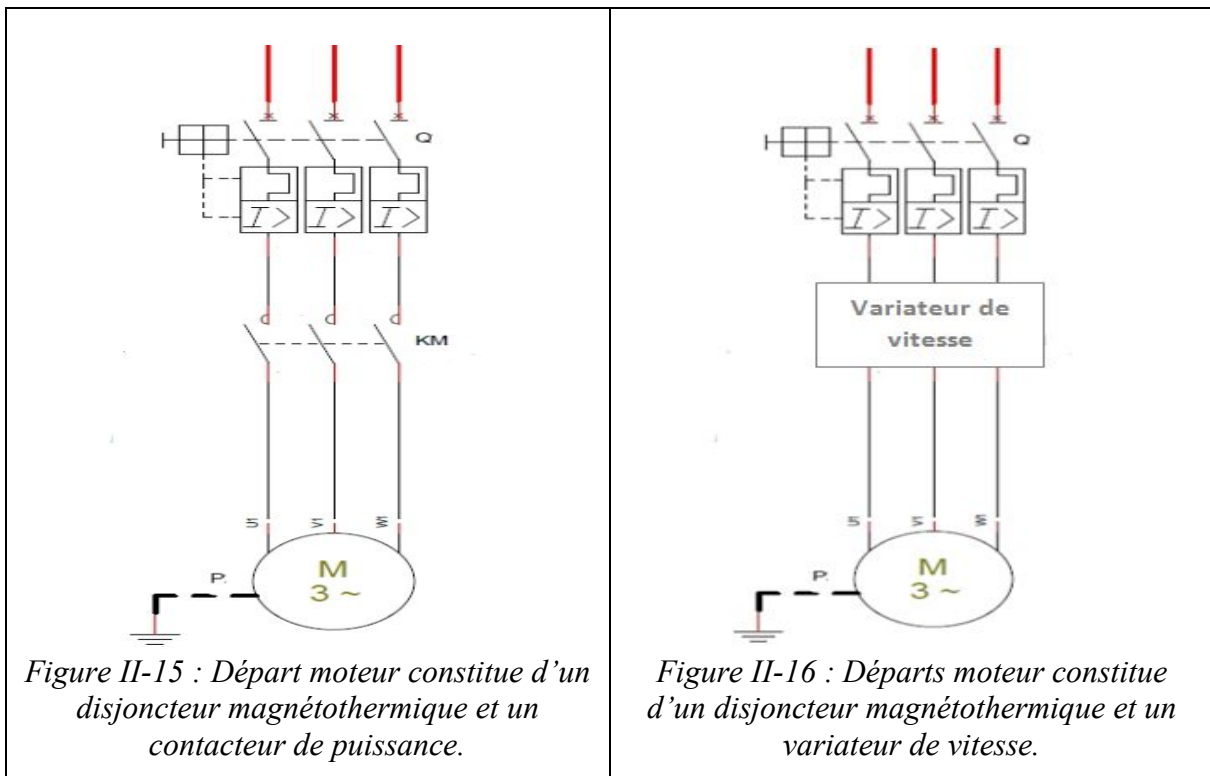


Figure II-15 : Départ moteur constitue d'un disjoncteur magnétothermique et un contacteur de puissance.

Figure II-16 : Départs moteur constitue d'un disjoncteur magnétothermique et un variateur de vitesse.

## II-8 : Etapes de réalisation de l'armoire :

### II-8-1 : Choix du coffret du câblage :

Les coffrets du câblage sont disponibles en différentes tailles et configurations. L'essentiel est d'opter pour un coffret qui soit suffisamment spacieux pour l'installation.

La taille du coffret doit dépendre du nombre de rangées. Chaque rangée est composée de modules, plus l'installation est grande plus on aura besoin de modules.

Le coffret de l'armoire doit disposer d'un espace de réserve, pour assurer si nécessaire l'ajout de nouveaux équipements.



Figure II-17 : Différents tailles des coffrets de câblage.

### II-8-2 : Choix de ventilation :

L'appareillage électrique monté dans le coffret de l'armoire diffuse des pertes calorifiques dans l'air ambiant. Si cette perte calorifique est très élevée elle provoque une augmentation de la température dans le coffret qui peut dépasser la température maximale admissible des composants électrique et électronique en particulier ce qui induit d'éventuels dysfonctionnements.

Pour éviter ces conséquences, on utilise des ventilateurs pour le refroidissement.

Le choix de la ventilation revient à calculer le débit d'air nécessaire pour l'évacuation de la chaleur vers l'extérieur.

Ce débit se calcule par la fonction suivante :

$$D = 3.1 \left( \frac{P}{\Delta t} - K \times S \right) \dots \dots \dots (19)$$

Avec :  $D$  : débit d'air nécessaire ( $m^3/h$ ).

$P$  : Puissance dissipée dans l'air ( $W$ ).

$\Delta t$  : Différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'armoire en ( $K^\circ$ ).

$S$  : Surface extérieur de l'armoire.

$K$  : Coefficient de tôle ( $K = 5.5 w/m^2/^\circ C$ ).

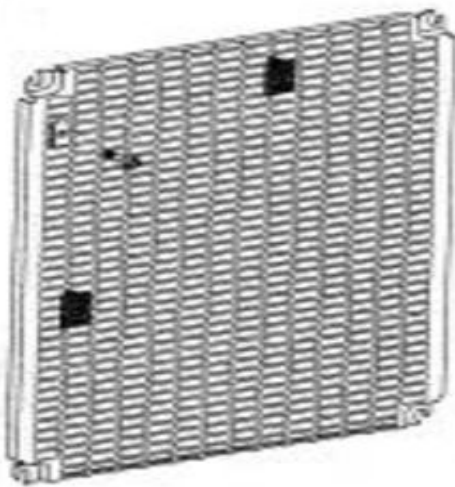
### II-8-3 : Matériels de fixation des appareils :

#### ❖ Les platines :

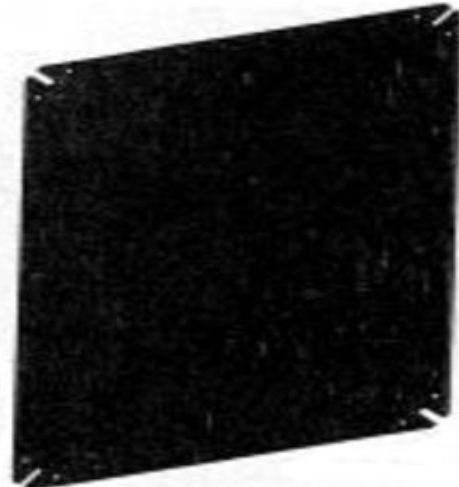
Les platines permettent le montage de tout appareil ainsi que la fixation des goulottes de câblage. Les platines sont utilisées en coffrets et armoires.

Il existe deux types de platines:

- Platines plaines : d'épaisseur 2 à 3mm dans lesquels il faut percer des trous pour la fixation des matériels.
- Platines perforées : ne nécessite pas de percer des trous, les appareils sont fixés par des écrous-clips



*Platine perforée*



*Platine pleine*

*Figure II-18 : Types de platines.*

#### ❖ Les profilés :

Ce sont les rails où les matériels sont encliquetés ou vissés.

Il existe 3 types de profilés :

- Les profilés chapeaux : fixation par encliquetage
- Les profilés asymétriques : fixation par vissage.
- Les profilés combinés : fixation par encliquetage et par vissage

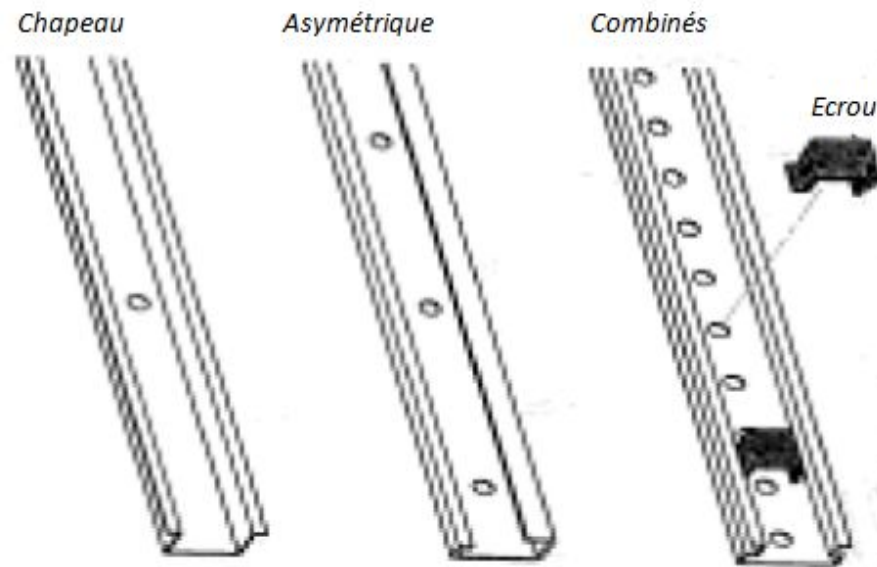


Figure II-19 : Différents types de profilés.

❖ **Les goulottes :**

Elles sont utilisées pour organiser le passage des fils à l'intérieur de l'armoire, ils sont choisis en fonction du nombre et du types de conducteurs utilisés.

Les goulottes peuvent être fixées avec 2 méthodes :

- Goulottes fixées par une colle.
- Goulottes fixées par des visses.



Figure II-20 : Les goulottes de câblage.

**II-8-4 : Réalisation du câblage de l'armoire :**

Après avoir fait le dimensionnement des conducteurs et des protections ainsi que l'éclairage et la ventilation de l'armoire, on procédera à la réalisation du câblage de l'armoire.

Dans le câblage de l'armoire, il y a 3 règles principales à respecter pour faciliter la maintenance de l'armoire en cas de problèmes ainsi que pour permettre une meilleure compréhension de l'installation.

- Respecter les couleurs des fils ainsi que leurs sections pour reconnaître la nature de la tension qui circule (alternatif, 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 électrique dans l'armoire (partie puissance à gauche, partie commande à droite).

On commence par la détermination du nombre exact des appareils électrique a installé a partir du schéma électrique afin de gérer l'encombrement de ces appareils.

Puis on passe à l'installation des goulottes pour le passage des fils sur la platine soit par une colle soit par des visses. L'espace entre les goulottes et l'appareillage doit être suffisant pour permettre la bonne lecture des repères. Il faut laisser 25 à 30mm.

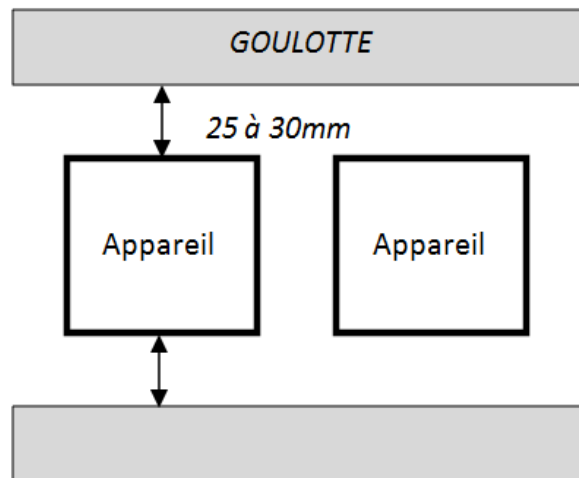


Figure II-21 : Espace entre les goulottes et l'appareillage

Puis on procède à la fixation des rails sur la platine en suivant le schéma de l'armoire. Ensuite on doit mettre en place tous les appareils de l'armoire.

Après la mise en place de tous les composants et des appareils, on passe au câblage des composants en respectant les règles du câblage citées auparavant (couleurs et sections des fils, repérage des fils, respect de l'implantation des appareils).

Une fois le câblage est terminé, on passe à la finition de l'armoire qui inclue la pose des couvercles des goulottes, la pose des tresses de masse, de la ventilation de la partie puissance, la signalisation par colonne lumineuse et par voyant sur l'armoire.

**II-9 : Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons fait le dimensionnement des différents conducteurs afin d'éviter les échauffements excessifs que peut causer le courant qui circule dans ces canalisations et assurer le bon fonctionnement de l'installation, ainsi pour éviter le surdimensionnement qui entraîne des problèmes d'économie et de surpoids.

Nous avons fait ensuite le choix et le dimensionnement des protections pour assurer la continuité de service ainsi que la sécurité des personnes et des biens. Nous avons calculé le courant de court-circuit maximal qui peut survenir en différents point de l'installation ce qui permet de choisir le Pdc des appareils de protection.

Enfin nous avons expliqué la façon de réaliser le câblage de l'armoire, en procédant par le choix et l'implantation des appareils et des accessoires, ainsi que les règles à respecter pour la réussite de l'installation en point de vue du fonctionnement, protection et maintenance.

# ***Chapitre III:***

Automatisation de  
l'armoire de la station  
de traitement des eaux

### III-1 : Introduction

Les automates programmables industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où, ils sont venus révolutionner l'industrie automobile en mettant en œuvre des chaînes de fabrication automatisées qui ont pu suivre la vague de l'évolution des techniques et des modèles fabriqués au grand bonheur de l'économie et des industriels américains.

Ces ordinateurs spécialisés pour les applications industrielles ont des caractéristiques qui justifient un traitement distinct des équipements classiques.

Dans ce chapitre nous allons faire l'automatisation de l'armoire de la station de traitement des eaux à l'aide d'un automate programmable industriel.

Nous allons aussi faire un test par simulation d'une partie du programme pour vérifier le fonctionnement et les défauts de ce dernier.

### III-2 : Généralités sur les automates programmables industriels (API)

#### III-2-1 : Définition

Un automate programmable industriel (*Programming logical controller*) est un système de traitement logique de fonctionnement, ce dernier aura des instructions en fonction du principe de fonctionnement du système à automatisé. Ce matériel utilise un microprocesseur ayant une unité centrale, une mémoire de stockage des programmes et des modules d'entrées et de sorties comme le montre la figure suivante :

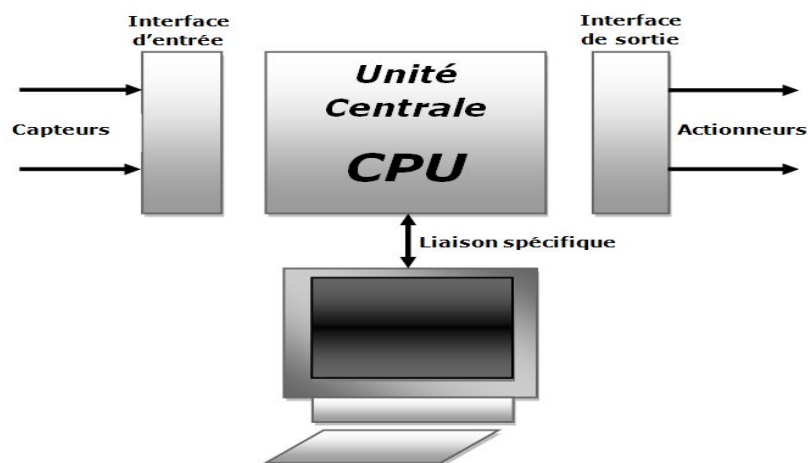


Figure III-1 : Automate programmable industriel

L'automate reçoit les signaux venants des capteurs qui eux même reliés aux cartes d'entrée de l'automate. Les données sont traitées et interprété par l'unité central (CPU : *Central processing unit*) qui comprend le microprocesseur, la mémoire et les entrées/sorties du système et ensuite effectue les actions de commande selon des programmes écrits et compilés par des utilisateurs via un matériel externe grâce à des langages adaptés. Les résultats de traitement forment les sorties qui donnent les ordres aux actionneurs (contacteurs, vannes, moteurs...etc.) [19].

### III-2-2 : Critères du choix d'un API

Après avoir établi le cahier des charges, l'utilisateur doit choisir l'automate le mieux adapté aux besoins du système à automatiser en tenant compte des critères suivants :

- Nombre et nature d'entrées et de sorties.
- Type du processeur selon sa taille mémoire, sa vitesse de traitement et ses fonctions spéciales.
- Le langage de programmation.
- La communication avec d'autres systèmes de commande.
- La fiabilité et la robustesse.

### III-3 : L'automate S7-300

#### III-3-1 : Présentation

Le SIMATIC S7-300 est un automate modulaire fabriqué par SIEMENS. Il est conçu pour des solutions innovantes dans les technologies de fabrications, particulièrement pour l'industrie automobile, l'ingénierie mécanique, l'industrie d'emballage et l'industrie de l'alimentation et des boissons... etc.

Le SIMATIC S7-300 économise l'espace d'installation et présente une conception modulaire, il offre la possibilité d'étendre le système de manière centralisée ou décentralisée grâce à son large éventail de modules.



Figure III-2 : L'automate S7-300 de SIEMENS.

### III-3-2 : Caractéristiques

L'automate s7-300 possède les caractéristiques suivantes :

- Une gamme diversifiée de CPU.
- Gamme complète de modules.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Raccordement centrale de la console de programmation et accès à tous les modules.
- Mise en réseau avec MPI Profibus ou Industrial ETHERNET. [20]

### III-4 : Les modules de l'automate S7-300

L'automate s7-300 se présente sous forme de modules qui peuvent être combinés pour former un automate adéquat pour une application particulière et ses futures extensions.

La figure suivante montre les modules de l'automate s7-300 :

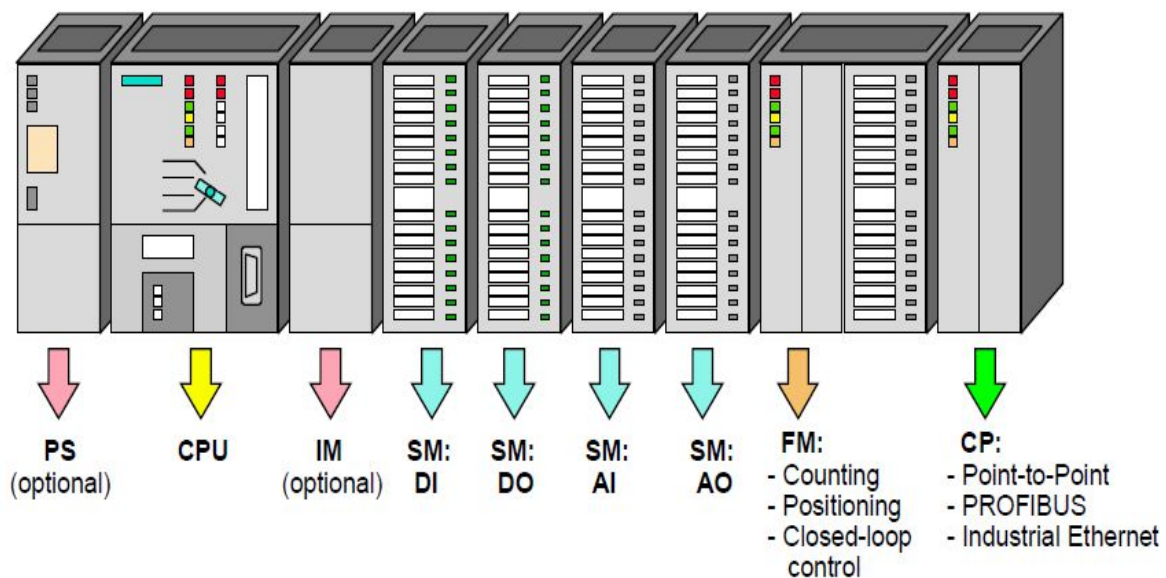


Figure III-3 : Les différents modules de l'automate S7-300.

#### III-4-1 : Module d'alimentation

Ce module assure l'alimentation de l'automate sous une tension 24V DC ainsi que l'alimentation externe des circuits de charge de 24V DC. Cette alimentation effectue la conversion de la tension du réseau 230V AC en 24V DC. [32]

Le module d'alimentation possède une LED indiquent le bon fonctionnement et un témoin clignotant en cas de surcharge.

Il existe divers modules d'alimentation de courant de sortie de 2A, 5A et 10A pour l'alimentation du S7-300, des capteurs et des actionneurs de 24V DC.

### III-4-2 : L'unité centrale

C'est le cerveau de l'automate, elle exécute le programme utilisateur en lisant ces entrées ainsi elle commande les sorties. Elle communique avec l'autre partenaire d'un réseau MPI via l'interface MPI. Elle peut être aussi maître ou esclave DP sous un réseau PROFIBUS.

Il existe une variété de CPU de l'automate S7-300 de différentes caractéristiques et de performances étagées selon le besoin de l'utilisateur.

La CPU de l'automate S7-300 se présente dans un boîtier compact avec les éléments suivants :

- Des indicateurs d'état et des erreurs (*LEDs*).
- Logement de la microcarte mémoire SIMATIC avec éjecteur.
- Raccordement de la tension d'alimentation.
- Une interface MPI.
- Une deuxième interface MPI (pour CPU315-2DP).
- Un commutateur indiquant le mode de fonctionnement (*STOP/RUN/MRES*). [21]

Pour la station de traitement des eaux, on a utilisé la CPU315- 2DP qui possède les caractéristiques suivantes :

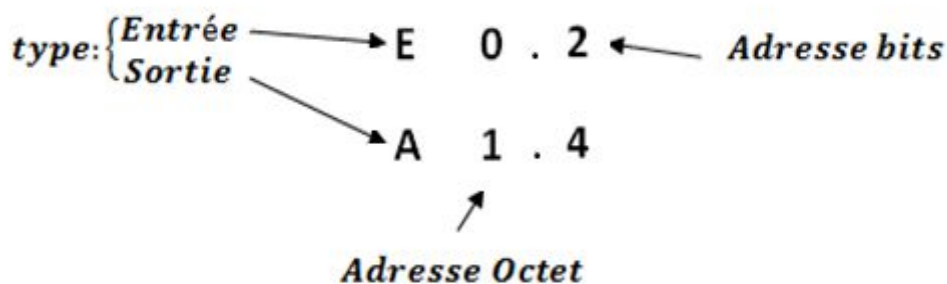
- Mémoire de travail : 256Ko.
- Mémoire de chargement (microcarte mémoire) : 8Mo.
- Temps d'exécution : 0.05 $\mu$ s/bit, 0.09  $\mu$ s/mot
- Langage : Step7.
- DI/DO et AI/AO : 0. [21].

### III-4-3 : Module d'entrées/sorties logiques

Les modules entrées/sorties TOR est l'interface destinée pour les signaux tout ou rien, ils seront raccordés aux capteurs (entrée TOR) et aux pré actionneurs (sortie TOR).

Les entrées et les sorties TOR de l'automate sont regroupées en groupes de 8 entrées et 8 sorties. Un groupe de 8 entrées/sorties est appelé octet. Chaque octet est divisé en 8 bits. [22]

L'adressage sera de cette forme :



### III-4-4 : Module entrées/sorties analogiques

C'est l'interface de l'automate destinée pour les signaux analogiques, ils seront raccordés aux capteurs et aux actionneurs analogiques.

Un signal analogique évolue dans le temps, parmi ces grandeurs on peut citer la pression, le niveau, la température, le débit, la vitesse...etc.

Ce signal analogique sera converti en un signal numérique afin qu'il soit exploitable par la CPU. L'opération sera réalisée à l'aide des circuits spéciaux selon la précision et la capacité du système.

Un signal analogique sera subdivisé en intervalles de temps (Pas d'échantillonnage), puis un code sera affecté à chaque échantillon selon leur niveau. Comme le montre la figure suivante : [18]

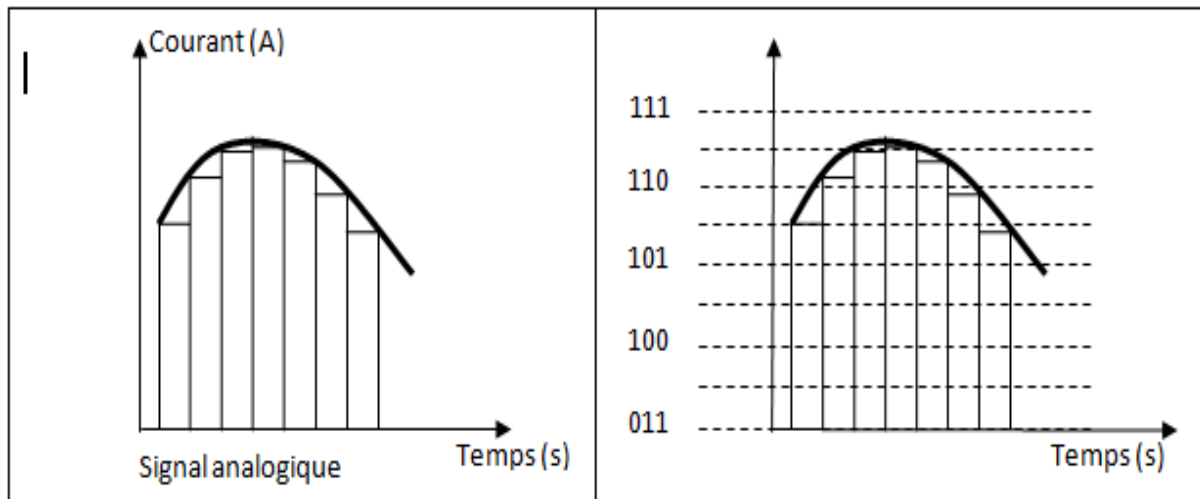


Figure III-4 : Principe de conversion analogique/numérique.

### III-4-5 : Module de simulation

Ce sont les modules spéciaux qui offrent à l'utilisateur la possibilité de tester le programme lors de la mise en service et au cours du fonctionnement.

### III-4-6 : Console de programmation

Les consoles de programmation PG/PC SIMATIC Panels sont des outils pour configurer, paramétrer et tester les programmes.

## III-5 : les langages de programmation de l'automate S7-300

Il existe une multitude de langages de programmation. Le Step7 est le logiciel de base pour la configuration des systèmes d'automatisation SIMATIC.

Les langages suivants les langages les plus courants avec lesquels on peut représenter un programme sont :

➤ **LADDER**

C'est un langage graphique, il est essentiellement dédié à la programmation d'équations booléennes.

➤ **LOG**

C'est un langage graphique, il permet la construction d'équations complexes à partir d'opérations standards de fonctions ou bloc fonctionnels.

➤ **LIST**

Un langage textuel de bas niveau. C'est un langage à une instruction par ligne, il est adapté aux applications de petites tailles.

## III-6 : Les blocs de S7

### III-6-1 : Blocs OB

C'est la structure la plus importante, les blocs OB constituent l'interface entre le système d'exploitation de la CPU et le programme utilisateur, ces programmes permettent de déclencher l'exécution d'une partie du programme. Les blocs d'organisation sont traités selon la priorité qui leur est affectée.

### III-6-2 : Blocs DB

Ce bloc stocke les données globales de l'utilisateur auquel tous les blocs d'un programme peuvent accéder.

### III-6-3 : Bloc FB

Un bloc fonctionnel contient une partie d'un programme et dispose d'une zone mémoire qui est lui affectée. Ce bloc fonctionnel nécessite de lui affecter un DB d'instance, soit par en créant soit en le générant.

### III-6-4 : Fonction FC

Pour ce bloc, aucune zone de mémoire individuelle n'est affectée. Ce bloc n'a pas besoin de lui affecter un DB d'instance.

➤ **Fonction mise à l'échelle « SCALE » FC105**

La fonction mise à l'échelle (SCALE) prend la valeur d'entrée en entier (paramètre '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).

Exemple :

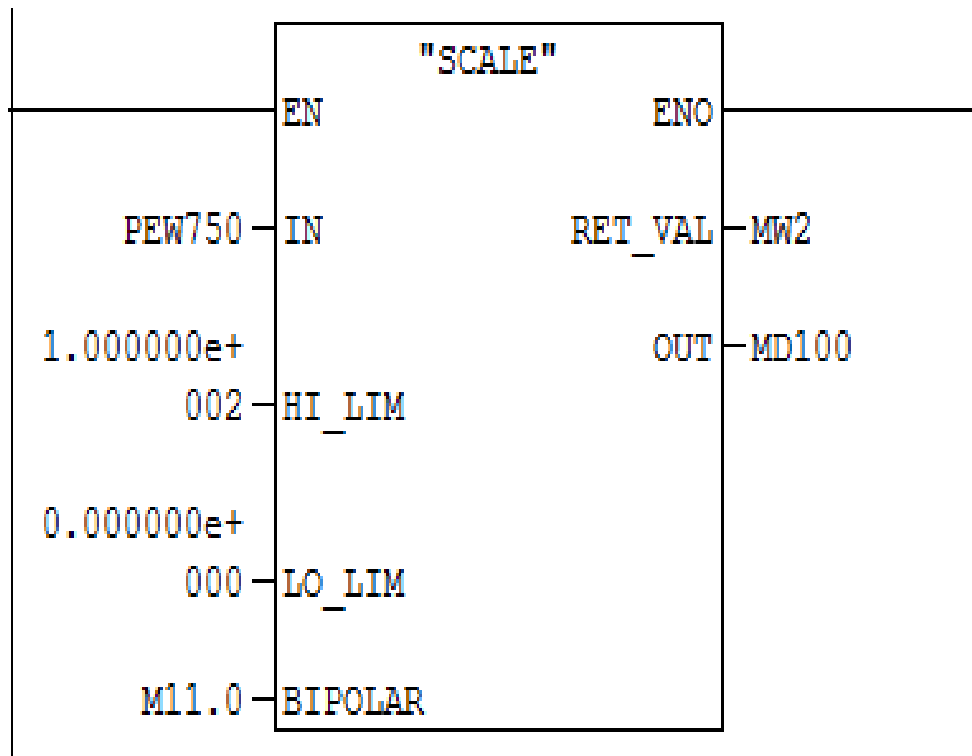


Figure III-5 : Fonction mise à l'échelle « SCALE »

FC105 lit la valeur d'entrée analogique PEW750 en 'IN'. Le paramètre M11.0 détermine si la valeur d'entrée est (BIPOLAR) ou (UNIPOLAR) :

- BIPOLAR : la valeur PEW750 est supposée être comprise entre (-27648 et 27648).
- UNIPOLAR : la valeur PEW750 est supposée être comprise entre (0 et 27648).

La fonction FC105 convertit la valeur PEW750 (ENTIER 'INT') en valeur réelle ('REAL'). La valeur réelle en (OUT) sera comprise entre (HI\_LIM '100.0') et (LO\_LIM '0.0').

- Si la fonction est exécutée sans erreur, la fonction FC105 active (ENO) et met en (RET\_VAL 'MW2') la valeur W#16#0000.
- Si la fonction est exécutée avec erreur, la fonction FC105 désactive (ENO) et met en (RET\_VAL 'MW2') la valeur W#16#0008.

La valeur mise à l'échelle (MD200) est écrite dans (OUT).

➤ **Fonction annuler mise à l'échelle « UNSCALE » FC106**

Cette fonction prend une valeur d'entrée réelle exprimée en unité physiques entre une limite inférieure (LO\_LIM) et une limite supérieure (HI\_LIM). Le résultat de la fonction sera écrit dans (OUT).

Exemple :

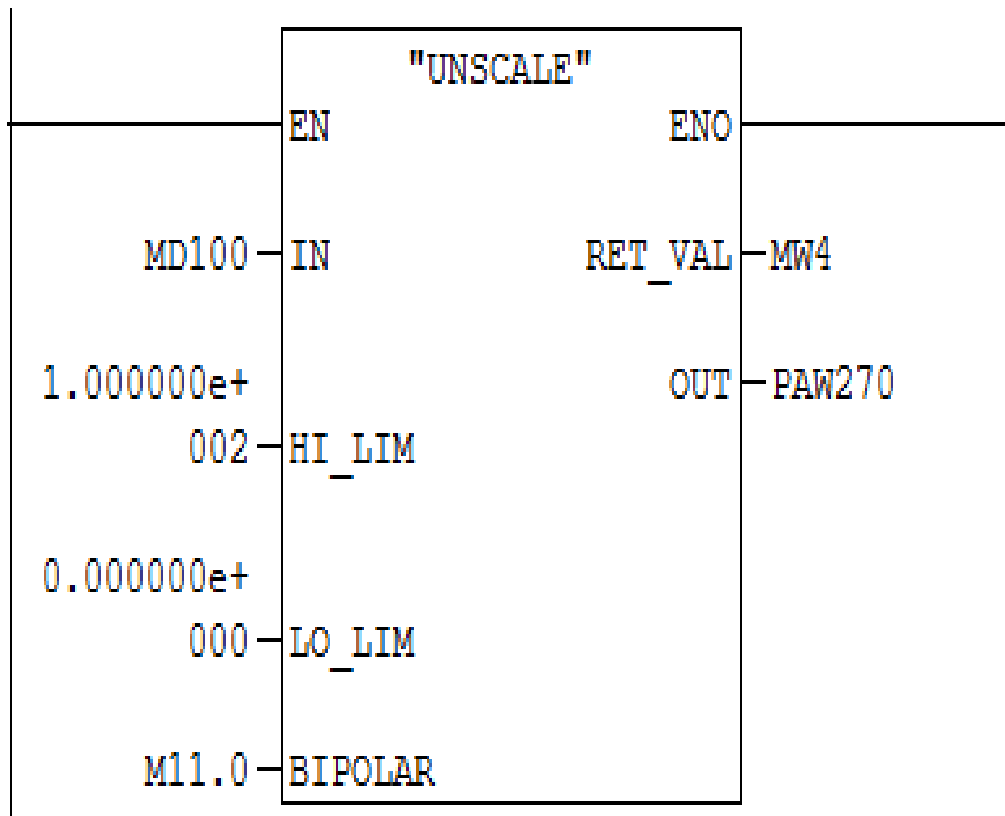


Figure III-6 : Fonction annuler la mise à l'échelle « UNSCALE »

La fonction FC106 lit le nombre réel (MD100), le paramètre M11.0 détermine si la valeur d'entrée est (BIPOLAR) ou (UNIPOLAR) :

- BIPOLAR : la valeur PAW270 est supposée être comprise entre (-27648 et 27648).
- UNIPOLAR : la valeur PAW270 est supposée être comprise entre (0 et 27648).

La fonction FC106 convertit le nombre réel (MD100) entre (HI\_LIM) et (LO\_LIM) en valeurs entière et le résultat sera écrit en (OUT).

- Si la fonction est exécutée sans erreur, la fonction FC105 active (ENO) et met en (RET\_VAL 'MW4') la valeur W#16#0000.
- Si la fonction est exécutée avec erreur, la fonction FC105 désactive (ENO) et met en (RET\_VAL 'MW4') la valeur W#16#0008.

La valeur entière (INT) sera mise dans (OUT).

## III-7 : Programmation de la station de traitement des eaux

### III-7-1 : Création du projet

La création d'un projet est la première étape pour réaliser une tâche de programmation. Dans ce projet on doit structurer les données et les programmes d'utilisateur.

- ❖ On rentre dans SIMATIC Manager , une fenêtre « assistant de STEP7 » apparaît :

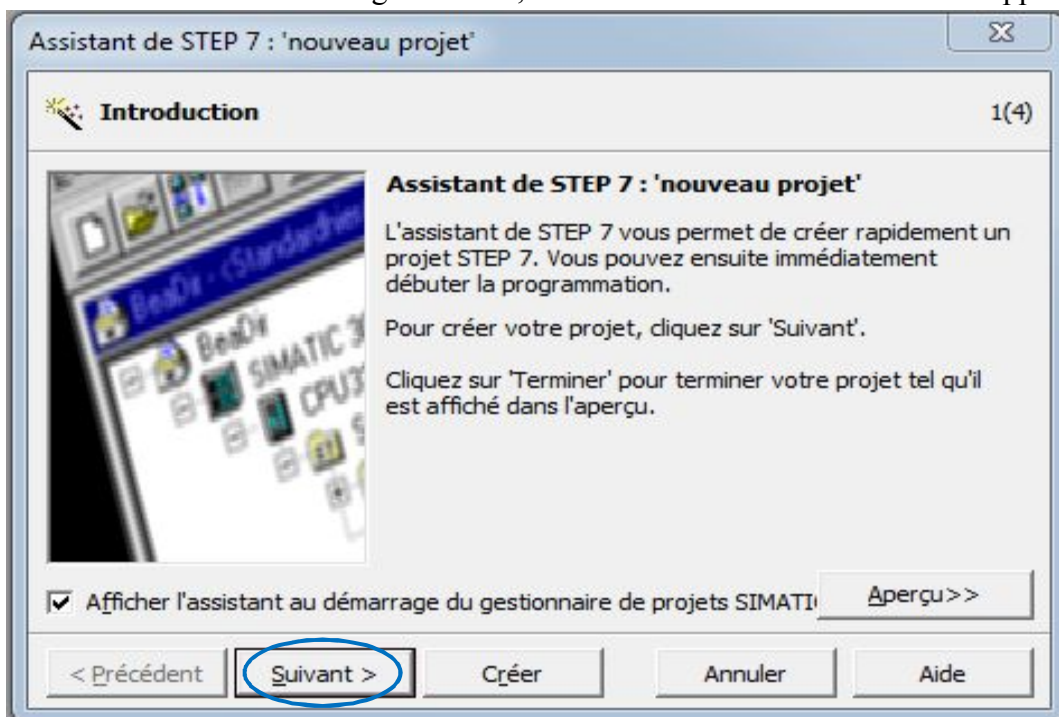


Figure III-7 : Assistant de Step7

- ❖ Sélection de la CPU : « 315-2DP »

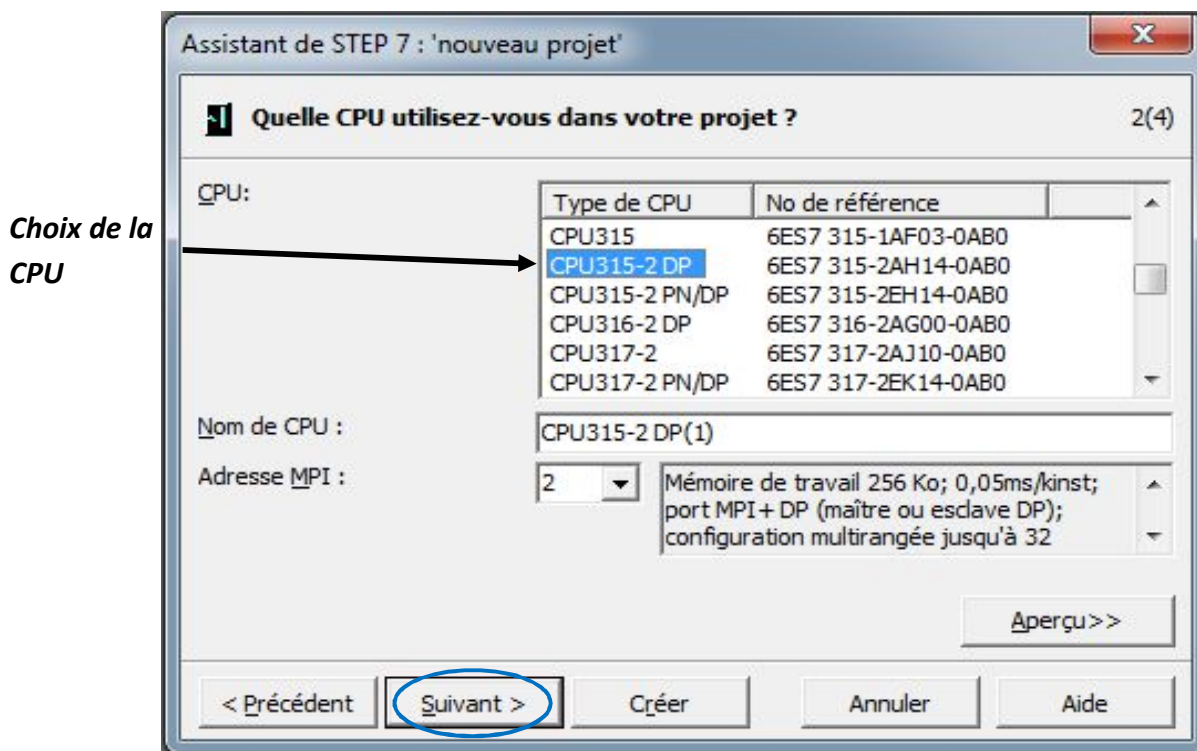


Figure III-8 : Choix de la CPU

- ❖ Choisir le langage de programmation « CONT » ainsi le cycle d'exécution « OB1 » :

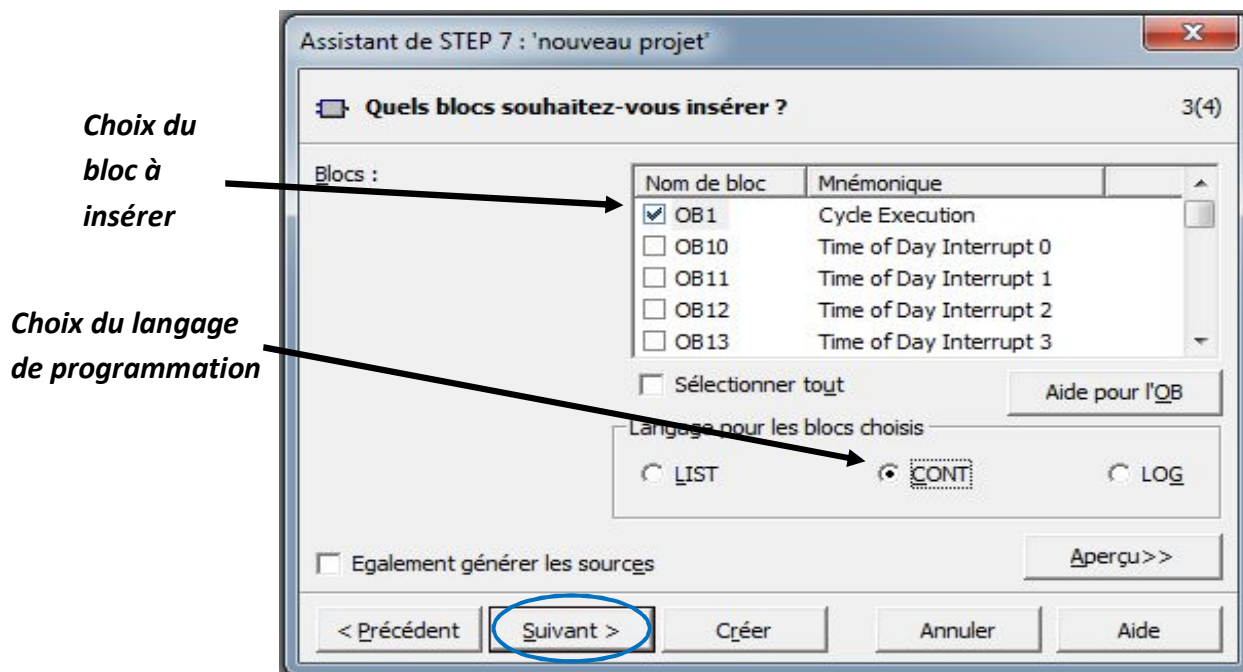


Figure III-9 : choix du bloc à insérer et le langage de programmation.

- ❖ Donner un nom au projet « programme station » :

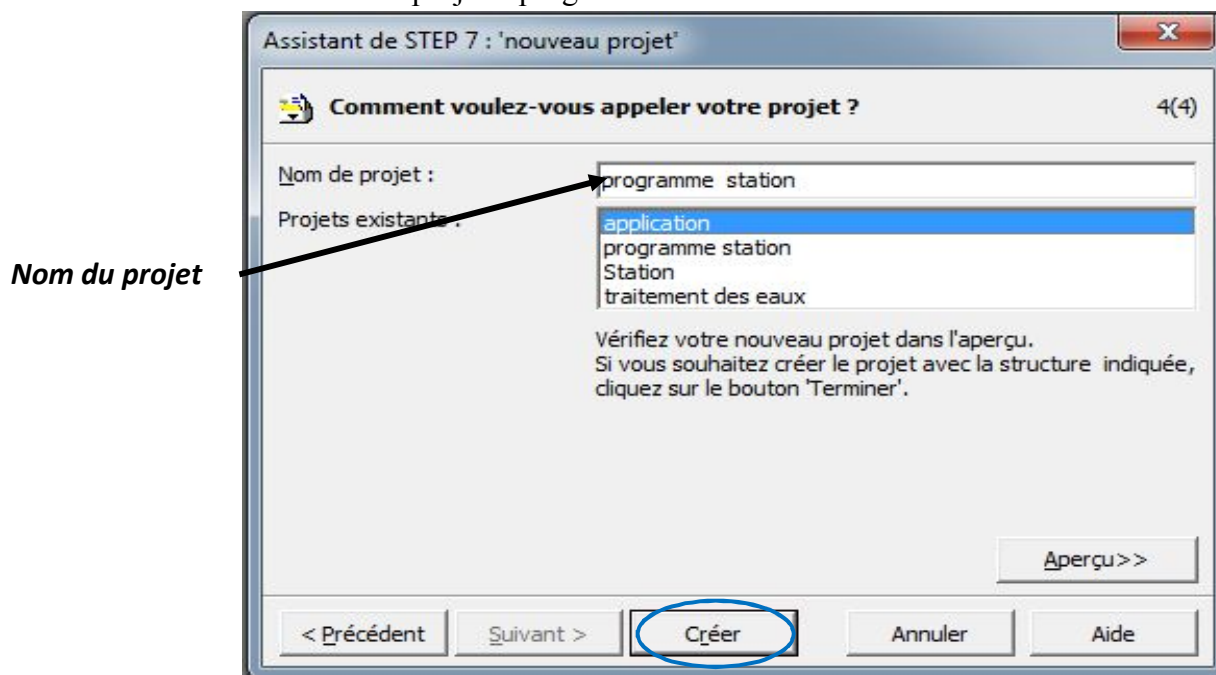


Figure III-10 : Nom du projet

### III-7-2 : Configuration matérielle

Dans la configuration matérielle, l'utilisateur doit sélectionner tous les éléments dont il a besoin pour réaliser son projet. Elle consiste à la disposition des profilés support (Racks), l'alimentation stabilisée, la CPU, les modules d'entrées/sorties logiques et analogiques.

Pour établir la configuration matérielle de l'automate pour le projet de la station de traitement des eaux, nous avons choisi :

- CPU315-2DP: 6ES7 315-2AH14-0AB0 V3.0.
- DI32 x DC24V : 6ES7 321-1BL00-0AA0.
- DO x DC24V/0.5A: 6ES7 322-1BH00-0AA0.
- AI8 x 12Bit : 6ES7 331-7KF00-0AB0.
- AO2 x 12Bit: 6ES7 332-5HB00-0AB0.

La configuration matérielle est illustrée dans la figure suivante :

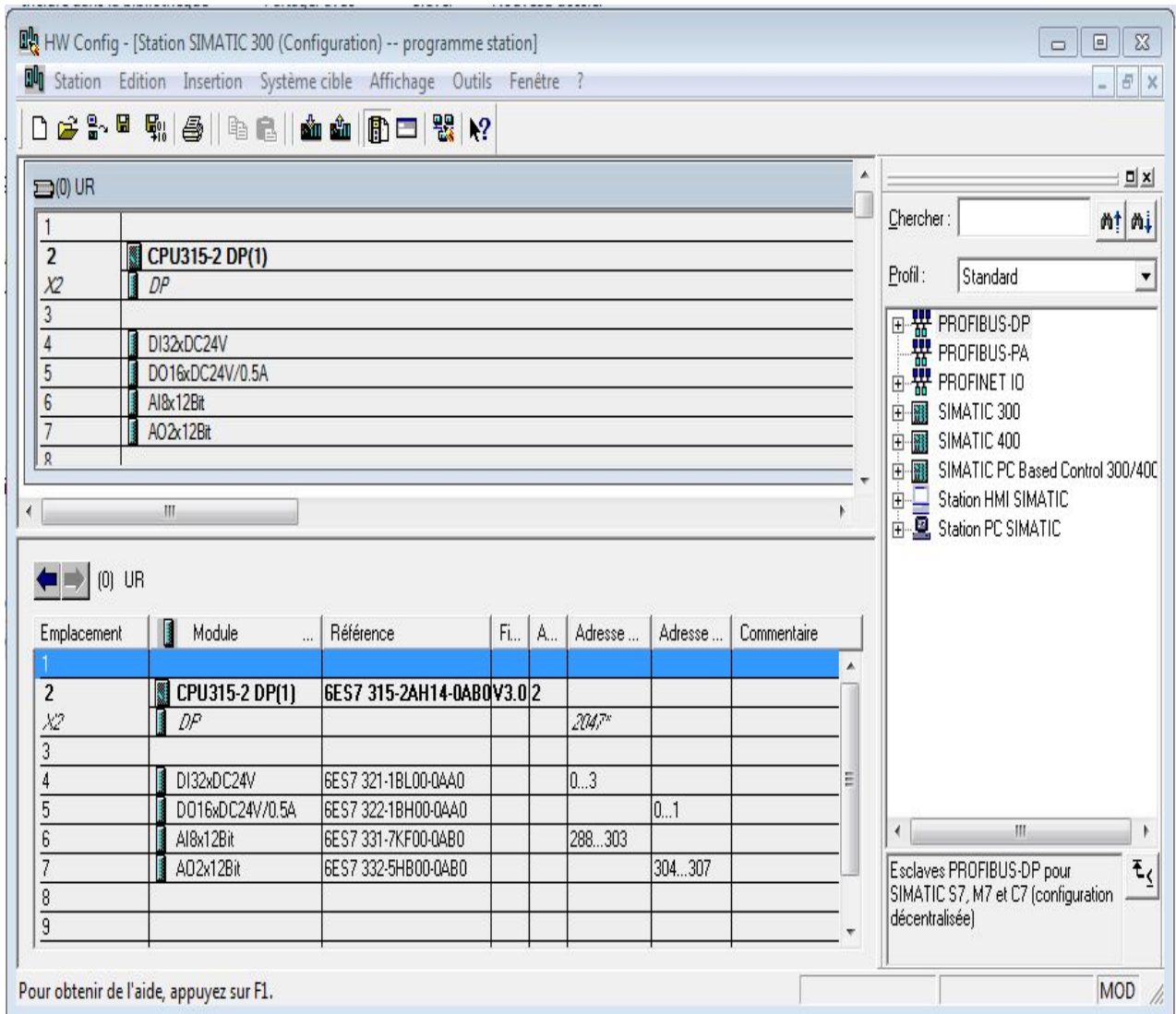


Figure III-11 : Configuration matérielle de l'automate pour le projet de station de traitement des eaux.

### III-7-3 : Table des mnémoniques

Cette table est automatiquement générée lorsque l'utilisateur crée un nouveau programme, cette table rend le programme plus compréhensible et plus facile à gérer lorsque le programme contient un grand nombre de variables.

La figure suivante illustre une partie de la table des mnémoniques :

	Etat	Mnémonique	Opéra	Type de d	Commentaire		
1		EV3	A	0.0	BOOL	electrovanne 3	
2		PF1	A	0.1	BOOL	pompe de forage 1	
3		PF2	A	0.2	BOOL	pompe de forage 2	
4		MAR-P5	A	0.3	BOOL	marche pomp5	
5		MAR-P3	A	0.4	BOOL	pompe 3	
6		M-MAR-P2	A	0.5	BOOL	CONTACTEUR marche pompe 2	
7		P10-OSMO1	A	0.6	BOOL	pompe 10 de l'osmoseur 1	
8		P11-OSMO1	A	0.7	BOOL	pompe 11 de l'osmoseur 1	
9		P20-OSMO2	A	1.0	BOOL	pompe 20 osmoseur 2	
10		P21-OSMO2	A	1.1	BOOL	pompe 21 osmoseur 2	
11		R-FH1	E	0.0	BOOL	relais de phases	
12		TH-DISJ-PF1	E	0.1	BOOL	thermique du disjoncteur pompe de forage 1	
13		TH-DISJ-PF2	E	0.2	BOOL	thermique du disjoncteur pompe de forage 2	
14		TH-DISJ-P2	E	0.3	BOOL	thermique du disjoncteur pompe 2	
15		TH-DISJ-P3	E	0.4	BOOL	thermique du disjoncteur pompe 3	
16		TH-DISJ-P5	E	0.5	BOOL	thermique du disjoncteur pompe 5	
17		AR-URG	E	0.6	BOOL	arrêt d'urgence	
18		M-HYD-P5	E	0.7	BOOL	marche hydrovar pompe 5	
19		D-HYD-P5	E	1.0	BOOL	défait HYDROVAR pompe 5	
20		O-EV3	E	1.1	BOOL	ouverture electrovanne 3	
21		D-P10-OSMO1	E	1.2	BOOL	défait pompe 10 osmoseur 1	
22		D-P11-OSMO1	E	1.3	BOOL	défait pompe 11 osmoseur 1	
23		D-P20-OSMO2	E	1.4	BOOL	défait pompe 20 osmoseur 2	
24		D-P21-OSMO2	E	1.5	BOOL	défait pompe 21 osmoseur 2	
25		M-P3	E	1.6	BOOL	marche pompe 3	
26		MAR-OSMO1	E	1.7	BOOL	marche osmoseur 1	
27		MAR-OSMO2	E	2.0	BOOL	marche osmoseur 2	
28		MAR-P2	E	2.1	BOOL	marche pompe 2	
29		AR-P2	E	2.3	BOOL	arrêt pompe 2	
30		AR-P3	E	2.4	BOOL	arrêt pompe3	
31		M-PF1	E	2.5	BOOL		
32		M-PF2	E	2.6	BOOL		
33		MAR-P10	E	2.7	BOOL	marche pompe10	
34		MAR-P11	E	3.0	BOOL	marche pompe11	
35		MAR-P20	E	3.1	BOOL	marche pompe 20	
36		MAR-P21	E	3.2	BOOL	marche pompe 21	
37		conditions de séc...	FC	1	FC	1	sécurité de la station
38		niveau des cuves	FC	2	FC	2	les niveaux des cuve de la station
39		pressions des filt...	FC	3	FC	3	pressions d'entrées et de sorties des filtres à sables.
40		AO	FC	4	FC	4	sorties vers les variateur de vitesses.
41		MODE	FC	5	FC	5	choix du mode de fonctionnement
42		EAU BRUTE	FC	6	FC	6	pompage eau brute en mode manuel.
43		osmo	FC	7	FC	7	pompes d'osmoseurs
44		E/S FS	FC	8	FC	8	entrée et sortie des filtres
45		EAU GLACEE	FC	9	FC	9	distribution vers eau glacée
46		P3/ EV3	FC	10	FC	10	pompe3/ electrovanne
47		P5	FC	11	FC	11	Pompe 5 (vers S.B.O.A)
48		PF1/PF2 AUTO	FC	12	FC	12	pompage brute automatique
49		OSMO/AUTO	FC	13	FC	13	osmoseurs en mode automatique
50		DIST-AUTO	FC	14	FC	14	distribution automatique
51		P2-AUTO	FC	15	FC	15	distribution vers eau glacée en mode automatique
52		ALAR-TOR	FC	16	FC	16	alarmes tout ou rien
53		SCALE	FC	105	FC	105	Scaling Values
54		UNSCALE	FC	106	FC	106	Unscaling Values
55		MOD-MAN	M	0.0	BOOL	mode manuel	
56		MOD-AUTO	M	0.1	BOOL	mode automatique	
57		MEMO-M-P5	M	0.3	BOOL		
58		MEMO-M-P3	M	0.4	BOOL		
59		MEMO-M-P2	M	0.5	BOOL		
60		MEMO-P10	M	0.6	BOOL		
61		MEM-M-HYD-P5	M	0.7	BOOL		
62		COND-SEC	M	1.0	BOOL	conditions de sécurités	
63		MEM-O-EV3	M	1.1	BOOL		
64		FOR1	M	1.4	BOOL	forage 1	
65		FOR2	M	1.5	BOOL	forage 2	
66		OSMO1	M	1.6	BOOL	osmoseur 1	
67		OSMO2	M	1.7	BOOL	osmoseur 2	
68		MAR-MOD-MAN	M	2.0	BOOL	activé le mode manuel	
69		MEM-M-P2	M	2.1	BOOL		
70		MEM-AR-P2	M	2.3	BOOL		
71		MEM-AR-P3	M	2.4	BOOL		
72		MAR-PF1	M	2.5	BOOL	marche pompe de forage 1	
73		MAR-PF2	M	2.6	BOOL	marche pompe de forage 2	
74		MEM-MAR-P10	M	2.7	BOOL		
75		MAR-MOD-AUTO	M	3.0	BOOL	activé le mode automatique	
76		MEM-MAR-P11	M	3.1	BOOL		
77		MEM-MAR-P21	M	3.2	BOOL		
78		MEM-MAR-P20	M	3.3	BOOL		
79		PE1<PS1	M	3.4	BOOL		
80		PE2<PS2	M	3.5	BOOL		
81		MEM-M-P3	M	3.6	BOOL		
82		MEMO-P11	M	3.7	BOOL		
83		MEMO-PF1	M	4.0	BOOL		
84		MEMO-PF2	M	4.1	BOOL		
85		MEMO-P20	M	5.0	BOOL		
86		MEMO-P21	M	5.1	BOOL		
87		MAR-AUTO	M	5.5	BOOL	marche automatique	
88		MEMO-EV3	M	7.0	BOOL		
89		M10.0	M	10.0	BOOL		
90		M20.0	M	20.0	BOOL		
91		M30.0	M	30.0	BOOL		
92		M40.0	M	40.0	BOOL		
93		M60.0	M	60.0	BOOL		
94		M70.0	M	70.0	BOOL		
95		M80.0	M	80.0	BOOL		
96		M90.0	M	90.0	BOOL		
97		S-R	M	100.0	BOOL	boucle set/reset	
98		PRES-CUV-BRU	MD	50	REAL	pression dans la cuve brute	
99		INV.BRUTE	MD	100	REAL	niveau de la cuve brute	
100		PRES-CUV-OSMO	MD	150	REAL	pression dans la cuve osmosée	
101		INV-OSMO	MD	200	REAL	niveau de la cuve d'eau osmosée	
102		PRES-CUVE-CHL	MD	250	REAL	pression dans la cuve chlorée	
103		INV-CHL	MD	300	REAL	niveau de la cuve d'eau osmosée chlorée	
104		PRES-E-FS1	MD	400	REAL	pression d'entrée du filtre à sable 1	
105		PRES-S-FS1	MD	500	REAL	pression à la sortie du filtre à sable 1	
106		PRES-E-FS2	MD	600	REAL	pression à l'entrée du filtre à sable 2	
107		PRES-S-FS2	MD	700	REAL	pression à la sortie du filtre à sable 2	
108		VIT-PF1	MD	800	REAL	vitesse de la pompe de forage 1	
109		VIT-PF2	MD	900	REAL	vitesse de la pompe de forage 2	
110		MW10	MW	10	WORD		
111		MW20	MW	20	WORD		
112		MW30	MW	30	WORD		
113		MW40	MW	40	WORD		
114		MW60	MW	60	WORD		
115		MW70	MW	70	WORD		
116		MW80	MW	80	WORD		
117		MW90	MW	90	WORD		
118		ALAR-R-V	MW	100	WORD	alarme controleur de phases	
119		ALAR-TH-DISJ-PF1	MW	102	WORD	alarme thermique djoncteur pompe forage 1	
120		ALAR-TH-DISJ-PF2	MW	104	WORD	alarme thermique djoncteur pompe forage 2	
121		ALAR-TH-DISJ-P2	MW	106	WORD	alarme thermique djoncteur pompe 2	
122		ALAR-TH-DISJ-P3	MW	108	WORD	alarme thermique djoncteur pompe 3	
123		ALAR-TH-DISJ-P5	MW	110	WORD	alarme thermique djoncteur pompe 5	
124		ALAR-ARR-URG	MW	112	WORD	alarme arrêt d'urgence	
125		ALAR-D-HYD-P5	MW	114	WORD	alarme défaut hydrovar pompe 5	
126		ALAR-D-P10	MW	116	WORD	alarme défaut pompe 10	
127		ALAR-D-P11	MW	118	WORD	alarme défaut pompe 11	
128		ALAR-D-P20	MW	120	WORD	alarme défaut pompe 20	
129		ALAR-D-P21	MW	122	WORD	alarme défaut pompe 21	
130		Cycle Execution	OB	1	OB	1	bloc d'organisation 1
131		ALTIV-PF1	PAW	304	INT	altivar de la pompe de forage 1	
132		ALTIV-PF2	PAW	306	INT	altivar de la portipe de forage 2	
133		CAP-PRES-CUV-B...	PEW	288	INT	capteur de pression de la cuve brute	
134		CAP-CUV-OSMO	PEW	290	INT	capteur de la cuve d'eau osmosée	
135		CAP-CUV-CHL	PEW	292	INT	capteur de la cuve d'eau osmosée chlorée	
136		CAP-ENT-FS1	PEW	294	INT	capteur de pression à l'entrée du filtre à sable 1	
137		CAP-SOR-FS1	PEW	296	INT	capteur de pression à la sortie du filtre à sable 1	
138		CAP-EN-FS2	PEW	298	INT	capteur de pression à l'entrée du filtre à sable 2	
139		CAP-SOR-FS2	PEW	300	INT	capteur de pression à la sortie du filtre à sable 2	
---							

Figure III-12 : table des mnémoniques.

### III-7-4 : structure du programme de la station de traitement des eaux

Pour une application simple, cela peut se programmer dans le bloc d'organisation OB1 seulement.

Pour une application complexe, la programmation dans l'OB1 seulement devient plus compliquée. Pour cela, la subdivision du programme en petites parties est recommandée afin d'obtenir une programmation plus simple, facile à mettre en service et à modifier et aussi beaucoup plus professionnelle.

Pour la station de traitement des eaux, nous avons utilisé des blocs Fonctions FC, qui ne possèdent pas de zones mémoires, contrairement aux blocs Fonctionnels FB.

La structure du programme de la station de traitement des eaux est montrée dans les figures suivantes :

Nom de l'objet	Nom symbolique	Langage de création	Taille dans la mémoire...	Type	Vers
Données système	---	---	---	SDB	---
OB1	Cycle Execution	LIST	262	Bloc d'organisation	0.1
FC1	conditions de sécurités	CONT	98	Fonction	0.1
FC2	niveau des cuves	CONT	242	Fonction	0.1
FC3	pressions des filtres	CONT	310	Fonction	0.1
FC4	A0	CONT	174	Fonction	0.1
FC5	MODE	CONT	50	Fonction	0.1
FC6	EAU BRUTE	CONT	102	Fonction	0.1
FC7	osmo	CONT	214	Fonction	0.1
FC8	E/S FS	CONT	74	Fonction	0.1
FC9	EAU GLACEE	CONT	74	Fonction	0.1
FC10	P3/ EV3	CONT	136	Fonction	0.1
FC11	P5	CONT	70	Fonction	0.1
FC12	PF1/PF2 AUTO	CONT	64	Fonction	0.1
FC13	OSMO/AUTO	CONT	174	Fonction	0.1
FC14	DIST-AUTO	CONT	104	Fonction	0.1
FC15	P2-AUTO	CONT	64	Fonction	0.1
FC16	ALAR-TOR	CONT	86	Fonction	0.1
FC105	SCALE	LIST	244	Fonction	2.1
FC106	UNSCALE	LIST	324	Fonction	2.0

Figure III-13 : Structure du programme de la station de traitement des eaux

```

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"
Réseau 1: blocs de la station de traitement des eaux
CALL "conditions de sécurités"    FC1      -- sécurité de la station
CALL "niveau des cuves"          FC2      -- les niveaux des cuve de la station
CALL "pressions des filtres"     FC3      -- pressions d'entrées et de sorties des filtres à sables.
CALL "AO"                        FC4      -- sorties vers les variateur de vitesses.
CALL "MODE"                      FC5      -- choix du mode de fonctionnement
CALL "EAU BRUTE"                 FC6      -- pompage eau brute en mode manuel.
CALL "osmo"                      FC7      -- pompes d'osmoseurs
CALL "E/S FS"                    FC8      -- entrée et sortie des filtres
CALL "EAU GLACEE"                FC9      -- distribution vers eau glacée
CALL "P3/ EV3"                   FC10     -- pompe3/ electovanne
CALL "P5"                        FC11     -- Pompe 5 (vers S.B.O.A)
CALL "PF1/PF2 AUTO"              FC12     -- pompage brute automatique
CALL "OSMO/AUTO"                 FC13     -- osmoseurs en mode automatique
CALL "DIST-AUTO"                 FC14     -- distribution automatique
CALL "P2-AUTO"                   FC15     -- distribution vers eau glacée en mode automatique
    
```

Figure III-14 : Bloc d'organisation OB1 du programme.

**III-7-5 : Exemple de simulation (pompage d'eau brute)**

Dans cet exemple, nous avons effectué le programme de la pompe du forage 1 qui est équipée d'un variateur de vitesse ALTIVAR 71.

Pour voir les résultats du programme dans la réalité, nous avons réalisé une application similaire au système de pompage d'eau brute de la station de traitement des eaux.

L'application a été réalisée au niveau du laboratoire LATAGE. Nous avons réalisé un démarrage d'un moteur de 3kW avec un variateur de vitesse ALTIVAR 31 commandé par un automate S7-300 d'une CPU314C-2DP.

❖ Schéma puissance

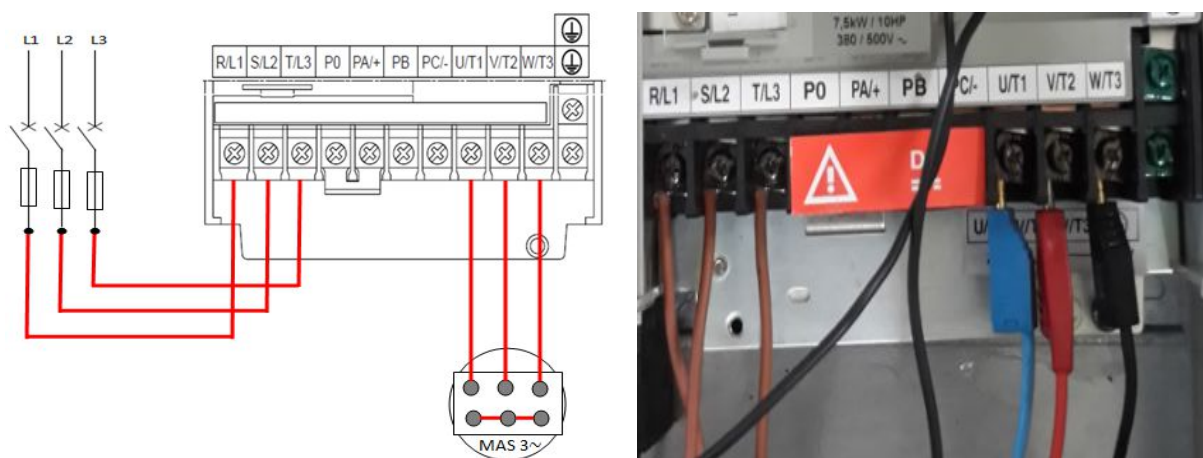


Figure III-15 : Montage du circuit puissance de l'ALTIVAR 31.

❖ Schéma de commande

Les sorties analogiques de l'automate sont configurées en tension (0 – 10V), donc on doit la raccorder à une des entrées analogiques du variateur (AI1 ou AI2). Cette sortie analogique sera utilisée pour effectuer la variation de vitesse. La figure suivante illustre le schéma de commande.

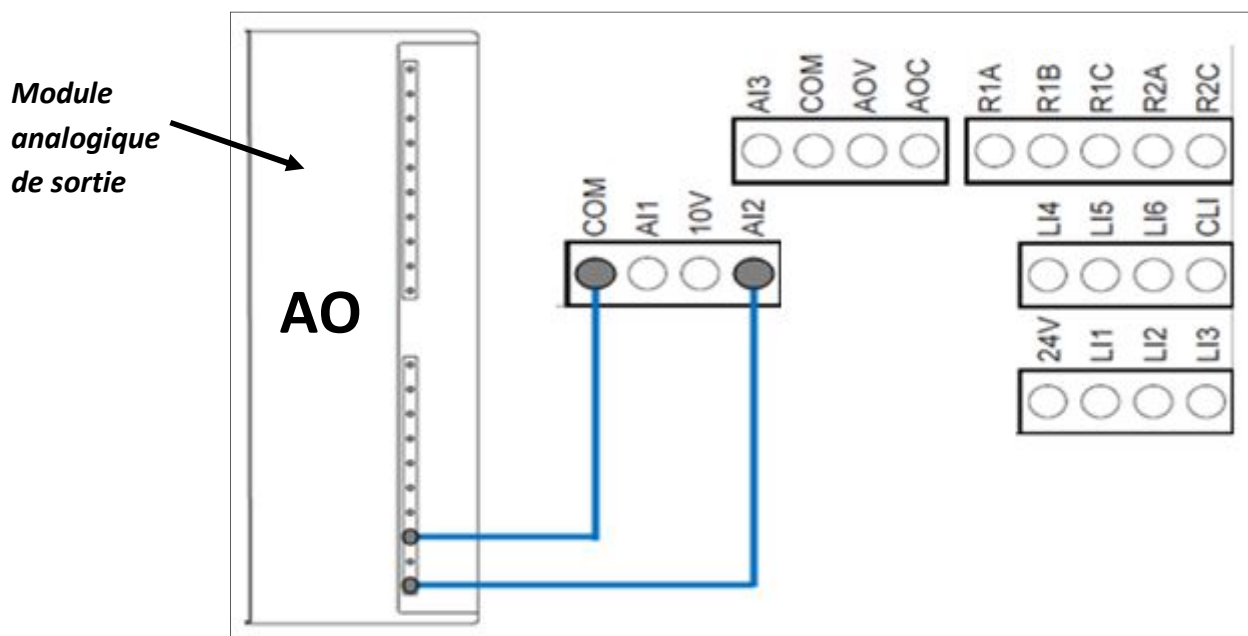


Figure III-16 : Schéma de commande (connexion variateur/automate)

❖ Configuration du variateur

Après avoir effectué le câblage de puissance et de commande, on doit configurer le variateur de vitesse par l'introduction des caractéristiques du moteur mentionné sur la plaque signalétique qui correspond au couplage étoile.

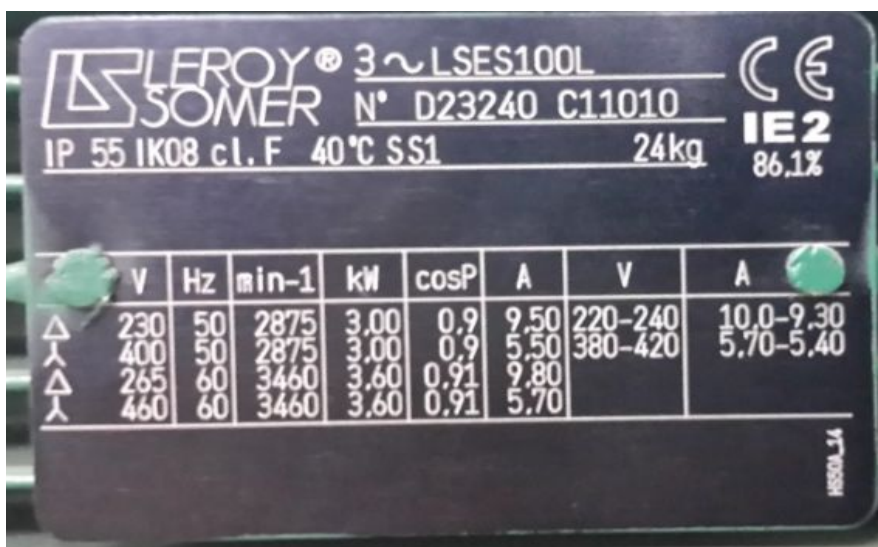


Figure III-17 : Plaque signalétique du moteur.

❖ **Programmation de l'automate**

Pour réaliser le programme de cette application, on a utilisé 2 blocs Fonction (FC1 et FC2)

- FC2

Dans ce bloc, on a défini toutes les conditions de sécurités de l'activation et de la désactivation du système à l'aide d'une bascule SR.

Le programme des conditions de sécurités est illustré dans la figure suivante :

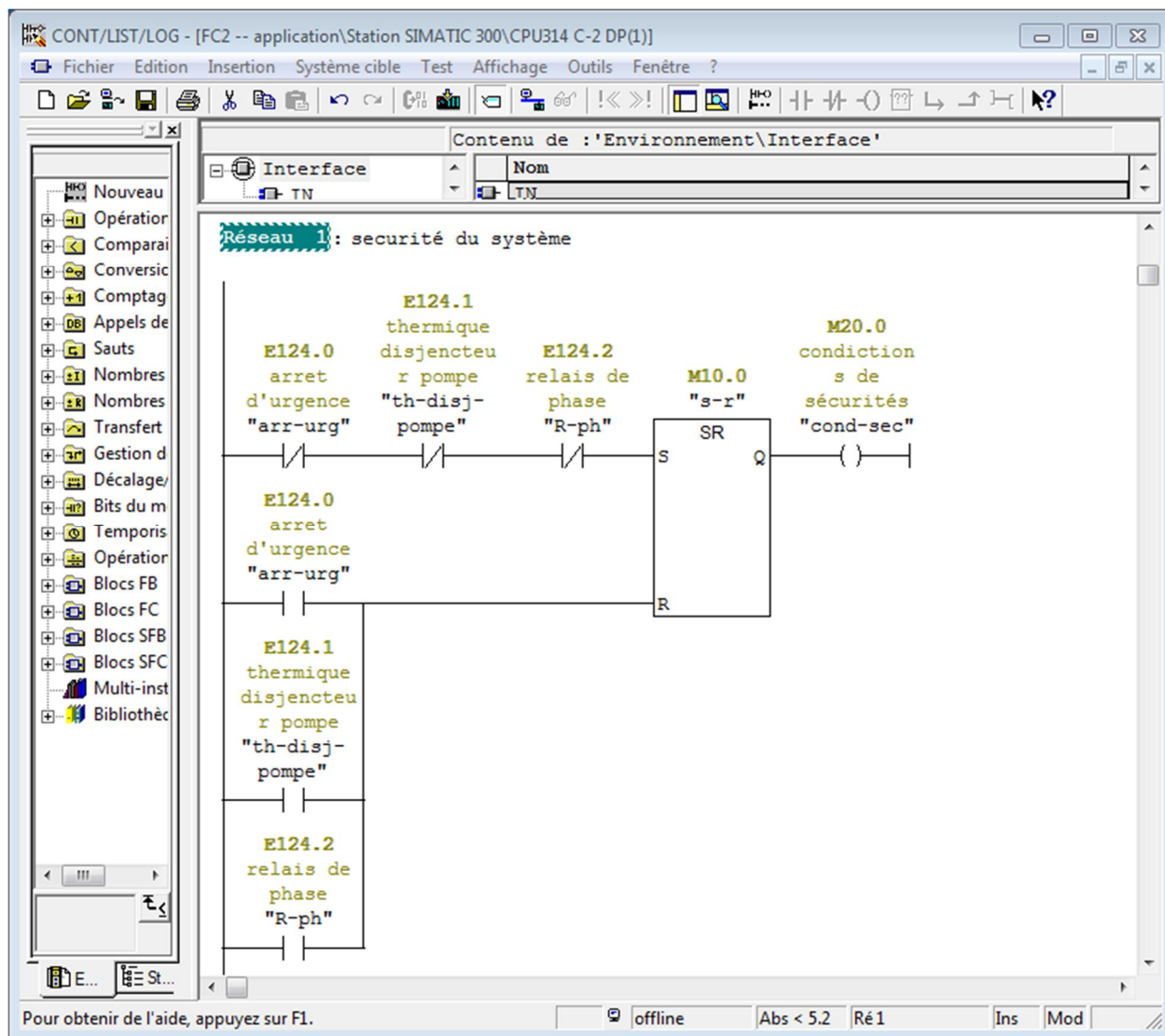


Figure III-18 : Schéma du programme « Condition de sécurités » (FC2).

- FC1

Dans ce bloc, on a défini une fonction SCALE (FC105). Cette fonction reçoit le signal du capteur de pression comme entrée et elle va nous donner le niveau de la cuve brute comme sortie, comme le montre la figure suivante :

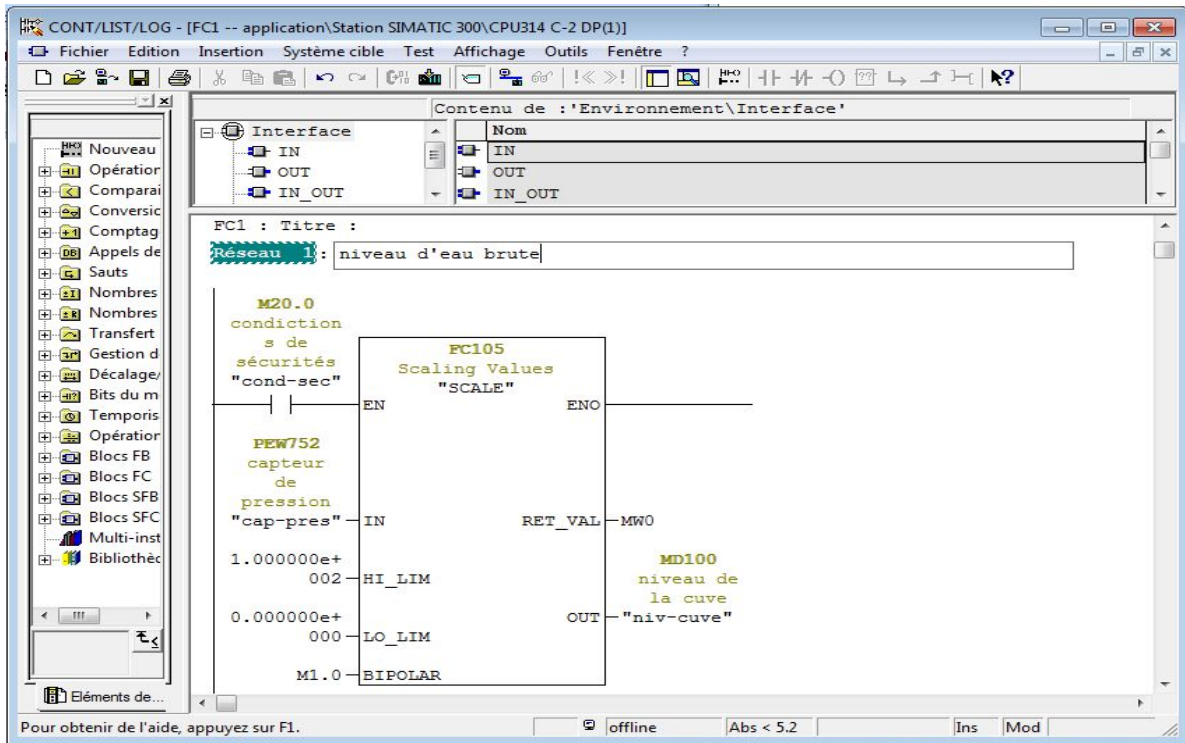


Figure III-19 : SCALE niveau d'eau brute.

On a introduit une fonction UNSCALE (FC106), on a créé une variable MD200 qui va varier entre 0 et 2875 (vitesse du moteur). La sortie de cette fonction sera la sortie analogique de l'automate (PAW754) qui sera reliée à l'entrée analogique du variateur de vitesse.

La variation de la sortie analogique de l'automate peut se faire avec un potentiomètre, ou avec une station HMI, ce qui est le cas de notre application. La tension aux bornes de l'automate varie entre (0 – 10V). La figure suivante illustre la fonction UNSCALE :

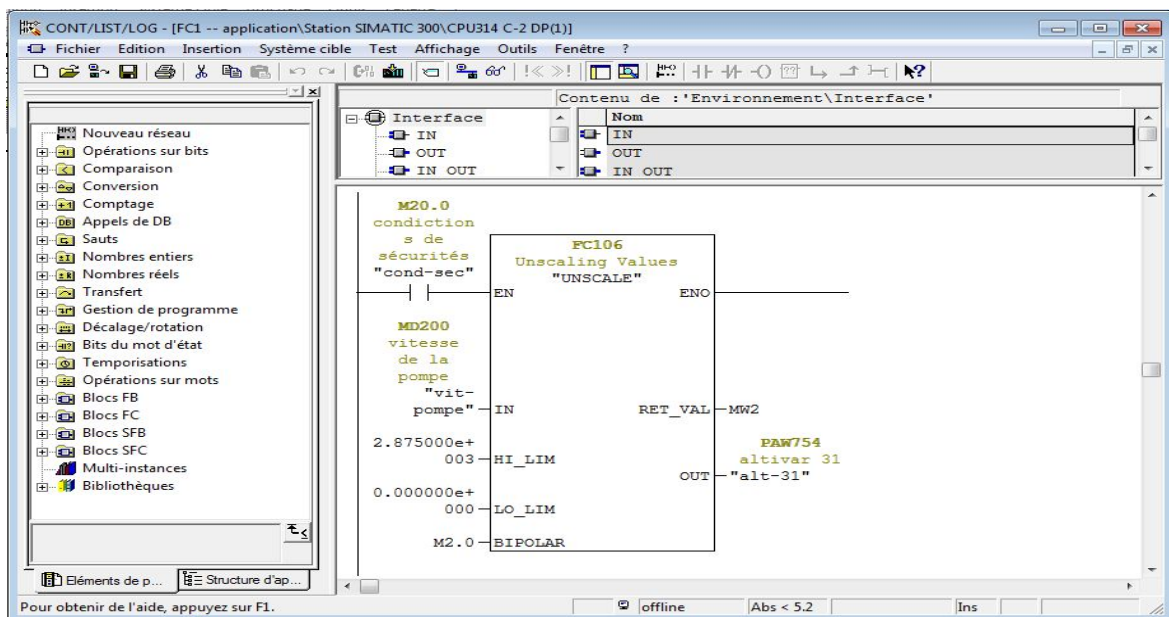


Figure III-20 : UNSCALE sortie analogique.

La suite du programme du bloc FC1 est le démarrage du moteur. Le moteur démarre si les conditions de sécurité sont satisfaites et aussi si la cuve d'eau n'est pas remplie à 100%.

La figure suivante illustre le programme de démarrage du moteur :

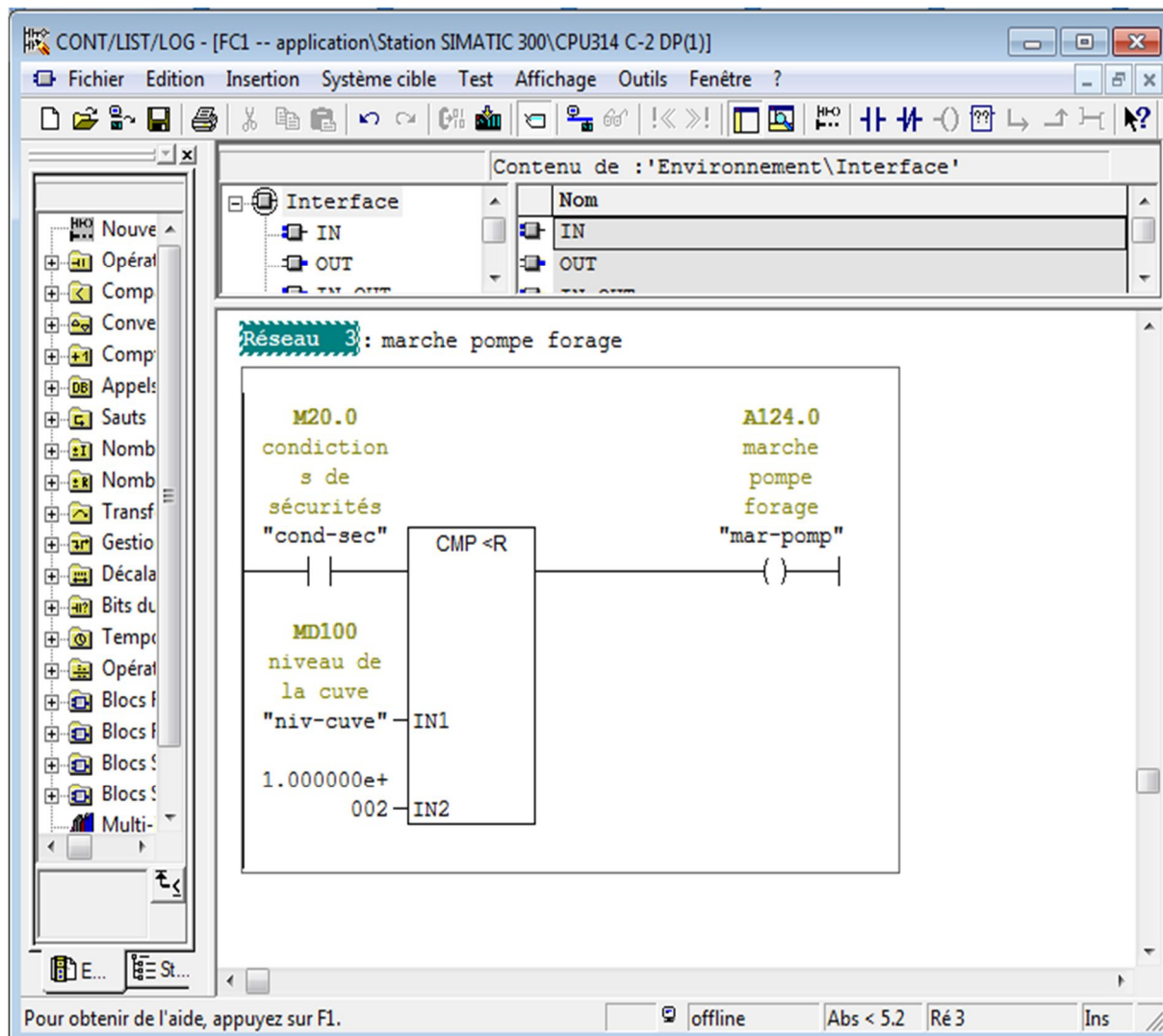


Figure III-21 : Démarrage du moteur

❖ **Simulation du programme :**

Après avoir élaboré et structuré le programme du système à automatiser. Nous arrivons à l'étape de la vérification du bon fonctionnement par la simulation du programme.

L'application de la simulation de modules S7-PLCSIM offre une interface simple au programme utilisateur Step7 servant à visualiser et à modifier les différents objets tels que les variables d'entrées et de sorties.

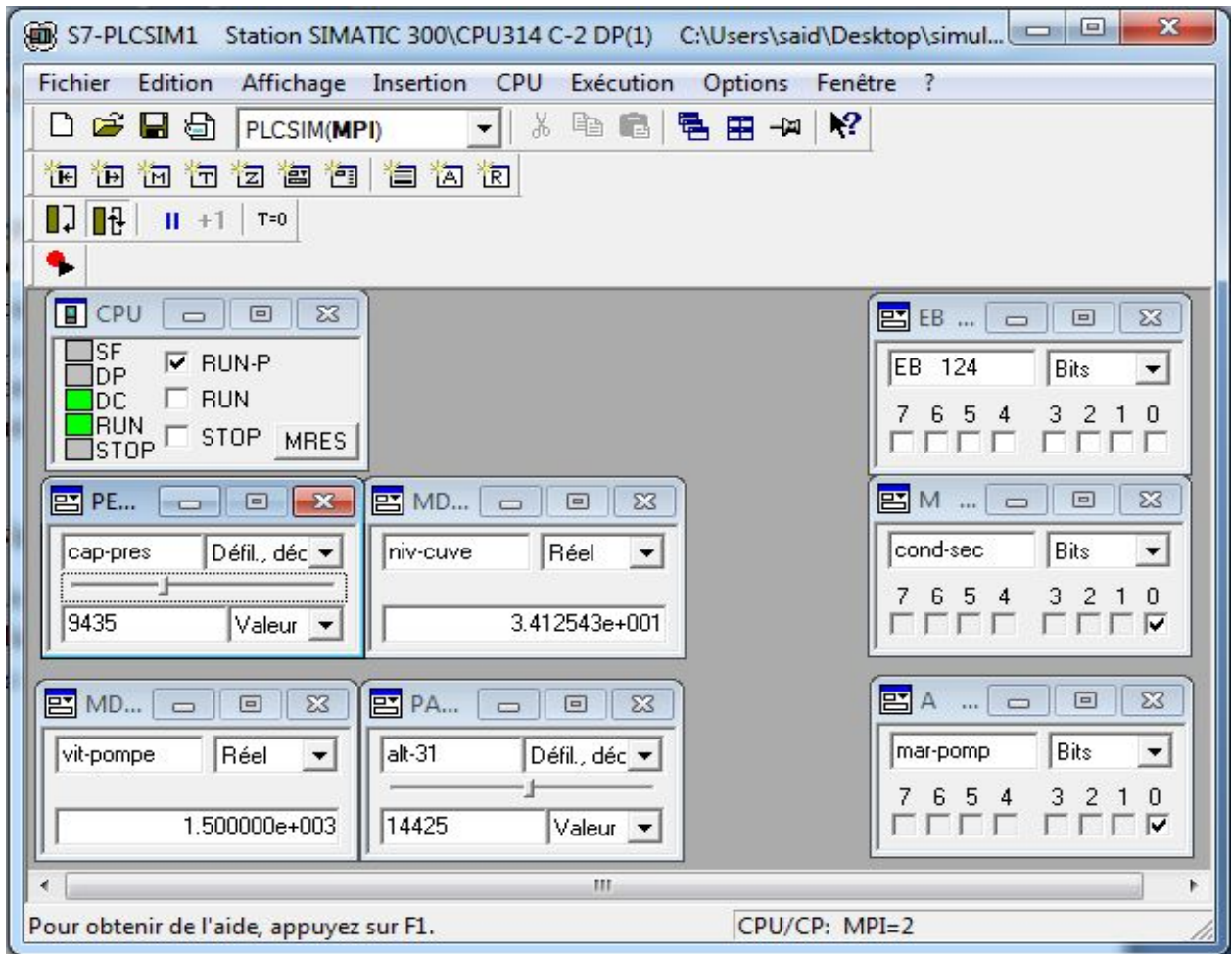


Figure III-22 : Fenêtre du simulateur S7-PLCSIM.

Dans notre exemple, nous allons simuler l'application du démarrage du moteur puis on va varier la vitesse du moteur et aussi nous allons vérifier l'évolution du niveau d'eau brute à partir du simulateur.

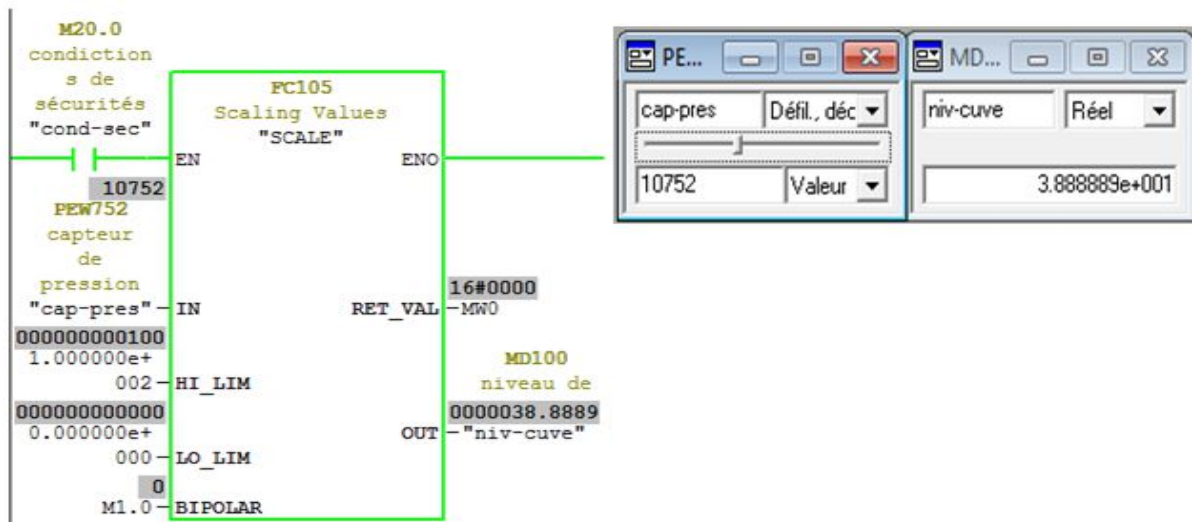


Figure III-23 : Simulation du niveau d'eau brute.

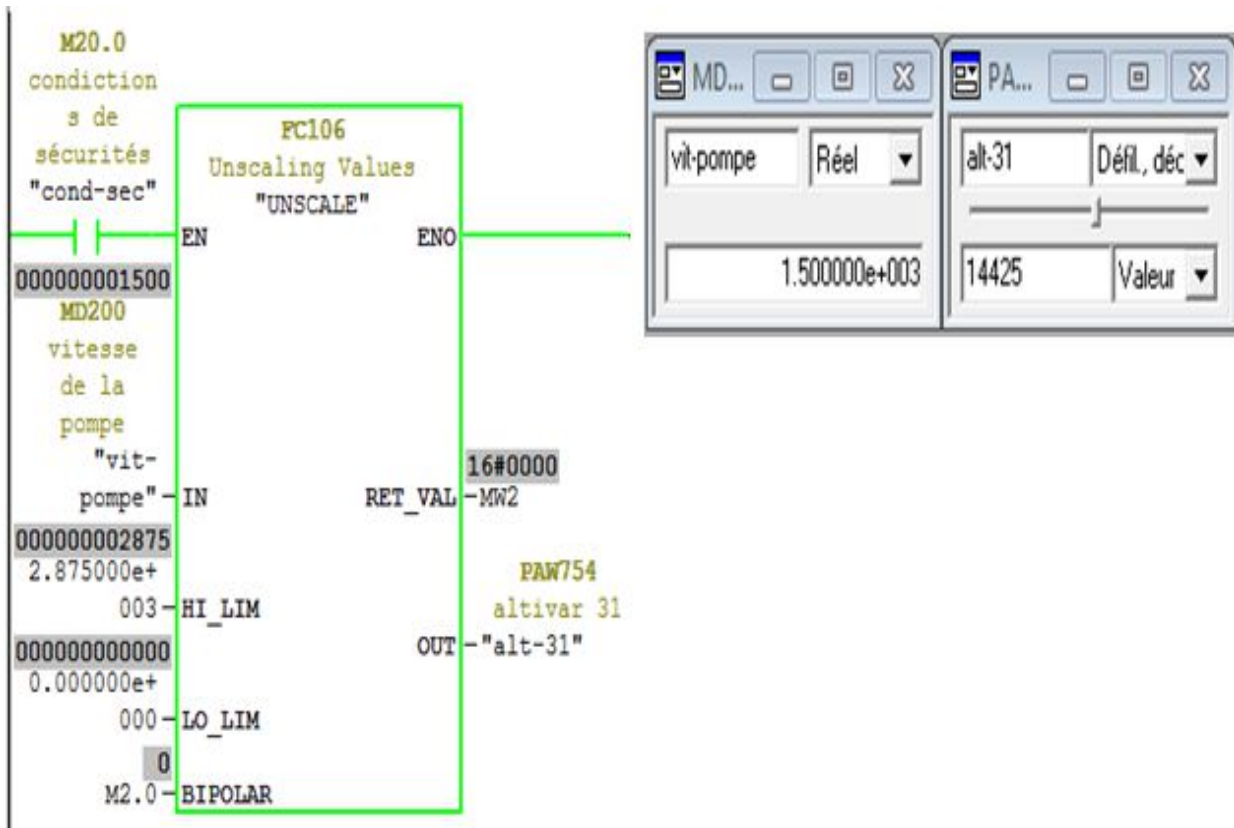


Figure III-24 : Simulation de la sortie analogique pour varier la vitesse du moteur.

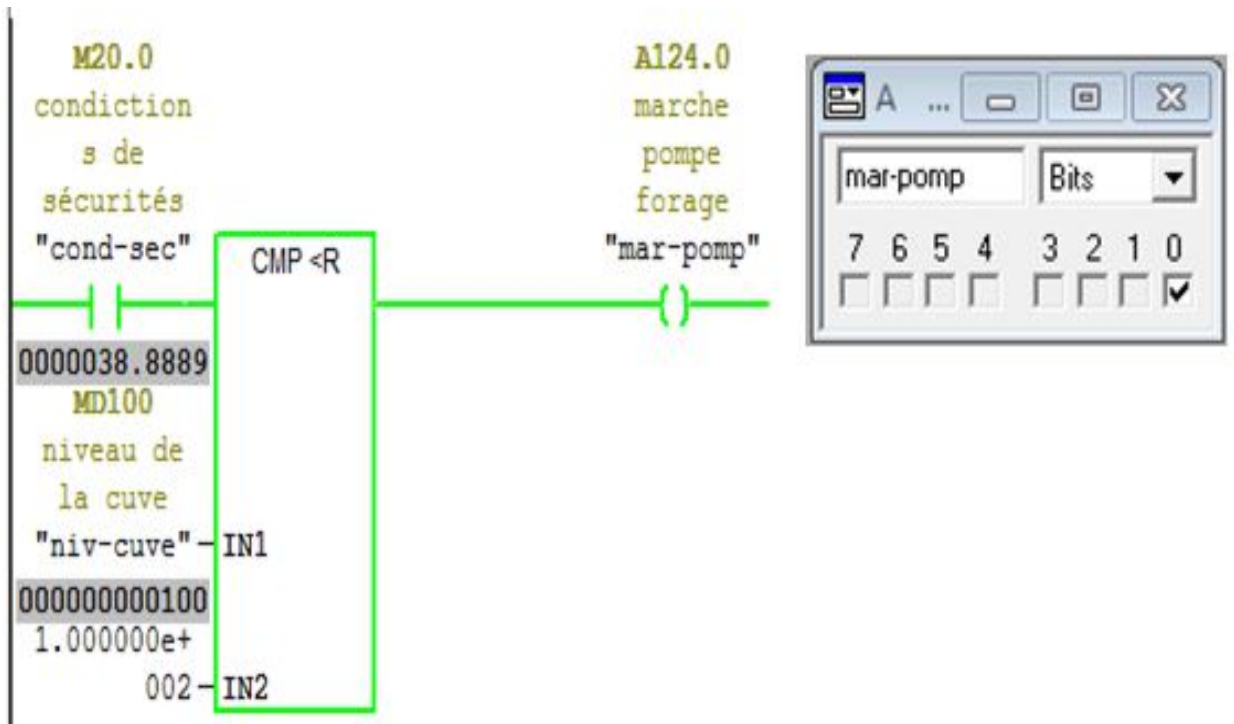


Figure III-25 : Simulation état du moteur.

### **III-7 : Conclusion**

L'automatisation des systèmes offre plusieurs avantages tels que la facilité de la mise en service, la maintenance et la possibilité de faire des extensions d'une manière moins compliquée.

Les automates programmables industriels sont utilisés pour l'automatisation des systèmes grâce à leurs souplesses dans la mise en œuvre, leurs câblages et maintenance moins coûteuse.

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'automate que nous avons utilisé dans l'armoire de la station de traitement des eaux.

Nous avons subdivisé le programme en sous-systèmes programmés dans des fonctions FC afin de faciliter la mise en service et les modifications des actions.

Nous avons exposé une partie du programme qu'on a réalisé à l'aide du logiciel de programmation Step7 et qu'on a testé la solution développée à l'aide de S7-PLCSIM.

Dans le dernier chapitre, nous allons développer une solution de supervision pour avoir un control général du processus et de localiser les défauts et les dysfonctionnements.

# ***Chapitre IV:***

## Supervision du processus

### IV-1 : Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous allons voir le logiciel SIMATIC WinCC flexible qui permet de développer des solutions de supervision du processus. Nous allons élaborer les vues qui permettent de visualiser et de gérer le fonctionnement de la station de traitement des eaux en temps réel.

Ces vues doivent avoir toutes les informations nécessaires pour que l'opérateur ait une idée détaillée sur le déroulement du processus en voyant l'état des actionneurs, la vitesse de rotation des pompes, les niveaux des cuves et tous les défauts et les dysfonctionnements qui peuvent se produire durant l'exploitation.

### IV-2 : La supervision

La supervision permet de suivre en temps réel une installation. L'opérateur peut avoir accès au déroulement du processus à l'aide d'une représentation adéquate des informations du procédé, ce qui lui permet de déterminer les besoins en termes de matières premières et la planification des opérations de maintenances.

La supervision permet d'avoir un affichage dynamique du processus avec les différentes alarmes, défauts et événements survenant pendant l'exploitation de l'installation. Le processus est représenté sous formes d'images et d'objets animés qui traduisent l'état des organes de commande et les valeurs transmises par les capteurs.

### IV-3 : Constitution d'un système de supervision

Un système de supervision se compose essentiellement d'un moteur central qui est le logiciel de supervision. Ce logiciel se charge du traitement des données provenant des automates, l'affichage des données, l'archivage et la communication avec d'autres périphériques. [18].

Le schéma suivant résume la constitution d'un système de supervision.

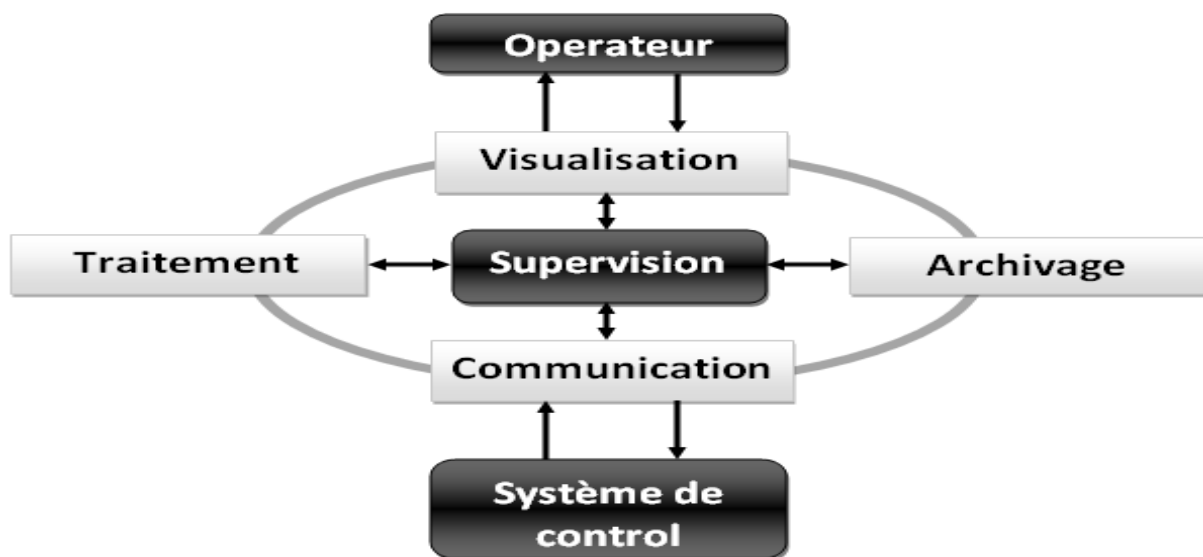


Figure IV-1 : Structure d'un système de supervision.

**IV-3-1 : Module de visualisation**

Ce module met à la disposition de l'opérateur l'évaluation du processus par ses volumes de données instantanées. Le processus sera présenté pour le pupitre opérateur, lorsqu'un état du processus évolue, l'affichage du pupitre opérateur est mis à jour.

**IV-3-2 : Module d'archivage**

Ce module sauvegarde les alarmes et les valeurs processus. L'opérateur peut documenter la marche du processus et accéder intérieurement aux données de la production écoulée pour des raisons de maintenance ou de gestion.

**IV-3-3 : Module de traitement**

Ce module fait la fonction de la traduction de données et de les mettre sous certaines formes afin de les présenter aux opérateurs.

**IV-3-4 : Module de communication**

Ce module permet l'acquisition de données et de gérer la communication avec les automates programmables et les autres périphériques. [18]

**IV-4 : Description du logiciel de supervision WinCC**

Le WinCC (*Windows Control Center*) est un logiciel de supervision développé par SIEMENS, c'est un logiciel d'ingénierie pour la configuration de pupitres SIMATIC, PC industriel SIMATIC et de PC standard avec le logiciel de visualisation WinCC Runtime.

Le WinCC est caractérisé par sa flexibilité, c'est-à-dire qu'il peut être utilisé pour des composants hors SIEMENS.

Le WinCC permet de résoudre les tâches de supervision concernant la surveillance de l'opérateur, la fabrication et le contrôle de l'automate de la production. Il permet de fournir des unités fonctionnelles appropriées à l'industrie pour la représentation graphique, les alarmes, l'archivage et le protocole. [23]

**IV-5 : principe de communication de WinCC**

La communication s'exprime par l'échange de données entre deux partenaires via une liaison direct ou par un réseau.

Dans le cas de WinCC, les partenaires de communication peuvent être des CPU et des modules de communication dans le système d'automatisation ou des pupitres opérateurs et des processus de communication dans le PC. [24]

Les objectifs à atteindre par l'échange de données entre les partenaires de communication sont :

- Commande d'un processus.
- Acquisition de données provenant du processus.
- Signalisation des états dans un process.
- Archivage de données de process.

#### **IV-6 : Supervision de la station de traitement des eaux**

Le développement d'une solution de supervision d'une application quelconque consiste à créer un objet graphique. Dans ce projet, tous les éléments nécessaires à la commande et au contrôle du système doivent être créés et configurés en citant les différentes vues du système, les variables et les différentes alarmes du projet.

Pour la supervision de la station de traitement des eaux, on a procédé selon les étapes suivantes :

- Création du projet.
- Liaison avec l'automate.
- Création des vues
- Configuration des alarmes.
- Changement des vues.
- Visualisation du processus.
- Exemple d'application.

##### **IV-6-1 : Création du projet**

- ❖ On démarre SIMATIC WinCC flexible 2008, une fenêtre assistant de projet de WinCC flexible s'affiche. Dans cette fenêtre, on peut créer un nouveau projet ou éditer un projet existant dans le WinCC. On sélectionne « Créer un projet vide ».

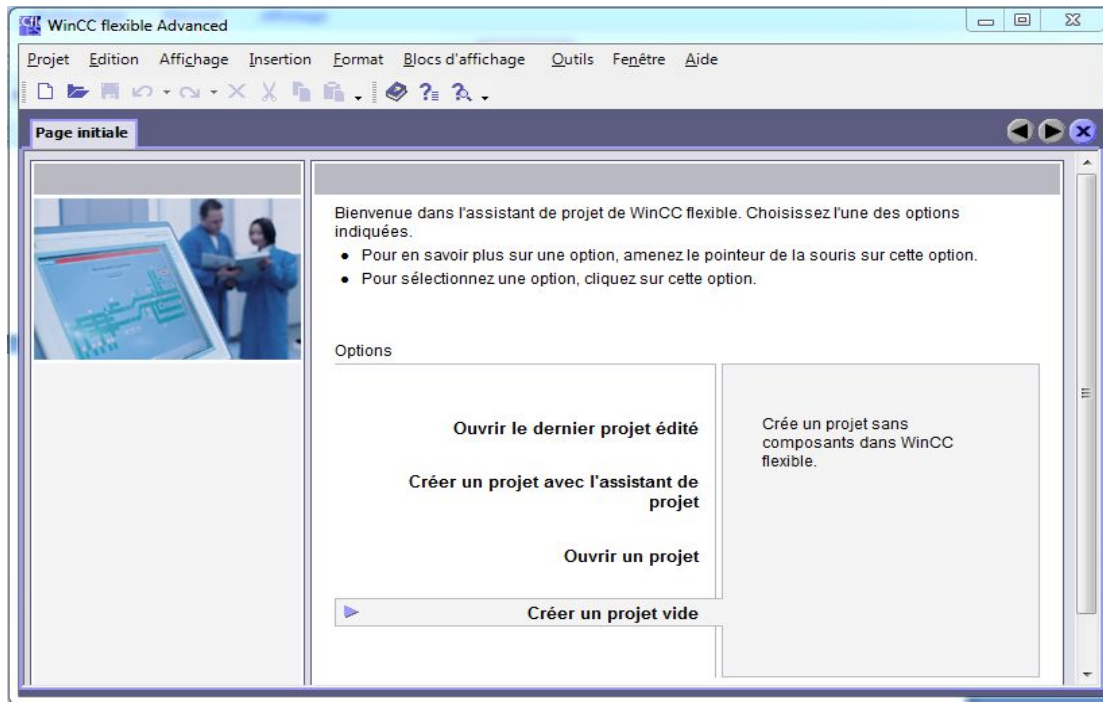


Figure IV-2 : Assistant de projet de WinCC flexible.

- ❖ La fenêtre affichée sert à choisir le pupitre désiré selon la complexité de l'installation, il existe plus d'une centaine de pupitres dans le WinCC flexible 2008 sur lesquels l'utilisateur peut travailler, ces pupitres sont de différents types (*touch* ou *key*) et de différents dimensionnements d'écrans.

On choisit le pupitre OP270-06'' pour la station de traitement des eaux.

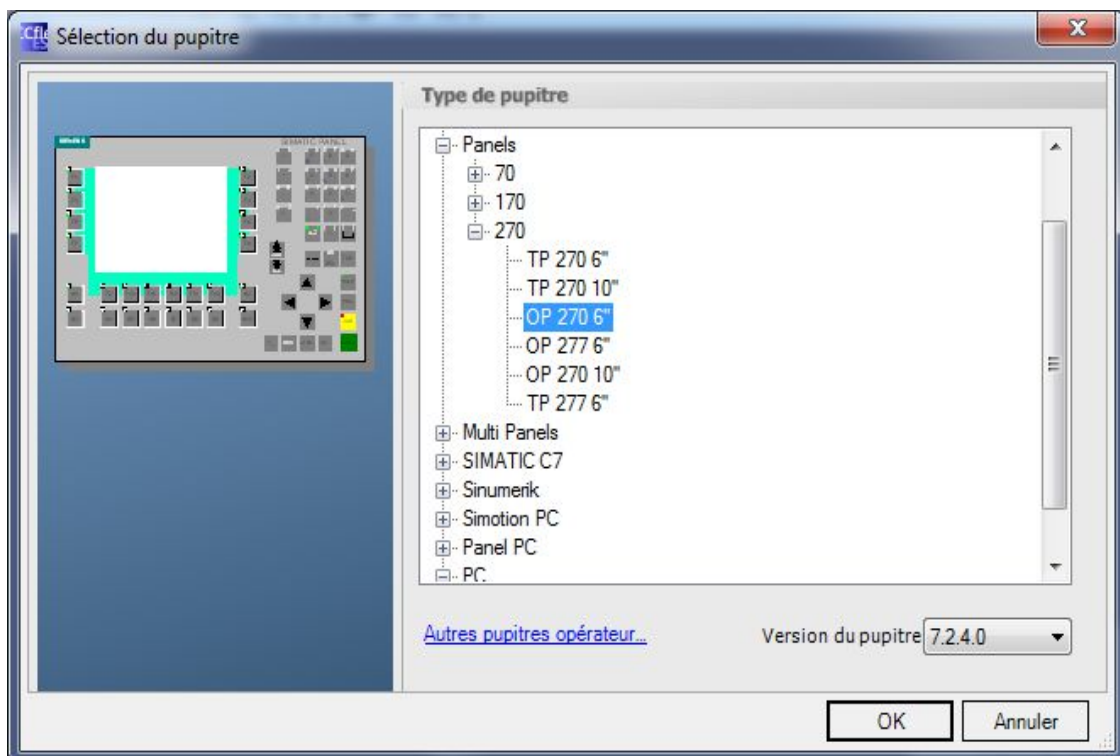


Figure IV-3 : Choix du pupitre opérateur.

**Remarque** : On peut générer une station WinCC flexible à partir de SIMATIC Manager comme nous montre la (figure IV-4). Cela va nous conduire directement au choix du pupitre (figure IV-3).

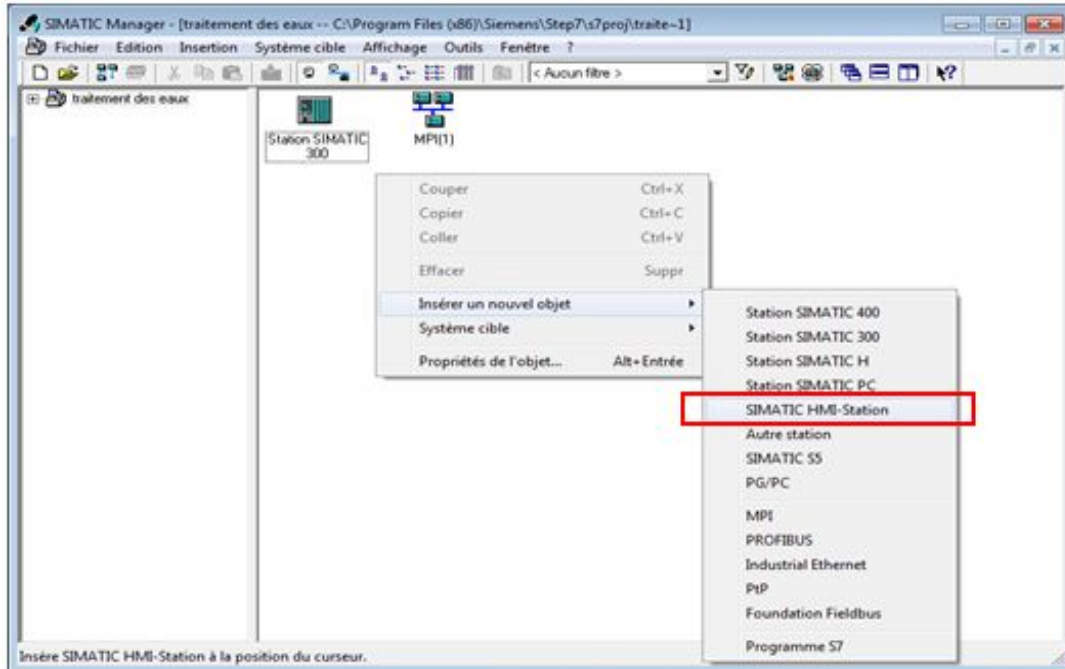


Figure IV-4 : Insertion d'une station HMI à partir de SIMATIC Manager.

- ❖ Après avoir choisi le pupitre, le projet sera ouvert dans WinCC flexible, une fenêtre apparaît contenant tous les éléments configurables comme le montre la (figure IV-5) :

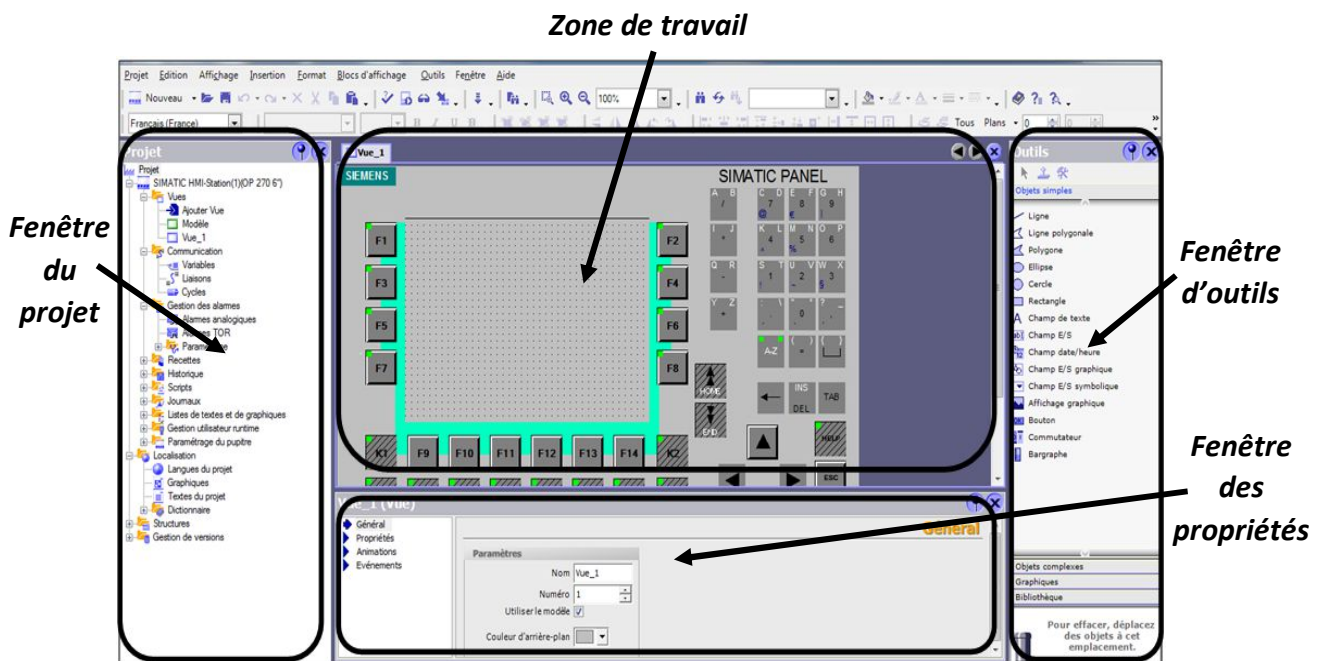


Figure IV-5 : Vue général du WinCC Flexible Advanced.

Les différentes zones du projet :

- **Zone de travail** : sert à éditer les différents objets du projet.
- **Fenêtre du projet** : donne l'accès aux propriétés du projet et du pupitre.
- **Fenêtre des propriétés** : éditer les propriétés et les animations des objets (couleur, clignotement ... etc.)
- **Fenêtre des outils** : contient une bibliothèque d'objets et une collection que l'utilisateur peut insérer dans les vues. [25]

#### IV-6-2 : Liaison avec l'automate

Pour éditer la liaison entre le WinCC flexible et l'automate on doit ouvrir l'éditeur connexion de WinCC « Liaison » qui se trouve dans la fenêtre du projet puis on doit configurer la liaison en introduisant le nom de l'automate et la CPU, ainsi on définit l'interface de communication.

Pour la station de traitement des eaux, le pupitre communique avec l'automate via une interface MPI. Comme le montre la figure suivante :

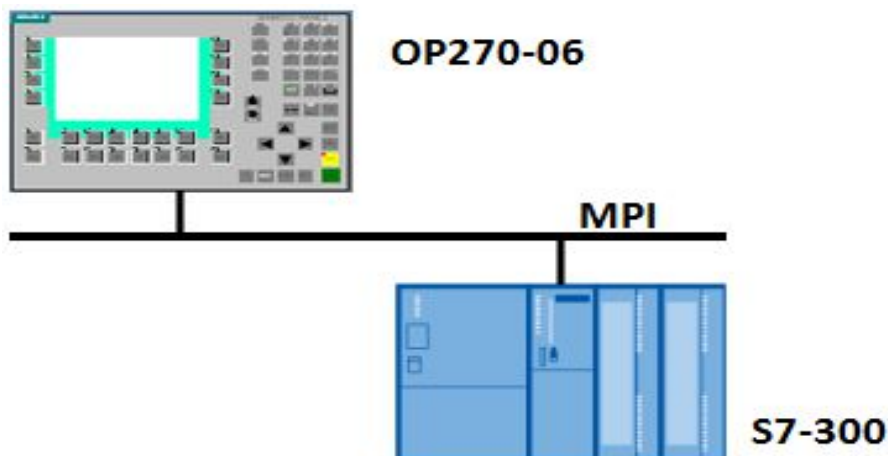


Figure IV-6 : Liaison pupitre-API.

**Remarque** : lorsqu'on génère une station HMI à partir de SIMATIC Manager, la liaison pupitre –API sera configurée automatiquement.

#### IV-6-3 : Création des vues

Dans WinCC flexible, on dispose d'objets prédéfinis pour représenter les installations. L'utilisateur peut insérer les objets dont il a besoin pour la représentation du procès, ex : cuves, moteurs, pompes, barographes, boutons... etc.

L'interface graphique de la station de traitement des eaux se compose de 7 vues :

➤ **Vue « accueil »**

Dans cette vue, l'opérateur peut choisir le mode de fonctionnement de l'armoire (automatique ou manuel), comme le montre la figure suivante :

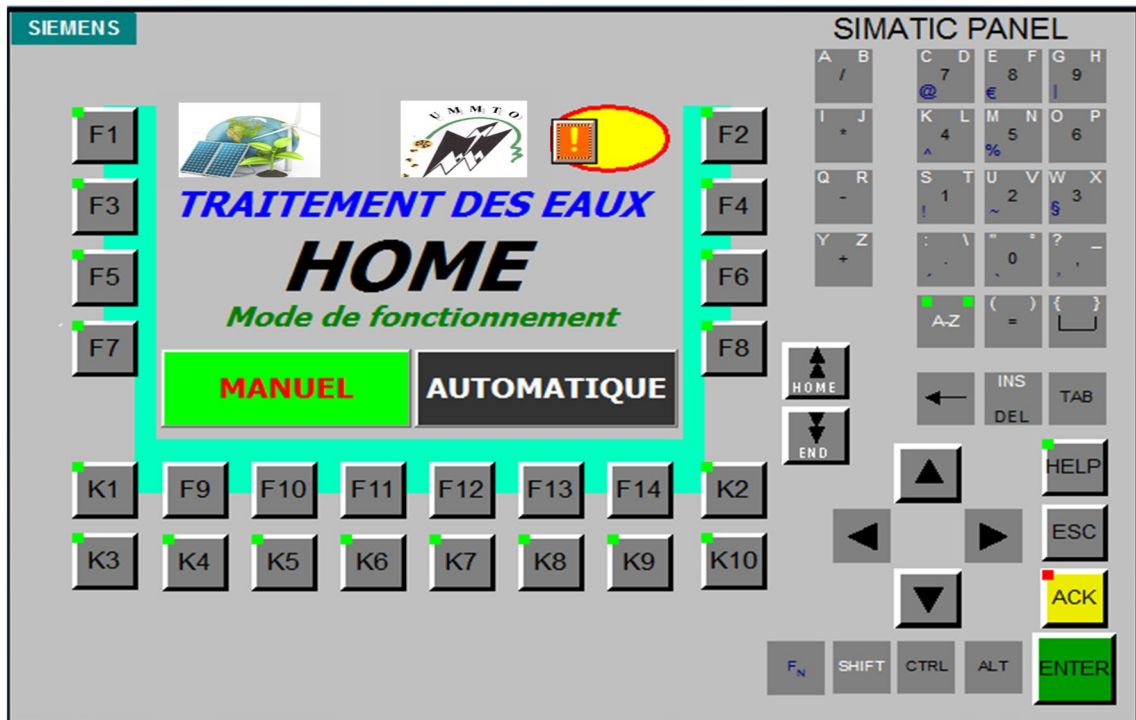


Figure IV-7 : Vue d'accueil (HOME).

➤ **Vue « pompage d'eau brute »**

Cette vue affiche le procédé du pompage d'eau brute à partir des forages et nous indique la vitesse des pompes et le niveau de la cuve brute.

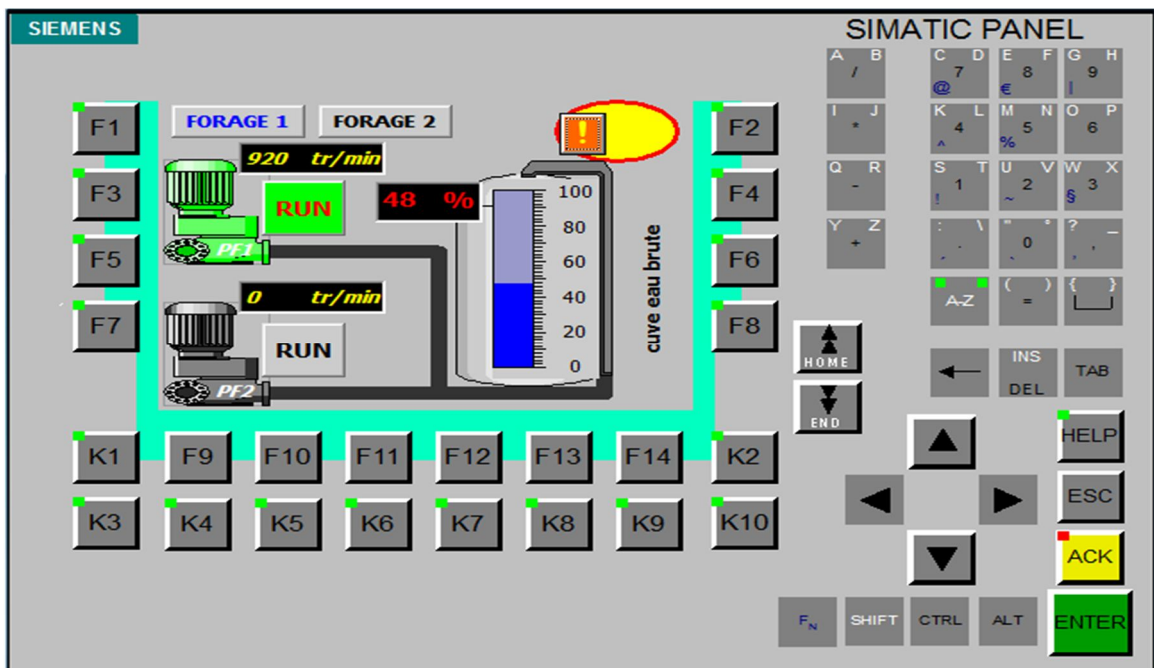


Figure IV-8 : Vue pompage eau brute.

➤ **Vue « vitesse des pompes de forages »**

Dans cette vue, l'opérateur peut varier les vitesses des deux pompes de forage (tr/min).

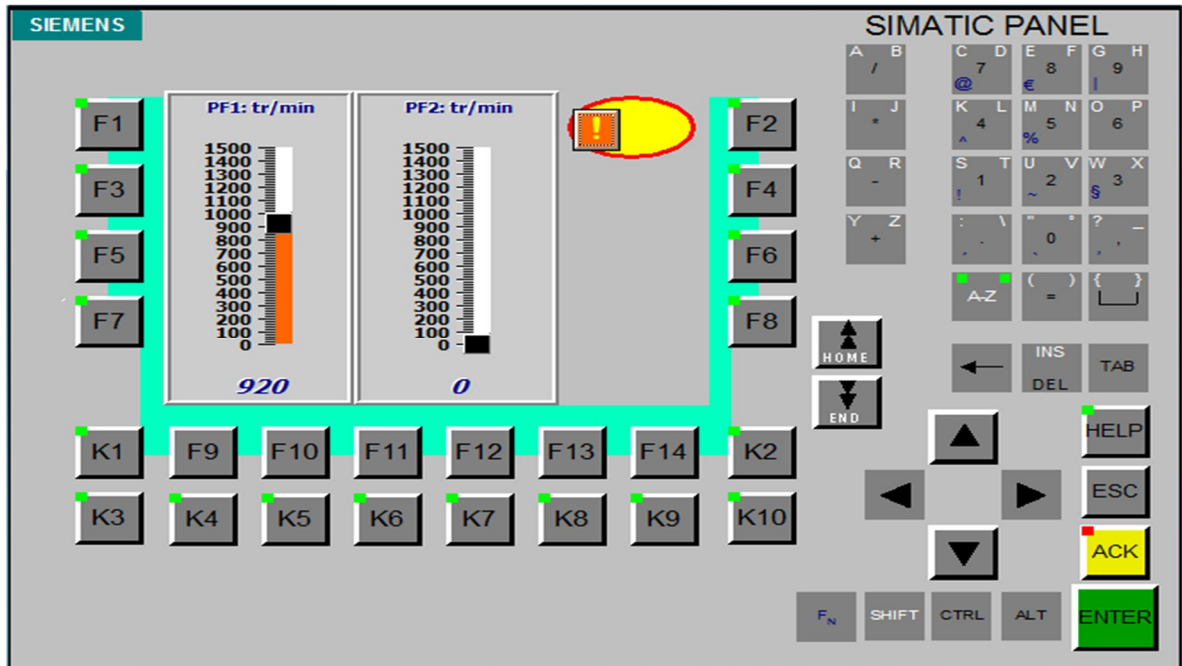


Figure IV-9 : Variation des vitesses des pompes de forage.

➤ **Vue « affichage graphique des niveaux des cuves »**

Cette vue nous affiche la variation des niveaux des trois cuves en fonction du temps.

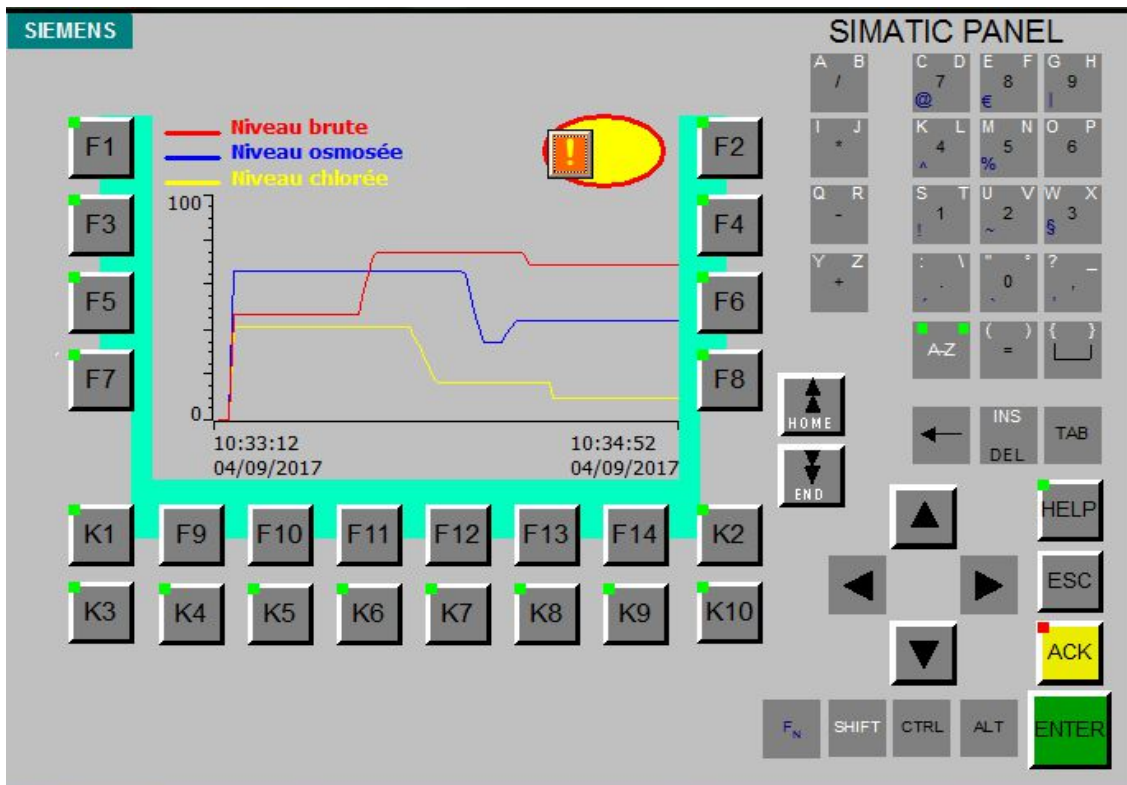


Figure IV-10 : Variation des niveaux des trois cuves en fonction du temps.

➤ **Vue « osmoseurs »**

Dans cette vue, l'opérateur peut contrôler le fonctionnement des osmoseurs et ses pompes ainsi que le niveau de la cuve osmosée.

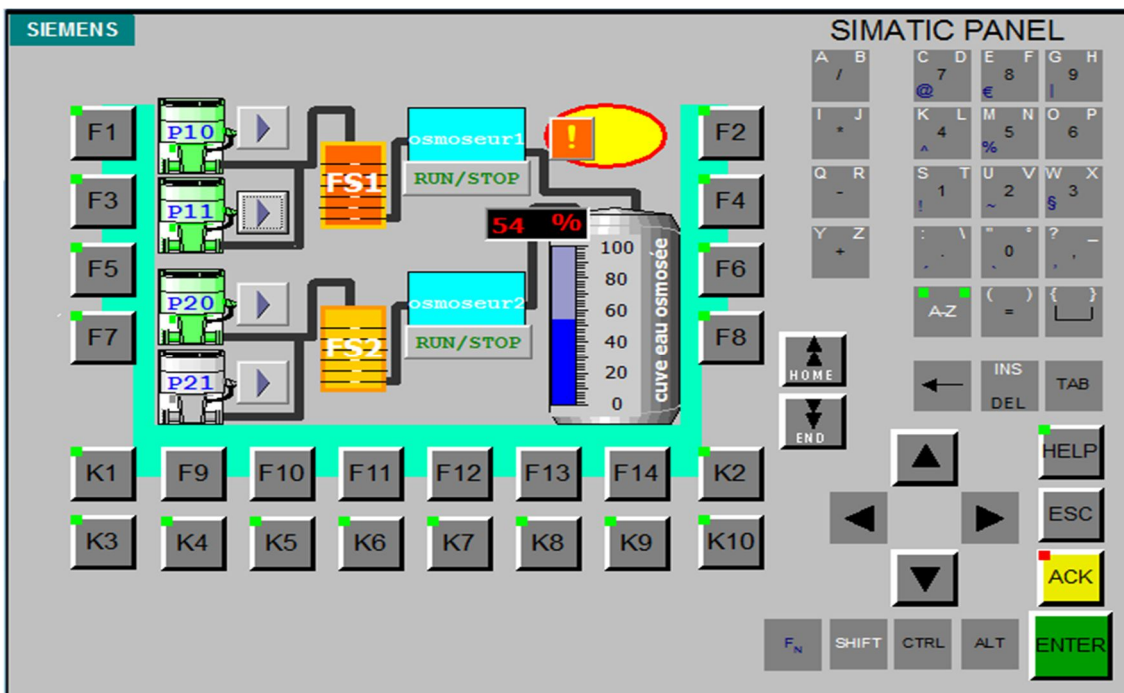


Figure IV-11 : Vue des osmoseurs.

➤ **Vue « distribution vers S.B.O.A/ EAU GLACEE »**

Dans cette vue on trouve l'état des pompes (2, 3 et 5) et l'électrovanne EV3 ainsi le niveau de la cuve chlorée.

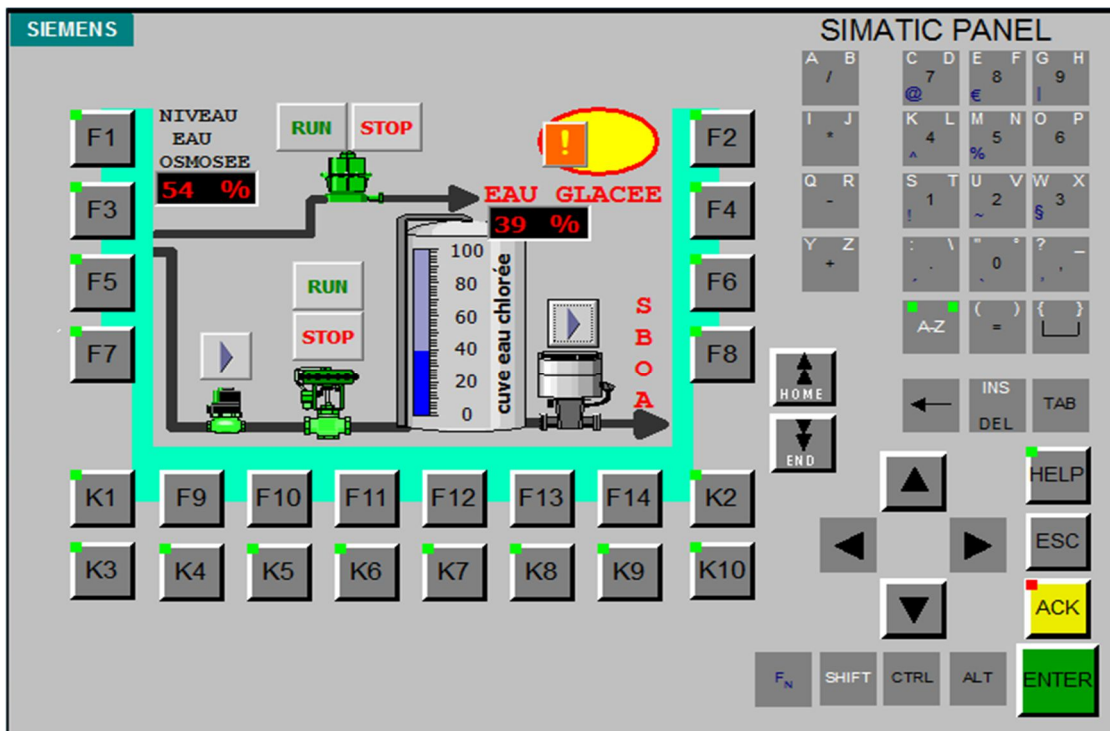


Figure IV-12 : Distribution vers S.B.O.A et EAU GLACEE.

### ➤ Vue « statistiques »

Cette vue se compose de champs de sorties, elle met l'affichage des niveaux des cuves ainsi que les pressions d'entrées et sorties des filtres à sable.

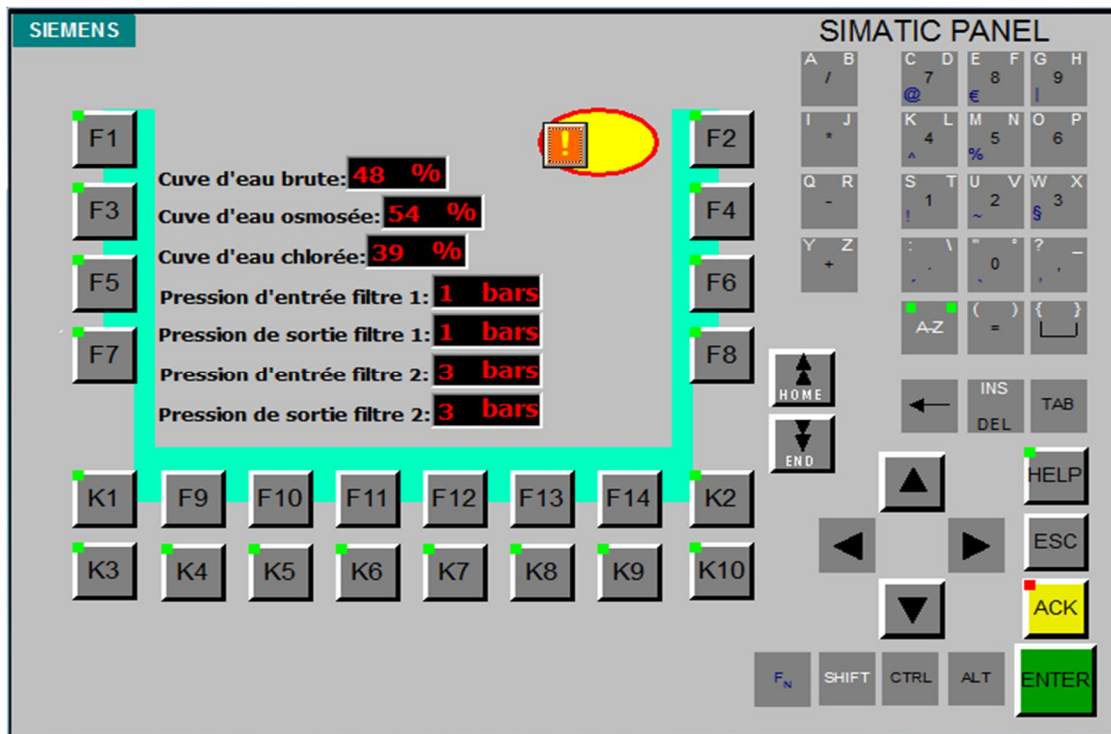


Figure IV-13 : Vue des statistiques de l'installation.

#### IV-6-4 : Configuration des alarmes

Les alarmes montrent les événements ou les états de fonctionnement qui se produisent dans l'installation, elles sont très importantes pour le diagnostic des erreurs, la localisation des défauts et l'intervention rapide. [25]

Types d'alarmes :

- **Alarmes Toute ou Rien (TOR)** : indiquent les états de fonctionnement qui se produisent, ex : échauffement ou défaut d'un moteur.
- **Alarmes analogiques** : indiquent les dépassements des limites, ex : niveau haut d'une cuve.

Pour configurer la vue d'alarmes de la station de traitement des eaux on doit suivre les étapes suivantes :

- ❖ Création d'une nouvelle vue qu'on doit appeler « alarmes ». Dans cette vue on doit insérer l'afficheur qu'on doit dimensionner selon la surface de la vue et qui doit contenir le bouton « acquitter ».
- ❖ Insertion dans « Modèle » l'indicateur d'alarmes et un bouton qui doit nous emmener à la vue d'alarme créée auparavant.
- ❖ Création des différentes alarmes TOR et analogiques de l'installation dans « Gestion des alarmes ».

La figure suivante illustre les alarmes TOR et analogiques de la station de traitement des eaux :

**ALARMES TOR**

Texte	Numéro	Classe	Variable de déclenchement	Numéro de bit	Adresse de déclenchement
Relais de phases	1	Erreurs	ALAR-R-V	0	M 101.0
Thermique disjoncteur pompe de forage 1	2	Erreurs	ALAR-TH-DISJ-PF1	1	M 103.1
Thermique disjoncteur pompe de forage 2	3	Erreurs	ALAR-TH-DISJ-PF2	2	M 105.2
Thermique disjoncteur pompe 2	4	Erreurs	ALAR-TH-DISJ-P2	3	M 107.3
Thermique disjoncteur pompe 3	5	Erreurs	ALAR-TH-DISJ-P3	4	M 109.4
Thermique disjoncteur pompe 5	6	Erreurs	ALAR-TH-DISJ-P5	5	M 111.5
arrêt d'urgence	7	Erreurs	ALAR-ARR-URG	6	M 113.6
Défaut HYDROVAR pompe 5	8	Erreurs	ALAR-D-HYD-P5	7	M 115.7
défaut pompe 10	9	Erreurs	ALAR-D-P10	8	M 116.0
défaut pompe 11	10	Erreurs	ALAR-D-P11	9	M 118.1
défaut pompe 20	11	Erreurs	ALAR-D-P20	10	M 120.2
défaut pompe 21	12	Erreurs	ALAR-D-P21	11	M 122.3

**ALARMES ANALOGIQUES**

Texte	Numéro	Classe	Variable survei...	Valeur limite supérieure	Déclencheur
Cuve brute pleine	1	Erreurs	NIV.BRUTE	99	Si front montant
Cuve brute vide	2	Erreurs	NIV.BRUTE	1	Si front descendant
Cuve osmosée pleine	3	Erreurs	NIV-OSMO	80	Si front montant
Cuve osmosée vide	4	Erreurs	NIV-OSMO	1	Si front descendant
Cuve chlorée pleine	5	Erreurs	NIV-CHL	99	Si front montant
cuve chlorée vide	6	Erreurs	NIV-CHL	1	Si front descendant

Figure IV- 14 : Alarmes de la station de traitement des eaux

Une fois l’alarme consultée, on peut retourner à la vue précédente en double cliquant sur la touche ECHAPP (ESC) du pupitre.

#### IV-6-5 : Changement de vues

Le changement de vues sert à avoir l’option de permuter entre les vues sur le pupitre en cours de l’exploitation afin que l’opérateur ait l’accès à toutes les vues.

Les changements de vues sont affectés aux touches de fonction du pupitre F1 jusqu’à F8.

#### IV-6-6 : Visualisation du processus

Pour les systèmes automatisés modernes, la visualisation du processus est exigée. La visualisation permet de vérifier le fonctionnement et de voir les erreurs si elles existent.

La visualisation du processus se fera à l’aide du logiciel WinCC flexible Runtime qu’on peut lancer à partir de WinCC flexible comme le montre la figure suivante :

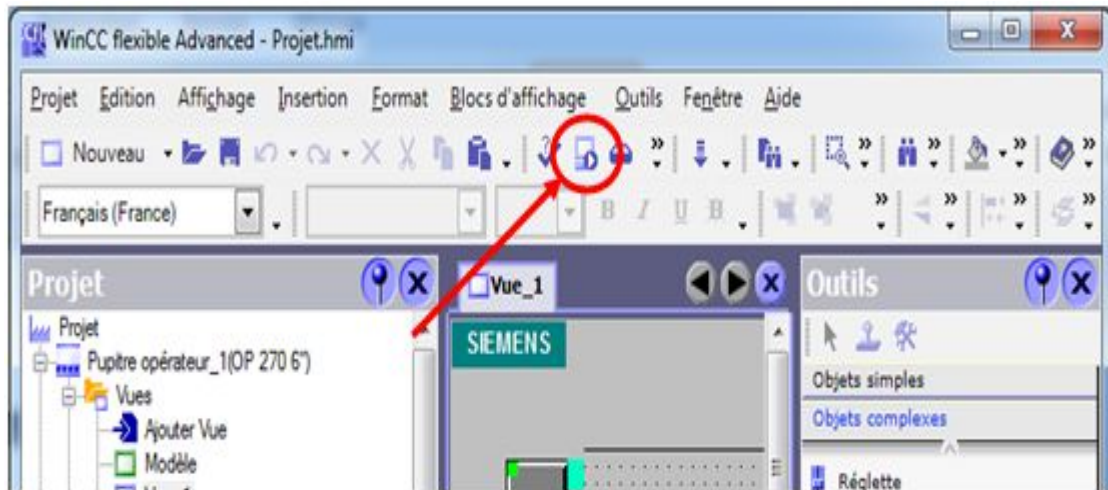


Figure IV-15 : Lancement de WinCC flexible Runtime.

#### IV-6-7 : Exemple d'application

Dans cet exemple, nous allons effectuer la supervision de l'application réalisée au niveau du laboratoire qui est le démarrage d'un moteur avec un variateur de vitesse commandé par un automate S7-300

Dans cette application, nous allons réaliser une vue d'une pompe (moteur) qui va faire le pompage d'eau vers une cuve, ainsi une réglette pour varier la vitesse du moteur.

##### ➤ Vue générale

La figure suivante illustre la vue générale de l'application.

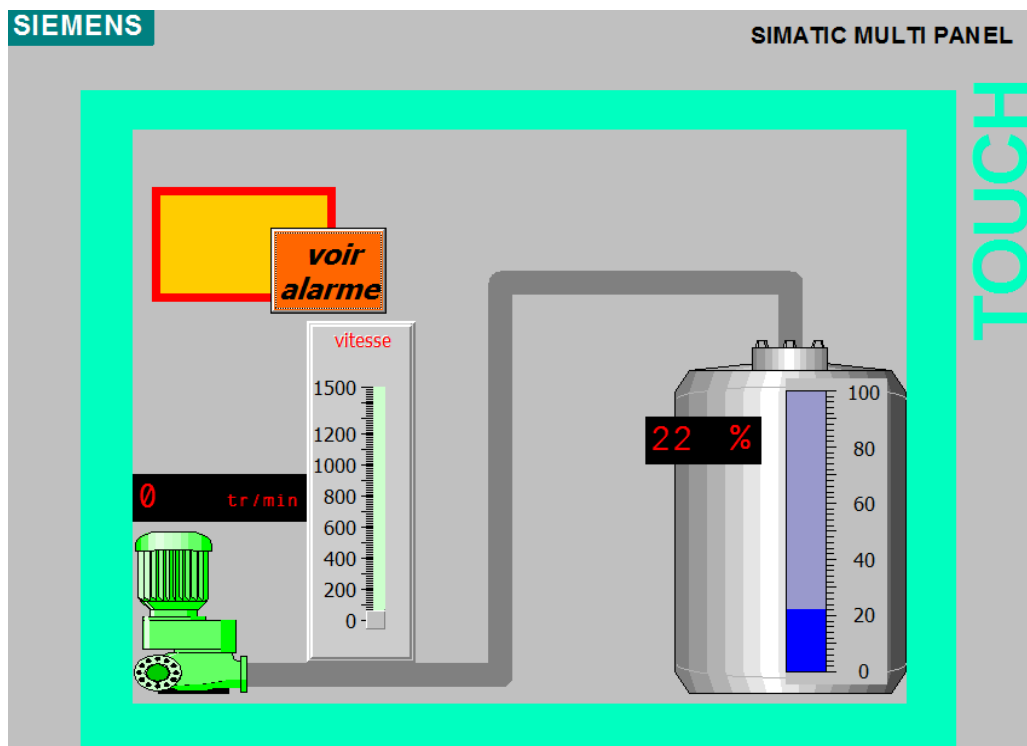


Figure IV-16 : Vue générale de l'application.

➤ **Affectation des variables**

Nous allons affecter les variables aux objets suivants :

- Etat de marche/arrêt pour le moteur.
- L'objet rectangle qui affiche le défaut thermique du disjoncteur du moteur.
- Le barographe pour vérifier le niveau de la cuve.
- Le champ de sortie qui affiche la vitesse du moteur ainsi celui qui affiche le niveau de la cuve.
- La réglette pour varier la vitesse du moteur.

La figure suivante illustre les variables affectées aux différents objets de la vue.

Nom	Liaison	Type de don...	Mnémonique	Adresse	Eléme...	Cycle d'ac...	Commentaire
alarme-arr-U	CPU314 C-2 DP(1)	Word	alarme-arr-U	MW 32	1	100 ms	arrêt d'urgence dedenchée
alarme-cuv-vide	CPU314 C-2 DP(1)	Word	alarme-cuv-vide	MW 34	1	100 ms	cuve vide
alarme-th-pompe	CPU314 C-2 DP(1)	Word	alarme-th-pompe	MW 30	1	100 ms	defaut thermique
cir-eau	CPU314 C-2 DP(1)	Bool	cir-eau	M 40.0	1	100 ms	
marche	CPU314 C-2 DP(1)	Bool	marche	M 124.0	1	100 ms	
mar-pomp	CPU314 C-2 DP(1)	Bool	mar-pomp	Q 124.0	1	100 ms	marche pompe forage
md200	CPU314 C-2 DP(1)	Real	<indéfini>	DB 1 DBD 0	1	100 ms	
niv-cuve	CPU314 C-2 DP(1)	Real	niv-cuve	MD 100	1	100 ms	niveau de la cuve
th-disj-pompe	CPU314 C-2 DP(1)	Bool	th-disj-pompe	I 124.1	1	100 ms	thermique disjeteur pompe
vit-pompe	CPU314 C-2 DP(1)	Real	vit-pompe	MD 200	1	100 ms	vitesse de la pompe

Figure IV-17 : les variables des différents objets de la vue.

➤ **Les alarmes**

Dans la vue d'alarmes, nous avons mis les alarmes TOR (arrêt d'urgence, défaut thermique du disjoncteur) et des alarmes analogiques (niveau bas et niveau haut de la cuve).

➤ **Visualisation au Runtime**

On lance le système Runtime et on doit vérifier que la vitesse affichée dans le pupitre correspond à la fréquence affichée dans le variateur (figure IV-18).

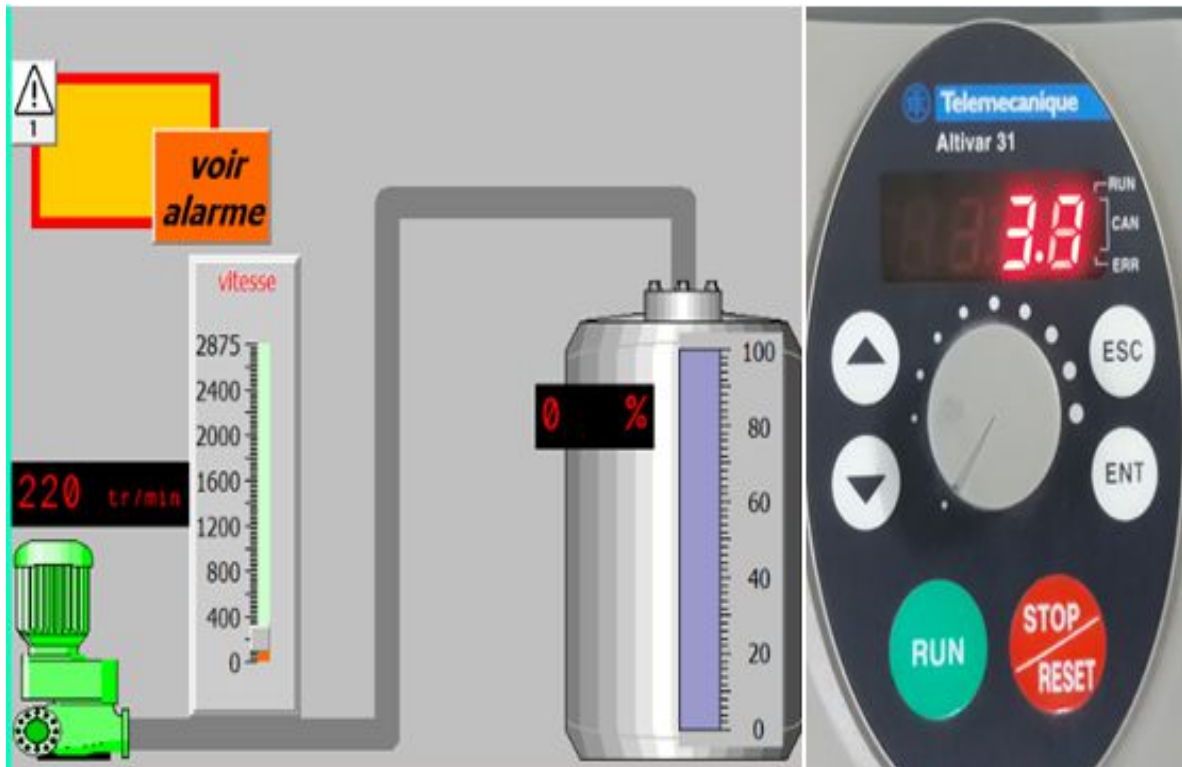


Figure IV-18 : Visualisation de l'application en mode Runtime

Le moteur possède 2 pôles, il tourne à la vitesse de 3000 tr/min pour une fréquence de 50Hz. En appliquant la règle des trois :

$$\left. \begin{array}{l} 3000 \text{ tr/min} \Rightarrow 50\text{Hz} \\ x \text{ tr/min} \Rightarrow 3.7\text{Hz} \end{array} \right\} x = \frac{3.7 \times 3000}{50} = 222 \text{ tr/min} \dots\dots\dots (20)$$

**IV-7 : Conclusion**

Pour les applications d'automatisme vastes et compliquées, avoir une solution de supervision est indispensable.

Le dernier chapitre a été consacré à la supervision du bon déroulement de la station de traitement des eaux. Nous avons élaboré les vues qui permettent la visualisation et le contrôle direct de la station.

Cette solution de supervision permettra le suivi du fonctionnement de la station en temps réel ainsi que de faciliter les tâches de diagnostics des erreurs par la localisation des défauts et l'intervention rapide.

# ***Conclusion générale***

Notre projet est dans le cadre de l'étude et le dimensionnement d'une armoire électrique en vue d'automatisation d'une station de traitement des eaux de la société des boissons de l'ouest de l'Algérie S.B.O.A située à Oran.

L'ancienne armoire de la station de traitement des eaux était a base de modules LOGO, vu l'insuffisance que le système a connu, la substitution avec un moyen d'automatisation plus élevé qui est l'automate programmable industriel est plus ou moins nécessaire.

Dans une première étape, nous avons étudié la station présentant ses différentes parties ainsi on à décrit le fonctionnement générale du processus.

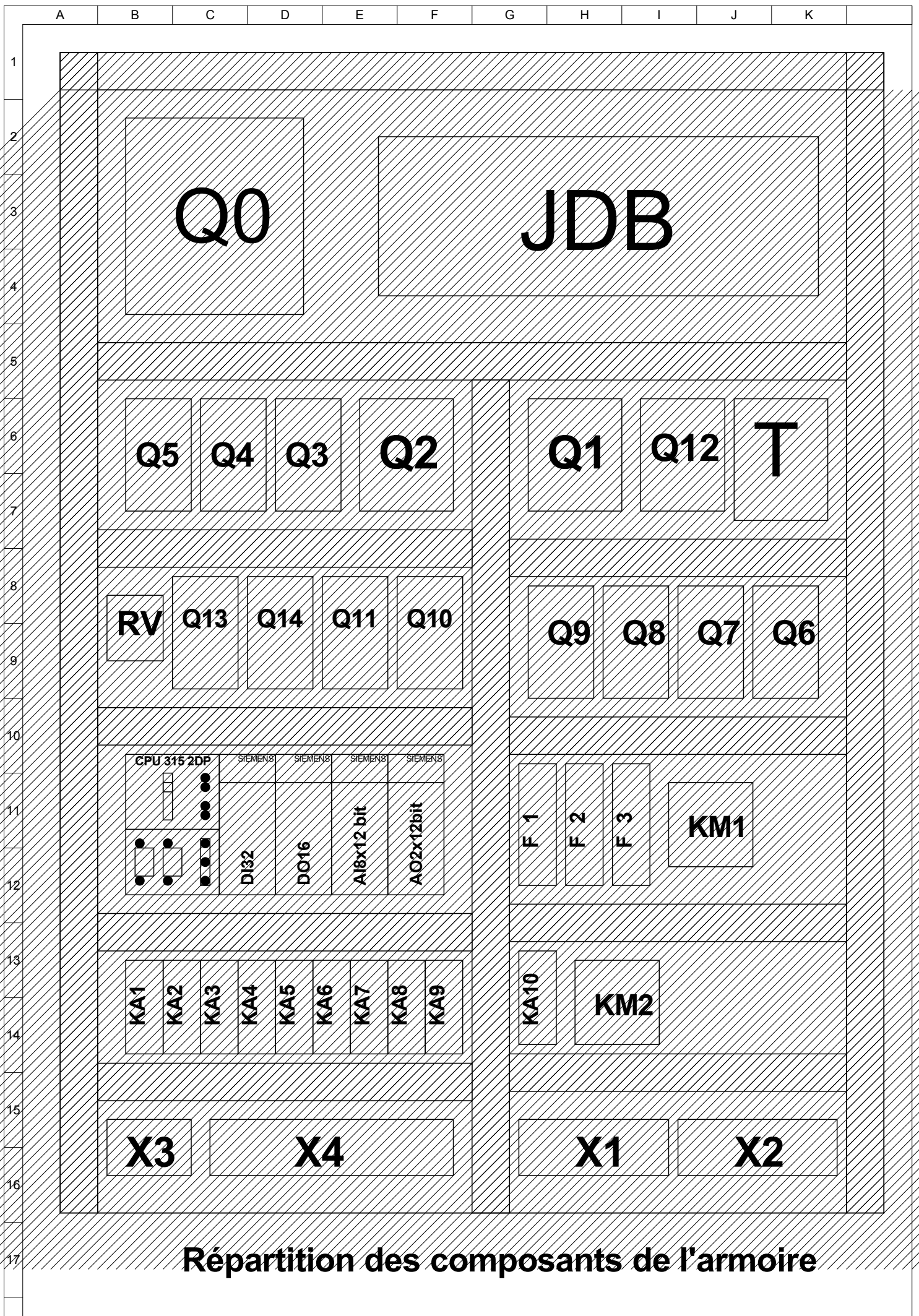
Nous avons effectué le dimensionnement de l'armoire, en calculant les sections des câbles ainsi les protections pour assurer la sécurité des personnes et du matériel.

Nous avons élaboré un programme d'automatisation d'un automate programmable industriel SIMATIC S7-300 de SIEMENS, avec le langage STEP7 et nous avons effectué la simulation du programme à l'aide du logiciel S7 PLC-SIM.

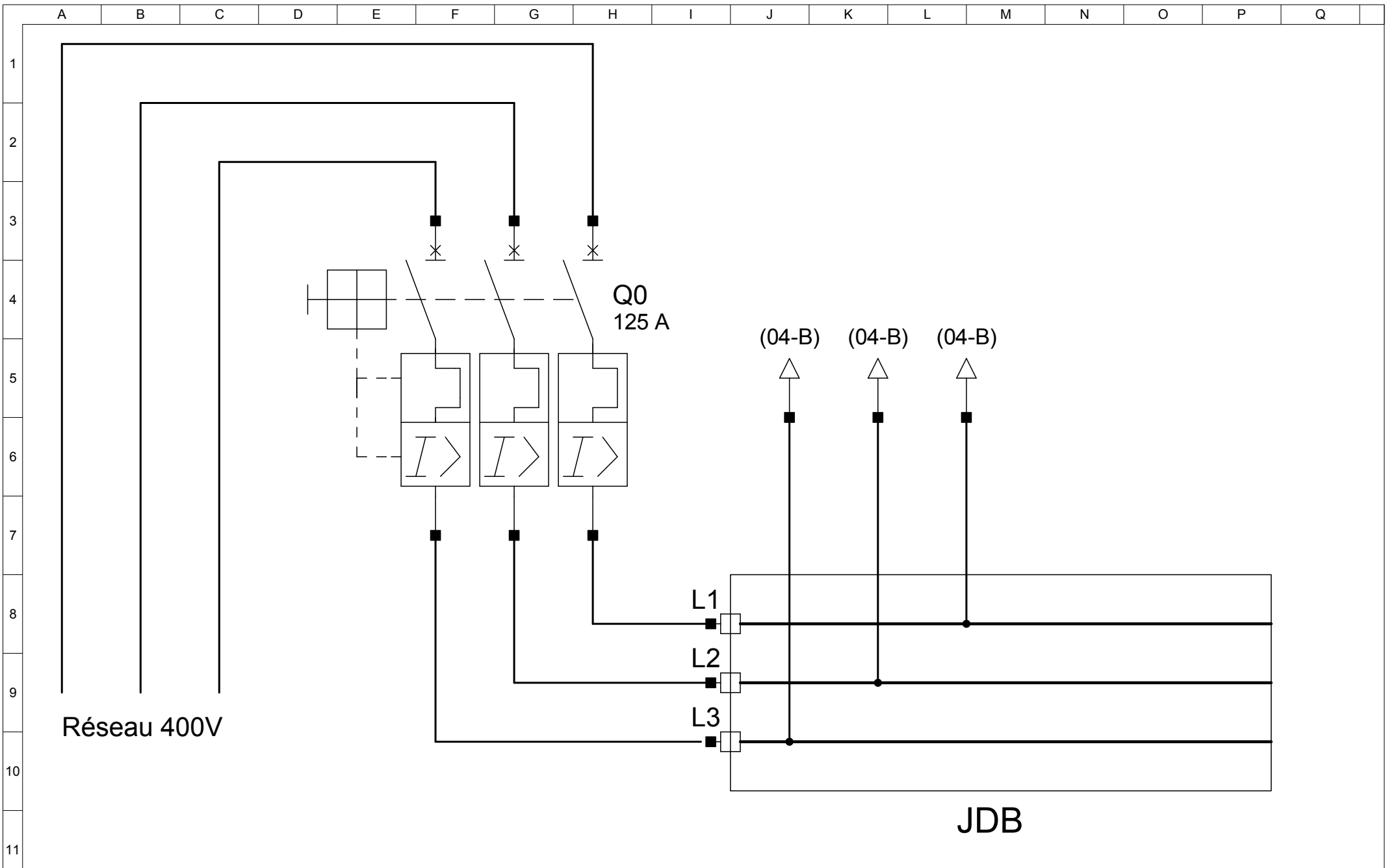
Nous avons élaboré aussi une solution de supervision sous WinCC pour contrôler le déroulement du processus à l'aide d'interfaces graphiques qui permet de cibler clairement toutes sortes de pannes qui peut se produire durant l'exploitation. Ainsi, la supervision permette a l'opérateur d'intervenir en minimum de temps pour remédier aux dysfonctionnements survenus dans l'installation.

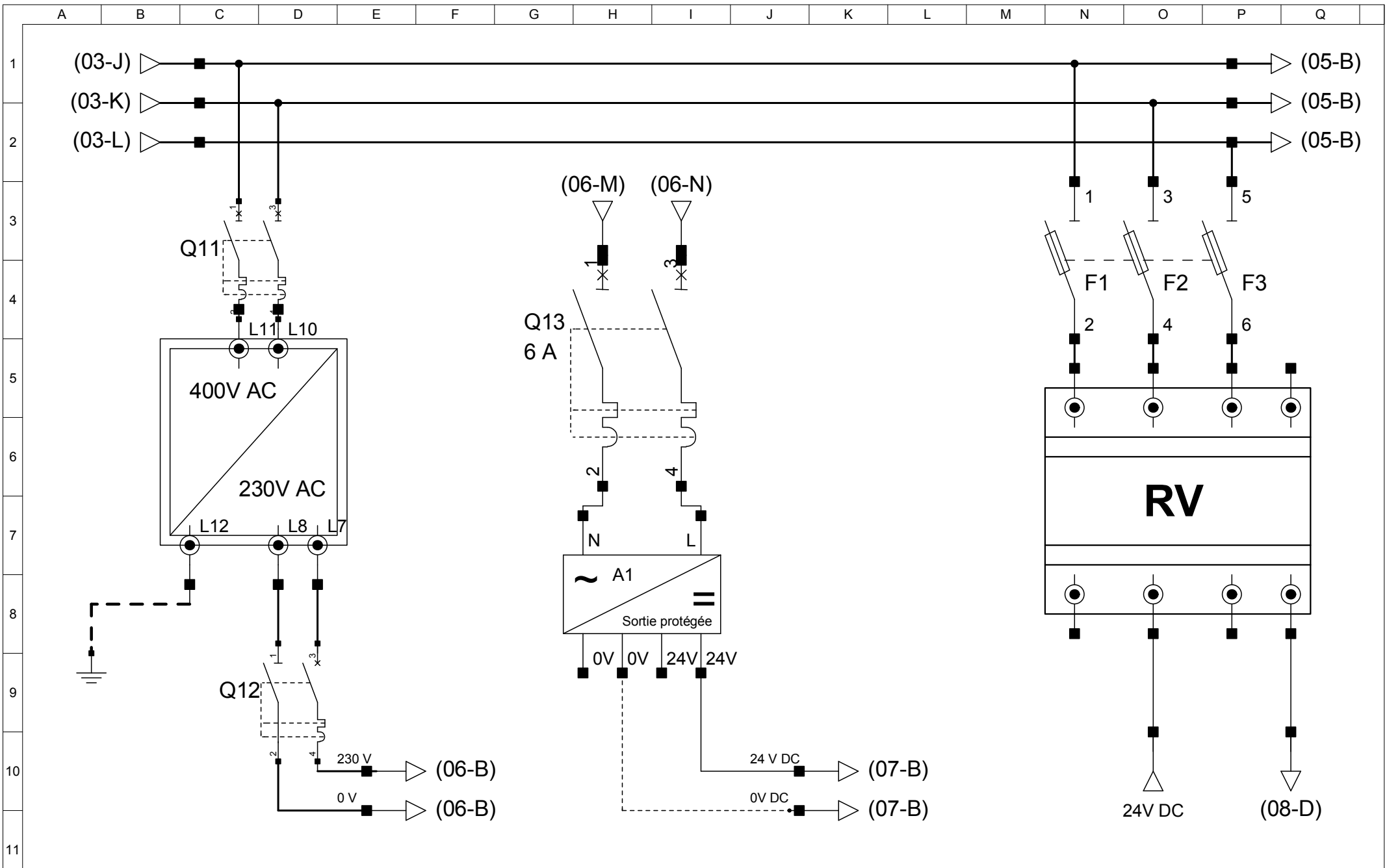
Ce travail nous à aidé d'améliorer nos connaissances dans le domaine d'automatisation des précèdes industriels par la familiarisation avec l'automate S7-300 et logiciel de supervision WinCC.

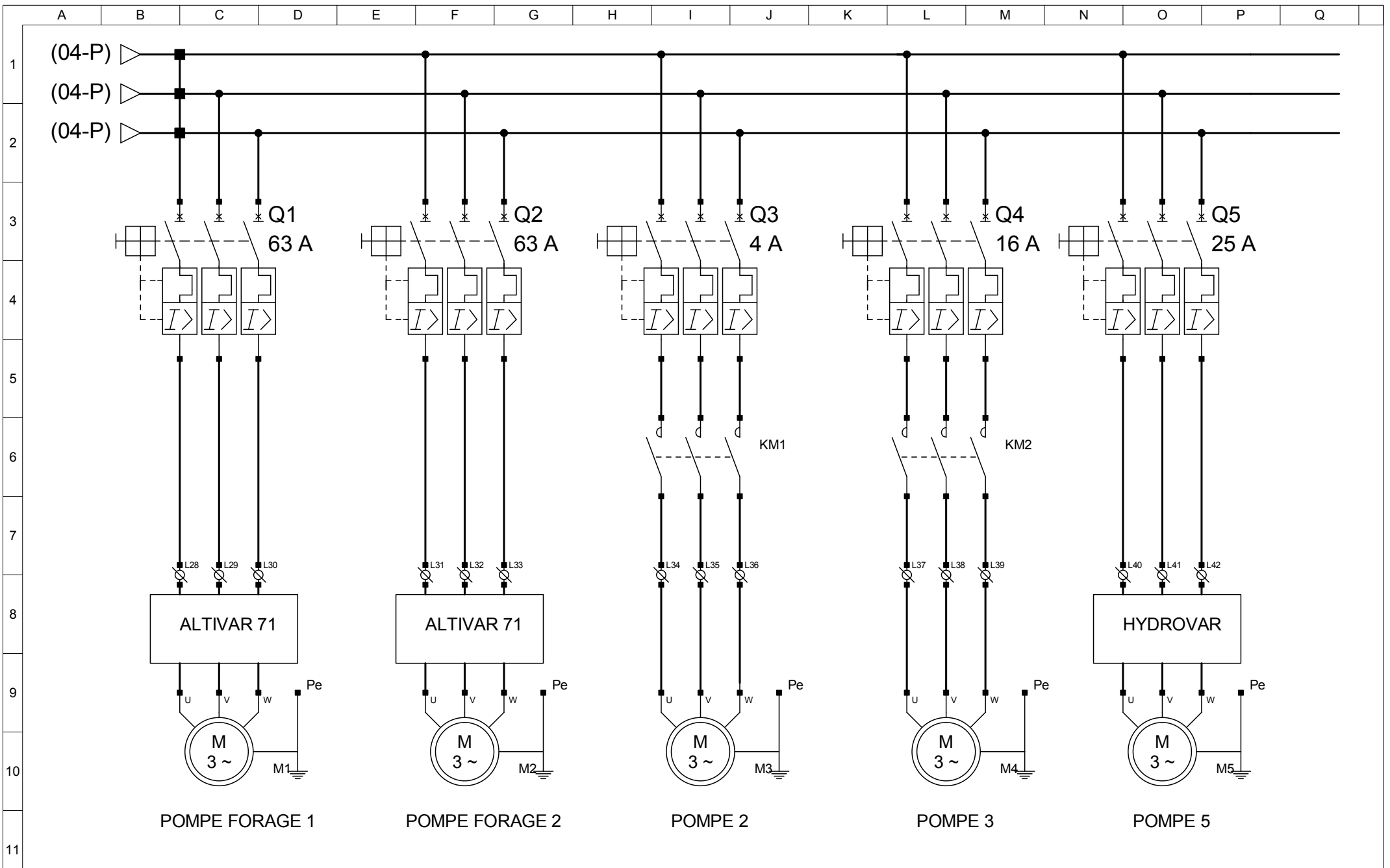
***Annexe***

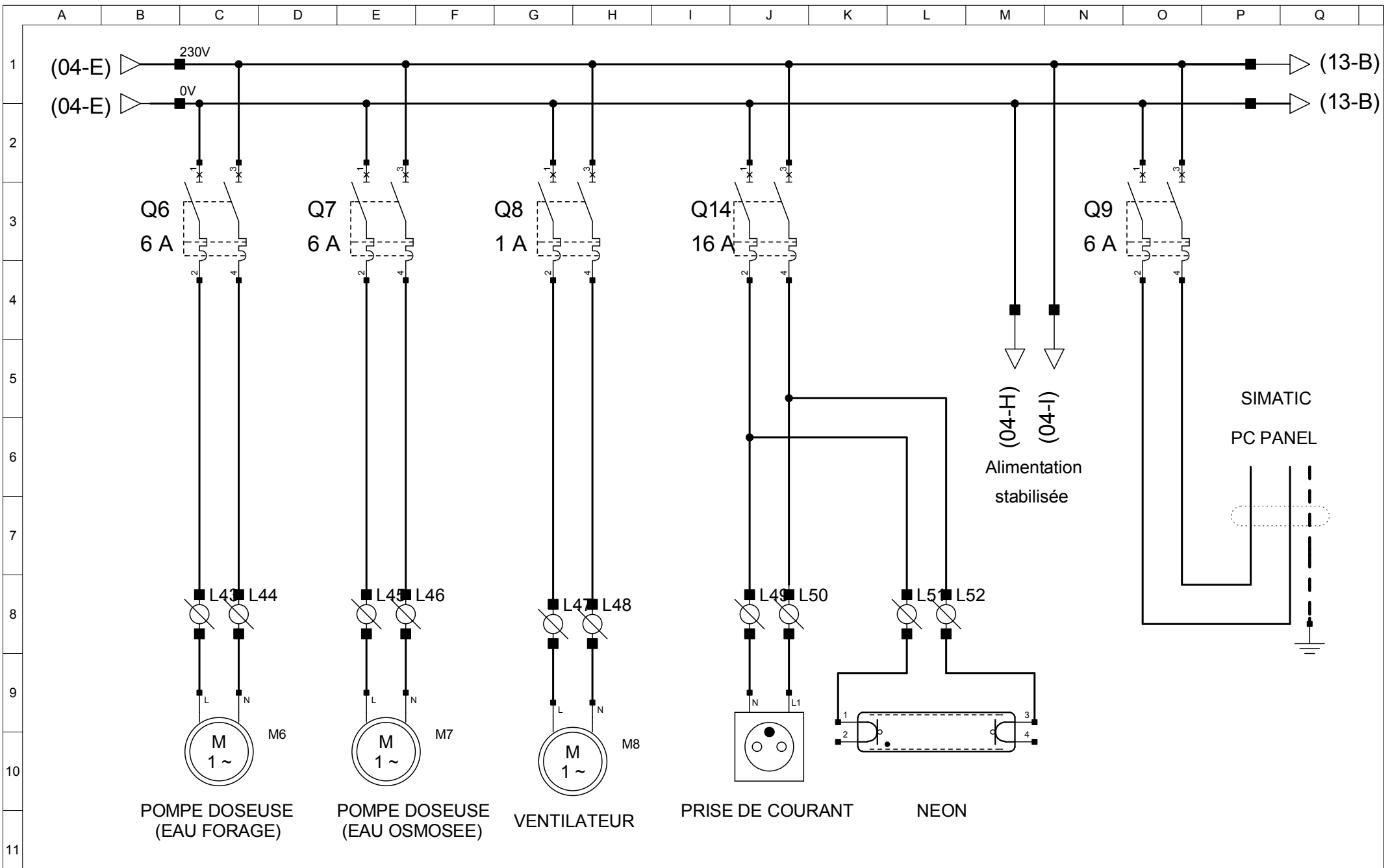


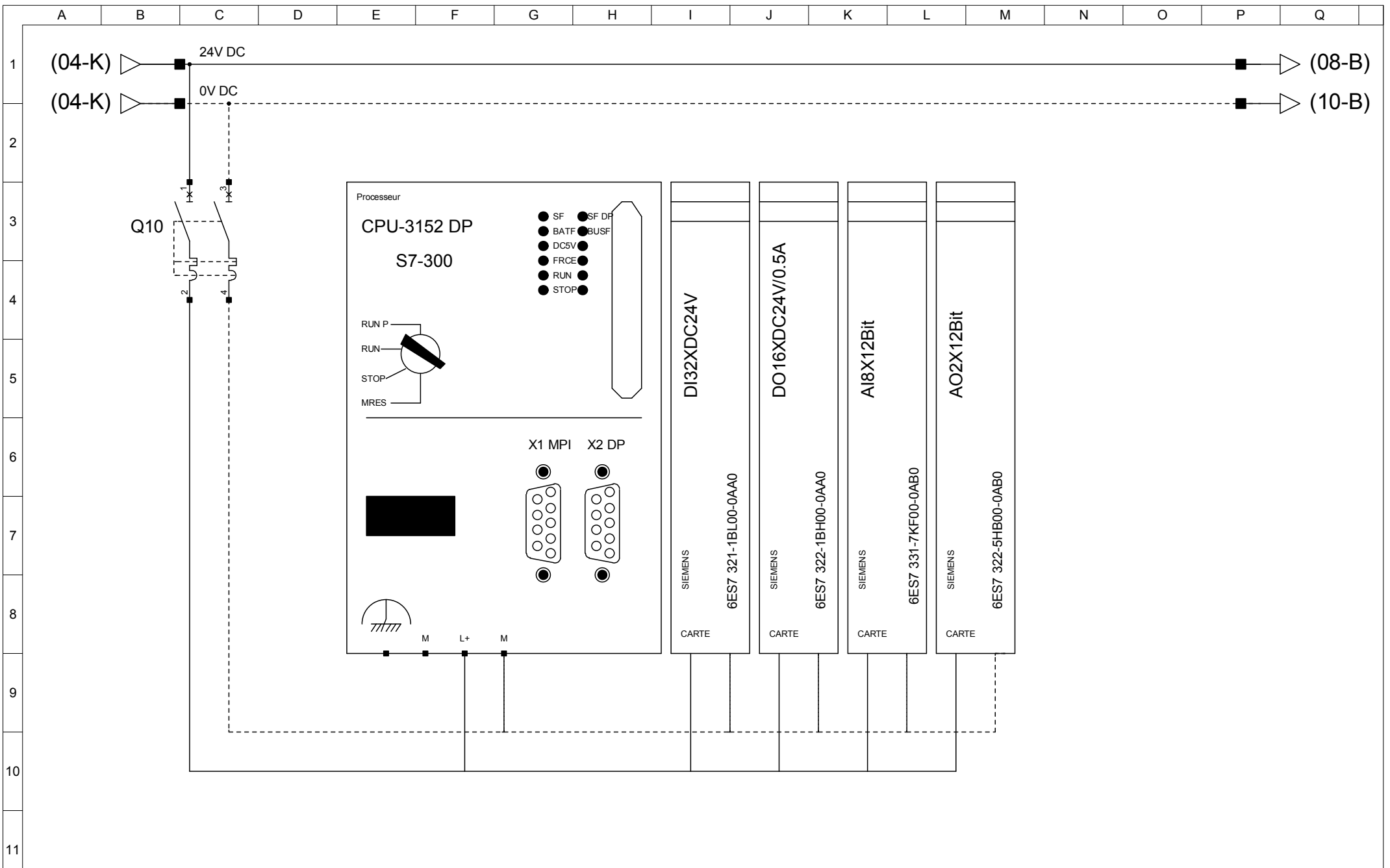
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17	<b>Université Mouloud MAMMERI</b>  <b>TIZI-OUZOU</b>				<b>FACADE PRINCIPALE DE L'ARMOIRE</b>  <b>TRAITEMENT DES EAUX</b>				Dessiné le: 10/07/2017 Par: <b>E.TASLENTE</b> <b>H.DJIOUA</b>		<b>2</b>  <b>17</b>		

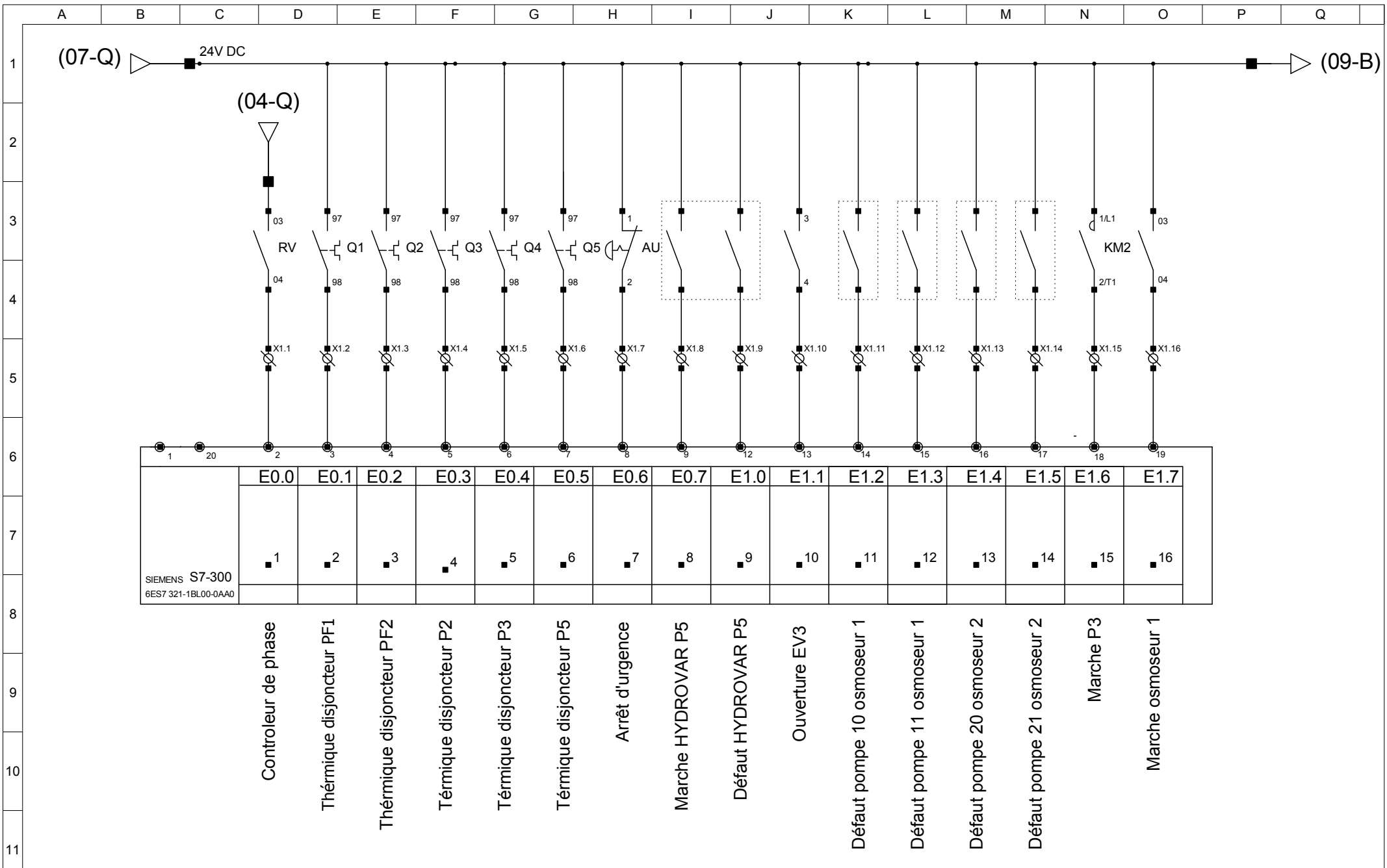


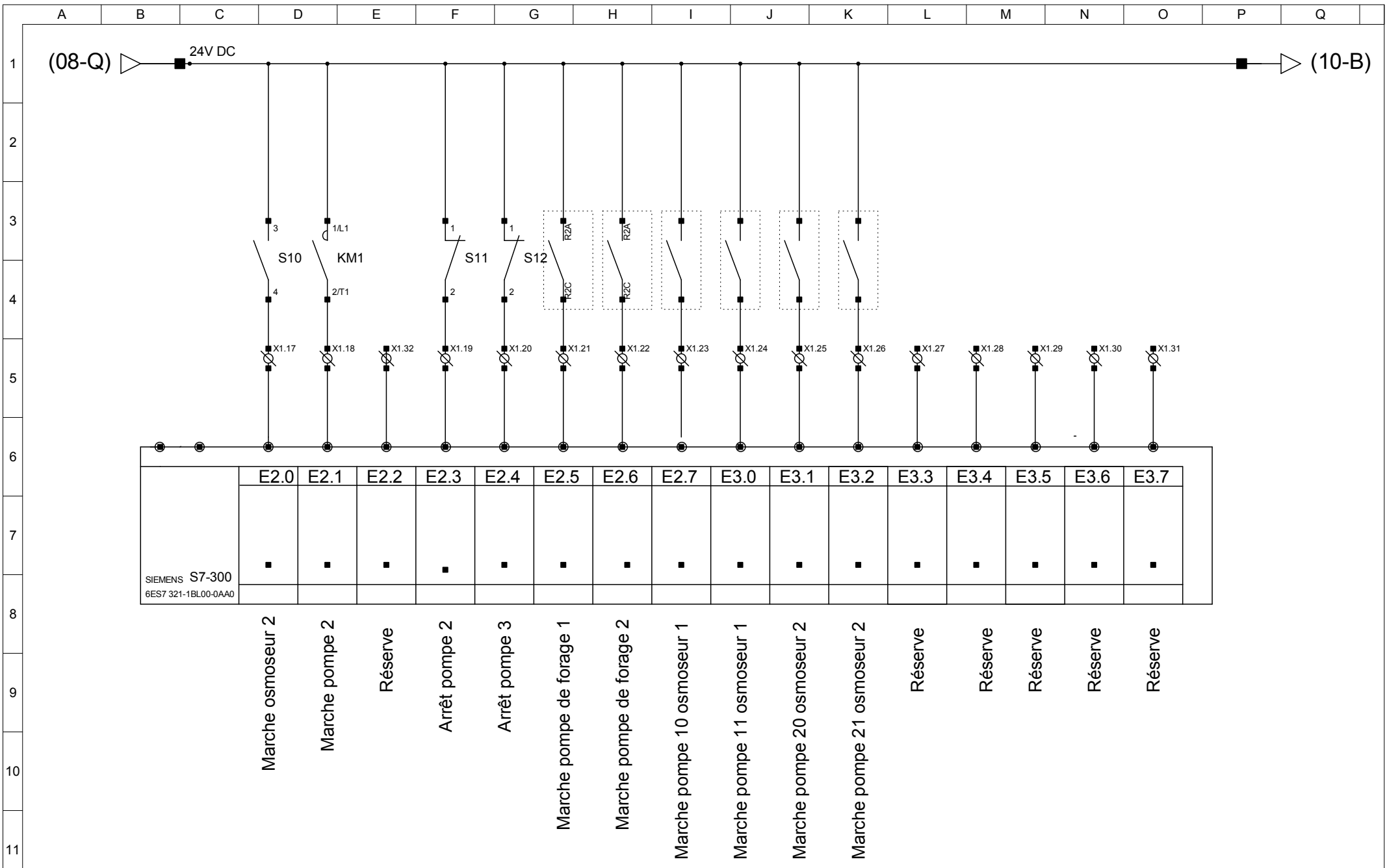








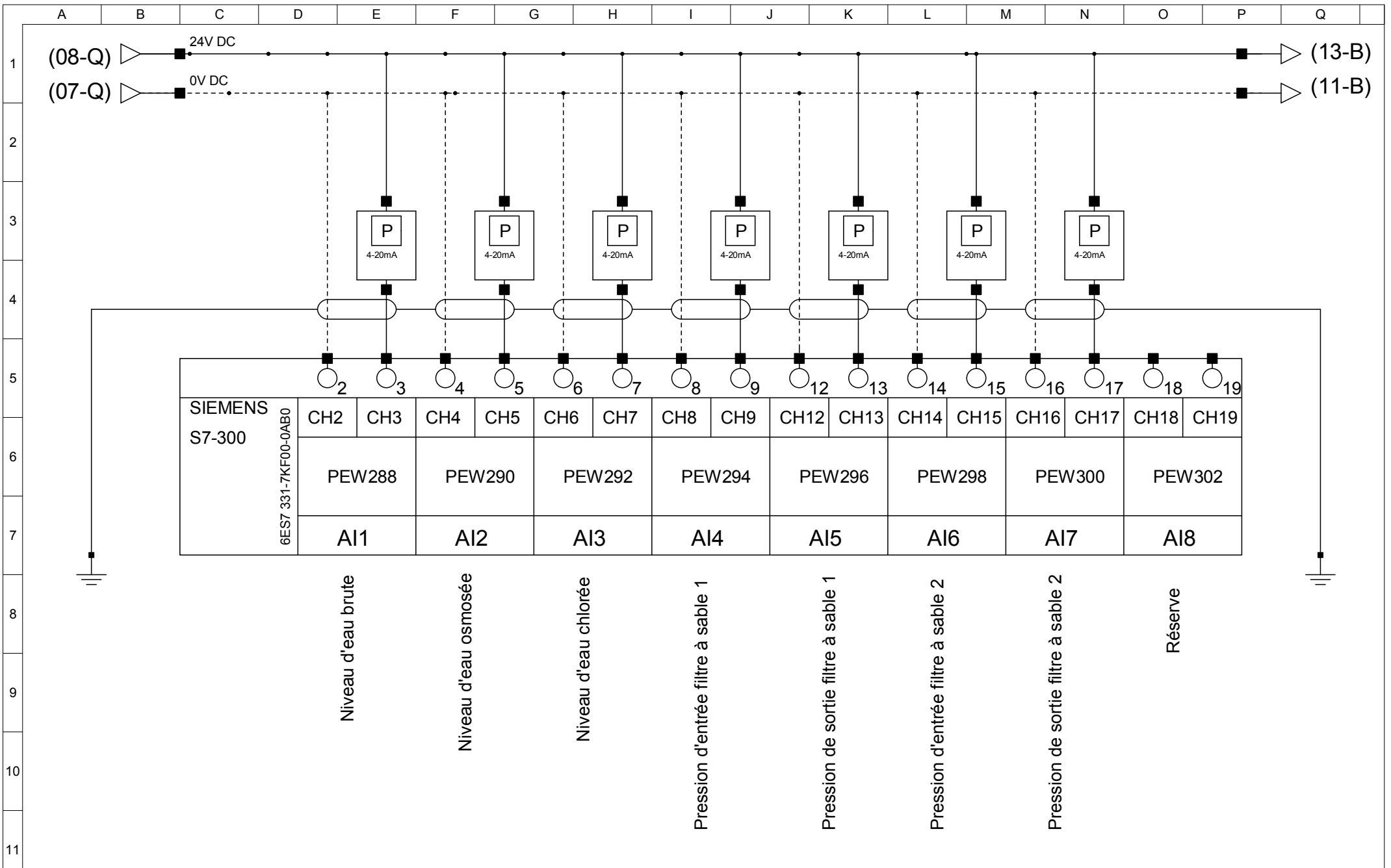


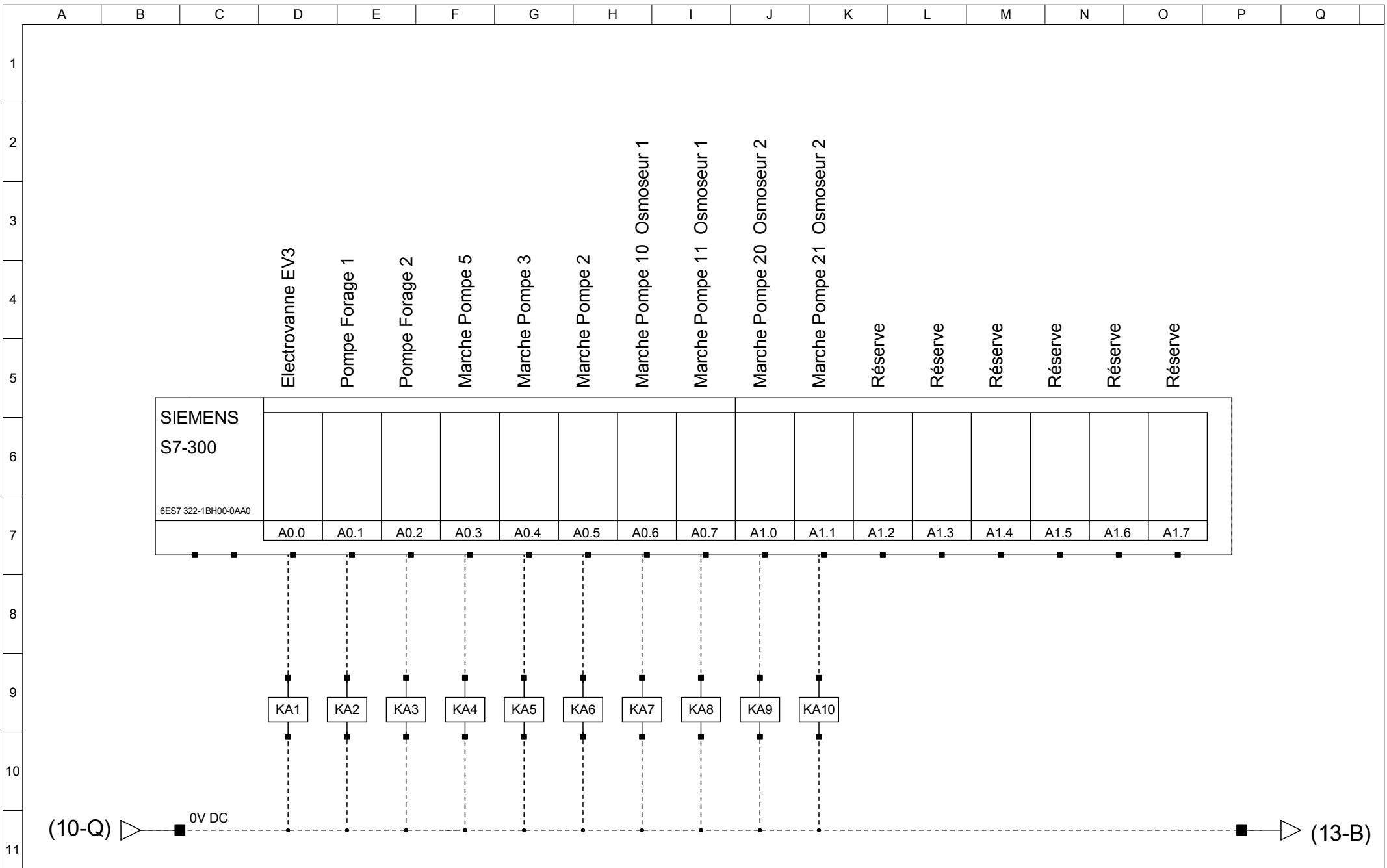


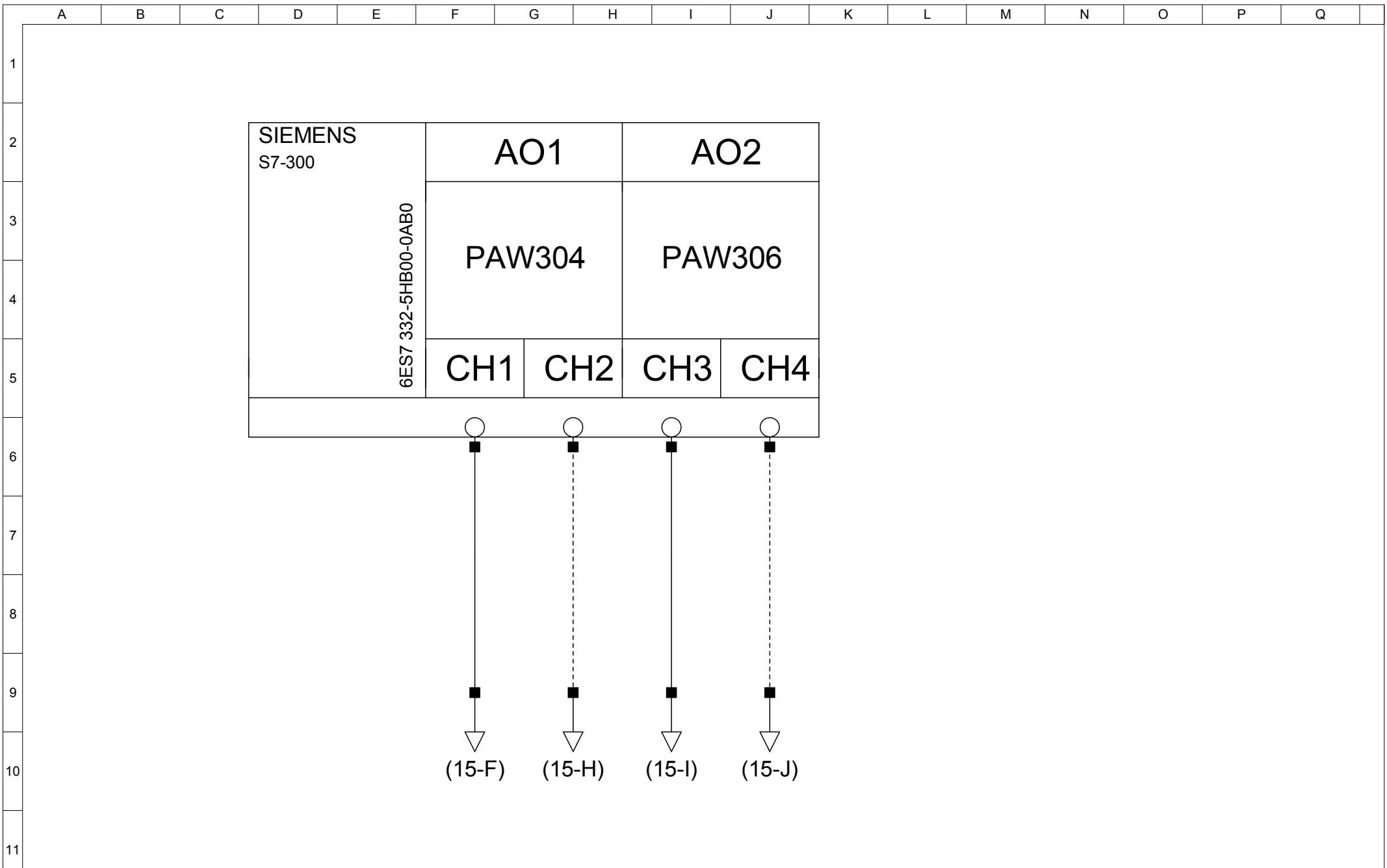
SIEMENS S7-300  
6ES7 321-1BL00-0AA0

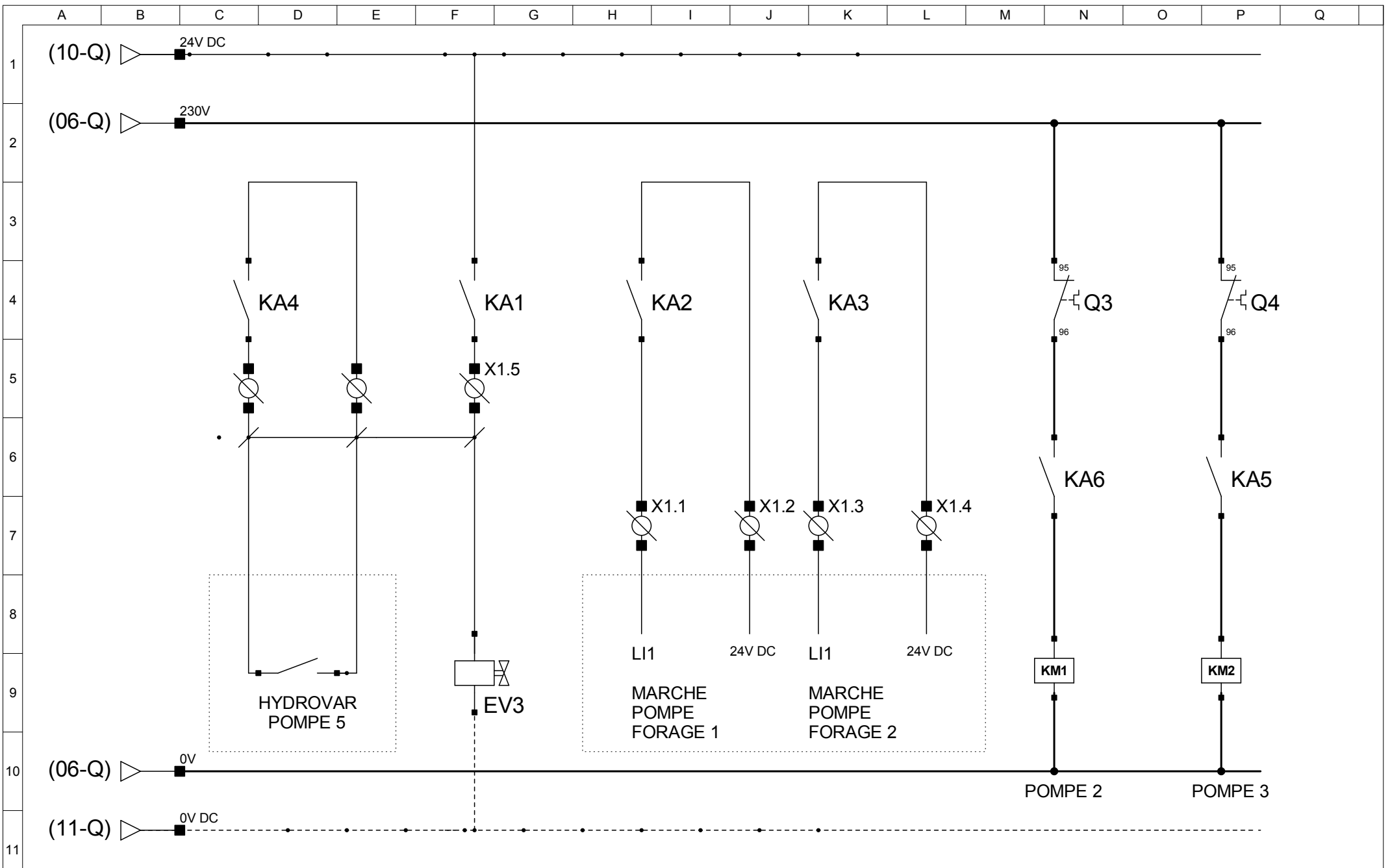
E2.0	E2.1	E2.2	E2.3	E2.4	E2.5	E2.6	E2.7	E3.0	E3.1	E3.2	E3.3	E3.4	E3.5	E3.6	E3.7
■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

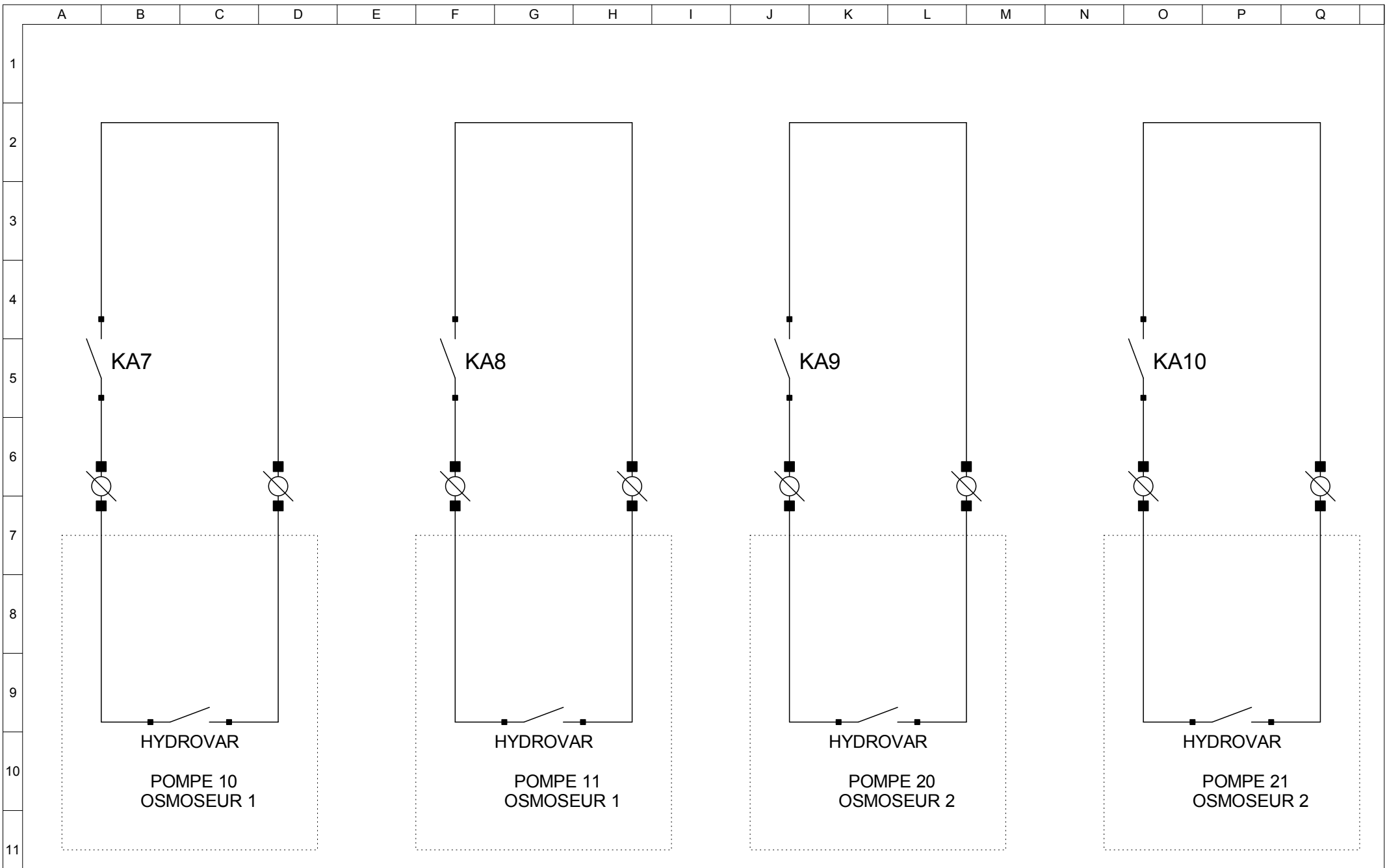
Marche osmoseur 2  
 Marche pompe 2  
 Réserve  
 Arrêt pompe 2  
 Arrêt pompe 3  
 Marche pompe de forage 1  
 Marche pompe de forage 2  
 Marche pompe 10 osmoseur 1  
 Marche pompe 11 osmoseur 1  
 Marche pompe 20 osmoseur 2  
 Marche pompe 21 osmoseur 2  
 Réserve  
 Réserve  
 Réserve  
 Réserve  
 Réserve

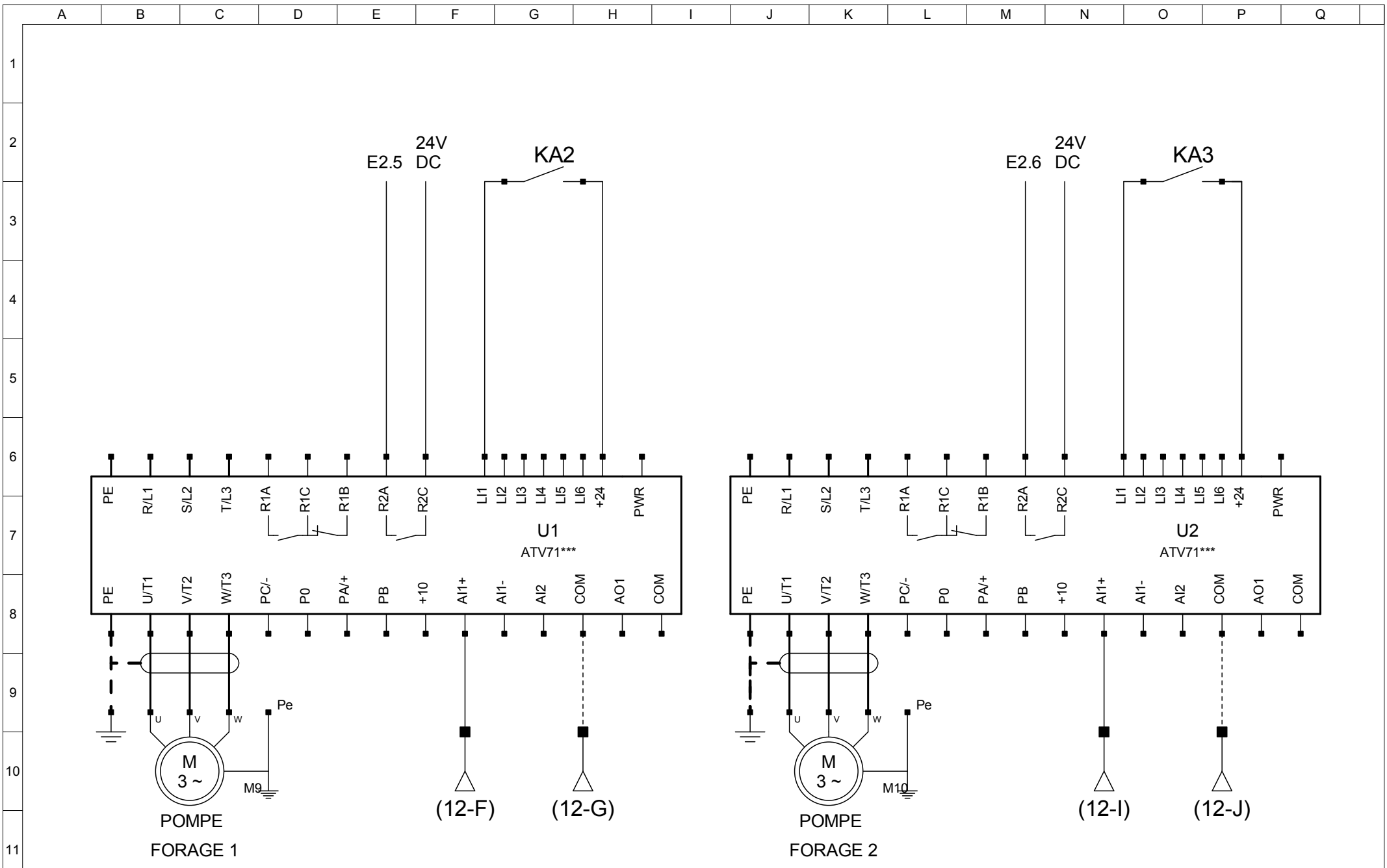


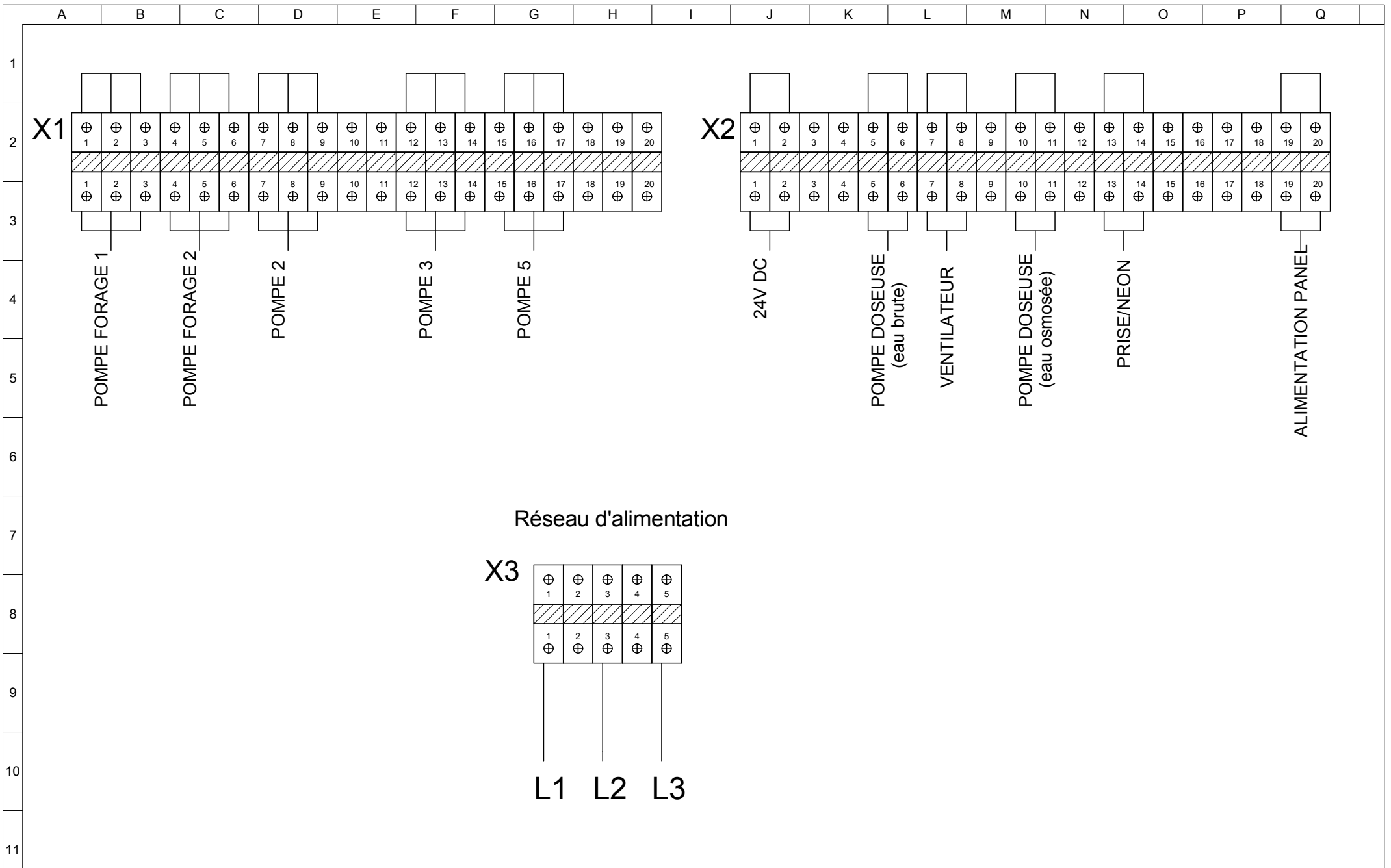


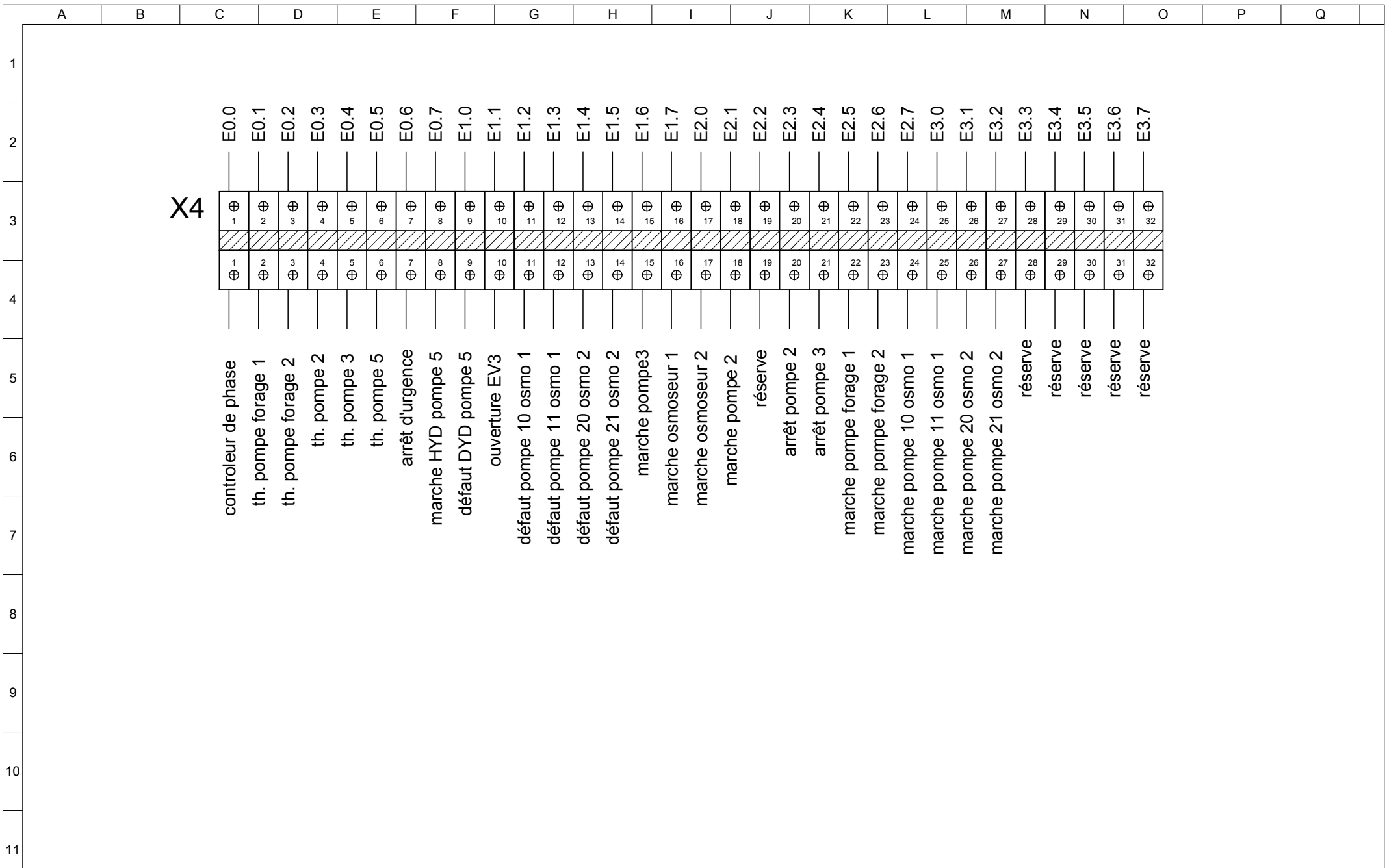












X4

# ***Bibliographie***

## ***Bibliographie***

- [1] Siemens simatic hmi « pupitre operateur TP270, OP270, MP270B (WinCC flexible), instruction ». Edition 03/2004
- [2] Schneider Electric : « ALTIVAR 71 variateur de vitesse pour moteurs asynchrones et synchrones » Guide de programmation. Logiciel V6.5. Edition 03/2004.
- [3] Schneider Electric : « variateur de vitesse ALTIVAR 71 ». Catalogue septembre 07.
- [4] XYLEM « Manuel Opérateur HYDROVAR HV-2.015-4.220 ». Version 2012.
- [5] Schneider Electric « Guide d'exploitation ALTIVAR 71 », paramètres d'utilisation. Logiciel V1.2.
- [6] Gerrard Guiheneuf « Les moteurs électriques expliqués aux électroniciens » 2<sup>ème</sup> édition, 2014.
- [7] J. Schonek « Schneider Electric : Les protections différentielles en basse tension » Cahier technique N°114. Edition Février 2006
- [8] R. Calvas- B. Lacroix « Schneider Electric : Les schémas de liaison à la terre en BT (régime du neutre) » Cahier technique N°172. Edition Décembre 2004.
- [9] JP. Nereau « Schneider Electric : Sélectivité des disjoncteurs de puissance basse tension » Cahier technique N°201.
- [10] Norme Française NFC 15-100. Décembre 2002.
- [11] Schneider Electric : « Distribution moyenne tension, fusible 3.6 à 36kV ». Catalogue 2012.
- [12] Schneider Electric : « Compléments techniques, distribution électrique BT et HTA ». 2012.
- [13] B. deMetz. Coblant- E. Dunas- C. Poulain « Schneider Electric : Calcul des courants de court-circuit » Cahier technique N°158. Edition Décembre 2005.
- [14] Schneider Electric « Guide des installations électrique 2010 » Normes internationales CEI et nationales Française NF.
- [15] Christophe PREVE- Robert JEANNOT « Schneider Electric : Guide de conception des réseaux électriques industriels » ... Février 1997. N° 6883427/A.
- [16] Académie d'Aix-Marseille « DOCUMENTATION TECHNIQUE Baccalauréat Technologie STI ». Génie Electrotechnique. Edition 2007.
- [17] FEKIK Arezki, DILMI Mouhamed :« Etude et réalisation d'une armoire électrique d'un palettiseur ». Mémoire de fin d'étude. Promotion 2013

[18] DJ. CHERIEF, N. BELKACEM « Etude et réalisation d'une armoire électrique d'un bloc soutireuse en vue de sa commande et sa supervision ». Mémoire de fin d'étude promotion 2013.

[19] Houda BEL MOKADEM : « Vérification des propriétés temporisées des automates programmables industriels ». Thèse doctorat promotion 2006.

[20] AKROUR Sofiane, ARAB Nouridine : « Automatisation et supervision d'une station de transport du sucre à l'usine Coca-Cola Rouïba ». Mémoire de fin d'étude promotion 2009.

[21] Siemens Simatic S7-300 « CPU31x C et CPU31x ; caractéristiques techniques ». Manuel 06/2008.

[22] Siemens « Document de formation pour une solution complète d'automatisation Totally Integrated Automation (TIA) : module A3, initiation à la programmation d'API avec Step7 ». Edition 2004.

[23] REZIGUE Hamza « Modélisation et surveillance d'une centrale à béton par l'outil BOND GRAPH et validation en ligne par un système SCADA ». Mémoire fin d'étude MAGISTER. Promotion 2014.

[24] Siemens Simatic hmi « WinCC flexible 2008 Compact/Standart/Advanced ». Manuel d'utilisation. Edition 07/2008.

[25] Siemens Simatic hmi « WinCC flexibe 2008 mise en route – débutant- mise en route ». Edition 06/2008.

### **Logiciels :**

Step 7 version 5.5 + SP1

SIMATIC WinCC flexible 2008 SP3

XRelais version 3.2a

# *Résumé*

*Dans l'industrie, l'eau est le fluide la plus utilisé. Pour certains procédés industriels, l'eau doit répondre à des normes et des conditions avant de l'utiliser, c'est pour cette raison que les sociétés mettent en place des stations de traitement des eaux en amont des chaînes de production.*

*Une armoire électrique assure le fonctionnement et l'alimentation en énergie des différents composants de l'installation.*

*L'étude des installations électriques consiste à déterminer précisément les canalisations et leurs protections électrique en commençant aux origines des installations pour aboutir aux circuits terminaux.*

*Les progrès des automatisme industrielles ont permis aux industriels d'augmenter leur productivité et de réduire les coûts.*

*Dans la fonction Homme/Machine, l'opérateur a un rôle important. En fonction des informations dont il dispose, il doit effectuer des actions qui conditionnent le bon fonctionnement des machines et des installations, mais qui ne doivent pas mettre en cause la sécurité et la disponibilité.*

*Notre projet de fin d'étude était de faire l'étude et le dimensionnement d'une armoire électrique en vue de l'automatisation d'une station de traitement des eaux. Le projet commence par faire une étude détaillée de la station et la présentation du cahier de charge. Ensuite, on passe au dimensionnement de l'armoire de la station en calculant les sections des canalisations et les protections. Puis, on doit faire un programme d'automatisation de la station à l'aide du logiciel STEP7, ce programme sera transféré vers un automate programmable industriel SIMATIC S7-300 de SIEMENS. Enfin, on doit construire une plateforme de supervision avec le logiciel WinCC.*

## *Mots clés*

*Armoire électrique / Station / Traitement des eaux / Dimensionnement des installations électriques / Automatisation / Supervision / Programmation / Automates programmables industriels / API / PLC / SIMATIC S7-300 / Step7 / HMI / WinCC / Schémas de câblages.*