

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE

OPTION : ELECTROMECHANIQUE

THEME

**Automatisation d'une station d'épuration a
Hassi r'mel**

Proposé et dirigé par :

Monsieur: **BELKHIRI** Salah

Présenté par :

Barkat samir

Khodja abderrachid

Ben taleb walid

Année Universitaire : 2010 / 2011

Remerciements

Nous tenons à remercier tout d'abord Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé, la patience, et la force d'accomplir ce travail.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur MR. BELKHIRI Salah pour avoir d'abord proposée ce thème, pour suivi continuel tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.

Nous remercions tout le personnel de la station d'épuration a hassi r'mel, qui nous ont aidé, conseillé, éclairé notre travail tout au long de notre projet et qui nous ont considéré comme membre de leur famille.

Nous tenons à remercier vivement toutes les personnes qui nous ont aidés à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues pour le soutien moral et matériel...

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE I : Automatismes générale	
I.1. Introduction	03
I.2. Définition d'un automatisme	03
I.3. Objectifs de l'automatisation	03
I.4. pourquoi les automatismes	03
I.5. Conduite et surveillance d'un système automatisé	04
I.6. Modules structurels	05
I.6.1. Schéma bloc	05
I.6.2. Schémas de procédés	06
I.7. Structure d'un système automatisé	07
I.7.1. Acquisition des données	08
I.7.1.1. Les capteurs.....	08
I.7.1.2. Différents types de capteurs.....	10
I.7.1.3. Les caractéristiques des capteurs.....	11
I.7.1.4. Choix d'un capteur	11
I.7.2. Actions	12
I.7.3. Dialogue d'exploitation (homme/Système)	12
I.7.4. Dialogue de supervision	13
I.7.5. Dialogue de programmation	13
I.7.6. Dialogue Homme/système	13
I.7.6.1. Roues codeuses	13
I.7.6.2. Clavier.....	13
I.7.6.3 Afficheur	13
I.7.6.4. Autre moyens.....	14
I.7.7. Traitement des données	14
I.7.8. Commande de puissance (pré actionneur)	14
I.7.9. Protection du système	15

I.8. Domaines de l'automatisme	16
I.9. Les solutions programmées	16
I.10. Conclusion	17

CHAPITRE II: Les Automates Programmables Industriels

II.1.Introduction	18
II.2.Historique	18
II.3.Définition et caractéristique	19
II.4.les avantages et les inconvénients	20
II.4.1.Avantages.....	20
II.4.2.Inconvénients	20
II.5.L'architecture d'un automate programmable	20
II.5.1.L'alimentation.....	22
II.5.2.L'unité centrale (UC).....	22
II.5.2.1.Notion de BUS	23
II.5.2.2.Le processeur.....	23
II.5.2.3.La mémoire	24
II.5.2.4.Le programme	25
II.5.2.5.Principe de fonctionnement de l'UC	26
II.5.2.6.Les interruption.....	27
II.5.3. Les modules d'Entrées/Sorties d'un API	27
II.5.3.1.Les signaux d'Entrées/Sorties	27
II.5.3.2.Les modules d'Entrées/Sorties.....	28
II.5.4.Les modules spécialisés	29
II.5.5.Fonctionnement cyclique des A.P.I	30
II.6.Environment d'un automate	32
II.6.1.Environment physique et mécanique	32
II.6.2.Environment chimique	32
II.6.3.Environment électrique	32
II.7.Les langages des A.P.I	33
II.7.1.Langage littéraux	33

II.7.1.1. Langage liste d'instruction IL.....	33
II.7.1.2. Langage structuré S.T.....	33
II.7.2.Langages graphiques	35
II.7.2.1. Le langage de relais.....	35
II.7.2.2. Le langage à contacts (LADDER)	35
II.7.2.3.Le langage à logigramme	36
II.7.2.4. Le GRAFCET	37
II.7.2.4.1.Définition	37
II.7.2.4.2.Règles d'évolution.....	37
II.8.Console de programmation.....	39
II.9.protection de l'automate	39
II.9.1.Les modules à sortie statique	39
II.9.2.Les modules à relais électromagnétique.....	40
II.10.Choix d'un API par rapport à d'autres solutions.....	40
II.11.Conclusion	42

CHAPITRE III: description de la Station d'épuration des eaux usées domestiques

III.1.Introduction.....	43
III.2.Présentation de la société SONATRACH	43
III.2.1.Organis de la direction régionale de SONATRACH	44
III.3.Présentation de la région de Hassi R'mel	44
III.3.1.Situation géographique de la région de hassi r'mel.....	45
III.3.2.Le climat de Hassi R'mel.....	45
III.3.3.La zone industrielle de hassi r'mel	46
III.3.4.Organigramme de la direction logistique	47
III.3.5.La pollution dans le champ de Hassi R'mel	48
III.3.6.Eaux usées d'origine industrielle	48
III.3.7.Eaux usées d'origine domestiques.....	48
III.4. description de la Station d'épuration des eaux usées domestiques de Hassi R'mel.....	49

III.4.1.Présentation de la station	49
III.4.2.Données de base de la station	50
III.4.3.Description de la Procédure de Traitement de la Station de Hassi R'mel.....	51
III.4.3.1.Prétraitement.....	51
III.4.3.2.traitement biologique	54
III.4.3.3. Désinfection des Eaux.....	59
III.4.3.4. Filière de Traitement des Boues	59
III.4.3.5.Traitement chimique.....	60
III.4.3.5.1.chloration	60
III.5.Conclusion.....	63

CHAPITRE IV: étude et simulation de l'étape de prétraitement

IV.1.Introduction.....	65
IV.2.étude et simulation de l'étape de prétraitement	66
IV.2.1.les pompes étudiées.....	67
IV.3.Programmation.....	67
IV.3.1.Création d'un projet avec STEP7	67
IV.3.2.Configuration matérielle	68
IV.3.3.Création du programme.....	69
IV.4.Simulation du programme.....	70
IV.5.Le programme de Commande automatique de l'étape de prétraitement.....	72
IV.5.1.Aérateur	72
IV.5.2.pompe de graisse.....	77
IV.5.3.pompe de sable	80
IV5.4.les pompes de relevage	88
IV.6. Conclusion.....	107
Conclusion Générale.....	108

Bibliographie

Liste des figures

CHAPITRE I: Automatismes générale

Fig I.1: Exemple de schéma bloc.....	6
Fig I.2: Exemple de schéma de procédé.....	7
Fig I.3: Structure d'un système automatisé.....	8
Fig I.4: Schéma de principe de capteur.....	9
Fig I.5: hystérèse.....	9
Fig I.6: Signaux des données.....	10

CHAPITRE II: Les automates programmables industriels

Fig II.1: Automate compact (Modico).....	20
Fig II.2: Automate modulaire (Allen-bradley).....	20
Fig II.3: Structure interne d'un API et de son organisation autour du BUS.....	22
Fig. II.4: Structure de l'UC d'un A.P.I.....	23
Fig II.5: Automate modulaire (Siemens).....	31
Fig II.6: Exemple de programmation en langage liste d'instruction.....	34
Fig II.7: Exemple de programmation en langage structuré.....	35
Fig II.8: Exemple de programmation en langage à contacts (LADDER).....	37
Fig II.9: Exemple de programmation en langage à logigramme.....	37
Fig II.10 : Les composants d'un GRAFCET.....	38
Fig II.11: Etape initiale.....	38
Fig II.12: Le franchissement d'une transition.....	39

CHAPITRE III: station d'épuration des eaux usées domestiques

Fig III.1 : Organisme de la direction régionale de SONATRACH.....	45
Fig III.2: Situation géographique de Hassi R'mel.....	47
Fig III.3: Organigramme de la direction logistique.....	48
Fig III.4: Schéma de collecte des eaux usées domestique de Hassi R'mel.....	53
Fig III.5: Traitement physique (Tamisage- Dessablage – déshuilage).....	53
Fig III.6 : Dégrillage, à gauche Grille à faible écartement (5 cm), à droite Grille plus fine (1,5 mm).....	54
Fig III.7 : Dessableur-Déshuileur.....	54

Fig III.8 : Bassin d'aération : à droite aérateur de surface « turbine », à gauche arrivée des eaux usées et de boues activée.....	56
Fig III.9: traitement biologique (Bassin d'aération).....	56
Fig III.10 : Différentes étapes du mécanisme aérobie de l'épuration des eaux résiduaires Urbaines.....	58
Fig III.11: Traitement physique (Clarification- Recirculation).....	59
Fig III.12: L'eau épurée.....	60
Fig III.13 : Lit de séchage des boues.....	61
Fig III.14: traitement chimique (chloration).....	62

CHAPITRE IV: étude et simulation de l'étape de prétraitement

Fig IV.1: armoire électrique.....	65
Fig IV.2: assistant nouveau projet.....	66
Fig IV.3: vue des composants d'un projet.....	67
Fig IV.4: configuration matériel(Modules).....	68
Fig IV.5: table mnémorique.....	69
Fig IV.6: création du programme.....	69
Fig IV.7: activer- désactiver le simulateur à partir de l'interface.....	70
Fig IV.8: l'environnement de S7-PLCSIM.....	70
Fig IV.9: réglage des paramètres.....	71
Fig IV.10: chargement du programme à simuler.....	71
Fig IV.11: visualisation des programmes.....	72

Introduction Générale

La compétitivité des entreprises impose un recours à la fois fréquent et intensif à des technologies de production avancées. Avec la progression continue de la technologie, les critères demandés ne s'arrêtent pas uniquement à l'augmentation de la productivité, l'amélioration de la qualité du produit ou la diminution des coûts de production, mais concernent aussi l'amélioration des conditions de travail, l'accroissement de la sécurité et la suppression des tâches pénibles et répétitives. La productivité et la complexité des opérations à exécuter, conduisent à la mise en oeuvre de dispositifs et systèmes pour l'automatisation des ateliers de fabrication ou de production.

Les méthodes de fabrication actuelles subissent des mutations importantes et font de plus en plus appel à l'automatisation. Cette évolution est caractérisée par un développement spectaculaire des systèmes programmés. Parmi les solutions programmées on trouve les A.P.I (automate programmable industriel) qui présentent une structure permettant une maintenance rapide de son fonctionnement et de son environnement, la grande importance de ces machines électroniques (A.P.I) dans le domaine industriel nous a amené à consacrer dans notre mémoire une étude complète avec un exemple pratique pour mettre en évidence leurs performances.

Un automate programmable est un système électronique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel, il comporte une mémoire programmable par un utilisateur automatique (et non informaticien) à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme.

L'évolution de cette technologie est basée sur l'automatisation des équipements industriels pour le bon fonctionnement des complexes, usines, stations...etc et dans le but d'amélioration des applications (programmes) de gestion des stations de pompage nous allons proposer l'automatisation d'une station d'épuration des eaux usées englobant l'essentiel des systèmes que nous puissions trouver dans une station d'épuration réelle, que ce soit du point de vue Hardware ou Software.

Le mémoire est structuré comme suit :

Dans le premier chapitre l'importance d'un système automatisé et leur composante ainsi que leurs avantages et Inconvénients ...etc.

Ensuite, dans le deuxième chapitre, l'étude théorique sur les API a été établie. Nous avons décrit leurs architectures comme : le CPU et les modules d'entrées/sorties ... en terme matériel ; l'interface de programmation ... en terme logiciel.

Dans le troisième chapitre, nous allons présenter la description complète de la station d'épuration des eaux usées et le processus de l'opération.

Quant au quatrième chapitre nous proposons une étude complète de programmation et simulation pour commander l'étape de prétraitement automatique par l'automate programmable S7 300 (S7 314IFM) à l'aide du logiciel STEP7.

I.1. Introduction

Depuis déjà plus d'une trentaine d'années, les processus d'automatisations ont subi une évolution accrue tant dans les règles qui régissent que dans la technologie et les méthodes. Pour répondre à une demande toujours croissante en complexité sécurité et souplesse de fonctionnement des machines. Les techniques ont subi de profondes transformations.

Dans Ce chapitre on va exposer une étude générale sur l'automatisme.

I.2. Définition d'un automatisme [1]

Un automatisme est un système capable d'évoluer seul (sans l'intervention d'un opérateur) dès que certaines conditions initiales sont satisfaites, jusqu'à la fin d'un cycle de production ou de décision. L'évolution normale d'un automatisme sans l'intervention d'un opérateur, est nécessairement due à la présence dans la partie commande d'un organe artificiellement intelligent appelé automate.

I.3. Objectifs de l'automatisation [2]

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par : accroître la productivité du système c'est-à-dire augmenter la quantité de produits élaborés pendant une durée donnée. Cet accroissement de productivité exprime un gain de valeur ajoutée sous forme :

- d'une meilleure rentabilité.
- d'une meilleure compétitivité.
- améliorer la flexibilité de production.
- améliorer la qualité du produit grâce à une meilleure répétabilité de la valeur ajoutée.
- s'adapter à des contextes particuliers :

Adaptation à des environnements hostiles pour l'homme (milieu salin, spatial, nucléaire...), adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...), augmenter la sécurité, etc...

I.4. pourquoi les automatismes ? [3]

Une machine ou un complexe industriel qui déroule seul son processus de fonctionnement dès que certaines actions initiales l'ont fait démarrer (pression sur un bouton poussoir ou grandeur physique agissant sur un capteur, etc...) est ce que l'on appelle communément un processus automatique ou un automatisme tout court. De telles installations ont été mises au point en vue

d'apporter des solutions à des problèmes à caractère technique, économique, de sécurité et/ ou humains.

Un processus automatique doit permettre au moins :

- ✓ L'élimination des tâches complexes, fatigantes, rebutantes et dangereuses. L'accroissement de la production ainsi que de la productivité en général (l'industrielle, agricole, alimentaire, ... etc.).
- ✓ La souplesse de changement de fabrication nécessaire, lors de basses répétitivités, pour passer d'un type de fabrication à un autre le plus aisément possible.

Simultanément :

- ✓ L'amélioration de la qualité des produits fabriqués ou conditionnés.
- ✓ Une plus grande sécurité du personnel.
- ✓ La surveillance et la protection des complexes et des machines industrielles.

Enfin, la réduction du prix de revient de l'article fabriqué ou conditionné.

A quelle technologie qu'ils appartiennent, les processus automatiques pénètrent chaque jour davantage dans tous les secteurs d'activité industrielle, à tous les niveaux, et jusqu'au secteur tertiaire.

I.5. Conduite et surveillance d'un système automatisé [4]

Il s'avère très difficile en pratique d'intégrer dans une Partie Commande la totalité des savoir faire humains de sorte que l'automatisation reste souvent partielle :

Certaines tâches restent confiées à des intervenants humains.

A ces causes techniques viennent s'ajouter des considérations économiques de compétitivité, des considérations financières imposant un fractionnement des investissements, des considérations sociales d'automatisation douce.

Certaines tâches restent donc manuelles et l'automatisation devra donc prendre en compte la spécificité du travail humain, c'est à dire en particulier :

- assurer le dialogue entre les intervenants et le système automatisé.
- assurer la sécurité de ces intervenants dans l'exécution de leurs tâches manuelles.

En outre le modèle de fonctionnement de la Partie Commande, choisi par le concepteur du système, ne correspond qu'à un ensemble de situations prévues, c'est-à-dire retenues par le concepteur parmi un ensemble de situations possibles.

Or il est impératif de pouvoir faire face à des situations non prévues (donc non retenues en général pour des raisons économiques compte tenu de leur faible probabilité).

Seul un opérateur peut alors intervenir et prendre les décisions requises par cette situation : il assure une fonction de conduite et de surveillance du système automatisé. Cette fonction peut être plus ou moins assistée par un ensemble de moyens (pupitres, informatique...).

Le concepteur devra alors :

- fournir à l'intervenant (ou lui permettre de prélever) toutes les informations significatives (ou indices) nécessaires à l'analyse de la situation.
- lui permettre d'agir sur le système, soit directement (dépannage...), soit indirectement (consignes de sécurité, de marches et d'arrêts...).

I.6. Modules structurels

Les modèles structurels représentent de quoi est constitué une machine ou un système mais ils ne fournissent pas d'information de comment elle fonctionne.

Une machine est généralement un ensemble complexe d'éléments, mais complexité ne veut pas dire complication. Sa structure peut être représentée par un modèle grossier qui présente les éléments principaux ; ceux-ci peuvent subséquemment être décomposés en sous éléments pour affiner le modèle d'origine.

Un modèle représente une machine mais ne doit en aucun cas la simplifier.

I.6.1. Schéma bloc

Le premier niveau de modélisation est appelé schéma bloc, il donne une vue d'ensemble de la machine : de ses éléments constitutifs principaux et des réseaux d'interconnexion. Chacun des éléments constitue un bloc représenté par une forme géométrique : carré, rectangle, cercle, ovale ou polygone. Les réseaux qui relient les différents éléments sont représentés par des lignes : droites polygonales ou courbes. Les flèches indiquent le sens des flux.

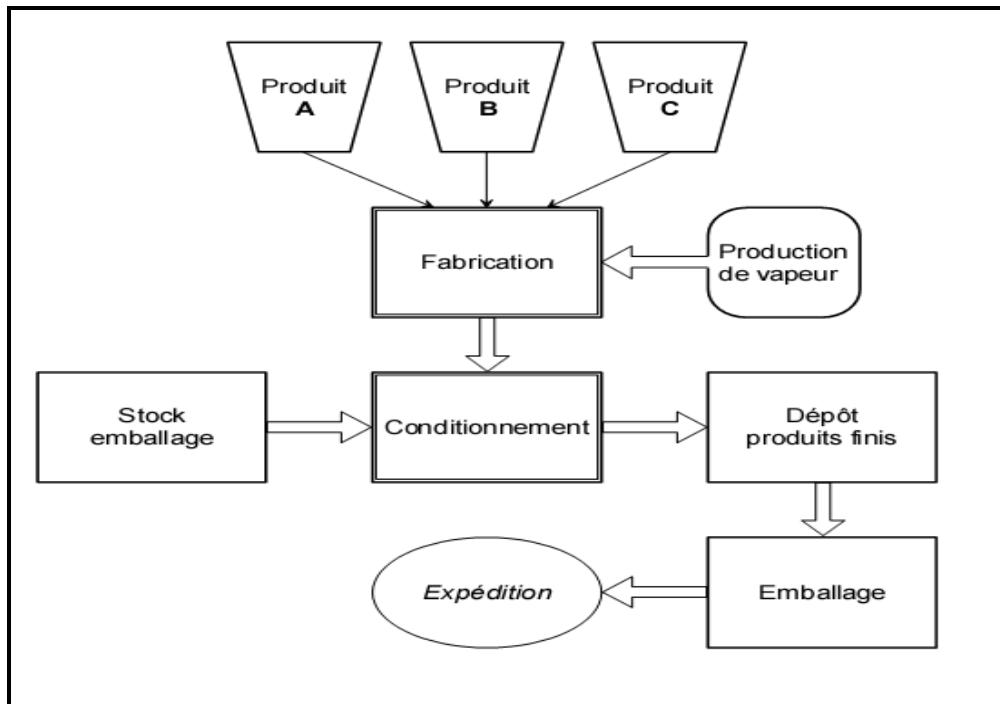


Fig I.1: Exemple de schéma bloc

Si la machine est complexe elle sera représentée par plusieurs niveaux de schémas bloc ; le premier niveau en donnera une vue générale, chaque bloc représentant un sous-ensemble de la machine, chaque bloc peut être développé pour représenter plus finement les niveaux suivants développeront les différents sous-ensembles.

I.6.2. Schémas de procédés

Le schéma de procédé également appelé schéma T+I (tubes et instruments) ou (P+I pour Pipes and instrumentation en anglais) représente un synoptique détaillé de tous les organes d'une machine. Sur ces schémas chaque élément est représenté par un symbole et identifié par une étiquette (Tag). Ils indiquent également la localisation des différents points de mesure et d'action sur la machine.

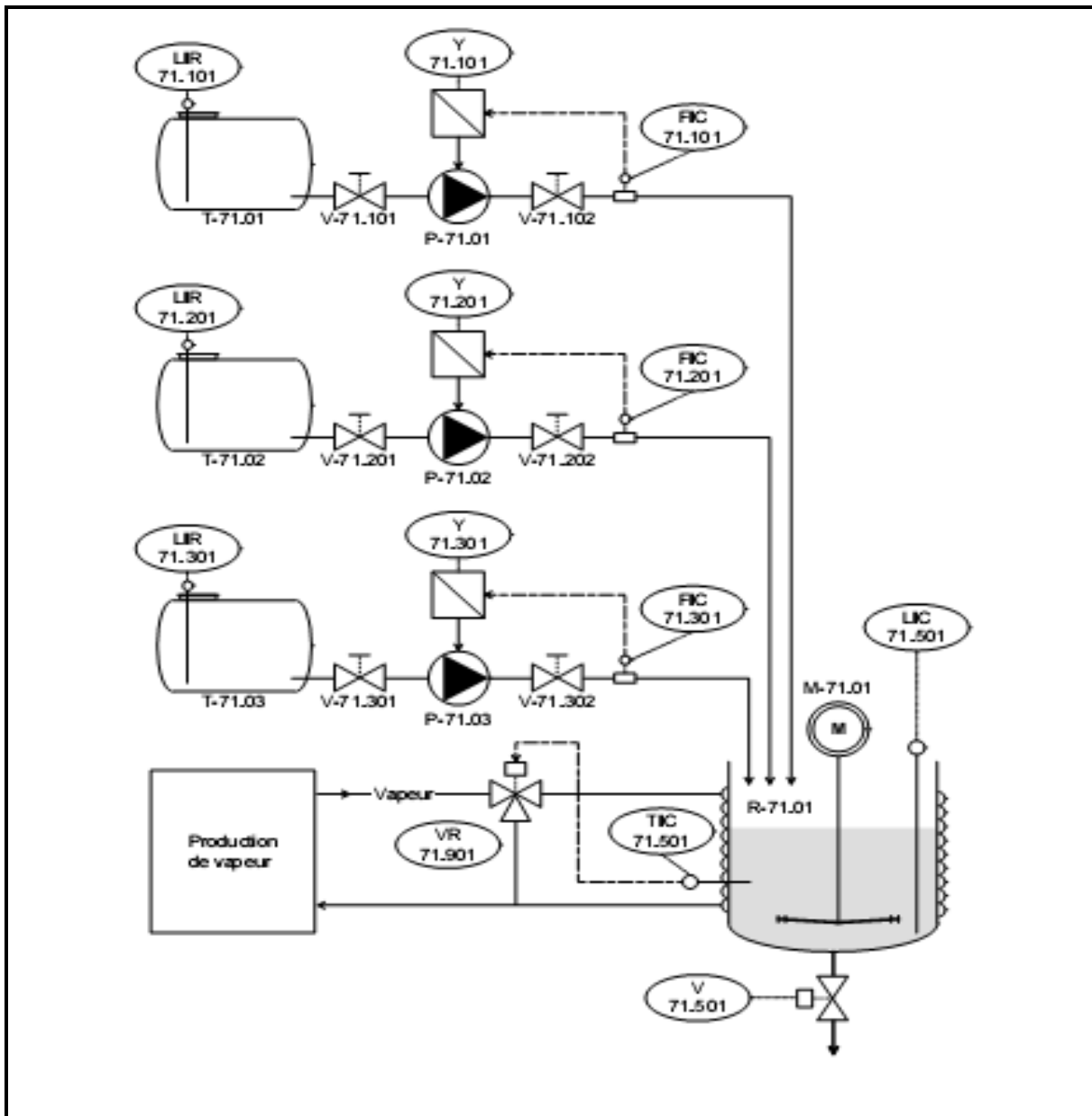


Fig I.2: Exemple de schéma de procédé?

I.7. Structure d'un système automatisé [5]

Tout système automatisé comporte :

- une **partie opérative** (P.O.)
- une **partie commande** (P.C)

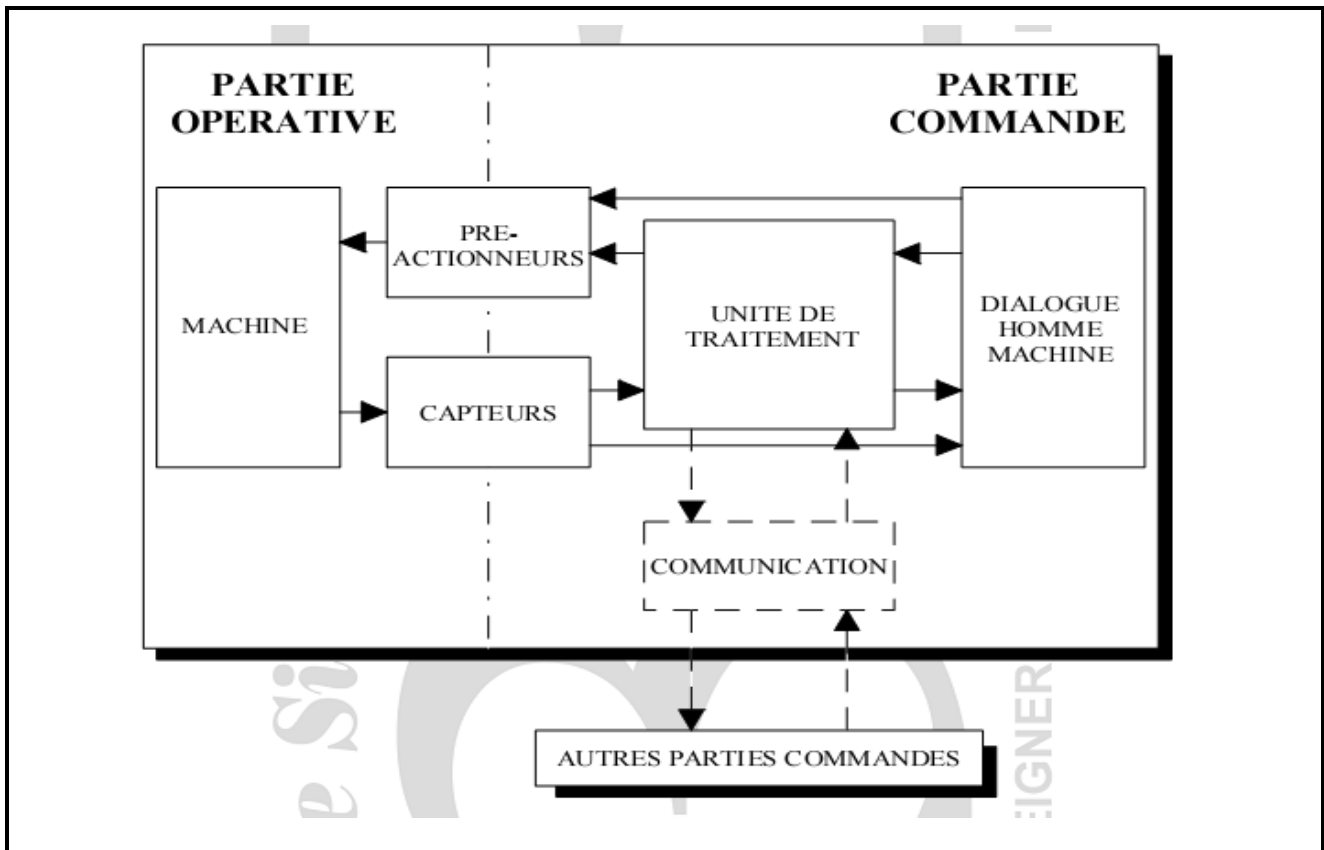


Fig I.3: Structure d'un système automatisé

I.7.1. Acquisition des données [6]

L'automatisation d'une machine ou d'une installation nécessite la prise en compte permanent des informations de commande, de position, de température, de vitesse...

Ces informations sont transmises à la partie commande de la machine sous forme de messages codés.

I.7.1.1. Les capteurs [2]

Les capteurs sont des éléments qui transforment une grandeur physique (position, distance, vitesse, température, pression, etc.) d'une machine ou d'un processus en une grandeur normée,

Un capteur est caractérisé par :

- son étendue de mesure qui correspond aux limites de variation de la grandeur à mesurer ;
- sa précision qui est l'incertitude absolue sur la grandeur mesurée ;
- sa sensibilité qui est la plus petite variation de la grandeur à mesurer qu'il est capable de voir ;
- sa linéarité qui représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure ;

La plus part des capteurs industriels comportent 3 parties :

Un transducteur de mesure qui exploite un effet physique de la modification des propriétés d'un corps (fréquence d'oscillation, résistivité, luminosité, piézo-électricité, déformation mécanique, émission radioactive, etc...) pour transformer la grandeur à métrer en un signal électrique de bas niveau (mV, μ A).

Un circuit électronique de mise en forme qui amplifie le signal à un niveau exploitable (V, mA) et, si nécessaire, la linéarité et corrige sa valeur en fonction d'autres grandeurs (variation de la température ambiante notamment). Cette opération est souvent effectuée par traitement numérique avec un microprocesseur. Un transmetteur qui est le circuit d'interface transformant le signal en une tension ou un courant normé (+/- 10V, 0..20 mA, 4..20 mA) interprétable par le dispositif de contrôle commande.

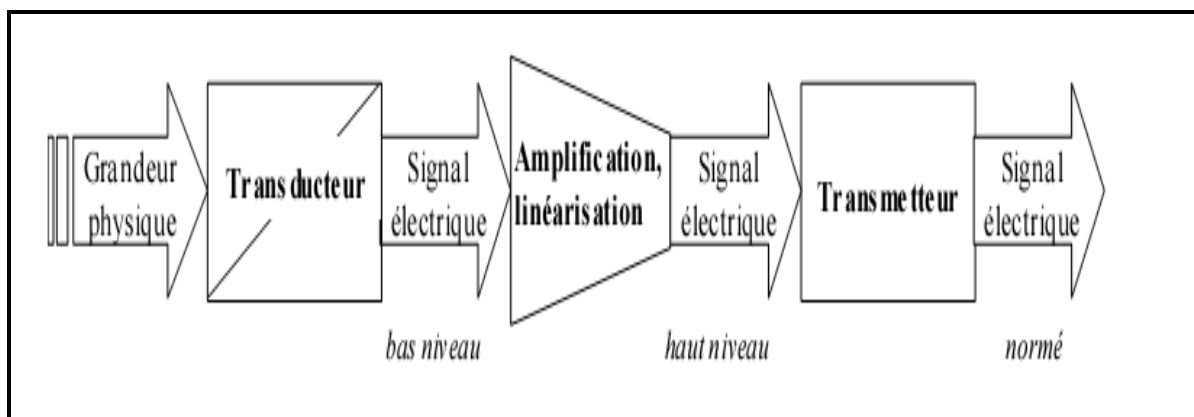


Fig I.4: Schéma de principe de capteur

On distingue trois catégories de capteurs :

❖ Capteur digital (TOR) [1], [6]

Les capteurs digitaux, appelés également détecteurs, donnent une information binaire, tout ou rien (TOR): "1" ou "0", vrai ou faux, présent ou absent. Ils ont deux états stables: si la valeur de la grandeur est supérieure à un seuil le signal de sortie vaut "1", si elle est inférieure le signal vaut "0". Les niveaux de commutation sont généralement différents pour le passage de l'état "0" à l'état "1" et pour le passage de l'état '1' à l'état '0'. Ce décalage s'appelle l'hystérèse voir Fig I.5.

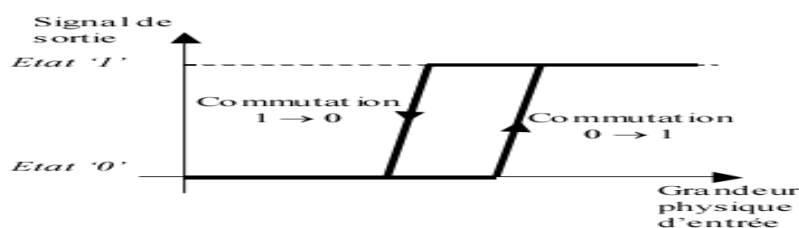


Fig I.5: hystérèse

Une hystérèse est parfois inhérente au système de mesure. Lorsque ce n'est pas le cas, elle est souvent réalisée artificiellement par une astuce mécanique (exemple : ressort dans les interrupteurs électriques) ou électronique. Elle évite alors que le signal de sortie prenne une valeur intermédiaire dans la zone de commutation, ou, pire, qu'il oscille entre les états '1' et '0' (rebonds).

❖ Capteur analogique [1], [5]

Les capteurs analogiques, donnent un signal de mesure proportionnel à la grandeur physique mesurée (distance, vitesse, intensité, température, pression, etc...) pour une plage de mesure donnée et dans des conditions données. Au delà de ces limites le capteur ne donne plus un signal linéaire, il sature ou n'a plus une sensibilité suffisante. Si les limites sont largement dépassées le capteur peut être détruit.

❖ Capteur numérique [5]

Il se présente sous la forme d'impulsions électriques générées simultanément sur plusieurs fils (mode série).

Cette transmission est compatible avec les systèmes informatiques de traitement et la plupart des automates programmables industriels, par exemple : un codeur absolu de position angulaire fourni un mot de 8 bits qui est l'image de la position de l'axe.

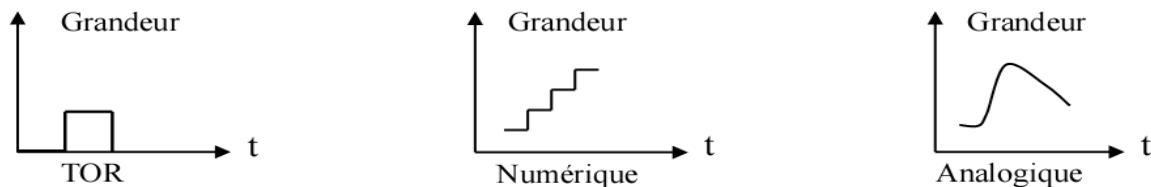


Fig I.6: Signaux des données

I.7.1.2. Différents types de capteurs [7]

- **Capteurs de température :**
 - ✓ Thermomètres
 - ✓ à résistance métallique (RTD).
 - ✓ Thermistances.
 - ✓ Thermocouple.
- **Capteurs de position et de déplacement:**
 - ✓ Capteur potentiométriques.
- **Capteur de déplacements linéaires à transformateur différentiel.**

- ✓ Détecteur de position inductive.
- ✓ Détecteur de position capacitive.
- **Capteur optique :**
 - ✓ Photorésistance.
 - ✓ Photodiode.
 - ✓ Phototransistor.
- **Capteurs incrémentaux**
- **Capteur magnétique.**
- **Capteur de courant.**

I.7.1.3. Les caractéristiques des capteurs [2]

On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs de proximité. Chaque catégorie peut être subdivisée en trois catégories de capteurs : les capteurs mécaniques, électriques, pneumatiques.

Les principales caractéristiques des capteurs sont :

- ❖ **L'étendue de la mesure :** c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.
- ❖ **La sensibilité :** c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.
- ❖ **La rapidité :** c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.
- ❖ **La précision :** c'est la capabilité de répétabilité d'une information position, d'une vitesse.

I.7.1.4. Choix d'un capteur [8]

Tous les capteurs dont les fonctionnements ont été décrits précédemment présentent deux parties distinctes. Une première partie qui a pour rôle de détecter un événement et une deuxième partie qui a pour rôle de traduire événement en un signal compréhensible d'une manière ou d'une autre par une partie PC. Pour choisir correctement un capteur, il faudra définir tout d'abord :

- Le type événement à détecter.
- La nature d'événement.

- La grandeur de l'événement.
- L'environnement de l'événement.

En fonction de ces paramètres on pourra effectuer un ou plusieurs choix pour un type de détection. D'autres éléments peuvent permettre de cibler précisément le capteur à utiliser :

- Ses performances.
- Son encombrement.
- Sa fiabilité (MTBF).
- La nature du signal délivré par le capteur (électrique, pneumatique).
- Son prix...

I.7.2. Actions [5]

A chaque action de la machine (dispositif, processus, procédé, etc.) est associée un actionneur (moteur, électro-aimant, vérin, résistance de chauffage, électrodes d'électrolyse, etc...) et un dispositif de commande de cet actionneur appelé pré-actionneur (contacteur, unité à triac, distributeur, gradateur, variateur, etc...).

Ces deux fonctions nécessitent souvent une interface pour adapter les signaux entre la partie commande et la partie opérative. Ces interfaces font partie de la frontière entre la partie commande et la partie opérative. Et donc, selon les intervenants elle sera traitée par le responsable de la PC ou par celui de la PO.

I.7.3. Dialogue d'exploitation (homme/Système) [6]

Lors de l'exploitation, des dialogues entre la machine et l'homme sont nécessaires. Ils ont pour objet :

- La conduite de la machine ou des processus (ordres, consignes, etc...).
- Les réglages et mises au point à effectuer.
- Les maintenances préventives ou dépannages à effectuer.

Cette fonction est assurée par les éléments suivants :

- Des composants (constituants) implantés tels que : boutons poussoirs, roues codeuses, claviers pupitres, voyants, afficheurs, etc...
- Des composants (constituants) d'exploitations tels que : claviers d'exploitation écrans de contrôle amovibles, terminaux d'exploitation des automates programmables.

I.7.4. Dialogue de supervision [5]

Les systèmes automatisés s'intègrent souvent dans une production gérée de manière centralisée par un superviseur. Les systèmes automatisés seront donc, en générale, prévus pour dialoguer avec les autres et avec le superviseur ce type de dialogue sera on général de type SERIE (asynchrone ou synchrone).

I.7.5. Dialogue de programmation [5]

La première mise en œuvre d'un dispositif, et les évolutions éventuelles, exigent souvent une programmation ; les terminaux de programmation sont dédiés à cette tâche.

I.7.6. Dialogue Homme/système [5]

Nous allons voir quelque détails sur des éléments simples de ce dialogue que sont : les roues codeuses, les claviers et les afficheurs à segments.

I.7.6.1. Roues codeuses [5]

Roues codeuses sorte de commutateur, la roue codeuse permet d'introduire manuellement d'une valeur numérique (quatre bits en général). Ces valeurs sont, soit directement exploitable (Codes décimaux), soit elles nécessitent un transcodage (codes binaires ou autres).

I.7.6.2. Clavier [5]

Clavier ce sont des appareils à touches utilisés pour entrer des informations numériques ou alphanumériques. Chaque touche est équipée d'un ou plusieurs contacts qui délivrent un signal celui-ci est traité de façon à obtenir une information dans le code désiré.

I.7.6.3 Afficheur [5]

Nous nous intéresserons qu'au code DCB, Les méthodes de conception des circuits de transcodage décrits ici peuvent être étendues sans difficultés aux autres codes décimaux ou alphanumériques.

- Le contenu d'un compteur DCB peut être affiché au moyen de divers dispositifs optiques : Lampes à incandescences.
- Tubes à gaz.
- Matrices à diodes électroluminescentes.

Dans tous les cas, il est nécessaire de traduire l'information binaire à plusieurs bits, en un signal capable d'illuminer le chiffre correspondant du dispositif d'affichage.

I.7.6.4. Autre moyens [6]

La fonction dialogue entre l'opérateur et la machine est l'une des fonctions des automatismes progressant le plus rapidement ; on comprend aisément cette évolution, c'est en effet la fonction la plus directement apparente à l'utilisateur. Les interfaces utilisateurs des ordinateurs (WINDOWS ou équivalent) jouent ce rôle.

I.7.7. Traitement des données [5]

L'ensemble des informations saisies par les capteurs est transmises à l'unité de traitement qui élabore les ordres d'actions, selon une procédure bien définie. En fonction de la nature de l'automatisme, le cycle de fonctionnement peut être combinatoire, soit séquentiel.

- ❖ **Cycle combinatoire** : le cycle de fonctionnement est réalisé uniquement par la combinaison de valeur primaire. La commande des sorties est directement liée aux informations présentes à un instant donné, Les actions antérieures ne sont pas mémorisées.
- ❖ **Cycle séquentiel** : le cycle de fonctionnement est défini en tenant compte des variables et secondaires. La commande des sorties est liée non seulement aux informations présentes, mais également aux actions passées, Ce cycle comporte obligatoirement des mémoires.

I.7.8. Commande de puissance (pré actionneur) [5]

Ils servent à mettre en service ou hors service un actionneur, une machine ou une installation. Ils permettent d'assurer en toute sécurité, la bonne marche d'un équipement.

Les signaux disponibles à la sortie de l'unité de traitement (variable de sortie) sont appliqués aux circuits de commande d'organes amplificateurs (bobine de relais, de contacteurs, distributeurs. etc...), dont le circuit puissance alimente les actionneurs (moteurs, vérins, etc...). Ces amplificateurs sont choisis en fonction de technologie retenue, de la puissance des actionneurs et de leurs conditions de fonctionnement.

Les principaux amplificateurs (ou pré actionneurs) sont :

- ❖ **Appareils de sectionnements** : ils permettent l'isolation ou la mise sous énergie d'un système, ils sont toujours à commande manuelle et interviennent sur un circuit à vide (c'est-à-dire aucun actionneur alimenté par ce circuit ne fonctionne), Ex : sectionneur.
- ❖ **Appareil de commutation** : ils permettent de mettre un actionneur sous ou hors énergie, ils peuvent être à commande manuelle ou à commande automatique et interviennent sur un circuit à vide ou en charge (c'est-à-dire lorsqu'un ou plusieurs actionneurs, alimentés par ce circuit, fonctionnent), Ex: contacteur, démarreurs, variateurs de vitesse, etc...

I.7.9. Protection du système [5]

Les appareils de protection assurent le bon fonctionnement d'une installation ou d'une machine et la sécurité des personnes contre tout dysfonctionnement d'origine :

- Electrique : surintensité (surcharge et court-circuit), surtension.
- Pneumatique : surpression.
- Hydraulique : surpression.

Les différents types de protection et les produits correspondants utilisés dans les équipements automatiques à contacteur sont les suivants :

- Protection contre les surcharges importantes : relais électromagnétiques.
- Protection contre les courts-circuits : fusible.
- Protection contre la marche en monophasé : relais thermiques différentiels, sectionneurs équipés d'un dispositif adéquat et munis de fusibles à percuteur
- Protection à manque de tension : contacteur avec auto-alimentation, relais de mesure.
- Protection à maximum d'intensité : relais de mesure.
- Protection contre des démarrages trop longs ou trop fréquents : contrôle de la durée d'une opération, relais temporisateurs thermiques.

Différentes sources d'alimentation en énergie peuvent être utilisées dans les machines automatisées ou non automatisées, en fonction :

- De la puissance nécessaire.
- Du coût de revient.
- Du lieu d'exploitation.
- De l'importance de l'automatisation.

Ces différentes énergies, qui peuvent être produites par des générateurs sur place ou extérieurement à l'installation, sont principalement :

- ❖ **Electrique** : On peut trouver, dans une même machine automatisée, une source d'énergie (électricité), deux sources d'énergie associées (électricité et hydraulique, ou électricité et pneumatique), ou les trois sources d'énergie.
- ❖ **Pneumatique** : produite par un compresseur entraîné par un moteur, c'est pour alimenter les machines fonctionnant avec un automatisme simple.

- ❖ **Hydraulique** : produite par un pompe entraînée par un moteur, c'est lorsque les puissances mise en jeu par les actionneurs sont importantes.

I.8. Domaines de l'automatisme [9]

- ❖ **Commande de machines et d'installation** : C'est le domaine principal d'application des automates programmables industriels et c'est dans ces domaines qu'ils jouent le rôle principal dans la commande. On parle de commande d'installation lorsque les appareils sont fixés au bâtiment où en font partie. Ces commandes ont plutôt de grandes capacités en signas, mais le processus est relativement lent. Exemples : installations de chauffages, d'éclairage, de transport.
- ❖ **Robotique** : La robotique fait l'objet de commandes spécifiques. Elles sont spécialisées dans le positionnement d'axes ont de grandes capacités de calcul pour réaliser des déplacements divers. Leurs langages et moyens de programmation divers à la mise en œuvre des robots. Les petites fonctions de commande directement liées au robot sont également réalisables. Pour des fonctions plus complexes, il faut faire appel à un automate programmable que peut être sous forme de modules compatibles à la commande du robot.

I.9. Les solutions programmées [9]

Un automatisme utilisant la logique programmée se présente sous la forme d'un ordinateur, d'un micro-ordinateur ou d'un automate programmable. Son fonctionnement dépend du programme enregistré dans une mémoire. Elles éliminent tous les relais auxiliaires, les relais temporisé, les pendules et toute la filerie assurant les liaisons entre ces différents éléments.

L'encombrement se trouve réduit et la recherche de panne est facilitée. Il ne reste dans l'armoire électrique que :

- l'automate programmable.
- Les sectionneurs.
- Les pré-actionneurs (contacteur, discontacteurs).
- Les fusibles.
- Les transformateurs (si commande en 24V).
- Le borniez.

❖ Inconvénients

- Utilisation d'un personnel formé à cette technologie.

- Il n'y a pas de place dans l'armoire électrique, lorsque le fonctionnement est simple (peu de relais).
- le coût de la réalisation reste élevé si le fonctionnement de l'installation est simple.

❖ Avantages

- encombrement de l'armoire électrique réduit lorsque la complexité de l'installation augmente.
- main-d'œuvre réduite lors du câblage.
- terminal de programmation pouvant être commun à plusieurs automates.
- modifications possibles sans intervention sur le câblage (à partir d'un terminal de programmation).
- Dialogue avec l'installation (diodes électroluminescentes, terminal de programmation, imprimante, etc...).

I.10. Conclusion

Le choix d'automatisme se fait le plus souvent, en liaison avec les spécifications du cahier de charge entre la logique câblée et la logique programmée, cette dernière et plus adaptée par les avantages et la flexibilité qu'elle offre aux utilisateurs.

L'utilisation des API offre un intérêt remarquable. L'étude de ces dispositifs sera l'objectif du chapitre suivant.

II.1. Introduction

Dans toute la panoplie d'appareils utilisés pour commander les automatismes et les procédés de fabrication, l'automate programmable industriel (API) occupe une place très importante.

La création du premier API remonte à la fin des années 60. L'industrie automobile en est la principale instigatrice et la première utilisatrice. Jusqu'alors, la commande des automatismes industriels était réalisée à l'aide d'armoires de commande à relais. Les changements annuels de modèle de voiture impliquaient des modifications fréquentes des chaînes de montage et de leurs armoires de commande. Comme ces dernières étaient complexes, leurs modifications étaient difficiles et comportaient un risque élevé d'erreur de branchement. L'industrie automobile a donc amené la création d'un appareil programmable capable de remplacer les armoires de commande.

Ce fut alors le début d'une grande aventure pour plusieurs Compagnies. Les ordinateurs qui étaient principalement utilisés pour faire de la comptabilité furent modifiés afin de répondre aux exigences de la commande industrielle. Petit à petit, la technique s'améliora et gagna plus d'adeptes. Il a fallu cependant attendre une bonne décennie avant que le concept soit introduit de façon systématique dans l'industrie. Aujourd'hui, l'API est le principal système de commande utilisé dans l'industrie. On dénombre environ 45 fabricants qui ensemble offrent plus de 200 modèles.

II.2. Historique [8], [9]

Le premier est apparu en 1969 aux Etats Unis sur une demande de Ford pour remplacer les grosses armoires à relais des chaînes de la construction automobile. La réponse vint d'ALLEN BRADLEY. La NASA fait en suite un appel d'offres sur le même thème auquel MODICON répondit. Sa date de création coïncide avec le début de l'ère du microprocesseur et avec la généralisation de la logique câblée modulaire. Le premier automate français fût le PB6 de MERLIN GERIN en 1971.

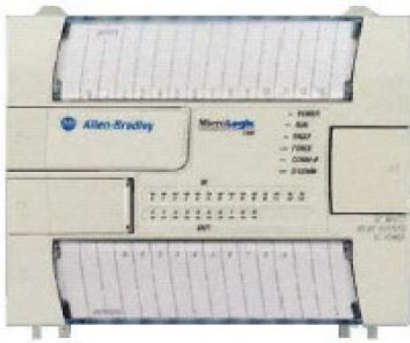


Fig II.1: Automate compact
(Modico)



Fig II.2: Automate modulaire
(Allen-bradley)

II.3. Définition et caractéristique [9]

L'A.P.I est un appareil électrique qui comporte une mémoire programmable par un utilisateur automatique (et non informaticien) à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme.

Les programmes des API sont traités selon un cycle précis: acquisition de toutes les entrées (recopie dans une mémoire image) - traitement des données (calculs) - mise à jour des sorties.

Le temps d'un cycle d'API varie selon la taille du programme, la complexité des calculs et de la puissance de l'API. Le temps de cycle est généralement de l'ordre d'une vingtaine de millisecondes et est protégé par un chien de garde (informatique).

Les API se caractérisent par rapport aux ordinateurs par leur fiabilité et leur facilité de maintenance. Les modules peuvent être changés très facilement et le redémarrage des API est très rapide.

Pour l'automatisation d'un procédé, l'A.P.I est en concurrence avec d'autres solutions technologiques que sont : La logique câblée, les dispositifs à microprocesseurs et les microordinateurs.

Au cours de la dernière décennie, la baisse du prix des A.P.I et des micro-ordinateurs a modifié sensiblement le domaine d'emploi des A.P.I. Au détriment de la logique câblée et des microprocesseurs. Les produits de type cartes à microprocesseurs n'ont pas eu les développements espérés.

Dans le même temps les A.P.I se sont fortement modernisés et diversifiés. Ils couvrent actuellement, chez tous les constructeurs une gamme:

- Qui commence à 6 entrées 4 sorties (10 E/S), basés sur des microcontrôleurs 8 bits.

- Pour se terminer à presque 10000 E/S et plus de 200 voies analogiques et 50 cartes spécialisées (commandes d'axes, régulations, arbre électrique) intégrant les accès à plusieurs liaisons réseaux dont internet et intranet et la redondance des unités centrales qui sont basés sur les processeurs les plus performants.

Actuellement, les A.P.I sont utilisés dès qu'il faut 2 ou 3 relais et jusqu'aux pilotages des procédés continus centralisés nécessitant les calculs les plus complexes.

II.4. Les avantages et les inconvénients [11]

II.4.1. Avantages

- ▲ Simplicité du matériel et du noyau d'exécution.
 - ✓ Possibilité de gérer des tâches parallèles.
 - ✓ Sans système d'exploitation multitâche.
 - ✓ Réalisable sur des microprocesseurs peu puissants.
- ▲ Simplicité de la programmation
 - ✓ Pour des applications très simples, il existe des langages ne nécessitant Quasiment aucune connaissance en programmation par exemple: le langage « CONTACT ».

II.4.2. Inconvénients

- ▲ Modèle de programmation cyclique.
 - ✓ Mal adapté aux applications séquentielles complexes.

II.5. L'architecture d'un automate programmable [8], [12], [13]

Un automate programmable se présente sous la forme d'un ensemble de cartes ou circuits imprimés sur les quels sont montés des composants électriques intégrés. La structure d'un automate ressemble étrangement à celle d'un micro-ordinateur. Comme chaque fabricant a sa propre conception, on peut difficilement donner une structure précise qui est valable pour tous les types d'automates. Les éléments principaux que l'on rencontre toujours sont :

- Les blocs d'alimentation.
- Une unité centrale.
- Les modules d'entrées/sorties (ou d'interfaces d'entrées /sorties).
- Les modules spécialisés.
- Une console de programmation.

En règle générale, les automates sont conçues pour être modulaires. notamment, le nombre d'entrées et de sorties peut être augmenté (dans la limite de la capacité de l'API) tous les éléments (unité centrale, alimentation, cartes d'entrées, cartes de sorties, etc.) s'encastrent dans un rack. Les racks sont constitués d'une structure métallique. Ceux-ci sont installés en générale à l'intérieur des armoires électriques. Il est possible d'utiliser plusieurs racks en fonction du nombre d'entrées/sorties à gérer.

Les cartes sont logées dans des paniers ou bacs qui les protègent mécaniquement, les connexions 01entre cartes sont réalisées par un circuit imprimé appelé bus, à l'arrière des bacs.

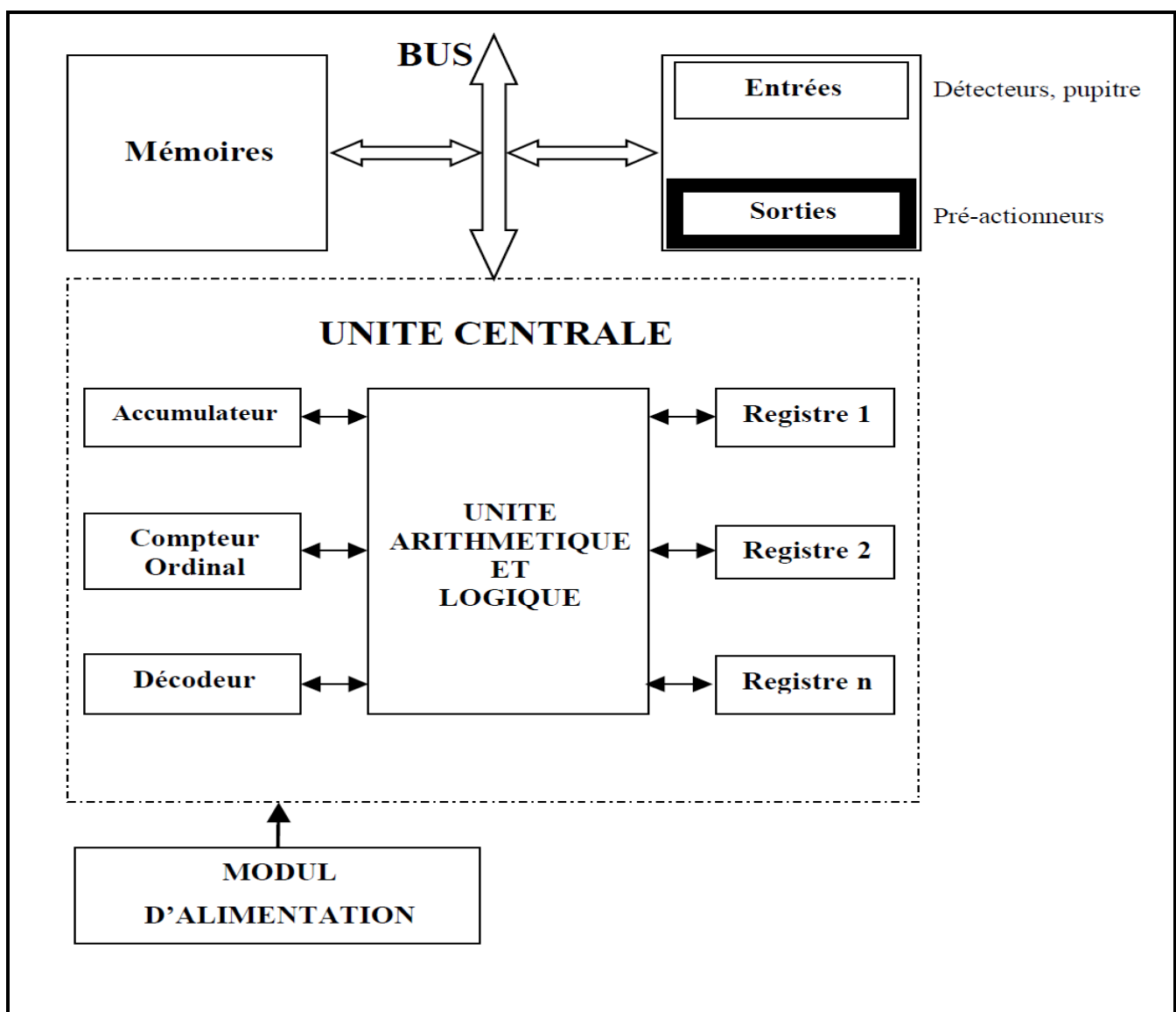


Fig II.3: Structure interne d'un API et de son organisation autour du BUS

II.5.1. L'alimentation [9]

Elle fournit une tension stable pour le fonctionnement du processeur, des modules d'entrées/sorties et de la mémoire. Les blocs d'alimentation permettent de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à son fonctionnement. À partir d'une alimentation en 220V alternatif fournie par le réseau, ces blocs délivrent des sources de tension continues exigées par les composants électriques dont l'automate besoin 24V, 12V ou 5V.

En règle générale, un voyant positionné sur la façade indique la mise sous tension de l'automate.

II.5.2. L'unité centrale UC [9]

Elle représente le coeur de la machine et comprend le ou les processeurs (unité de traitement logique ou numérique) et la mémoire.

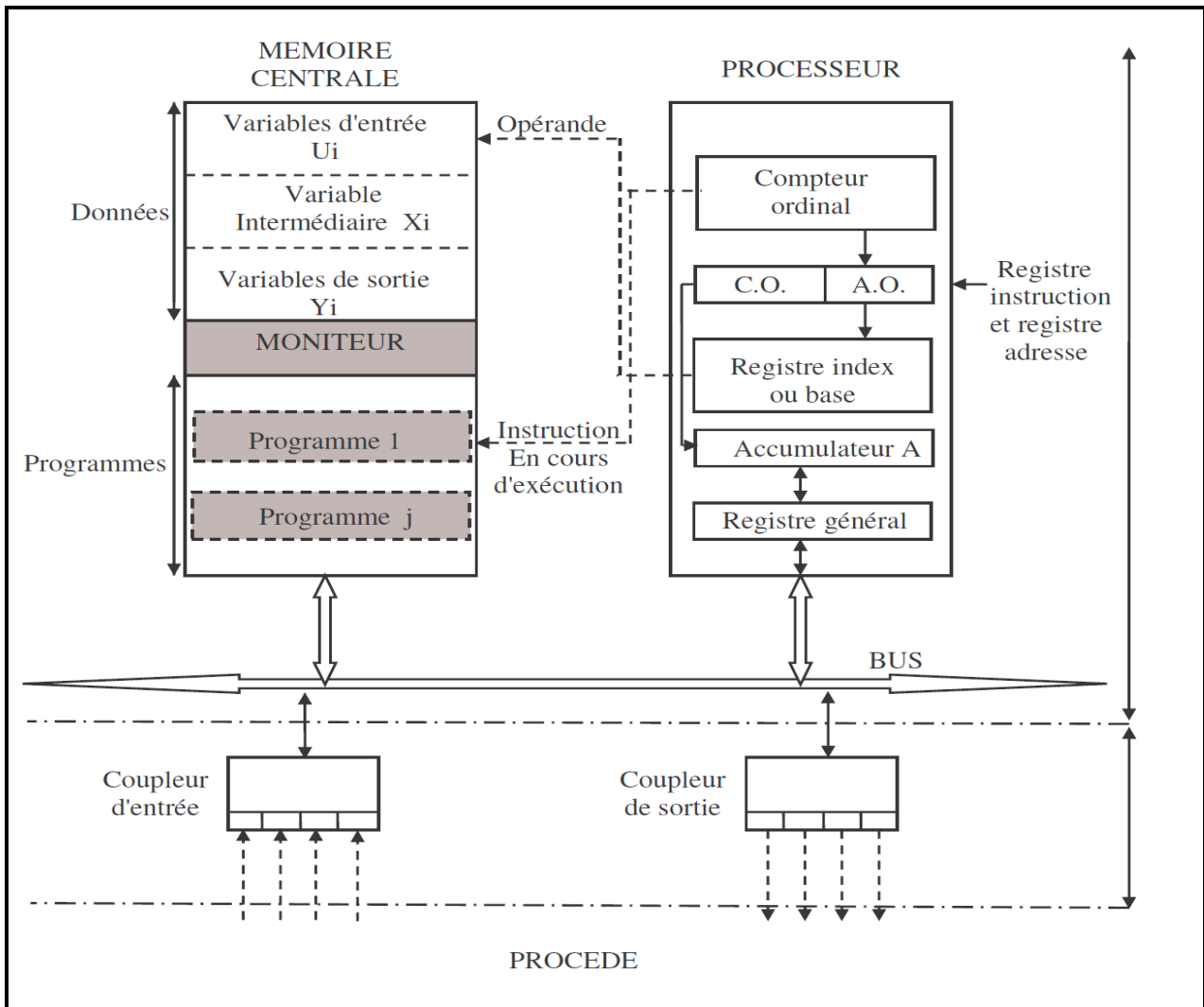


Fig. II.4: Structure de l'UC d'un A.P.I.

II.5.2.1. Notion de BUS [9]

L'unité centrale (UC) est le siège de flux permanent d'informations empruntant un chemin commun. Le BUS, qui relie entre elles toutes les unités fonctionnelles : mémoires, processeur, coupleurs d'E/S. Matériellement le BUS se présente comme un circuit imprimé situé en fond de panier. Sur le BUS, à chaque instant, se trouvent 2 types d'informations :

- Les informations traitées.
- Les informations de service : adresse, synchronisation, control de BUS.

L'ordre de grandeur du débit sur ce BUS est de 10 MOctets/s. Pour accroître les performances, certains systèmes disposent d'un BUS secondaire d'E/S pour les échanges avec l'extérieur (typiquement 5 Mbit/s).

II.5.2.2. Le processeur [9], [12]

C'est le moteur de l'automate programmable qui lit et interprète en permanence et à grande vitesse les états logiques des signaux en provenance des capteurs périphériques (entrées), en fonction du programme stocké dans la mémoire et le moment venu, il élabore et transmet les ordres de sortie vers les actionneurs.

Les circuits à relais ont un temps de réponse lié au collage et décollage des contacts.

Les éléments électroniques présentent un temps de basculement. L'automate programmable a un temps de réponse fonction du temps de cycle. Le temps de lecture du programme est évidemment fonction du nombre des informations, mais dans la plupart des cas, il est de l'ordre de quelques millisecondes (<10ms). De ce fait, toute modification de l'état d'une entrée engendre Presque instantanément un signal de sortie.

Appelé unité de traitement (UT) ou unité arithmétique et logique (UAL). Il assure le contrôle de l'ensemble de la machine et effectue les traitements demandés par les instructions du programme. Il réalise les fonctions logiques ET, OU, etc., les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul, etc... Le processeur comporte un certain nombre de registres qui sont des mémoires associées à des circuits logiques. Le processeur comprend :

- Un compteur ordinal (pointeur).
- Des registres.
- Un accumulateur.
- Un décodeur.

Il est connecté aux autres éléments, tels que la mémoire et les interfaces entrées/sorties, par un certain nombre de liaisons parallèles appelées BUS ou cheminent les informations sous forme de bits (0,1).

Le processeur est géré par le programme système appelé aussi FIRMWARE. Le module CPU supporte des éléments internes tels des indicateurs, des temporisateurs, des compteurs et des registres de données. Les différents éléments sont accessibles au programme systèmes par l'intermédiaire d'un BUS interne. Un compteur de programme pointe les instructions successives à effectuer au fur et à mesure du déroulement du programme.

Le CPU a différents modes de fonctionnement : RUN, STOP, PROGRAMMATION, etc... Pour la programmation et autre manipulations, une console de programmation doit être branchée au CPU.

II.5.2.3. La mémoire [9], [12]

Un bit : abréviation anglaise signifiant chiffre qui désigne une variable logique caractérisée par 0 ou 1.

Un mot : association de bits qui peuvent être utilisés indépendamment ou exprimer un nombre écrit en binaire. Le mot mémoire des automates comporte généralement (8, 12, 16, 32) bits.

Une mémoire est caractérisée par la longueur d'un mot exprimé en nombre de bits et par le nombre de milliers de mots qu'elle peut contenir. La capacité de la mémoire des automates programmables est variable, de 0.25 kmots à 16 kmots (k = 1 kilo mots = 1024 mots).

Ce sont les composants électriques assurant la mémorisation du programme, des données et des actionneurs. Elles contiennent en premier lieu le programme utilisateur. Ce programme introduit par l'utilisateur, décrit toutes les fonctions que l'automate est en mesure de réaliser.

Selon les applications, la mémoire peut aussi contenir des textes et des données.

❖ Les mémoires VIVES (RAM) :

Contraction de Random Access Memory pour mémoire à accès aléatoire. Ces mémoires sont volatiles, c-à-d qu'elles perdent les informations qu'elles contiennent en cas de coupure l'alimentation. Certaines de ces mémoires, pour éviter ces problèmes sont équipées de batteries qui sauvegardent les informations dans la limite de leur autonomie. Ces mémoires acceptent la lecture, l'écriture, les modifications, l'effacement de façon illimité.

- ❖ Les mémoires MORTES : Le contenu de ces mémoires est figé. Ce sont des mémoires à lecture. Les informations sont conservées en permanence sans source auxiliaire.
- ❖ Les mémoires ROM : Contraction de Read Only Memory pour mémoire à lecture. Ce sont des mémoires programmées par le fabricant et ineffaçable.
- ❖ Les mémoires PROM : Programmable Read Only Memory pour mémoires programmables à lecture. Ce sont des mémoires vendues vierges. Elles se programment à partir d'un programmeur de PROM.
- ❖ Les mémoires REEPROM ou EPROM : Erasable Programmable Read Only Memory pour mémoire reprogrammable à lecture. Ces mémoires sont utilisables plusieurs fois (écriture/effacement). L'effacement s'obtient en soumettant la fenêtre située au dessus du circuit intégré à un rayon ultra-violet, le temps d'effacement est compris entre 10 et 30 minutes. Ces mémoires ne peuvent être reprogrammées qu'après effacement total.
- ❖ Les mémoires EEPROM : contraction d'Electrical Erasable Programmable Read Only Memory pour mémoire programmable effaçable électriquement. Ce sont des mémoires à lecture et leur contenu être effacé électriquement pour être reprogrammé.
- ❖ Les mémoires EAROM: contraction d'Electrical Alterable Read Only Memory. Ces mémoires sont non volatiles et peuvent être effacées électriquement, mot à mot.

II.5.2.4. Le programme [9], [12]

Le programme est une suite d'instructions placées dans la mémoire. Les instructions sont repérées, comme pour les données par leurs adresses. Une instruction se compose de :

- Un code d'opération (CP) : y est précisé que doit faire la machine.
- Une adresse opérande (AO) : y est précisé quoi porte l'instruction.

Une instruction peut concerner deux opérandes. Dans ce cas, l'adresse de l'un d'eux est implicite : le plus souvent, il s'agit de l'accumulateur.

Dans la machine, l'élément d'information est le bit. N bits permettent de coder 2^N combinaisons. Pour représenter une instruction en machine, il faut associer plusieurs bits : le mot. Ainsi, dans le cas d'une machine d'un mot de 16 bits, nous pourrions avoir 4 bits pour le CO (donc 16 instructions) et 12 bits pour l'AO (donc 4096 positions mémoires soit 4 kmots).

Le jeu d'instructions représente les fonctions de base à disposition pour réaliser la commande. De nombreuses fonctions n'existant pas dans le jeu d'instructions peuvent être réalisées au moyen de fonctions plus rudimentaires.

Les fonctions minimales qu'offre un automate programmable aujourd'hui sont les combinaisons logiques, les temporisations et les comptages. De nombreuses autres fonctions peuvent être réalisées en utilisant ces combinaisons logiques.

La majorité des automates actuels sont basés sur la notion de déroulement cyclique des instructions placées en mémoire.

Un cycle de traitement consiste tout d'abord en une prise en compte des entrées qui seront alors figées pour tout le cycle, puis l'automate exécute instruction par instruction jusqu'à la fin de la mémoire. Les commandes à appliquer sont alors définies et peuvent donc être placées sur les sorties. Le cycle se produit ainsi indéfiniment. Il est donc à noter qu'à chaque cycle tout le programme est exécuté. Par ailleurs lorsqu'il existe des instructions de saut (ou branchement), celles-ci ne permettent que d'incrémenter le compteur ordinal. Cette notion aura un impact important sur les méthodes d'implantation des systèmes séquentiels.

La succession « prise en compte des Entrées (E) – Traitements (T) – affectation des Sorties (S) » correspond à un cycle synchrone vis-à-vis des Entrées/Sorties. C'est la forme la plus classique qui présente le moins de risques d'aléas de fonctionnement.

II.5.2.5. Principe de fonctionnement de l'UC [9]

Compte tenu du principe de déroulement cyclique, la mémoire est pilotée par un compteur ordinal qui peut être un simple compteur. Pour les automates réalisant des sautes complexes, celui-ci s'intègre au processeur et devient un registre. Un registre est une petite mémoire dans laquelle un mot binaire est conservé provisoirement en attendant son exploitation dans le système.

La mémoire ne contient que des instructions qui se scindent en deux blocs : Une partie code opératoire, est dirigée vers le processeur ; Une autre partie, adresse est orientée vers le bloc Entrée/Sortie et indique la référence de l'opérande pour l'instruction en cours. Il est à noter que cette partie indique aussi la valeur du saut dans les automates évolués. Elle transite dans ce cas

Par le processeur.

Le bloc d'Entrée/Sortie sert d'organe de liaison avec la périphérie. Il mémorise les valeurs présentes sur les lignes d'entrée à l'instant de la prise en compte des entrées, il place les valeurs calculées sur les lignes de sortie.

Le processeur est l'unité de traitement logique qui exécute les calculs booléens en fonction des instructions du programme. Le CPU comporte également un ensemble de variables internes

utilisable pour les mémorisations intermédiaires, des registres de temps et de comptage, registres d'index...

Notons que tout ce qui dit ici concerne le traitement sur bit. Dans le cas du traitement sur mot, les systèmes sont généralement composés de deux processeurs et de deux blocs d'Entrée/Sortie, sélectionnés en fonction du type de l'instruction.

II.5.2.6. Les interruptions [9]

Les interrupteurs sont des événements extérieurs qui provoquent l'arrêt du programme et le passage à un autre programme, ce dernier exécuté ; on reviendra au programme initial. Le processus est identique au sous-programme à la différence que le saut est provoqué non pas par une instruction mais par la variation d'état d'une entrée spéciale. On distingue plusieurs types d'interrupteurs :

L'interrupteur secteur (défaillance du secteur) : il faut immédiatement stopper le programme en cours et préserver un certain nombre de paramètres. C'est un circuit de surveillance interne à l'API qui déclenche cette interruption.

Les interruptions externes : elles proviennent, soit de besoins d'échanges de l'automate avec ses périphériques (imprimante, écran de visualisation, compteur rapide, etc.), ces périphériques appelant l'automate pour lui parler, soit d'une information issue d'un capteur qui doit faire l'objet d'un calcul immédiat.

Niveau de priorité des interruptions : on peut imaginer qu'une interruption est en cours de traitement lorsqu'une autre survient. Il faut donc introduire une priorité dans le traitement des interruptions, Ces priorités sont fixées soit par construction (l'interruption secteur est la plus prioritaire), soit par programme (c'est à l'utilisateur de définir les niveaux de priorité).

II.5.3. Les modules d'Entrées/Sorties d'un API

II.5.3.1. Les signaux d'Entrées/Sorties [9]

De provenance et de nature diverse, tensions alternatives ou continues, polarité différente, de type logique c-à-d « tout ou rien », numérique ou analogiques, ces signaux d'entrée doivent être transformés avant d'être introduits dans l'unité de traitement de l'automate. En outre, ils doivent être protégés contre les surtensions et les parasites dont certains de niveau élevé, pourraient être considérés comme un signal et traités comme tel.

- ❖ **Signaux tout ou rien** : parmi ceux-ci, il y a notamment des signaux fugitifs tels que ceux délivrés par les générateurs d'impulsion (codeur rotatif délivrant 100 impulsions par tour) et

les signaux digitaux. Pour l'automate, Un signal digital ne peut avoir que 2 états : Haut/Bas ; High/Low ; H/L.

- ❖ **Signaux analogiques** : ils représentent toutes les valeurs que peut prendre une grandeur physique à évolution continue, entre deux limites. Par exemple, une température, un niveau dans un réservoir, une vitesse de rotation, etc. Le module d'entrée analogique convertit ce signal en une valeur binaire qui peut être traitée par l'automate.

II.5.3.2. Les modules d'Entrées/Sorties [9]

Ce sont eux qui permettent les échanges d'informations vers l'environnement extérieur de l'automate. Ils adaptent les signaux entrants et sortants en tension et courant, filtrent les perturbations et protègent la partie interne de l'automate des influences extérieurs. Les signaux ainsi adaptés et filtrés sont accessibles au programme système par l'intermédiaire d'un bus externe au CPU.

Les modules d'Entrées/Sorties tout ou rien (TOR) [9]

❖ **Les modules d'Entrées TOR**

Elles permettent de raccorder à l'automate les différents capteurs logiques tels que : boutons poussoirs, pressostats, thermostats, fins de course, capteurs de proximité inductifs ou capacitifs, capteurs photo-électriques, fibres optiques, roues codeuses, etc. elles assurent l'adaptation, l'isolement, le filtrage et la mise en forme des signaux électriques.

❖ **Les modules de Sorties TOR**

Elles permettent de raccorder à l'automate les différents pré-actionneurs tels que : vannes, contacteurs, voyants, électrovannes, relais de puissance, afficheurs, etc...

Les modules d'Entrées/Sorties analogiques [9]

❖ **Les modules d'Entrées analogiques**

Les modules d'entrées analogiques convertissent des signaux analogiques en valeurs binaires qui peuvent être traitées par le CPU, tandis que les modules de sorties analogiques fournissent des signaux analogiques en fonction de valeurs qui lui sont transmises par le CPU.

L'automate ne peut pas différencier tous les états de ces signaux mais un nombre défini par la résolution du convertisseur digital-analogique utilisé.

Il existe trois types de modules d'entrées analogiques :

- haut niveau qui accepte en tension 0/10V et en intensité 0/20 mA ou 4/20 mA.
- Pour thermocouple avec un signal d'entrée 0/20 mV, 0/50 mV, 0/100 mV.
- Pour sonde Pt 100 avec un signal d'entrée 0/100 mV, 0/400 mV.

❖ Les modules de sorties analogiques

Il existe deux grands types de cartes de sorties:

- Haut niveau avec une résolution de 8 bits en tension 0/10V ou en intensité 0/20 mA ou 4/20 mA.
- Haut niveau avec une résolution de 12 bits en tension 0/10V, 0/5V, ±5V, ±10V ou en intensité 0/20 mA ou 4/20 mA.

❖ Les modules d'Entrées/Sorties numériques [9]

Les Entrées/Sorties numériques sont utilisées chaque fois que l'on a à se servir de roués codeuse ou d'afficheurs.

II.5.4. Les modules spécialisés [9]

Pour des fonctions qui peuvent difficilement être réalisés par le processeur pour des raisons de complexité ou de rapidité, il existe une grande variété de modules spécialisés. Par exemple :

- **Module de comptage** : Pour le comptage d'impulsions très rapide, il est nécessaire de disposer d'un microprocesseur qui effectue le comptage en priorité.
- **Module de commande pour moteur pas à pas** : Ces modules sont faits pour générer des impulsions délivrées à un décodeur qui génère les signaux nécessaires à un moteur pas à pas. Suivant la puissance du moteur.
- **Module de commande d'axes pour moteur DC** : Le positionnement d'axes fait intervenir des boucles de régulation qui doivent être traitées très rapidement. Il est donc nécessaire de disposer d'un microprocesseur sur ce genre de module.
- **Module de visualisation** : Il permet de visualiser un processus avec plus ou moins de possibilités graphiques et de couleurs.
- **Module de communication** : Le module de communication permet de gérer un écran ou une imprimante, ainsi que l'échange de données entre automates ou avec un ordinateur. Certains automates sont capables de piloter l'édition de messages, d'états ou de bilans de consommation sur des imprimantes. Les connexions électriques avec l'imprimante ou la visualisation sont réalisées sous forme d'une liaison série ou parallèles.

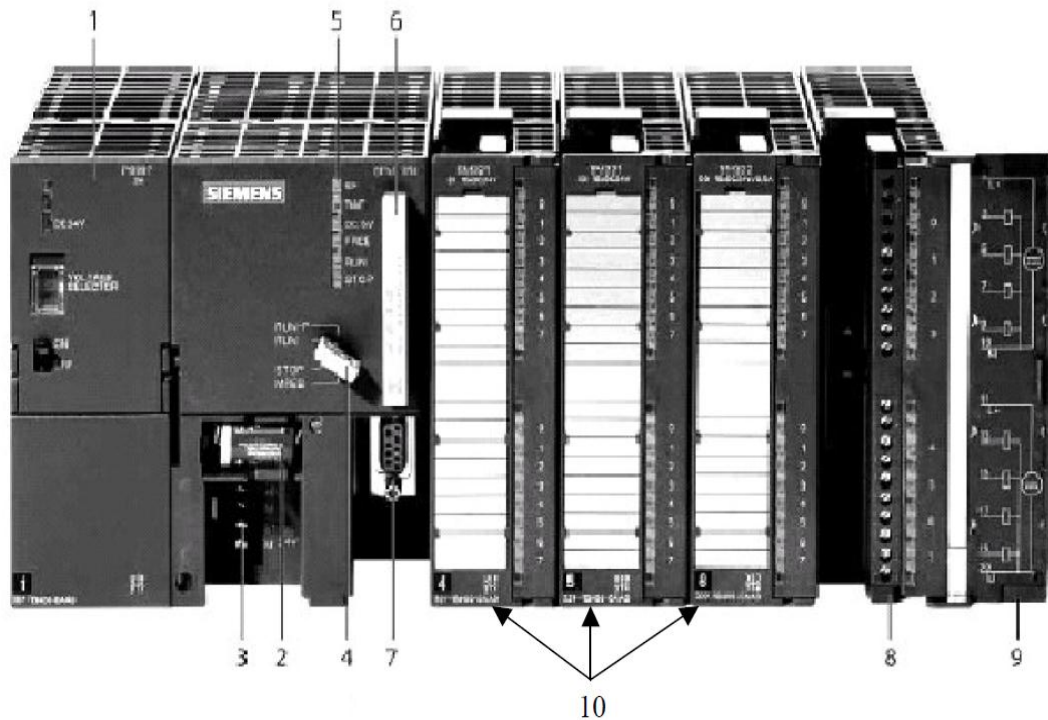


Fig II.5: Automate modulaire (Siemens)

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Module d'alimentation. | 6. Carte mémoire. |
| 2. Pile de sauvegarde. | 7. Interface multipoint (MPI). |
| 3. Connexion au 24V cc. | 8. Connecteur frontal. |
| 4. Commutateur de mode (à clé). | 9. Volet en face avant. |
| 5. LED de signalisation d'état et de défauts. | 10. Cartes d'Entrées/Sorties. |

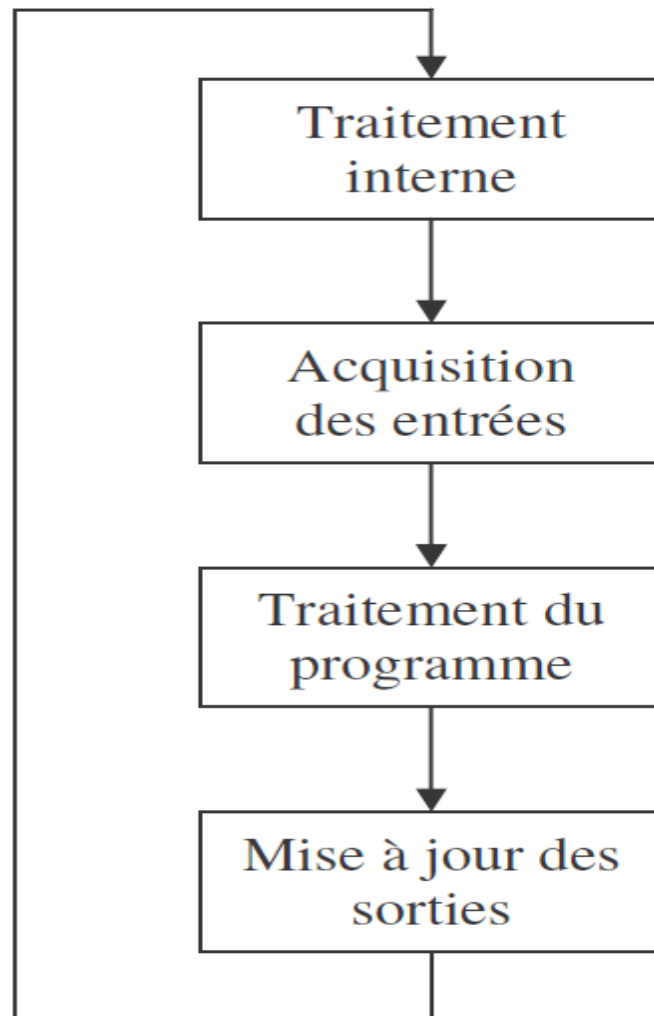
II.5.5. Fonctionnement cyclique des A.P.I [9]

Le déroulement d'un programme s'effectue au rythme d'une horloge qui traite les instructions une à une. Sans précaution particulière, les opérations effectuées à partir de l'état des entrées se feraient dans l'ordre des instructions du programme. Ceci risquerait d'amener des aléas de fonctionnement dus au fait qu'entre un traitement et un autre, une entrée physique peut avoir changé d'état ; pour une entrée donnée.

Pour cette raison, les automates programmables travaillent sur un état de toutes les entrées saisi au même instant et renouvellent toutes les sorties au même moment. Le traitement est effectué sur des images des entrées et des sorties. C'est la notion de cycle de fonctionnement. Un cycle s'effectue comme suit :

Traitement interne → Lecture des entrées → Traitement → Rafraîchissement des sorties.

De cette manière, le programmeur n'a pas à tenir compte du fait que ses N équations sont traités de manière asynchrone par l'UC. Cet avantage conduit à un temps de retard potentiel à la prise en compte d'un changement d'état qui peut atteindre 1 cycle complet.



- **Traitement interne** : Au cours de cette partie du cycle l'automate effectue ses tests cycliques de surveillance interne et dialogue éventuellement avec la console ou le terminal d'exploitation.
- **Acquisition des entrées** : Le processeur "photographie" l'état des entrées, l'image de cet état est stockée dans une partie de la mémoire des données.
- **Traitement du programme** : Les opérations définies par le programme utilisateur sont traitées dans l'ordre, les unes après les autres, en utilisant les images mémorisées dans la mémoire programme ; le résultat du traitement conduit à la mise à jour d'une mémoire image des sorties.

II.6. Environnement d'un automate

II.6.1 Environnement physique et mécanique [9]

Ils sont caractérisés par quatre paramètres principaux :

- ✓ Les vibrations.
- ✓ Les chocs.
- ✓ L'humidité.
- ✓ La température.

Lorsque les températures sont élevées (par exemple près des fours, des réacteurs...), il faut prévoir des systèmes de ventilation forcée.

Une humidité relative de plus de 85% provoque des condensations et accélère la corrosion.

À l'inverse, une humidité relative inférieure à 30% provoque des potentiels électrostatiques pouvant perturber le système.

Les vibrations et les chocs provoquent sur l'appareil des dégâts non négligeables en agissant, soit sur des contacts, ou sur des soudures, provoquant une rupture du circuit.

II.6.2. Environnement chimique [9]

L'environnement chimique a un effet de destruction et plus particulièrement :

- ✓ Les gaz corrosifs (Cl₂, H₂S, SO₂).
- ✓ Les vapeurs d'hydrocarbures.
- ✓ Les poussières métalliques (fonderies, aciéries,...).
- ✓ Les poussières minérales.

Tout ces facteurs entraînent une corrosion qui endommage les contacts et provoque des courts-circuits. Les moyens de protection les plus utilisés par les constructeurs sont :

- ✓ De recouvrir d'un enduit les circuits imprimés.
- ✓ D'installer des filtres pour éliminer les poussières ou gaz.

Certains constructeurs proposent des appareils totalement étanches dans les cas d'environnement très pollués.

II.6.3. Environnement électrique [9]

Les éléments perturbateurs sont :

- les forces électromotrices, thermoélectriques (effet Peltier, quelques mV).

- les parasites d'origine électriques.
- les interférences électromagnétiques (transformateurs, postes de soudure,...).
- certains émetteurs-récepteurs à des fréquences correspondant à l'AP peuvent détériorer le processeur de celui-ci.

II.7. Les langages des A.P.I

Il s'agit de la syntaxe et de la sémantique des éléments logiciels mis en oeuvre pour programmer les automates programmables. On distingue les langages littéraux et graphiques.

II.7.1. Langage littéraux

II.7.1.1. Langage liste d'instruction IL [8], [13]

Le langage de programmation liste d'instructions est un langage textuel proche du langage machine dont les instructions exécutent des opérations simples. Plusieurs instructions peuvent être regroupées en réseaux.

Réseau 1	: Commande marche arrêt d'un moteur de pompe
	AND(
OR	#Marche
OR	#Bobine
)	
ANDN	#Arrêt
=	#Bobine
Réseau 2	: Indication « Marche pompe »
AND	#Bobine
=	#Indic_Marche
Réseau 3	: Indiction « Arrêt pompe »
ANDN	#Bobine
=	#Indic_Arrêt

Fig II.6: Exemple de programmation en langage liste d'instruction

II.7.1.2. Langage structuré S.T [8], [13]

Le langage de programmation ST (Structural text) est un langage textuel évolué. Il s'apparente au Pascal et au C. Par rapport à "IL", Il simplifie la programmation de boucles et de branchements

conditionnels grâce à ses commandes évoluées ST s'avère donc approprié, entre autres, pour les calculs, les algorithmes complexes ou la gestion de données.

```
FUNCTION_BLOCK FB20
  VAR_INPUT
    ENDWERT: INT;
  END_VAR
  VAR_IN_OUT
    IQ1: REAL;
  END_VAR
  VAR_OUTPUT
    CONTROLL: BOOL;
  END_VAR
  VAR
    INDEX: INT;
  END_VAR

  BEGIN
    CONTROLL: =FALSE;
    FOR INDEX: = 1 TO ENDWERT DO
      IQ1: = IQ1*2;
      IF IQ1> 10000 THEN
        CONTROLL: = TRUE
      END_IF
    END FOR
  END_FUNCTION_BLOCK
```

Fig II.7: Exemple de programmation en langage structuré

Les éditeurs de texte tels que IL ou ST permettent de saisir les programmes dans des fichiers source ; certains constructeurs vous permettent d'utiliser votre traitement de texte habituel. Les programmes ainsi édités sont rangés en tant que sources.









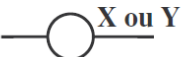

Les blocs ne sont générés et stockés dans le programme utilisateur que lors de la compilation du fichier source correspondant.

En général, on ne désire pas programmer avec des adresses absolues (adresses physiques de mémoires, d'entrées/sorties etc..), la plupart des constructeurs permet de travailler avec des mnémoniques figurant dans une table des mnémoniques qui est créée en début de session. Et a des paramètres et variables locales définies dans une table de déclaration des variables.

II.7.2. Langages graphiques

II.7.2.1. Le langage de relais [13]

Les constituants des schémas à relais sont au nombre de cinq (**Tableau II.1**) : une variable et son complément, une ouverture et une fermeture de branche parallèle et un symbole d'affectation de résultat.

Type de constituants	Convention européenne	Convention américaine	Signification
Constituants logiques			Relais normalement ouvert
			Relais normalement fermé
			Ouverture de branche parallèle
			Fermeture de branche parallèle
Symbole d'affectation			Affectation du résultat à une variable intermédiaire ou à une sortie

Tab II.1: Les constituants des schémas à relais

II.7.2.2. Le langage à contacts (LADDER) [8], [13]

La représentation en schéma à contacts LD s'inspire des schémas des circuits électriques.

Les éléments d'un schéma de circuit, tels que contacts à fermeture et contacts à ouverture, sont rassemblés dans des réseaux. Un ou plusieurs réseaux forment la section d'instructions complète d'un bloc de code.

- Contact à ouverture :
- Contact à fermeture :
- Bobine

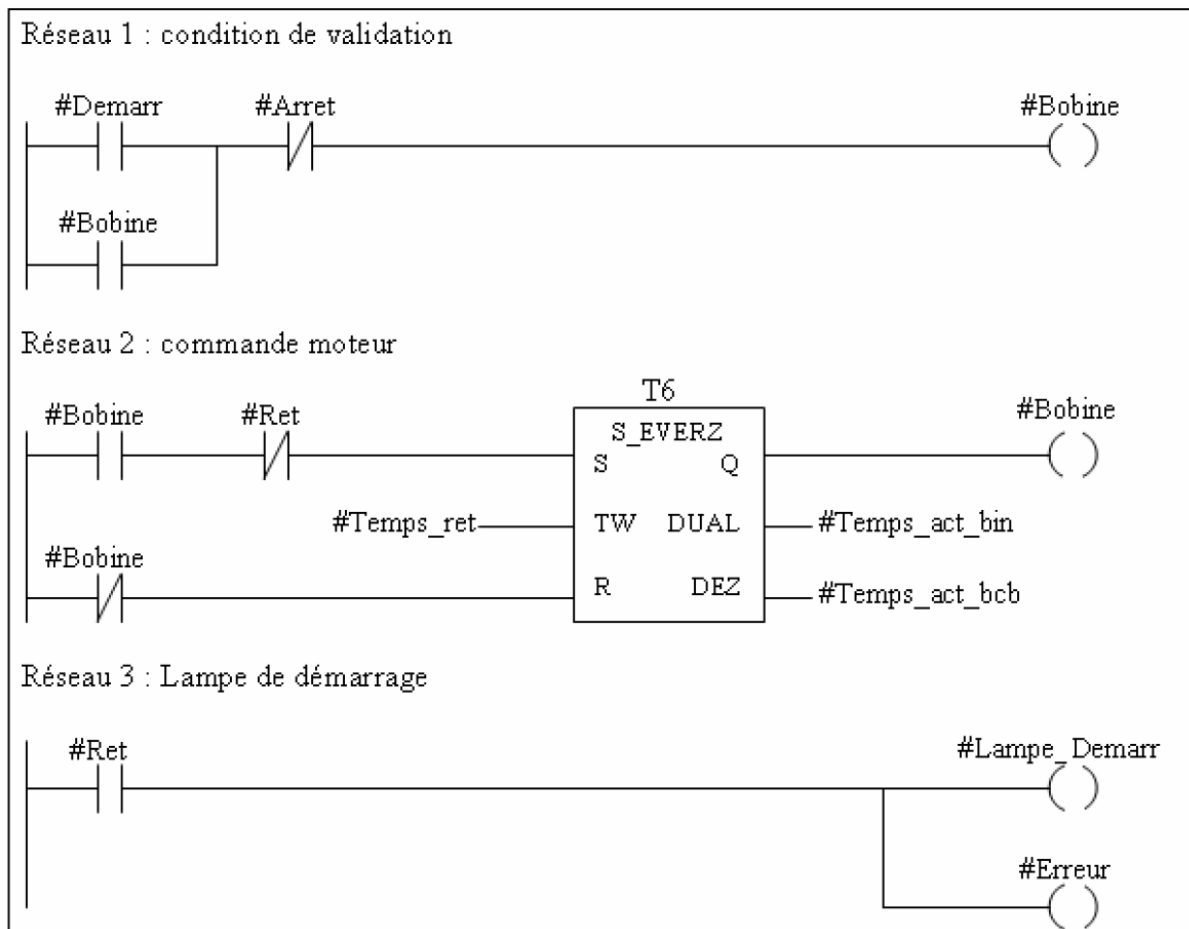


Fig II.8: Exemple de programmation en langage à contacts (LADDER)

II.7.2.3. Le langage à logigramme [13]

Le langage à logigramme utilise les boites fonctionnelles graphiques de l’algèbre booléenne pour représenter des éléments logiques. (En langue allemande, Entrée = Eingang).

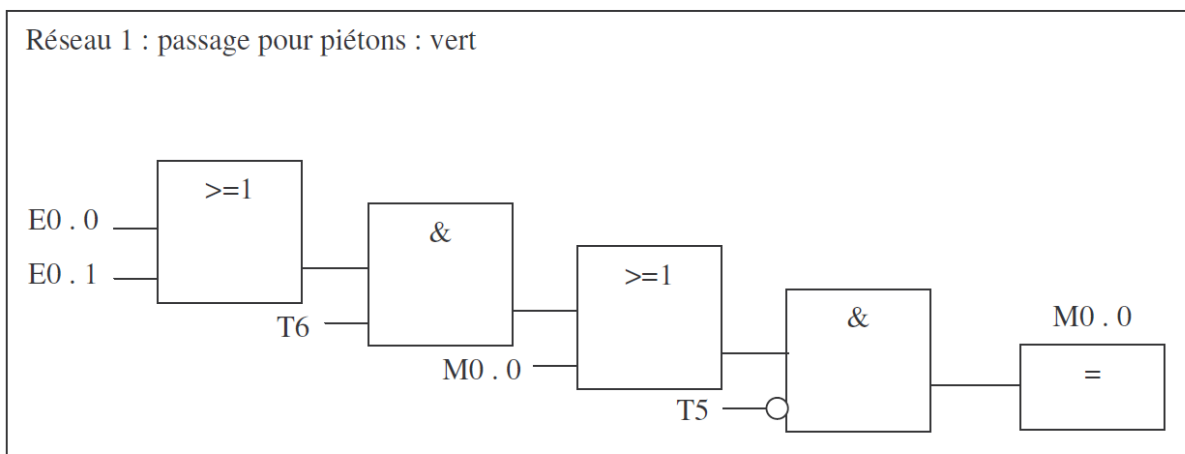


Fig II.9: Exemple de programmation en langage à logigramme

II.7.2.4. Le GRAFCET

II.7.2.4.1. Définition [15]

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande des étapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190).

Le GRAFCET est une représentation alternée d'étapes et de transitions. Une seule transition doit séparer deux étapes (*Fig II.10*).

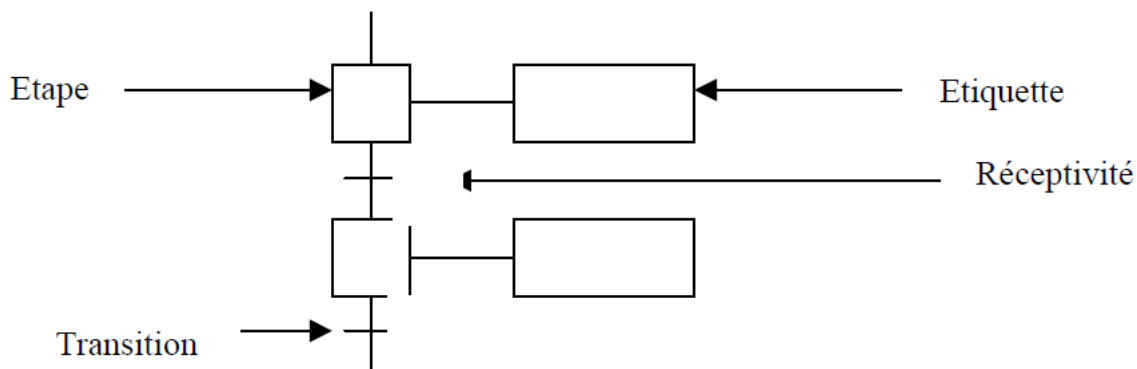


Fig II.10: Les composants d'un GRAFCET

Une étape correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leur état. Les actions associées aux étapes sont inscrites dans les étiquettes.

Une transition indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. À chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité

II.7.2.4.2. Règles d'évolution [15]

Il est plus que nécessaire de fixer un ensemble de règles d'évolution pour un GRAFCET.

Règle 1

L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement. Elle est active inconditionnellement et repérées sur le GRAFCET en doublant les côtés des symboles correspondants.



Fig II.11: Etape initiale

Règle 2

Une transition est soit ou non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont activées et ne peut être franchie que si :

- Elle est validée.
- Et que la réceptivité associée à la transition est vraie.
- La transition est obligatoirement franchie.

Règle 3

Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et désactivation de toutes étapes immédiatement précédentes. Cette évolution du GRAFCET est donc synchrone lorsque le franchissement de la transition entraîne l'activation des étapes suivantes et que c'est la vérification de cette activation qui autorise la désactivation des étapes précédentes (*Fig II.12*). explique cette règle.

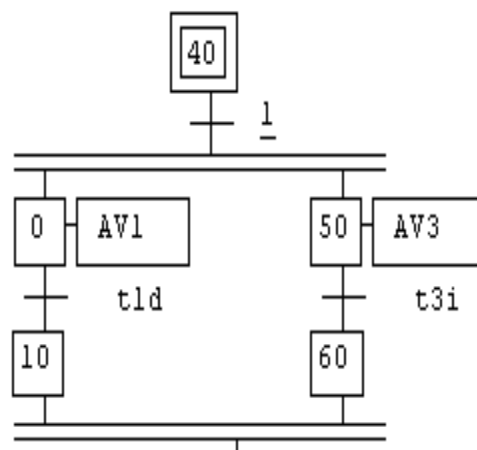


Fig II.12: Le franchissement d'une transition

Règle 4

Il est possible d'ouvrir plusieurs transitions simultanément franchies.

Règle 5

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée simultanément, elle reste activée. L'activation doit être prioritaire sur le niveau d'une même étape.

II.8. Console de programmation [16]

La console de programmation sert, comme son nom l'indique, à programmer l'API. Mais son rôle ne s'arrête pas là. Elle permet aussi de visualiser ou de modifier l'état des entrées et des sorties de l'API, ainsi que la valeur de certains paramètres. Elle sert aussi d'outil de vérification et de diagnostic pour l'API. Finalement. On l'utilise pour sauvegarder les programmes sur des supports magnétiques ou optiques (disquette, CD), et pour récupérer ces programmes à partir de ces mêmes supports.

Bien que la console de programmation joue plusieurs rôles, sa présence n'est pas requise lors de l'opération automatique de l'API. Il est donc possible de la débrancher et de la remiser.

La console de programmation est constituée d'un petit boîtier muni d'un clavier et d'un affichage simples. Elle peut aussi prendre la forme d'un ordinateur avec écran cathodique et clavier, auquel on a ajouté des touches spéciales. Comme elle est utilisée dans l'industrie, elle est portable et robuste.

Cet automate programmable industriel a été adapté à des fins didactiques. L'opérateur tient en main la console de programmation qui interagit avec les deux parties de l'API montées sur le tableau vertical. La partie supérieure contient l'unité centrale de traitement, le bloc d'alimentation et des modules d'entrée et de sortie. La partie inférieure est simplement une extension de la première, offrant des modules E/S additionnels. Cet API dispose de 10 points d'entrée et de 6 points de sortie (gracieuseté de Lab-Volt).

II.9. Protection de l'automate [17]

La protection des circuits d'entrée contre les parasites électriques est souvent résolue par découplage optoélectrique. Le passage des signaux par un stade de faisceau lumineux assure en effet une séparation entre les circuits internes et externes.

Du côté sorties, on doit assurer le même type de protection, mais amplification de puissance, avec au final un courant continu ou alternatif selon les cas.

Deux types de cartes électroniques sont utilisés :

II.9.1. Les modules à sortie statique [18]

Relais statiques intégrant des composants spécialisés : transistor bipolaires, thyristors. Ces composants n'ont aucune usure mécanique et leurs caractéristiques de commutation se maintiennent dans le temps.

II.9.2. Les module à relais électromagnétique [18]

Où le découplage résulte de l'existence de deux circuits électriques (Bobines d'excitation, circuits de puissance), ces relais électromagnétique ont l'avantage d'avoir une faible résistance de contact, une faible capacité de sortie et surtout un faible coût, mais une durée de vie et une vitesse de commutation inférieures aux sorties statiques.

II.10. Choix d'un API par rapport à d'autres solutions [8]

Quelles sont les autres solutions ? Principalement :

- les relais électromagnétiques.
- les systèmes à cartes électroniques.
- les systèmes numériques de contrôle/commande SNCC.
- le microcalculateur (PC).

Si, au vu des critères précédents, plusieurs solutions répondent au cahier des charges, les facteurs décisionnels vont provenir de la situation de l'entreprise en matériel, en personnel, en expérience.

- Les solutions câblées à relais ne sont envisageables que pour de petites applications (une dizaine d'E/S TOR) unitaires ou en petite série, avec de faibles besoins de communication. La même situation prévaut pour les parties commande à cellules pneumatiques.

L'apparition de « nano automates » a en effet encore rétréci le marché de ces solutions. Si elles sont envisageables, c'est la capacité de l'entreprise à mettre en oeuvre, et à maintenir, de telles solutions qui les rendra éventuellement concurrentielles et fera décider leur emploi.

- Dans le cas d'appareillages produits à quelques dizaines d'exemplaires, le choix entre système à cartes et automate(s) dépendra d'un rapport implicite entre le potentiel de ventes en l'état et l'évolution possible du système lui-même. La rentabilité d'un système à cartes croît avec le nombre d'exemplaires, mais il s'agit d'une solution figée, contrairement à l'API. La même remarque s'applique, malgré leur nom, aux circuits logiques programmables. Ces solutions présentent par contre, pour des applications exigeantes en temps de réaction, une vitesse de traitement élevée.

- Pour les systèmes hybrides, mélangeant sans qu'une composante puisse être négligée variables TOR et analogiques, le choix entre SNCC et automates dépend surtout de la culture initiale des utilisateurs, orientée régulation ou systèmes discrets. La présence de nombreux modes de fonctionnement favorise les API, l'importance accordée à l'algorithmique de régulation ou à la supervision donne plutôt l'avantage aux SNCC dont l'expérience dans ces domaines est plus

ancienne et éprouvée. Dans certains secteurs où les deux technologies sont en concurrence, l'association d'une d'entre elles à des ateliers logiciels « métier » dépassant le cadre du génie automatique pourra faire pencher la balance : ainsi dans le traitement par lots (procédés batch) en chimie, des API Siemens se sont intégrés à des ensembles gérés par l'atelier spécifique APT.

- Avec le **PC**, la concurrence est peut-être plus apparente que réelle. Le PC, outil informatique n° 1, s'est tellement répandu dans tous les domaines de la vie professionnelle, voire privée, que la tentation de le voir devenir aussi le composant de base de l'automatisation ne pouvait qu'apparaître. La même tentation, lorsque l'API est devenue un produit industriel courant, avait conduit certains de ses promoteurs à lui conférer toutes les possibilités : régulateur, superviseur, organe de conception assistée par ordinateur, calculateur universel.

II.11. Conclusion

L'automate programmable est un dispositif électronique adapté aux conditions industrielles.

Il intègre des fonctions et des modules qui facilitent son interaction avec l'environnement extérieur. Vu le nombre important de marques disponibles, Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe, les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir "se retourner" en cas de « perte de vitesse » de l'une d'entre elles. Pour des applications de commande de systèmes séquentiels ou discrets un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions, des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

Il faut ensuite quantifier les besoins:

- ✓ Nombre et types d'entrées/sorties: tension de sorties des capteurs et tension d'entrées.
- ✓ Des actionneurs ainsi que le nombre de voies nécessaire.
- ✓ Type de CP: la taille de mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales intégrées.
- ✓ Fonctions ou modules spéciaux: certaines cartes permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées.

Dans le chapitre suivant, nous entamerons une étape très importante dans notre travail qui concerne la description de la station d'épuration des eaux usées où se fera notre projet.

III.1 Introduction

L'importance de l'eau et l'intérêt qu'on lui y porte est universelle, cet élément vitale pour l'homme est aussi primordiale dans l'agriculture car l'eau est une ressource fondamentale de notre environnement.

La croissance de la population, rend cette ressource de plus en plus rare, car est trop exploiter et parfois elle devienne impropre à la consommation, cette situation nécessite de gérer continuellement cette ressource d'une manière efficace.

L'évacuation directe des eaux usées son traitement provoque des risques de pollution, tout fait ces risque sont d'ordre sanitaire pour l'homme plus que pour la nature, ce qui nécessite l'assainissement pour paré à ce problème de l'environnement.

Durant les dernières années, l'Algérie fait des efforts pour l'assainissement soit du point de vue sanitaire (la protection des hommes contre les maladies a transmission hydrique) soit du point de vue application pour la protection de l'environnement, ils se présents par la construction des nouvelles stations d'épuration des eaux usées ou de la remise en marche les anciens station même, il est nécessaire de réutiliser ces eaux épurée a des fin agricole est industrielle pour diminuer la consommation des eaux potables, le fais que l'Algérie est classé parme les pays ou disponibilité de l'eau est de plus en plus rare .

III.2.Présentation de la société SONATRACH

SONATRACH (société national algérienne de transport et de commercialisation des hydrocarbures) est la première entreprise du continent Africain, elle est classée 12eme parmi les compagnies pétrolières mondiales, le 2eme exportateur du GNL et de GPL, et le 3eme exportateur du gaz naturel. Elle est spécialisée dans la recherche, la production et de la distribution de pétrole et de gaz.

Cette entreprise est citoyenne, œuvre à resserrer les liens sociaux, aider les populations dans le besoin, promouvoir la recherche et les activités scientifiques, aider la création artistique promouvoir la pratique sportive, contribuer à la préservation de la nature et à la sauvegarde du patrimoine culturel et historique. Mais, aujourd'hui SONATRACH ne conçoit pas de développement économique, sans un développement durable.

III.2.1. Organisme de la direction régionale de SONATRACH

La direction régionale de SONATRACH de HASSI R'MEL est organisée comme le montre la figure :

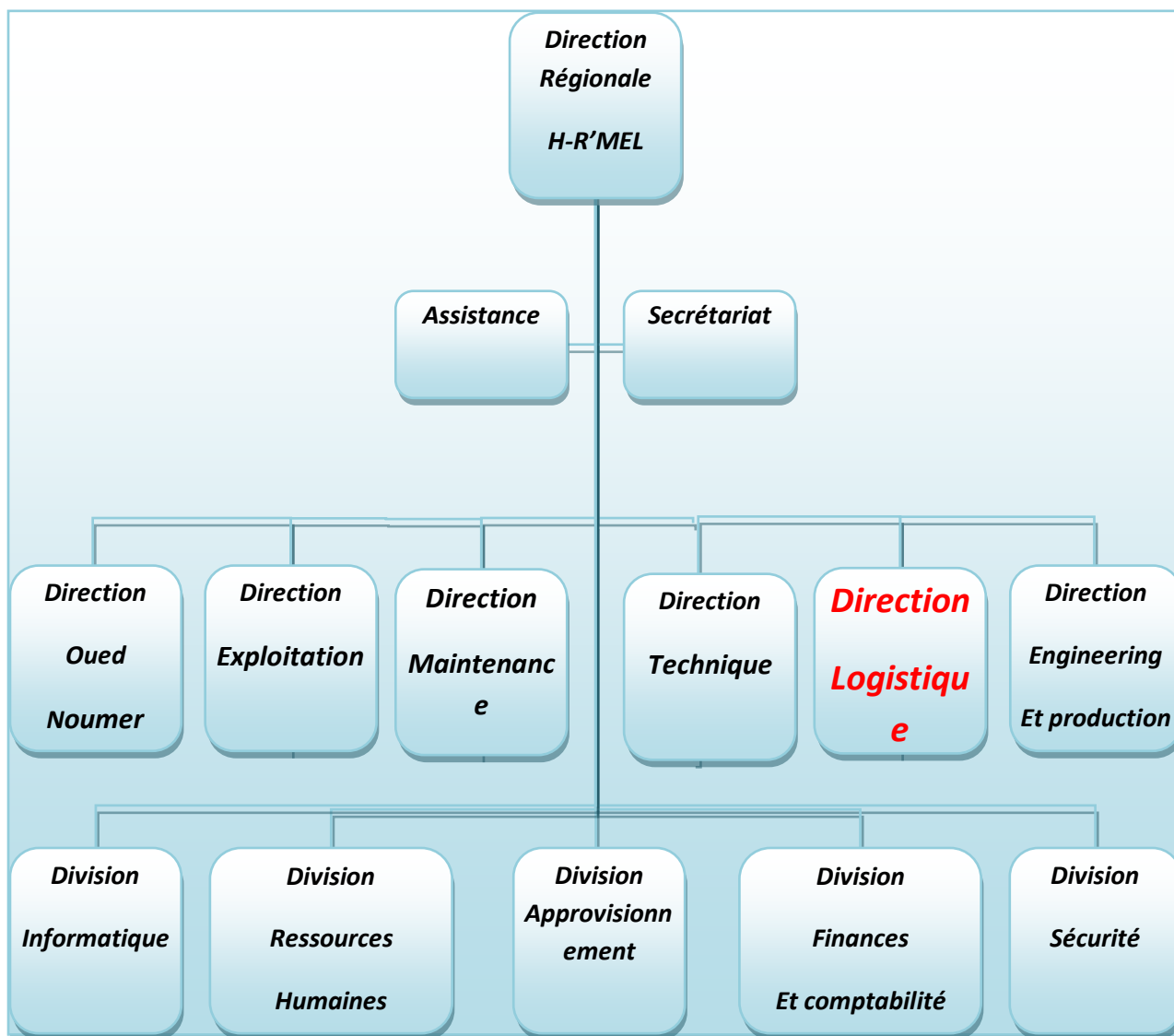


Fig III.1 : Organisme de la direction régionale de SONATRACH

III.3. Présentation de la région de Hassi R'mel

Hassi R'mel, est le plus grand gisement de gaz naturel du continent africain, il possède environs 10 % des ressources mondiales.

Le gisement de Hassi R'mel a été découvert en 1956 et révéla la présence d'un réservoir de gaz humide sous une forte pression (309 bars au fond). il a été estimé initialement à 2800

milliards de mètre cube, sous une superficie de 3500 km². La première usine de traitement de gaz a été mise en service en 1961, appelée module zéro (MPPO).

A part le gaz, Hassi R'mel est riche en condensât et en GPL. Les études du réservoir ont mis en évidence la présence de pétrole brut tout autour du gisement, mais plus particulièrement dans les parties Est et Sud du champ.

III.3.1.Situation géographique de la région de hassi r'mel

Hassi R'mel, port de désert, est située dans le sud de l'Algérie, à une distance de 520 Km d'Alger, au sein de la région administrative de la wilaya de Laghouat, à environ 70 Km à l'ouest de Berriane, 120 Km au nord-ouest de Ghardaïa et à 120 Km au sud-est de Laghouat.

Dans cette région relativement plate du Sahara l'altitude moyenne est d'environ 764 m au-dessus du niveau de la mer, ses coordonnées géographiques sont comme suit :

Latitude Nord 32°56', longitude Est 3°18'.

La commune de Hassi R'mel est limitée :

- **Au Nord par les communes Mekhareg et khneg.**
- **A l'Est par la Hassi Dellaa.**
- **A l'Ouest par Ain Madhi.**
- **Au Sud par Berriane (wilaya de Ghardaïa).**

III.3.2.Le climat de Hassi R'mel

Hassi R'mel est situé dans l'étage bioclimatique saharien à hiver frais. Il est caractérisé par une faible pluviométrie (184,4 mm/an) ce qui explique l'aridité de climat et une humidité moyenne de 19% en été et 34% en hiver. Les températures varient de -3°C à 17°C en hiver et 32°C à 38°C en été. Les vents dominants sont de direction nord-ouest pouvant atteindre des vitesses maximales de 3,9 m/s durant le mois d'avril.

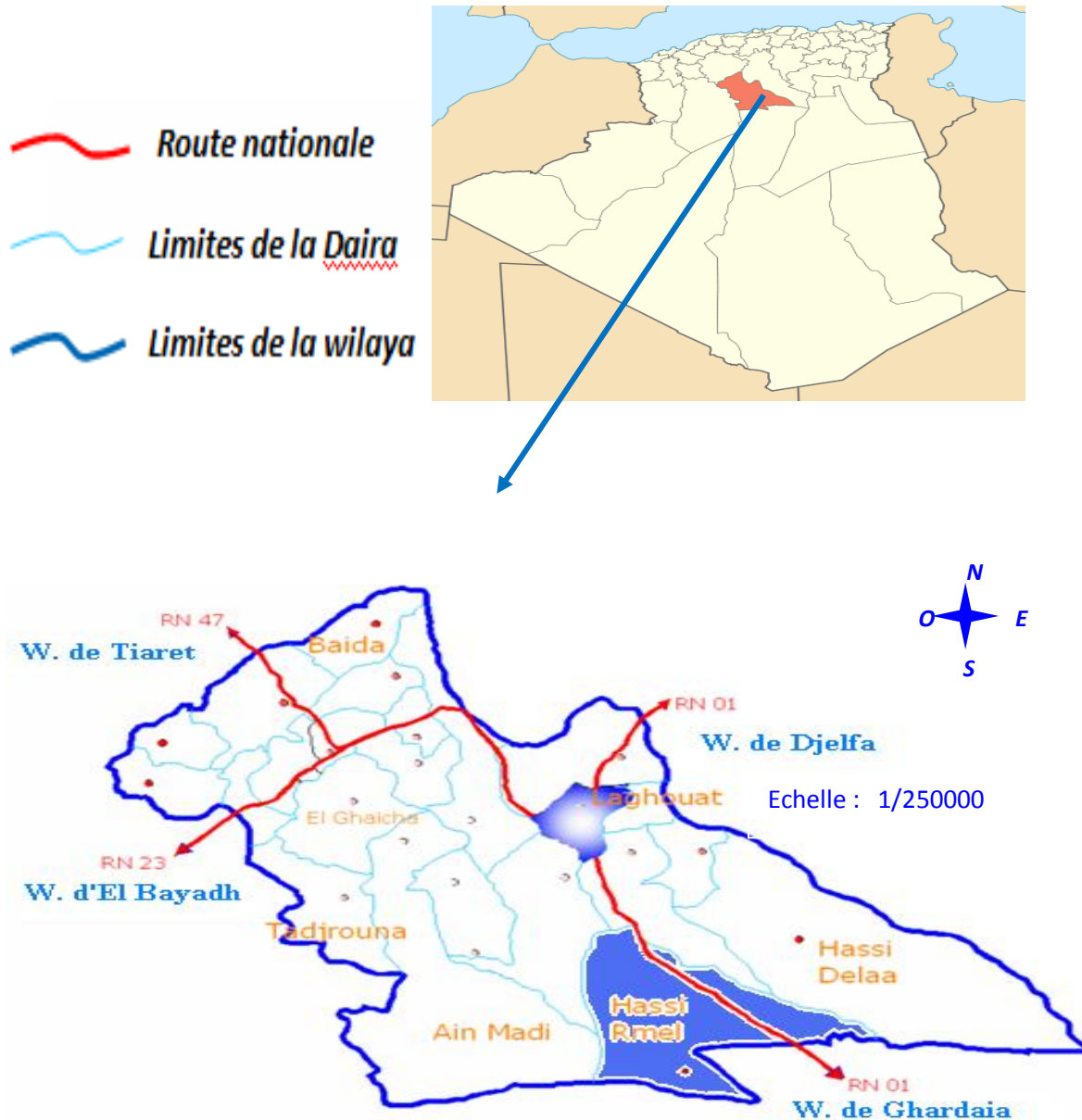


Fig III.2: Situation géographique de Hassi R'mel

III.3.3. La zone industrielle de Hassi R'mel

Le champ de Hassi R'mel est constitué de modules (centres de traitement de gaz), des stations de compression de gaz, des centres de traitement d'huile, d'unités de déshuilage des rejets industriels et un centre de stockage et d'exploitation des produits finis (GPL et condensât), une station pour le déshuilage et la filtration des eaux industrielles et une **STEP** pour traiter les eaux usées domestiques.

III.3.4. Organigramme de la direction logistique

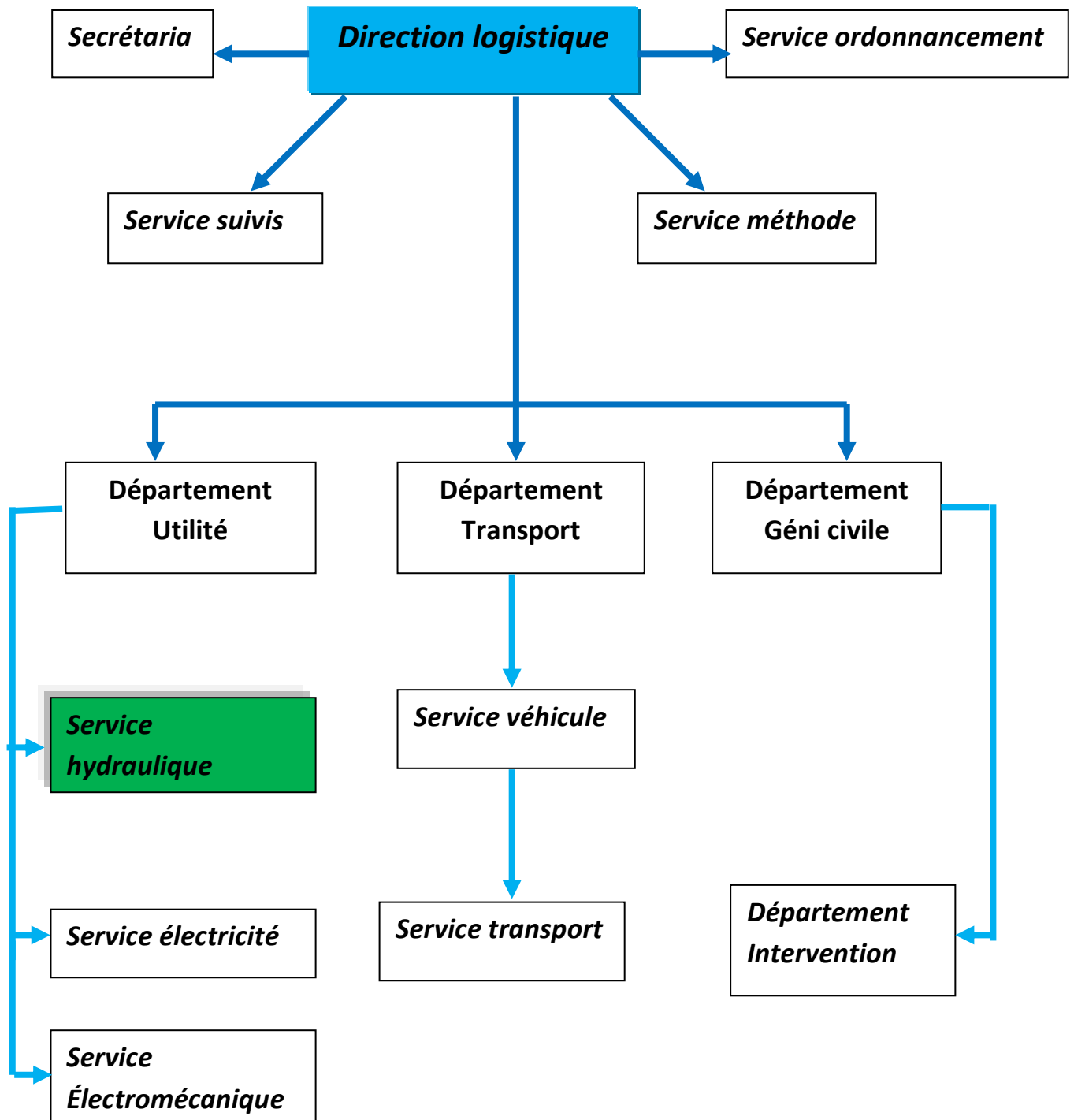


Fig III.3: Organigramme de la direction logistique

III.3.5. La pollution dans le champ de Hassi R'mel

Hassi R'mel est une zone industrielle ce qui explique la présence de différents types de pollution :

➤ Pollution atmosphérique

Due essentiellement aux effluents gazeux rejetés dans l'atmosphère, les principaux effluents gazeux liés à la pollution de l'air : les hydrocarbures, la vapeur d'eau, aérosols SO₂, NO, CO₂, CO, N₂O, CFCs, O₃.

➤ Pollution des sols

Cette pollution comprend les différents déchets solides, qui sont des matières très nocives susceptibles de nuire à la santé et à l'environnement, qu'ils soient industriels, agricoles ou autres.

➤ Pollution sonore

Les bruits issus des activités industrielles des machines et différents appareils peuvent nuire à la santé de l'homme en causant des problèmes d'audition et même gêner l'évolution de certaines espèces.

➤ Pollution de l'eau

Elle comprend tous les résidus liquides non traités résultant d'un procédé industriel ou d'une activité humaine et rejetés dans l'environnement.

III.3.6. Eaux usées d'origine industrielles

Elles comprennent toutes les eaux rejetées par les usines. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir :

- Des produits toxiques pour l'environnement et pour l'homme ;
- Des hydrocarbures (raffineries) ;
- Des métaux lourds (traitements de surface...) ;
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers...) ;
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales) ;

III.3.7. Eaux usées d'origine domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de

solvants, de débris organiques, etc. et en eaux de vannes ; il s'agit des rejets des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes.

Dans le cadre de la mise en application de la politique de l'Entreprise SONATRACH relative à la protection de l'environnement, la Direction Régionale de Hassi R'mel s'est attelée très tôt à la mise en œuvre d'un programme ambitieux visant à éliminer sinon, réduire au maximum, tous les impacts environnementaux significatifs liés à ses activités et services.

Pour répondre à ce volet, à savoir, le traitement des eaux usées domestiques et des eaux de rejets industriels, deux grands projets ont été créés :

- L'unité de traitement des eaux de rejets industriels ;
- La station d'épuration (S.T.E.P.) des eaux usées urbaines;

III.4.description de la Station d'épuration des eaux usées de domestique de Hassi R'mel

III.4.1. Présentation de la station [19]

Dans le cadre de la mise en application de la politique de l'Entreprise SONATRACH relative à la protection de l'environnement, la Direction Régionale de Hassi R'mel s'est attelée très tôt à la mise en œuvre d'un programme ambitieux visant à éliminer sinon, réduire au maximum, tous les impacts environnementaux significatifs liés à ses activités et services.

Pour répondre au volet le plus urgent, à savoir, le traitement des eaux usées domestiques et des eaux de rejets industriels, deux grands projets ont été lancés :

- La réalisation d'une station d'épuration (ST.EP.) des eaux usées urbaines;
- La réalisation des unités de traitement des eaux de rejets industriels ;

Ces projets ont comme objectifs :

- Protection de la nappe phréatique ;
- Eviter la prolifération des maladies à transmission hydrique ;
- Eviter les désagréments pouvant altérer le milieu récepteur (sol, plantations, population) ;
- Se conformer à la législation et réglementation en matière de protection de l'environnement ;
- Valorisation des eaux épurées;

III.4.2. Données de base de la station [19], [20], [21]

La conception de la station d'épuration des eaux usées urbaines de Hassi R'mel, est fixée selon un calcul technique et économique comparatif en tenant compte de tous les aspects : ouvrages, appareils, installations, coûts économiques et procédés; ce dernier est choisi en relation avec le degré d'épuration voulu.

Les données de base pour la conception de cette station d'épuration sont :

a. Type de réseau : Le système unitaire, qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales

b. Type de station : Boues activées

c. Nombre d'habitant : Il est utilisé pour établir une relation d'équivalence entre les différentes sources de pollutions et le nombre d'habitant. Il est exprimé en équivalent habitant. L'équivalent habitant est défini comme la pollution produite par habitant et par jour. Le nombre équivalent habitants est de 15.000.

d. Consommation en eau potable : C'est la quantité d'eau conventionnelle consommée exprimée en mètre cube par jour, elle est estimée à 3750 m³/j.

e. Coefficient de rejet : C'est le rapport de la consommation d'eau potable sur le débit moyen journalier, il est estimé à 80%.

F. Débit moyen (journalier ou horaire) : C'est la quantité d'eaux usées produites en moyenne qui s'écoulent en un point, exprimé en mètre cube en un temps donné : soit en 1 heure (débit moyen horaire) qui est estimé à 125m³/h, ou sur 24 heures (débit moyen journalier), et qui est estimé à de 3000m³/j.

g. Coefficient de pointe : C'est une échelle indiquant l'amplitude plus ou moins forte de la production d'eau usée pour chaque jour de l'année, il est estimé de 1,92.

h. Débit de pointe horaire : C'est le produit du débit moyen par le coefficient de pointe, il est estimé à 240m³/h.

i. Pollution journalière en (DBO₅ ou MES) : Elle est définie par la relation suivante :

$C = \text{DBO}_5 \times Q$ avec C : charge de pollution exprimé en Kilogramme de DBO₅ par jour et qui est de 810kg DBO₅/j.

Où $C = \text{MES} \times Q$ avec C : charge de pollution exprimé en Kilogramme de MES par jour et qui est de 1.05kg/j.

Q : Débit moyen journalier des eaux usées.

- **Concentration en demande biochimique en oxygène pendant cinq jours**

C'est la teneur en charge polluante déterminée par la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO_5), exprimée en milligramme par litre, elle est estimée à 270mg/l.

- **Concentration en Matières en Suspension**

C'est la teneur en charge polluante des matières en suspension (MES), exprimée en milligramme par litre, elle est estimée de 350mg /l.

III.4.3. Description de la Procédure de Traitement de la Station de Hassi R'mel [22]

La procédure du traitement des eaux usées urbaines, est définie comme l'ensemble des processus biogéochimiques par lesquels, un biotope aquatique pollué, retrouve après l'arrêt des rejets et après un laps de temps variable, sa pureté initiale. Le but du traitement est d'obtenir un effluent épuré pour lequel, la pollution soit limitée à un degré, tel que le rejet ne crée aucune nuisance à la faune ni à la flore du milieu récepteur.

La station d'épuration de Hassi R'mel, est une station à traitement par boues activées à faible charge et aération prolongée, qui n'est autre que la reproduction du phénomène d'autoépurations naturel des cours d'eau à l'échelle d'un bassin, elle consiste en la dégradation des charges organiques polluantes sous l'action des microorganismes en exigeant une quantité d'oxygène, appelée DBO_5 .

Les procédés pour boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contact de l'eau avec le floc bactérien en présence d' O_2 (aération), suivie d'une phase de séparation de ce floc.

III.4.3.1. Prétraitement [19]

On entend par (prétraitement physique), une série d'opérations qui ont pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées et de retirer de l'effluent des matières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs.

a) Arrivée des Eaux Brutes : Les eaux usées domestiques de toute la commune de Hassi R'mel sont collectées dans les 04 stations de relevage F1, 2, 3 et 4 (*Fig III.4*).

Ces eaux sont acheminées par des pompes de relevage vers la station d'épuration. Le débit total est 3000 m³/j

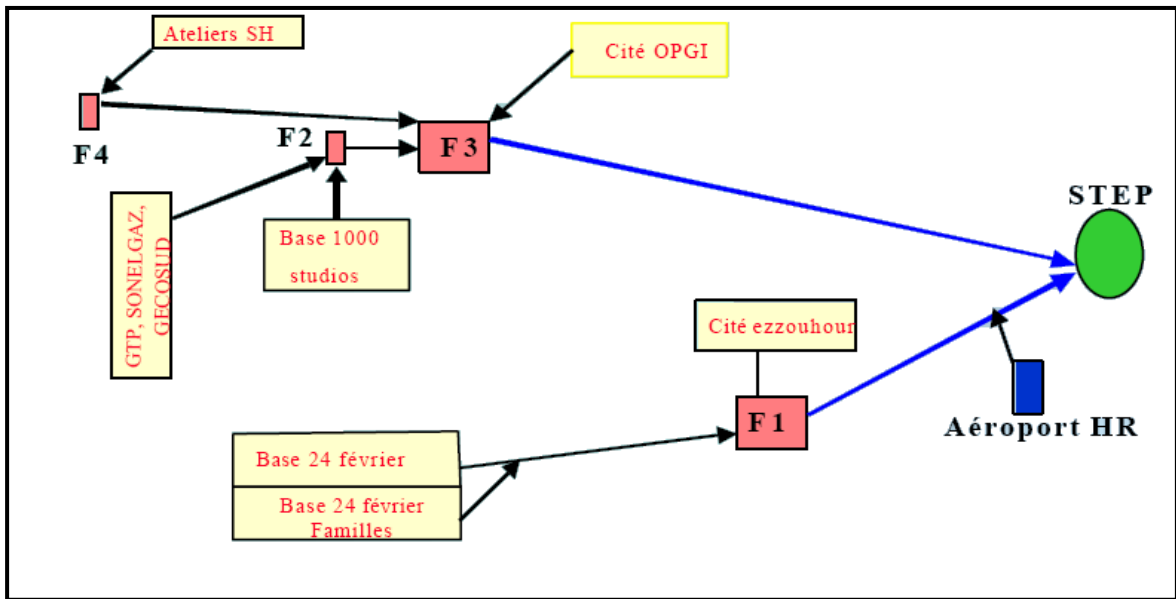


Fig III.4: Schéma de collecte des eaux usées domestique de Hassi R'mel

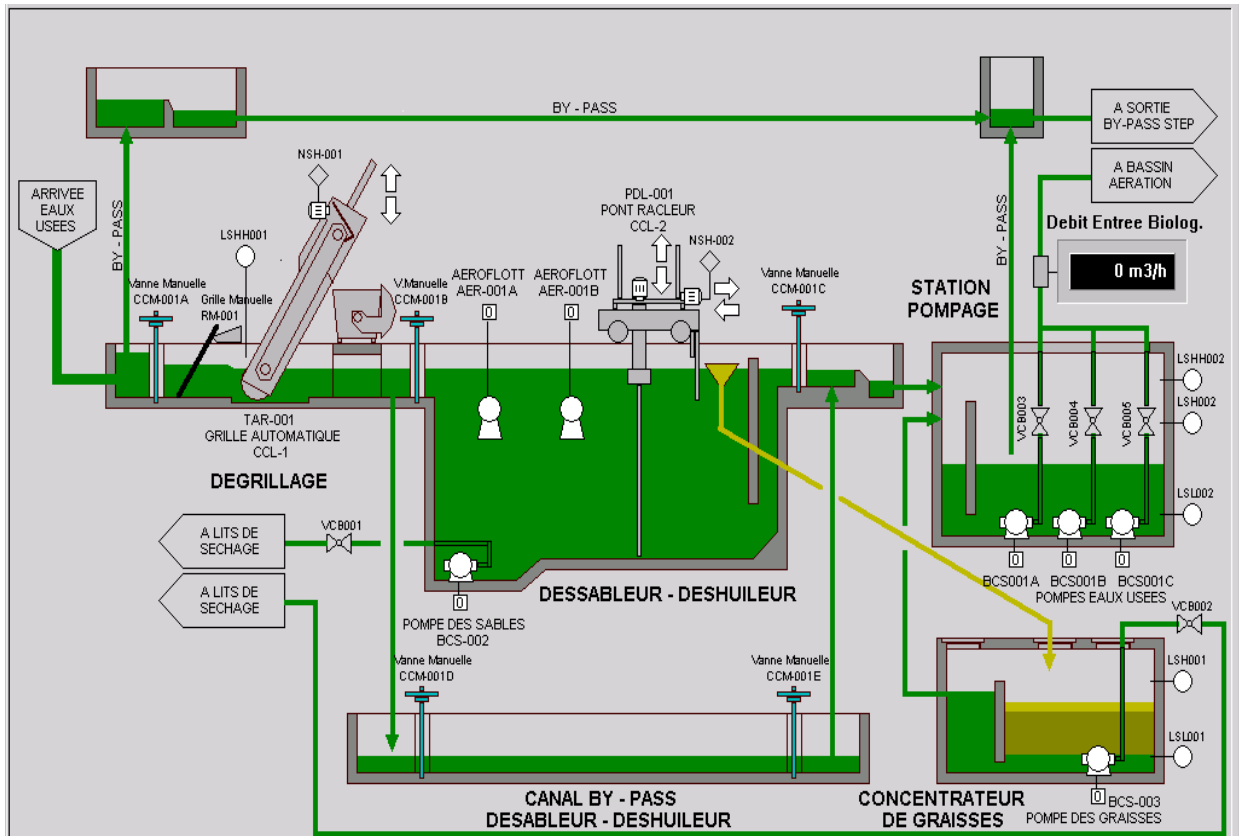


Fig III.5: Traitement physique (Tamisage- Dessablage – déshuilage).

b) Dégrillage : De la station de relevage, les eaux brutes sont refoulées vers le dégrillage permettant ainsi, l'élimination des corps solides volumineux perturbant les traitements ultérieurs, ce procédé est réalisé dans un canal de 0,5 m de largeur et comporte deux étapes :

- Dégrillage grossier (à nettoyage manuel) : assuré par une grille d'un espacement entre deux barreaux de 5 cm.
- Dégrillage fin (à nettoyage automatique) : assuré par une grille automatique rotatif de 1,5 mm de passage avec une capacité hydraulique de 430 m³/h (*Fig III.6*).



*Fig III.6 : Dégrillage, à gauche Grille a faible écartement (5 cm),
à droite Grille plus fine (1,5 mm)*

c) Dessablage-Déshuilage

Il est toujours à craindre une présence importante de sable, de matières minérales en suspension et d'huile pouvant gêner, voir freiner le fonctionnement de l'installation.

Cette phase de prétraitement est réalisée dans un canal avec configuration rectangulaire avec une vitesse réduite pour permettre la sédimentation des matériaux inorganiques (sable vase et cendres) et des particules minérales (*Fig III.7*).

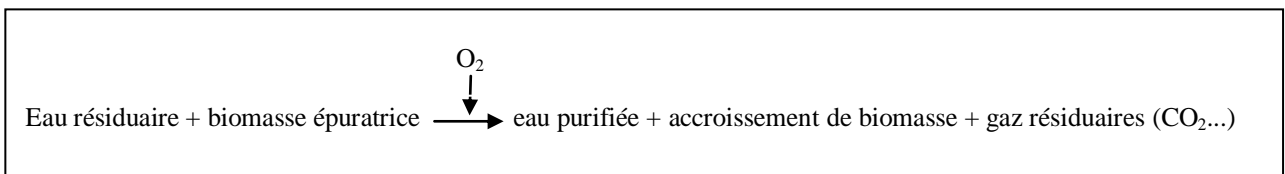


Fig III.7 : Dessableur-Déshuileur

L'eau est aérée par insufflation permettant d'une part, la séparation aisée du sable de l'eau qui se dépose au fond, puis relevé jusqu'à la trémie et enfin vers les lits de séchage et d'autre part, favorisant l'accumulation des graisses et des huiles en surface, qui sont récupérées dans une zone de tranquillisation et sont déversées dans un puisard à graisses pour être acheminées par pompe au lit de séchage.

III.4.3.2. traitement biologique [19], [20], [23], [25]

a) Description et principe de fonctionnement du traitement biologique : Un grand nombre de micro-organismes sont capables de métaboliser la matière organique et, par conséquent de conduire à l'épuration des eaux usées chargées en matières organiques biodégradables, En simplifiant, on peut décrire ce processus par l'équation :



Le traitement biologique permet la réduction de la pollution par l'action d'une masse bactérienne, il est réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

- Le bassin d'aération.
- Le bassin de clarification.
- Le poste de recirculation

Après vidange de l'eau épurée, on recommence l'opération avec une nouvelle charge d'eau usée, en conservant la boue formée précédemment, l'épuration se révèle plus rapide, d'où l'idée de recycler les boues au cours d'un traitement en continu. Du fait de leurs propriétés particulières, ces boues furent appelées boues activées.

b) .Bassin D'aération : Les eaux prétraitées sont évacuées gravitaire ment vers la station de pompage des eaux usées, ou ils seront relevés au bassin d'aération (*Fig III.8*). ce dernier est de forme circulaire de 28 m de diamètre, sa surface est de 637,6 m², la hauteur d'eau prévue est de 3,6 m.

Il est équipé de trois aérateurs de surface "turbine" à axe vertical, reposant sur une passerelle à béton et d'un oxymètre "sonde à oxygène". Cette dernière permet de mesurer en continu la teneur en oxygène du mélange eaux usées-boues et la régulation de la vitesse des

aérateurs. La Concentration d'oxygène dans le bassin varie de 1 mg/l jusqu'à 5 mg/l, selon la saison.

L'élimination de la pollution est assurée au niveau de la Station d'épuration des eaux polluées (ST.EP) dans ce bassin, grâce au maintien d'une concentration élevée de micro-organismes et d'une aération prolongée au moyen des trois aérateurs à deux vitesses assurant ainsi, la teneur satisfaisante en oxygène pour les bactéries.

L'aérateur a pour rôle de renouveler l'oxygène aux bactéries et de provoquer une intense turbulence, qui permet d'une part, le maintien en suspension des boues activées et d'autre part de renforcer le contact intime de l'eau brute et des bactéries.

Le temps de séjours, pour le débit moyen est de 18h30 mn et pour le débit de pointe par temps sec 9,6 h



Fig III.8 : Bassin d'aération : à droite aérateur de surface « turbine », à gauche arrivée des eaux usées et de boues activée

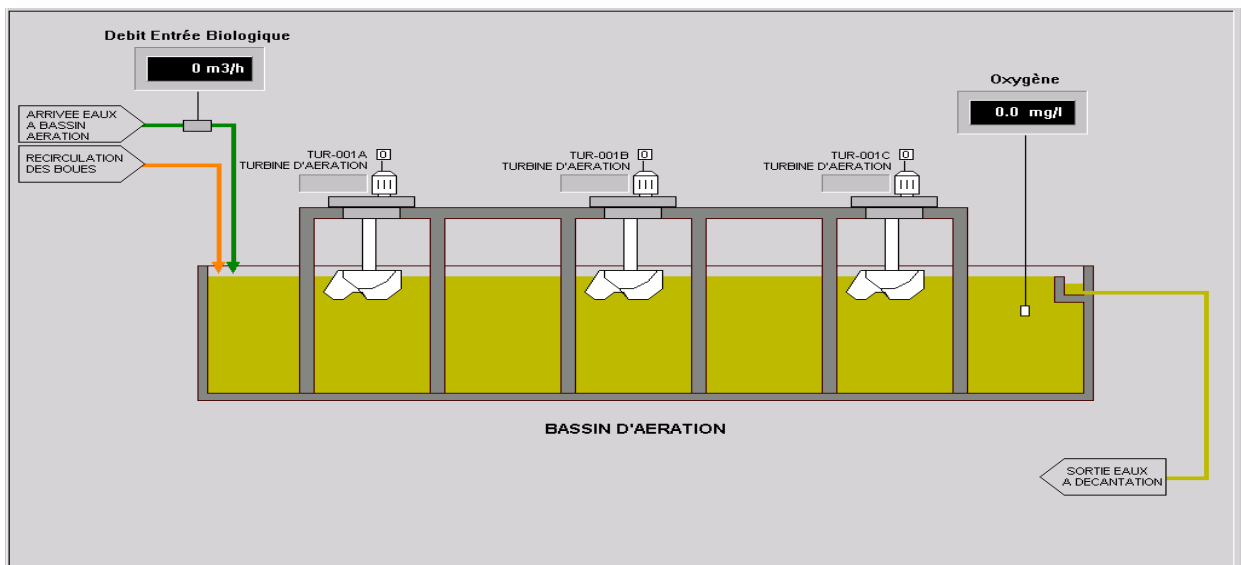


Fig III.9: traitement biologique (Bassin d'aération)

c) Composition et propriété du floc biologique : La boue activée apparaît comme une suspension de particules floconneuses de quelques dixièmes de millimètre à quelques millimètres de diamètre, ou floccs, constituées de bactéries, de matières organiques inertes ou minérales, maintenues par une substance mucilagineuse, produit de l'activité bactérienne. Une boue activée normale contient également une microfaune abondante de protozoaires et petits métazoaires.

Les populations microbiennes des boues activées sont complexes et ne peuvent se définir qu'au moyen des principaux groupes écologiques: bactéries, champignons, protozoaires et métazoaires.

L'essentiel de l'épuration est dû à des bactéries Gram négatives, mobiles, parmi lesquelles nous citerons : *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Flavobacter*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*. Il faut également signaler certaines espèces dont la présence est gênante dans la mesure où elles interviennent pour contrarier la décantation des boues : ce sont les bactéries filamenteuses dont l'espèce la plus connue est le *Sphaerotilus*.

La microfaune est représentée surtout par des protozoaires, organismes prédateurs de taille comprise entre 20 et 200 μm . On y trouve des flagellés, des rhizopodes et surtout des ciliés. Les métazoaires, de taille supérieure (100 à 150 μm) sont peu représentés ; ce sont surtout des rotifères, parfois des nématodes et des vers oligochètes.

La plupart des protozoaires des boues activées sont bactériophages. Ils semblent présenter une certaine spécificité et de plus ne se nourrissent que de bactéries disponibles, c'est-à-dire non flocculées et en suspension ou à la surface du floc. De ce fait, ils peuvent jouer un rôle important dans la clarification des effluents.

Le métabolisme bactérien est à l'origine des phénomènes aboutissant à l'épuration.

Dans le schéma classique d'utilisation du substrat, il y a adsorption du substrat sous l'action d'enzymes par la biomasse, oxydation d'une partie fournissant l'énergie, utilisation du reste et de l'énergie disponible pour la réalisation des synthèses nécessaires à la multiplication cellulaire. L'ensemble de ces processus aboutit à la décomposition oxydative des matières organiques en CO_2 et H_2O et à la production de boues en excès.

Les différentes phases du mécanisme épuratoire d'une boue activée sur l'eau usée domestique sont représentées par la (**Fig III.10**).

Il s'agit d'un processus diphasique : élimination rapide par adsorption de la pollution colloïdale (au temps t_1) puis métabolisation plus lente des matières organiques solubles (au temps t_2).

La prolongation du temps d'aération se traduira par l'auto-oxydation de la biomasse épuratrice, puis par la nitrification (oxydation de l'ammoniaque en nitrites puis nitrates) pour un âge de boues important (> 15 jours).

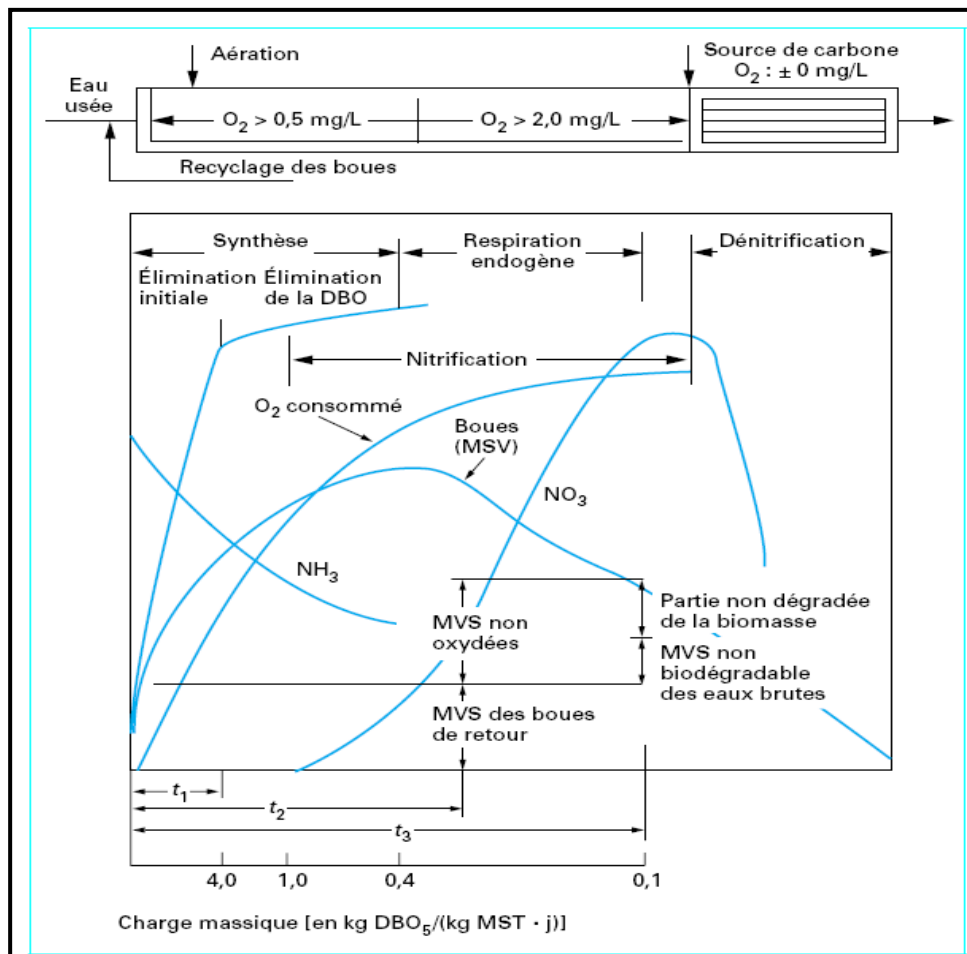


Fig III.10 : Différentes étapes du mécanisme aérobique de l'épuration des eaux résiduaires urbaines.

d) Bassin de Clarification (décantation) : Les performances de l'épuration biologique résultent de l'action d'aération et de clarification qui sur le plan technique, forme une seule unité. L'ouvrage de décantation secondaire est de forme circulaire de 20,5 m de diamètre, sa surface est de 330 m² et son volume de 977 m³, la hauteur d'eau prévue est de 2,96 m. (**Fig A**)

La liqueur mixte maintenue en suspension dans le bassin d'aération passe dans un bassin de clarification de forme circulaire pour y être clarifiée, l'alimentation se fait au moyen d'une conduite en siphon sur montée au centre du bassin, d'une jupe de réparation.

Le floc se sépare de l'eau interstitielle et se dépose sur le radier de l'ouvrage de clarification, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par surverse dans une rigole périphérique.

L'ouvrage de décantation est équipé d'un pont racleur muni de fond ramenant les boues sédimentées sur le radier de l'ouvrage vers la fosse centrale à boues d'où ces dernière seront reprises par l'intermédiaire de tuyauterie vers la station de pompage et d'un racleur de surface pour l'élimination des flottants.

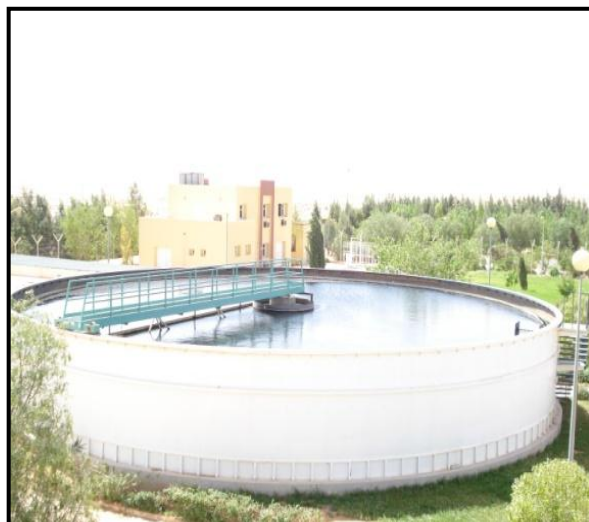


Fig A



Fig B

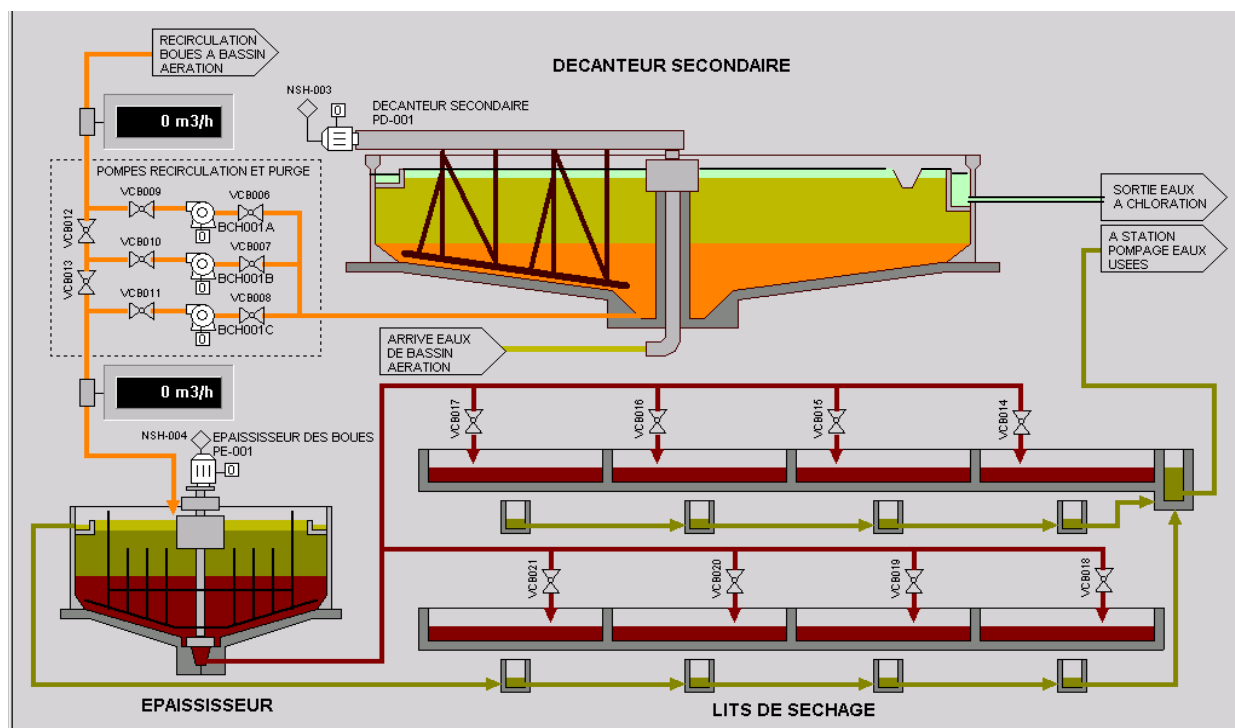


Fig III.11: Traitement physique (Clarification- Recirculation).

e) **Poste de Recirculation et D'extraction des Boues** : Les boues reprises au centre du décanteur sont transférées par gravité vers le poste de recirculation et d'extraction, pour être recerclée ou dirigées vers un traitement en fonction de la destination des boues produites.

- ❖ **Boues de Recirculation** : L'efficacité des procédés du traitement biologique par boue activée est basée sur une recirculation importante des boues, provenant de la décantation secondaire ; la concentration nécessaire en boue activée dans le bassin d'aération est assurée par deux groupes d'électropompes d'un débit de $125 \text{ m}^3/\text{h}$. le recyclage des boues permet de maintenir une concentration de micro-organismes, nécessaire pour assurer le niveau d'épuration biologique, d'une part, et d'autre part d'éviter le colmatage des boues au niveau du bassin de décantation.
- ❖ **Boues en Excès** : Les boues en excès sont extraites du poste de pompage avec une teneur en matière sèche de 8 g/l par une pompe d'un débit de $125 \text{ m}^3/\text{h}$, soit un volume journalier de $96 \text{ m}^3/\text{j}$, elles sont évacuées vers la filière de traitement des boues.

III.4.3.3. Désinfection des Eaux

L'utilisation ultérieure de l'effluent épuré impose une épuration plus poussée pour l'élimination des germes pathogènes, et des mauvaises odeurs. L'eau décantée est introduite dans un bassin, où s'opère une désinfection par injection de l'hypochlorite de sodium à 47° qui a une action destructrice directe sur les germes, provenant d'une unité de chloration



Fig III.12: L'eau épurée

III.4.3.4. Filière de Traitement des Boues [19], [25], [26]

Le traitement des boues permet de transformer la boue en un produit apte à être transporté ou séché sans nuisance pour l'environnement. L'opération de traitement des boues au niveau de la STEP sert à réduire le volume des matières à manipuler en enlevant une partie d'eau, à cet effet les étapes de la filière de traitement des boues sont comme suit :

a) **Epaissement** : C'est le premier stade, il consiste à la réduction du volume des boues sans dépense d'énergie notable, L'épaississeur est destiné à concentrer au maximum les boues avant leurs refoulements vers les lits de séchage.

La suspension boueuse est introduite dans un épaisseur équipé de racleur, dont le temps de séjour est élevé (23 heures) de façon à provoquer le tassement des boues. Leur évacuation se fait gravitèremment par le fond vers les lits de séchage tandis que, le liquide interstitiel est évacué par le haut, d'où il retourne vers la station de pompage

b) Séchage naturel : Les boues épaissies (concentration moyenne à l'extraction : 30 g/l) sont extraites de l'épaisseur et évacuées vers les lits de séchage où elles seront épaissies pour y être déshydratées naturellement, il existe 8 lits de séchage de surface unitaire de 160 m² deux pour les sables et les graisses résultant du dessablage - déshuilage, et 6 pour les boues (**Fig III.13**), Les lits sont formés d'aires éliminées par murettes, constitués d'une couche de sable disposé sur une couche de gravier.

Les conduites de drainage disposées sous la couche support recueillent les eaux d'égouttage pour ramener gravitèremment vers le poste de relevage des eaux usées, la production annuelle des boues : 936 m³/An.



Fig III.13 : Lit de séchage des boues

c) Le Chaulage : La chaux à des propriétés flocculantes pour les boues, en outre elle permet une désinfection de celles-ci en élevant le pH. La quantité de chaux à employer est importante.

III.4.3.5. Traitement chimique

III.4.3.5.1.chloration : une fois que l'eau est traitée, et clarifiée elle est envoyée dans un bassin final de stérilisation à l'hypochlorite de sodium pour une élimination totale de toute pollution microbienne éventuelle avant d'être rejetée dans l'exutoire (**Fig III.14**).

L'hypochlorite de sodium est distribué par un groupe de dosage comprenant deux pompes doseuses.

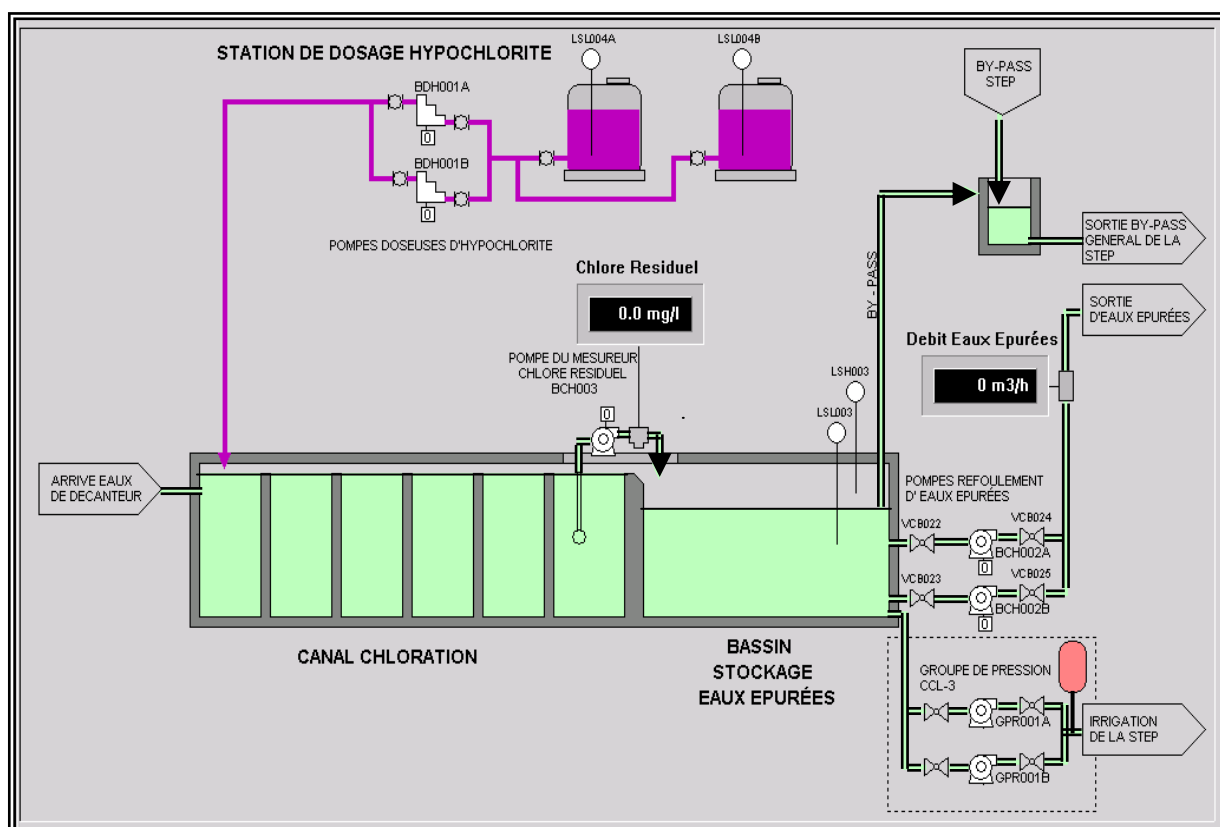


Fig III.14: traitement chimique (chloration)

NB : La commande de la station d'épuration peut se faire à distance à partir de la salle de contrôle, équipé d'un PC muni d'un logiciel de commande à distance avec les paramètres de surveillance et de contrôle, ainsi que les schémas de procès pour la bonne fin d'exploitation de la station d'épuration.

Schéma de principe de la STEP

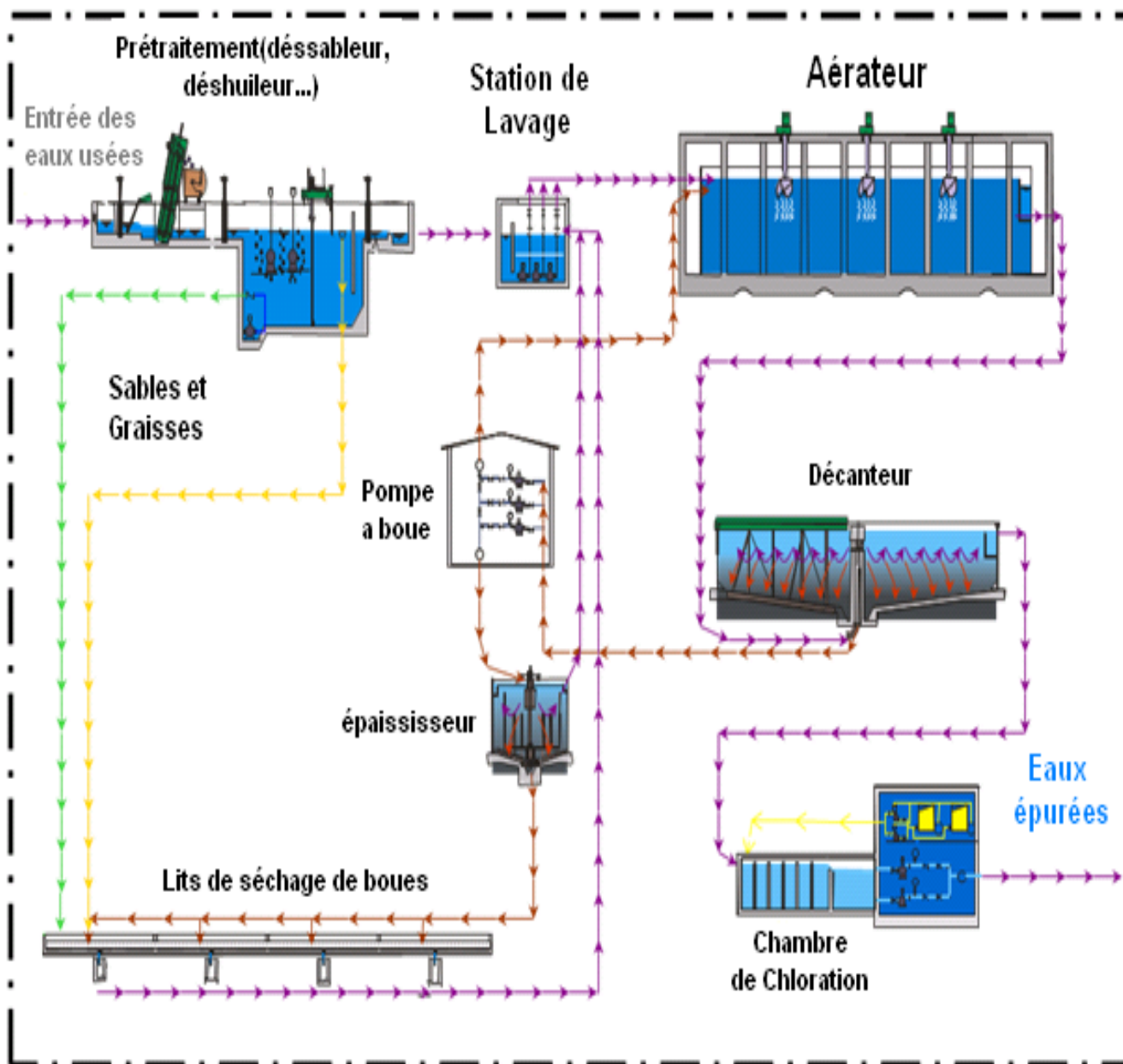


Figure 08 : Représentation schématique de la station d'épuration des eaux

III.5. Conclusion

La prise en charge de l'environnement a débuté des années 1980 et s'est concrétisée par la réalisation :

D'une unité de traitement des eaux usées domestiques. L'exploitation et la maintenance de la station d'épuration de Hassi R'Mel ainsi que les stations de relevages des eaux usées domestiques sont assurés par une entreprise sous-traitante prestataire de services, à la charge de SONATRACH d'assurer la supervision, la sécurité et le contrôle du procès.

Les eaux produites sont utilisées après contrôles quotidiens à des fins industriels ou/et d'irrigation.

L'étude de l'automatisation de cette station d'épuration sera exposé dans le dernier chapitre

IV.1. Introduction

Dans un projet industriel, il est toujours nécessaire de faciliter le contrôle des différentes entités de l'usine (ou station).

Dans ce chapitre, notre objectif est d'exploiter les informations que nous avons déjà traitées précédemment pour automatiser la station d'épuration des eaux usées domestique de hassi r'mel, en utilisant le STEP7 comme logiciel de simulation.

IV.2. étude et simulation de l'étape de prétraitement



Fig IV.1: armoire électrique

IV.2.1. les pompes étudiées

- Les aérateurs.
- La pompe de graisse.
- La pompe de sable.
- Les pompes des relevages.

IV.3. Programmation

On va essayer d'exploiter les informations que nous avons déjà connues dans les chapitres précédents pour automatiser la station d'épuration avec l'automate programmable S7 300, on utilisant le logiciel STEP 7 pour la programmation, et le logiciel PLCSIM pour la simulation.

IV.3.1. Création d'un projet avec STEP7

Le logiciel SIMATIC Manager, nous permet de créer de nouveaux projets à l'aide de L'assistant selon la (*Fig IV.2*).

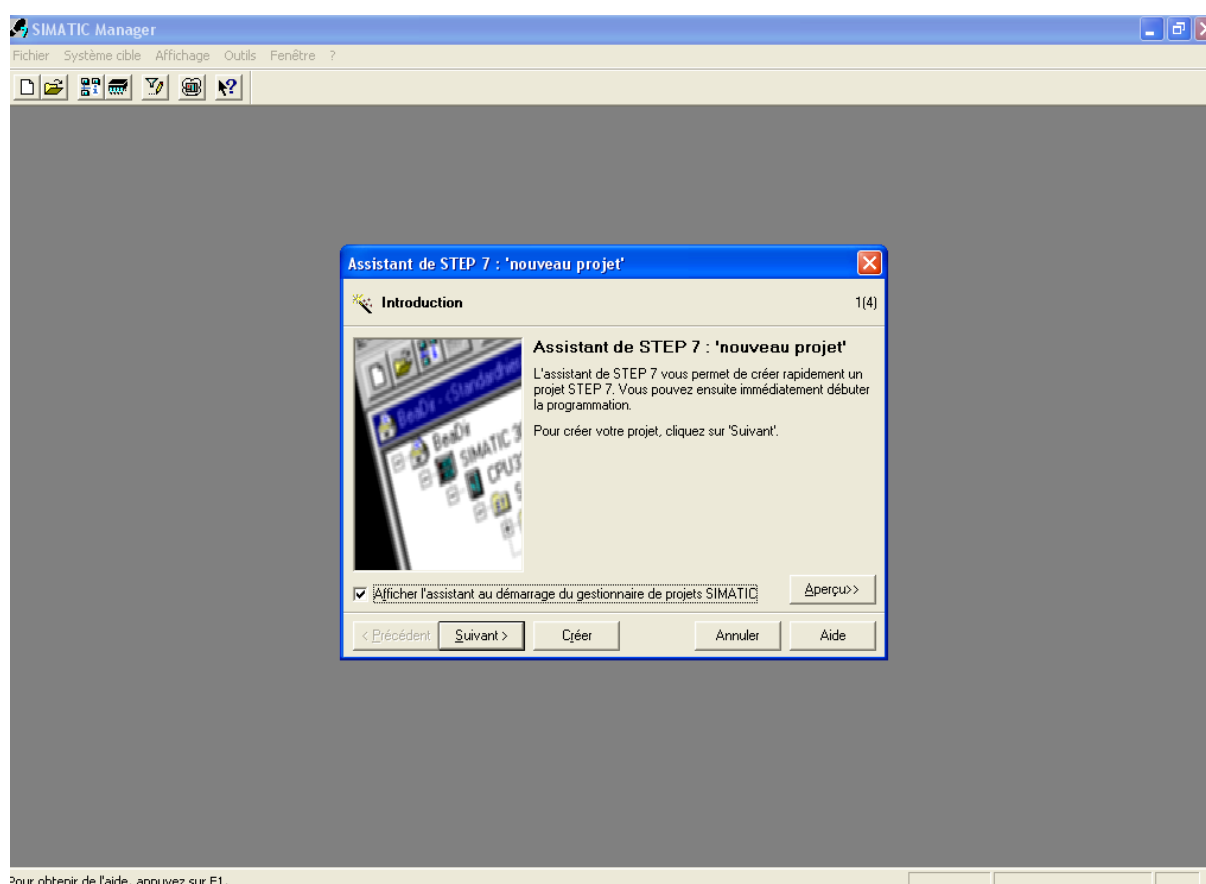


Fig IV.2: assistant nouveau projet

On a choisi le langage de programmation à contacte, c'est le langage le plus utilisé par les automaticiens.

Les étapes précédentes nous permettent d'obtenir une nouvelle fenêtre qui porte le nom de notre projet (**Fig IV.3**).

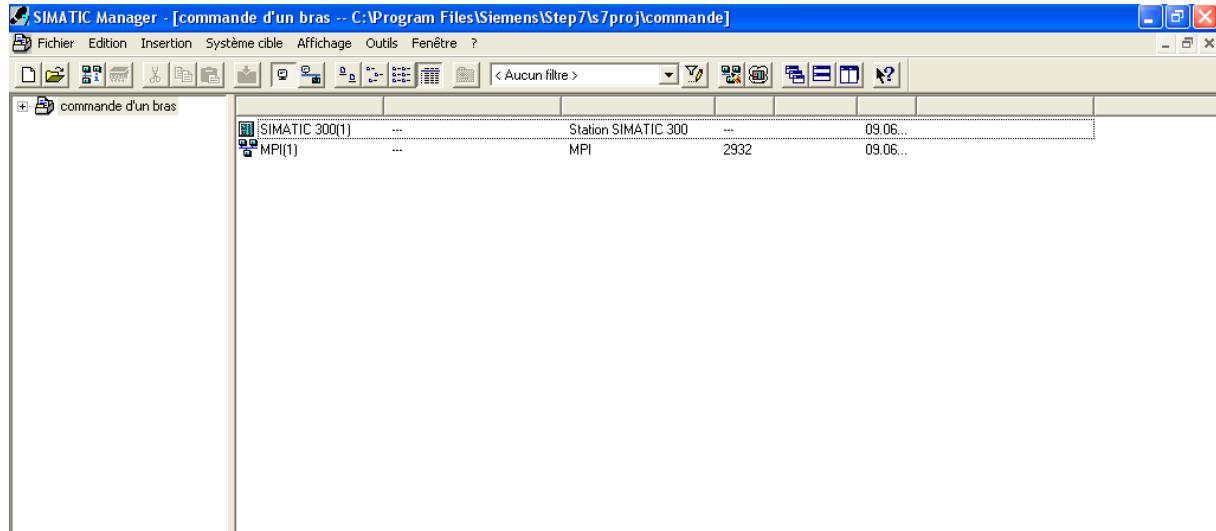


Fig IV.3: vue des composants d'un projet

IV.3.2. Configuration matérielle

La fenêtre de projet est partagée en deux volets comme l'indique la (**Fig. IV.4**). le volet gauche représente l'arborescence du projet. celui du droite affiche le contenu de l'objet sélectionné dans le volet gauche. la sélection de la station d'épuration nous engage à la configuration de notre matériel physique à l'aide du logiciel de configuration – HW config-, ce dernier nous permet de choisir des matériels de l'application.

Dans la fenêtre de configuration de matériel, il apparaît plusieurs cases dont à la première case on choisi l'alimentation – PS307 2A-, a la deuxième case on met le processeur –CPU314IFM et dans les autre emplacements on choisit les modules des signaux – DI, DO

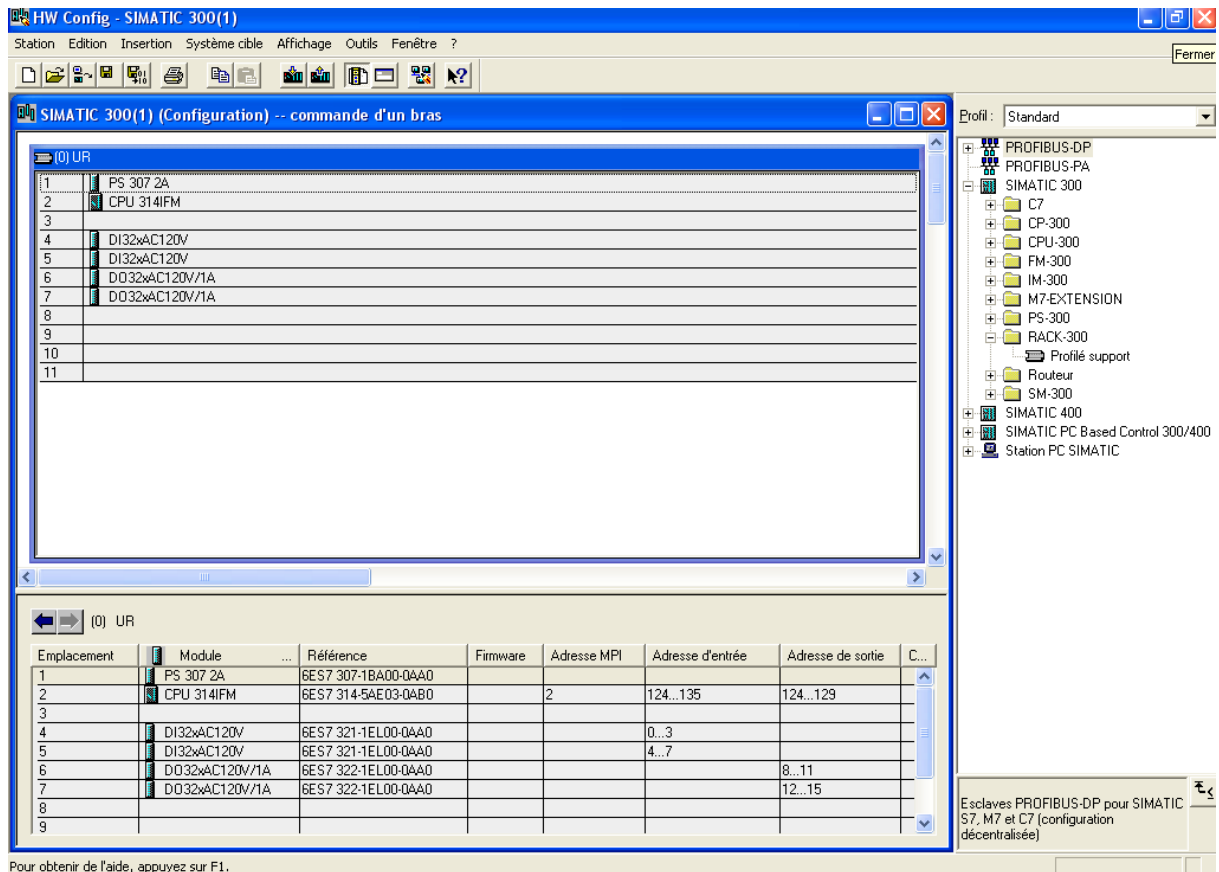


Fig IV.4: configuration matériel(Modules)

IV.3.3. Création du programme

Pour créer un programme avec STEP7 nous avons besoin de déclarer les entrées, les sorties et les mémentos utilisées dans notre projet.

	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		A1.0	A 1.0	BOOL	Actionner pompe A
2		A1.1	A 1.1	BOOL	Actionner pompe B
3		A1.2	A 1.2	BOOL	Actionner pompe C
4		E0.3	E 0.3	BOOL	PC-A
5		E0.4	E 0.4	BOOL	PC-B
6		E0.5	E 0.5	BOOL	PC-C
7		E1.5	M 2.5	BOOL	déf-disj-C
8		E5.1	E 5.1	BOOL	reset
9		M1.2	M 1.2	BOOL	Temps-fct-A
10		M1.3	M 1.3	BOOL	Temps-fct-B
11		M1.4	M 1.4	BOOL	Temps-fct-C
12		M1.5	M 1.5	BOOL	FI-bas
13		M1.6	M 1.6	BOOL	FI-haut
14		M1.7	M 1.7	BOOL	FI-très haut
15		M2.0	M 2.0	BOOL	ar-urg-A
16		M2.1	M 2.1	BOOL	déf-disj-A
17		M2.2	M 2.2	BOOL	ar-urg-B
18		M2.3	M 2.3	BOOL	déf-disj-B
19		M2.4	M 2.4	BOOL	ar-urg-C

Fig IV.5: table mnémonique

L'automatisation et la surveillance de notre projet nécessite un bloc d'organisation et quatre fonctions (Fig IV.6).

	Langage de création	Taille dans la mémoire...
Données système	SDB	...
OB1	LOG	Bloc d'organisation 70
FC1	CONT	Fonction 524
FC2	CONT	Fonction 262

Fig IV.6: création du programme

IV.4. Simulation du programme

Après la réalisation du programme d'automatisation de pompe, on peut simuler notre programme à l'aide des étapes suivantes :

- Lancement et configuration de S7-PLCSIM pour tester le programme sans connecter la PC à un automate, il suffit d'activer le simulateur. Tous les accès à l'interface de l'automate sont simulés de manière interne par logiciel de simulation S7-PLCSIM.

Pour lancer PLCSIM, il faut activer le (simulateur) par l'icône: 

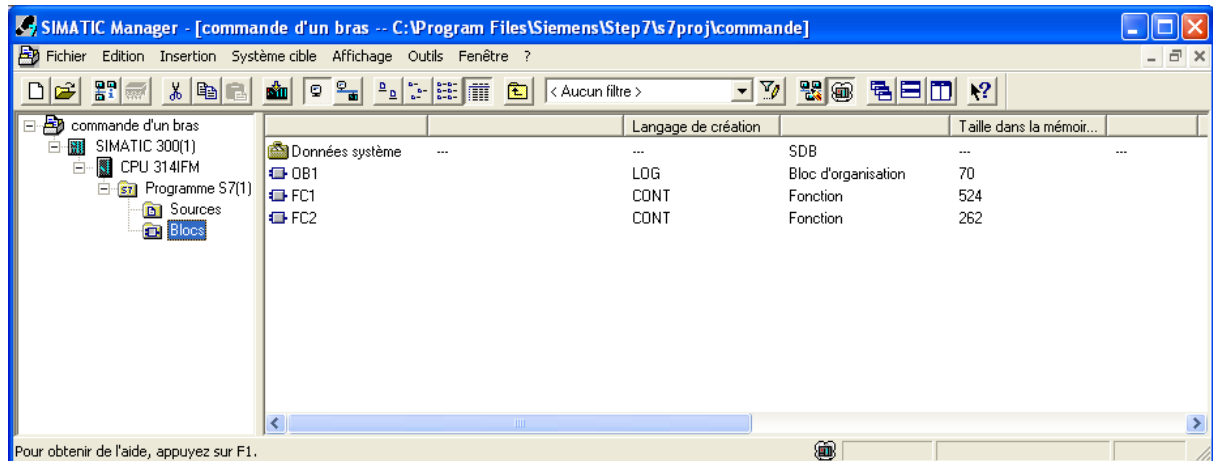


Fig IV.7: activer- désactiver le simulateur à partir de l'interface

Il nous reste plus qu'insérer à l'aide de menu << insertion >> toutes les << entrées >> et << sortie >> utilisées dans le programme que nous désirons tester: << Mémento >>, << temporisation >> et << compteurs >> peuvent être également représentées (**Fig IV.8**).

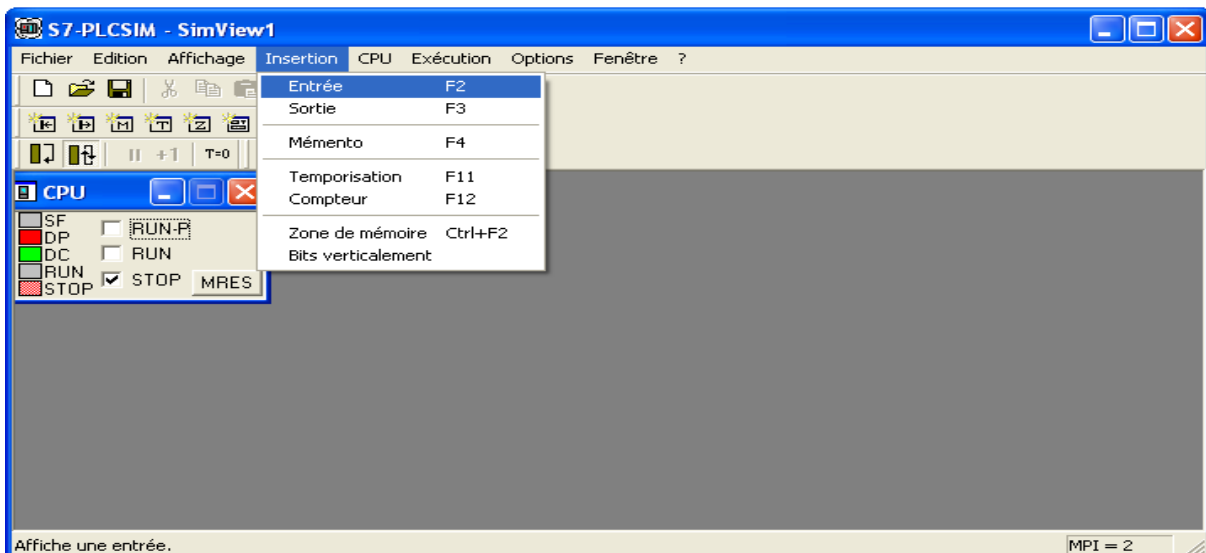


Fig IV.8: l'environnement de S7-PLCSIM

Il suffit d'entrer les adresses voulues, EB, AB et le mode de représentation par bits (**Fig IV.9**).

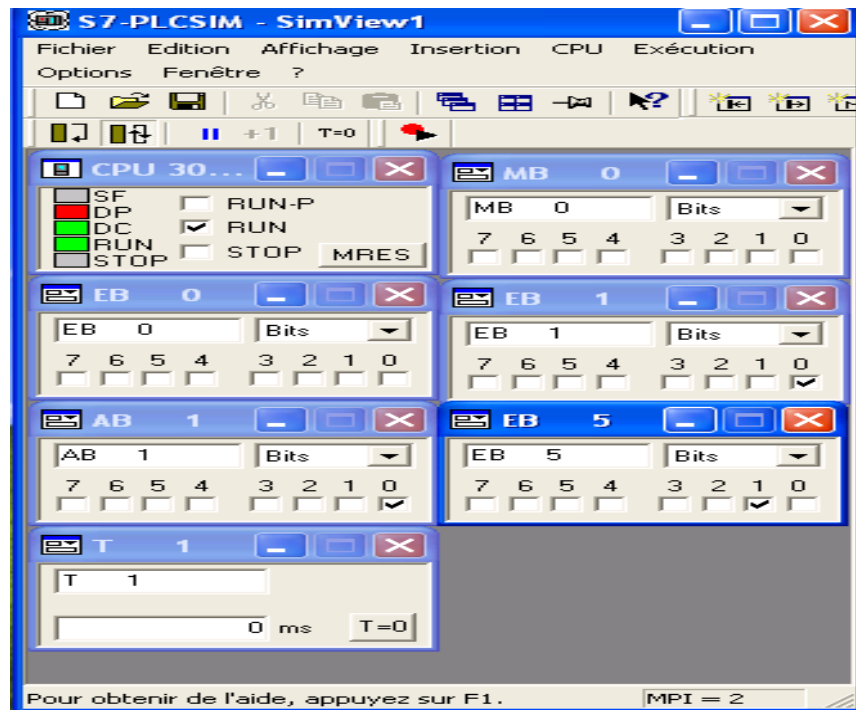


Fig IV.9: réglage des paramètres

On peut maintenant charger le programme S7 à tester dans l'automate simulé :

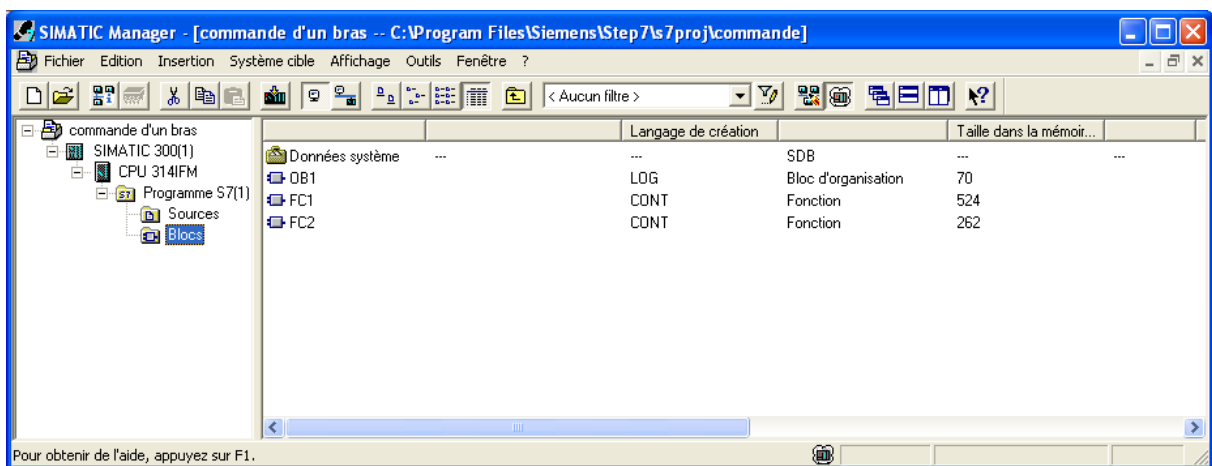


Fig IV.10: chargement du programme à simuler

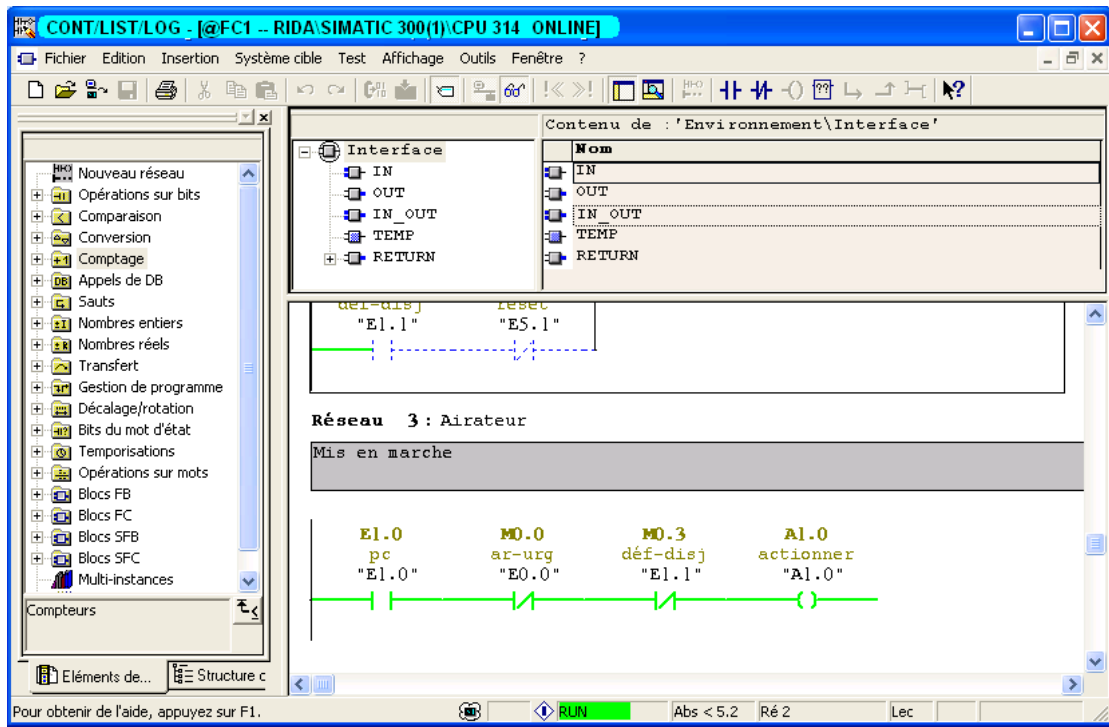


Fig IV.11: visualisation des programmes

IV.5. Le programme de Commande automatique de l'étape de prétraitement

IV.5.1. Aérateur

❖ Conditions de validation

Pour que le moteur 1 fonctionne il faut :

- Sélectionner le bouton insertion (E1.0 marche pc)

❖ Conditions d'arrêt

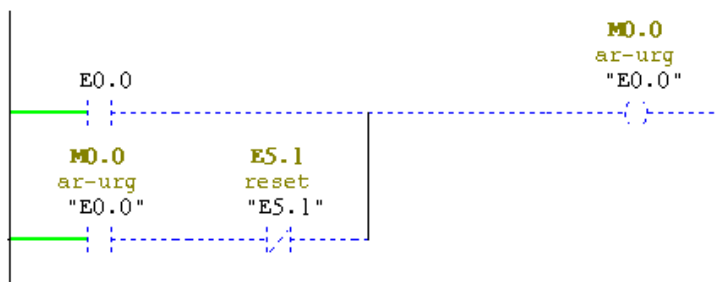
- Arrêt d'urgence (E0.0)
- Défaut disjoncteur (E0.1)

FC1 : CAMMANDE AUTOMATIQUE

Airateur

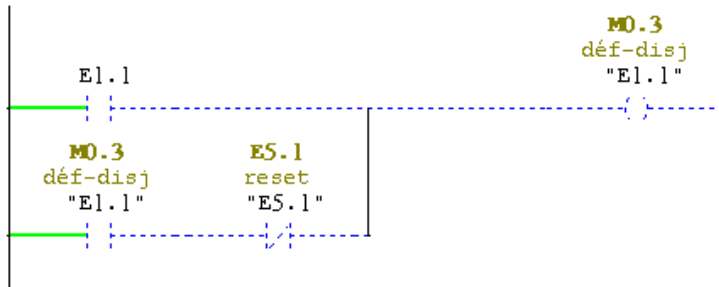
Réseau 1: Airateur

Arrêt d'urgence



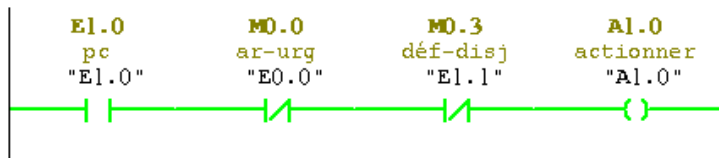
Réseau 2: Airateur

Défaut disjoncteur



Réseau 3: Airateur

Mis en marche



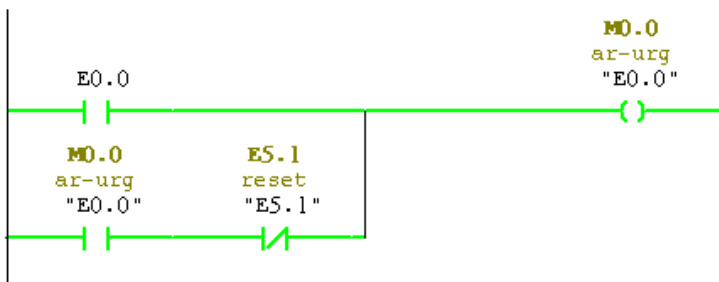
- Utilisation de l'arrêt d'urgence

FC1 : COMMANDE AUTOMATIQUE

Airateur

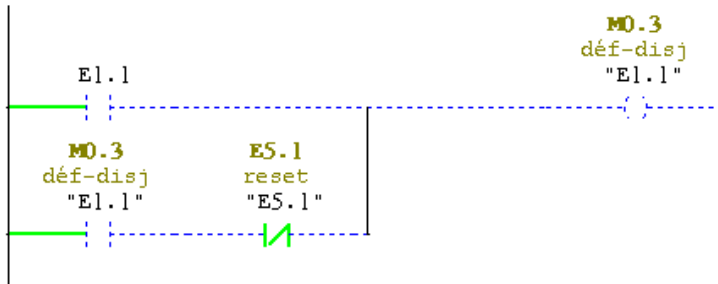
Réseau 1: Airateur

Arrêt d'urgence



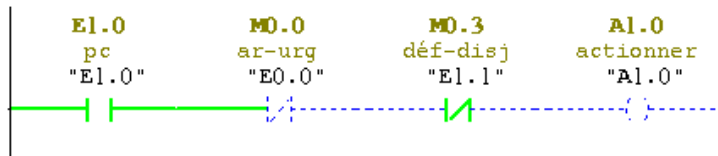
Réseau 2: Airateur

Défaut disjoncteur



Réseau 3: Airateur

Mis en marche



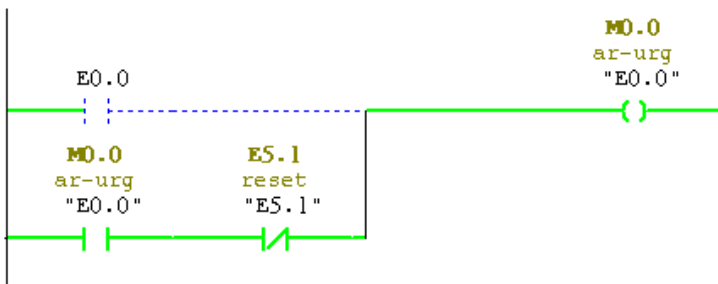
- *Reset arrêt d'urgence*

FC1 : CAMMANDE AUTOMATIQUE

Airateur

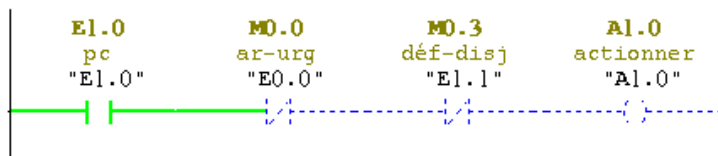
Réseau 1: Airateur

Arrêt d'urgence



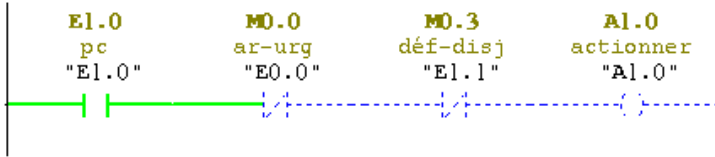
Réseau 3: Airateur

Mis en marche



Réseau 3: Airateur

Mis en marche

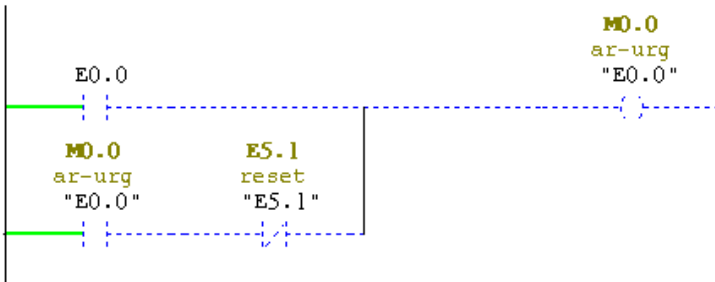


FC1 : CAMMANDE AUTOMATIQUE

Airateur

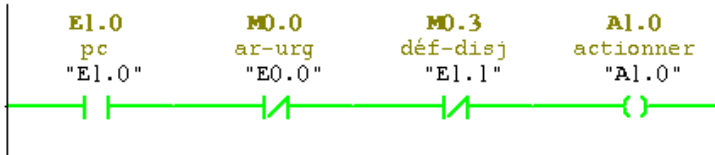
Réseau 1: Airateur

Arrêt d'urgence



Réseau 3: Airateur

Mis en marche



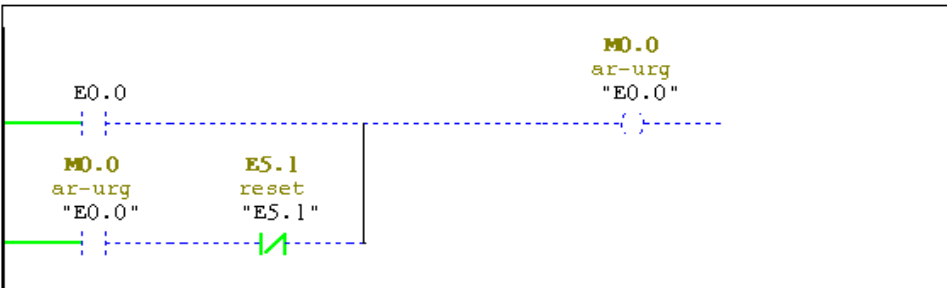
- *Défaut disjoncteur*

FC1 : CAMMANDE AUTOMATIQUE

Airateur

Réseau 1: Airateur

Arrêt d'urgence



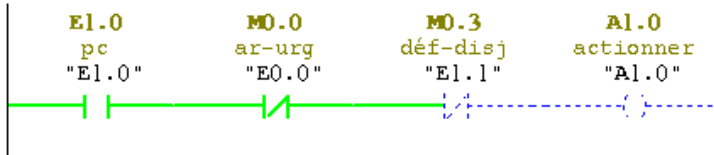
Réseau 2: Airateur

Défaut disjoncteur



Réseau 3: Airateur

Mis en marche



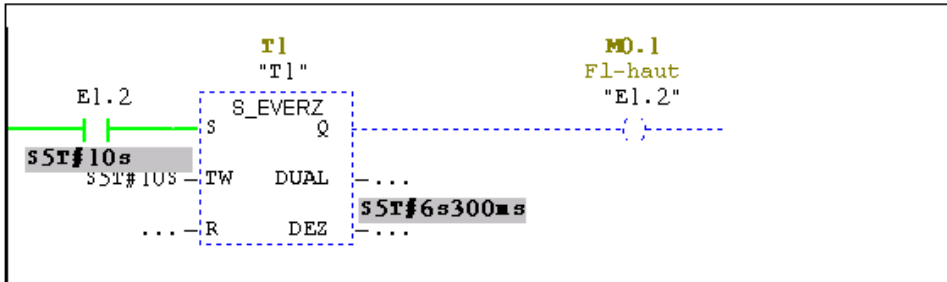
IV.5.2. pompe de graisse

FC2 : Cammande automatique

pompe de graisse

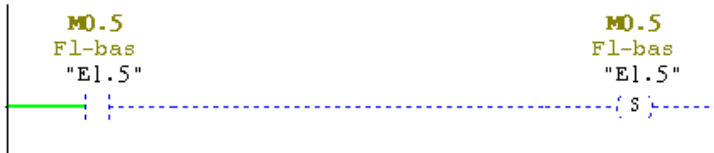
Réseau 1: floteur

floteur niveau haut



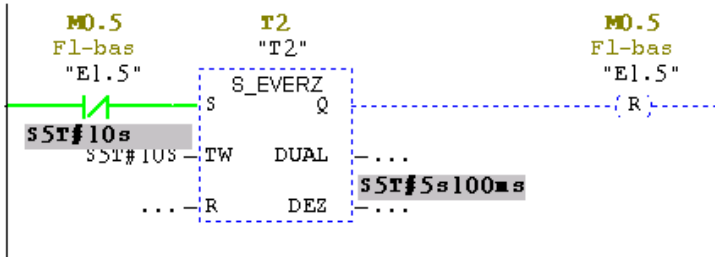
Réseau 2: Fl-bas

floteur niveau bas



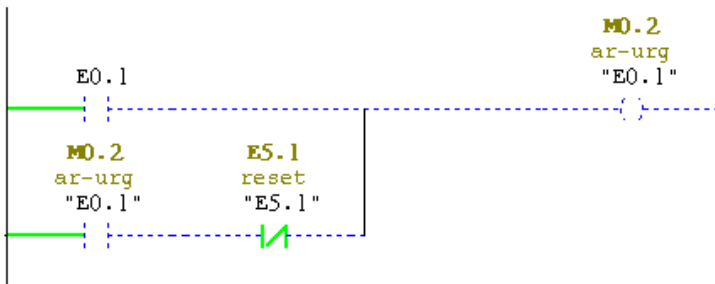
Réseau 3: Titre :

floteur niveau bas



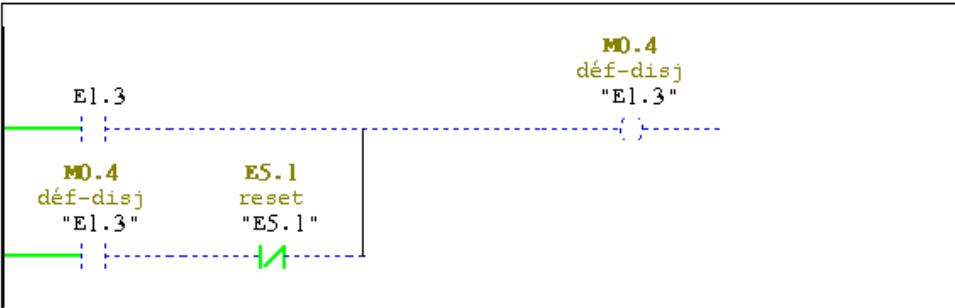
Réseau 4: ar-urg

Arrêt d'urgence



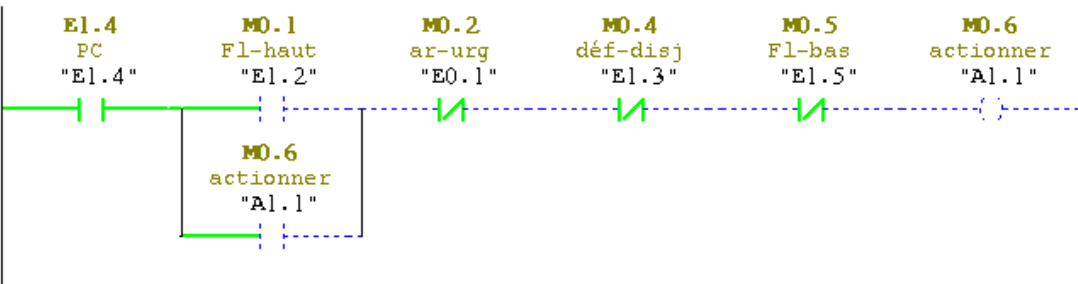
Réseau 5: déf-disj

Défaut disjoncteur



Réseau 6: actionner

Mis en marche



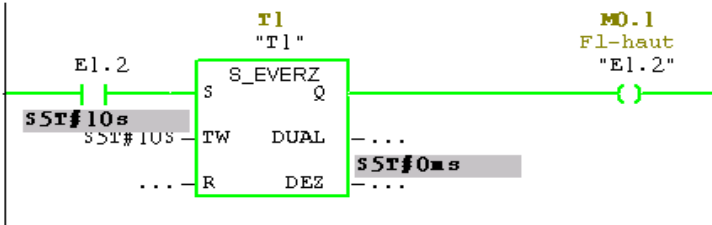
- *Le flotteur niveau haut*

FC2 : Cammande automatique

pompe de graisse

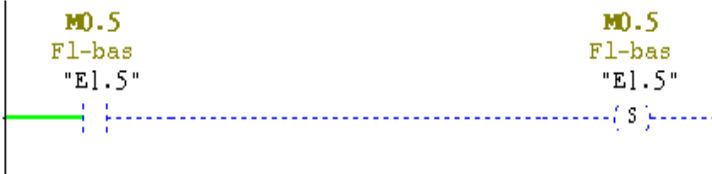
Réseau 1: floteur

floteur niveau haut



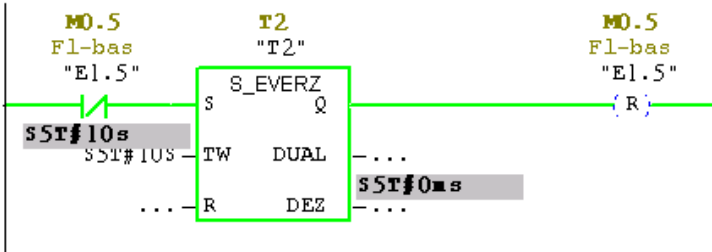
Réseau 2: Fl-bas

floteur niveau bas



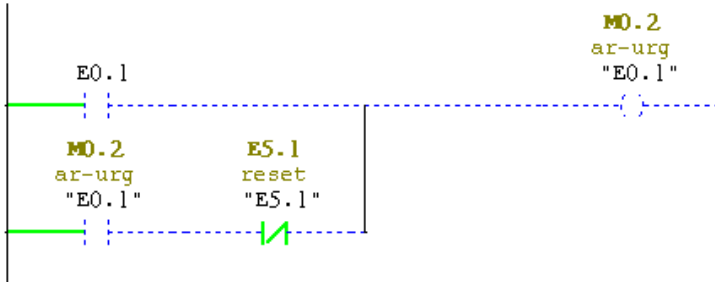
Réseau 3: Titre :

floteur niveau bas



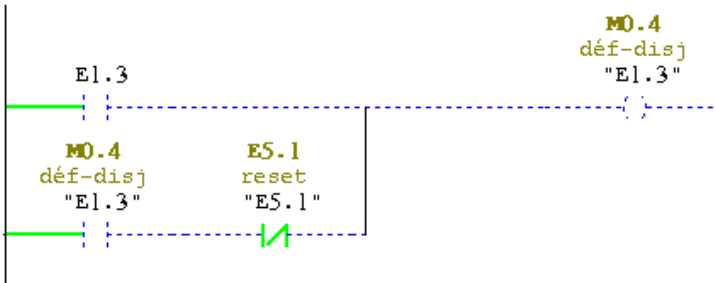
Réseau 4: ar-urg

Arrêt d'urgence



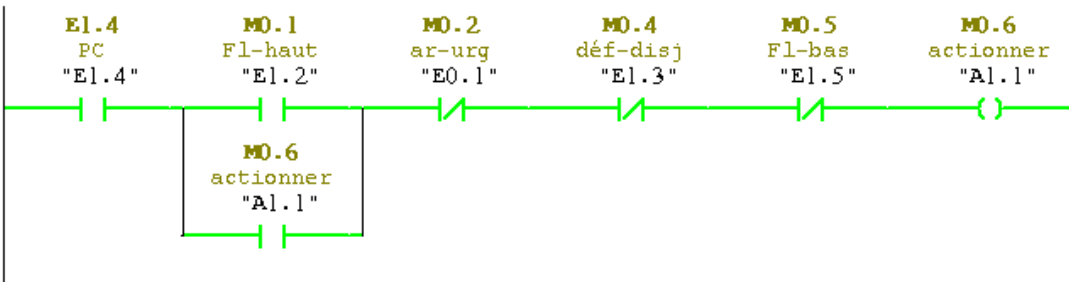
Réseau 5: déf-disj

Défaut disjoncteur



Réseau 6: actionner

Mis en marche



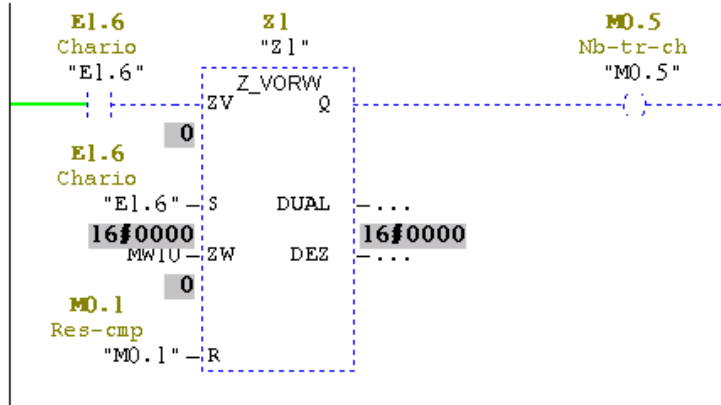
IV.5.3: pompe de sable

FC3 : Commande automatique

pompe de sable

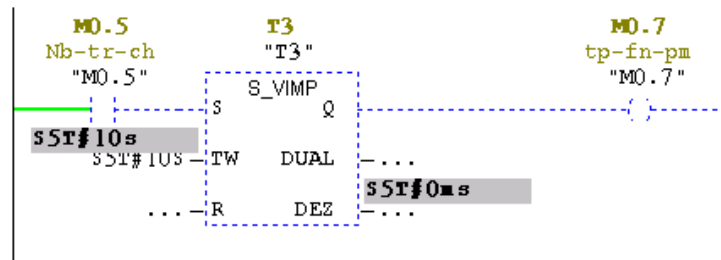
Réseau 1: Titre :

compteur de chario



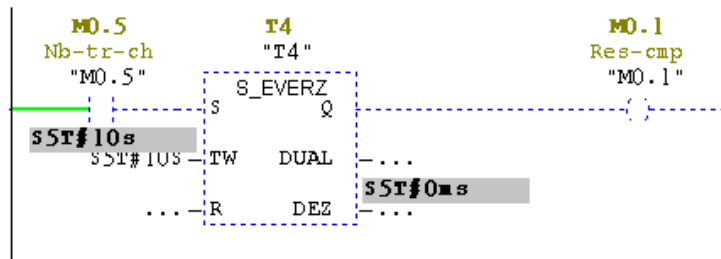
Réseau 2: Titre :

le temps de fonction de la pompe



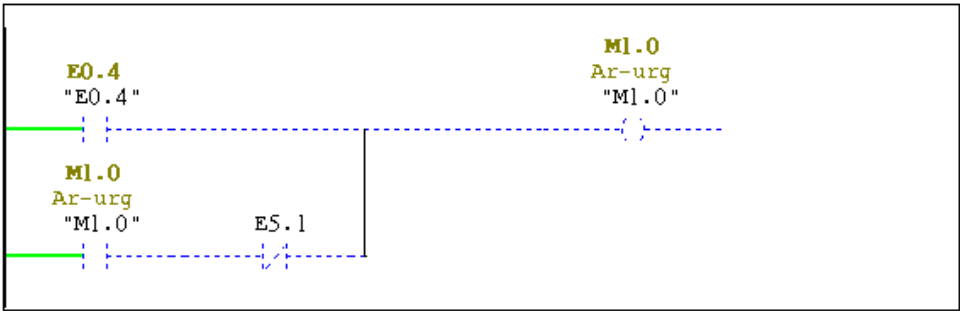
Réseau 3: Titre :

la reset de compteur



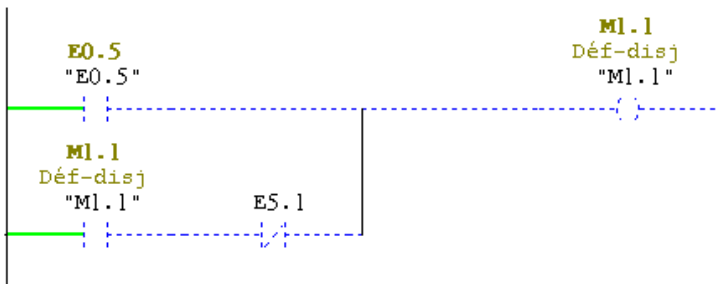
Réseau 4: Ar-urg

arrêt d'urgence de pompe



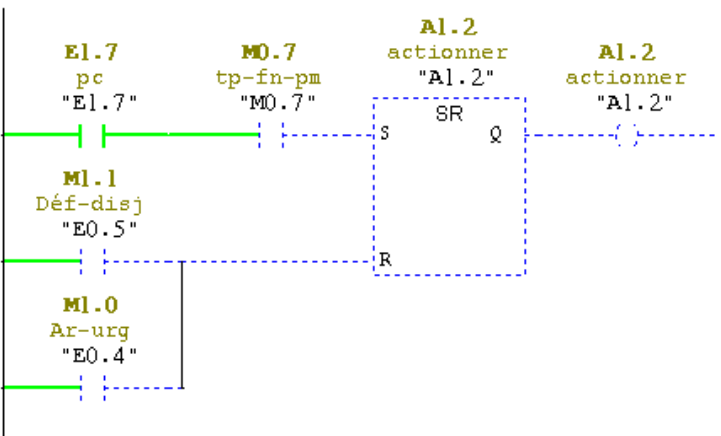
Réseau 5: Déf-disj

défaut disjoncteur



Réseau 6: actionner

mis en marche

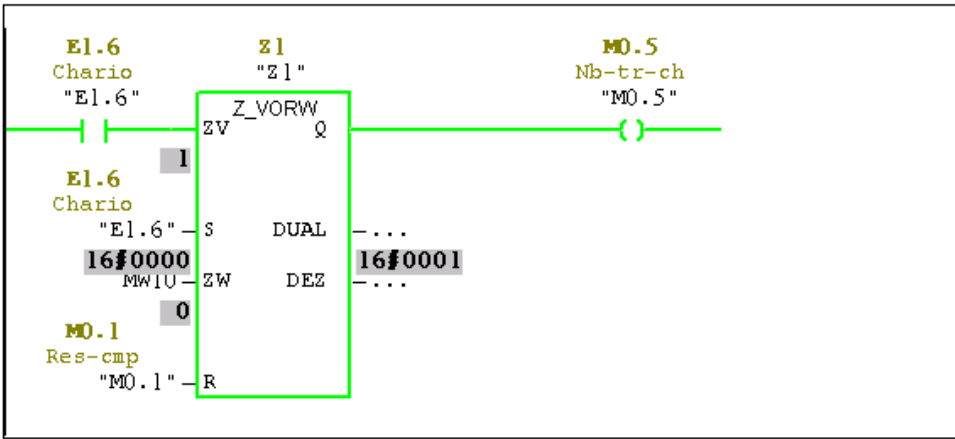


FC3 : Cammande automatique

pompe de sable

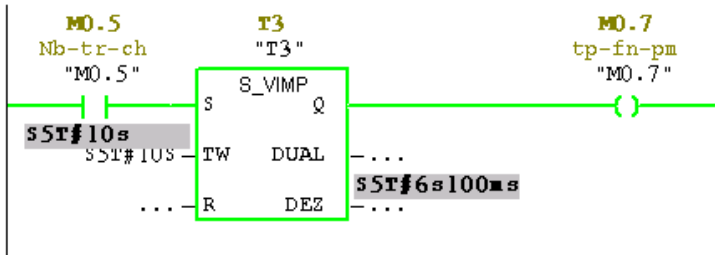
Réseau 1: Titre :

compteur de chario



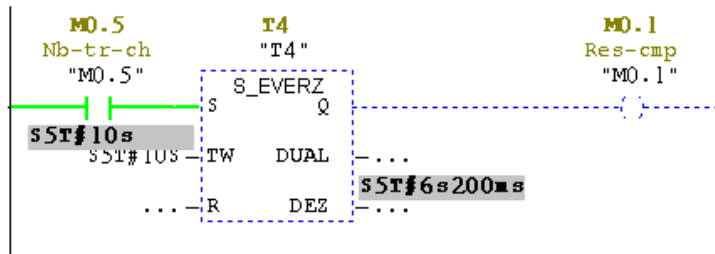
Réseau 2: Titre :

le temps de fonction de la pompe



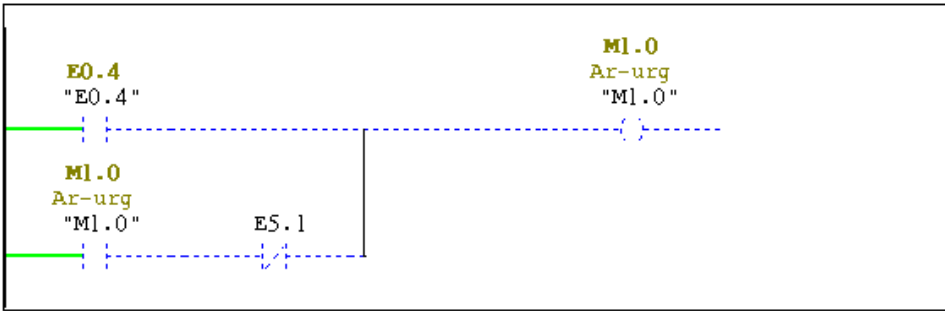
Réseau 3: Titre :

la reset de compteur



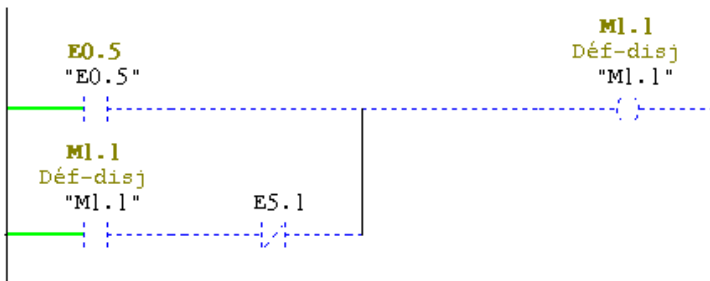
Réseau 4: Ar-urg

arrêt d'urgence de pompe



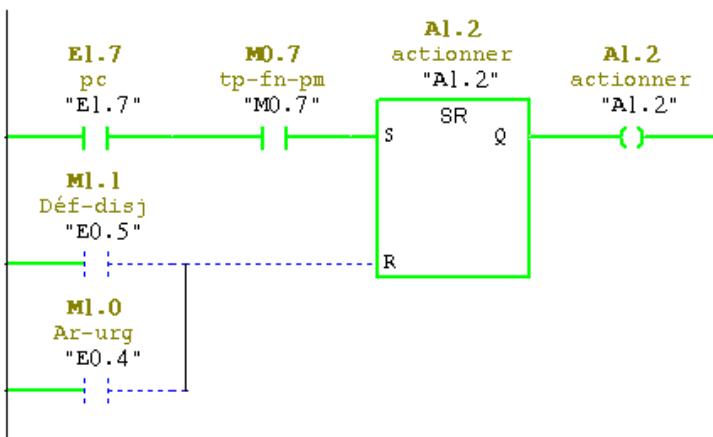
Réseau 5: Déf-disj

défaut disjoncteur



Réseau 6: actionner

mis en marche

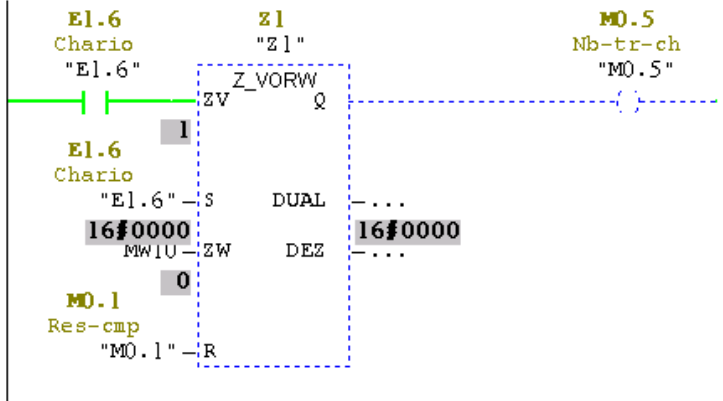


FC3 : Cammande automatique

pompe de sable

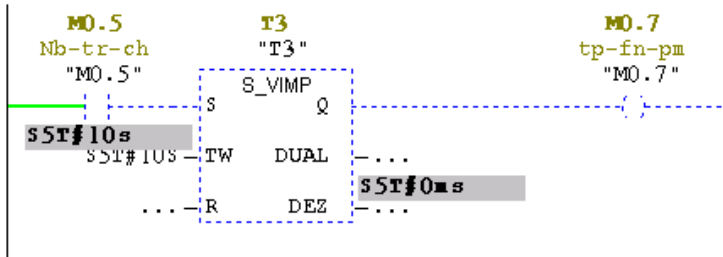
Réseau 1): Titre :

compteur de chario



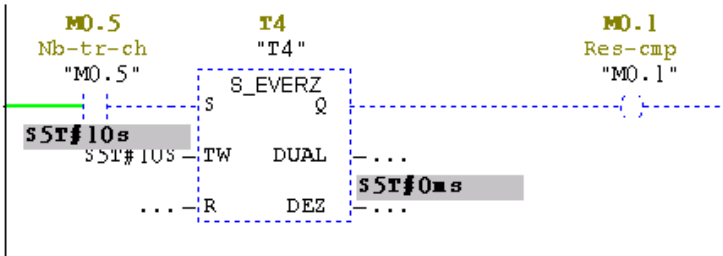
Réseau 2): Titre :

le temps de fonction de la pompe



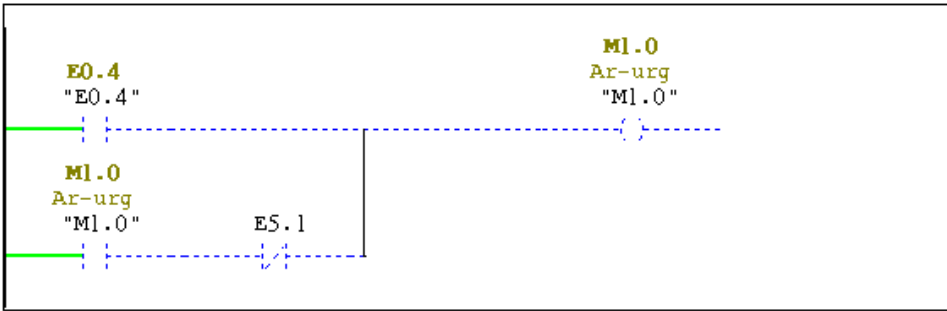
Réseau 3): Titre :

la reset de compteur



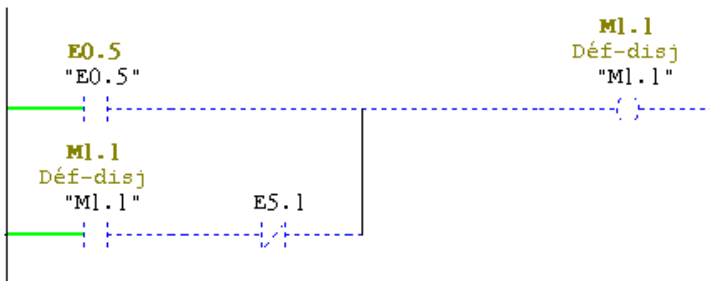
Réseau 4: Ar-urg

arrêt d'urgence de pompe



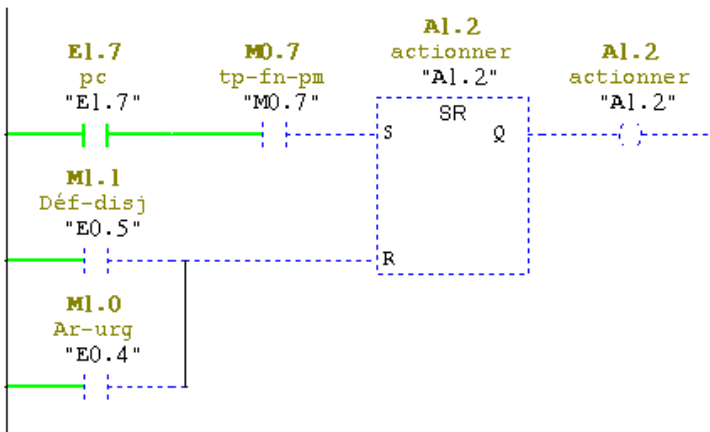
Réseau 5: Déf-disj

défaut disjoncteur



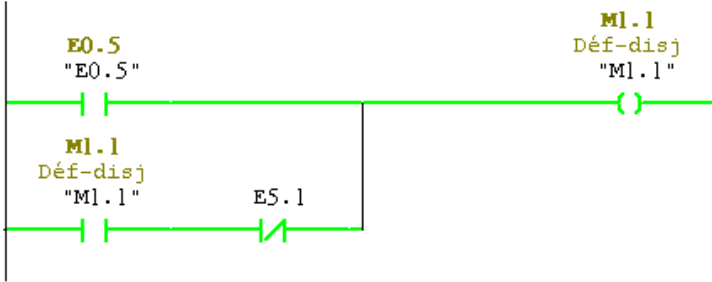
Réseau 6: actionner

mis en marche



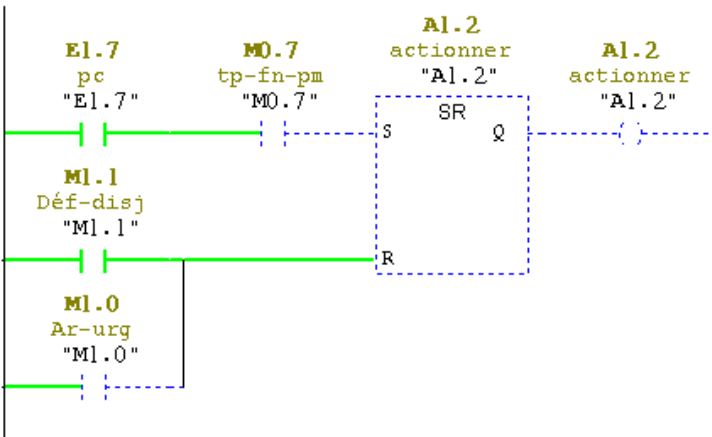
Réseau 5: Déf-disj

défaut disjoncteur



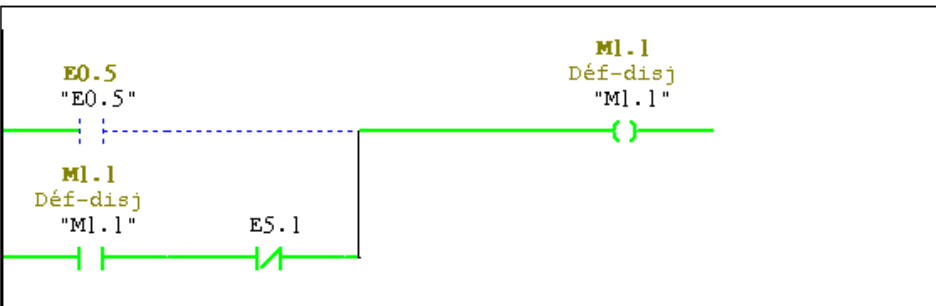
Réseau 6: actionner

mis en marche



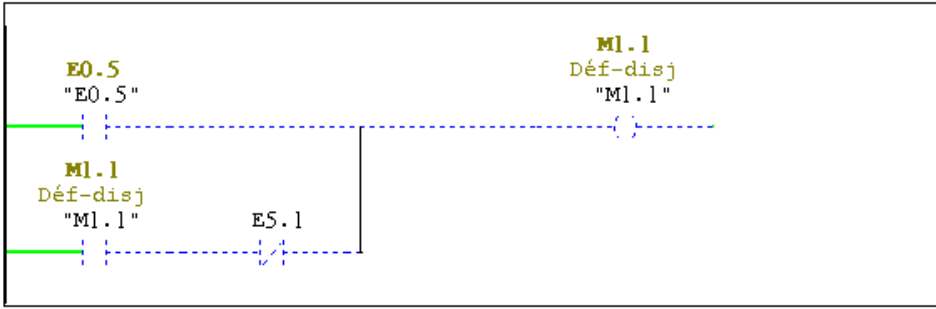
Réseau 5: Déf-disj

défaut disjoncteur



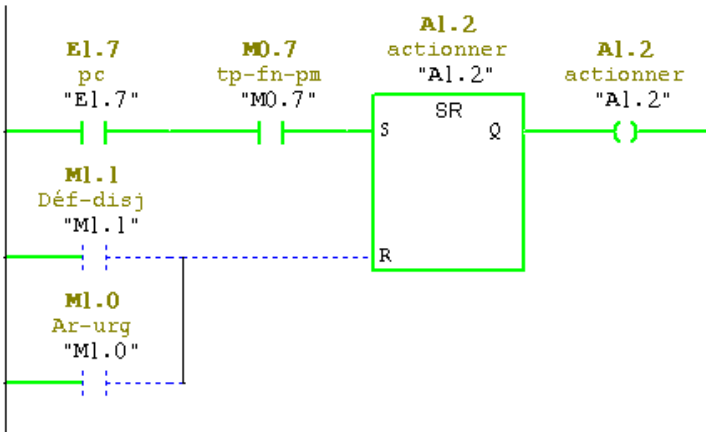
Réseau 5: Déf-disj

défaut disjoncteur



Réseau 6: actionner

mis en marche



IV5.4. les pompes de relevage

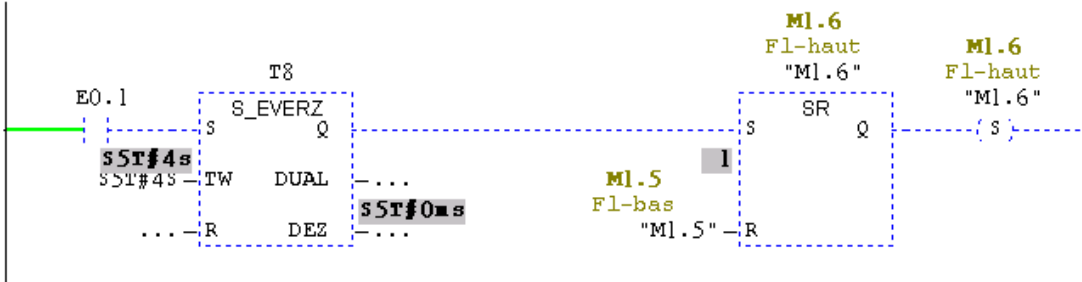
- L'état initial des pompes de relevage

FC7 : Commande automatique

Commentaire :

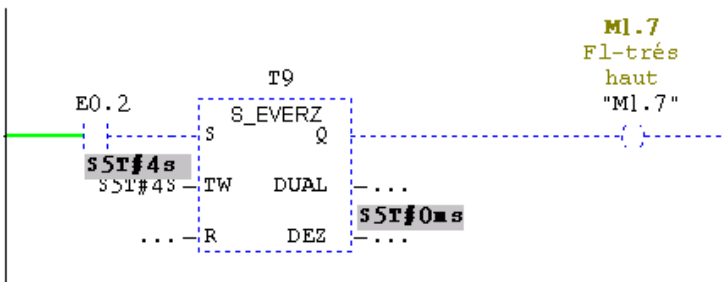
Réseau 1: Titre :

Floteur niveau haut



Réseau 2: Titre :

Floteur niveau très haut



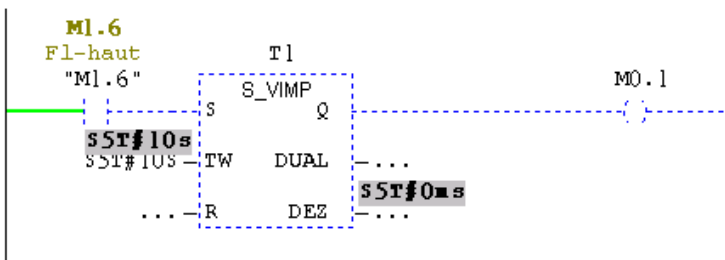
Réseau 3: Fl-bas

Floteur niveau bas



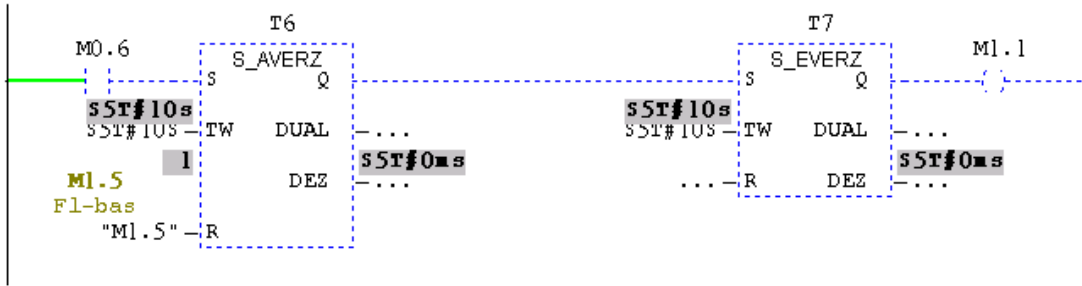
Réseau 1: Titre :

alternance 1



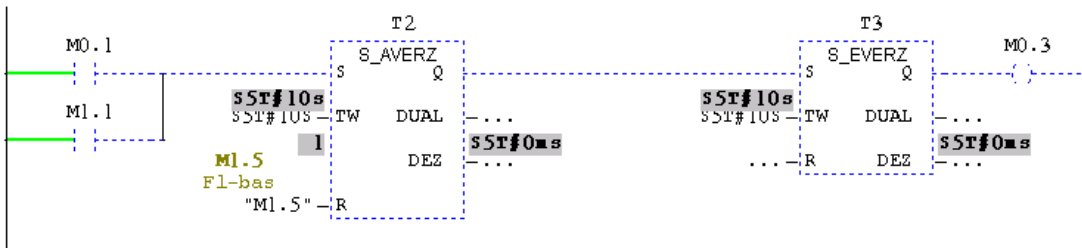
Réseau 2: Titre :

alternance 2



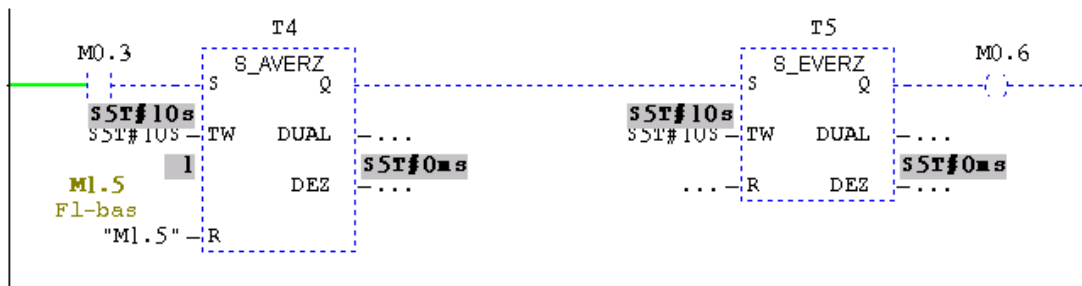
Réseau 3: Titre :

alternance 3



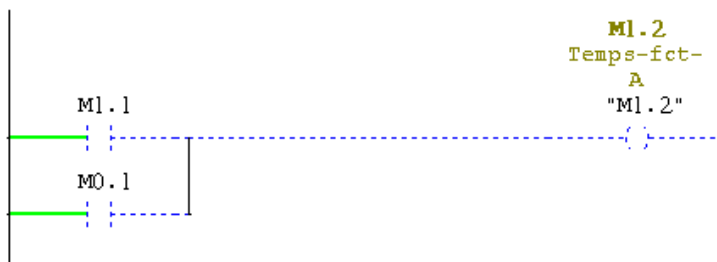
Réseau 4: Titre :

alternance 4



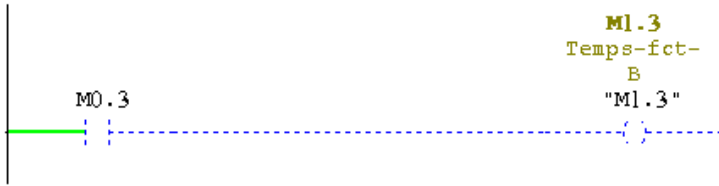
Réseau 5: Titre :

temps de fonction pompe A



Réseau 6: Titre :

temps de fonction pompe B



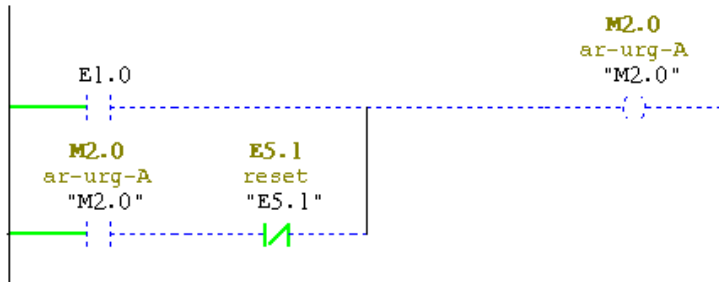
Réseau 7: Temps-fct-C

temps de fonction pompe C



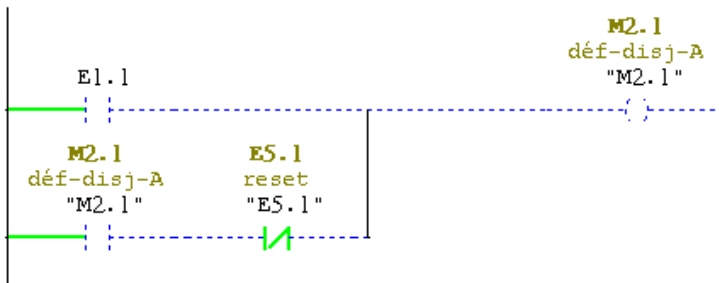
Réseau 4: pompe A

Arrêt d'urgence



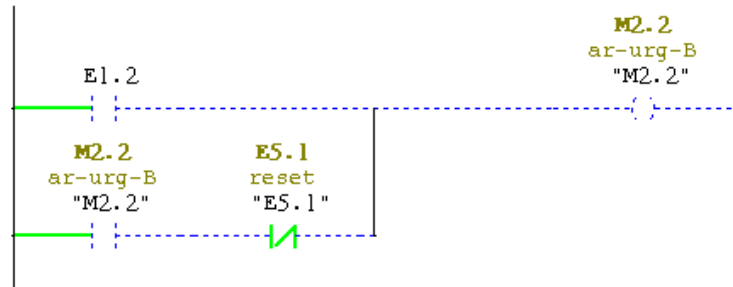
Réseau 5: pompe A

Défaut disjoncteur



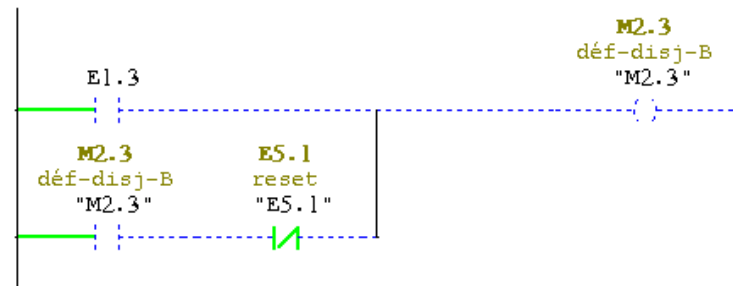
Réseau 6: pompe B

Arrêt d'urgence



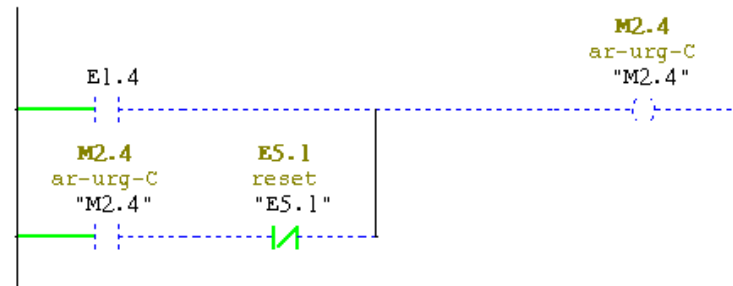
Réseau 7: pompe B

Défaut disjoncteur



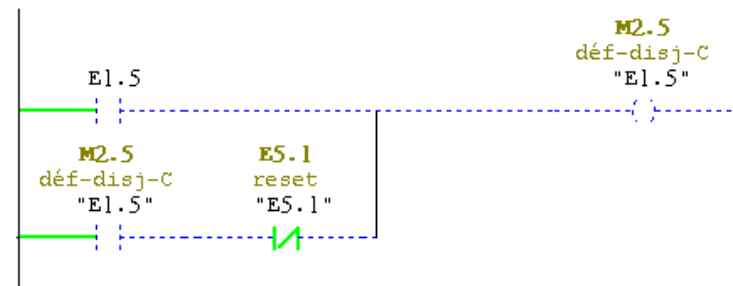
Réseau 8: pompe C

Arrêt d'urgence



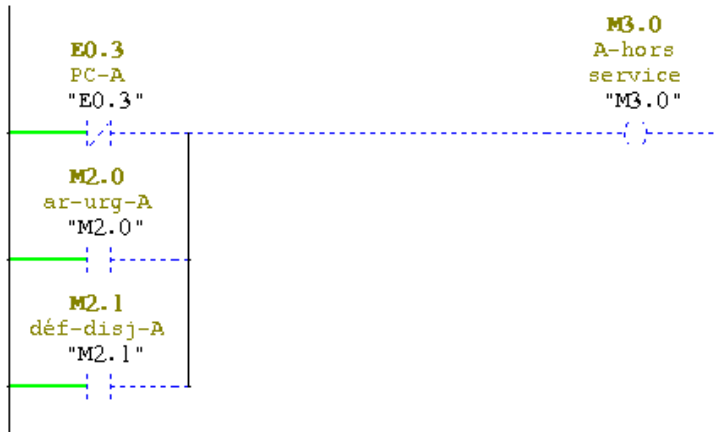
Réseau 9: pompe C

Défaut disjoncteur



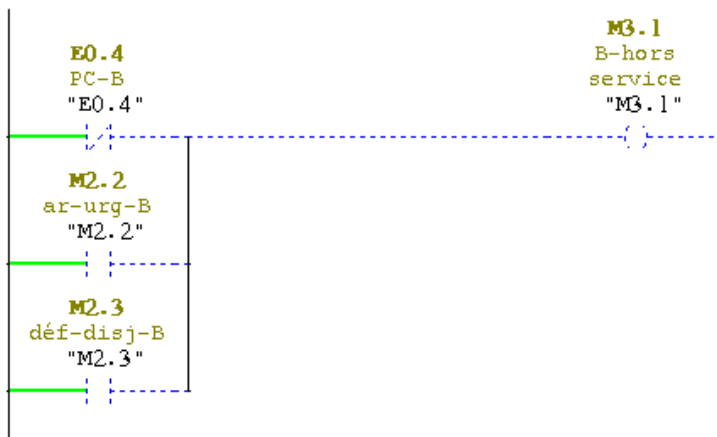
Réseau 1: Titre :

pompe A hors service



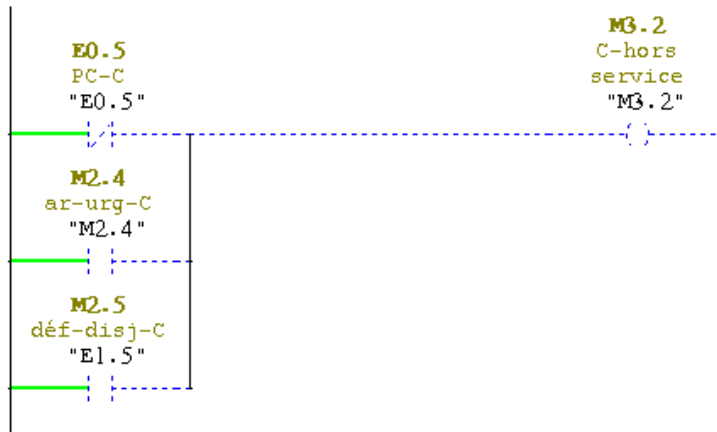
Réseau 2: Titre :

pompe B hors service



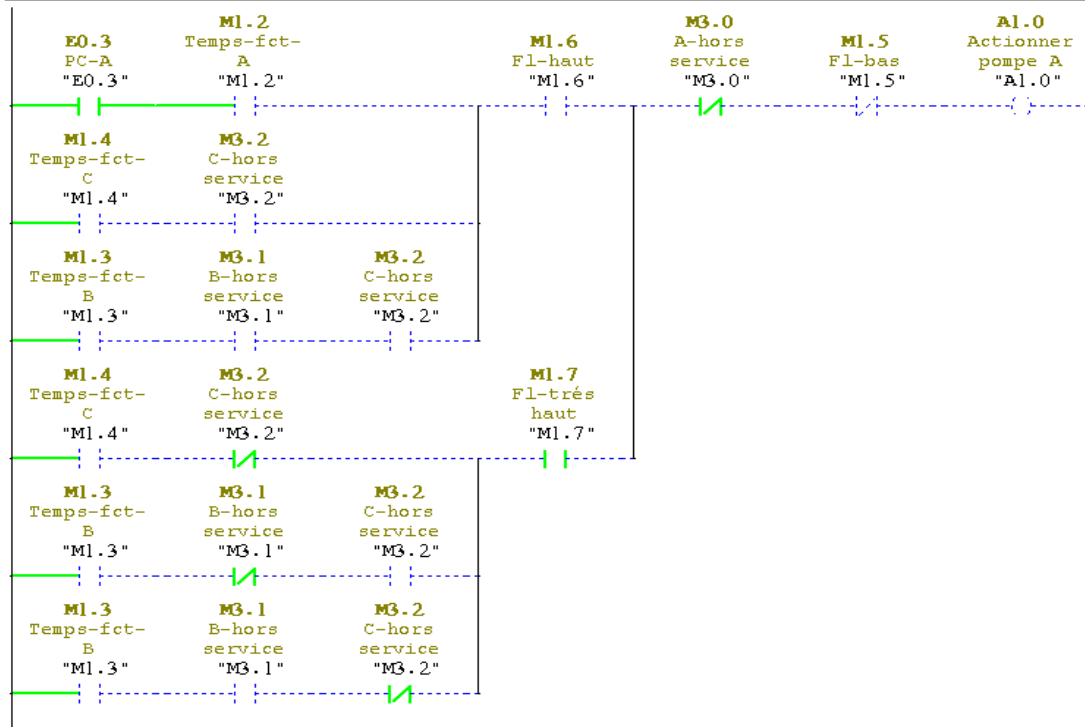
Réseau 3: Titre :

pompe C hors service



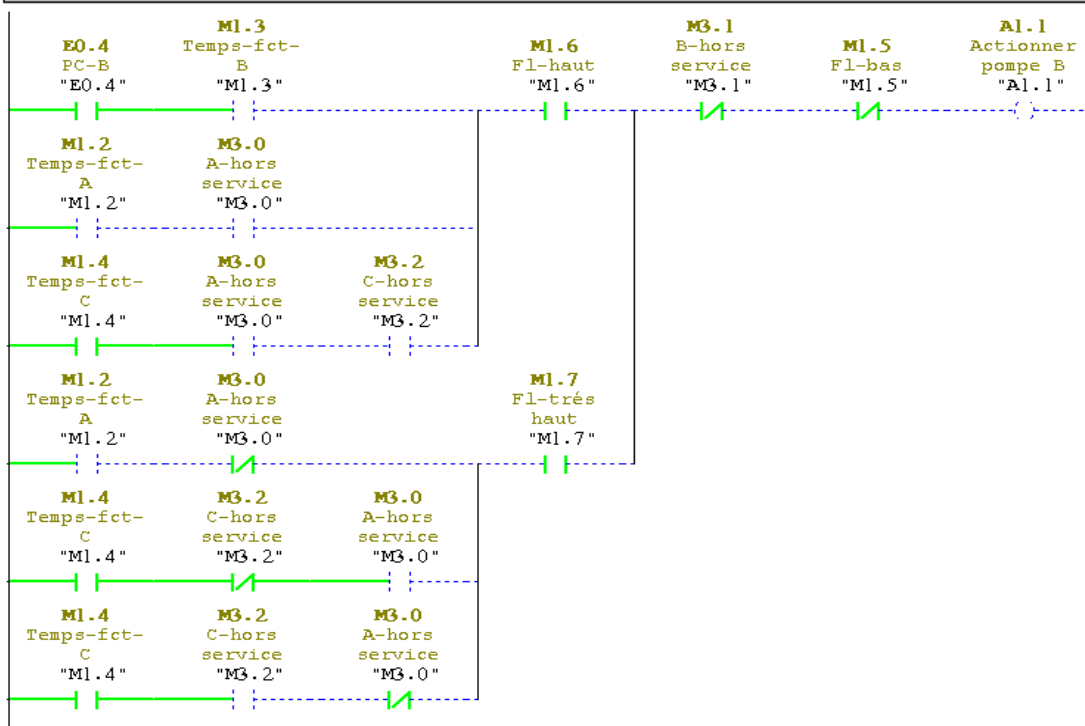
Réseau 4: Titre :

Les condition de la mis en marche la pompe A

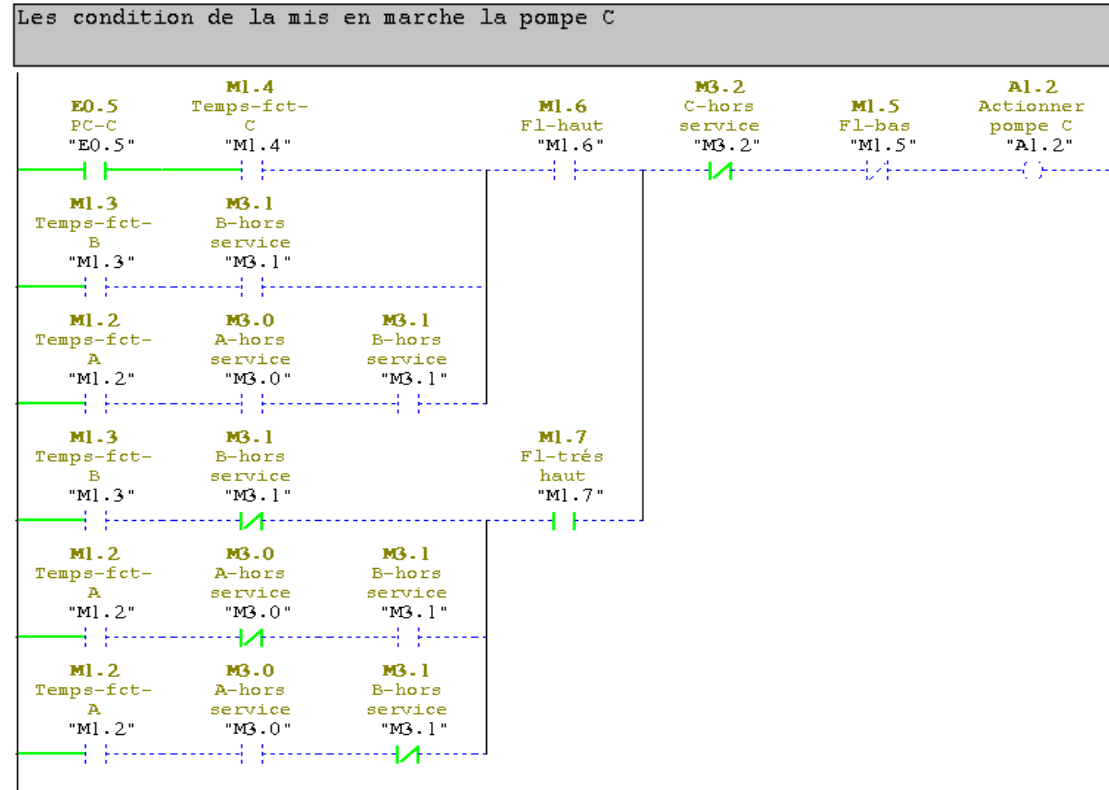


Réseau 5: Titre :

Les condition de la mis en marche la pompe B

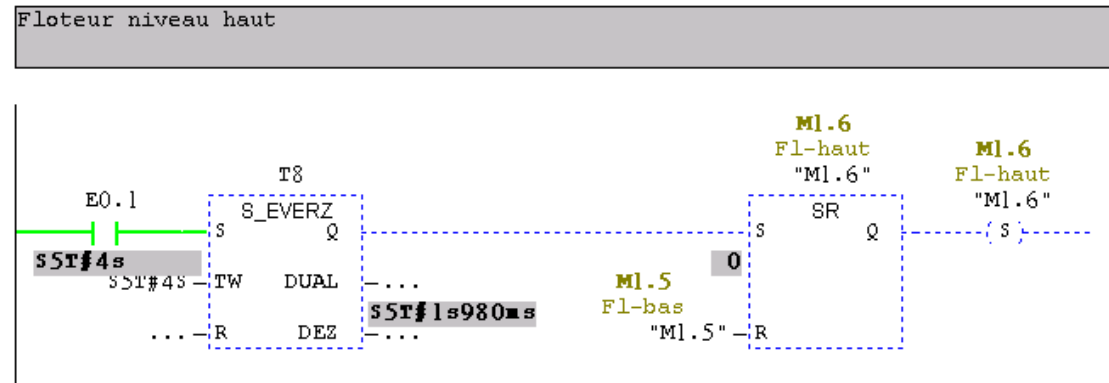


Réseau 6): Titre :

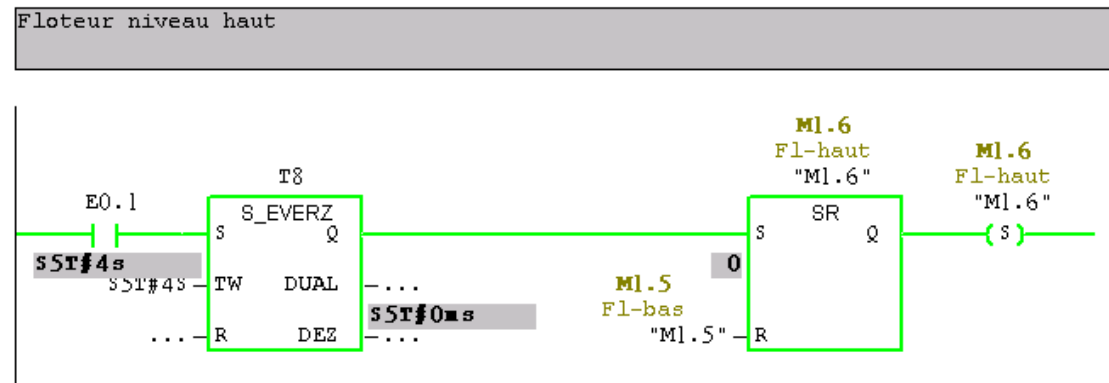


- le cas du flotteur niveau haut (mis en marche pompe A)

Réseau 1): Titre :

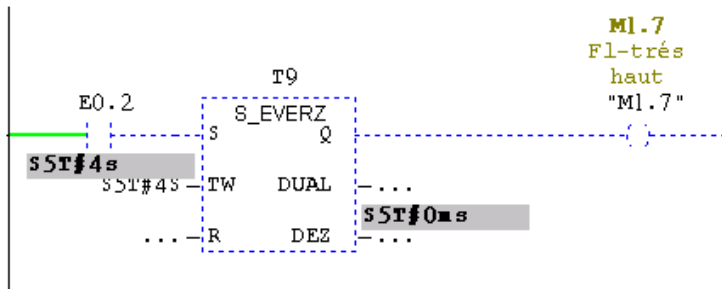


Réseau 1): Titre :



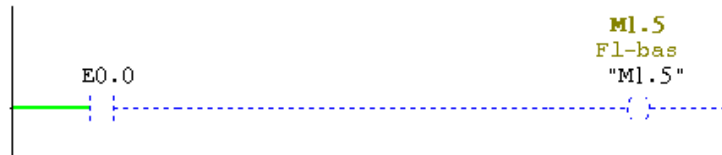
Réseau 2: Titre :

Floteur niveau très haut



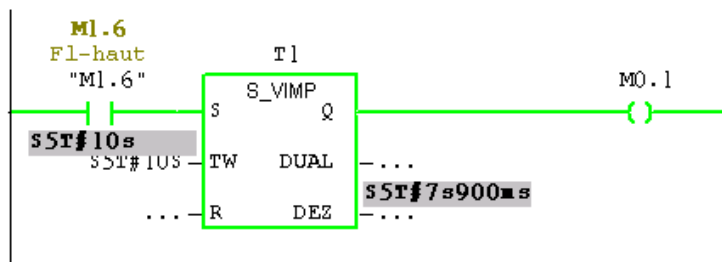
Réseau 3: Fl-bas

Floteur niveau bas



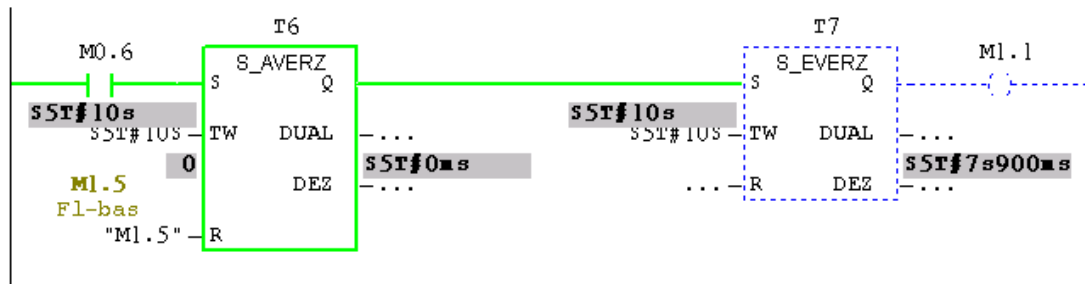
Réseau 1: Titre :

alternance 1



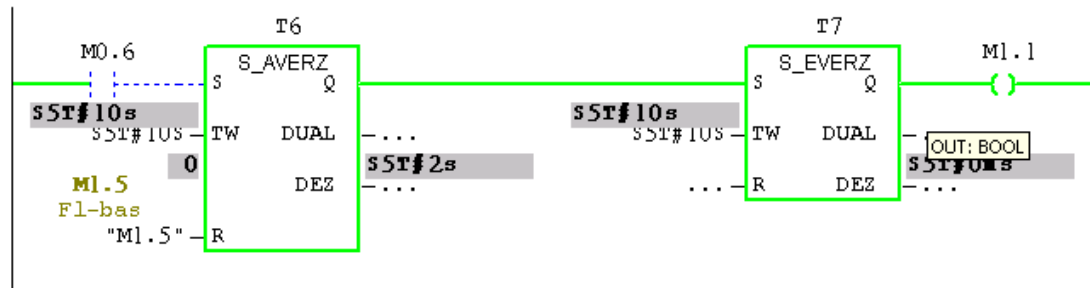
Réseau 2: Titre :

alternance 2



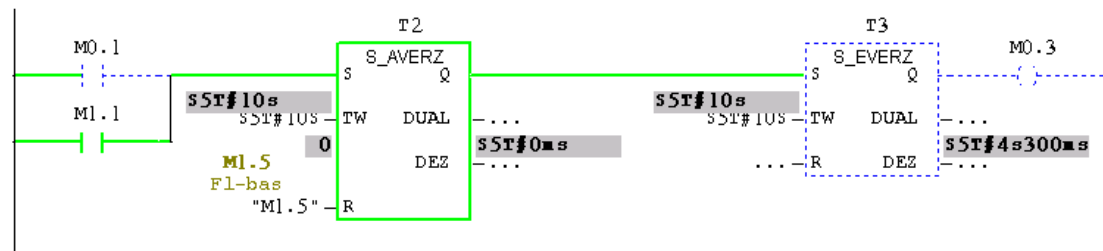
Réseau 2 : Titre :

alternance 2



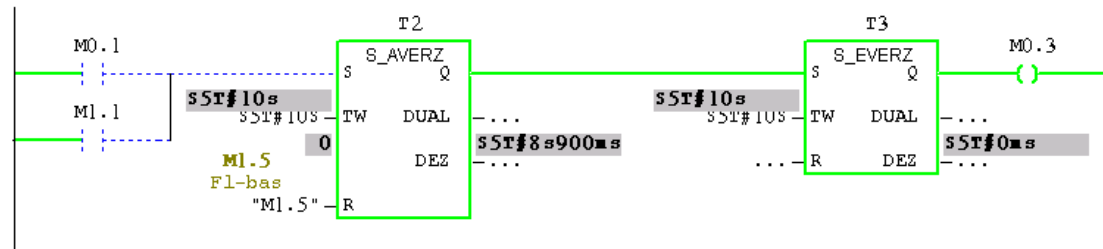
Réseau 3 : Titre :

alternance 3



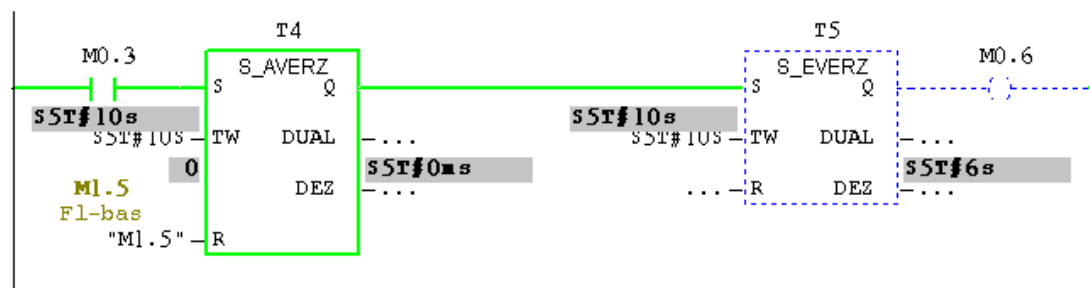
Réseau 3 : Titre :

alternance 3



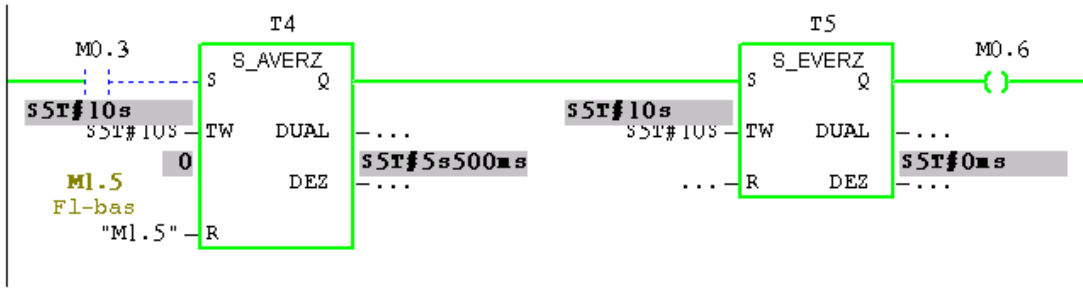
Réseau 4 : Titre :

alternance 4



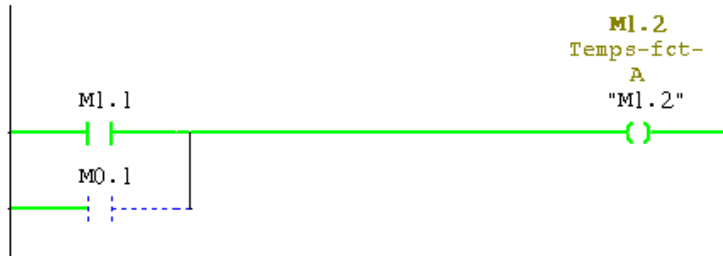
Réseau 4 : Titre :

alternance 4



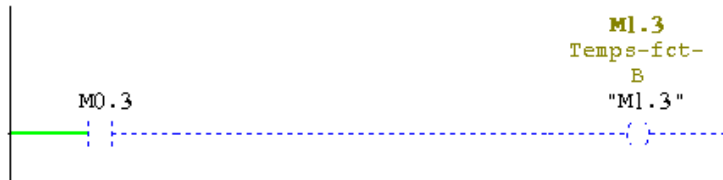
Réseau 5 : Titre :

temps de fonction pompe A



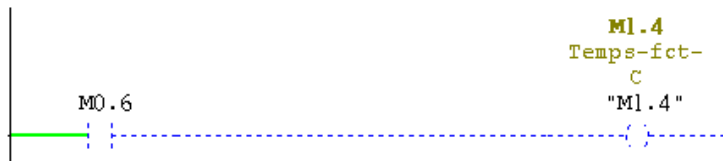
Réseau 6 : Titre :

temps de fonction pompe B



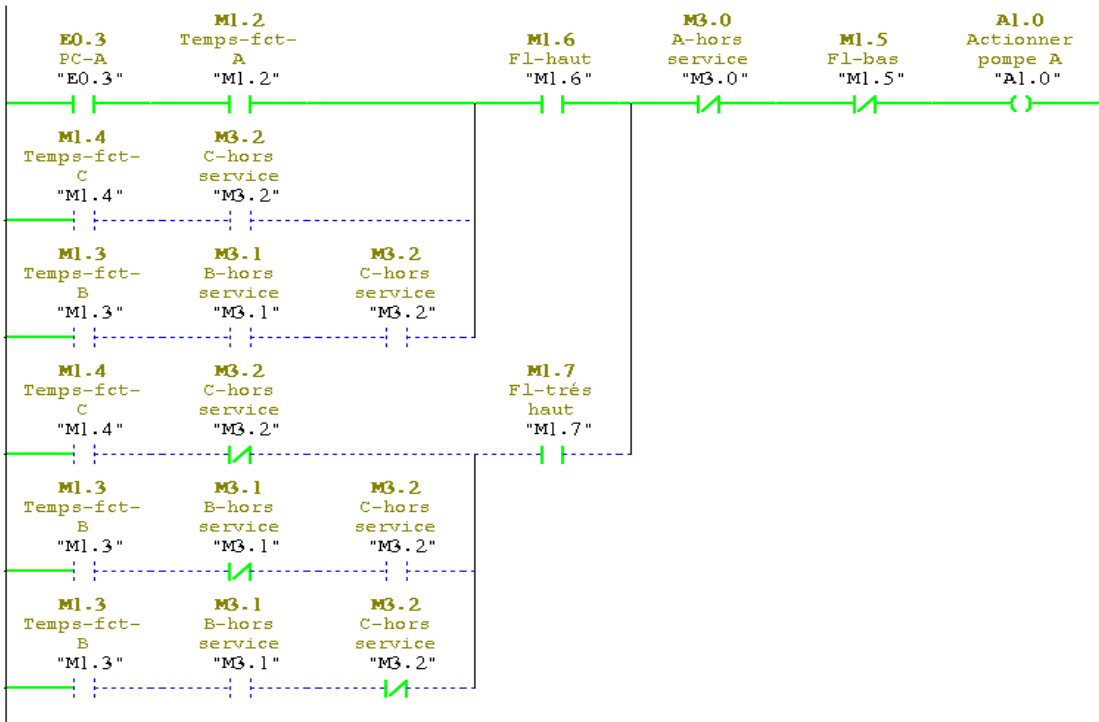
Réseau 7 : Temps-fct-C

temps de fonction pompe C



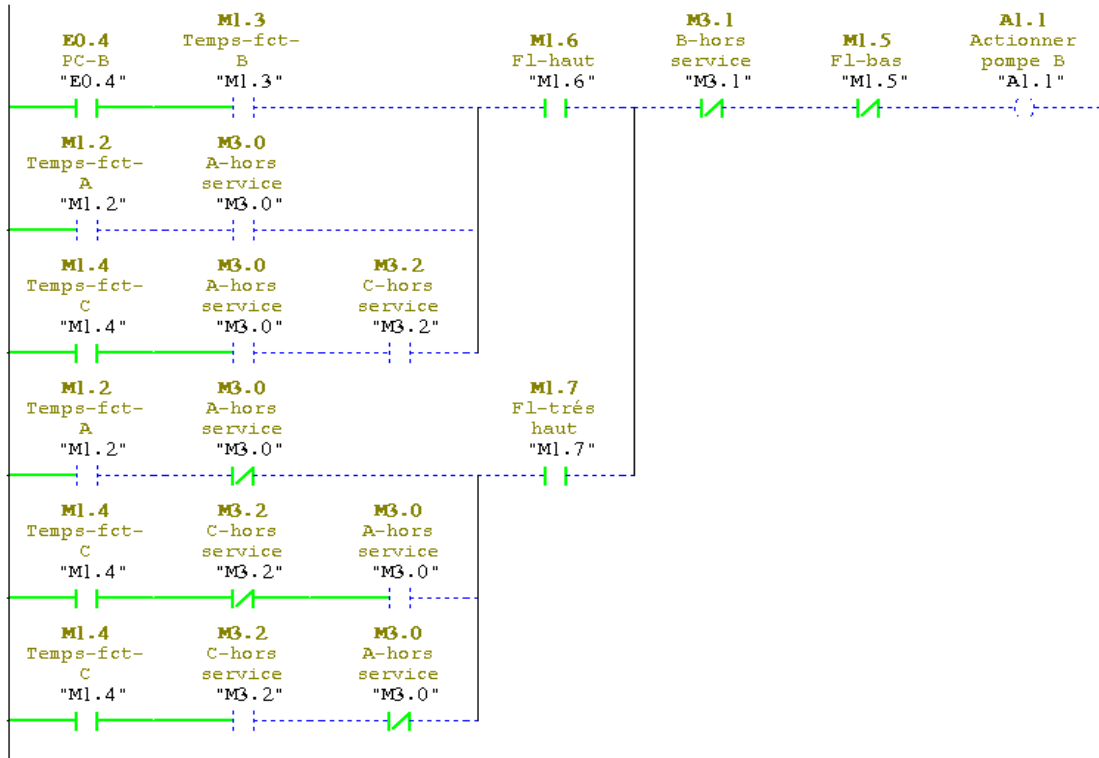
Réseau 4: Titre :

Les condition de la mis en marche la pompe A

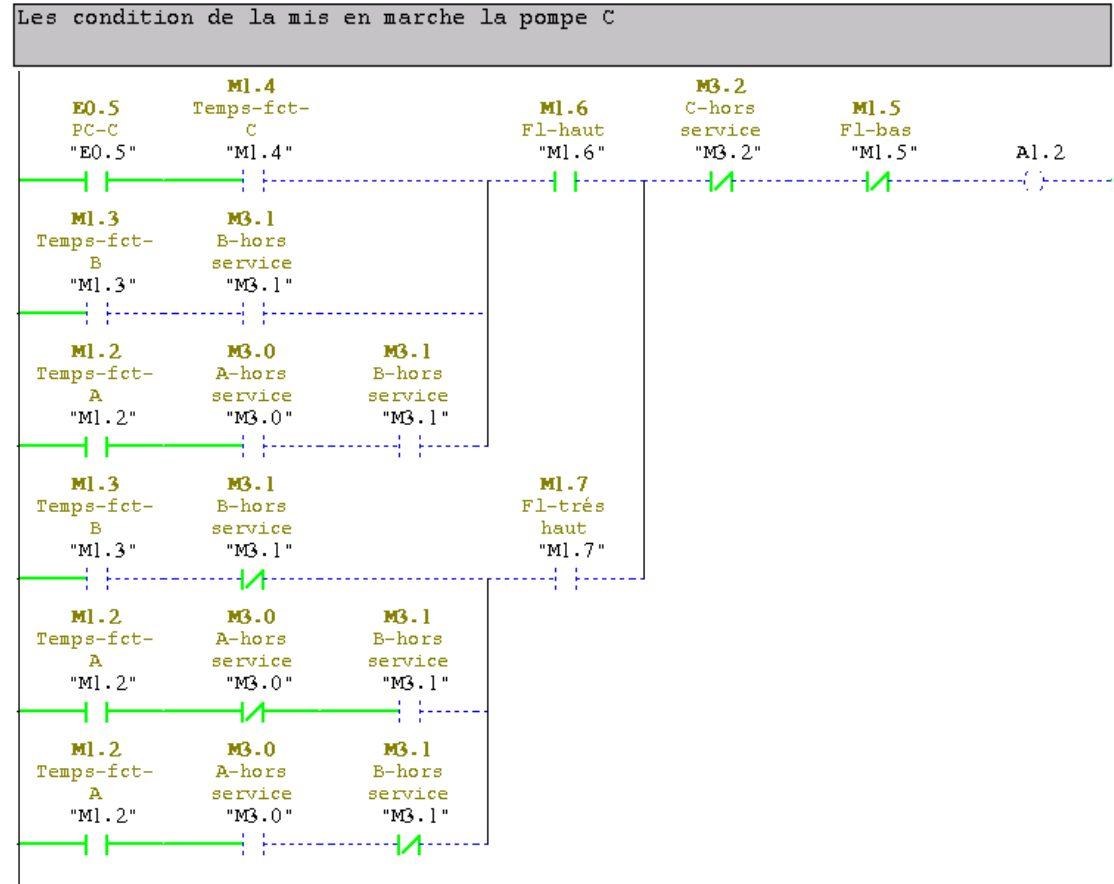


Réseau 5: Titre :

Les condition de la mis en marche la pompe B

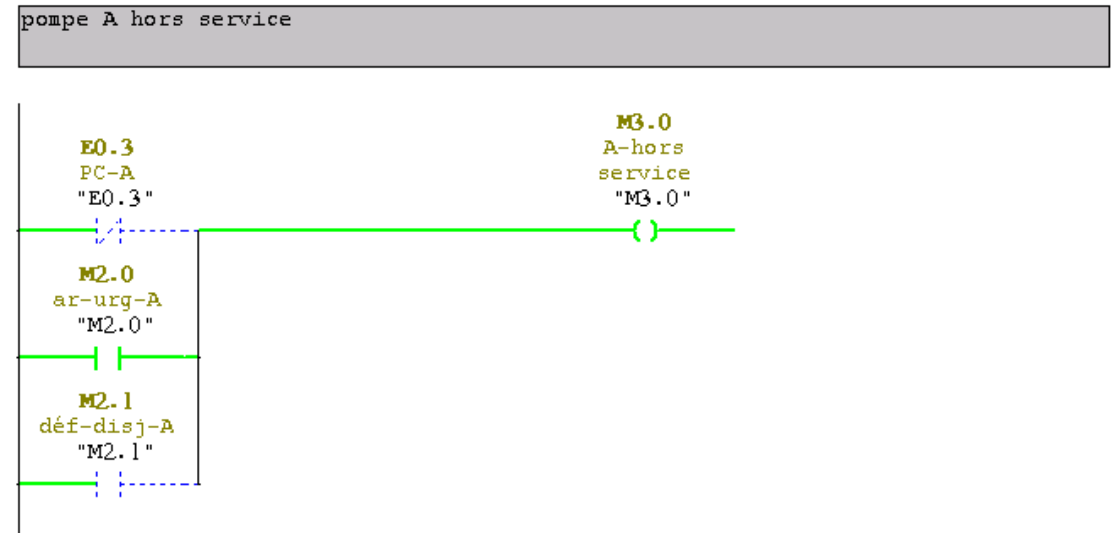


Réseau 6): Titre :



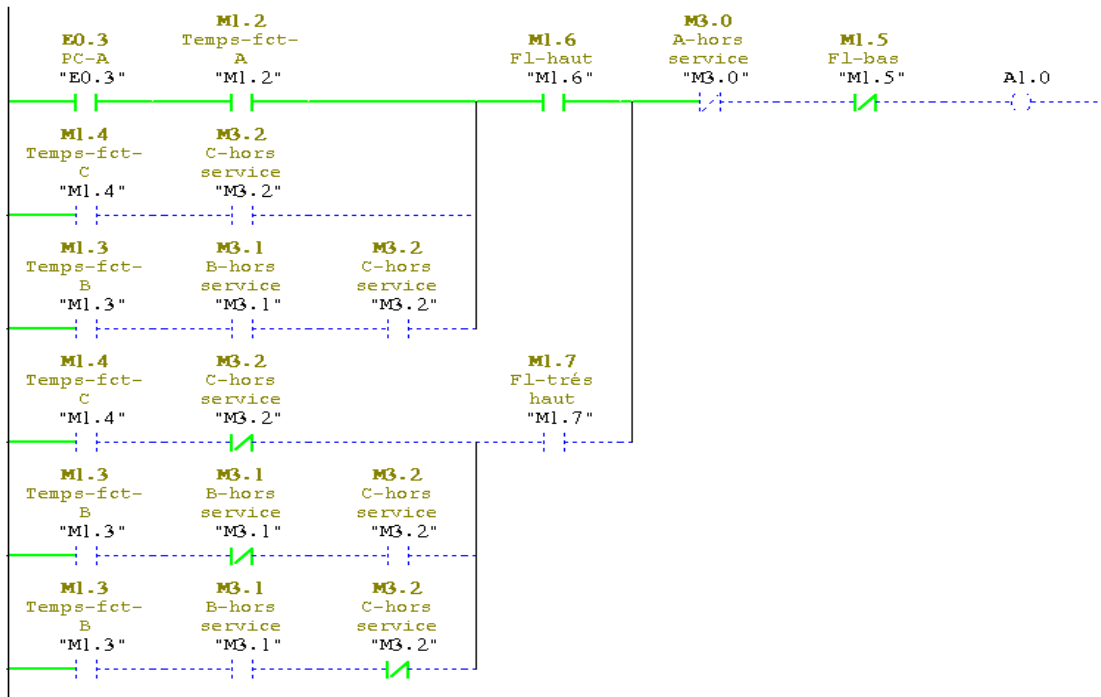
- Le cas de remplacement (la pompe A hors service et la pompe B la remplacer)

Réseau 1): Titre :



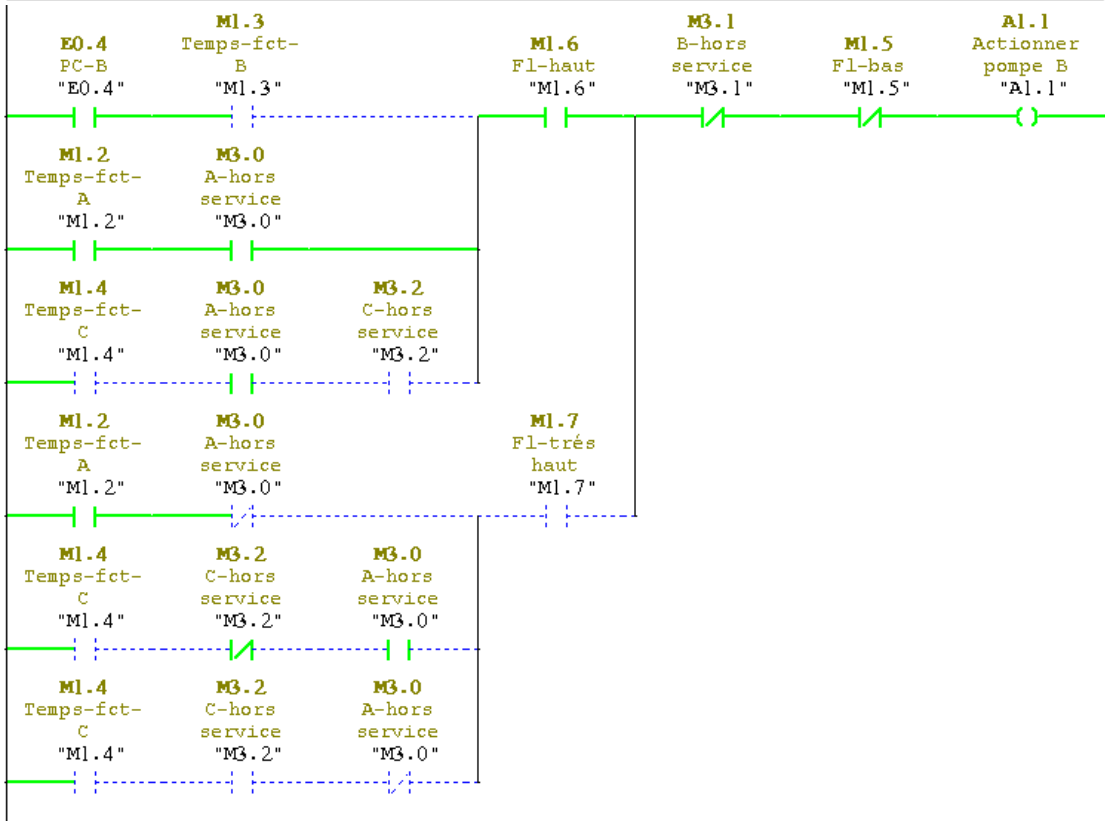
Réseau 4: Titre :

Les condition de la mis en marche la pompe A



Réseau 5: Titre :

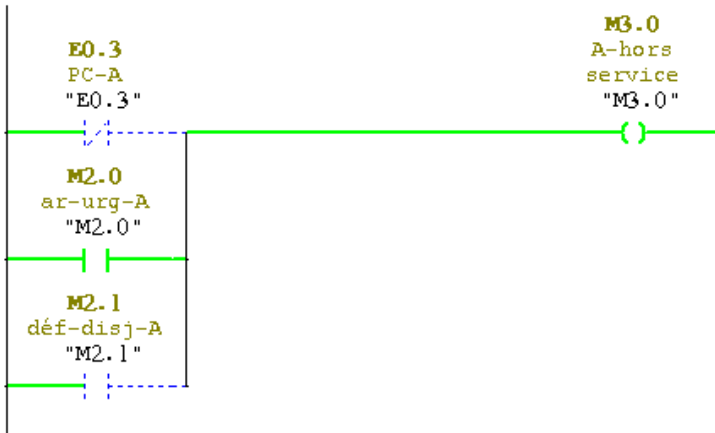
Les condition de la mis en marche la pompe B



- Le cas de les pompes A et B hors service (la pompe C les remplacer)

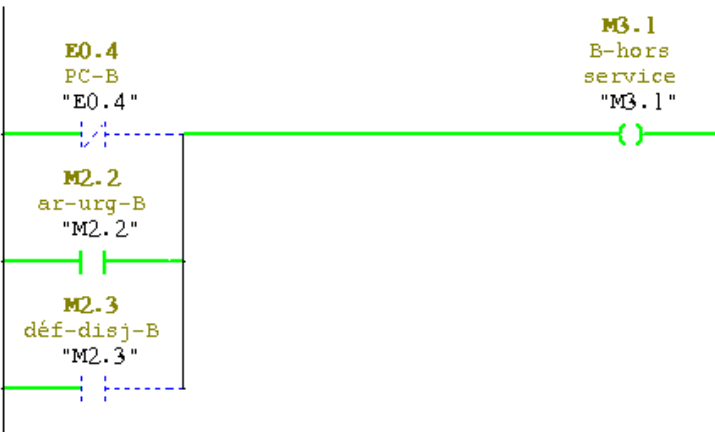
Réseau 1: Titre :

pompe A hors service



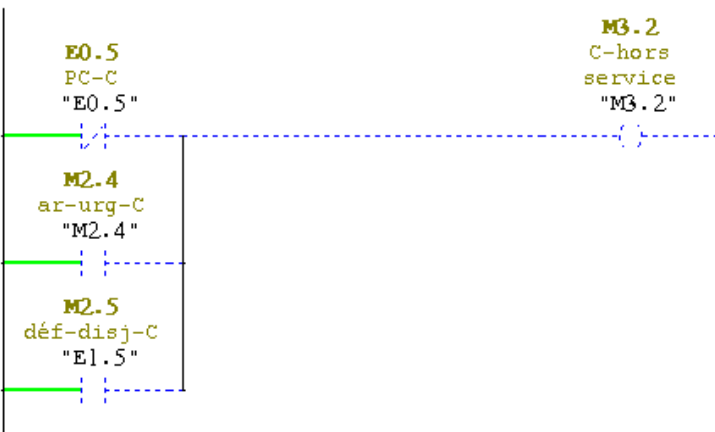
Réseau 2: Titre :

pompe B hors service

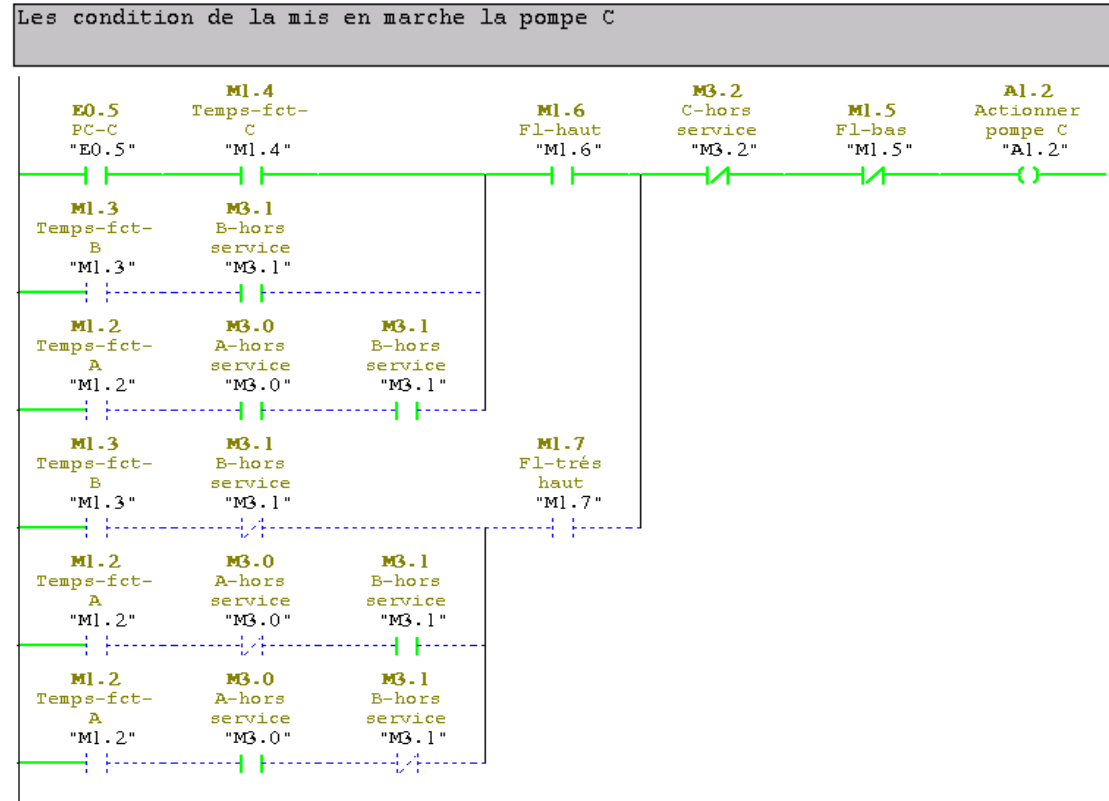


Réseau 3: Titre :

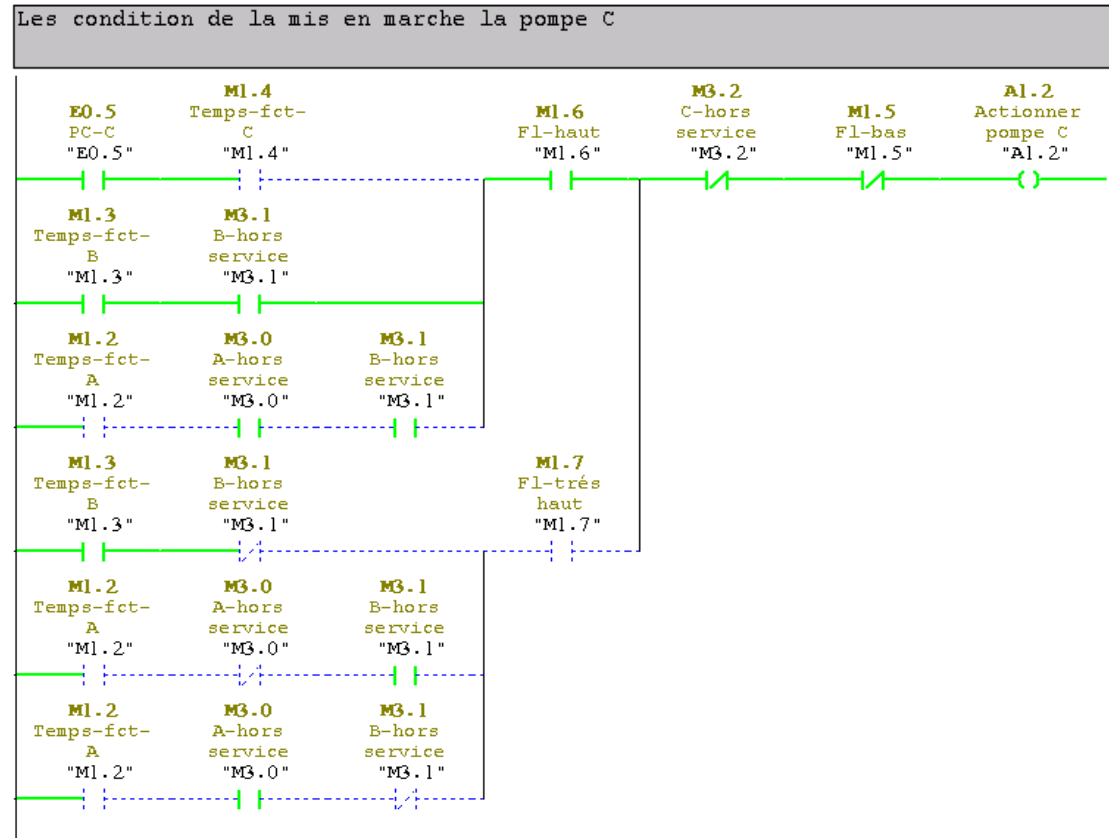
pompe C hors service



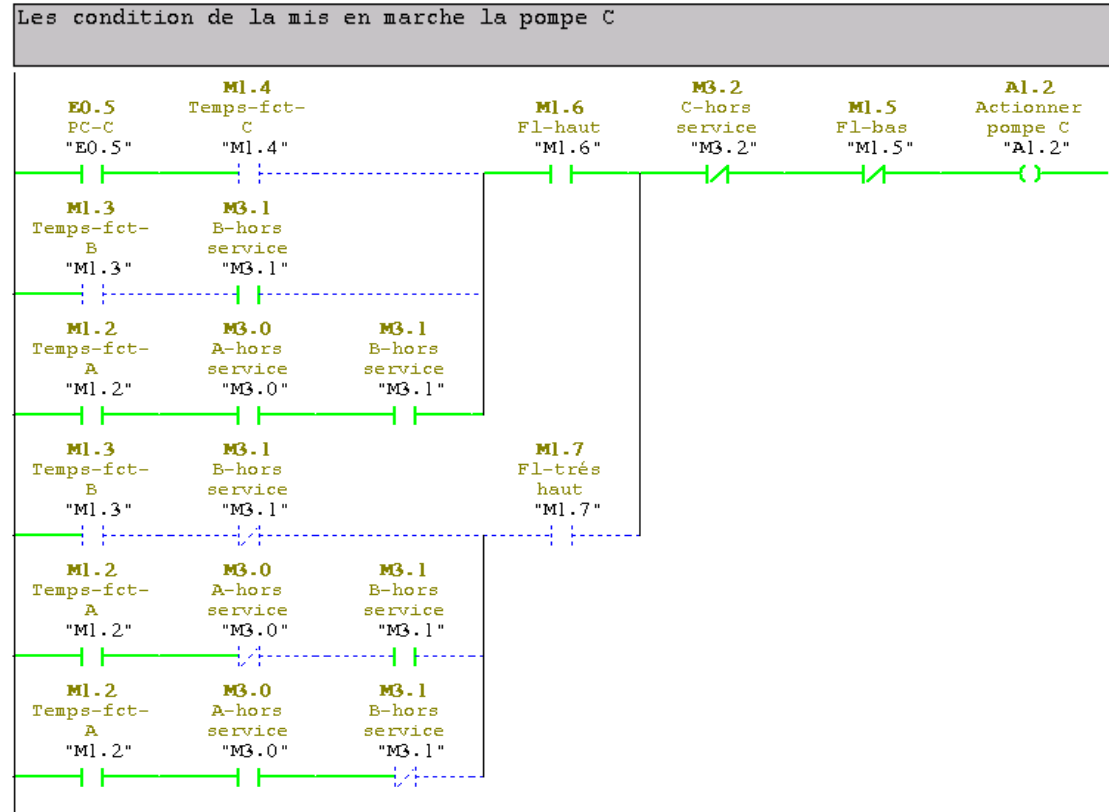
Réseau 6): Titre :



Réseau 6): Titre :

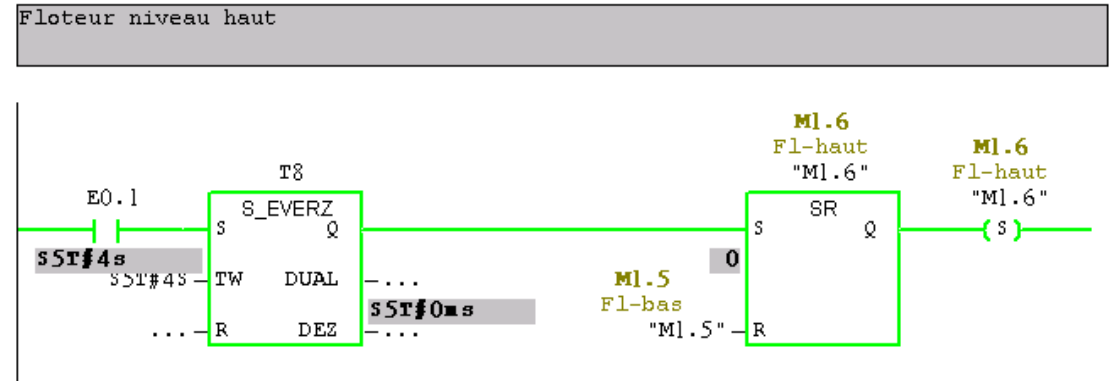


Réseau 6: Titre :

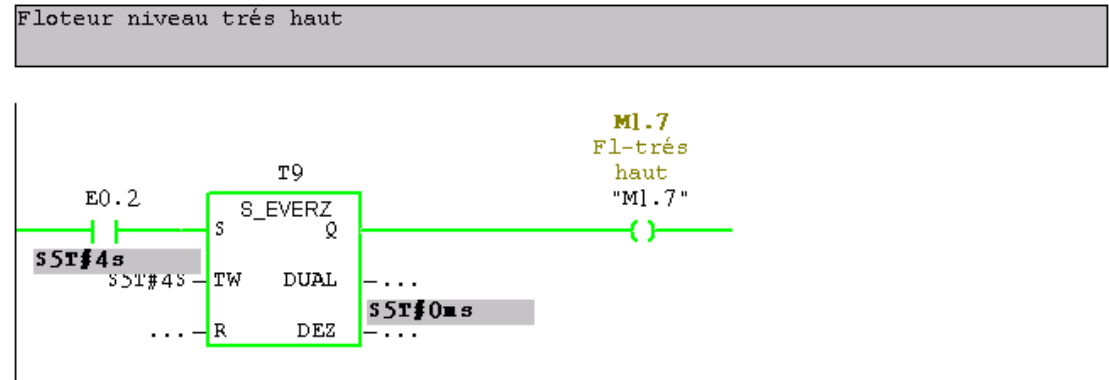


- *Le cas du flotteur très haut*

Réseau 1: Titre :

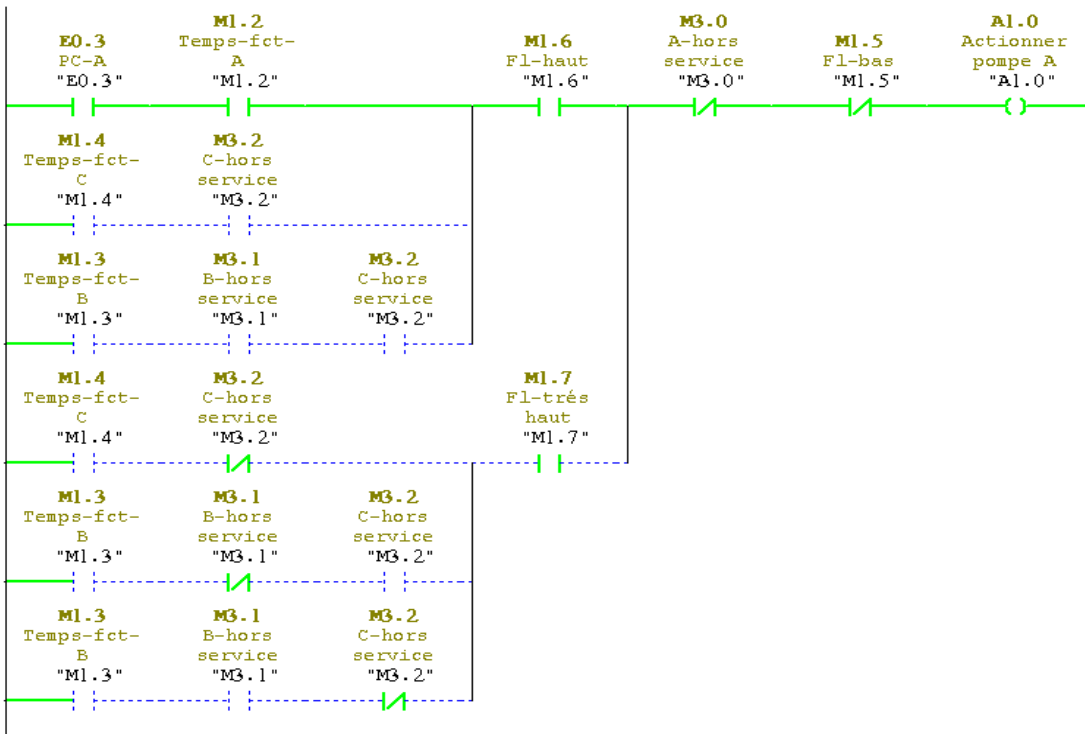


Réseau 2: Titre :



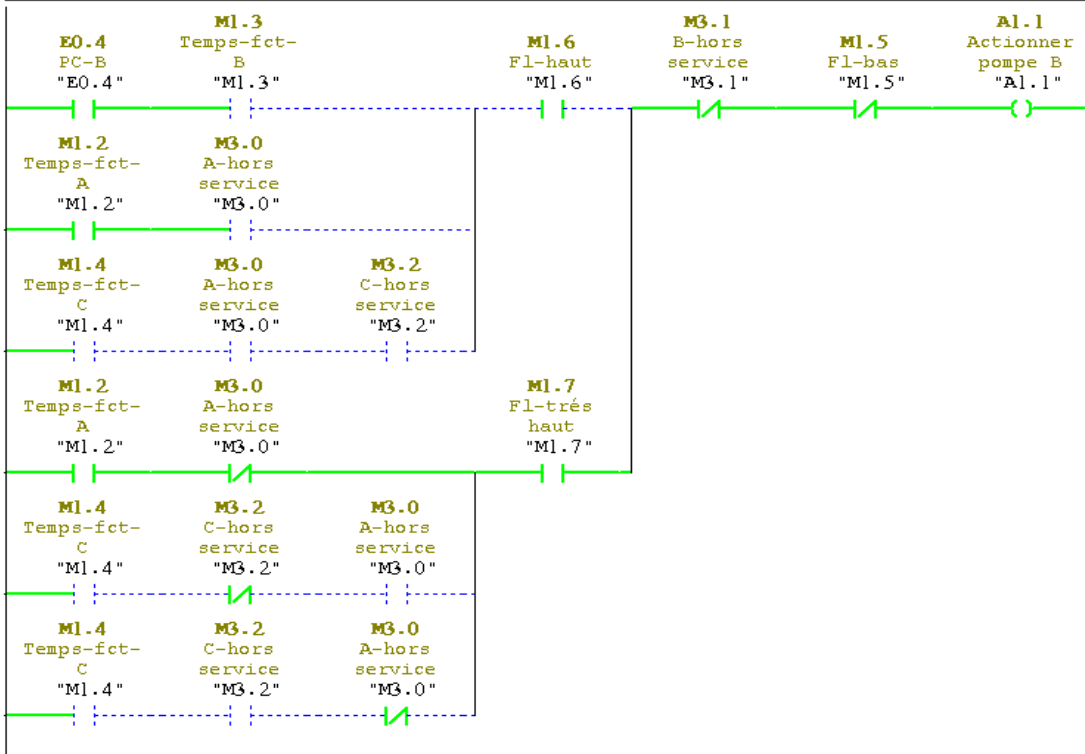
Réseau 4: Titre :

Les condition de la mis en marche la pompe A

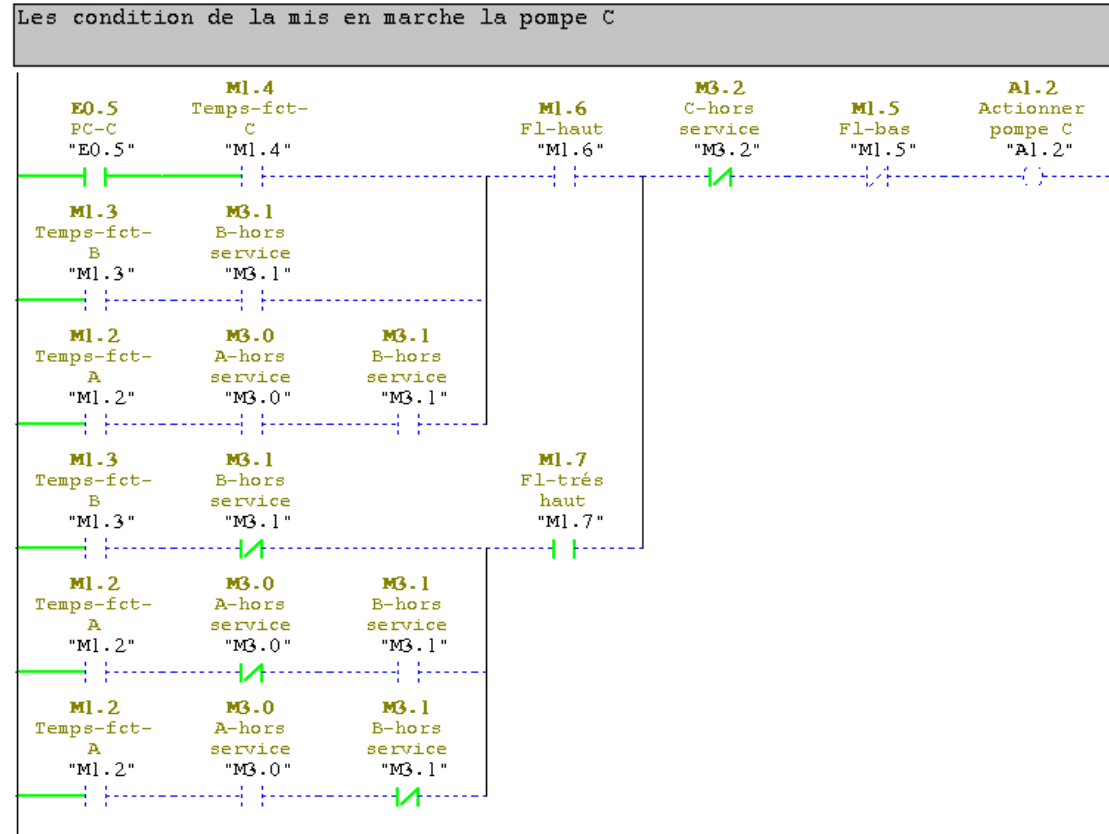


Réseau 5: Titre :

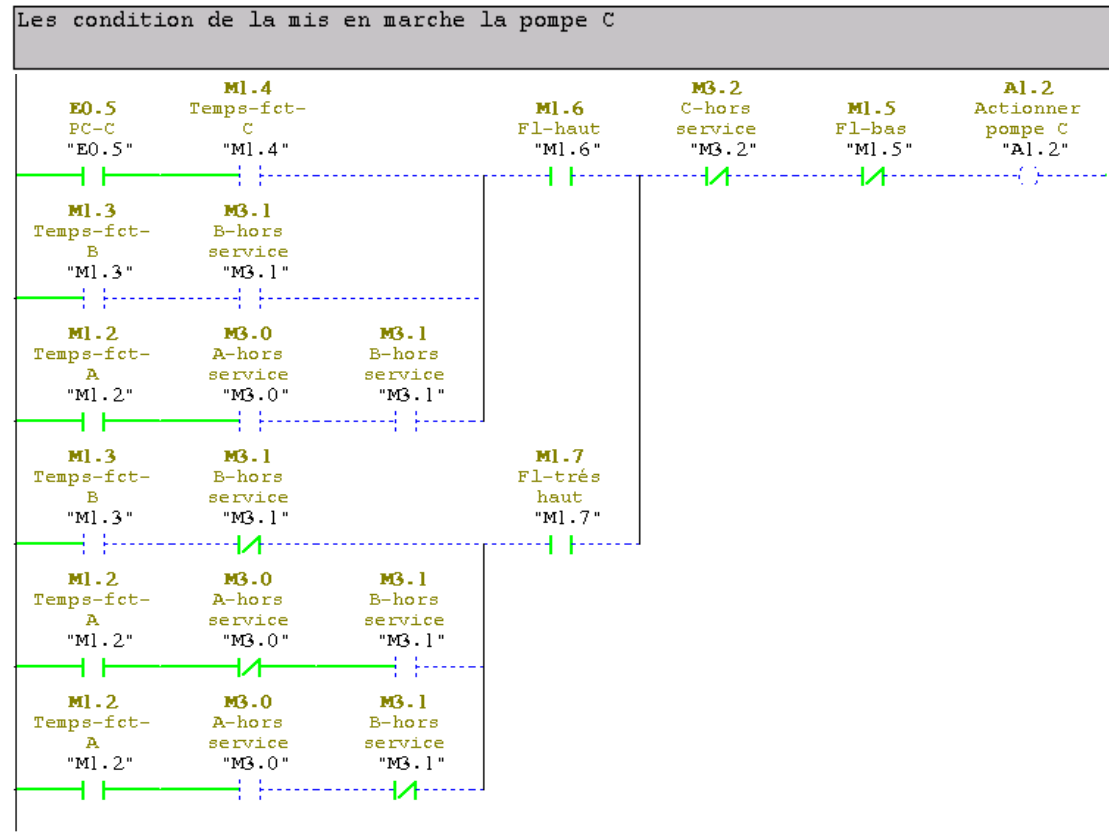
Les condition de la mis en marche la pompe B



Réseau 6): Titre :



Réseau 6): Titre :



IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé une étude de programmation et de simulation d'une commande automatique d'une station d'épuration à l'aide du logiciel STEP7, nous nous sommes préoccupés plus particulièrement et baser sur l'étape de prétraitement.

Conclusion Générale

Le développement massif des techniques de l'automatisme a permis le passage de la machine câblée à celui des systèmes automatisés de production, qui permettent d'avoir une meilleure qualité des produits en plus de la sécurité et de la flexibilité des processus, mais cela entraîne un accroissement des besoins. Cela explique que les systèmes câblés deviennent trop volumineux et trop rigides pour de telles applications, et que l'on se tourne donc vers des solutions utilisant les techniques de traitement de l'information par processeurs programmables ou les automates programmables industriels occupent une place de choix.

Pour expliquer l'intérêt et l'importance de l'utilisation de l'API dans le domaine de l'industrie (passage de la logique câblée à logique programmer) d'une part et d'autre part on utilise cette séquence pour la commande d'une station d'épuration.

Au cours de notre stage a Hassi R'mel dans, station d'épuration(STEP) nous avons eu l'occasion d'apprécier la grandeur et l'importance des installations mise en place pour le traitement des eaux usées domestiques urbaines.

Durant la période de stage ce, on a l'honneur et l'occasion de :

- Connaitre et visualiser certains équipements qui n'existent pas dans l'université ; et aussi différents équipements et matérielles au niveau de l'armoire électrique.
- Appliquer les notions théoriques sur le terrain de travail.
- Enrichir nos connaissances sur le traitement des eaux usées domestiques urbaines de la région centrale et ses effets contre les problèmes d'environnement.

Le but est fait concernant le bien fait de ce stage pratique pour dire que c'est un train d'union entre nos études théoriques et pratiques.

Comme perspective de notre travail on propose de faire une étude complémentaire sur :

- ✓ Automatisation du bassin d'aération.
- ✓ Automatisation de Pack tempo.

Bibliographie

[1] Encarta 2009.

[2] ALAIN REILLER

Analyse et maintenance des automates industriels, 1999.

[3] YVES G.PALAU « l'automate programmable, les cahiers de la technologie »
Electrotechnique collection a.capliez, 1983.

[4] YVES .G.PALAN « Les automates programmables industriels et les réseaux
»2000.

[5] GUILLOSOU BERNARD

Technique numérique (série 1).

[6] TELEMECANIQUE, Schématique électrotechnique, 1986.

[7] ALAIN REILLER: « Analyse et maintenance des automatismes industriels »,
Ellipses, 1999.

[8] DIVERS DOCUMENTATIONS SUR LE WEB

[9] SONATRACH, CENTRE DE PERFECTIONNEMENT DE L'ENTRPRISE
(A.AMRI) Les automates programmables industriels et les réseaux 2000.

[11] FRANCAISE MILSANT :

Machine électrique Berti édition, 1993.

[12] G. MICHEL

Les API Architecture et applications des automates programmables industriels
1988.

[13] GUILLOSOU BERNARD

Technique numérique ; Automate programmable industriel (série 3).

-
- [14] Etienne Du Tremolet De Lacheisserie « Magnétisme : Matériaux et applications, Volume 2 », édition EDP sciences, 2000.
- [15] J.C.BOSSY, P.BRARD, P.FAUGERE et C.MERLAUD.
«Le grafcet sa pratique et ses applications » Editons Casteilla.
- [16] Théodore wildi
- [17] TELLI ABDERRAHIM. KHODJA CHOAYB
«Commande d'un bras manipulateur par automate programmable industriel (A.P.I)» Mémoire d'ingénieur, université de M'sila 2008
- [18] BENLIREM Youcef, MESSEGUEM Amel, SAFER Imane
«Automatisation d'une station de pompage principale SP3 de M'sila 2010»
- [19] (D.R.H.R, 2001).
- [20] (DEGRÉMONT, 1989)
- [21] (ZEKRI et al. 2002)
- [22] (L.N, 2001)
- [23] M.E, 1994
- [25] (BOUGLIN, 1998)
- [26] (LASSEE ,1985)

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE
OPTION: ELECTROMECHANIQUE**

Année universitaire : 2010/2011

Proposé et dirigé par : MR. BELKHIRI Salah

Présenté par: barkat samir

Khodja abderrachid

Ben taleb walid

Thème :

**Automatisation d'une station d'épuration a
Hassi r'mel**

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire est basé essentiellement sur l'utilisation des automates programmables. Notre travail est la programmation de la gestion d'une station d'épuration des eaux usées qui a pour rôle transport par canalisation à l'aide du logiciel STEP7

Mots Clés : API, station d'épuration, aérateur, pompe de graisse, pompe de sable, pompe de relevage, STEP7