

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme

D'INGENIEUR D'ETAT EN AUTOMATIQUE

Présenté le 09/07/2009 par :

BENDALI Lamia

Thème :

***Automatisation et supervision d'une station
traitement d'eau***

Proposé par : **Mr NAIT CHAABANE**
Dirigé par : **Mr A.MAIDI**

Devant le jury composé de :

Président : **Mr M.Charif**
Examineur : **M^{elle} O.ADJMEUT**
Examineur : **Mr Hadouche**

Promotion 2009

Remerciements

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cet ouvrage.

Je tiens à exprimer ici ma très haute considération à Monsieur NAIT CHABANE ABDEL-GHANI de bien vouloir proposer ce sujet de stage et de m'avoir accueillie dans son équipe.

Je tiens à exprimer ici ma très haute considération à A. MAIDI de bien vouloir m'accepter de travailler sur ce projet, d'avoir dirigé ce stage. Ses disponibilités et ses précieux conseils ont été très bénéfiques durant l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier également Monsieur ALATE, Responsable du service formation, de m'avoir accueilli au sein du MFG et pour m'avoir fait confiance.

J'exprime ma très profonde gratitude à Monsieur les M.Charif, Monsieur Mr Hadouche et Melle O.ADJMEUT, pour l'honneur qu'ils m'ont accordé en acceptant d'être membres du jury.

Un grand merci à toute ma famille et plus particulièrement à mon père, ma mère, ma sœur et mes frères pour m'avoir soutenu et aidé tout au long de mes études.

<i>Remerciements</i>	<i>i</i>
<i>Introduction générale</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
Chapitre 1 : Présentation générale de complexe industriel MFG	- 3 -
1.1 <i>Introduction :</i>	<i>- 3 -</i>
1.2 <i>Description du procédé « Float » :</i>	<i>- 3 -</i>
1.3 <i>Présentation des Stations Utilités :</i>	<i>- 8 -</i>
1.4 <i>Conclusion :</i>	<i>- 9 -</i>
Chapitre 2 : Etude détaillé de la station traitement d'eau MFG	- 10 -
2.1 <i>Introduction :</i>	<i>- 10 -</i>
2.2 <i>Présentation et rôle de la station de traitement d'eau MFG :</i>	<i>- 10 -</i>
2.3 <i>Principe de fonctionnement :</i>	<i>- 10 -</i>
2.4 <i>Etude instrumentale :</i>	<i>- 16 -</i>
2.5 <i>Partie commande :</i>	<i>- 18 -</i>
2.6 <i>Etude des différents démarrages des moteurs asynchrones de la station :</i>	<i>- 19 -</i>
2.7 <i>Conclusion :</i>	<i>- 23 -</i>
Chapitre 3 : Modélisation de la solution sous forme de Grafcet	- 24 -
3.1 <i>Introduction :</i>	<i>- 24 -</i>
3.2 GRAFCET	- 24 -
3.3 <i>Présentation du Modèle Grafcet proposé :</i>	<i>- 30 -</i>
3.4 <i>Conclusion :</i>	<i>- 37 -</i>
Chapitre 4 : Développement de la solution programmable	- 38 -
4.1 <i>Introduction :</i>	<i>- 38 -</i>
4.2 <i>Structure des systèmes automatisés de production :</i>	<i>- 38 -</i>
4.3 <i>Définition d'un automate programmable :</i>	<i>- 38 -</i>
4.4 <i>Présentation de l'automate programmable S7-300 :</i>	<i>- 39 -</i>
4.5 <i>Caractéristiques de l'automate programmable S7-300 :</i>	<i>- 39 -</i>
4.6 <i>Constitution de l'automate programmable S7-300 :</i>	<i>- 40 -</i>
4.7 <i>Programmation du S7-300 avec le Langage STEP 7 :</i>	<i>- 44 -</i>
4.8 <i>Le réseau PROFIBUS</i>	<i>- 50 -</i>
4.9 <i>Présentation de la solution programmable développée :</i>	<i>- 55 -</i>
4.10 <i>Régulation PID des processus à base d'automates SIMATIC S7 :</i>	<i>- 63 -</i>
4.11 <i>Simulation et validation du programme :</i>	<i>- 68 -</i>
4.12 <i>Conclusion :</i>	<i>- 70 -</i>
Chapitre 5 : Développement de la supervision	- 71 -

5.1	<i>Introduction :</i>	_____	- 71 -
5.2	<i>Définition et avantages de la supervision :</i>	_____	- 71 -
5.3	<i>Architecture d'un réseau de supervision :</i>	_____	- 72 -
5.4	<i>Présentation du logiciel de supervision WinCC :</i>	_____	- 72 -
5.5	<i>Développement d'un système de supervision sous WinCC :</i>	_____	- 75 -
5.6	<i>Présentation du contrôle et de la supervision de la station traitement d'eau :</i>	_____	- 78 -
5.7	<i>Conclusion</i>	_____	- 83 -
	<i>Conclusion générale</i>	_____	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>

Les solutions d'automatisation industrielle sont un facteur de compétitivité de plus en plus important pour les grandes et moyennes entreprises. C'est souvent dans ce domaine que se décide la réussite d'une entreprise. Cevital a fait le choix d'investir dans des équipements et installations modernes, ce qui lui permettra de rester compétitive vis-à-vis des ses concurrents.

Cependant, l'intégration d'une solution pour automatiser une usine ou un processus reste un investissement important pour un industriel, il y a deux choix qui se présentent, soit l'acquisition d'une installation complète totalement automatisée (installation clés en mains), qui est conseillé lorsque le processus est très complexe, soit l'achat des équipements indépendamment, puis concevoir un système d'automatisation et une solution d'intégration en interne, ce dernier a l'avantage d'être moins chères.

MEDITERRANEAN FLOAT GLASS (MFG) est équipé avec des stations complètement automatisées, le cas de la station de préparation des matières premières et le contrôle des produits finis, et d'autres stations automatisées partiellement, le cas de la station de traitements des eaux.

MFG veut développer une solution en interne pour automatiser la station de traitement d'eau afin de rendre le processus plus fluide. L'objectif de ce mémoire s'inscrit dans cette optique.

Le mémoire est organisé comme suit :

Tout d'abord, le complexe industriel MFG et les différentes installations sont présentées, en prenant le soin de décrire d'une manière détaillée la station de traitement d'eau sur laquelle a été effectué ce travail.

Puis, la solution choisie pour automatiser cette station est présentée sous forme d'un modèle Grafset dans le chapitre 3, et le chapitre 4 détaille le développement de la solution programmable et les simulations de cette solution, cette dernière est programmée avec le logiciel Step 7.

Le chapitre 5 est consacré au développement d'un système de supervision et de contrôle sous le logiciel WinCC, qui est représenté la deuxième partie à ce travail (l'automatisation seule est maintenant insuffisante, la supervision des procédés complexes est devenue indispensable).

Enfin, le mémoire termine par une conclusion, dans laquelle on revient sur les points importants de ce travail et les perspectives de continuité.

Chapitre 1 : Présentation générale de complexe industriel MFG

1.1 Introduction :

Mediterranean Float Glass (**MFG**) est une filiale de groupe **Cevital** spécialisée dans la production de verre plat. Elle est superficielle sur un site de 30 hectares dans la zone de Larbaa (environ 30 km d'Alger). Sa première ligne de production a été lancée en septembre 2007, d'une capacité de 600 tonnes/jour.

L'industrie du verre est fortement marquée par l'évolution technologique, MFG est parmi les seules entreprises au niveau mondial qui utilise ces nouvelles technologies dans son complexe.

Le complexe est constitué de trois lignes de production de verre, alimentée par des stations utilités dont celle de production des gaz (Azote-air comprimé, Hydrogène) et celle de traitement d'eau.

Dans ce chapitre on décrit le procédé de production Float suivi de la présentation des différentes stations utilités.

1.2 Description du procédé « Float » :

Aujourd'hui, il existe trois procédés de fabrication de verre plat dans le monde : le verre étiré, le verre « Float » et le verre laminé.

Le verre Float représente actuellement plus de 90 % du verre plat produit dans le monde. Le procédé Float a été élaboré en 1952, il est le procédé de référence pour la production de verre plat haute qualité. Ce procédé se décompose en cinq grandes étapes :

- Préparation de la composition,
- La fusion et l'affinage,
- Le formage et le coating,
- Le recuit,
- La découpe en plaques et l'emballage.

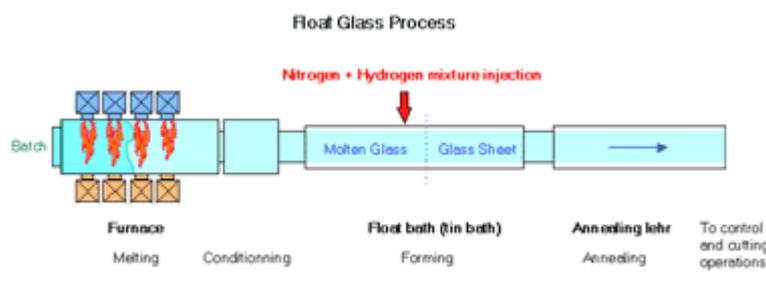


Figure I.1 : Processus de la ligne du verre float

1.2.1 La préparation de la composition :

La première étape consiste à doser et à mélanger les matières premières destinées à la fusion. Les matières premières sont : sable, dolomie, calcaire, carbonate de soude et sulfate de soude. Ils sont stockés dans l'atelier de composition constitué de silos, trémies, convoyeurs, collecteurs de poussières et de systèmes de contrôles nécessaires pour gérer correctement les flux des matières premières et les mélanges.

A l'intérieur de l'atelier de composition, une longue bande convoyeuse transporte les matériaux depuis leurs silos jusqu'à un système de pesée pour vérifier leurs poids. Des morceaux de verre recyclé, le calcin, provenant du système de découpe des plaques sont ajoutés à la composition de matières premières. Chaque lot contient environ 10 à 30% de calcin. Les matériaux secs sont mélangés pour former un lot (batch). Une fois convenablement mélangés, le batch est transporté par un système de convoyeur à bande jusqu'à la trémie de stockage journalière. Une enfourneuse introduit la composition de façon régulière dans le four.

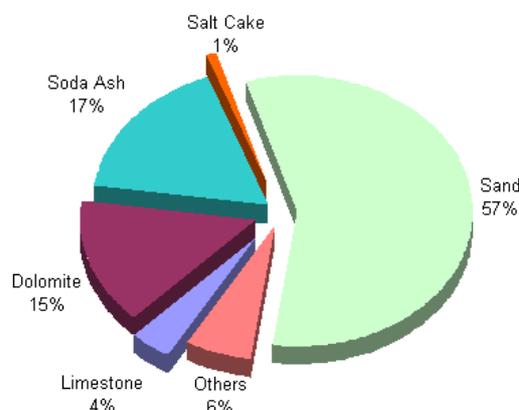


Figure I.2 : Composition typique du verre.

1.2.2 La fusion et l'affinage:

Le four de fusion est de 80.60 m de longueur sur 30 m de largeur à chauffage latéral et comporte six chambres de combustion (ports) équipées de régénérateurs afin de permettre une bonne récupération de l'énergie des fumées.

Le four est constitué d'une section de fusion/affinage et d'un bassin de travail, des régénérateurs et des ports, comme le montre la figure I.3 . Ce four est construit en matériaux réfractaires spéciaux, maintenus par une armature en acier. La composition est chauffée par des brûleurs au gaz naturel à environ 1700°C. Les matières premières sont tout d'abord fondues, la pâte de verre brute est ensuite dégazée puis mécaniquement homogénéisée dans un rétreint pour être finalement refroidie lentement dans la partie aval du four appelée le bassin de travail. Le verre, chimiquement et thermiquement homogène quitte alors le four et se déverse avec un débit contrôlé dans le bain d'étain pour y prendre ses caractéristiques géométriques.

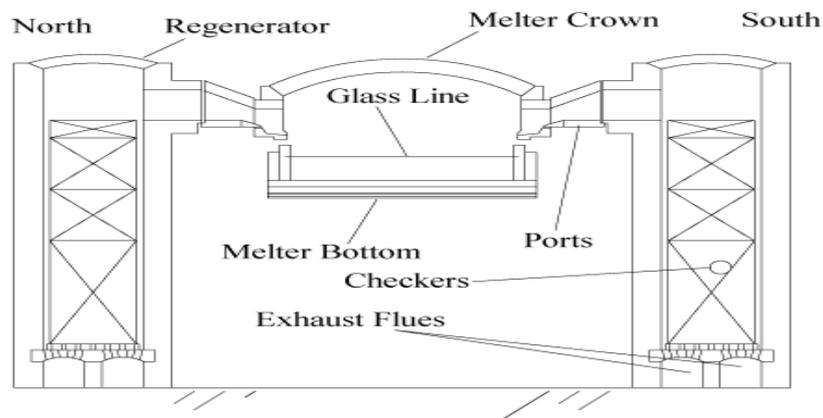


Figure I.3: Une coupe d'un four de fusion.

1.2.3 Formage et coating (Bain d'étain) :

Le processus de formage consiste à étirer ou à comprimer mécaniquement la pâte de verre tout en la solidifiant par refroidissement contrôlé.

Le verre, à une température de 1100°C, est déversé régulièrement sur l'étain en fusion grâce à un système de régulation de débit, sa densité spécifique lui permet de flotter sur l'étain d'où la terminologie "float" couramment employé pour décrire le procédé.

Le verre et l'étain ne réagissent pas entre eux et restent séparés, leur résistance mutuelle à l'échelle moléculaire rend le verre parfaitement lisse. En absence de toute contrainte extérieure, le verre s'étale en formant sur l'étain un ruban d'épaisseur naturelle de 6,88 mm.

Le bain est d'environ 60 m de longueur sur 8 m de largeur et contient près de 200 tonnes d'étain pur, fondu à une température moyenne de 800 ° C. Le bain d'étain défile à une vitesse pouvant atteindre 25 mètres /min. Ce bain est un système étanche avec une atmosphère contrôlée, composée d'azote et d'hydrogène.

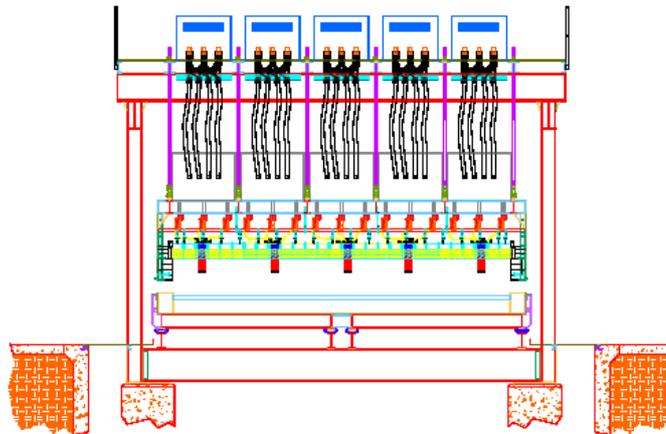


Figure I.4: Section transversale d'un bain d'étain.

Le dimensionnement du ruban de verre est obtenu par l'intermédiaire de forces de traction ou de compression effectuées par des machines appelées Top Rolls, situées sur chaque côté du bain. En zones de chauffage des résistances électriques, permettent une régulation fine de la température du verre qui est progressivement réduite.

Un programme de contrôle détermine les réglages optimaux du processus, lorsque le verre a atteint les caractéristiques dimensionnelles désirées, le ruban est alors parfaitement plat et ses faces sont parallèles. A ce stade, les revêtements réfléchissants pour contrôle solaire, autonettoyants ou photovoltaïque sont déposés en utilisant le système de dépôts chimiques en phase vapeur par pyrolyse.

1.2.4 Recuissins et refroidissement contrôlé :

Le ruban de verre quitte le bain à une température de 600° C à laquelle il est suffisamment solide pour être transporté sur des rouleaux. Il ne peut toutefois se refroidir librement à l'air libre sans que le refroidissement différentiel entre les faces externes et le

cœur du ruban n'engendrent des contraintes pouvant entraîner sa rupture spontanée. Il est donc nécessaire de réduire la température du ruban de verre jusqu'à la température ambiante, d'une façon progressive et contrôlée (la recuisson) en fonction de son épaisseur. Donc le verre est transporté sur des rouleaux entraînés par un système mécanique dans un tunnel d'environ 120 m de long sur 6 m de large appelé étenderie (voir Figure 1.5), équipé de résistances de chauffage et de ventilateurs qui permettent un contrôle précis du profil de température sur toute la largeur du ruban de verre.

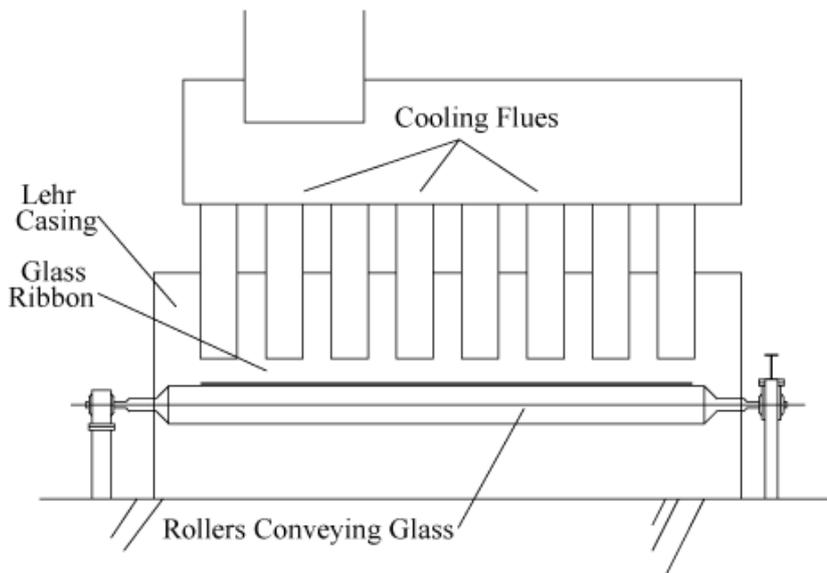


Figure I.5 Section transversale d'une étenderie

En sortie d'étenderie de recuisson, le ruban de verre est à la température ambiante et sa contrainte résiduelle a été réduite à un niveau permettant une coupe franche et facile.

1.2.5 Ligne de découpe et d'emballage :

En sortie de l'étenderie, le verre passe sous un système d'inspection en ligne, permettant la détection d'éventuels défauts. Les bords du ruban sont alors détachés puis le ruban est découpé automatiquement en plaques de différentes dimensions. Le verre non-utilisé, le calcin, est recyclé dans la composition.

Les plaques de verre reçoivent un traitement leur permettant d'être stockées sans dommage avant d'être levées puis empilées. Les plaques de verre déposées sur des chevalets sont alors transférées vers l'entrepôt de stockage ou pour expédition.

1.3 Présentation des Stations Utilités :

1.3.1 Station de production d'azote et d'air comprimé :

Pour l'air comprimé, un compresseur envoi de l'air sous une pression donnée (6 à 7 bars) pour passer ensuite dans un pré-refroidisseur qui abaisse la température de l'air à environ 5 - 10°, afin de permettre au tamis moléculaire (purificateur) d'absorber facilement l'humidité ainsi que le CO₂, l'air sortant du tamis moléculaire devient sec.

Une partie de cet air comprimé sert a la commande des actionneurs, et une partie est utilisée pour produire l'azote en augmentant sa température de 10 à 15°, il passe ensuite entre deux échangeurs de chaleur qui à leur tours baissent la température à -171° (température qui avoisine la liquéfaction) et fini dans la tour de fractionnement, qui permet de séparer le nitrogène (Azote) de l'oxygène.

Une partie du nitrogène récupérée est acheminée vers la production (protection de l'étain et des instruments) l'autre partie est stockée dans la réserve.

1.3.2 Station de production d'hydrogène :

L'eau est envoyée dans l'électrolyseur, où elle sera décomposée en gaz. Ensuite le gaz brute passe par un échangeur de chaleur et rentre dans un dioxydeur, d'où il est acheminé vers un sécheur pour éliminer les particules d'eau. Une partie de l'hydrogène pur obtenu, servira à la protection de l'étain et l'autre est envoyé en réserve.

L'hydrogène est produit à partir de l'eau traitée (distillée) pour qu'il n'y ait pas d'incidence sur l'électrolyseur.

1.3.3 Station traitement et pompage d'eaux :

L'eau brute est pompée à partir des forages dans un bac, ensuite cette eau passe dans des filtres à sable afin d'éliminer les grosses impuretés, puis stockée dans le bac eau filtrée.

L'eau filtrée est adoucie en deux étapes, dans la première étape la dureté doit être inférieure à 4.48°F, puis dans la deuxième étape la dureté désirée est atteinte (inférieure à 0.5°F).

Signalons que cette station sera étudié en détaille dans le chapitre suivant.

1.4 Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté, en général le complexe industriel MFG en précisant les parties les plus importantes d'une ligne production du verre, ainsi que les besoins de la ligne en utilitaires (station utilité).

L'objet de mon étude est la station traitement et pompage d'eau, cette dernière fera l'objet d'une étude détaillée, fonctionnelle et instrumentale dans le chapitre suivant.

Chapitre 2 : Etude détaillé de la station traitement d'eau MFG

2.1 Introduction :

Avant chaque phase d'automatisation d'un système industriel complexe, son étude est primordiale pour obtenir le modèle d'automatisation.

Dans ce chapitre, après la présentation du rôle de la station traitement d'eau (le système à automatiser), la première étude se porte sur son fonctionnement, la deuxième est sur la technologie des composants de la station.

2.2 Présentation et rôle de la station de traitement d'eau MFG :

Une installation de traitement d'eau à usage industriel doit produire impérativement une eau avec une certaine norme fixe, alors que l'eau brute a des caractéristiques variables.

Pour satisfaire la norme, la conception de l'installation peut faire appel à différents procédés selon la qualité de l'eau brute.

L'eau produite par station de traitement d'eau à MFG doit être de dureté inférieure à 0.5°F et a pour buts principaux :

1. Alimentation du circuit fermé de refroidissement de façon permanente. Le rôle de ce circuit est de refroidir les équipements indispensables à la production (caméra, pyromètre, malaxeurs du four ...).
2. Alimentation de la station de production d'hydrogène.
3. Remplissage du château d'eaux qui servent :
 - A répondre aux besoins en eaux des autres stations du complexe (Station matière première, poste d'incendies ...)
 - A alimenter en secours le circuit fermé de refroidissement en cas de l'arrêt de la station de traitement d'eau.

2.3 Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement de la station consiste de soutirer de l'eau dans 3 forages en passant par plusieurs bacs tampons et des filtres. En aval de chaque bac, il existe 2 ou 3 pompes, ce qui permet d'avoir toujours au moins une pompe de secours.

A fin de simplifier son étude la station peut être subdivisée en trois parties (figure II.1) :

- 1.** Soutirage de l'eau brute et sa filtration;
- 2.** Adoucissement de l'eau filtrée ;
- 3.** Pompage de l'eau produite aux différentes destinations.

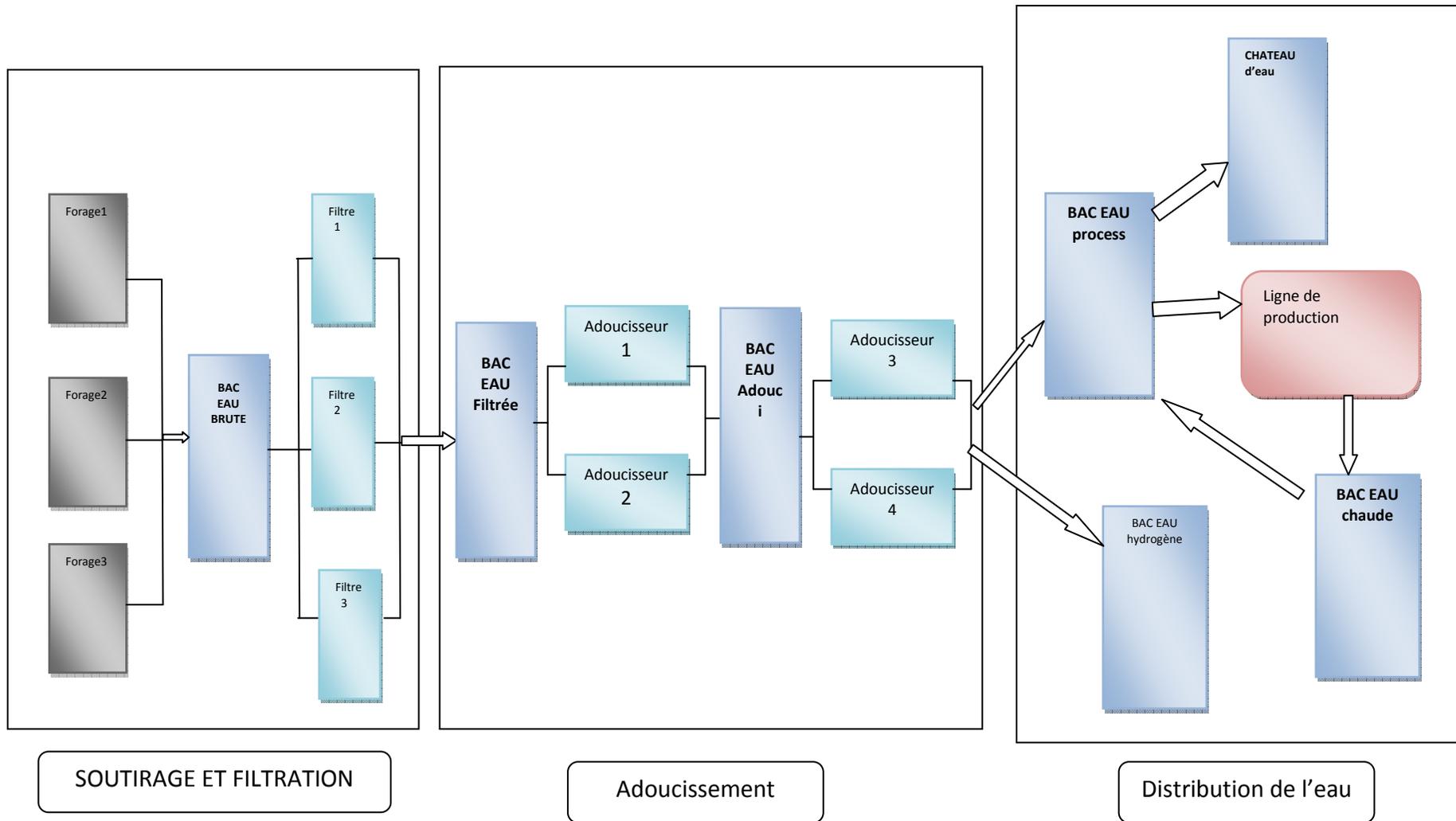


Figure II.1. Schéma synoptique de la station.

2.3.1 Soutirage et filtration de l'eau brute :

Afin d'assurer l'alimentation en eau brute en permanence, trois forges de profondeurs de 150 m environ sont conçues à des endroits différents au tour du complexe. L'eau brute est soutirée par des pompes immergées (*Pompe1, Pompe2, Pompe 3*) de débit $48 \text{ m}^3/\text{h}$, cette eau sera ensuite stockée dans le *BAC EAU BRUTE*.

- **Filtration de l'eau brute :**

Pour réduire les impuretés de l'eau soutirée, cette dernière passera par trois réservoirs de filtration à sables (deux filtres fonctionnent et un en by pass). L'alimentation en eau brute des filtres est assurée par les pompes (*FASP1 ou FASP2*) d'un débit de $100 \text{ m}^3/\text{h}$ et l'eau filtrée est stockée dans le *BAC EAU FILTRÉE*.

- **Contre lavage des filtres à sables :**

Après une certaine durée d'utilisation du filtre, la pression augmente dans sa partie supérieure, ce qui provoque l'ouverture d'un contact normalement fermé (Contact contre-lavage). Ce contact déclenche le temporisateur de filtre qui va commander les électrovannes pneumatiques du filtre afin de réaliser les différentes phases de contre lavage.

Les durées des trois phases sont :

Phase 1: 10 minutes.

Phase 2: 70 minutes.

Phase 3: 18 minutes.

Le contre lavage se fait à l'aide des pompes (*FASP3 ou FASP4*) d'un débit de $60 \text{ m}^3/\text{h}$.

2.3.2 Adoucissement de l'eau filtrée :

La station est équipée de quatre adoucisseurs de type décalque d'une capacité de 30 m^3 , qui sont utilisés comme suit :

L'eau filtrée passe par deux stades d'adoucissements. Pour chaque stade deux adoucisseurs sont utilisés, un fonctionne et l'autre en by pass (Annexe A figure. 2).

2.3.2.1 Premier stade d'adoucissement :

L'eau stockée dans le *BAC EAU FILTREE* est pompées avec les pompes (*ID3N1*, *ID3N2*, *ID3N2*) vers l'adoucisseur N°1 ou N°2 (en by pass) et l'eau sortant des adoucisseurs doit être de dureté inférieure à **4.48°F**.

La valeur de la dureté de l'eau est donnée par le premier analyseur de la dureté (*TESTOMATE 2000*) qui est relié à la sortie des deux adoucisseurs, et l'eau produite dans ce stade est stockée dans un bac (*BAC EAU ADOUCI*).

2.3.2.2 Deuxième stade d'adoucissement :

L'eau stockée dans le *BAC EAU ADOUCI* est pompée avec les pompes (*ID2N1*, *ID2N2*, *ID2N2*) vers l'adoucisseur N°3 ou N°4 (en by pass) et l'eau sortant des adoucisseurs doit être de dureté inférieur à **0.5°F**.

La valeur de la dureté de l'eau est donnée par le deuxième analyseur de la dureté (*TESTOMAT 2000*) qui est relié à la sortie des deux adoucisseurs.

A ce stade le traitement de l'eau est terminé. L'eau produite est distribuée en fonction de la demande, vers le bac alimentant le circuit de refroidissement (*BAC EAU DE PROCESS*) et vers la station de production de l'hydrogène (*BAC EAU HYDROGENE*).

▪ Fonctionnement d'un adoucisseur décalque :

Au-dessus l'adoucisseur se trouve un temporisateur mécanique pour les électrovannes. La sortie de l'adoucisseur est équipée d'un capteur volumétrique relié au temporisateur. Le capteur volumétrique calcule le débit sortant de l'adoucisseur, pour une certaine valeur prééglée, il transmet un signal vers le temporisateur afin d'indiquer que l'adoucisseur passe en régénération.

Le temporisateur sert à commander les six électrovannes pneumatiques de l'adoucisseur qui assurent le service et les étapes de régénération. Le schéma de principe est détaillé dans l'annexe A.

Remarque :

La régénération se fait en trois phases qui sont gérées automatiquement par le temporisateur comme est indiqué dans le tableau ci-après :

<i>Phase</i>	<i>Première Stade</i>	<i>Deuxième Stade</i>
<i>Contre lavage</i>	<i>10 minute</i>	<i>10 minute</i>
<i>Lavage lent</i>	<i>70 minute</i>	<i>60 minute</i>
<i>Lavage rapide</i>	<i>18 minute</i>	<i>10minute</i>

2.3.3 Pompage de l'eau :

Dans la salle de pompage se trouve des pompes d'un débit de 500 m³/h (**2D4N1, 2D4N2, 2D4N3**) qui alimentent en permanence le circuit fermé de refroidissement, et qui servent aussi à alimenter le château d'eau.

L'eau chaude dans le circuit fermé qui revient du four est versée dans le **BAC EAU CHAUDE**, une fois ce bac rempli des pompes d'un débit de 300m³/h (**2D3N1 ou 2D3N2**) alimentent en eau chaude les tours de refroidissement, qui sera ensuite versée dans le bac d'eau de processus.

2.3.4 Drainage :

Les pertes d'eau, au niveau du bain d'étain et au niveau de la salle de pompage sont évacuées à l'aide de deux pompes (**2D2P1, 2D2P2**) d'un débit de 13.5 m³/h. Le niveau de l'eau perdu est détecté par un flotteur.

2.4 Etude instrumentale :

2.4.1 Les capteurs :

- **Capteurs de niveau analogique :**

Chaque bac de stockage est équipé d'un capteur de niveau analogique, le radar *Micropilot M FMR230/245*

Principe de mesure

Le radar émis des ondes dans le bac, les ondes réfléchies sur la surface de l'eau sont captées par l'antenne et transmises au microprocesseur du radar, ce dernier évalue les signaux et identifie l'écho de niveau engendré par la réflexion des ondes radar sur la surface de l'eau.

La distance D (bride/eau) est proportionnelle au temps de parcours t de l'impulsion :

$$D = c * (t / 2)$$

c étant la vitesse de la lumière.

La distance (du vide) E étant connue par le système, il est aisé de calculer le niveau L :

$L = E - D$ qui sera converti en un signal électrique 4-20 mA.

- **Capteurs de niveau TOR (flotteur) :**

Principe de fonctionnement

Le flotteur suit le mouvement du liquide. Quand le flotteur atteint le niveau de fonctionnement, la répulsion des deux aimants provoque une inversion des contacts.

- **Capteur de pression**

Le capteur utilisé au niveau de la station est un convertisseur de pression JUMO MIDAS *Type 401001*. Ce type de capteur est utilisé pour mesurer les pressions dans des milieux liquides ou gazeux.

Principe de mesure

Le convertisseur de pression fonctionne suivant le principe de jauge de contrainte à couche épaisse. Le matériau de base de ce capteur est la céramique d'oxyde d'aluminium (Al₂O₃). La pression est convertie en un signal électrique 4-20ma.

- **Indicateurs de pressions** : placés en aval et en amont de chaque pompe et chaque entrée et sortie des filtres et des adoucisseurs.

- **TESTOMATE 2000**

C'est un dispositif intelligent d'analyse à microprocesseur. Il permet de déterminer et surveiller automatiquement :

- ✓ Le titre hydrotimétrique résiduel (dureté de l'eau),
- ✓ La dureté carbonatée résiduelle,
- ✓ Le titre acides forts et
- ✓ Le titre alcalimétrique simple.

Le paramètre à mesurer et la plage de mesure correspondante sont déterminés par le choix de l'indicateur avec programmation appropriée effectuée par l'utilisateur.

2.4.2 Les actionneurs :

Les actionneurs sont des organes qui transforment l'énergie d'une source en une action physique. Dans notre cas, l'énergie prélevée est électrique, elle est transformée en action mécanique.

a. Les pompes immergées PANELLI P630 (P1, P2, P3)

Pompes centrifuges, les moteurs électriques de ces pompes sont commandés par le démarreur électronique *ALTISTART 38* de télémécanique.

Caractéristiques techniques des pompes

	Pompe 1	Pompe 2	Pompe 3
Puissance	15KW	22KW	22KW
Vitesse de rotation	2300 tr/m	2900 tr/m	2900 tr/m
HM	89m	80m	94m
Diamètre tuyauterie de refoulement	70 mm	100 mm	70 mm3

b. Les pompes auto-amorçantes Salmson (FASP1, FASP2, FASP3, FASP4)

Les pompes auto-amorçantes sont de type multicellulaire à canal latéral, l'élévation de pression est obtenue par un effet tourbillonnaire du fluide, cette construction permet d'atteindre des hauteurs manométriques élevées pour une vitesse de rotation de 1450 tr/min.

Leur moteur électrique est commandé par le démarreur électronique *ALTISTART 38* de télémécanique.

c. Les pompes KSB de siemens (1D3N1 ,1D3N2 ,1D3N3)

Les pompes centrifuges KSB, sont couplées à un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuils commandé par un variateur de vitesse *ALTIVART 58* de télémécanique.

d. Les pompes KSB de siemens (1D2N1, 1D2N2, 1D2N2)

Les pompes centrifuges KSB, sont couplées à un moteur asynchrone triphasé à cage d'écureuils est à démarrage direct.

e. Les pompes WILO (2D3N1, 2D3N2) (2D4N1, 2D4N2, 2D4N3)

Pompes centrifuges et le moteur électrique de ces pompes est commandé par le démarreur *ALTISTART 38*.

f. Les pompes SALAMSON (2D2P1 ,2D2P2)

Pompes centrifuges à démarrage direct.

g. Les électrovannes

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement, quand elle est activée l'air comprimé alimente l'actionneur pneumatique. Ces vannes sont alimentées par une pression de 6 à 7 bars, elles sont équipées d'un interrupteur manuel qui permet aussi l'ouverture et la fermeture en cas d'absence d'alimentation.

2.5 Partie commande :

Dans la salle de commande se trouve l'armoire principale de commande, elle comporte un automate programmable S7-300 et un panel de supervision intégré à l'armoire. Dans cette même salle se trouve aussi 7 armoires de commandes des différentes pompes

(L'armoire de commande des pompes de forage se situe au niveau des forages environ 200 m de la salle de contrôle)

Sur la façade de chaque armoire, il existe des commutateurs à 3 positions (Manuelle, Automatique, Secours)

Au premier châssis de l'automate on trouve :

- ✓ d'une CPU 315 2 PN/DP
- ✓ d'une alimentation PS
- ✓ d'un coupleur IM 360
- ✓ De modules de signaux

Au niveau du deuxième châssis, on trouve :

- ✓ Des modules de signaux.
- ✓ Un coupleur IM 365
- ✓

2.6 Etude des différents démarrages des moteurs asynchrones de la station :

2.6.1 Le démarrage direct :

C'est le mode de démarrage le plus simple, le moteur démarre avec ses caractéristiques "naturelles". Au démarrage, le moteur se comporte comme un transformateur dont le secondaire (rotor) est presque en court-circuit, d'où la pointe de courant au démarrage. Le couple de démarrage est énergique, l'appel de courant est important (5 à 8 fois le courant nominal).

Ce type de démarrage est réservé aux moteurs de faible puissance devant celle du réseau et ne nécessitant pas une mise en vitesse progressive.

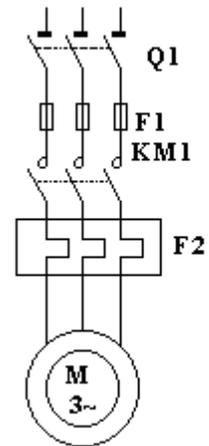
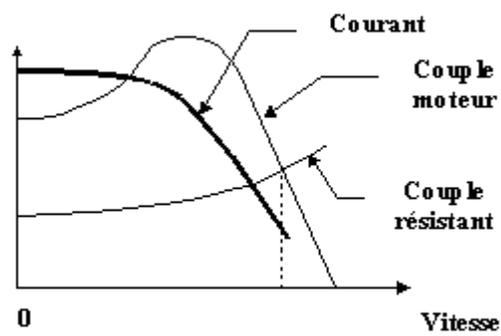


Figure II.2 Démarrage direct.

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, coût faible), le démarrage direct convient pas si :

- Le réseau ne peut pas accepter de chute de tension.
- La machine entraînée ne peut pas accepter les à-coups mécaniques brutaux.
- La sécurité et le confort des usagers sont mis en cause.

2.5.2 Démarrage avec le démarreur électronique altistart 38 :

Lors de la mise sous tension d'un moteur asynchrone, celui-ci fait un fort appel de courant qui peut provoquer des chutes de tension importantes dans une installation électrique. Pour ces raisons ou autres, il faut parfois effectuer un démarrage différent de démarrage direct.

L'**altistart 38** permet un démarrage progressif des moteurs, et il est constitué d'un gradateur triphasé à angle de phase.

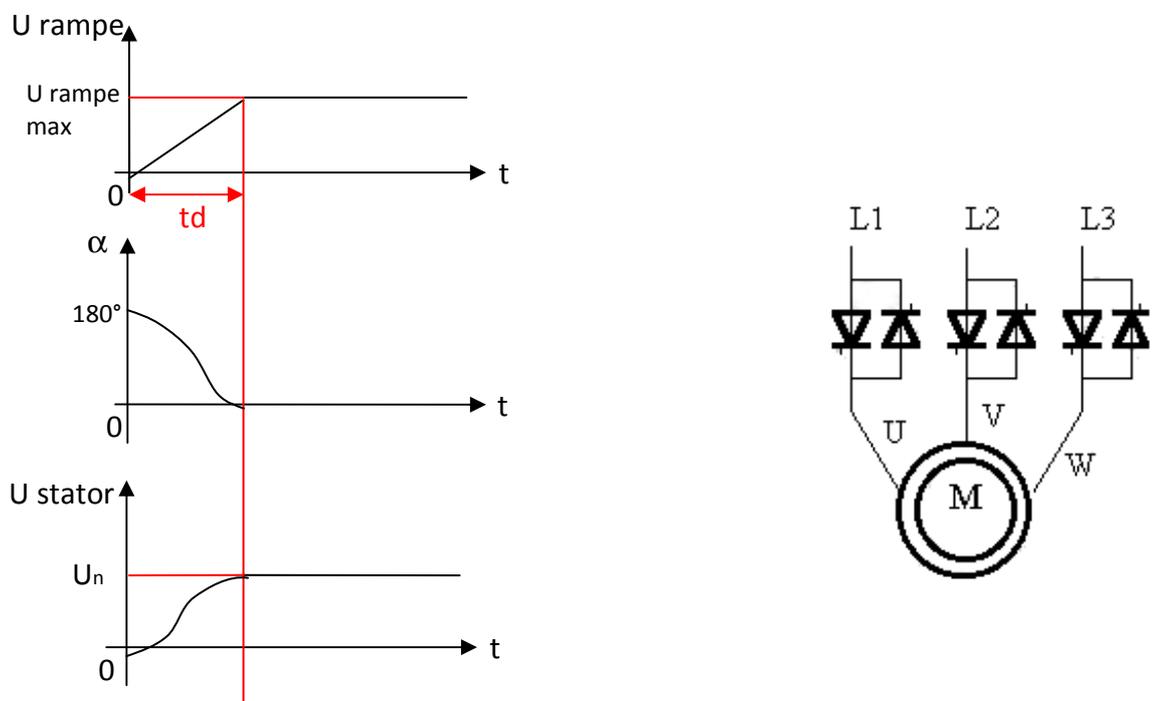


Figure. II.3 Démarrage avec démarreur électronique

- **Principe de fonctionnement**

La tension du réseau est appliquée progressivement au stator du moteur. La variation de la tension au stator est obtenue par la variation continue de l'angle α de retard à l'amorçage des thyristors du gradateur.

La consigne de démarrage permet de régler la pente du signal d'alimentation en forme de rampe, cette consigne est étalonnée en secondes. A la fin de la phase de démarrage, le moteur est sous tension nominale.

Pour une charge donnée, le réglage de la pente permet de faire varier la durée de démarrage, donc le temps de mise en vitesse progressive de l'association moteur + charge.

2.5.3 Le variateur de vitesse ALTIVAR58 :

- Principe de la variation de vitesse

La vitesse de synchronisme N_s d'un moteur asynchrone triphasé est en fonction de la fréquence f (d'alimentation) et du nombre de paires de pôles p (constitution) :

$$N_s = f / p$$

Le moteur asynchrone a une vitesse de rotation inférieure à N_s .

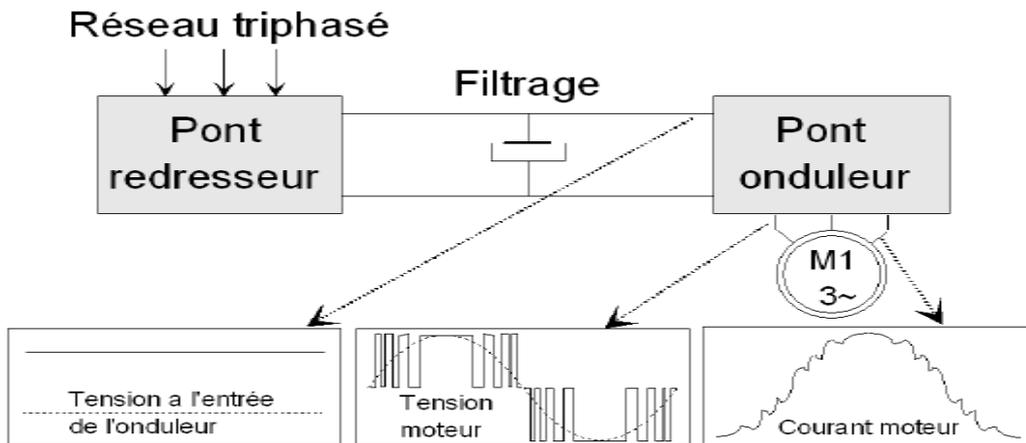


Figure. II.4 Principe de variation de fréquence

Pour un moteur tétra polaire à 50Hz : $N_s = 50/2 = 25 \text{ tr/s} = 1500 \text{ tr/min}$,

Pour faire varier la vitesse du moteur asynchrone, on pourra donc faire varier la fréquence des courants d'alimentation à l'aide du variateur **ALTIVAR58**.

2.7 Conclusion :

Une automatisation industrielle requière une compréhension détaillée du système étudié et la bonne maîtrise du processus industriel, ceci afin d'identifier les entrées /sorties adéquates.

Dans ce chapitre, on a étudié d'une manière détaillée l'ensemble de la station avec ses différentes parties, ainsi que la technologie des composants utilisés. Puis, on a recueilli auprès des opérateurs de la station les problèmes rencontrés au cours de son exploitation, telles que :

- La sélection manuelle des pompes de chaque partie,
- La régulation manuelle de la pression (l'opérateur essaye de réguler la pression a l'aide des vannes manuelles, en se déplaçant à la salle d'adoucissement).
- Vérification de la dureté de l'eau, l'opérateur relève à chaque heure la dureté de l'eau.
- La visualisation du process uniquement sur l'écran intégré a la façade de l'armoire de commande ou se situe l'automate.

Le chapitre suivant, est consacré à la présentation du modèle élaboré a partir de l'étude, sous forme de Grafcet.

Chapitre 3 : Modélisation de la solution sous forme de Grafcet

3.1 Introduction :

Avec l'arrivée des nouvelles technologies et l'accroissement de la complexité des systèmes industriels, une définition précise des spécifications fonctionnelles qui régissent le comportement du système s'impose.

Les automaticiens utilisent plusieurs outils de description, ceux établis par les chercheurs « réseaux de Pétri » s'appuient sur d'importants travaux théoriques. et d'autres, sont mis en œuvre par des industriels « GRAFCET,... ».

Pour la solution on a opté pour l'outil Grafcet pour sa simplicité et sa large diffusion en industrie et son côté pratique.

Dans ce chapitre, les principes et les règles de Grafcet sont présentés, suivi du modèle GRAFCET obtenu.

3.2 GRAFCET

3.2.1 Définition du GRAFCET :

Le GRAFCET (graphe de commande étapes transitions) est un outil graphique de représentation du cahier des charges d'un automatisme séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel. Il est basé sur les notions d'**étapes** auxquelles sont associées des **actions** et des **transitions** auxquelles sont associées des **réceptivités**. Il décrit les ordres émis par la partie commande vers la partie opérative en mettant en évidence les actions engendrées et les événements qui les déclenchent. Cette représentation est étroitement liée à la notion d'évolution du processus.

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique à laquelle on associe une interprétation (elle correspond à l'aspect fonctionnel du grafcet).

3.2.2 Aspect structurel du GRAFCET :

a. l'étape :

Une étape correspond à une phase durant laquelle on effectue une action pendant une certaine durée (même faible mais jamais nulle). L'action doit être stable, c'est-à-dire que l'on fait la même chose pendant toute la durée de l'étape.

On représente chaque étape par un carré, l'action est représentée dans un rectangle à droite de l'étape. L'entrée se fait par le haut et la sortie par le bas. On numérote chaque étape par un entier positif, mais pas nécessairement croissant par pas de 1, il faut simplement que jamais deux étapes différentes aient le même numéro (figure III.1).

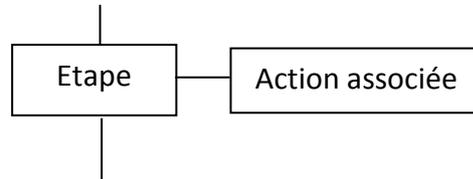


Figure III.1 : Une étape du GRAFCET et son action.

Une étape peut être active ou inactive (un point à l'intérieur d'une étape signifie qu'elle est active).

b. L'étape initiale :

Représente une étape qui est activée au moment de la mise en énergie de la partie commande.

Elle est représentée par un double carré (figure III.2).



Figure III.2 : Etape initiale.

c. Transition :

Une transition est représentée par un trait horizontal placée entre une étape d'entrée, située en amont, et une étape de sortie située en aval.

Le passage du système d'un événement au suivant, respectivement d'une étape à l'étape suivante, correspond au franchissement de la transition.

Une transition représente une, et une seule, possibilité dévolution.

Une transition est validée lorsque toutes les étapes à partir desquelles la transition peut s'effectuer sont actives (figure III.3).

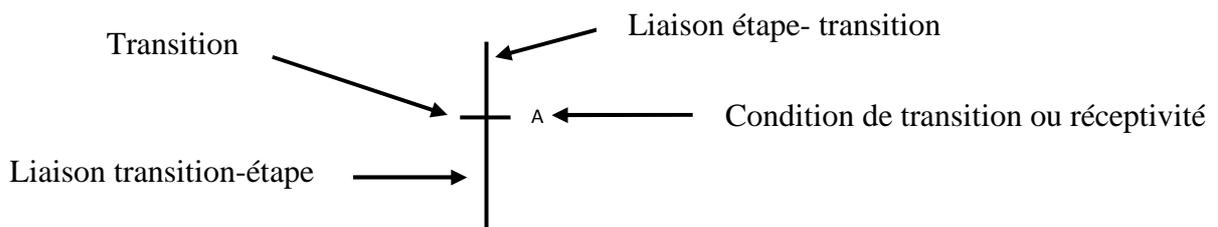


Figure III.3 : Transition.

d. Liaison :

Les liaisons orientées relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles indiquent les voies suivant lesquelles se font les évolutions. Elles sont représentées par des lignes verticales et horizontales.

e. Action :

Une ou plusieurs actions élémentaires ou complexes peuvent être associées à une étape. Les actions traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est activée.

Les actions associées à une étape sont inscrites dans un rectangle d'action de façon à mettre en évidence ce qui s'exécute lorsque cette étape est active.

f. Réceptivité :

Une réceptivité est associée à chaque transition (l'absence de réceptivité, fait que la réceptivité toujours vrai). C'est une condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par cette transition.

3.2.3 Règle d'évolution du GRAFCET :

Un Grafcet possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles qui précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

La modification de l'état de l'automatisme est appelée évolution, elle est régie par ces 5 règles :

▪ Règle 1 situation initiale:

La situation initiale d'un Grafcet caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement.

On appelle début du fonctionnement le moment où le système n'a pas besoin de souvenir de ce qui c'est passé auparavant.

▪ Règle 2 franchissement d'une transition :

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes amont c'est-à-dire immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives.

Le franchissement d'une transition se produit que si :

- la transition est validée.
- la réceptivité associée à cette transition est vraie.

Alors la transition est obligatoirement franchie.

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

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

- **Règle 4 évolutions simultanées :**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies, permettant ainsi la décomposition du GRAFCET en plusieurs parties tout en assurant leurs interconnexions.

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

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active.

3.2.4 Règles de construction d'un Grafcet :

- On relie les étapes et les transitions, qui doivent strictement alterner,. Par convention, étapes et transitions sont placées suivant un axe vertical. On utilise des simples traits verticaux lorsque la liaison est orientée de haut en bas, et de simple traits munis d'une flèche vers le haut lorsque la liaison est orientée vers le haut.
- Si Plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, on utilise une double barre horizontale appelée convergence « en et » (figure III.4).

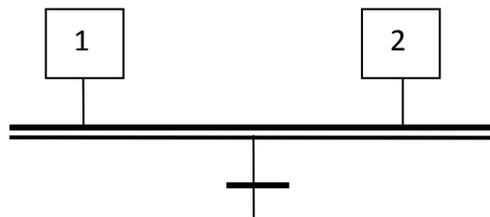


Figure III.4 : Convergence en ET.

- Si plusieurs étapes doivent être issues d'une même transition, on utilise une double barre horizontale appelée divergence « en ET » (figure III.5).

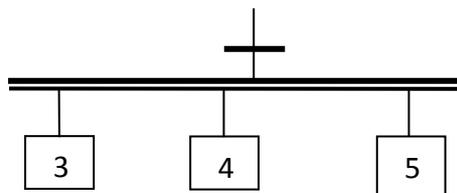


Figure III.5 : Divergence en ET.

- Lorsque plusieurs transitions sont reliées à une même étape, on utilise un simple trait horizontal, il s'agit de convergence « en ou » (figure III.6) ou divergence « en ou » (figure III.7).

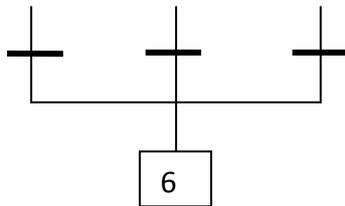


Figure III.6 : Convergence en OU.

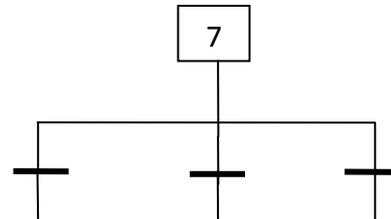


Figure III.7 : Divergence en OU.

3.2.5 Niveau d'un Grafcet :

- **Niveau 1 :**

Appelé aussi le niveau de la partie opérative, il décrit l'aspect fonctionnel du système et des actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée, les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviations. on associe le verbe à l'infinitif pour les actions.

- **Niveau 2 :**

Appelé aussi le niveau la partie commande, il tient compte plus de détail de la technologie actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs.

La présentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviation, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité.

3.2.6 Mise en équation du Grafcet :

Soit la partie du GRAFCET représentée par la figure (III.8) pour décrire l'activité de l'étape n, on utilise la notation suivante : $X_n=1$ si l'étape n est active et $X_n=0$ si l'étape n est inactive. La réceptivité « tn », étant une variable binaire, ayant pour valeur : $t_n = 1$ si la réceptivité associée à la transition (2) est vraie et $t_n = 0$ si la réceptivité associée à la transition (2) est fausse.

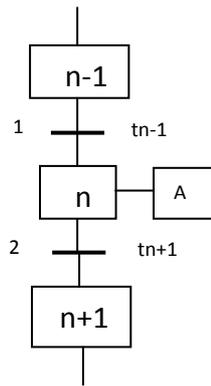


Figure III.8 : Modèle simple du GRAFCET.

Soient les variables d'arrêt d'urgence Dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUd) tel

Que :

AUD = 1 désactivation de toutes les étapes.

AUd = 1 désactivation des actions, les étapes restent actives.

Pour une étape initiale, on définit aussi la variable Init comme suit :

Init = 1 initialisation du Grafcet (mode arrêt).

Init = 0 déroulement du cycle (mode marche).

La 2^{ème} et la 3^{ème} règle du Grafcet permet de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettent d'écrire :

Pour une étape initiale n : $X_n = (CA X_n + X_n * \overline{CD X_n} + Init) * \overline{AUD}$.

$CA X_n = (X_{n-1} * t_{n-1} + Intt) * \overline{AUD}$.

$CD X_n = X_{n+1} * \overline{Init} + AUD$

Avec : $CA X_n$ est la condition d'activation de l'étape n et $CD X_n$ la condition de désactivation de l'étape n.

Pour une étape non initiale n :

$X_n = (CA X_n + X_n * \overline{CD X_n}) * \overline{Init} * \overline{AUD}$.

$CA X_n = X_{n-1} * t_{n-1} * \overline{Init} * \overline{AUD}$.

$CD X_n = X_{n+1} + Init + AUD$.

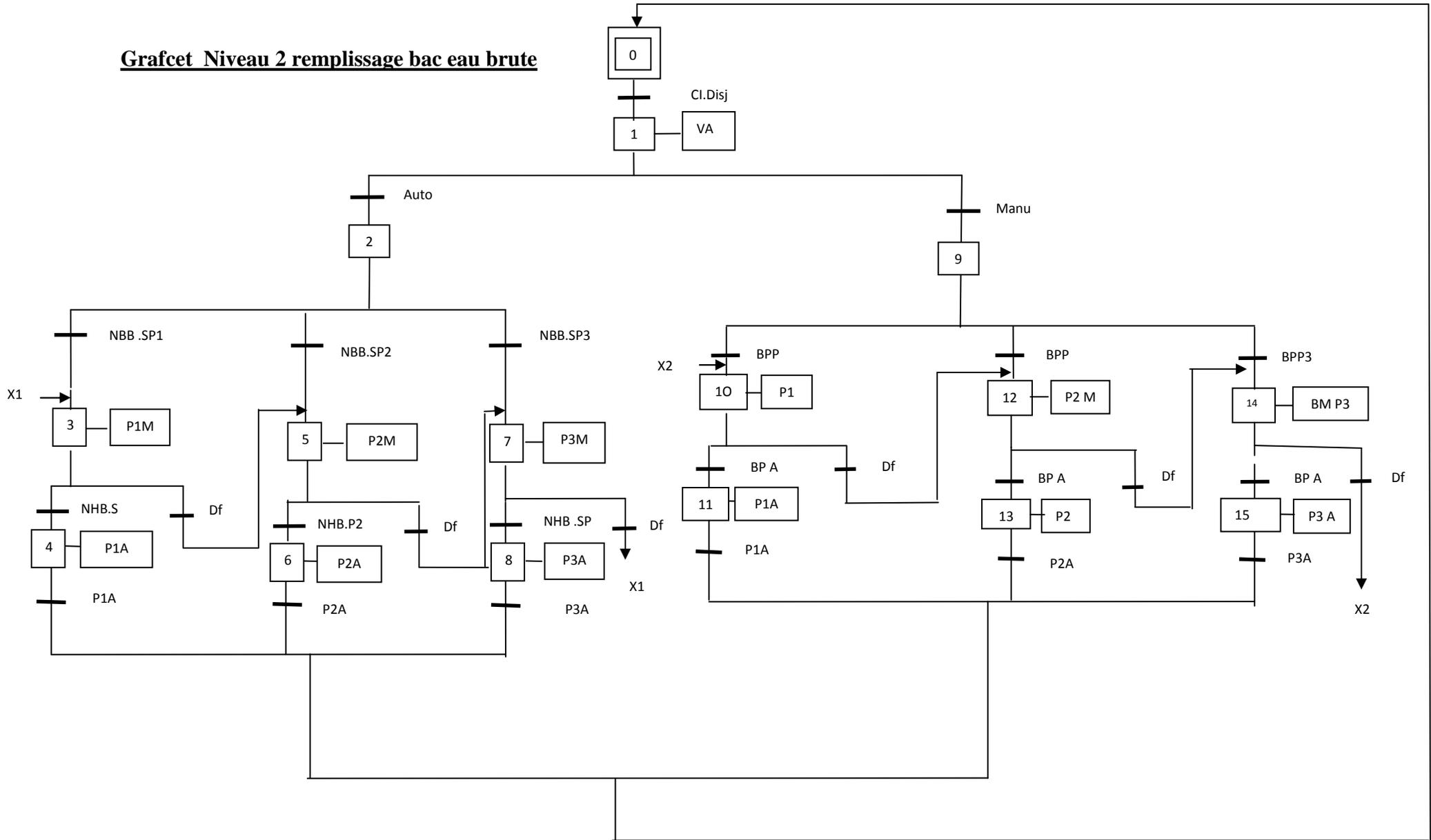
Pour une action : $A = X_n * AUd$.

3.3 Présentation du Modèle Grafcet proposé :

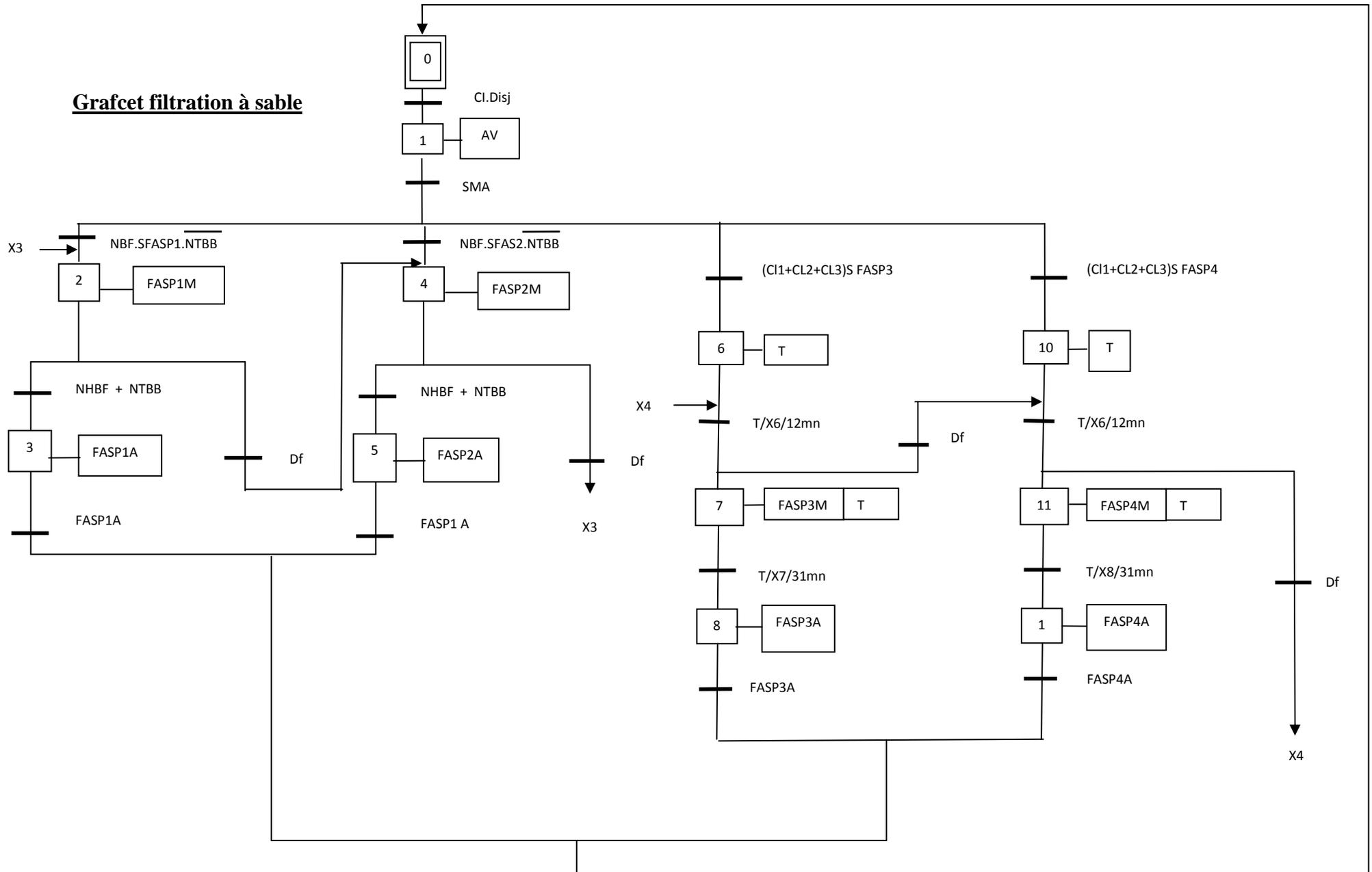
En tenant compte de la complexité et la difficulté du processus ainsi que des contraintes imposées par l'entreprise, nous avons modélisé le procédé de commande à l'aide du GRAFCET. Nous avons élaboré en premier lieu un GRAFCET de niveau 1 (annexe A) pour expliquer le système, puis le GRAFCET niveau 2 qui met en œuvre et décrit la partie opérative.

Le Grafcet niveau 2 présenté ci-dessous est utilisé pour la réalisation et le dépannage des systèmes automatisés.

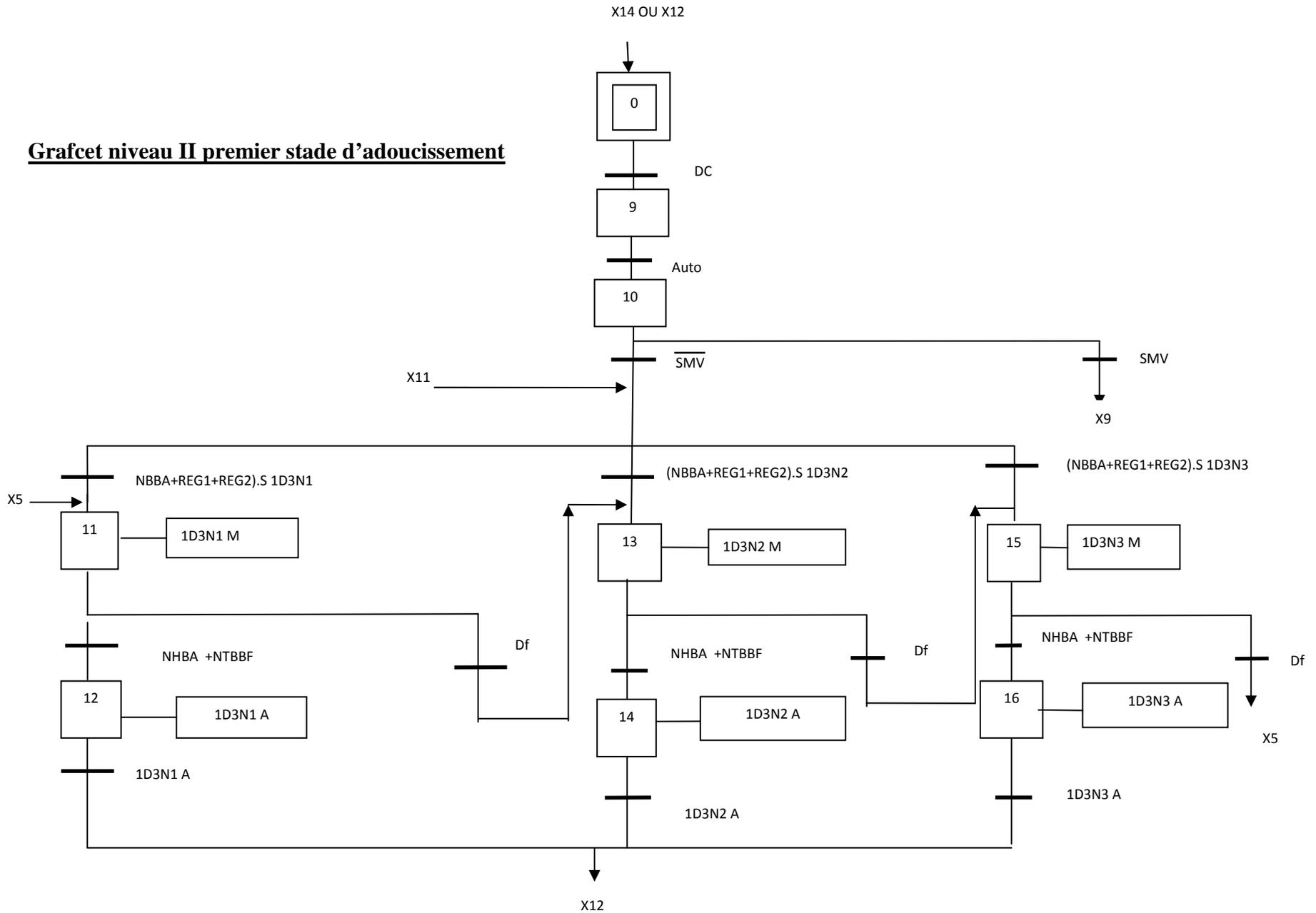
Grafcet Niveau 2 remplissage bac eau brute

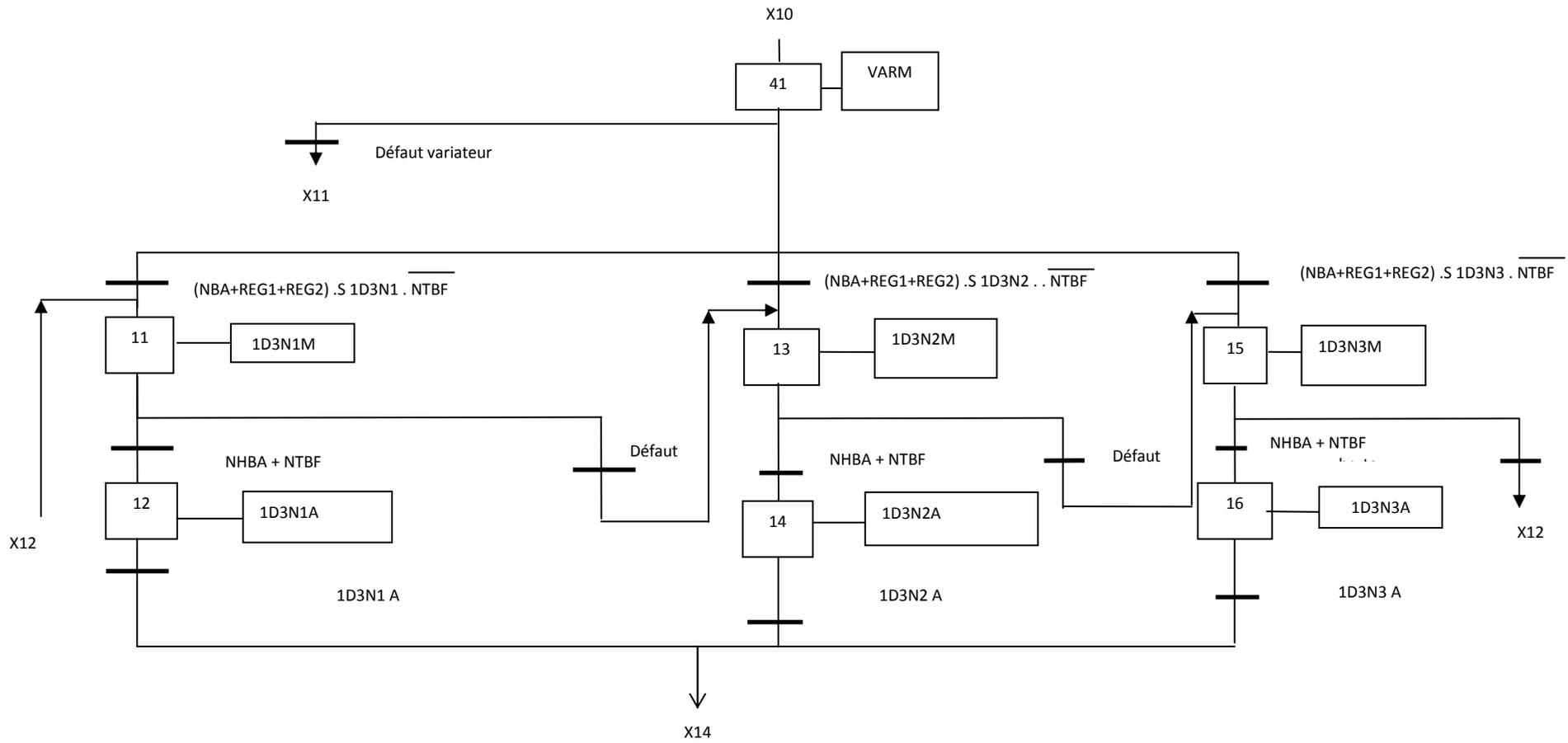


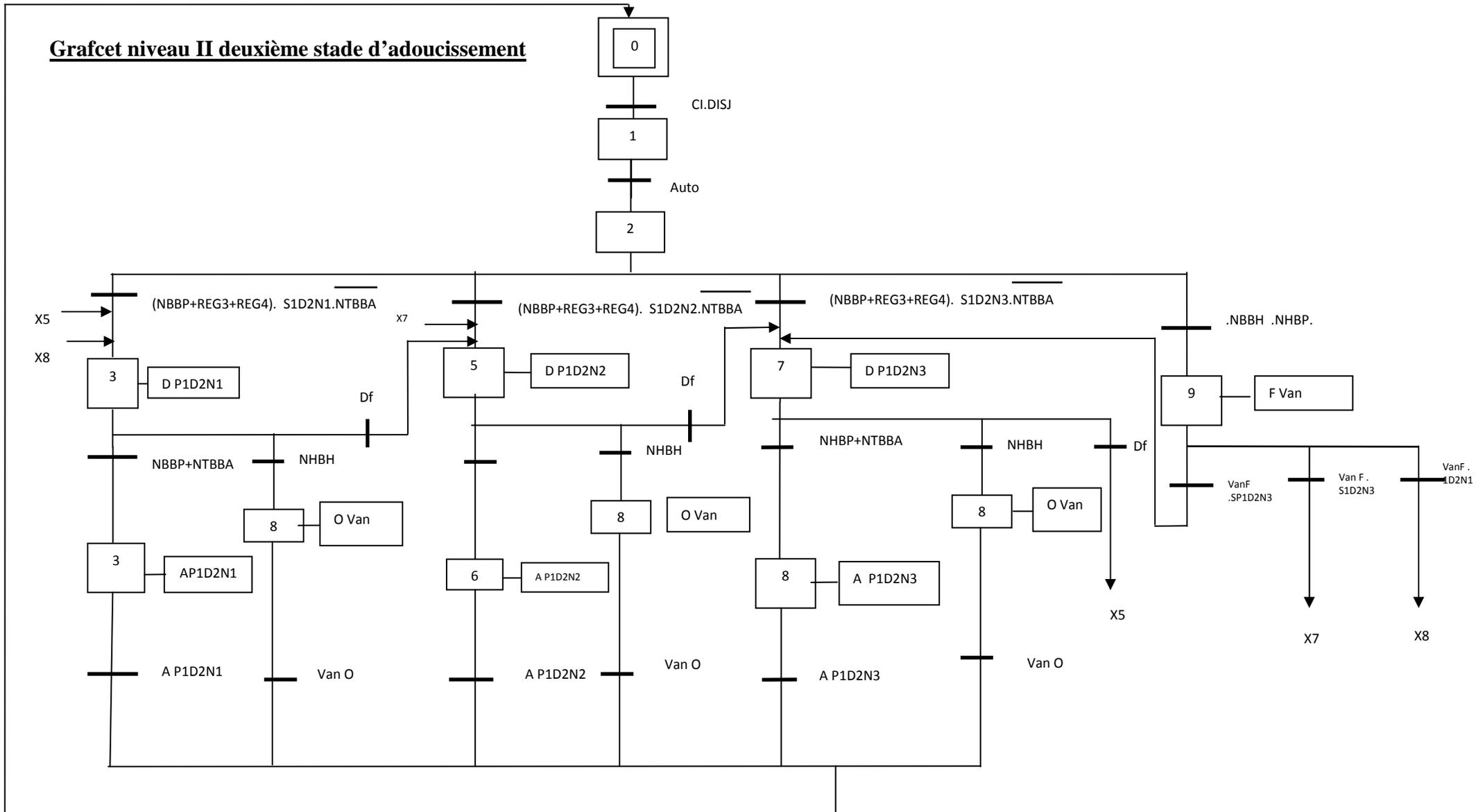
Grafcet filtration à sable



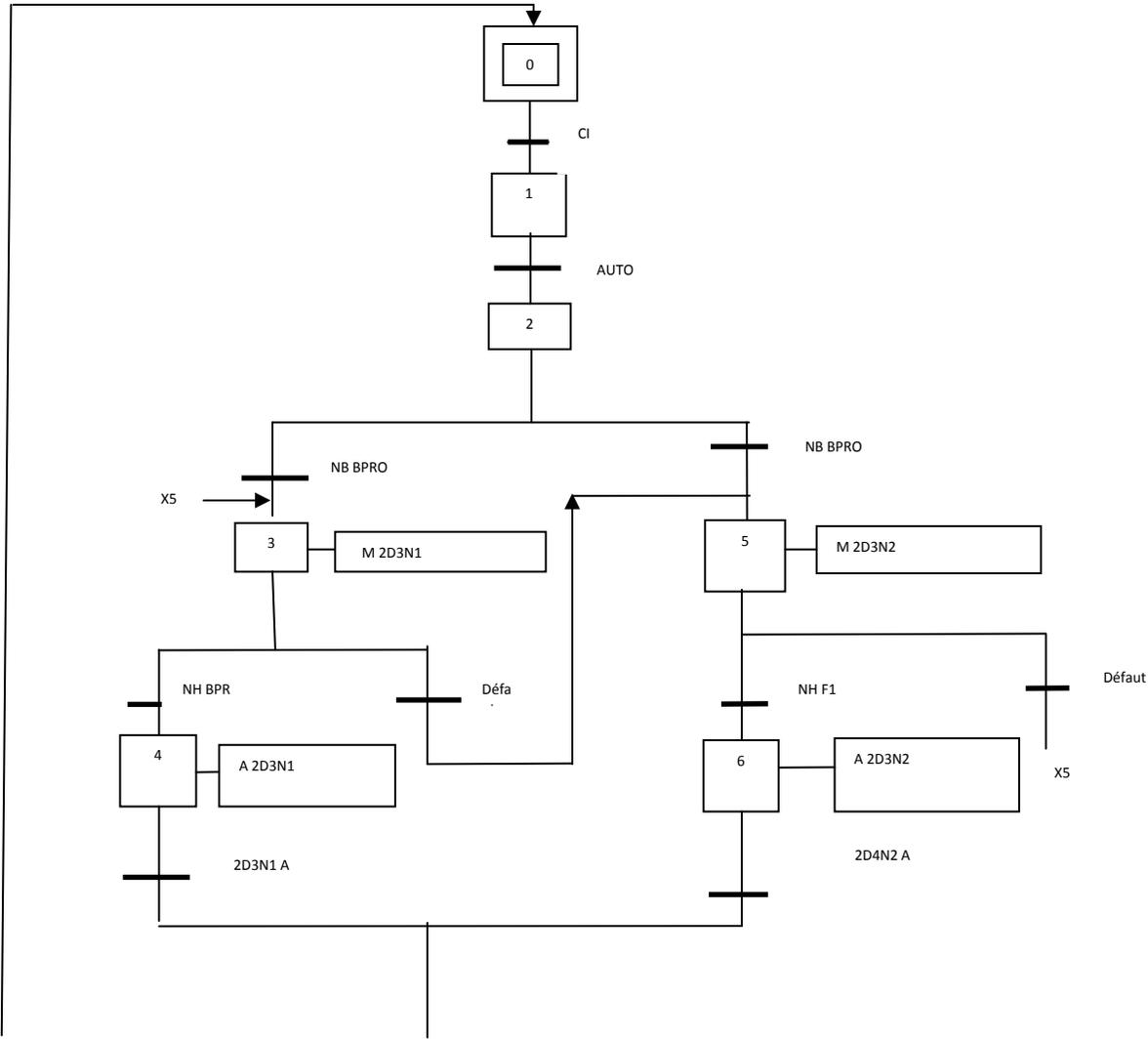
Grafcet niveau II premier stade d'adoucissement



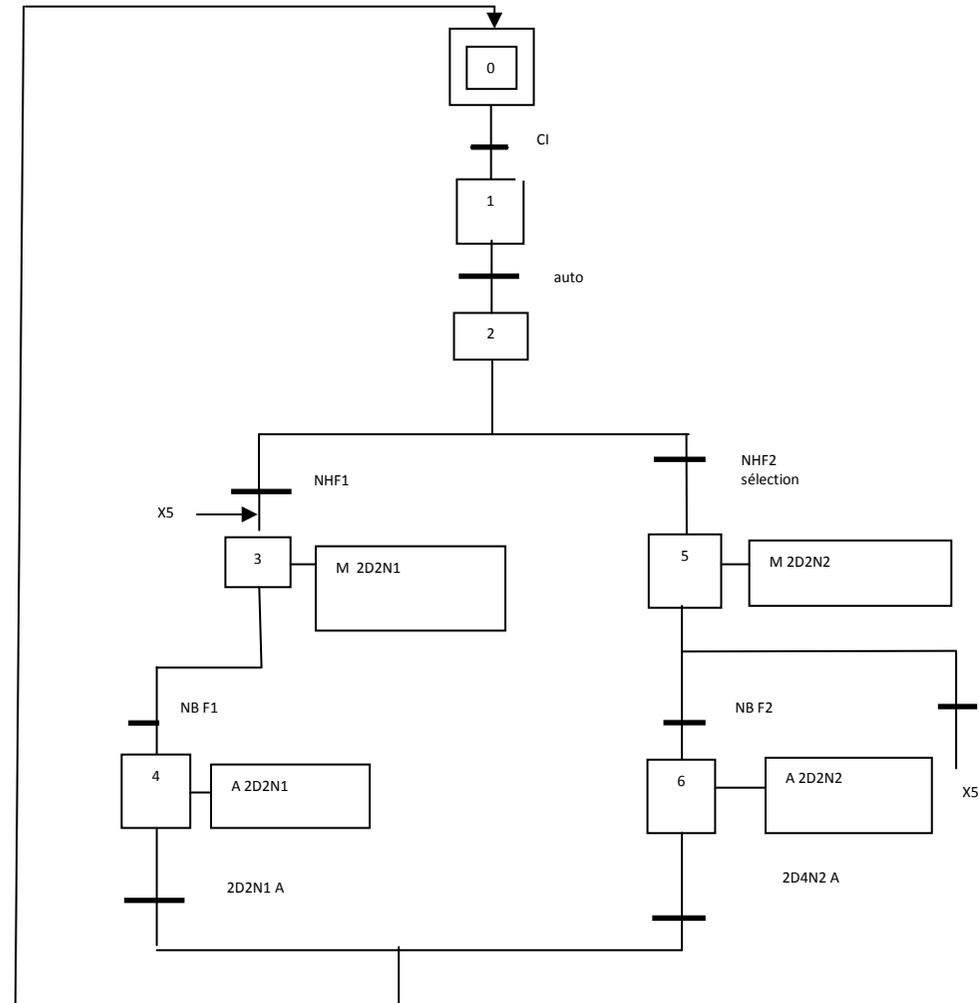




Alimentation des tours de refroidissement



pompes de drainages



3.4 Conclusion :

Le GRAFCET est un outil de modélisation qui permet facilement le passage d'un cahier des charges fonctionnel à un langage d'implantation optionnel,

Ce model apporte des solutions aux problèmes cités précédemment, plus particulièrement :

- Sélection automatique des pompes,
- La régulation automatique de la pression dans la station,
- Affichage des différents paramètres, et particulièrement la dureté de l'eau réactualisés toutes les 10 minutes.

Le Grafcet a facilité considérablement le passage de la description à la modélisation et nous permettra au chapitre suivant d'aborder la programmation de la partie commande, qui pilotera le procédé et ce à l'aide du STEP7.

Chapitre 4 : Développement de la solution programmable

4.1 Introduction :

Les procédés et les installations industrielles sont constitués d'un ensemble de machines et d'équipements de production sur site, où les relais électromagnétiques et les systèmes pneumatiques complexes sont utilisés pour la réalisation des parties commandes.

Cette contrainte a poussé les chercheurs à concevoir des systèmes de commande automatisés plus compacts tels que les automates programmables industriels, dans le but de réduire l'encombrement, renforcer le degré de fiabilité, offrir une très grande adaptabilité et permettre la flexibilité des installations industrielles.

Les automates programmables industriels sont apparus aux Etats-Unis vers l'année 1969, à la demande des constructeurs automobiles qui souhaitaient avoir un contrôleur programmable, avec un ensemble câblé, une souplesse d'utilisation et répondant aux besoins d'adaptation et de flexibilité avec coûts moindres.

4.2 Structure des systèmes automatisés de production :

Un système de production est dit automatisé, lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquences ou étapes.

Les systèmes automatisés sont constitués de plusieurs parties plus ou moins complexes reliées entre elles, qui sont :

La partie opérative (PO) qui est la partie visible du système et qui comporte les éléments mécaniques du mécanisme avec des préactionneurs (distributeurs-contacteurs), des actionneurs (vérins-moteurs) et des détections (capteurs).

La partie commande (PC) exploite un ensemble d'informations prélevées sur la partie opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées.

La partie relation (PR) [pupitre de dialogue] regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé.

4.3 Définition d'un automate programmable :

L'automate programmable industriel A.P.I ou Programmable Logic Controller PLC est un appareil électronique programmable. Il est défini suivant la norme française EN-61131-1, adapté à l'environnement industriel, et réalise des fonctions d'automatisme

pour assurer la commande des préactionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques. C'est aujourd'hui le constituant essentiel des automatismes.

La force principale d'un automate programmable industriel API réside dans sa grande capacité de communication avec l'environnement industriel. Outre son unité centrale et son alimentation, il est constitué essentiellement de modules d'entrées/sorties, qui lui servent d'interface de communication avec le processus industriel de conduite.

Et il a comme rôles principaux dans un processus :

- D'assurer l'acquisition de l'information fournie par les capteurs ;
- En faire le traitement ;
- Elaborer la commande des actionneurs ;
- Assurer également la communication pour l'échange d'informations avec l'environnement.

4.4 Présentation de l'automate programmable S7-300 :

L'automate programmable industriel SIMATIC S7-300 est destiné à la commande et à la surveillance en temps réel des processus industriels. Le S7-300 est un automate modulaire de moyenne gamme SIMATIC S7 fabriqué par la firme SIEMENS.

Ces modules sont simplement accrochés sur un profilé-support et vissés pour former un ensemble robuste.

La riche gamme de modules de l'automate S7-300 permet la réalisation d'extensions centralisées et de structures décentralisées.

4.5 Caractéristiques de l'automate programmable S7-300 :

L'automate S7-300 présente les caractéristiques suivantes :

- Automate très performant, adapté à la résolution des problèmes.
- Gamme diversifiée de module avec possibilité d'extension jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier intégré aux modules et les liaisons entre les modules sont assurées par des connecteurs enfichés aux dos des modules.
- Liberté de montage aux différents emplacements.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil de configuration matérielle.
- Raccordement central de la console de programmation PG avec accès à tous les modules.

- Possibilité de mise en réseau avec l'interface multipoint MPI, le PROFIBUS ou l'Ethernet Industriel.

4.6 Constitution de l'automate programmable S7-300 :

L'automate S7-300 est un système d'automatisation disposant d'une vaste gamme de modules qui sont représentés dans la figure suivante :

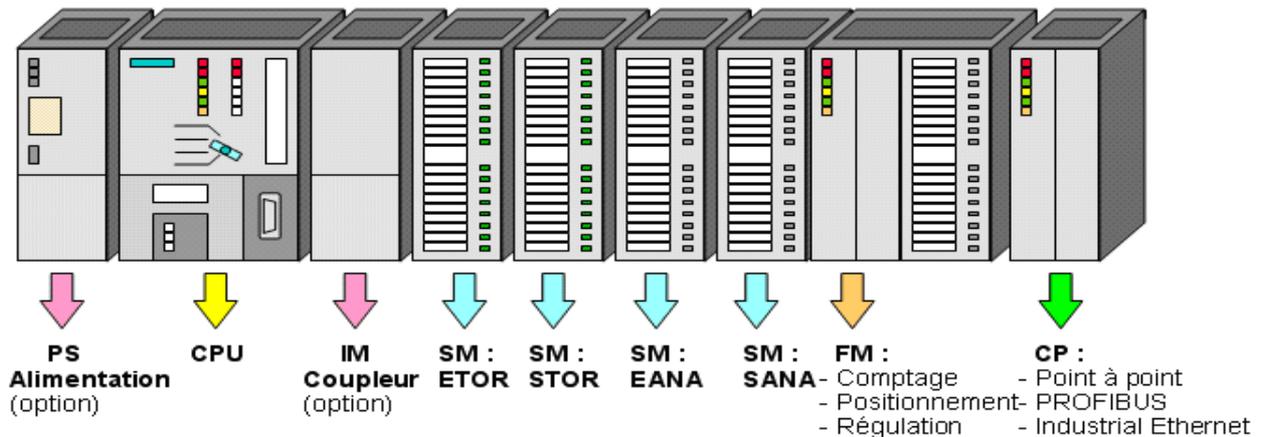


Figure III.1 : Disposition des modules de l'automate S7 300

4.6.1 Modules d'alimentation (PS) :

Ces modules permettent de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à sa mise en marche, ils transforment la tension secteur 220/380V à une tension continue de service de 5V, 12V, 24V et assurent ainsi l'alimentation des circuits internes de l'automate ainsi que les différents circuits des capteurs et des actionneurs.

L'automate est mis sous tension à l'aide d'un commutateur qui se trouve sur le module d'alimentation. Des voyants utilisés pour l'indication de mise sous tension de l'automate.

4.6.2 Unité Centrale (CPU) :

La CPU est le cerveau de l'automate, elle lit les états des entrées, ensuite, elle exécute le programme utilisateur qui se trouve en mémoire et enfin, elle commande les sorties.

Elle comporte une unité de commande et de calcul, des mémoires, un programme système et des interfaces de communication. Elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétique et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

L'automate S7 300 dispose d'une large gamme de CPU tel que la CPU 315-2PN/ DP qui permet la mise en place jusqu'à 32 modules. Elle possède une grande puissance de traitement en arithmétique binaire et à virgule flottante et génère grâce à sa vitesse de

traitement élevée des temps de cycle machine courts. La petite largeur des modules permet de réaliser des constructions compactes et des armoires électriques à encombrement réduit.

La CPU est constituée des éléments importants suivant :

a) Processeur

Le processeur est l'élément qui exécute les instructions, c'est l'ensemble fonctionnel chargé d'assurer le contrôle de l'ensemble de la machine et d'effectuer les traitements demandés par les instructions des programmes. Il est composé des éléments suivants :

- Une unité logique (UL) : traite les opérations logiques telles que les fonctions ET, OU, ...etc.
- Unité arithmétique et logique (UAL) : traite les opérations de calcul, temporisations et comptages.
- Un registre d'instructions : contient les instructions à exécuter.
- Un accumulateur : considéré comme un registre dans lequel se range une donnée ou un résultat.
- Un décodeur d'instructions : détermine l'instruction qui doit être exécutée.
- Un compteur programme ou compteur ordinal : contient l'adresse mémoire de la prochaine instruction à exécuter et gère la chronologie de l'exécution des instructions du programme.

b) Mémoire

La mémoire est conçue pour contenir toutes les informations nécessaires pour le fonctionnement du système et mémorise les données qui sont utilisés ou produites par les programmes d'applications. On distingue :

- Mémoires vives RAM : elles contiennent le programme et les données utilisateur.
- Mémoires mortes ROM : elles contiennent les données propres à l'automate (système d'exploitation) et que l'utilisateur ne peut que lire le contenu stocké.
- Mémoires programmables (PROM) : elles sont programmables à l'aide d'outils spéciaux, elles contiennent les données propres à l'automate.
- Mémoires programmables effaçables (EPROM) : elles stockent les programmes au point et utilisables avec un matériel spécifique.

c) Commutateur de mode de fonctionnement

Chaque CPU possède un commutateur de mode de fonctionnement pour commuter entre les différentes catégories de fonctionnement. Celui-ci est la plupart du temps conçu sous

la forme d'un commutateur à clé, qui peut être placé sur les modes de fonctionnement RUN et STOP.

d) Carte mémoire et pile

Elles permettent de sauvegarder le contenu du programme en cas de coupure de courant.

e) Bornes pour l'alimentation :

Elles sont communes pour la majorité des CPU de l'automate S7-300, on distingue les bornes d'alimentation suivantes :

- Le cavalier amovible pour le montage sans liaison à la terre.
- La terre.

f) Interface multipoint MPI

Un port pour l'interface multipoint ; pour la connexion avec la console de programmation (PG) ou un autre périphérique.

g) PROFIBUS DP (Process Field BUS)

L'interface PROFIBUS DP est le profil de protocole pour la connexion de périphérique décentralisé ou d'appareils à champs à temps de réaction très rapides.

h) Module PN

L'interface PROFINet est le dispositif de communication permettant l'extension fonctionnelle au niveau de la gestion de l'entreprise, sur Ethernet industriel.

4.6.3 Modules de coupleurs (IM) :

Les coupleurs sont des modules d'extensions ; ils permettent de configurer l'automate sur plusieurs rangées et assurent la communication entre la CPU et les entrées /sorties par l'intermédiaire d'un bus interne, il faut aussi prévoir un module d'alimentation courant supplémentaire pour chaque nouveau châssis.

4.6.4 Modules de signaux (SM) :

Ces modules établissent la liaison entre la CPU de l'automate S7 300 et le processus commandé. On distingue plusieurs modules de signaux :

a) Modules d'entrées / sorties TOR

Ils assurent le rôle d'interface entre l'automate et la partie commande.

Les modules d'entrées TOR permettent le raccordement de l'automate aux différents capteurs logiques tels que les fins de course, les boutons poussoirs, les pressostats, les thermostats, les capteurs de niveaux, ...etc.

Les modules de sortie TOR assurent le raccordement de l'automate aux différents actionneurs tels que les vérins, les moteurs, les pompes, les lampes, ...etc.

Les tensions d'entrées et de sorties TOR sont de 24 V, 48 V, 110 V, 220 V en DC et en AC.

b) Modules d'entrées / sorties analogiques

Ils sont des interfaces entre l'automate et le processus commandé.

Les modules d'entrées analogiques convertissent les signaux analogiques mesurés (courant, tension, pression, température, ...etc.) en signaux numériques à l'aide des convertisseurs CAN pour être traité par l'automate.

Les modules de sorties analogiques convertissent les signaux numériques en signaux analogiques destinés au processus à l'aide des convertisseurs CNA.

4.6.5 Modules de fonction (FM) :

Ils ont pour rôle l'exécution des tâches de processus spécifiques. Ils sont utilisés pour soulager la CPU dans le traitement des informations et améliorent les performances du travail.

Ces modules se divisent en trois modules spéciaux programmables : le comptage, le positionnement et la régulation.

4.6.6 Modules de communication (CP) :

Ces modules permettent d'établir les différentes tâches de communication entre plusieurs automates à l'aide des systèmes de bus de terrain industriels.

Dans le domaine des systèmes à bus, on trouve l'interface multipoint MPI, l'interface AS-i, le PROFIBUS (Process Field Bus) et l'Industriel Ethernet.

4.6.7 Châssis d'extension (UR : Universal Rack) :

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec connecteur.

Il assure le montage et le raccordement électrique des différents modules de l'automate. Il est possible d'utiliser plusieurs châssis en fonction du nombre d'entrées / sorties.

4.6.8 Console de programmation (PG) ou PC avec le logiciel STEP7 :

Cette console a pour fonction la réalisation, la compilation et le transfert du programme dans l'automate S7-300, la visualisation et le test du programme, la modification et l'archivage des données, la maintenance et le diagnostic.

4.7 Programmation du S7-300 avec le Langage STEP 7 :

Le logiciel STEP7 est l'outil de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC, il présente diverses caractéristiques qui offrent une grande flexibilité lors de la programmation et permet l'utilisation d'autres logiciels optionnels.

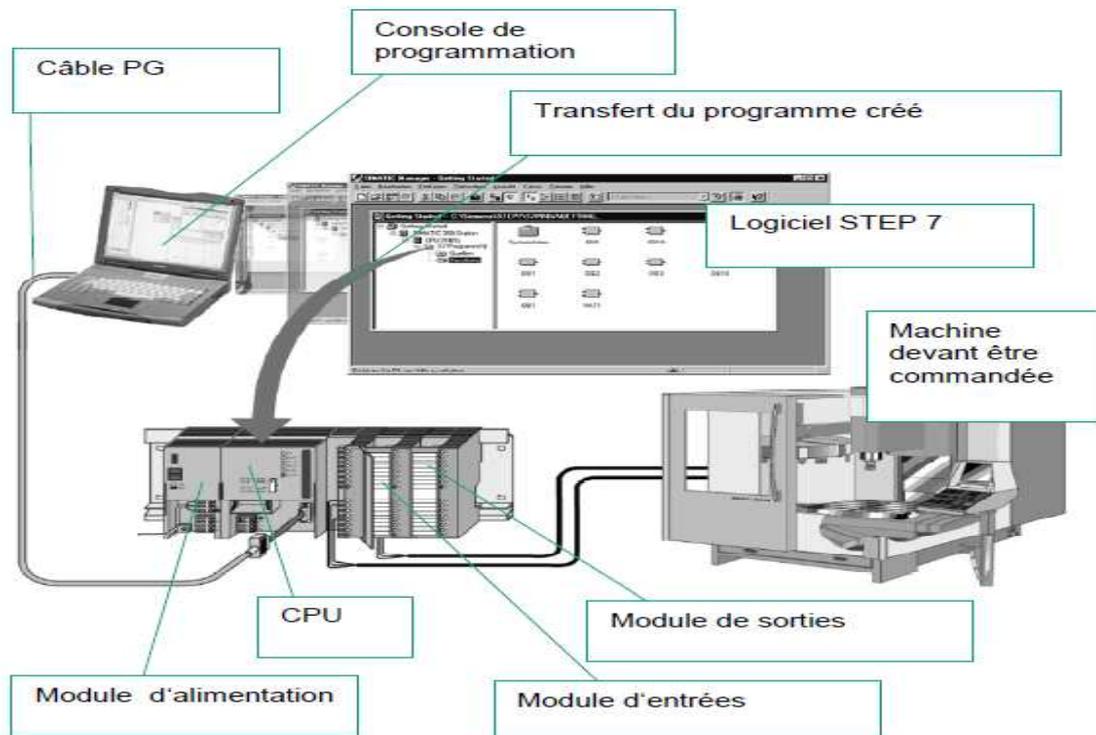


Figure III.2 : Vue d'ensemble d'un automate.

4.7.1 Langage de programmation :

STEP 7 fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le logiciel de base assiste dans toutes les phases du processus de création de la solution d'automatisation.

STEP 7 comporte des sous logiciels principalement :

1. Gestionnaire de projets SIMATIC Manager

SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation. Ce gestionnaire de projets représente la partie principal du logiciel STEP7, il gère toutes les données relatives au projet d'automatisation.

2. Editeur de programme

L'éditeur permet la programmation en langages de base CONT, LIST et LOG et la programmation en langage plus évolués au détriment de l'optimisation mémoire, les différents langages sont présentés ci-dessous :

Langages de bases :

1. **Le schéma à contacts (CONT)** est un langage de programmation graphique. La syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits électriques. Le langage CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines.
2. **La liste d'instructions (LIST)** est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme .
3. **Le logigramme (LOG)** est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les boîtes logiques.

Langages évolués :

1. **GRAPH** est un langage de programmation permettant la description aisée de commandes séquentielles (programmation de graphes séquentiels). Le déroulement du processus y est subdivisé en étapes. Celles-ci contiennent en particulier des actions pour la commande des sorties. Le passage d'une étape à la suivante est soumis à des conditions de transition
2. **HiGraph** est un langage de programmation permettant la description aisée de processus asynchrones non séquentiels sous forme de graphes d'état. A cet effet, l'installation est subdivisée en unités fonctionnelles pouvant prendre différents états.
3. **SCL** est un langage évolué textuel. Il comporte des éléments de langage que l'on trouve également sous une forme similaire dans les langages de programmation Pascal et C. SCL convient donc particulièrement aux utilisateurs déjà habitués à se servir d'un langage de programmation évolué.
4. **CFC** est un langage de programmation graphique permettant l'interconnexion graphique de fonctions existantes. Ces fonctions couvrent un large éventail allant de

combinaisons logiques simples à des régulations et commandes complexes. Un grand nombre de ces fonctions est disponible sous la forme de blocs dans une bibliothèque.

IV. 7. 2 Les blocs STEP7

Le logiciel STEP7 dans ces différents langages de programmation dispose de deux types de blocs : les blocs utilisateur et les blocs système.

a. Les blocs utilisateur

Ces blocs destinés à structurer le programme utilisateur dont on peut citer les blocs importants suivants :

- **Blocs d'organisations (OB)**

Les blocs d'organisations constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ces blocs remplissent des tâches différentes : ils gèrent le traitement de programme cyclique et le déclenchement des alarmes, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate et le traitement des erreurs.

Ils définissent l'ordre dans lequel les différentes parties du programme seront traitées. L'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre OB selon la priorité. L'OB1 est le bloc prioritaire.

Le bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB1) constitue le traitement normal pour les automates programmables.

- **Blocs fonctionnels (FB)**

Un bloc fonctionnel est un bloc avec mémoire. Les paramètres transmis au FB ainsi que les variables statiques sont sauvegardés dans le bloc de données d'instance qui lui est associé.

Les variables temporaires sont rangées dans la pile des données locales. Ces blocs sont par exemple utilisés lorsqu'il s'agit de programmer des régulateurs.

- **Fonction (FC)**

Une fonction (FC) est un bloc de code sans mémoire. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales. Ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde des données.

- **Blocs de données (DB)**

Ces blocs servent à stocker les données du programme utilisateur. On distingue deux types : les blocs de données globaux affectés à n'importe quel bloc utilisateur et les blocs de données d'instance qui sont associés à un bloc fonctionnel et peuvent contenir en plus des données de multi-instances que l'on aura éventuellement définies.

b .Les blocs système

Ils sont des blocs prédéfinis et intégrés dans le système d'exploitation de la CPU, ces blocs peuvent être appelés par le bloc utilisateur et utilisés dans le programme.

Il s'agit des blocs suivants:

Les blocs fonctionnels systèmes (FSB), les fonctions systèmes (SFC) et les blocs de données système (SDB).

4.7.2 Structure d'une programmation :**a. Programme linéaire :**

Il est utilisé pour des commandes simples et de volumes moins importants. Les multiples opérations et instructions de différentes fonctions sont stockées dans un seul bloc d'organisation (OB1) qui traite cycliquement le programme.

b. Programme structuré

Pour les automatismes complexes, le programme utilisateur est subdivisé en fonctions principales que l'on programme à l'aide des blocs (OB, FB, FC), ces fonctions sont chargées dans OB1.

Le bloc OB1 contient le programme principal qui sera exécuté par la CPU, ce bloc fait appel aux autres blocs pour délivrer les données correspondantes, et dès que la CPU termine l'exécution du programme stocké dans le bloc appelé, elle poursuit l'exécution du programme du bloc appelant. Ce genre de traitement de programme est utilisé lorsque le procédé à automatiser est complexe, car il permet de simplifier l'organisation, la gestion et le test du programme.

4.7.3 Création d'un projet STEP7 :

Un projet STEP7 contient la description complète de l'automatisme. Il comporte deux grandes parties : la configuration matérielle et la création de programme.

a. Configuration matérielle

Les profilés support ou châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle on peut enficher des modules selon leurs caractéristiques et suivant la solution d'automatisation, tout comme dans les profilés support ou châssis "réels".

Dans la fenêtre "Catalogue du matériel", on sélectionne les composants matériels requis, et les amener dans la fenêtre de station en utilisant la fonction glisser-lâcher.

Le STEP 7 affecte automatiquement une adresse à chaque module dans la table de configuration.

Les étapes à suivre pour configurer et paramétrer une installation sont les suivantes :

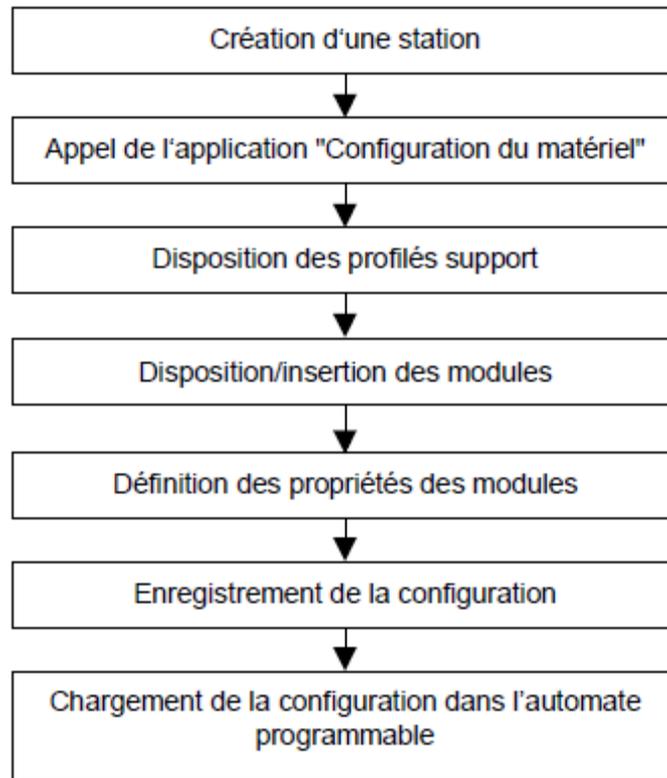


Figure IV.3 : Etapes de configuration et de paramétrage d'une installation.

b. Différents types de configuration

1. Configuration centralisée

Dans la configuration centralisée, les modules sont montés à côté de la CPU sur un profilé support ou un châssis. En cas d'une configuration de station très complexe, on fait appel à la configuration du couplage avec l'implantation de nombreux châssis d'extension.

2. Configuration de la périphérie décentralisée (DP)

Une périphérie décentralisée désigne un réseau maître constitué d'un maître de périphérie décentralisée et d'esclaves de périphérie décentralisée reliés par un câble de bus et communiquant entre eux via le protocole PROFIBUS DP dans le but d'assurer le multiplexage de toutes les informations en provenance des capteurs.

La nécessité de communication entre cellules (communication entre automates ou autres éléments esclave) a permis de voir apparaître de nombreuses normes de communication (Profibus, ...etc.).

- **Maître DP**

Lorsqu'on dispose d'un réseau maître DP (par exemple une CPU 315-2PN/DP), STEP 7 trace automatiquement une ligne représentant le réseau maître. A l'extrémité de cette ligne, les esclaves DP sont affectés à ce maître DP par la fonction glisser-lâcher. Ensuite, on procède à la configuration matérielle de l'automate maître DP S7-300 suivant les règles d'enfichage.

- **Esclave DP**

Les esclaves DP figurent dans la fenêtre "catalogue du matériel", sous le dossier "PROFIBUS DP", s'il s'agit d'un produit de la gamme siemens, sinon on doit rajouter manuellement au catalogue de Step 7 le fichier GSD (General Station Description) délivré par le constructeur avec le matériel. Ce fichier contient toutes les informations et les paramètres de configurations.

Selon le type d'esclave DP qu'on configure (par exemple un variateur de vitesse altivart 58), les emplacements des modules de l'automate esclave DP S7-300 se feront suivant les règles d'enfichage des modules dans la vue détaillée.

4.8 Le réseau PROFIBUS

Dans le cas d'une automatisation globale, l'automate est de moins en moins acheté «nu». Et même si c'est le cas, il doit pouvoir être connecter à d'autres matériels à processeur, et pouvoir dialoguer avec les agents d'exploitation.

Il faut donc se pencher sur ses liens avec son environnement et les fonctions qu'il doit assurer, outre que son rôle premier de commande d'un dispositif de production.

4.8.1 Définitions élémentaires

Terrain : indique un espace délimité géographiquement (usine, atelier, voiture...)

BUS : au sens informatique industrielle, conducteur ou ensemble de conducteurs communs à plusieurs circuits permettant l'échange de données entre eux avec :

- Liaisons communes ;
- Plusieurs circuits ;
- Référence à la topologie de la configuration.

RESEAU : ensemble de lignes de communication qui desservent une même unité géographique

BUS/RESEAU DE TERRAIN : Terme générique d'un nouveau réseau de communication numérique, bidirectionnel, multi branche «multi drop», série reliant différents types d'équipements d'automatisme :

- E/S déportées ;
- Capteur / Actionneur ;
- Automate programmable ;
- Calculateur.

4.8.2 Définition et normalisations PROFIBUS

PROFIBUS (Process Field Bus) est un réseau de terrain ouvert, permettant de répondre à un large éventail d'applications dans les domaines concernant :

- les procédés manufacturiers (conduite des procédés séquentiels, procédés discontinus par lots « batch »)
- Les procédés continus (conduite, régulation)
- la gestion des bâtiments (gestion technique centralisée, gestion technique du bâtiment).

PROFIBUS est issu de travaux initiés en 1987 par le ministère fédéral allemand pour la Recherche technologique, comprenant un groupement de sociétés industrielles et d’instituts de recherche allemands, orchestré par Siemens AG .

La norme allemande DIN 19245 a été créée en 1991, normalisée EN 50170 par le Cenelec en 1996, comme norme européenne.

Depuis 1999, le réseau PROFIBUS est reconnu dans la norme internationale CEI 61158, avec les autres réseaux ControlNet, P-Net, Fieldbus Foundation High-Speed-Ethernet, SwiftNet, WorldFip, Interbus-S.

PROFIBUS, étant un réseau adhérant à la norme internationale ISO, adopte le modèle OSI (Open Systems Interconnections), qui définit un langage commun aux échanges de données entre stations d’un réseau fondé sur des règles d’interconnexion et des interfaces de transfert désignant un « protocole de communication ». Ce protocole, construit en sept couches, définit les éléments, structures et tâches nécessaires à toute communication. Chaque couche remplit une fonction bien précise dans l’architecture OSI. Toutefois, à défaut d’être utiles, certaines couches peuvent en être exclues, c’est ainsi que PROFIBUS se cantonne aux couches 1, 2 et 7 (Figure IV .4).

Emetteur	Récepteur	Désignation et rôle des différentes couches de l'édifice OSI	
7	7	Application	Véritable interface entre le réseau et le programme d'application, dotée de commandes applicatives (lecture, écriture)
6	6	Présentation	Représentation (codage) des données en vue de permettre leur analyse et interprétation par la couche suivante
5	5	Session	Établissement et libération de liaisons temporaires entre stations ; synchronisation des communications
4	4	Transport	Gestion de la transmission pour la couche 5 (erreurs d'acheminement, découpage en paquets)
3	3	Réseau	Établissement et libération de liaisons, mise en œuvre de mécanismes pour éviter la congestion du réseau
2	2	Liaison de données	Gestion des règles d'accès au bus (<i>Medium Access Control</i> , MAC) et de sécurisation des échanges
1	1	Physique	Caractéristiques mécaniques, électriques et fonctionnelles de la liaison (connectique, codage et débit des signaux)
Support de transmission			

Figure IV .4: Les sept couches du modèle OSI.

4.8.3 Variantes du réseau

PROFIBUS se décline en trois variantes de protocoles, répondant chacune à des finalités métiers et applicatives spécifiques :

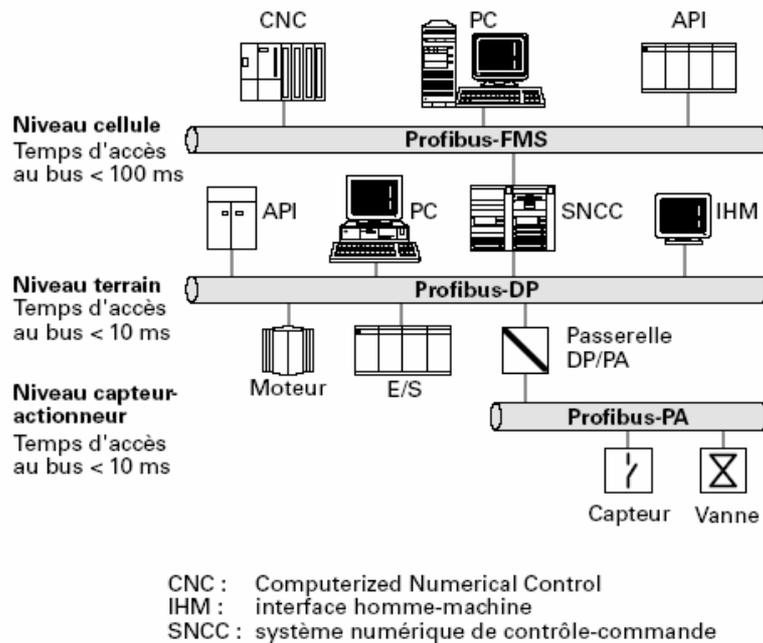


Figure IV .5 : Classification des réseaux PROFIBUS.

- a. **PROFIBUS-DP (Decentralized Peripheral)** : destiné aux applications de type maître- esclave en mono-maître pour la gestion des équipements d'entrées-sorties déportées avec des temps d'accès extrêmement courts. Le fonctionnement multi-maître est possible ;
- b. **PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification)** : destiné aux applications nécessitant l'échange entre maîtres pour la synchronisation d'activités de contrôle-commande, basé sur la messagerie MMS (Manufacturing Message Specification) ;
- c. **PROFIBUS-PA (Process Automation)** : destiné aux applications de contrôle de processus nécessitant la communication avec des équipements de terrain (capteurs, actionneurs) permettant une télé alimentation des équipements et un fonctionnement avec sécurité intrinsèque en ambiance explosive.

4.8.4 Principe d'accès au BUS

PROFIBUS met en œuvre un modèle de communication de type Maître-esclave selon un mode d'accès au bus de nature hybride, comme le montre la figure IV.6.

Les équipements maîtres, appelés stations actives, dirigent la transmission de données sur le bus et émettent librement des messages, sous réserve d'obtenir le droit d'accès au médium, déterminé par le passage d'un jeton.

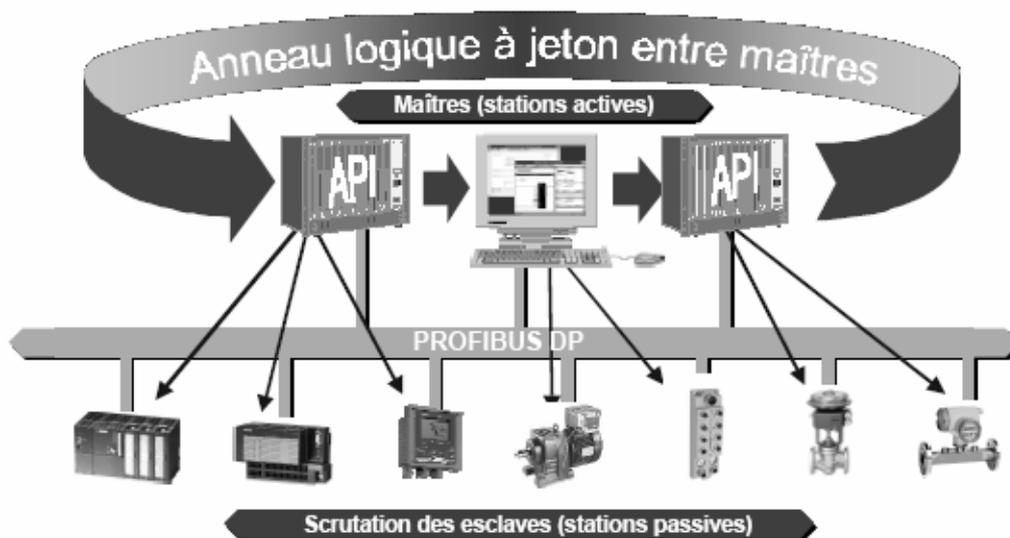


Figure IV.6 : Principe d'accès au BUS.

Les équipements esclaves, appelés stations passives, sont des équipements périphériques (blocs d'entrées-sorties, vannes, entraînements et transmetteurs de mesure, etc.) qui n'ont pas le droit d'accès au bus. Leur action se limite à l'acquiescement des messages reçus des maîtres ou à la transmission de messages en réponse à une demande des maîtres.

La nature hybride du principe d'accès au réseau implémenté par PROFIBUS permet :

1. D'une part une communication entre les stations maîtresses par un mécanisme de passage de jeton sur bus, déterministe et adaptatif. La circulation du jeton est effectuée selon un anneau logique, indépendamment de la topologie bus du réseau ;

2. D'autre part une communication simple de type maître-esclave entre une station maître et les équipements esclaves auxquels elle veut s'adresser. Chaque station maître (station active) disposant du droit d'accès au bus figuré par le passage

du jeton, qui est constitué d'une trame spéciale, est libre d'accéder à tout esclave (station passive) connecté au réseau.

4.8.5 Structure des télégrammes

Les informations sont transmises sur les réseaux PROFIBUS par des séquences d'octets appelées télégrammes, constituées d'une série d'octets contrôlés par un bit de parité paire et transmis en mode asynchrone, encadrés d'un bit START (niveau logique 0) et stop (niveau logique 1).

4.8.6 Les techniques de transmissions :

Rappelons que la couche 1 du modèle OSI assure la transmission physique des données. Elle en définit donc les caractéristiques électriques et mécaniques : type de codage et d'interface normalisée.

PROFIBUS spécifie plusieurs versions de couches «physique», selon la technique de transmission, qui sont toutes conformes aux normes internationales CEI 61158 et la CEI 61784 :

a. Transmission RS 485

RS 485 est une technique de transmission simple et économique convenant surtout aux tâches exigeant des débits élevés. Son support de transmission est la paire torsadée blindée.

La structure du bus permet l'ajout ou le retrait de stations ou la mise en service par étapes du réseau sans répercussion sur les autres stations.

Les extensions futures (dans des limites définies) ne pénalisent pas les stations en exploitation.

A cela s'ajoute la possibilité d'exploiter cette liaison en zone à sécurité intrinsèque.

b. Transmission optique

Certaines applications de bus s'accommodent mal de la transmission filaire. C'est le cas des milieux industriels à forte pollution électromagnétique ou des réseaux à longue portée, des contraintes auxquelles remédie parfaitement la fibre optique.

4.9 Présentation de la solution programmable développée :

Avant de passer à la présentation de la solution, le schéma synoptique ci-dessous regroupe les éléments de la station et leurs connexions déjà existantes et celles qu'on a proposé de rajouter (connexions en pointillés) à l'automate:

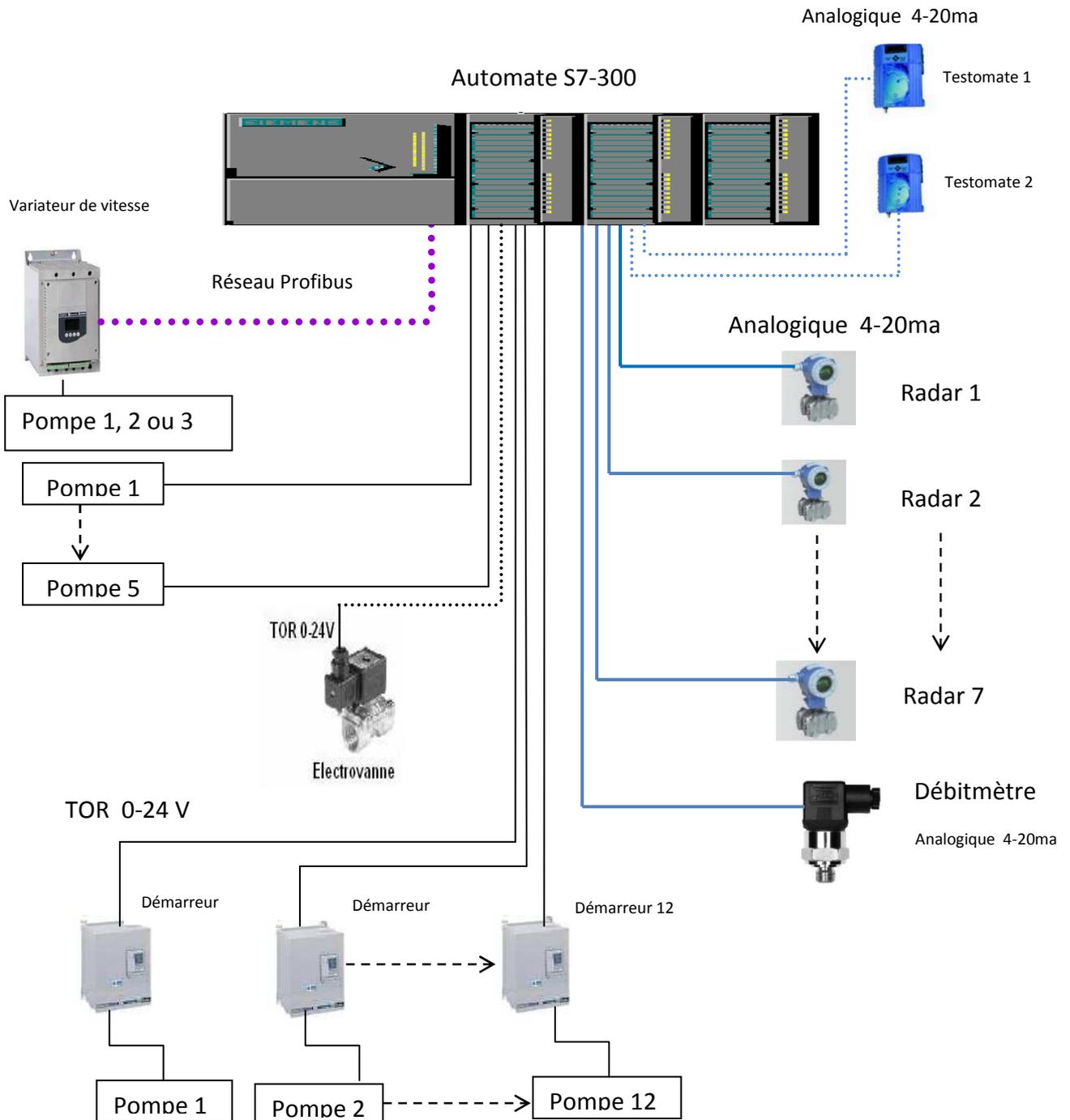


Figure IV.7 : Schéma Synoptique de la station.

Afin de profiter des avantages qu'offre l'automate S7-300 équipé d'une CPU 2PN-DP et du variateur ALTIVAR58 à qui on a rajouté la carte optionnelle de communication, on a opté pour la commande décentralisé du variateur.

Le bus de terrain PROFIBUS-DP offre un échange de données rapides et efficaces entre l'automate et les appareils décentralisés. Cette délocalisation de la périphérie dans la couche liaison permet aussi une énorme économie du câblage.

Afin d'acquérir les données des testomate 2000 et de les exploiter, on a proposé qu'il soit connecté a l'automate.

4.9.1 Configuration matérielle :

A partir du nombre d'entrées / sorties comptabilisées dans l'étude on a proposé d'utiliser :

- 04 modules d'entrée et 04 modules de sortie TOR.
- 04 modules d'entrée et 01 module de sortie analogique.

Ce qui nous a conduits à choisir à la configuration matériel donnée par la figure IV.8.

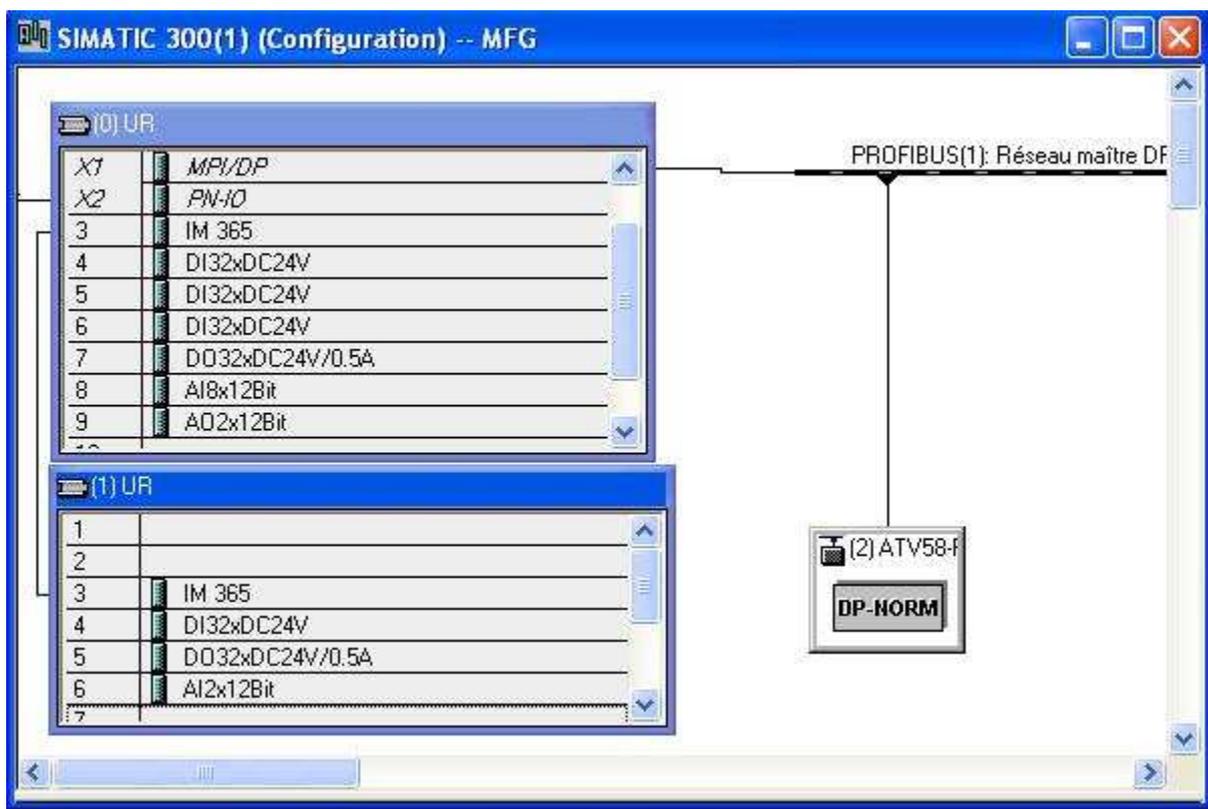


Figure IV.8 : Configuration matérielle de la solution proposée.

4.9.2 Structure du programme de la gestion de la station de traitement d'eau MFG :

L'écriture du programme utilisateur complet peut se faire dans le bloc d'organisation OB1 (programmation linéaire). Ce la n'est recommandé que pour les programmes simples (petite taille). Pour les automatismes complexes, ce qui est le cas de la station de traitement de l'eau, la subdivision en parties plus petites est recommandées, celles-ci correspondent aux fonctions technologiques du processus, et sont appelées blocs de programmation structurée.

Cette structuration offre les avantages suivants :

- Faciliter la mise en service et écrire des programmes importants d'une manière claire;
- Standardiser certaines parties du programme;
- Simplifier l'organisation du programme;
- Modifier facilement le programme;
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter partie par partie;
- Facilite le diagnostic et la maintenance.

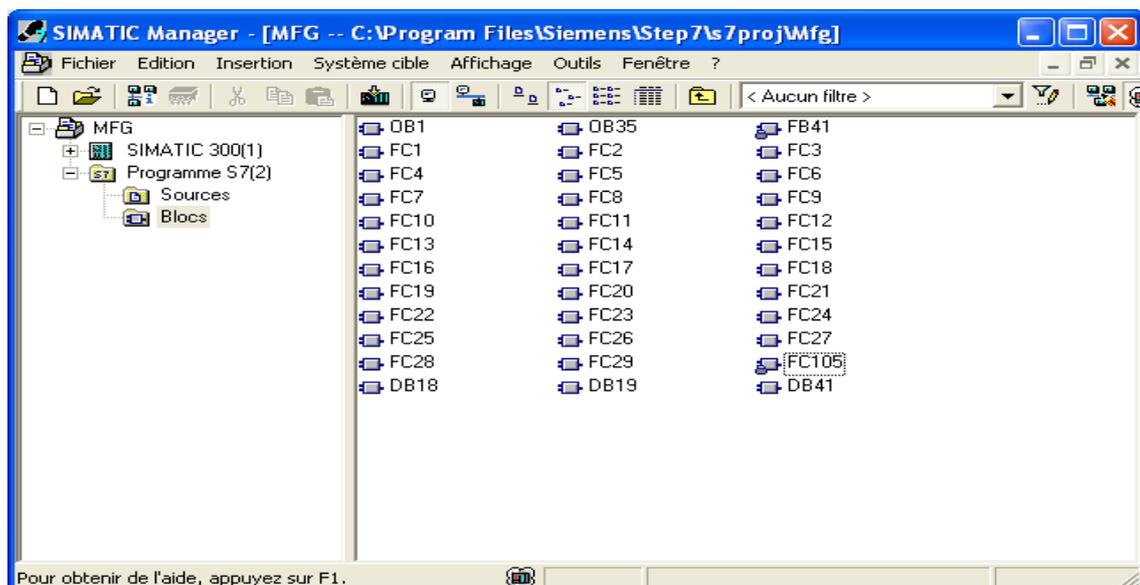
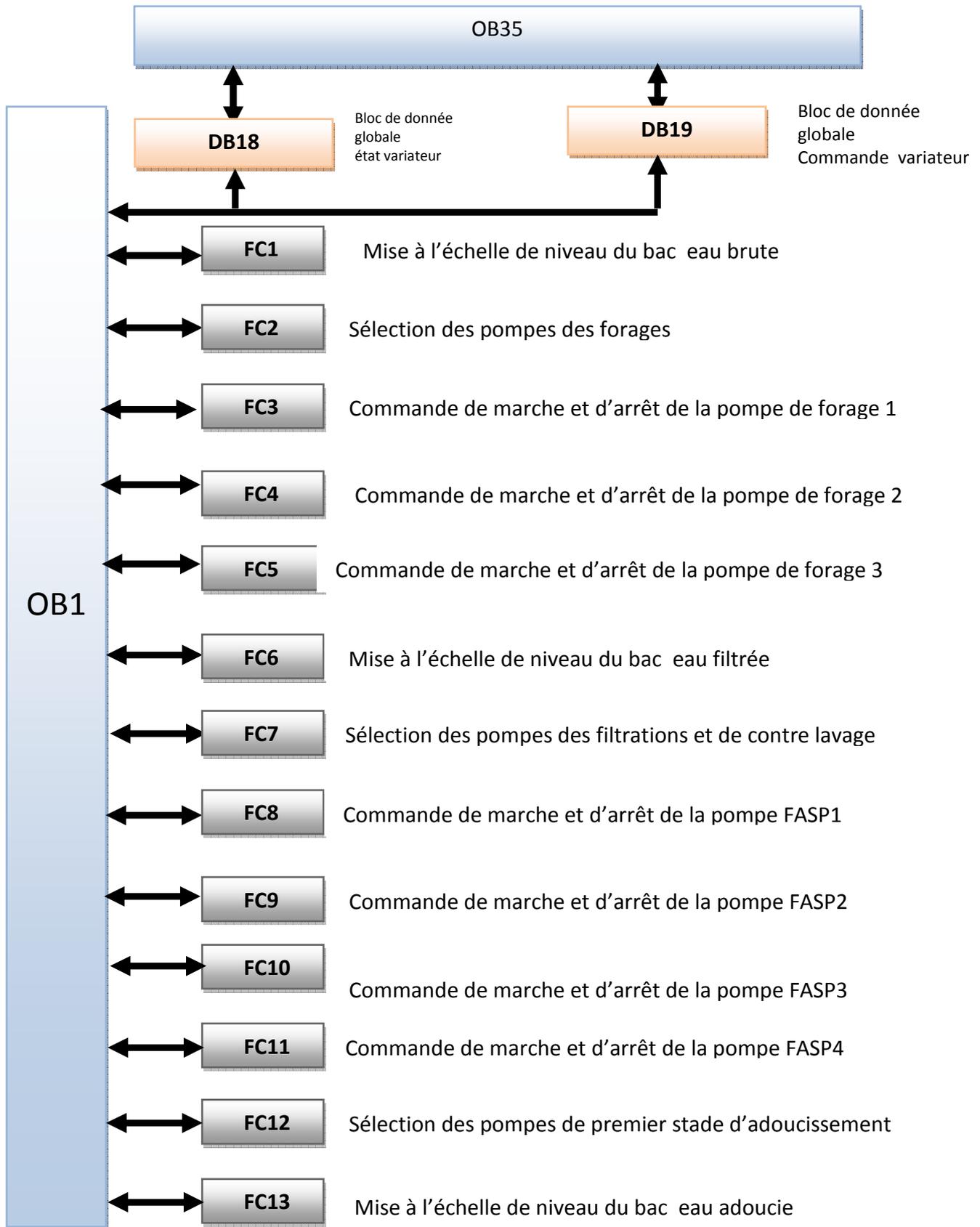


Figure IV.9: Structure du programme développé.

La structure hiérarchique des blocs du modèle élaboré pour la commande et le contrôle de la station de traitement d'eau est illustrée dans la figure suivante :



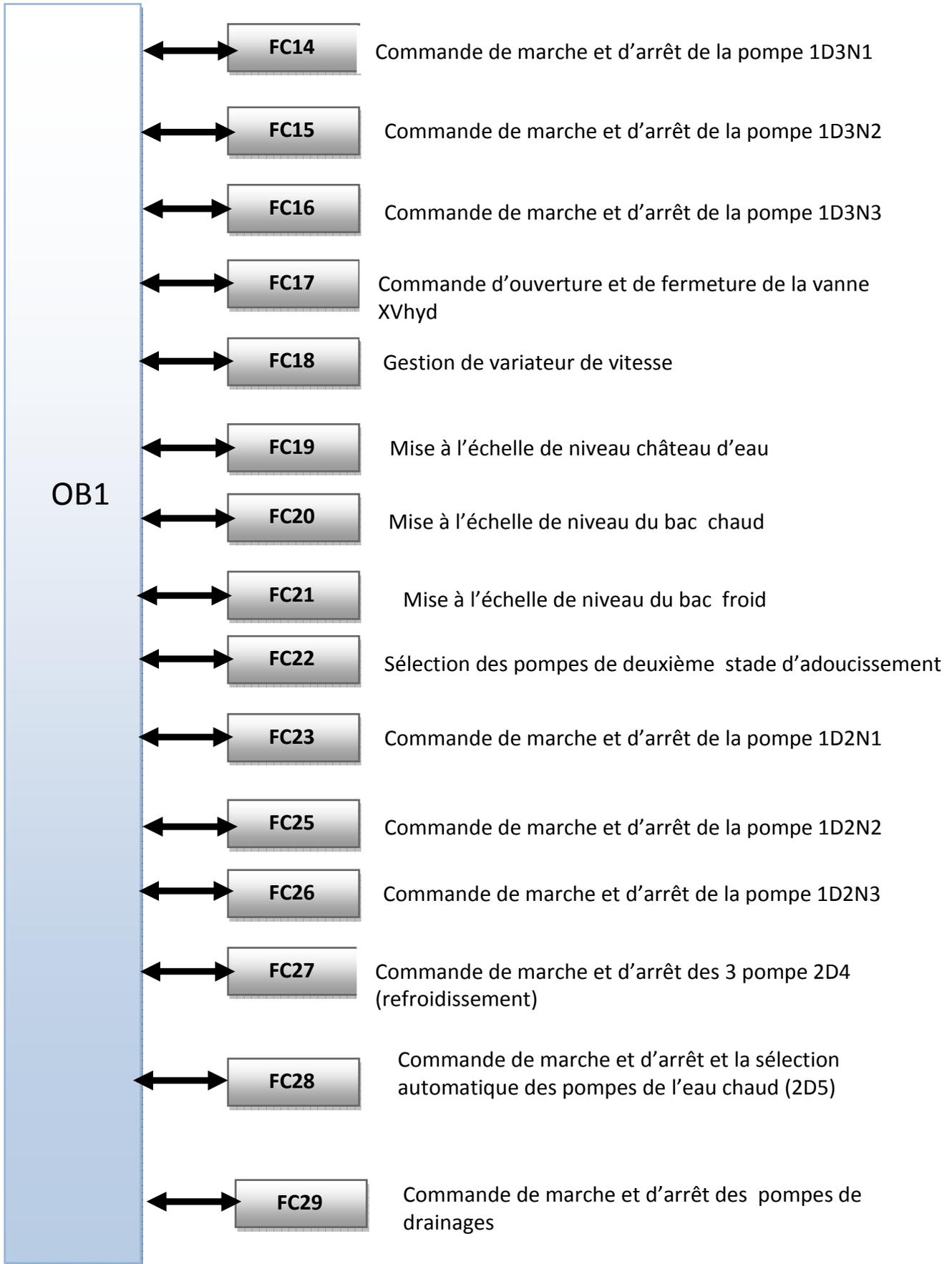


Figure IV .10 : Structure hiérarchique des blocs du modèle élaboré.

4.9.3 Programmation des blocs :

Le programme contient deux blocs d'organisation OB1 et OB35.

Le bloc OB1 contient les différentes fonctions essentielles qui permettent la gestion de la station traitement d'eau du MFG notamment la sélection des pompes, l'affichage du niveau instantané, la commande marche et arrêt de chaque pompes et la gestion du variateur de vitesse ALTIVAR 58 ainsi que les deux blocs de données globales DB 18 et DB 19.

Le bloc OB35 d'alarme cyclique contient le programme de gestion du régulateur PID FB41 « CONT_C », qui régule le débit d'eau à l'aide du variateur de vitesse. Ce bloc est caractérisé par une fréquence d'appel constante du régulateur PID, ce qui est primordial pour l'optimisation du régulateur, alors que le bloc OB1 à une fréquence d'appel incertaine.

4.9.3.1 Programmation d'OB1 :

Dans ce bloc deux méthodes de commande sont utilisées : centralisé et décentralisé, un exemple de chaque méthode est présenté ci-dessous

a) Exemple de commande centralisé Fonction FC1

L'information transmise par le capteur analogique du bac eau brute, est chargé à l'aide du bloc MOVE de Step 7, qui permet l'acquisition des données analogique. Cette opération est activée par l'entrée de validation EN. La valeur à l'entrée IN est copiée dans la sortie OUT, la sortie Out doit avoir une adresse précise de type Octet, Mot ou Double mots. Cette adresse sera ensuite transmise au bloc SCALE, qui permet de mettre la valeur entre 0% et 100% (mise à l'échelle).

Le pourcentage obtenu à l'aide du bloc SCALE est ensuite comparé aux trois valeurs de 95%, 80% et 60% pour obtenir les états respectivement : niv_haut, niv_bas et niv_tres_bas, qui correspondent aux niveaux de remplissage du Bac instantané.

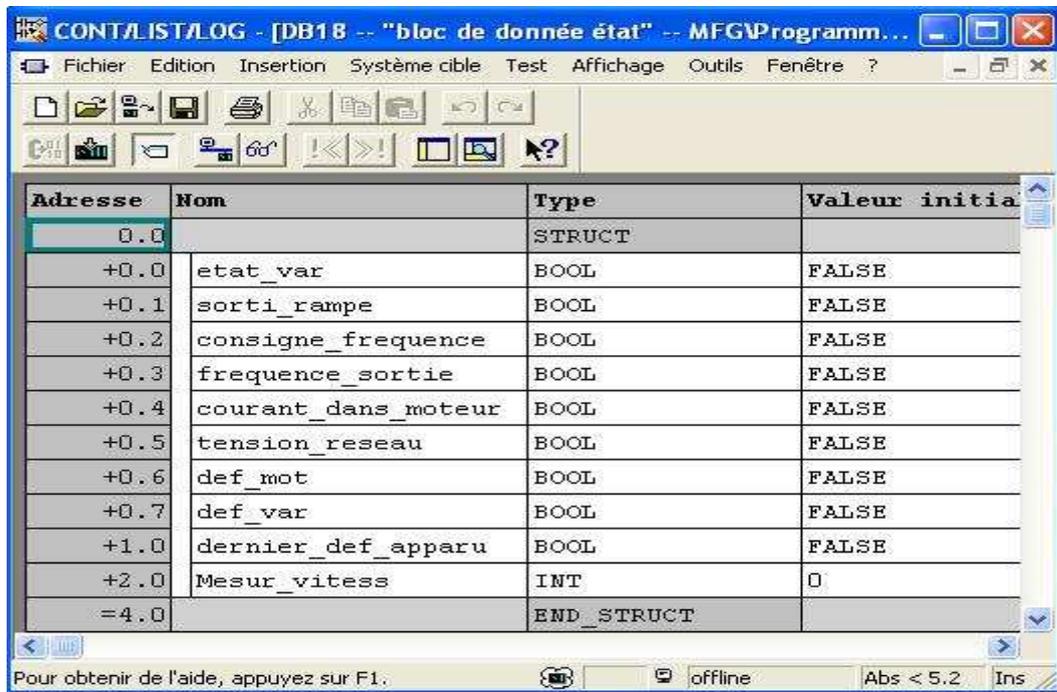
Ces états sont utilisés par les autres blocs pour plusieurs taches, par exemple le bloc FC2 pour la sélection automatique des pompes. Cette représentation du niveau en états est faite pour simplifier et optimiser la programmation.

b) Commande décentralisé Fonction FC18

En utilisant le protocole Profibus DP. Selon le principe maitre-esclave, seul le maitre peut initialiser la communication et peut lire et écrire les entrées-sorties. Les esclaves répondent aux requêtes du maitre.

Les échanges cyclique correspondent aux entrées (en lecture) pour recevoir les états et sorties (en écriture) pour envoyer la commande.

Les figures suivantes montrent les deux blocs de données pour l'état et la commande du variateur, l'adressage est réalisé suivant la documentation technique de l'ALTIVAR58 :



Adresse	Nom	Type	Valeur initiale
0.0		STRUCT	
+0.0	etat_var	BOOL	FALSE
+0.1	sorti_rampe	BOOL	FALSE
+0.2	consigne_frequence	BOOL	FALSE
+0.3	frequence_sortie	BOOL	FALSE
+0.4	courant_dans_moteur	BOOL	FALSE
+0.5	tension_reseau	BOOL	FALSE
+0.6	def_mot	BOOL	FALSE
+0.7	def_var	BOOL	FALSE
+1.0	dernier_def_apparu	BOOL	FALSE
+2.0	Mesur_vitesse	INT	0
=4.0		END_STRUCT	

Figure IV .11 : Bloc de donnée état du variateur.



Adresse	Nom	Type	Valeur initiale
0.0		STRUCT	
+0.0	sel_marche_arret	BOOL	FALSE
+0.1	command_1	BOOL	FALSE
+0.2	command_2	BOOL	FALSE
+2.0	consigne_vitesse	INT	0
=4.0		END_STRUCT	

Figure IV .12 : Bloc de donnée pour la commande du variateur.

Cette commande est réalisée à l'aide des deux blocs de données globales, la réception et l'envoi des mots, d'états et de commande sont effectués avec le bloc MOVE, ensuite le mot d'état reçu est chargé dans le bloc de données état, à partir de cet état, la commande est envoyée depuis le bloc de commande vers l'ALTIVAR58.

Le programme étant chargé dans la CPU, la liaison établie entre le maître(API) et l'esclave (ALTIVAR 58), prêt au fonctionnement, ce variateur reçoit un double mot de commande de l'API avec la consigne de vitesse et se met en marche renvoyant un mot d'état vers l'API.

4.9.3.2 Programmation d'OB35 :

Comme précisé précédemment ce bloc est consacré à la programmation de la régulation de débit avec le régulateur PID FB41 « CONT_C », cette régulation est constituée de deux boucles en cascade :

La boucle interne régule la vitesse de la pompe à l'aide du variateur. Au paramétrage du variateur, on choisit la commande du moteur de la pompe à $U/f = \text{constante}$.

La boucle externe sert à la régulation de débit dans l'installation avec le PID de l'API, qui s'appuie sur les mesures de débit transmises par le débitmètre (Figure IV.13)

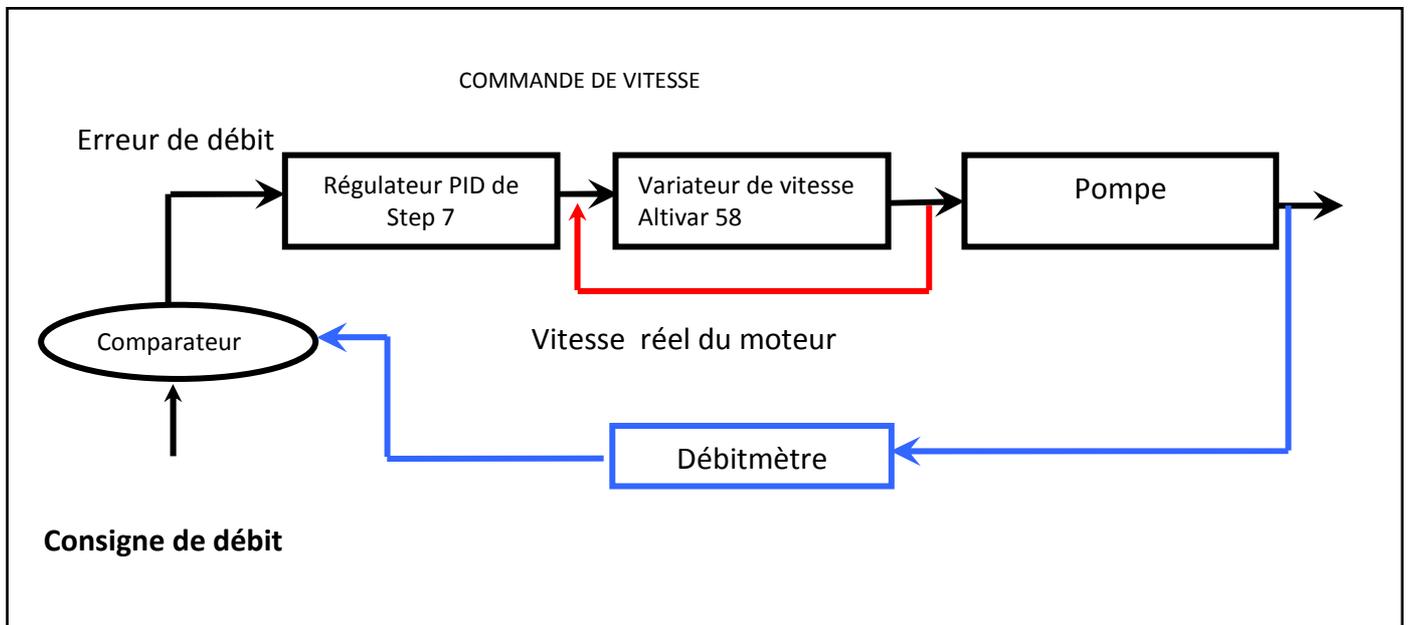


Figure IV.13 : Principe de régulation en cascade Vitesse/Débit.

4.10 Régulation PID des processus à base d'automates SIMATIC S7 :

4.10.1 Principe de régulation :

La grandeur à réguler est mesurée de façon continue, ensuite elle est comparée avec une valeur consigne donnée en entrée du système. La régulation devra, en fonction du résultat de la comparaison, rapprocher la valeur à réguler de la consigne.

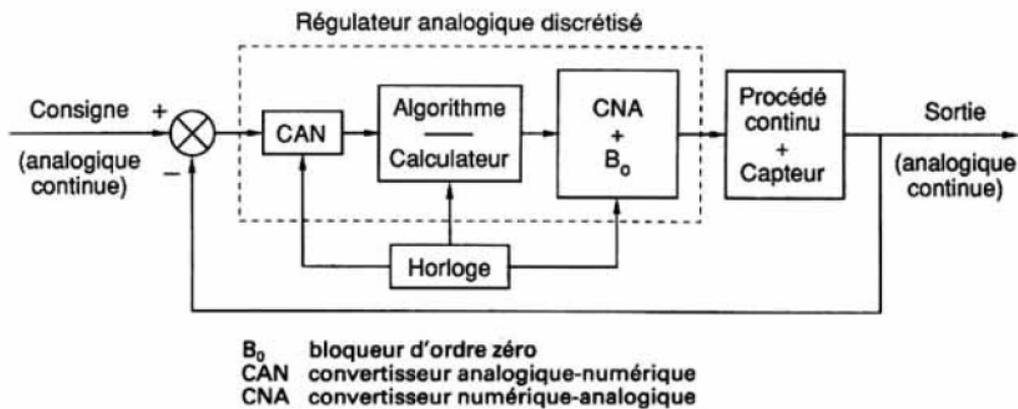


Figure IV .14 Commande numérique sous step 7.

Le régulateur est l'élément central d'un asservissement. Il évalue l'erreur calculée par le comparateur, c'est à dire l'écart entre la sortie et la consigne. Il en déduit une valeur de correction à transmettre au procédé afin de corriger la sortie.

La manière (l'algorithme) dont le régulateur calcule la valeur de correction (Commande) à partir de l'erreur est la principale activité de l'asservissement.

4.10.2 Le bloc FB 41 « CONT_C » :

Cette variante du régulateur PID, comme déjà précisé, est utilisée en tant que régulateur continu. Son rôle sera de calculer une valeur d'ajustement Y_r en fonction de l'erreur (différence mesure/consigne) $e = w - x$, selon l'algorithme d'un régulateur P.I.D, et de livrer cette grandeur d'ajustement y sur sa sortie analogique.

Le FB 41 propose en plus d'une régulation purement logicielle, des fonctions de traitement de la consigne, de la mesure et la grandeur de réglage calculée.

Ainsi la configuration du bloc, nécessite l'ajustement d'un grand nombre de paramètres et de sous-fonctions, dont nous présentons ci-dessous le détail :

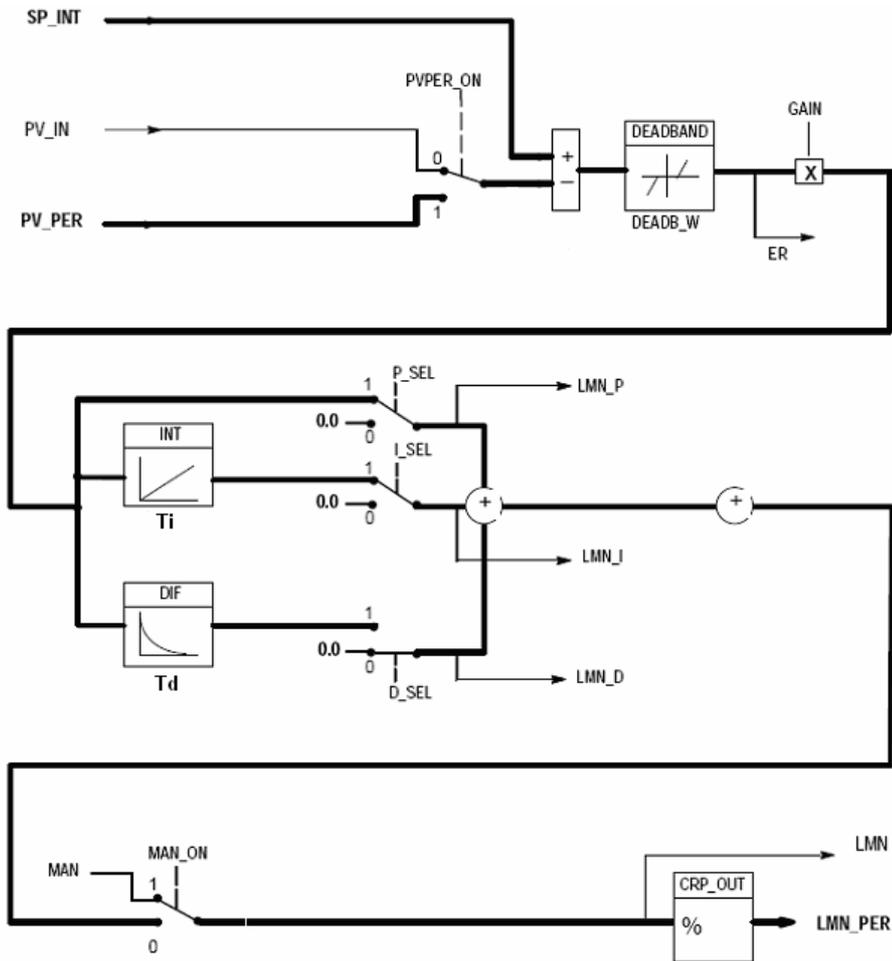


Figure IV.15 : L'algorithme du bloc FB41.

▪ Les paramètres et les grandeurs d'entrées

Paramètres d'entées	Types de données	Description
MAN_ON	BOOL	MANUAL VALUE ON / Activation du mode manuel Quand cette entrée est à 1, la boucle de régulation est interrompue. La valeur de réglage manuelle est sortie comme grandeur de réglage.
PVPER_ON	BOOL	PROCESS VARIABLE PERIPHERY ON / Activation de la mesure de périphérie Pour que la mesure soit lue en périphérie, il faut relier l'entrée PV_PER à la périphérie et mettre à 1 l'entrée PVPER_ON.
P_SEL	BOOL	PROPORTIONAL ACTION ON / Activation de l'action proportionnelle
I_SEL	BOOL	INTEGRAL ACTION ON / Activation de l'action par intégration
D_SEL	BOOL	DERIVATIVE ACTION ON / Activation de l'action par dérivation
CYCLE	TEMPS	SAMPLE TIME / Période d'échantillonnage Le temps s'écoulant entre les appels de bloc doit être constant. Il est indiqué au niveau de cette entrée.
SP_INT	REEL	INTERNAL SETPOINT / Consigne interne Cette entrée sert à introduire une valeur de consigne.
PV_IN	REEL	PROCESS VARIABLE IN / Mesure d'entrée. Cette entrée permet de paramétrer une valeur de mise en service ou d'appliquer une mesure externe en virgule flottante.
PV_PER	MOT	PROCESS VARIABLE PERIPHERIE / Mesure de périphérie. La mesure en format de périphérie est appliquée au régulateur par cette entrée.
MAN	REEL	MANUAL VALUE / Valeur de réglage manuelle Cette entrée sert à introduire une valeur de réglage manuelle moyennant des fonctions de contrôle-commande.

GAIN	REEL	PROPORTIONAL GAIN / Coefficient d'action proportionnelle
TI	TEMPS	RESET TIME / Temps d'intégration..
TD	TEMPS	DERIVATIVE TIME / Temps de dérivation.
DEADB_W	REEL	DEAD BAND WIDTH / Largeur de zone morte. Le signal d'erreur traverse une zone morte. Cette entrée détermine la taille de la zone morte pour l'erreur de réglage.

Tableau IV.16 : Les paramètres d'entrée du bloc fonctionnel FB 41.

▪ **Les paramètres de sorties**

Paramètres de sorties	Types de données	Description
LMN	REEL	MANIPULATED VALUE / Valeur de réglage. Cette sortie donne en virgule flottante la valeur de réglage agissant réellement.
LMN_PER	MOT	MANIPULATED VALUE PERIPHERY / Valeur de réglage de périphérie. Cette sortie fournit la valeur de réglage en format de périphérie.
LMN_P	REEL	PROPORTIONALITY COMPONENT / Composante P. Cette sortie contient la composante proportionnelle de la grandeur de réglage.
LMN_I	REEL	INTEGRAL COMPONENT / Composante I. Cette sortie contient la composante intégrale de la grandeur de réglage.
LMN_D	REEL	DERIVATIVE COMPONENT / Composante D. Cette sortie contient la composante différentielle de la grandeur de réglage.

Tableau IV.17 : Les paramètres de sortie du bloc fonctionnel FB 41.

4.10.3 Paramétrage du régulateur PID du type continue FB41 avec STEP 7 :

Pour l'utilisation et l'optimisation du fonctionnement du régulateur PID FB, on fait appel à l'outil « Paramétrage de la régulation PID », les paramètres choisis seront sauvegardés dans le DB d'instance local associé au bloc FB41.

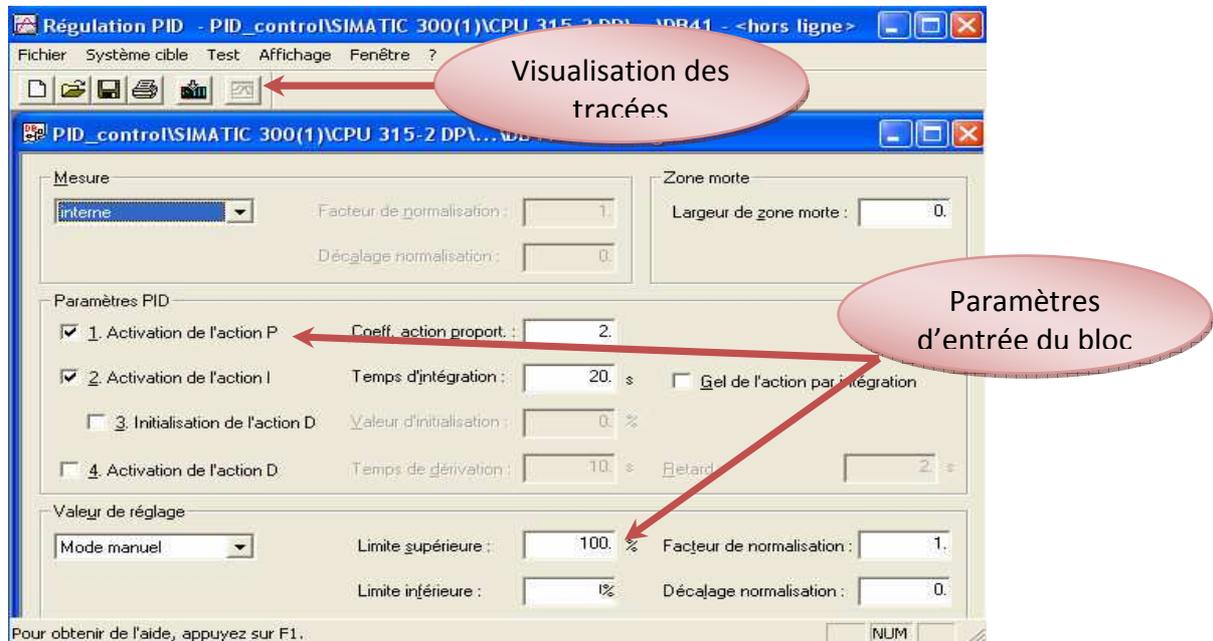


Figure IV.18 : Paramétrage du régulateur PID

Une fois le bloc de données paramétré, sauvegardé et chargé dans la CPU, c'est alors qu'on peut intervenir pour la mise en route de la représentation graphique afin d'observer le comportement de la régulation.

Les courbes de la valeur souhaitée (consigne), la valeur réelle (mesure) et la grandeur d'ajustement (commande) peuvent être visualisées en temps réel grâce au graphique.

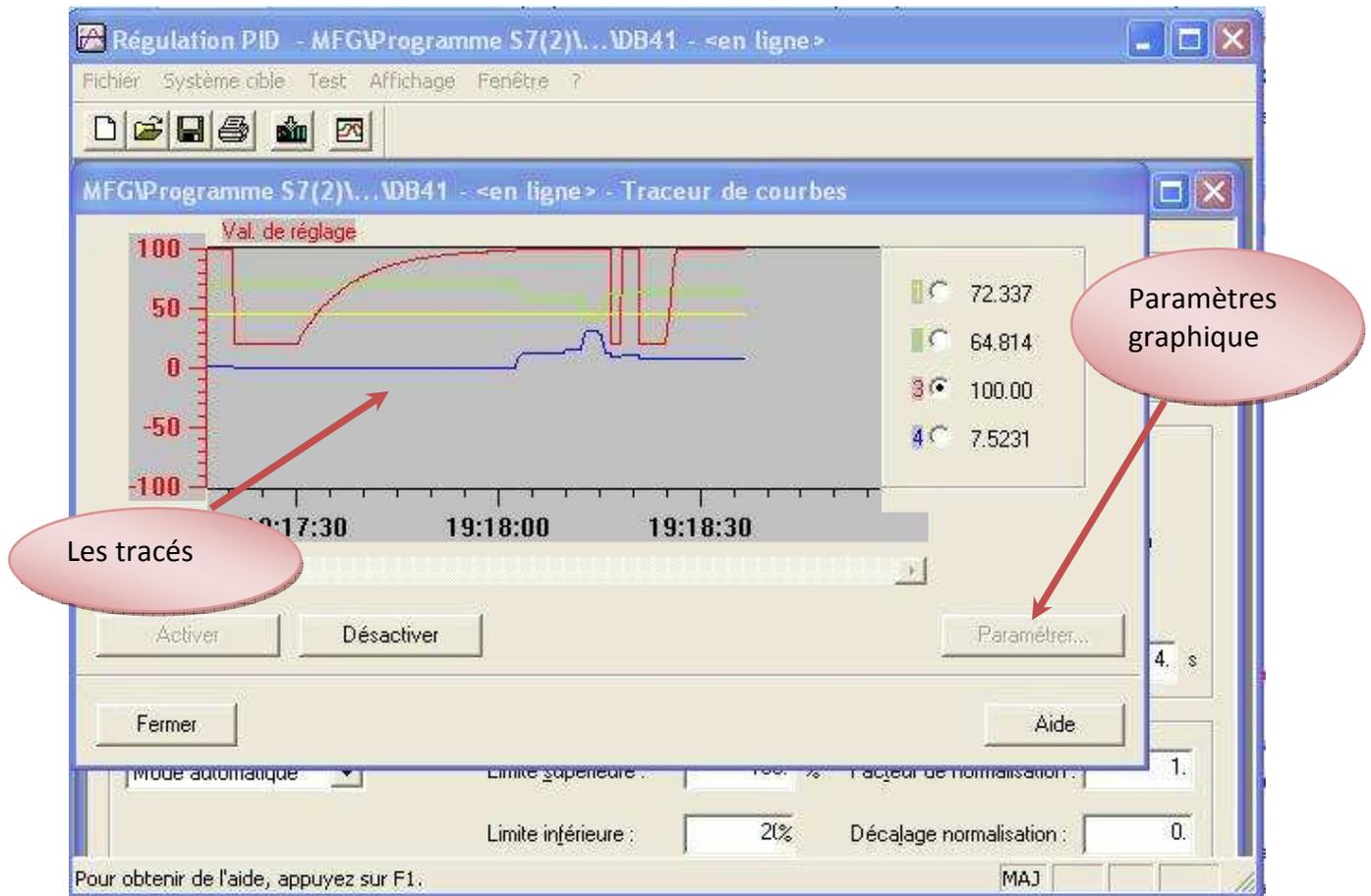


Figure IV. 19 : Tracée des trois courbe consigne-mesure-commande

Cette description technique de la fonction de régulation PID, exclusivement le bloc de la régulation continue FB41, sera mise en œuvre dans l'application d'automatisation de la station de traitement et de pompage à base d'automate Siemens»

On constate la facilité et la souplesse qu'offre l'A.P.I pour sa programmation, connexion, et adaptation aux conditions industrielles, avec toutes les fonctionnalités indispensables à l'automatisation des processus. La diversité des possibilités, mise en œuvre et son coût, le rendent incontournable lors de l'élaboration d'une solution.

Mais une bonne analyse du problème à résoudre tout en assurant le respect des règles d'installation est indispensable.

4.11 Simulation et validation du programme :

Après la configuration matérielle, le paramétrage, la création et le chargement du programme, on procède à la simulation et la validation des programmes réalisés, avec le logiciel S7-PLCSIM.

4.11.1 Application S7-PLCSIM :

a. Présentation de l'application S7-PLCSIM

Le logiciel optionnel de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme dans un environnement d'essai incluant automate et processus avant de le charger dans l'automate réel.

La simulation par S7-PLCSIM nécessite l'installation du logiciel STEP 7 sur le PC et permet la détection précoce et la suppression des erreurs de programmation.

L'application S7-PLCSIM dispose d'une interface simple, permet de surveiller et de modifier les différents paramètres utilisés par le programme comme par exemple l'activation ou la désactivation des entrées.

a. Exemple de simulation

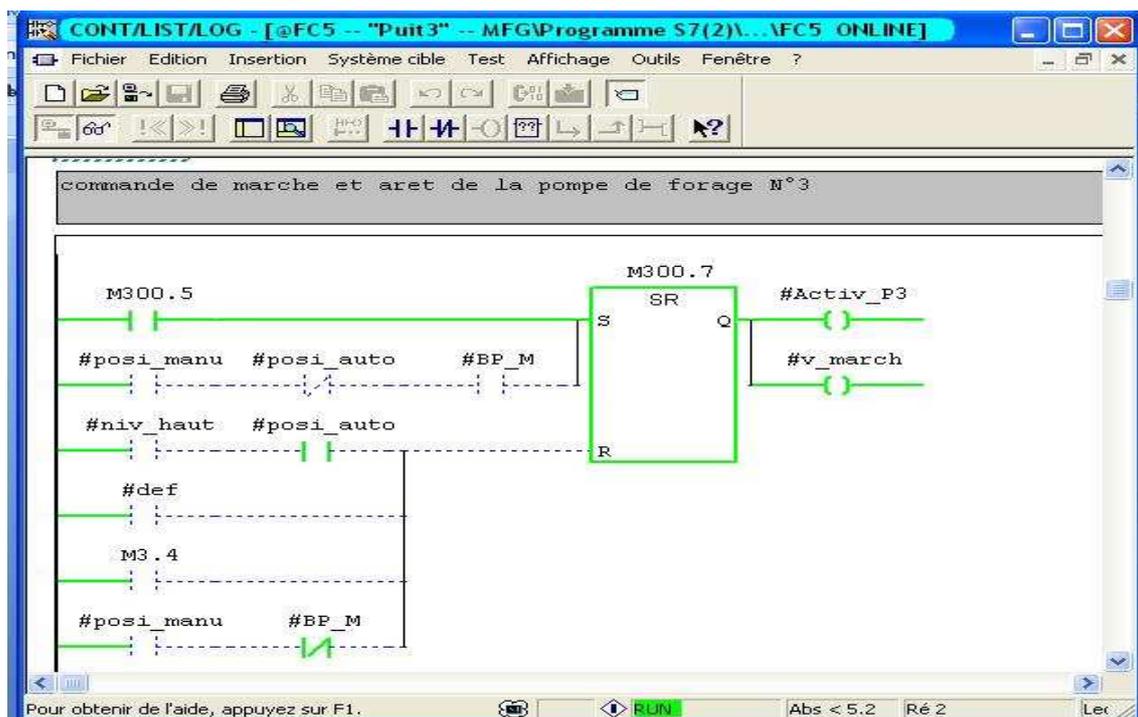


Figure IV.20 : Simulation de la fonction FC5.

L'exemple présenté ci-dessus montre la simulation de l'activation et la désactivation pompe 3. Quand le mode automatique est sélectionné et toutes les conditions de marche sont remplies, la pompe démarre et le voyant marche s'allume. La pompe s'arrête en cas de défaut ou au niveau haut du bac.

4.12 Conclusion :

Après l'étude détaillée de l'aspect matériel de l'automate puis de ces langages de programmation ainsi que le réseau Profibus, ces études ont été exploitées à la réalisation de la solution proposée, en résumé :

L'automate programmable modulaire SIMATIC S7-300 est l'élément de base des systèmes de contrôle qui commandent directement les processus de fabrication. Il remplace ainsi avantageusement les systèmes en logique câblée dans la plupart des applications industrielles.

Le réseau Profibus nous permet de faire une commande fiable, sur de longue distance et diminuer beaucoup le câblage, il permet ainsi une intelligence distribuée dans le réseau décentralisé.

La programmation est un atout majeur des API, elle permet une multitude de traitements des informations reçues. Elle s'effectue dans des langages spécifiques adaptés à leurs champs d'activités, orientés à résoudre les problèmes, souvent tournés à manipuler les variables TOR ou les variables numérisées (analogiques).

Mais une bonne analyse du problème à résoudre tout en assurant le respect des règles de la station étudiée est indispensable.

Le logiciel optionnel de simulation de modules S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester le programme avant de le charger dans l'automate réel.

La solution proposée prend en charge tous les problèmes cités aux chapitres 2, ce qui va réduire les tâches des employés et améliorera le fonctionnement de la station.

Chapitre 5 : Développement de la supervision

5.1 Introduction :

Ces dernières années, les architectures d'automatismes ont très fortement évolués. Ce phénomène s'est amplifié avec l'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication. En effet, l'automatisation seule est maintenant insuffisante, la supervision des procédés complexes est devenue indispensable.

Les logiciels de supervision sont une classe de programmes applicatifs dédiés au contrôle de processus et à la collecte d'informations en temps réel, ceci depuis des sites distants, via un réseau (supervision délocalisée), ou bien au pied de la machine en connexion directe (supervision localisée), en vue de maîtriser un équipement.

Le calculateur traite ces données, et donne une représentation graphique réactualisée périodiquement.

5.2 Définition et avantages de la supervision :

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine, elle présente plusieurs avantages pour les processus industriels de production. Elle facilite à l'opérateur la surveillance de l'état de fonctionnement d'un procédé ainsi que son contrôle-commande.

Elle permet grâce à des vues créées, et configurées au préalable à l'aide d'un logiciel de supervision, d'intégrer et de visualiser en temps réel toutes les étapes nécessaires au processus, aussi permet de détecter les problèmes qui peuvent survenir en cours de fonctionnement.

Les fonctions de la supervision sont nombreuses, on peut citer quelques unes :

- Assurer la communication entre les équipements d'automatismes et les outils informatiques d'ordonnancement et de gestion de production.
- Coordonner le fonctionnement d'un ensemble de machines enchaînées constituant une ligne de production, en assurant l'exécution d'ordres communs (marche, arrêt,...etc.)
- répondre à des besoins nécessitant en général une puissance de traitement importante.
- Assister l'opérateur dans les opérations de diagnostic et de maintenance.

5.3 Architecture d'un réseau de supervision :

En vue de la réalisation d'une communication entre un API et un PC, des mécanismes d'échange ont été développés dans ce sens pour assurer l'acquisition et le transfert de données entre le PC de supervision et un automate programmable.

Le PC de supervision échange les données à travers l'API qui gère l'ensemble du processus.

Un réseau de supervision est souvent constitué de :

- PC utilisé comme poste opérateur, permet l'acquisition des données, l'affichage des synoptiques et la conduite de l'unité.
- PC comme poste ingénieur, dédié à l'administration du système et au paramétrage de l'application.
- réseau d'acquisition de type Ethernet industriel, reliant les postes opérateur à l'automate.

5.4 Présentation du logiciel de supervision WinCC :

WinCC (Windows Control Center) est un système IHM (Interface-Homme-Machine) très performant développé par SIEMENS. C'est un outil flexible qui s'intègre parfaitement dans les solutions d'automatisation et de techniques de l'information et qui est destiné à la configuration des systèmes de supervision.

WinCC permet la saisie, l'affichage et l'archivage des données tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance aux exploitants. Il est compatible avec Windows et comporte des objets graphiques prédéfinis tels que : l'affichage numérique, une bibliothèque complète de symboles IHM, un affichage de texte et courbes, un champ d'édition de valeurs du process,...etc.

5.4.1 Avantage de WinCC :

- Permet de visualiser le process et de concevoir l'interface graphique destinée à l'opérateur.
- Permet à l'opérateur de surveiller le process. Pour ce faire, le process est visualisé par un graphisme à l'écran. Dès qu'un état du process évolue, l'affichage est mis à jour.
- Permet à l'opérateur de commander le process.
- Lorsqu'un état de process devient critique, une alarme est déclenchée automatiquement.

L'écran affiche une alarme en cas de franchissement d'un seuil défini.

- Les alarmes et valeurs de process peuvent être imprimées et archivées sur support électronique par WinCC. Ceci permet de documenter la marche du process et d'avoir accès ultérieurement aux données de production du passé.
- Les interfaces de programmation ouvertes de WinCC permettent d'intégrer différents programmes pour piloter le process ou exploiter des données.
- On peut adapter WinCC de façon optimale aux exigences de notre process. Le système supporte de nombreuses configurations.

La gamme des configurations s'étend du système monoposte aux systèmes répartis à plusieurs serveurs en passant par les systèmes client-serveur.

- La configuration WinCC peut être modifiée à tout moment même après mise en service. Les projets existants n'en sont pas affectés.
- WinCC est un système IHM compatible avec le réseau Internet qui permet de réaliser des solutions basées sur le web (contrôle-commande à distance).

5.4.2 Applications disponibles sous WinCC :

WinCC dispose de plusieurs applications afin de réaliser un système de supervision complet, qui répond aux objectifs fixés par l'opérateur. Ces applications sont :

a) Graphics Designer

Graphics Designer est l'éditeur qui sert à réaliser les vues de supervision, représente tous les éléments de vue statiques et actifs tels que textes, ainsi que les graphiques ou boutons,...etc.

Les bibliothèques de composants dont il dispose facilitent considérablement la création de vues. Il suffit d'intégrer lors de la configuration les objets de la bibliothèque dans les vues par glisser-déplacer. Les bibliothèques de composants fournies contiennent de nombreux objets prédéfinis, tels que les vannes, moteurs, tuyauteries, instruments d'affichage et autres, classés par thème.

Cet éditeur permet aussi la configuration des vues et des éléments et objets créés en leur affectant les variables et les adresses correspondantes, et assure la fonction de visualisation grâce au Graphics Runtime, qui affiche en temps réel les vues sur l'écran et gère toutes les entrées et sorties.

b) Tag Logging

Tag Logging permet d'enregistrer les valeurs de process dans des archives. Ces archives pourront nous servir à afficher et exploiter par exemple l'évolution des valeurs de process dans le temps et offre la possibilité d'accéder aux valeurs antérieures du process.

c) Alarm Logging

Les alarmes informent l'opérateur des états de fonctionnement ou pannes du process. Elles assurent la détection précoce de situations critiques et permettent d'éviter des immobilisations. Alarm Logging est utilisé pour définir les alarmes et leur contenus. Alarm Logging Runtime se charge au runtime d'exécuter les surveillances définies, de piloter l'émission des alarmes et de gérer leur acquittement.

d) Global Script

Il dispose de deux éditeurs, l'éditeur C et l'éditeur Visuel Basic, à l'aide desquels on crée des actions et des fonctions qui ne sont pas prévues dans le WinCC.

e) Report Designer

L'éditeur Report Designer est le composant de configuration du système de journalisation. Il est utilisé pour adapter des modèles de mise en page standard à nos besoins ou créer des nouveaux modèles de journaux. Report Designer permet également de spécifier des travaux d'impression pour le déclenchement du tirage. Report Runtime se charge au runtime d'extraire des archives les données à imprimer et de piloter le tirage.

f) User Administrator

Les erreurs de conduite d'une machine ou d'un process peuvent avoir des conséquences fatales. Certaines fonctions doivent par conséquent être réservées aux seuls opérateurs autorisés. C'est dans cet éditeur justement que s'effectue la gestion des utilisateurs et des autorisations. Autrement dit, il permet d'attribuer et de gérer les droits d'accès.

5.4.3 WinCC et SIMATIC STEP 7:

Faisant partie du concept TIA de Siemens (Totally Integrated Automation), WinCC s'avère particulièrement efficace dans le cadre d'une mise en œuvre avec des automates programmables de la famille de produits SIMATIC. Les automates programmables d'autres marques sont bien entendus également pris en charge.

WinCC s'intègre parfaitement au logiciel SIMATIC STEP7. Cela nous permet de choisir des mnémoniques et bloc de données de SIMATIC STEP7 comme variable dans

WinCC. On économise ainsi du temps et on évite aussi des sources d'erreurs dues à la répétition de la saisie.

5.4.4. Communication entre le PC de supervision et l'automate:

La communication entre le PC de supervision et la machine ou le processus est réalisé par l'intermédiaire de l'automate, au moyen de « variables ». La valeur d'une variable est écrite dans une zone mémoire (adresse) de l'automate où est lue par le PC de supervision.

La structure générale est illustrée dans la figure suivante :

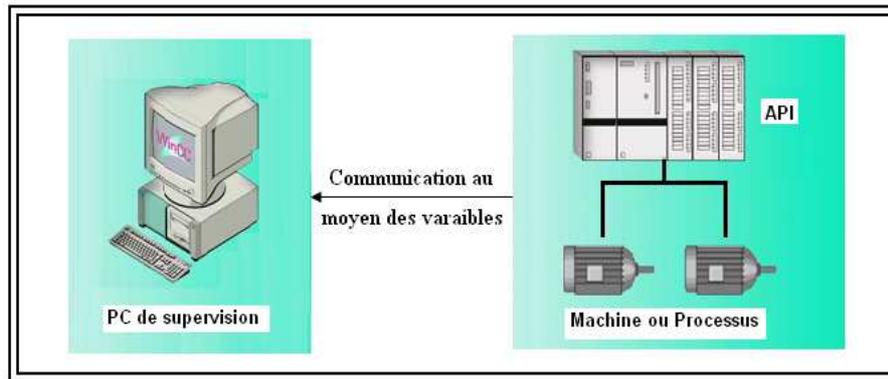


Figure V. 1 Structure générale de communication entre le PC de supervision et l'API

5.5 Développement d'un système de supervision sous WinCC :

5.5.1 Procédure de programmation :

a) Création d'un projet WinCC

Au démarrage du WINCC, l'assistant de projet s'ouvre automatiquement. Il nous offre le choix du type de projet à créer (monoposte, multiposte, Multi Client), puis le choix de donner un nom de projet.

Dès que l'assistant a créé le projet, les données de base du projet générées par l'assistant de projet s'affichent dans WinCC Explorer. Le nom du projet est inscrit dans la barre de titre de WinCC Explorer.

b) Elaboration d'une communication entre l'automate programmable et WinCC

Pour que l'API puisse communiquer avec WinCC, il faut tout d'abord choisir et installer le pilote de communication. Le pilote à sélectionner dépend de l'API exploité, dans notre cas l'automate est équipé d'une communication MPI.

Pour ajouter un pilote d'API, on clique avec le bouton droit de la souris sur "Gestion des variables" dans la fenêtre de gauche, dans le menu contextuel, on clique sur "Ajouter un nouveau pilote" et on choisie en plus le Pilote SIMATIC S7 Protocol Suite qui est utilisé pour les couplages aux systèmes SIMATIC S7.

Pour créer une nouvelle liaison on clique avec le bouton droit de la souris sur le canal Ethernet industriel puis dans le menu contextuel, on clique sur "nouvelle liaison"

- Protocole de communication MPI

L'unité de canal "MPI" (Multi Point Interface) est une interface de communication qui sert à coupler à l'ordinateur WinCC les automates programmables SIMATIC S7-300 et S7-400. L'unité de canal est une partie du Pilote de communication elle sert à gérer les liaisons logiques par lesquelles est réalisé l'accès aux variables. La connexion au réseau est réalisée:

- sur l'automate programmable, par l'interface MPI de la CPU ou par une carte de communication.
- sur l'ordinateur WinCC, par l'interface MPI incorporée, par exemple d'une console de programmation ou d'un processeur de communication (carte réseau).

La combinaison du canal et du protocole de communication détermine l'unité de canal utilisée par WinCC.

L'automate programmable connecté est finalement affiché dans WinCC Explorer comme entrée sous l'unité du canal.

c) Déclaration des variables de process

Pour créer un groupe de variables on clique avec le bouton droit de la souris sur la liaison conçue sous l'unité de canal MPI puis dans le menu contextuel, on clique sur "nouveau groupe de variable". Une unité de canal peut contenir plusieurs groupes de variables. Mais le nom du groupe de variables doit être unique pour tout le projet.

On crée les variables de process dans ces groupes de variables. On attribue à chaque variable de process créée sous WinCC un nom unique sous lequel elle sera accessible dans le projet.

Les variables de process sont affichées dans WinCC Explorer comme objets de l'automate programmable associé.

Pour configurer une variable on effectue un double clic sur celle-ci. Alors on obtient la fenêtre propriété variable où on peut donner le nom de la variable, choisir le type de donnée, sa longueur, l'adresse...etc.

d) Création et configuration des vues de supervision

Dans cette étape on réalise les vues de supervision grâce à l'éditeur Graphics Designer en insérant les différents éléments ou objets de vue statiques et actifs dont on a besoin tels que textes, graphiques, boutons, vannes, moteurs, tuyauteries, instruments d'affichage et autre.

- Réglage et configuration des objets

L'éditeur d'image permet d'éditer tous les objets image provenant de la bibliothèque SIEMENS HMI Symbol Library en choisissant :

- Les symboles : représentent les types et les formes d'objet.
- Le style : représente les modes d'affichage : avant plan ou arrière plan, et l'alignement : symétrie, rotation.
- Les couleurs : définissent les couleurs d'avant et d'arrière plan, de clignotement...etc.

5.6 Présentation du contrôle et de la supervision de la station traitement d'eau :

La station est décomposé en trois parties, chaque partie est superviser d'une vue :

1. Vues d'accueil.
2. Vues de soutirage et filtration.
3. Vues de la salle d'adoucissement.
4. Vues de la salle de pompage.
5. Vue des niveaux de tous les bacs.

5.6.1 Vues d'accueil :

Cette première vue est la vue d'accueil qui comporte les différents boutons de navigation vers les vues de supervision du process.



Figure V .3 Vues d'accueil

5.6.2 Vue soutirage et filtration d'eau :

Cette vue permet le contrôle-commande des pompes de forage ou on peut sélectionner le mode de fonctionnement (manuel ou automatique) et de commander les pompes en mode manuel de visualiser tout les états des composant de cette partie pompes, filtres ainsi que le niveau de chaque bac.

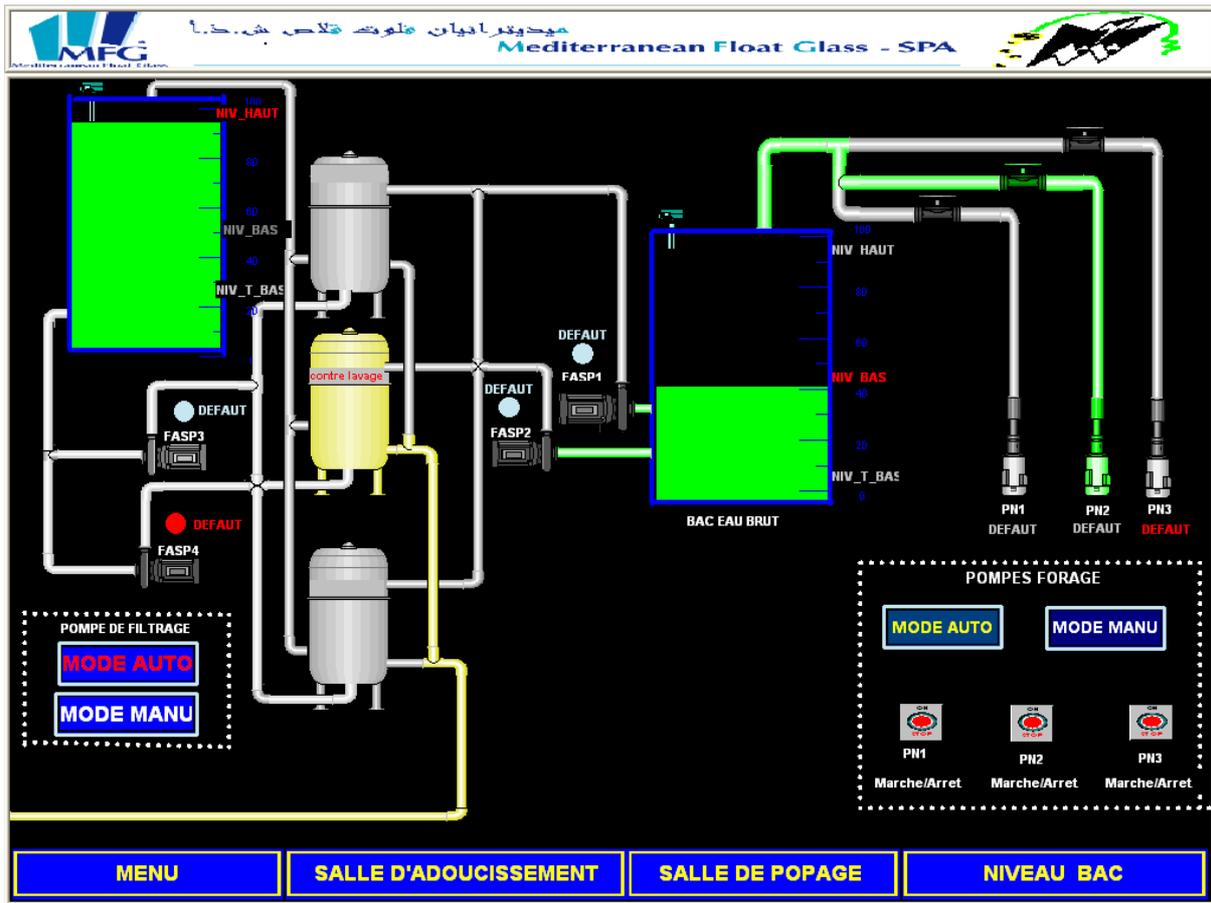


Figure V.4 Vue soutirage et filtration d'eau.

5.6.3 Vue salle d'adoucissement :

Cette vue nous permet de visualiser les états des pompes et des adoucisseurs et les niveaux des bacs, la valeur de la dureté de l'eau ainsi que la pression de service

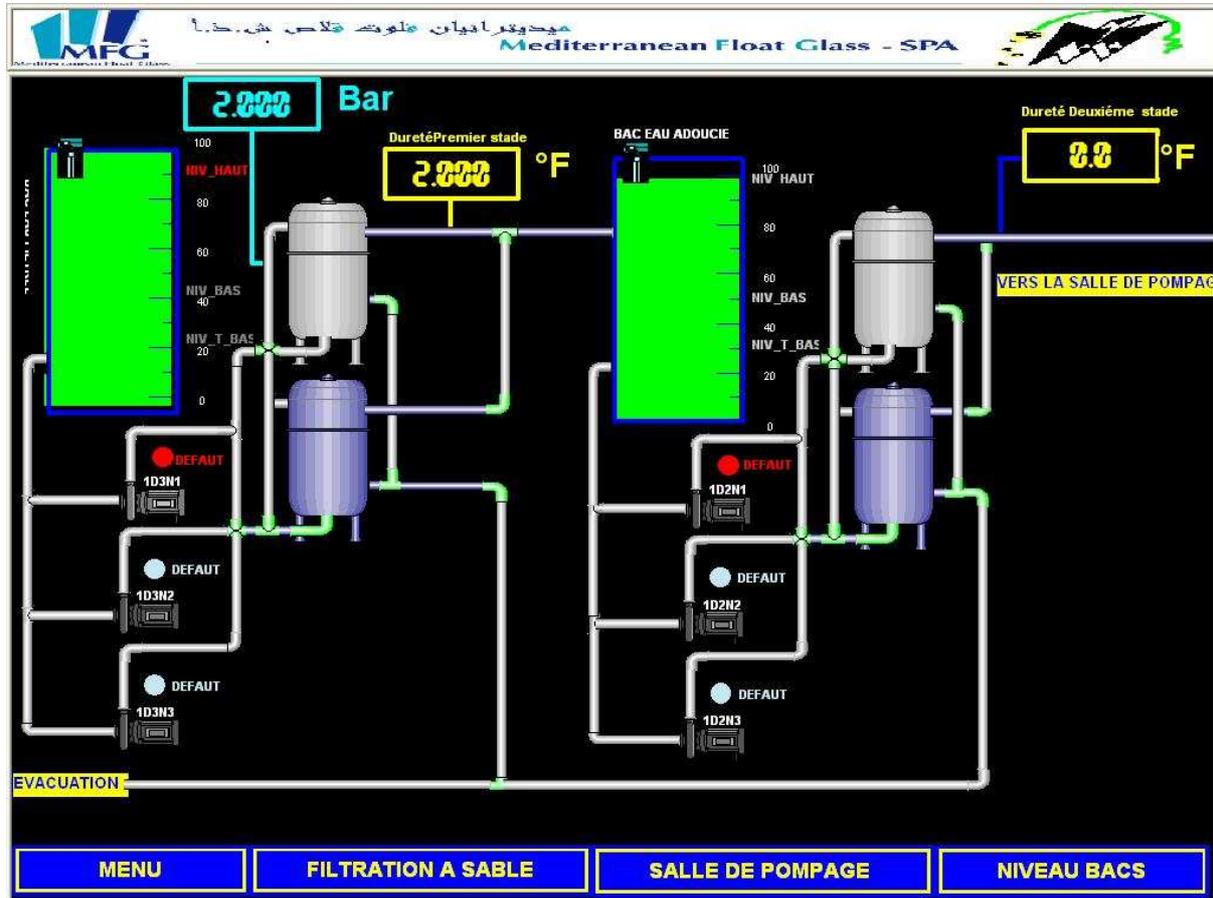


Figure V.5 Salle d'adoucissement.

5.6.4 Vue salle de pompage :

Cette vue sert à la commande des les pompes de circuit de refroidissement et de visualiser l'état des tour de refroidissement ainsi que les différentes pompes et les niveaux des bacs et du château d'eau.

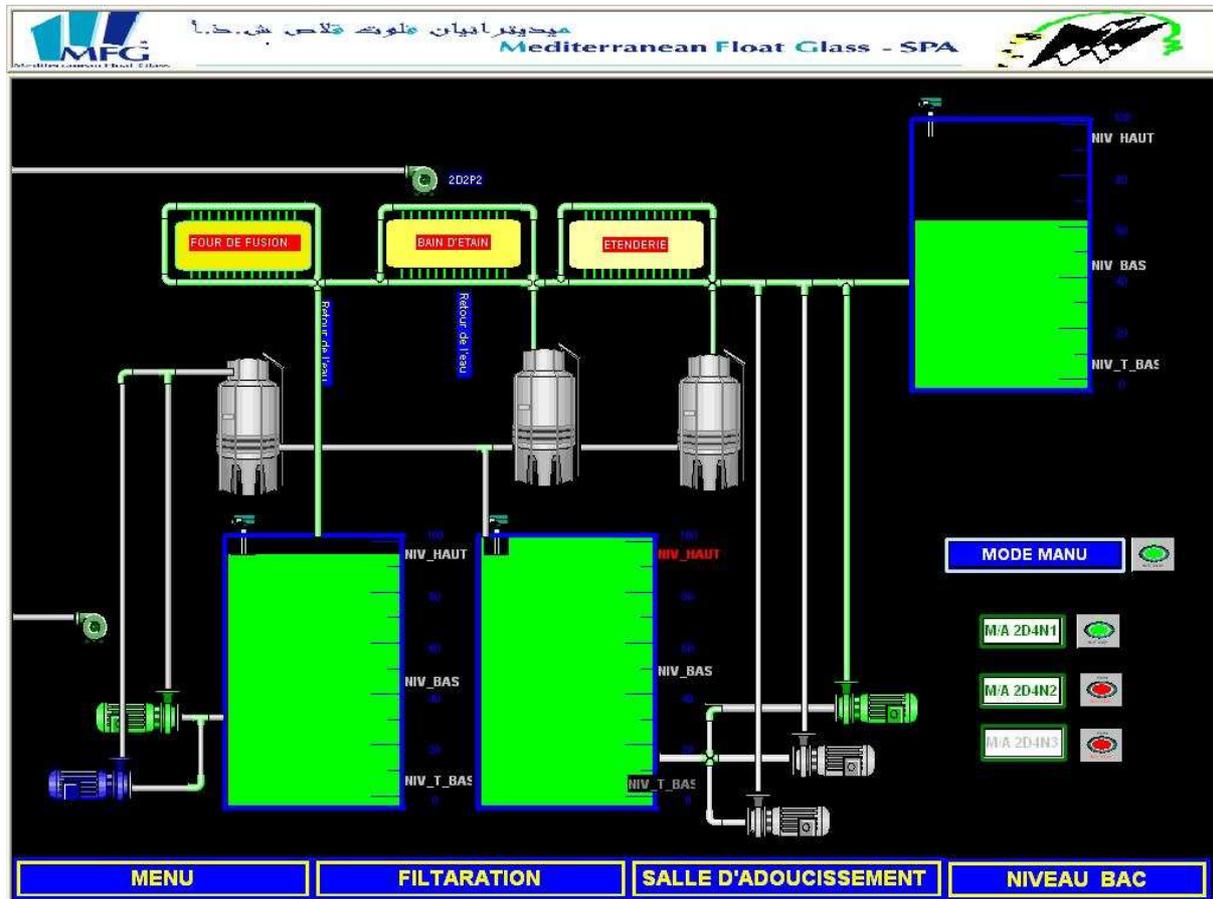


Figure V.6 Salle de pompage.

5.6.5 Vue des niveaux de tous les bacs.

Cette vue sert à la commande des les pompes de circuit de refroidissement et de visualiser l'état des tour de refroidissement ainsi que les différentes pompes et les niveaux des bacs et du château d'eau.



Figure V.7 Vue des niveaux de tous les bacs.

5.7 Conclusion

Dans ce chapitre, on a réalisé les vues de contrôle et de supervision de la station traitement d'eau qui permettent de suivre l'évolution du procédé en temps réel. On a constaté que le logiciel de supervision WinCC est très riche en options. Il est très puissant dans les solutions globales d'automatisation car il assure un flux continu d'informations. Ses composants conviviaux permettent d'intégrer sans problème les applications dont on a besoin.

Il combine entre l'architecture moderne des applications Windows et la simplicité du logiciel de conception graphique et intègre tous les composants nécessaires aux tâches de visualisation et de pilotage.

Avec la base de données process intégrée, WinCC constitue la plaque tournante de l'information pour une intégration verticale de l'entreprise et apporte plus de transparence dans la production grâce à Plant Intelligence.

Ce stage d'ingénieur que j'ai effectué chez MEDITERRANEAN FLOAT GLASS, s'est avéré très riche par la problématique traitée sur l'automatisation globale d'une station de traitement des eaux, mais également par l'expérience acquise sur le plan humain et technique.

Tout d'abord, ce stage a rempli sa première fonction, à savoir la découverte du monde industriel sur un projet à réaliser dans un temps impartis. Pour ce faire, j'ai été formé aux technologies de production du verre plat, qui par la précision exigée sur le produit final, demeure un processus long et très complexe.

D'autre part, la fonction occupée au sein du service technique m'a permis d'approfondir mes connaissances théoriques dans le domaine de l'automatisme industriel, de découvrir de nouvelles technologies associées aux commandes décentralisées ou télé conduites (maintenance à distance). De plus, mes compétences sur les solutions d'automatisations de SIEMENS, en particulier le logiciel Step7, ont permis une prise en main rapide et efficace dans la conduite de ce projet. Ce logiciel possédant une flexibilité essentielle pour la gestion de stations complexes. Ce travail m'a permis de conforter mes attentes sur l'importance de la supervision dans le domaine de l'automatisme industriel.

Le travail réalisé au cours de ce stage a permis de mettre en place une solution complète pour automatiser une station de traitement des eaux. MFG possède maintenant une solution répondant aux attentes du projet, à savoir de contrôler le processus de façon autonome et de bénéficier d'une flexibilité de travail plus importante, par exemple les changements futurs sur la station seront mieux anticipés. D'une manière générale, l'automatisation de la station a permis une meilleure fluidité de la ligne de production, de mettre en place un écran de supervision sur les pannes et dysfonctionnement, de réduire la détection de ces pannes et ainsi accroître la rentabilité du système global.

Au-delà d'enrichir mes connaissances dans les différents domaines techniques que requière cette expérience professionnelle, ce stage m'a beaucoup apporté au niveau des connaissances personnelles. La gestion d'un tel projet favorisant le travail en équipe, tout en exigeant une grande autonomie, m'a permis d'apprécier le déroulement de ce projet.

D'un point de vue personnel, ce stage aura été une partie de plaisir, bénéficiant d'une entreprise dynamique et accueillante. Il m'aura également apporté un enrichissement humain et scientifique, cela dans un domaine qui m'intéresse grandement.