

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes
De MASTER PROFESSIONNEL

Spécialité : Electronique industrielle

Filière : Génie Electrique

Présenté par :

M^r Laidaoui Abdelghani

M^r Didani Abdelhafid

Thème

**Automatisation des filtres à lits mélangés cas de la centrale
thermique de Cap-Djinet**

Devant le jury d'examen composé de :

Mr. M.LAZRI	Maitre de conférences A	à L'UMMTO	Président
Mr. Y.ATTAF	Maitre de conférences B	à L'UMMTO	Encadreur
Mr. F.OUALLOUCHE	Maitre de conférences B	à L'UMMTO	Examineur

REMERCIEMENTS

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes. Qu'elles trouvent ici l'expression de nos plus sincères remerciements pour leurs précieux conseils.

*Notre reconnaissance très chaleureuse va tout d'abord à Monsieur **Attaf youcef** notre promoteur, avec qui nous avons le plaisir de travailler tout au long de ce travail, ce mémoire doit infiniment à sa connaissance profonde du domaine.*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude toute particulière à Monsieur **Lamrani Ali** notre encadreur de nous avoir dirigés tout au long de ce travail et de nous avoir consacré un temps précieux.*

*Nous remercions également Monsieur **Merzougui Abdenour** pour son aide fortement appréciée au sein de la centrale de Cap-Djinet.*

Nous remercions également messieurs les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail, et qui ont bien voulu nous honorer par leur présence.

Nous vifs remerciements vont aussi aux personnels de la centrale thermique de Cap-Djinet pour leurs accueils et de nous avoir orienté, aidé et soutenu tout au long de ce travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle.

Enfin, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, soit assurée de notre profonde reconnaissance.

Résumé :

Notre travail porte sur l'automatisation des filtres à lits mélangé et plus particulièrement le procédé de régénération en utilisant un automate programmable (API).

L'étude consiste à remplacer le procédé existant par un procédé automatique en utilisant un automate programmable (API), afin de donner une fiabilité et augmenter le rendement de la centrale.

Pour atteindre notre objectif nous avons opté pour un automate siemens S7-300. Cet automate peut être programmé à partir d'un micro-ordinateur, en installant dans celui-ci le logiciel STEP7 qui permet de programmer notre automate puis le transférer dans notre automate à l'aide d'une console de programmation.

Mots clé : Centrale thermique, station de déminéralisation, régénération, filtre à lit mélangé, conductivité, automate programmable industriel siemens s7-300, logiciel STEP7.

Abstract:

In this work, we are interested on the automation of the mixed bed filter and more particularly the regeneration process using a programmable logic controller (PLC).

The study consists in replacing the existent process by an automatic one through a programmable logic controller (PLC), so as to give reliability and raise the output of the central.

in order to reach our objective we have chosen an automaton siemens S7-300, this automaton can be programmed through a computer, by setting in this latter the software STEP7 which permits to programme our automaton and then transfer in in our our automaton by using a console of programming.

Keywords: Thermal power station, demineralization station, regeneration, mixed bed filter, conductivity, programmable logic controller siemens S7-300, STEP7.

Introduction	1
Chapitre I : Présentation de la centrale thermique de Cap-Djinet .	
I.1.Introduction	3
I.1.1. Les centrales nucléaires	3
I.1.2. Les centrales thermiques	3
I.1.3. Centrales à énergies renouvelables.....	4
I.1.3.a) Les centrales hydrauliques	4
I.1.3.b) Les centrales solaires	5
I.1.3.c) Les centrales éolienne.....	5
I.1.3.d) Les centrales géothermiques.....	6
I.2. Description de la centrale de Cap- Djinet	6
I.3 Principe de fonctionnement de la centrale	6
I.4 Les principaux éléments d'une tranche de production	7
I.4.1 La chaudière ou générateur de vapeur.....	9
I.4.2. La turbine à vapeur.....	12
I.4.3. Le condenseur.....	13
I.4.4. La bêche alimentaire.....	13
I.4.5.Les pompes.....	14
I.4.6.Les réchauffeurs.....	14
I.4.7.L'alternateur.....	15
I.5. Les auxiliaires	16
I.6. Description de fonctionnement d'une tranche de production	16
I.7.Conclusion	17
Chapitre II : Etude est caractérisation de la station de déminéralisation.	
II.1 Introduction	18
II.2. Description de la déminéralisation	18
II.2.1 Principe de la déminéralisation	18
II.2.2 But de l'opération déminéralisation.	18
II.3.constitution de la station de déminéralisation	19
II.4. Description et caractérisation du filtre à lits mélangés	19
II.5. La régénération	20
II.5.1. Les étapes de la régénération.....	21

II.5.2. Description du fonctionnement de procédé de régénération.....	26
II.6. Commande et contrôle de la station de déminéralisation.....	28
II.7. Les instruments de mesure.....	29
II.7.1. Désignation des appareils de mesure.....	30
II.7.2. Les paramètres physiques.....	31
II.7.2. 1. Capteur de pression.....	31
II.7.2. 2. Capteurs de débit.....	33
II.7.2. 3. Capteurs de niveau	37
II.8. Électrovanne.....	37
II.9. Les pompes motorisées.....	38
II.9.1. Les pompes centrifuges.....	38
II.8 Conclusion	39

Chapitre III : Présentation de l'Automate Programmable Industriel S7-300

III.1. Introduction	40
III.2. Description d'un système automatisé	40
III.2. 1. Structure d'un système automatisé.....	40
III.3. Système de commande.....	41
III.3.1. La logique câblée	41
III.3.2. La logique programmée	42
III.3. Automate programmable industriel API.....	42
III.3.1. Définition de l'automate programmable.....	42
III.4. Structure interne d'un automate programmable	42
III.4.1. Structure interne d'un API.....	42
III.4.2. Structure externe d'un API	45
III.5. Choix d'un Automate programmable industriel.....	45
III.6. Présentation de l'automate S7-300.....	46
III.6.1 Caractéristique de l'API S7-300.....	46
III.6.2. Constitution de l'automate s7-300.....	47
III.6.2.1. Module d'alimentation.....	47
III.6.2.2. Module unité centrale (CPU).....	47
III.6.2.3. Module de coupleur (IM).....	50
III.6.2.4. châssis d'extension.....	50
III.6.2.5. Modules d'entrées/ sorties SM.....	50

III.6.2.6. Modules de fonctions (FM).....	50
III.6.2.7. Les module de communication(CP).....	50
III.6.2.8. La console de programmation PG.....	51
III.7. Adressage des modules.....	51
III.9. Raisons de choix du SIEMENS S7-300.....	52
III.8. Conclusion.....	52
Chapitre IV : Langage de programmation STEP7, Programmation et simulation	
IV.1. Introduction	53
IV.2 Description du logiciel STEP 7.....	53
IV.3. Langage de programmation.....	54
a).Le langage à contact ou Ladder	54
b). Le langage logigramme (LOG).....	55
c). Le langage liste d'instruction.....	55
IV.4. Principe de la programmation en S7.....	56
IV.4.1. Programmation linéaire.....	56
IV.4.2. Programmation structurée.....	56
IV.5. Les blocs de programmation.....	56
a)Bloc de code.....	56
a.1.) Les blocs d'organisation (OB).....	56
a.2.) Blocs fonctionnels (FB).....	56
a.3.) bloc de donnée d'instance (SDB).....	57
a.4.) Fonction (FC).....	57
b) Bloc des donnés.....	57
b.1) Blocs des données (DB).....	57
b.2) Bloc de donnés système (SDB).....	57
IV.6. Types de variables	57
IV.7. Création 'un projet STEP7	59
IV. 7.1 Configuration matériels.....	61
IV. 7.2. Les mnémoniques.....	62
IV. 8. Le simulateur des programmes S7-PLCSIM.....	62
IV.8.1 Etapes de simulation d'un projet	63
IV. 8.2. Positions du commutateur de mode de fonctionnement de la CPU.....	64
IV. 9. Chargement du programme	65

IV.10.Conclusion	65
Conclusion Générale	66
– Annexe A : l’organigramme de régénération	
– Annexe B : programme de régénération	
– Bibliographie	

Tableau I.1 : Les avantages et les inconvénients de la centrale nucléaire.....	3
Tableau I.2 : Les avantages et les inconvénients du central thermique.....	4
Tableau I.3 : Les avantages et les inconvénients de la centrale hydraulique.....	4
Tableau I.4 : Les avantages et les inconvénients de la centrale solaire.....	5
Tableau I.5 : Les avantages et les inconvénients de la centrale éolienne.....	5
Tableau I.6 : Les avantages et les inconvénients de la centrale géothermique.....	6
Tableau I.7 : Caractéristique de la chaudière.....	9
Tableau I.8 : Caractéristique chimiques du gaz combustible.....	9
Tableau I.9 : Caractéristique chimiques du combustible de secours.....	10
Tableau I.10 : Caractéristiques de la turbine à vapeur.....	12

Figure I.1 : Principaux composants d'une tranche thermique de la centrale.....	8
Figure I.2 : vue interne d'une chambre de combustion.....	11
Figure I.3 : Turbine à vapeur.....	12
Figure I.4 : Les différents corps de la turbine à vapeur.....	13
Figure I.5 : Schéma simplifié d'un Alternateur.....	15
Figure II.6 : Deux filtres à lits mélangés.....	20
Figure II.7 : armoire de commande.....	29
Figure II.8 : Manomètre DIN16006 à cloison rigide.....	32
Figure II.9 : Manomètre wika à remplissage liquide.....	32
Figure II.10 : Manomètre avec télé transmetteur électrique.....	33
Figure II.11 : débitmètre BGN.....	34
Figure II.12 : schéma de principe de fonctionnement de débitmètre.....	34
Figure II.13 : Transmetteur de mesure TELEPERMF pour pression différentielle et débit..	36
Figure II.14 : Contrôleur de niveau MBSK.....	37
Figure II.15 : Schéma d'une pompe motorisée centrifuge.....	39
Figure III.16 : Structure d'un système automatisé.....	41
Figure III.17 : Structure d'un API.....	44
Figure III.18 : API compacts (non modulaire).....	45
Figure III.19 : API modulaire.....	45
Figure III.20 : l'automate s7-300.....	46
Figure III.21 : Les différents composants de l'automate s7-300.....	47
Figure III.22 : présentation du CPU.....	48
Figure III.23 : adressage des modules d'automate.....	51

Introduction Générale

Malgré les succès spectaculaires remportés par les sciences et la technologie, l'homme dépend toujours pour l'essentiel de la nature, qui fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement de nos machines.

La découverte de l'énergie électrique qui a bien changé notre mode de vie, est devenu un besoin vital pour l'homme et occupe une place importante dans le domaine de l'industrie.

Le taux de consommation en électricité augmente dans notre pays, d'où la nécessité d'assurer une meilleure adaptation entre l'offre et la demande en énergie.

Il est donc nécessaire de savoir la produire de manière efficace et continue, pour répondre à la consommation croissante d'électricité, il a fallu inventer et construire des usines capables de produire l'électricité en grande quantité, cette opération est réalisée dans des centrales électriques par la mise en rotation, grâce à la force du vent, de l'eau ou de la vapeur de l'eau, d'une turbine qui entraîne un alternateur.

L'électricité est produite de façon centralisée, par des centrales électriques utilisant différentes sources d'énergie (fossiles, fissiles et renouvelables) et permettant d'alimenter des consommateurs grâce à un réseau de transport.

La plupart des centrales algériennes actuelles sont thermiques à gaz, qui utilisent l'énergie fournie par la combustion d'un combustible (charbon, pétrole, gaz naturel, gaz issus de hauts-fourneaux, fuel-oil (mazout),) cette combustion a lieu dans une chaudière.

La centrale thermique de Cap-Djinet a été construite dans le but de produire l'énergie électrique à partir de la vapeur d'eau suivant un circuit fermé.

Le système actuel dans la centrale possède des inconvénients majeurs. En ce sens l'automatisme réalise l'organe de commande de son système en interconnectant judicieusement des opérateurs matériels, et toutes modifications de la commande impliquent des modifications de câblage, autrement dit la partie commande est basée sur la logique câblée qui présente des inconvénients majeurs, donc il est nécessaire d'adopter une solution programmable.

Chaque système automatisé possède une partie commande et une partie opérative. Dans la partie commande, l'automate programmable représente l'élément principal de la machine

ou de l'installation, car c'est celui qui renferme le programme et doit procéder à son exécution, en fonction de l'état des entrées et des sorties, mais la partie opérative représente en général les moteurs ou bien les paramètres gérés.

A cet effet l'objet de notre travail consiste à étudier la station de déminéralisation et plus particulièrement le procédé de régénération des filtres à lits mélangés dans le but

Introduction Générale

d'automatiser le procédé en cas de saturation, afin de faciliter la gestion de l'installation, et augmenter le rendement de la station.

Le travail que nous présentons est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre a été consacré à une description générale de la centrale thermique à vapeur de Cap-Djinet, dont l'objectif est de donner une vision globale sur les différentes tranches et les principaux éléments de production.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons la station de déminéralisation et ces caractéristiques, ainsi que les instruments de mesures utilisés.

Dans le troisième chapitre, nous présentons l'Automate programmable S7-300 ainsi que ces caractéristiques.

Le dernier chapitre est consacré à la présentation du langage de programmation step7 et la simulation de programme.

Nous terminerons notre mémoire par une conclusion, les annexes, et les références bibliographiques.

I.1.Introduction :

Les centrales électriques transforment des sources d'énergie naturelles en énergie électrique. Ces centrales comportent un ou plusieurs groupes tournants constitués chacun par une machine motrice entraînant un alternateur. Ce dernier produit du courant électrique triphasé qui sera élevée par des transformateurs afin de réduire les pertes par effet de joule durant le transport.

L'électricité peut être produite par de nombreux types d'installations dont différentes sources d'énergies sont utilisées dans les centrales électriques.

A cet effet, nous avons jugé utile et nécessaire de présenter brièvement dans ce chapitre les différents types de centrale de production d'électricité.

I.1.1. Les centrales nucléaires :

Dans ces centrales la production d'énergie est basée sur la réaction nucléaire .L'uranium dégage de la chaleur l'or de cette réaction la vapeur ainsi crée fait tourner une turbine qui entraine l'alternateur.

Le minerai radioactif est contenu dans le sous-sol de la terre.

Les avantages et les inconvénients de la centrale nucléaire sont donnés au tableau suivant :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Indépendant des conditions météorologiques. -1g d'uranium produit autant d'énergie que 2 tonnes de pétrole 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilise une énergie non renouvelable. -Accidents grave possibles. -Déchets radioactifs à très longue durée de vie.

Tableau I.1 : Les avantages et les inconvénients de la centrale nucléaire.

I.1.2. Les centrales thermiques :

Une centrale thermique à flamme utilise l'énergie fournie par la combustion d'un combustible fossile (charbon, gaz ou pétrole), des éléments contenus dans le sous-sol de la terre. Cette combustion dégage une quantité de chaleur utilisée pour chauffer l'eau dans la chaudière.

Cette vapeur sous pression fait tourner à grande vitesse une turbine qui entraine un alternateur qui produit une tension alternative par la rotation de son rotor. A la sortie de la turbine la vapeur est refroidie pour se transformer en eau, puis renvoyé dans la chaudière.

Les avantages et les inconvénients du central thermique présenté dans le tableau suivants :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> –Faible cout de construction. –Technique bien connue. –Système d’appoint lorsque la demande est forte. 	<ul style="list-style-type: none"> –Utilise une énergie non renouvelable –Dépendance par rapports aux produits producteurs de fioul, gaz Natural et charbon –Pollue (dioxyde de charbon, oxydes de soufre)

Tableau I.2 : Les avantages et les inconvenants du central thermique.

I.1.3. Centrales à énergies renouvelables

Surnommées énergies propres leur exploitation engendre très peu de déchets et d’émissions polluantes mais leur puissance et production énergétique est plus faible que celui des énergies non renouvelables.

L’énergie est dite renouvelable lorsqu'elle provient de sources que la nature renouvelle en permanence, par opposition à une énergie non renouvelable dont les stocks s'épuisent.

Les énergies renouvelables proviennent de 2 grandes sources naturelles : le Soleil (à l'origine du cycle de l'eau, des marées, du vent et de la croissance des végétaux) et la Terre (qui dégage de la chaleur).

I.1.3.a) Les centrales hydrauliques :

L’énergie hydraulique représente actuellement 20% de la production électrique, c’est une forme d’énergie renouvelable. Propre et non polluante.

Une centrale hydraulique transforme l’énergie de chute d’eau en énergie mécanique grâce à une turbine qui entraine un alternateur qui produit l’énergie électrique appelé l’hydroélectricité.

Les avantages et les inconvénients de la centrale hydraulique sont donnés dans ce tableau :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> –Facile à construire. –Utilise une énergie renouvelable propre Sans émission de fumée et pollution. 	<ul style="list-style-type: none"> –Dépendant des conditions météorologiques (cas de sécheresses.) –Réserves d’eau limitées. (risques de rupture de barrage).

Tableau I.3 : Les avantages et les inconvénients de la centrale hydraulique.

I.1.3.b) Les centrales solaires :

L'énergie est produite par le rayonnement solaire à partir des panneaux photovoltaïques qui captent la lumière du soleil.

La lumière réfléchie est collectée par un système optique de transmission à travers l'atmosphère vers un foyer (chaudière située sur la tour) où l'énergie est concentrée.

Une fois l'énergie produite, des lignes à haute tension l'acheminent vers les postes d'interconnexion. Les avantages et les inconvénients de la centrale solaire sont résumés dans ce tableau :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> _ L'énergie photovoltaïque peut être installée partout, même en ville. _ Ressource énergétique gratuite et renouvelable. _ Entretien réduit, peu de coût de fonctionnement. _ Système silencieux. 	<ul style="list-style-type: none"> _ Le rendement électrique diminue avec le temps (20% de moins au bout de 20 ans). _ coût de fabrication élevé. _ Les panneaux contiennent des produits toxiques et la filière de recyclage n'est pas encore existante

Tableau I.4 : Les avantages et les inconvénients de la centrale solaire.

I.1.3.c) Les centrales éolienne :

L'énergie éolienne est source d'énergie qui dépend du vent, son énergie électrique est produite par des génératrices éolienne, ces machines formées d'un mat, surmonté d'un générateur électrique entraîné par une hélice, elles sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou les collines ventées. L'alternateur permet de transformer cette énergie mécanique en énergie électrique.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> _ Forme d'énergie propre et durable (elle ne produit aucun rejet, émission ou déchet). _ Excellent système d'appoint 	<ul style="list-style-type: none"> _ Dépendant des conditions météorologiques. _ Nécessité de grand parc pour avoir une bonne production. _ une pollution visuelle du paysage.

Tableau I.5 : Les avantages et les inconvénients de la centrale éolienne

I.1.3.d) Les centrales géothermiques :

L'énergie géothermique est une source d'énergie qui dépend de la chaleur de la Terre. Il s'agit donc d'exploiter la chaleur accumulée, stockée dans certaines parties du sous-sol (nappes d'eau) en faisant plusieurs forages, plus ou moins profonds selon la température désirée ou le gradient thermique local.

L'énergie est potentiellement considérable, car un km² de roche, sur une profondeur de 10 km renferme en moyenne de quantité d'énergie équivalent 15 millions de tonnes équivalent pétrole.

Les avantages et les inconvénients de la centrale géothermique sont résumés dans ce tableau :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> _ Ressource énergétique locale qui ne nécessite pas de transport. _ Ressource énergétique renouvelable. _ Énergie de base, indépendante des conditions climatiques. 	<ul style="list-style-type: none"> _ Coût d'investissement important aux autres centrales. _ Ressource naturelle du sous-sol dont l'extraction nécessite la réalisation de forage dont les résultats sont parfois aléatoires (risque géologique).

Tableau I.6 : Les avantages et les inconvénients de la centrale géothermique.

I.2. Description de la centrale de Cap- Djinet

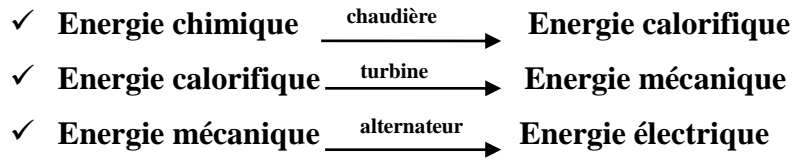
La centrale thermique de Cap-Djinet se situe au bord de la mer à l'est d'Alger dans la wilaya de Boumerdes. Elle occupe une superficie de 35 hectares. Elle est composée de quatre turbo-alternateurs (quatre tranches) de 176 MW chacun, avec une capacité totale de 704 MW pour une puissance fournie au réseau de 672 MW, chaque groupe alimente le réseau électrique national en 225 kV par la dérivation de son transformateur et son alternateur, les auxiliaires sont alimentés par la dérivation de l'alternateur et son transformateur de soutirage de 6.3 KV. La consommation totale des auxiliaires des quatre groupes et des auxiliaires communs est d'environ 32 MW.

Cette centrale thermique à vapeur utilise l'eau comme caloporteur d'énergie à haute température et sous pression.

I.3. Principe de fonctionnement de la centrale :

Dans une centrale thermique à vapeur la production de l'énergie électrique comporte trois transformations énergétiques suivantes :

1. la transformation de l'énergie chimique du combustible en énergie calorifique vapeur dans la chaudière
2. La transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique par la turbine
3. La transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique par l'alternateur



I.4. les principaux éléments d'une tranche de production :

Chaque monobloc dit tranche est composé de plusieurs éléments important qui assure la production et qui influent sur le rendement thermique globale de la centrale.

La figure (1) ci-dessous représente les principaux éléments et circuit d'une tranche thermique de la centrale :

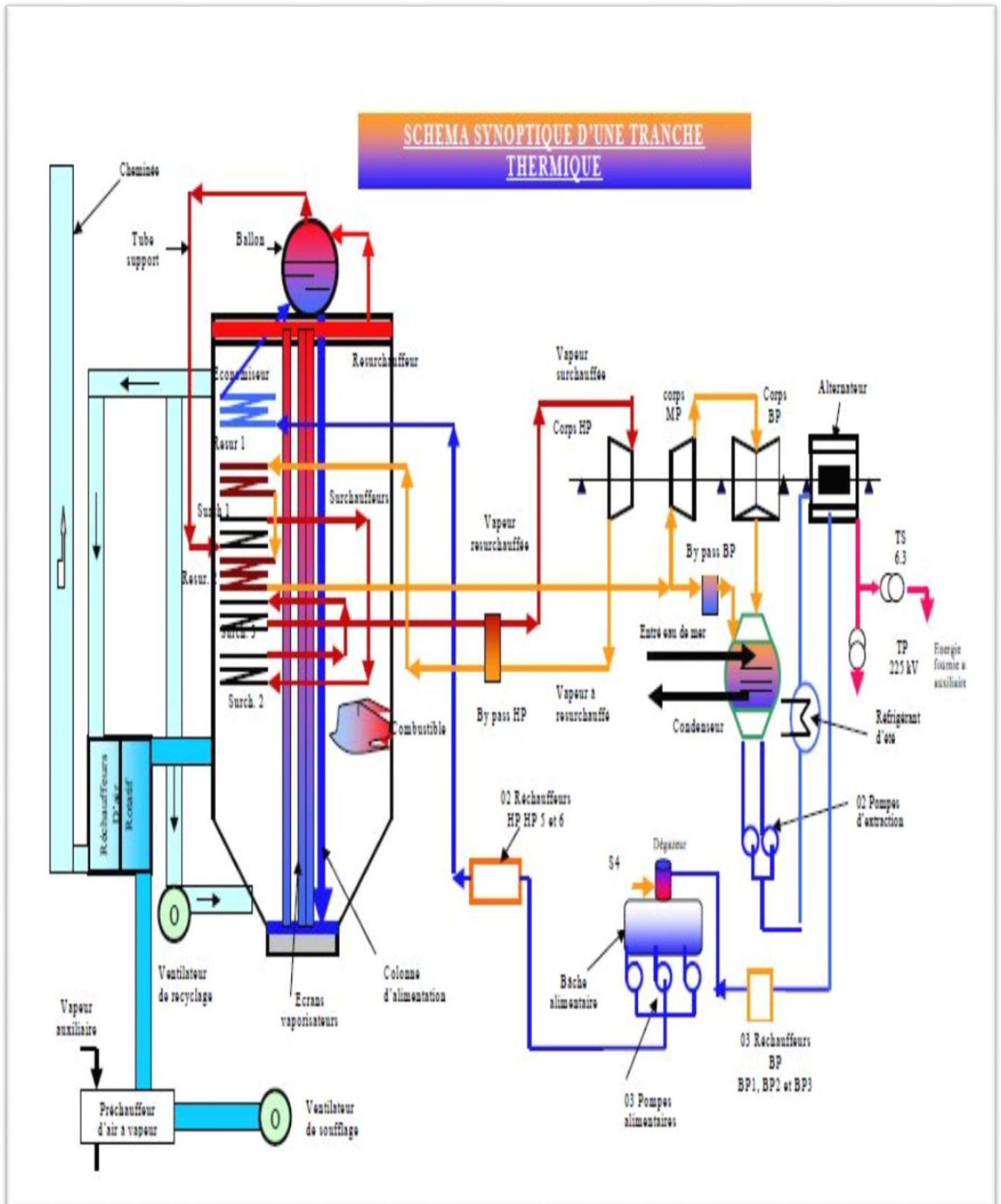


Figure I.1 : Principaux composants et circuits d'une tranche thermique de la centrale.

I.4.1. La chaudière <<générateur de vapeur >>.

Le rôle de ce générateur de vapeur est de faire passer l'eau d'alimentation de l'état liquide à l'état vapeur surchauffé à haute pression en vue d'alimenter la turbine, il est à circulation naturelle, doté d'une chambre de combustion, l'alimentation de la chaudière en combustible est faite par huit brûleurs répartis en quatre niveaux sur la façade de chaque générateur.

Le tableau (I.1) ci-dessous représente les Caractéristiques de la chaudière [2].

Capacité de vaporisation	540t /h
Température dans le foyer	900°C
Température de vapeur surchauffée	540°C
Pression à la sortie des surchauffeurs	147 bar
Température de la vapeur resurchauffée	535°C
Température de l'eau d'alimentation	246°C

Tableau (I.7) : Caractéristique de la chaudière

➤ Le combustible :

Le combustible principal utilisé dans notre chaudière est le gaz naturel de <<Hassi-Remel>>, avec un débit de 160m³ /h nécessaire pour assurer la pleine charge des quatre tranches.

Le fuel-oil est stocké dans deux réservoirs pour qu'il soit utilisé dans le cas d'absence du gaz Naturel [2].

➤ Les caractéristiques chimiques du gaz combustible <<gaz Naturel>>.

Les composants du gaz Naturel et ces caractéristiques sont donnés dans des conditions de T=15°C et P=1atm. Ces caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

	Constituants	Pourcentage moléculaire	
Hélium	He	0,19	+/- 0,02
Azote	N ₂	5,85	+/- 0,15
Anhydride carbonique	CO ₂	0,21	+/- 0,03
Méthane	CH ₄	83,5	+/- 0,5
Ethane	C ₂ H ₆	6,9	+/- 0,25
Propane	C ₃ H ₈	2,10	+/- 0,15
Isobutane	iC ₄ H ₁₀	0,35	+/- 0,08
Butane	nC ₄ H ₁₀	0,53	+/- 0,08
Isopentane	iC ₅ H ₁₂	0,11	+/- 0,03
Pentane	nC ₅ H ₁₂	0,12	+/- 0,03
Hexane	C ₆ H ₁₄	0,14	+/- 0,04

Tableau (I.8) : Caractéristique chimiques du gaz combustible

➤ Les caractéristiques chimiques du combustible de secours <<gazoil>> :

Elles sont résumées dans tableau suivant :

couleur		rouge
Point d'inflammation		70°C
Température de congélation		-18°C
Pouvoir calorifique supérieur		10900 Kcal/Kg
Pouvoir calorifique inférieur		10250 Kcal/Kg
Cendres		0%
Asphalte		0%
Va,Na,Ca,Pb		Insignifiant
Masse volumique a 15°C		0,890 Kg/L

Tableau (I.9) : Caractéristique chimiques du combustible de secours.

➤ **Le circuit eau-vapeur:** est constituée principalement de :

- **L'économiseur :** c'est une tuyauterie en forme de serpent, il a pour fonction la réception le réchauffement et le guidage de l'eau d'alimentation vers le ballon chaudière.
- **Le ballon chaudière :** le ballon chaudière sert à recevoir l'eau d'alimentation et la vapeur remontant à partir des tubes écrans, il est rempli à 50% de vapeur et 50% d'eau. Le niveau d'eau dans le ballon chaudière reste constant pendant tout le temps de fonctionnement de la chaudière.
- **Colonne de descente et tube écrans :** sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau à l'écran vaporisateur.

L'eau se trouvent dans l'écran vaporisateur va être chauffée grâce aux brûlures, et va se vaporise en partie, Ce mélange eau-vapeur a un poids faible que l'eau provenant des colonnes de descentes et va être poussé vers le haut du ballon.

• **Surchauffeurs et resurchauffeurs :**

–**Surchauffeurs :** au nombre de trois, ils servent à surchauffer la vapeur venant du ballon chaudière afin d'évité la vapeur humide, et faire augmenter sa température avant être admise à la turbine (corps HP).

– **Les resurchauffeurs :** La vapeur venant de corps HP de la turbine à subit une détente pour cella. Deux resurchauffeurs sont prévus pour surchauffer cette vapeur venant de corps HP de la turbine, afin d'augmenter la température de la vapeur de détente.

La vapeur resurchauffée passe dans la conduite de vapeur resurchauffée ou elle est menée aux vannes d'interception du corps MP de la turbine.

- **Circuit air-fumées :**

L'air est prélevé de l'atmosphère et mis en vitesse par des ventilateurs, il est d'abord réchauffé vers 315°C par le réchauffeur d'air rotatif, cet air réchauffé va aux bruleurs en tournant l'appoint d'oxygène nécessaire à la combustion.

- **Réchauffeur rotatif :**

IL sert à réchauffer l'air de combustion par la récupération de chaleur des fumées (changeur air-fumée).

- **Ventilateur de soufflage :**

Les ventilateurs de soufflage en nombre de deux ont pour rôle de fournir l'air de combustion au générateur de vapeur.

- **Ventilateurs de recyclage :**

Ils ont pour rôle de recycler une partie de la fumée, ils l'envoient à la partie inférieure de la chaudière afin de régler la température à la sortie des resurchauffeurs.

- **Les bruleurs :**

Le générateur de vapeur est équipé de huit bruleurs pouvant être allumés soit au gaz naturel soit au fuel léger. Ces bruleurs sont disposés sur quatre étages de la face avant de la chaudière. Ils sont prévus un fonctionnement mixte.

- **La chambre de combustion :**

C'est la partie principale du générateur de vapeur où l'on brûle le mélange Air/combustible.

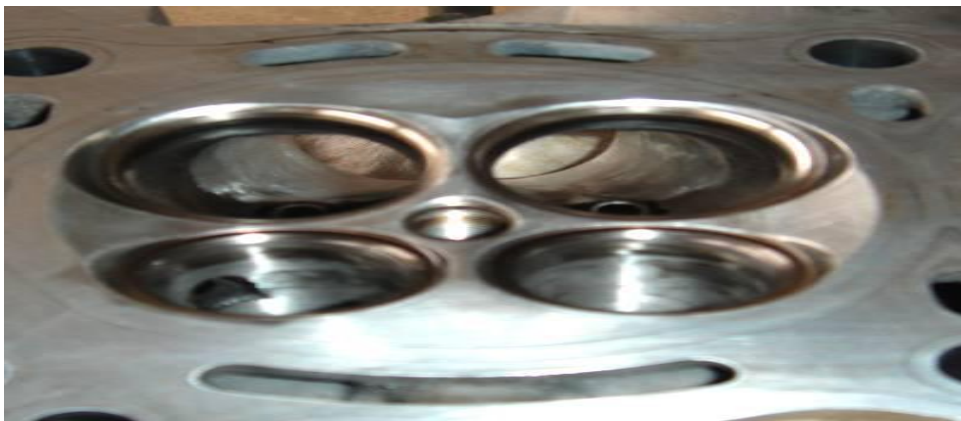


Figure.2 : vue interne d'une chambre de combustion.

- **La cheminée :**

Elle est de construction métallique avec une hauteur de 60m au-dessus du sol.

I.4.2. La turbine à vapeur :

Elle transforme l'énergie thermique de la vapeur provenant de la chaudière en mouvement de rotation de l'arbre, avec une vitesse de 3000tr/min. le travail mécanique obtenu sert à entrainer l'alternateur.

Ces caractéristiques sont représentées dans le tableau suivant :

Longueur	16.128m
Largeur	13m
Poids	499,910 * 10³
Puissance	176MW
Pression	138,2bars
Température vapeur	535°C
Vitesse	3000tr/min

Tableau (I.10) : Caractéristiques de la turbine à vapeur

– La turbine est de type à condensation, elle est à une seule ligne d'arbre composée de trois corps <<HP>>, <<MP>>, <<BP>> séparés. Elle comporte six soutirage qui alimentent trois réchauffeurs base pression <<BP>> et deux réchauffeurs haute pression<<HT>>, le corps HP << haute pression>> est à simple flux il reçoit la vapeur venant de la chaudière. Le corps MP <<moyenne pression>> est à double flux, il reçoit la vapeur resurchauffée.

Le corps BP << basse pression>> est aussi à double flux, il reçoit la vapeur sortante du corps MP, puis li la dirige vers le condenseur après avoir subi une détente à son niveau [3].

La figure (I.2) ci-dessous montre une turbine à vapeur :

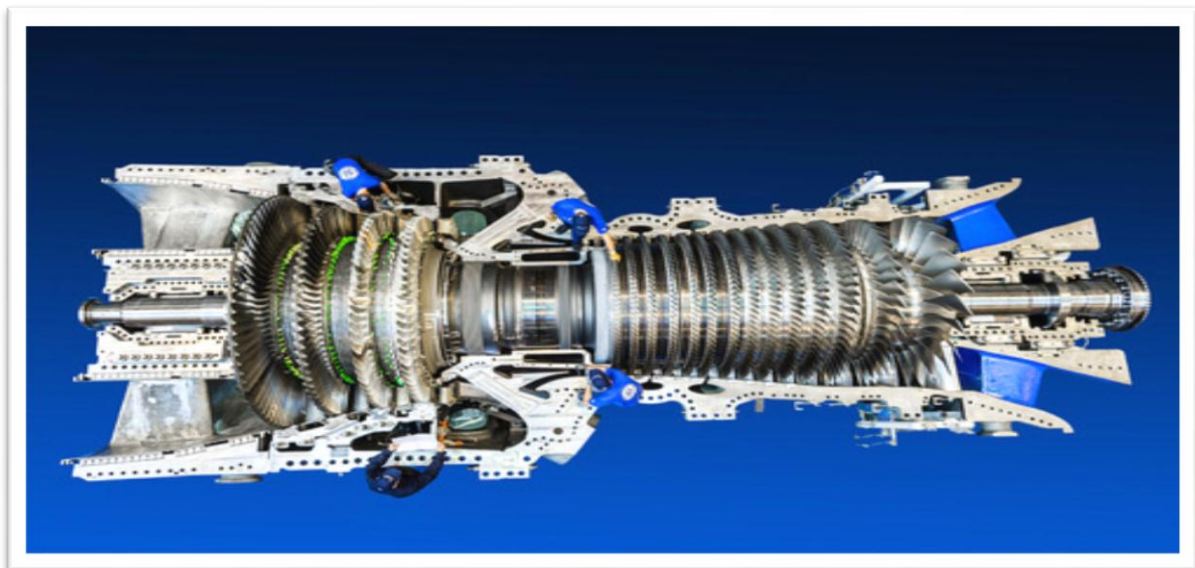


Figure.3 : turbine à vapeur.

La figure (I.3) ci-dessous montre les différents corps de la turbine à vapeur :

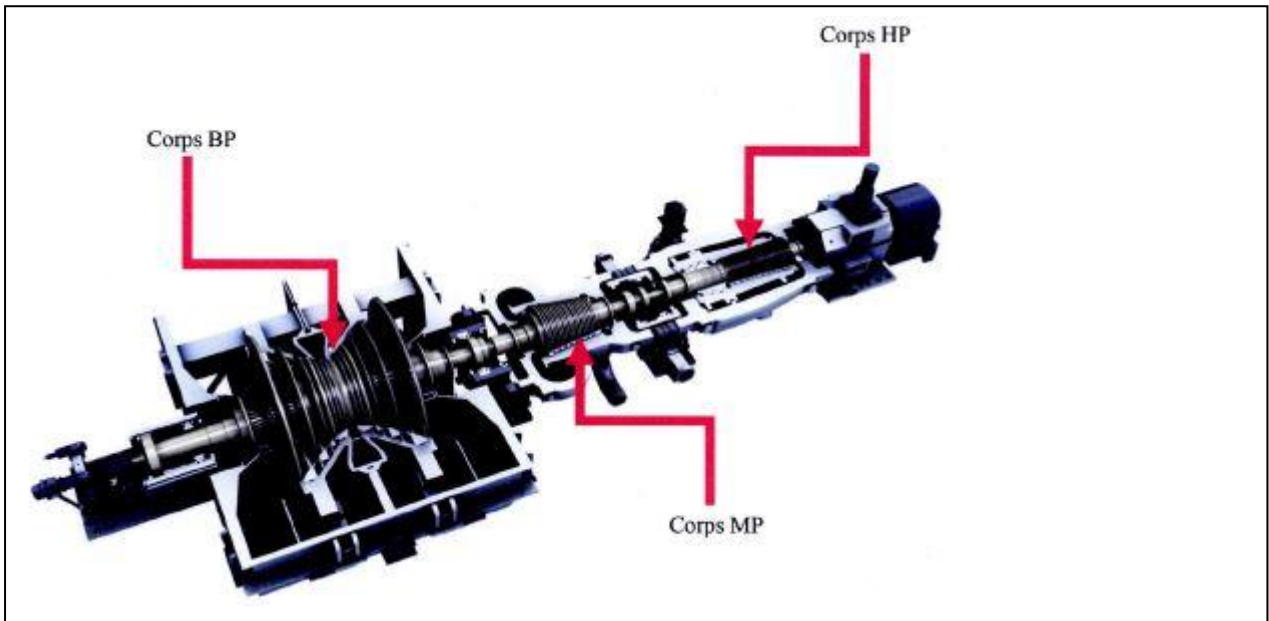


Figure.4 : Les différents corps de la turbine à vapeur [3].

- **Les soutirages** : Les soutirages de vapeur consistent à extraire de la vapeur à un étage intermédiaire de la turbine, cette vapeur est déjà utilisée dans la conversion de son travail en énergie.

On dirige cette vapeur soutirée dans un réchauffeur d'eau condensée afin d'utiliser la chaleur latente de cette vapeur au lieu de la perdre.

Le soutirage permet d'influer favorablement sur le rendement de cycle et de diminuer la masse de la vapeur au condenseur.

I.4.3. Le condenseur :

C'est un condenseur à change par surface, il est placé sous le corps <<BP>>de la turbine. La vapeur se condense au contact des parois des tubes dans lesquelles passe l'eau de refroidissement de mer L'échange de chaleur est de type fluides séparés à faisceaux tubulaire, il a pour rôle :

- D'assurer la vapeur d'eau évacué du corps <<BP>>de la turbine par circulation de l'eau de mer de refroidissement dans les tubes en titane.
- D'augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendue en établissement une dépression atmosphérique afin d'obtenir un rendement de la turbine aussi élevé que possible.
- De dégazer les condensats et d'évacuer les incondensables.

I.4.4. La bêche alimentaire :

La bêche alimentaire est un réservoir, généralement de forme cylindrique, en position verticale ou horizontale avec un dégazeur, il reçoit de l'eau en prévenance de la pompe

d'extraction, et il joue le simultanément le rôle d'un réchauffeur et conditionne la pression à l'aspiration de la pompe alimentaire.

I.4.5. Les pompes :

Il existe dans la centrale de Cap-Djenet deux pompes d'extraction et trois pompes d'alimentation.

- **Pompe d'extraction** : elle assure le transfert de l'eau condensé (dans le condenseur) jusqu'à la bache alimentaire en passant par les trois réchauffeurs <<BP>>.

- **Pompe d'alimentation** : les pompes alimentaires sont très importantes dans le circuit eau-vapeur. Ils ont utilisés dans la centrale deux pompes centrifuge en service et la troisième en secours.

Elles ont pour rôle d'aspirer de l'eau à partir de la bache alimentaire pour refouler dans le réservoir de la chaudière en traversant les réchauffeurs <<HP>>et l'économiseur du générateur de vapeur.

I.4.6. Les réchauffeurs :

Sont des échangeurs de chaleur, ont pour rôle de réchauffer l'eau d'alimentation de la chaudière. Cette dernière est assurée par plusieurs soutirages dont chacun correspond à réchauffer.

Il existe trois genres de réchauffeurs :

- **Les réchauffeurs à <<BP>>** : sont alimentés par des soutirages A1, A2, et A3 du corps <<BP>>de la turbine .Elle réchauffe l'eau condensée qui vient de la pompe d'extraction à la bache alimentaire par les transferts de la chaleur latente de la vapeur saturée.

- **Les réchauffeurs à <<HP>>** : les pompes d'alimentation aspirent l'eau de la bache alimentaire et augmentent sa pression. Ces pompes déchargent cet eau sous pression dans les réchauffeurs <<HP>> qui augmentent sa température.

Les réchauffeurs utilisée sont des échangeurs de chaleur à échange par surface, ils sont positionnés verticalement avec tubes courbé en forme de serpent, dans le coté enveloppe circule la vapeur, et dans le coté tube circule l'eau d'alimentation (condensât) avec une pression de 160 bars et une température de 145°C, sachant que le fonctionnement et la construction des réchauffeurs <<HP>> sont analogues à ce des réchauffeurs à <<BP>>.

- **Le dégazeur** : c'est le récipient le plus élevé du système, il est alimenté par le soutirage A4 du corps <<MP>>. Il ajoute de la chaleur et retire les gaz nos condensables de l'eau d'alimentation, Cet eau est admise dans le dégazeur près de son sommet pour être ensuite pulvérisée sur les plateaux ruissellement.

I.4.7. L'alternateur :

C'est une machine électrique de type génératrice à courant alternatif, il transforme l'énergie mécanique produite par l'arbre de la turbine (HP, MP, BP) en énergie électrique.

Le courant électrique est produit dans la centrale triphasée, sous une tension de 15500V et une fréquence de 50Hz, avec une vitesse de rotation de 3000 tr/min. La puissance aux bornes de l'alternateur est 176MW, l'alternateur est refroidi par la circulation et convection d'hydrogène qui est produit par une station de production d'hydrogène.

L'alternateur comprend les éléments suivants :

- Enroulements stationnaires du stator.
- Rotor.
- Enroulements de champ du rotor.

➤ Le refroidissement à l'hydrogène :

L'alternateur est l'organe électromécanique à l'origine de la production de l'énergie, électrique. Même si son rendement est excellent (proche de 99%), les puissances dissipées sous forme de pertes par effet joules Sont énormes et ceci dans un volume restreint. Il est donc nécessaire de mettre en place des systèmes d'évacuation des calories basés sur l'utilisation de fluides caloporteurs circulants dans le stator, dans le rotor ainsi que dans les conducteurs statoriques.

Le rôle de l'installation est d'assurer le refroidissement du rotor ; du circuit magnétique du stator et des organes frontaux de serrages de l'alternateur.

❖ but d'utiliser l'Hydrogène :

L'hydrogène a été choisi pour ses propriétés physiques supérieures à l'air :

- Sa densité est quatorze fois inférieure
- Sa conductivité thermique est sept fois supérieure
- L'hydrogène limite le vieillissement des isolants car il empêche la formation d'ozone.

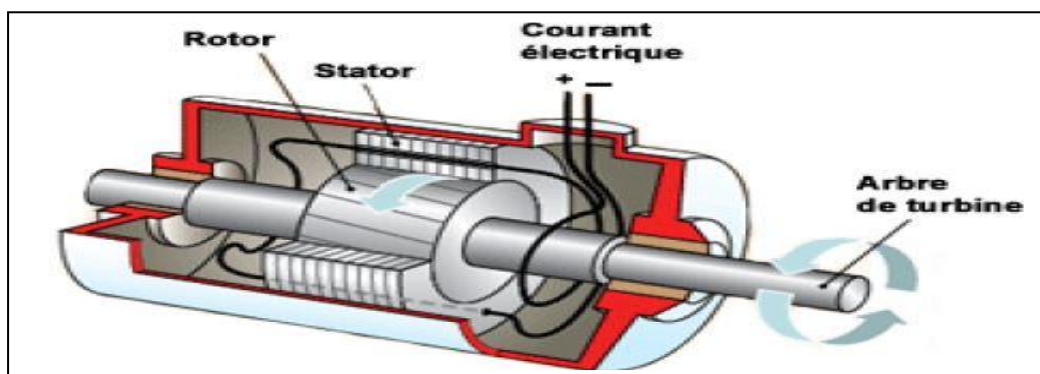


Figure.5 : Schéma simplifié d'un Alternateur.

I.5. Les auxiliaires :

- **Station de pompage et de filtration d'eau de mer** : La position de la station est basse sur une profondeur de 7 m environ, la prise d'eau est située à 900 mètres de la côte, l'arrivée de l'eau à la station se fait par trois tubes d'un diamètre de 2,70m.
- **Station de dessalement de l'eau de mer** : Elle pour rôle la production de l'eau dessalée à partir de l'eau de mer.
- **Station de déminéralisation** : Cette installation sert au traitement de l'eau d'appoint d'alimentation pour les quatre chaudières. Le stockage d'eau se fait dans deux réservoirs de 1500 m³ chacun.
- **Station de production d'hydrogène** : Elle sert à produire l'hydrogène nécessaire au refroidissement des quatre alternateurs de la centrale.
- **Poste de dépotage et transfert de fuel** : deux bâches de stockage de capacité 2× 10000 m³.
- **Salle de commande centralisée** : chaque paire de tranche est contrôlée et réglé depuis la salle commande.
- **Système de surveillance, d'alarme et d'analyse** : pour permettre une bonne conduite de groupe de production des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau d'eau).
- **Salle Iskamatic** : c'est les salles d'électronique ou se trouvent toutes les armoires de cartes électroniques, c'est la ou se fait la régulation des différents systèmes. Cette salle est considérée comme l'intermédiaire entre la salle de commande et le site.

I.6. Description de fonctionnement d'une tranche de production [1].

Les pompes d'extraction aspirent l'eau à partir de condenseur à pression 0.05bar et une température de 33°C, cette eau est transférée vers la bache alimentaire à travers les réchauffeurs basse pression BP1, BP2, BP3.ou l'augmentation de la température s'effectue comme ceci :

- 52°C : à la sortie de réchauffeur BP1.
- 84°C : à la sortie de réchauffeur BP2.
- 113°C : à la sortie de réchauffeurBP3.

L'eau arrive à la bache alimentaire ou se dégaze dans le dégazeur. L'eau étant à 151°C et 5 bars. Elle est aspirée par les pompes alimentaires qui augmentent sa pression de 5 à 11bars à l'entrée des pompes principales, L'eau est refoulée à 154°C et 177 bars vers le ballon chaudière, à travers les réchauffeurs HP1, HP2 ou la température se varier comme ceci :

- 200°C : à la sortie de réchauffeur HP1.
- 246°C : à la sortie de réchauffeur HP2.

A l'entrée de l'économiseur ou l'eau subit le dernier réchauffage en rejoignant le ballon chaudière à 350°C et 160 bars.

La moitié supérieure du ballon chaudière contient de la vapeur saturée celle-ci est dirigée sur les trois surchauffeurs, ou elle va augmenter la température jusqu'à 450°C, en cas d'une température plus élevée que cette dernière, il y a le déclenchement des désurchauffeurs afin de la diminuer, la pression reste presque constante à 160 bar.

La vapeur surchauffée arrive au corps HP de la turbine ou elle se détend jusqu'à 40 bar et sa température diminue jusqu'à 375°C, puis elle retourne vers les resurchauffeurs qui se trouvent dans la chaudière ou elle se réchauffe pour atteindre les 540°C, ensuite s'acheminant cette vapeur vers le corps MP de la turbine ensuite elle se dirige vers le corps BP. En passant par ces trois corps elle fournit le travail pour se faire pivoter l'arbre de l'alternateur. Enfin elle est évacuée vers le condenseur à eau de refroidissement (source froide), dans lequel s'effectue la condensation de la vapeur à une pression de 0.05 bar et une température de 33°C.

I.7. Conclusion :

Comme nous venons de le voir dans ce chapitre, nous avons présenté les principaux éléments constituant une tranche de production (chaudière, circuit «eau-vapeur», turbine, condenseur, etc.), ainsi que le fonctionnement d'une tranche de production, afin de produire l'électricité à partir d'une énergie en passant par une énergie calorifique (chaudière), puis par une énergie mécanique (turbine), qui se transforme en énergie électrique (l'alternateur).

Le chapitre suivant traitera la station de déminéralisation ainsi que les instruments de mesure seront décrits dans ce chapitre.

II.1. Introduction :

L'eau dessalée est produit grâce à un procédé de distillation par détente successive appelé Multi-Flash(MSF).L'eau produite n'est pas à la norme requise est contient encore des sels, ce qui nous amène à l'utilisation de la déminéralisation afin d'éliminer, presque totalement les molécules restantes dans l'eau.

La déminéralisation consiste à faire passer l'eau dessalée à travers un filtre de résine d'échange ionique, cationique forte et anionique forte, mais avec le temps la capacité de cette résine diminue, par conséquent le cycle de vie de la résine diminue d'où la nécessité de faire une régénération.

Notre tâche dans ce chapitre consiste donc à étudier le procédé de régénération ainsi que ces caractéristiques afin de pouvoir améliorer ce procédé.

II.2. Description de la déminéralisation :

La déminéralisation est une technique, très largement utilisé, pour l'obtention de l'eau traitée à partir d'une eau caractérisée par leurs concentrations en sels dissous. Donc c'est un procédé d'épuration de l'eau destiné à éliminer partiellement ou totalement les sels. Elle s'effectue en particulier par échange d'ions.

Le traitement par échange d'ions consiste à fixer les ions en liberté sur des corps doués de propriétés particulières que l'on s'appelle <<échangeurs d'ions>> ou permutation. Ce dernier permet d'obtenir des eaux de très haute pureté caractérisées par leur très faible conductivité.

II.2.1 Principe de la déminéralisation :

L'échange d'ions est un procédé dans lequel les ions d'une certaine charge contenus dans une solution (ex : cations) sont éliminés de cette solutions par adsorption sur un matériau solide (résine échangeuse d'ions). Pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge émis par le solide.

II.2.2 But de l'opération déminéralisation :

Le but de déminéralisation est d'avoir l'eau pur de conductivité électrique inférieure à 0.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et la teneur en acide SiO_2 inférieure à 0.02mg/L.

La station de déminéralisation contient deux filtre à lits mélangés avec une capacité de 40m³/h chacun, qui fonctionnent en mode alterné.

L'eau produit par la station, arrive tout d'abord dans les réservoirs de 1500m³ chacun ensuite sera envoyé vers la chaudière, pour alimenter le circuit eau-vapeur.

II.3. constitution de la station de déminéralisation.

- 3 pompes pour l'eau dessalée : une pompe assure 100% de production, la deuxième pompe à l'arrêt et la troisième en réserve (UA10 D001, UA11D001, UA12 D001).
- 2 filtres à lits mélangés :(UA12B001, UA11B001)
- 2 réservoirs de stockage de l'acide chlorhydrique (HCl) : (UA41B001, UA42B001).
- 2 pompes de remplissage de l'acide chlorhydrique : (UA34D001, UA35D001)
- 2 pompes d'injections (doseuses) de l'acide chlorhydriques : (UA44D001, UA45D001).
- 1réservoir de stockage pour la lessive de soude (UA33B001).
- Station de dissolution de la lessive de soude (NaOH)
- 2 pompes de remplissage de lessive de soude (NaOH) :(UA31B001, UA32B001).
- 2 pompes d'injections (doseuses) de la lessive de soude (UA34D001, UA35D001)
- 2 Pompes de l'eau de régénération : (UA24D001, UA25D001).
- Equipement pour le bassin de neutralisation.
- Pompes de circulation et d'évacuation.
- Soufflantes à air mixte pour la neutralisation
- 2 Soufflantes à air mixte : (UA51D001, UA52D001).
- Armoire de commande
- Appareils de mesures.

II.4. Description et caractérisation du filtre à lits mélangés.

Un filtre à lit mélangé est constitué principalement des résines cationiques et des résine anionique.

Les résines cationiques fixent les cations (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) en libérant les ions H^+ pour lesquels elles ont une affinité plus faible ; la fixation à lieu tant qu'il subsiste des ions H^+ à échanger.

Les résines anioniques fixent les anions (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-) en libérant les ions OH^- pour lesquels elles ont une affinité plus faible ; la fixation a lieu tant qu'il subsiste des ions OH^- à échanger.

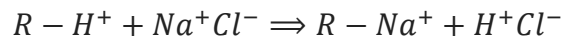
Lorsqu'une résine ne peut plus fixer d'ions, elle est saturée : il faut alors la régénérer. La régénération en ions H^+ de la résine cationique se fait par injection à contre-courant d'acide chlorhydrique(HCL), celle de la résine anionique se fait par injection de soude(NaOH).

Les filtres à lits mélangés sont équipés de robinetteries et des électrovannes commandées pneumatiquement pour le service automatique et génération automatique [5].

❖ Les réactions d'échanges d'ions :

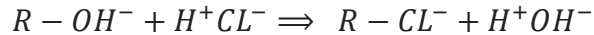
Pour simplifier, nous utiliserons la lettre R pour désigner la résine.

➤ **Echange cationique : la résine est fortement acide.**



Cette réaction est utilisée comme première étape de la déminéralisation de l'eau.

➤ **Echange anionique : la résine est fortement basique**



Cet échange a lieu après un échange cationique pour compléter le processus de déminéralisation.

La figure ci-dessous montre les deux filtres à lit mélangés :



Figure.6 : filtres à lits mélangés

II.5. La régénération [1].

La régénération consiste à effectuer un rinçage des résines anioniques et cationiques, par deux solutions :

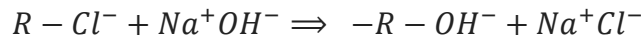
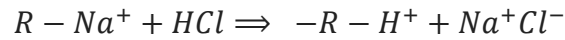
HCL : solution concentrée à 5%.

NaOH : solution concentrée à 5%.

La régénération permet une réactivation des résines saturées par le Na^+ et Cl^- leur réactions, sont nulles et à la sortie des lits mélangés la conductivité est importante, et l'eau est de mauvaise qualité qu'elle ne doit pas être utilisée pour les besoins de la centrale et surtout l'alimentation du générateur de vapeur.

Les indices suivants permettent de déceler si la régénération est nécessaire :

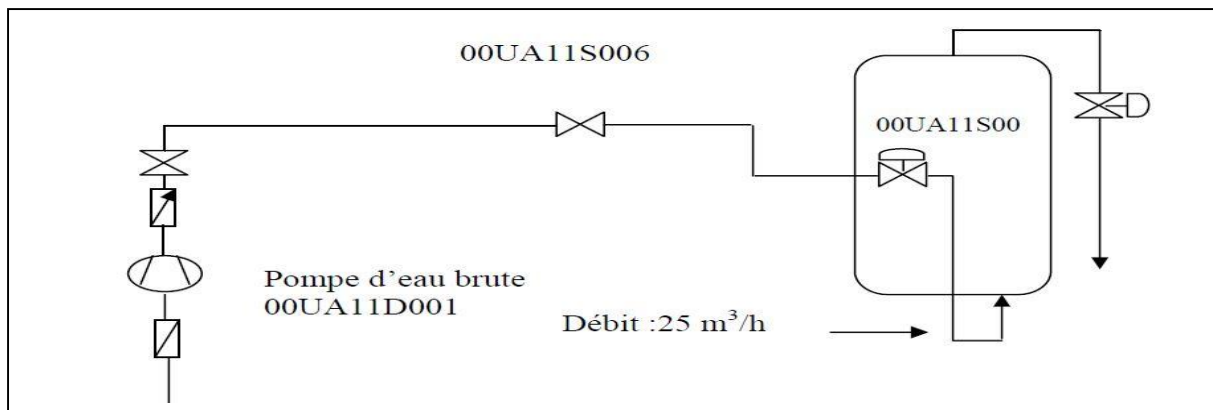
- Si la conductivité à la sortie des lits mélangés est supérieure à $> 0.1 \mu S/cm$
- 2. Si la silice SiO_2 (Dioxyde de silicium) est $> 0,02 mg/l$.
- 3. Si la différence de pression entre l'entrée et la sortie des lits mélangés est $> 1.5 bar$
- 4. Après un fonctionnement continu de 4 semaines

❖ **Les réactions de régénération****II.5.1. Les étapes de la régénération [1].**

La régénération s'effectue en 10 étapes et de la façon suivante (chacune de ces étapes est décrite dans l'annexe A) :

1ere Etape : Lavage à contre-courant et séparation des résines

La première étape consiste à effectuer la séparation des résines. Par l'intempesive de l'eau brute qui est introduite par le point bas, donc un détassage et une séparation, les robinetteries S008 et S017 sont ouvertes et la pompe pour l'eau brute respective est en service, l'eau ressort par la partie supérieure. Par la différence de poids spécifiques les résines cationiques plus denses retournent dans le bas du réservoir. Les résines anioniques plus légères occupent la partie supérieure. Cette opération Dure 20 mn.

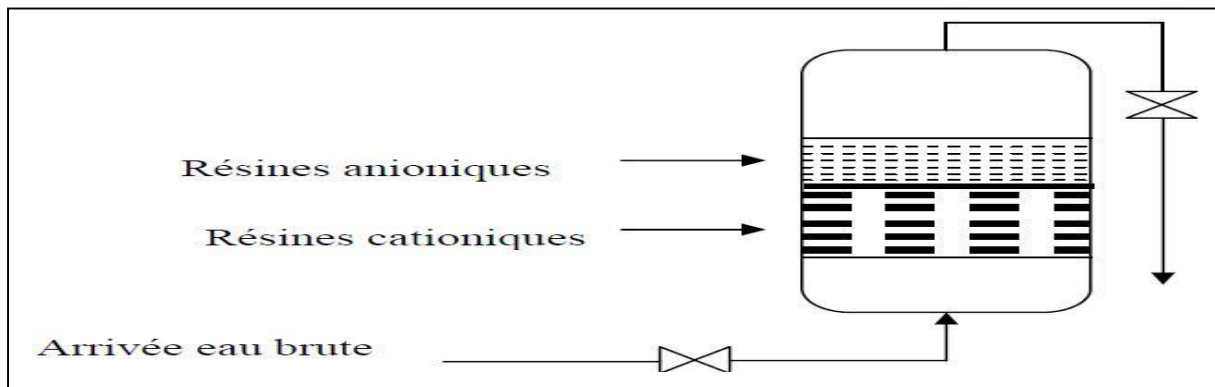


Le débit de 25 m³/h est limité pour éviter que les résines soient entraînées plus haut que le hublot supérieur.

2ème Etape : Pause

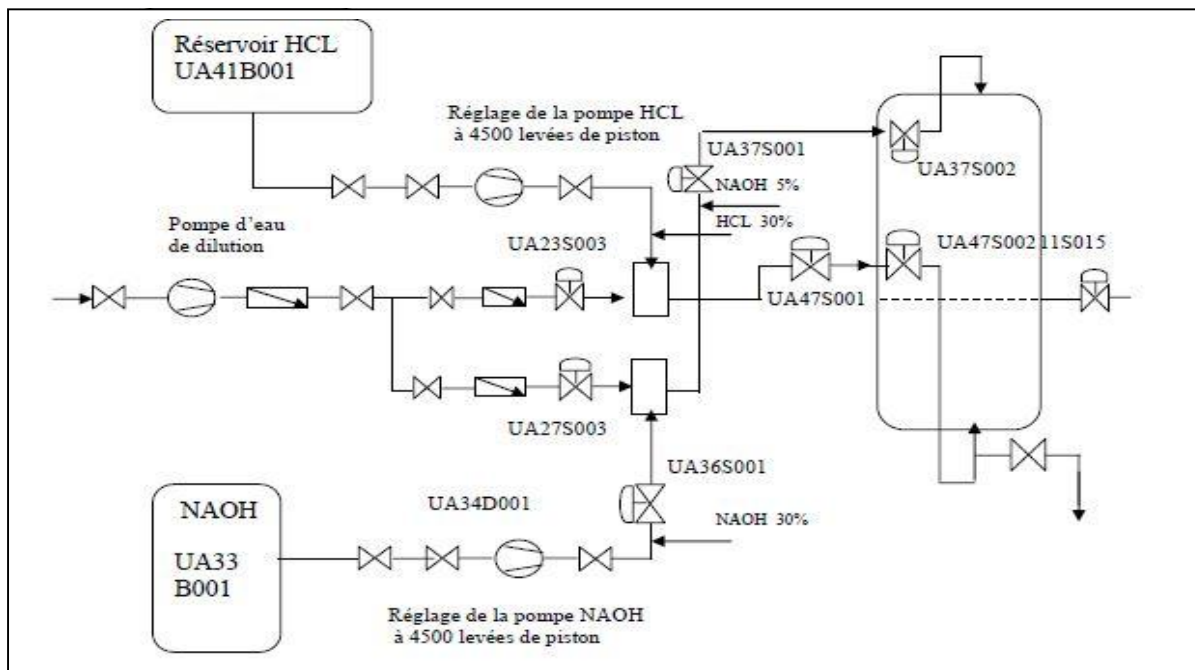
Arrêt de l'arrivée de l'eau brute donc de la pompe d'eau brute, UA11D001 de façon que les résines soient séparées au repos. Cette opération dure 5mn.

Par l'intermédiaire des hublots un contrôle visuel permet de différencier les résines de couleurs différentes si elles sont bien séparées.

**Etape03+04:**

Cette étape consiste au remplissage d'acide HCL et de la soude caustique NAOH, on doit effectuer ces deux étapes en même temps.

L'opération de remplissage acide dure 30mn et même durée pour le remplissage de soude (durée 30mn.).

***Etape03a+04a : Remplissage de l'acide chlorhydrique**

La solution Hcl passe à travers la couche des résines cationiques d'en bas vers le haut et s'écoule pas le tuyau de distribution.

Les robinetteries **UA11S015(UA12S015)** et **UA47S001(UA48S001)** **UA11S002(UA12S002)** sont ouvertes. L'acide chlorhydrique à 30 % des réservoirs de stockage **UA41B001.UA42B001** est dilué, à l'aide des pompes doseuses **UA44D001. UA45D001** et avec l'eau à une solution de 5%.

La quantité de l'eau de dilution est réglée sur le débitmètre **UA28 (I, AC) F001**, de même qu'avec la robinetterie **UA28S003**.

Si le passage de l'eau est trop petit, l'alarme est déclenchée par contact limite et la pompe Doseuse **UA44D001, UA45D001** est arrêté, la robinetterie **UA28S003** reste toujours ouverte est sert seulement comme arrêt manuelle.

Pour l'ajustement de cette étape il faut respecter les données suivantes :

Capacité de la pompe doseuse 6700L/h

Quantité d'eau de dilution 3850L/h.

Une fois que l'acide est introduit les pompes doseuses de HCL et NAOH s'arrêtent automatiquement .La pompe d'eau de dilution reste en service pour effectuer, le lavage des résines pour lever le HCL (Après 30 minutes on arrête les pompes doseuses et on ferme la robinetterie **UA45S003**. Le lavage de l'acide commence, il dure à peu près 80min, en suite on ferme les robinetteries **UA28S003, UA47S001** et **UA48S001**, et on ouvre la robinetterie **UA47S003** et **UA48S003**).

***Etape03b+04b : Remplissage de la lessive soude**

La solution NaOH passe à travers la couche des résines anioniques du haut vers le bas et s'écoule par le tuyau de distribution.

Les robinetteries **UA11(12) S015, UA37(38) S001** ,et **UA37s002** sont ouvertes.

La lessive de soude de 30% du réservoir de stockage UA33B001 est diluée, à l'aide des pompes doseuses **UA34D001, UA35D001** et avec l'eau à une solution de 5%, la quantité de l'eau de dilution est réglé par le débitmètre **UA27 (I,AL)F001**, de même pour la robinetterie UA27S003. Si le passage d'eau est trop petit, une alarme est déclenchée par un contact limite et la pompe doseuse UA34D001est arrêtée même que la pompe **UA35D001**.

Une fois que la soude caustique est introduit, les pompes doseuses de NAOH s'arrêtent automatiquement .La pompe d'eau de dilution reste en service pour effectuer, le lavage des résines pour lever le NAOH Cette opération dure 80 mn.(Après 30 minutes on arrête les pompes doseuses et on ferme la robinetterie **UA36S001**.

Le lavage de lessive de la couche échangeuse anionique commence ; il dure à peu près 40min, Ensuite les robinetteries **UA37(38)S003** s'ouvre (soupape de sureté contre les produits chimiques).

5 ème Etape : pause

Avant de passer à l'étape suivante c'est à dire l'étape N°6, une pause de 30 secondes

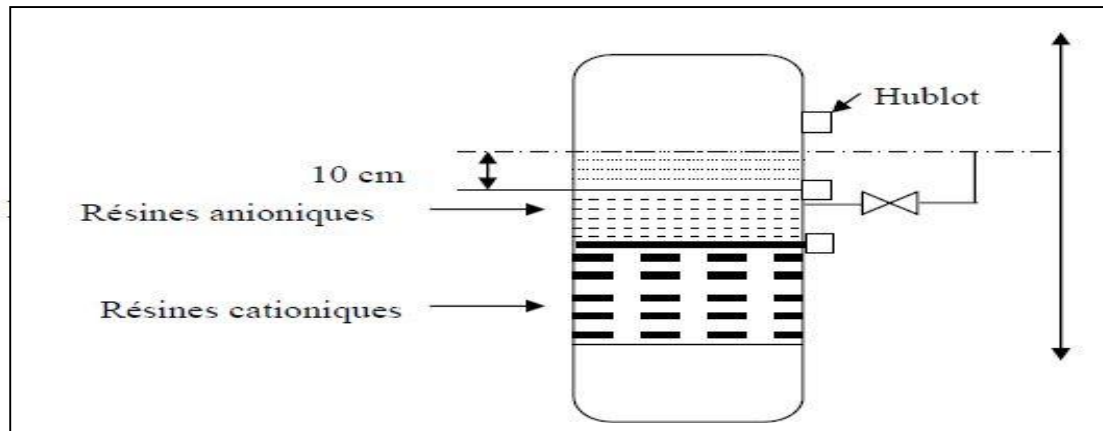
Est nécessaire, pour arrêter complètement l'opération de lavage des résines.

6 ème Etape : Abaissement

L'étape N° 6 consiste à stabiliser le niveau à l'intérieur du filtre à lit mélangé.

Cette opération dure 30 mn. Le niveau d'eau doit diminuer pour se stabiliser à 10 cm au-dessus des résines.

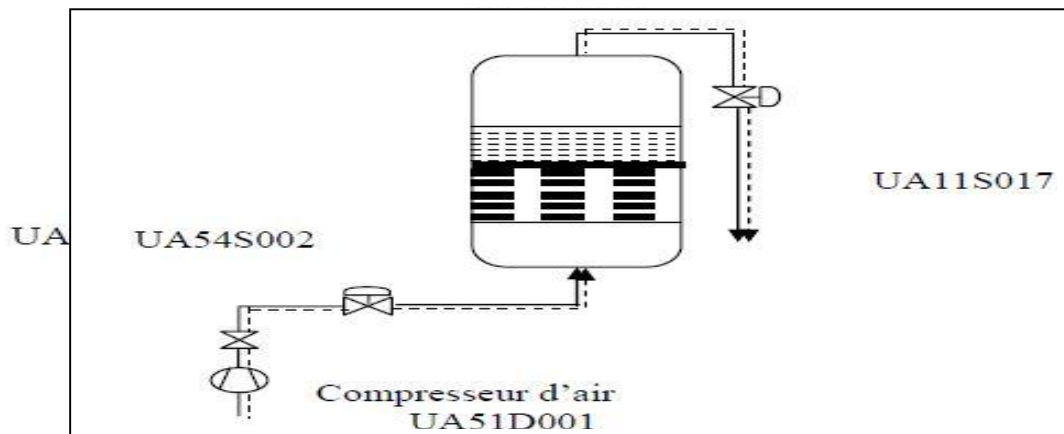
On contrôle le niveau visuellement par les hublots.



7 ème Etape : Mélange

La 7eme étape consiste à une reconstitution du mélange des résines, l'air fournit par le compresseur est introduit par le bas lits mélangés et ressort par la partie Supérieure.

Il faut surveiller cette opération, car on risque de détruire les résines par éclatement, si cela s'avère nécessaire il faut minimiser le temps d'injection d'air. Cette opération dure 10 Mn.

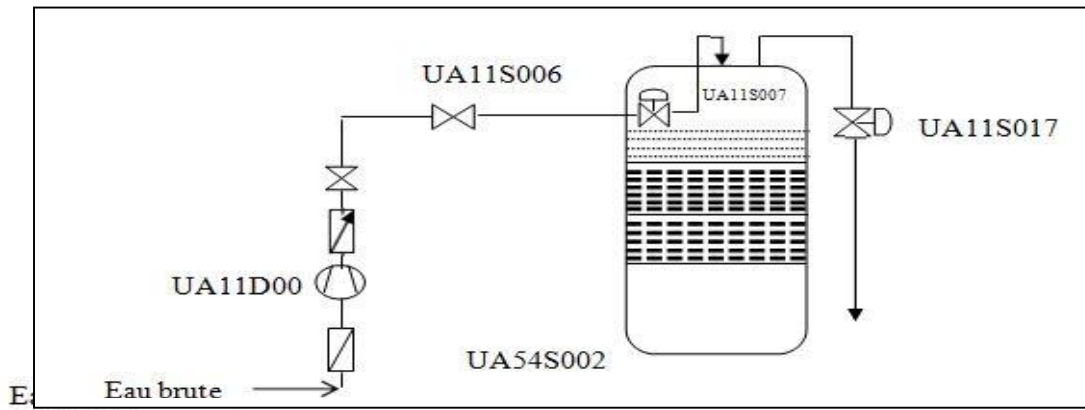


Lors de cette opération le volume à l'intérieur du filtre mélange augmente. Avec l'apport d'air pour reconstituer le mélange des résines.

8 ème Etape : Remplissage

Cette opération consiste à remplir l'espace vide du réservoir des lits mélangés jusqu'au ce que l'eau sorte par le point haut.

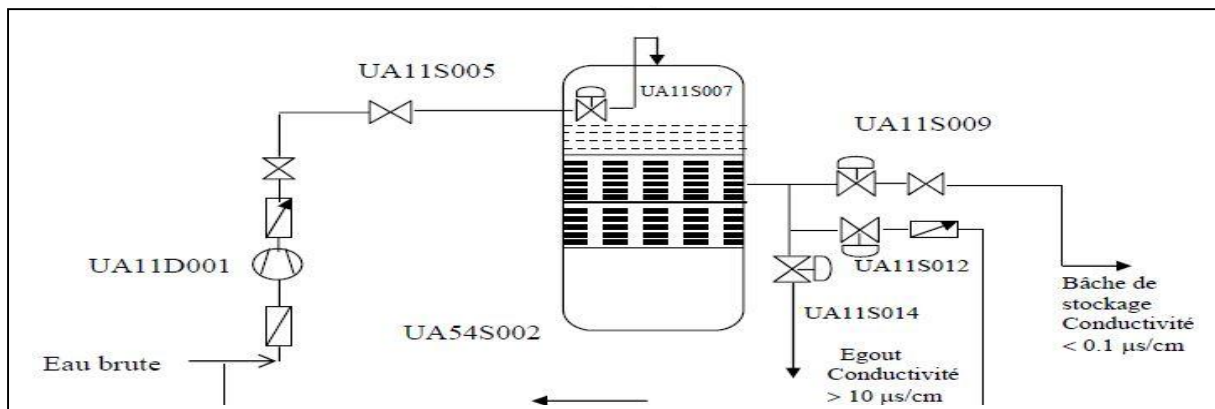
Cette opération dure pendant 5 mn.



9^{ème} Etape : Rodage

Cette opération consiste à effectuer une recirculation pour le lavage des résines.

Cette étape dure 120 mn.



- Si la conductivité est $> 10 \mu\text{S/cm}$ l'eau est dirigée vers l'égout.
- Si la conductivité est $< 10 \mu\text{S/cm}$ la recirculation est maintenue pendant 120 mn.
- Si la conductivité est $< 0.1 \mu\text{S/cm}$ l'eau déminée est dirigée vers les baches de stockage 1500 m^3 .

–Si après 120 mn la conductivité de $< 0.1 \mu\text{S/cm}$ n'est pas atteinte, une alarme apparaît, il est donc nécessaire de chercher les raisons, qui peuvent être dues à une mauvaise séparation des résines, ou un mauvais lavage donc présence de HCL et NAOH.

Il faut refaire le lavage par recirculation en mettant l'installation en service, la régénération s'arrête automatiquement, la recirculation peut durer plusieurs heures 3 à 5 avant d'obtenir une conductivité de $0.1 \mu\text{S/cm}$.

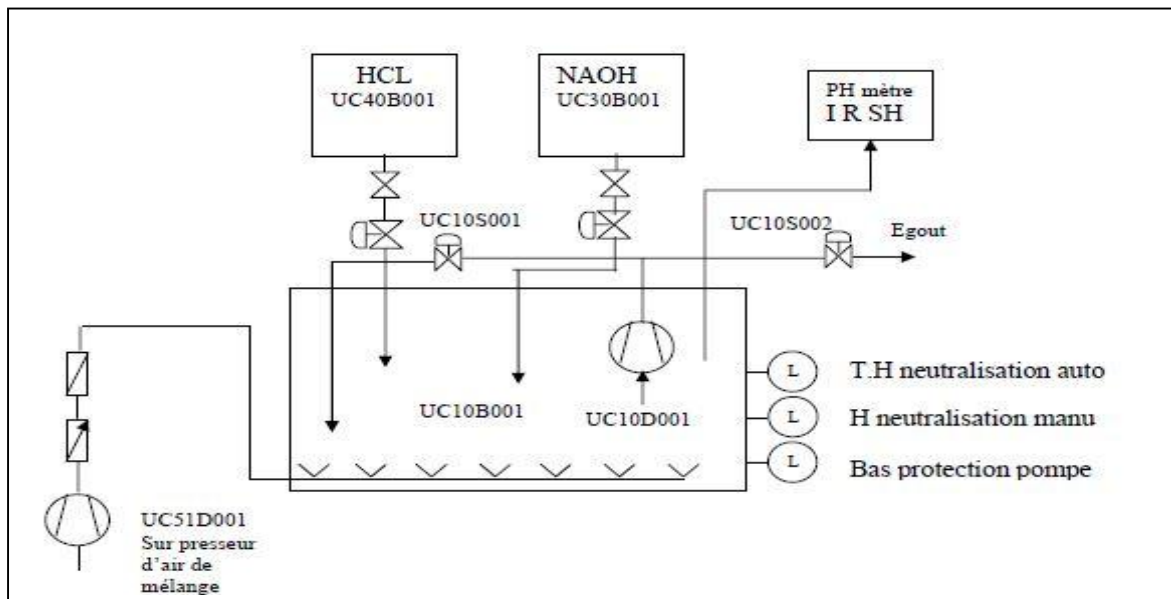
–Une fois la conductivité voulue est atteinte la commutation des soupapes recirculation-stockage se fait automatiquement et l'installation est en production normale. Même pendant la mise en service normale la recirculation s'ouvre par mesure de sécurité pour le contrôle de la conductivité.

10 ème Etape : neutralisation

La dixième étape consiste à effectuer une neutralisation des produits chimiques ayants servis à la régénération des lits mélangés tels que l'acide HCL et la soude caustique.

L'acide et la soude caustique, peuvent causer des dommages sur l'installation de rejet (détérioration des canalisations) ainsi que la pollution sur l'environnement. C'est pour cela lors du rejet le PH doit être de 7 à 8.

- Le capteur de niveau bas sert à la protection de la pompe de recirculation.
- Le capteur de niveau très haut donne une alarme en S,D.C et met la Neutralisation en service automatique.
- La pompe de recirculation reste pendant 20 min avant toute injection, afin d'avoir un mélange homogène, et une mesure de PH correct, , après 20 mn, si le PH est bas, il y a injection de NAOH s'il est supérieur à 7 Injection de HCL.
- Le capteur de niveau haut permet à l'opérateur de disposer la neutralisation en manuel.



II.5.2. Description du fonctionnement de procédé de régénération

Ce fonctionnement est décrit dans l'annexe A.

La station de déminéralisation est composée de deux filtre à lits mélangés : **UA11B001** et **UA12B001**, un filtre en service (assure 100% de production) et l'autre en réserve.

La pompe **UA11D001** aspire l'eau dessalée des réservoirs **00WJ40B001** et **00wj40b002**, puis la font passer dans le filtre à lits mélangés à travers la vanne régulatrice **UA11S007** (**UA12S007** pour le filtres **UA12B00A**), qui règle le niveau d'eau dans le filtre.

L'eau à déminéraliser s'écoule de haute en bas à travers les résines cationique et anionique, ensuite l'eau déminéralisée sera envoyée vers les deux réservoirs de stockage **34UD10001** et

12UD10B001 à travers la vanne **UA12S009** (la vanne **UA11S009** pour le filtre **UA11B001**).

Une fois les résines sont saturées par le Na^+ et Cl^- leur réactions, sont nulles et à la sortie des lits mélanges la conductivité est importante, et dépasse $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$, la vanne **UA11S007** (la vanne **UA12S007** pour le filtre **UA12B001**) se ferme donc il ya lieu au procédé de régénération. La régénération des résines s'effectue avec l'acide chlorhydrique (**HCL**) et la lessive de soude (**NaOH**)

L'acide chlorhydrique en 30% de concentration est stocké dans deux réservoirs :

UA41B001 et **UA42B001**, la quantité nécessaire pour la régénération, est transporté par des pompes d'injection (doseuses) **UA44D001** et **UA45D001** et diluée avec l'eau déminéralisée qui transportée par les pompes **UA24D001** et **UA25D001** afin d'avoir une solution de HCl de 5% de concentration, cette dernière passe à travers la couche des résines cationiques d'en bas vers le haut.

La lessive de soude (NaOH) en 30% de concentration est stockée dans le réservoir **UA33B001**, la quantité nécessaire pour la régénération est transportée par les pompes doseuses **UA34D001**, et **UA35D001**, et ensuite dilué avec l'eau déminéralisée pour avoir une solution de NaOH 5% de concentration qui passe à travers la couche des résines anioniques d'en haut vers le bas.

Les résines anioniques et cationiques séparées sont mêlées par l'air comprimé fournit par les soufflantes d'air **UA51D001**, **UA52D001**, la vanne **UA54S002** même que **UA11S017** est ouverte. (Les vannes **UA55S002** et **UA12S017** pour le filtre **UA12B001**). L'air fournit est introduit par le bas de filtre **UA11B001** et ressort par la partie supérieur.

L'espace vide dans le filtre est rempli par l'eau brute jusqu'à ce que l'eau sorte à la conduite d'évacuation, donc la pompe **UA11D001** (la pompe **UA12D001** pour le filtre **UA12B001**) est en service est les vannes **UA11S007** et **UA11S017**

(les pompes **UA12D007** et **UA12S017** pour le filtre **UA12B001**) sont ouvertes.

Pour permettre le lavage des résines, une recirculation d'eau brute est effectuée toute en mesurant la conductivité de l'eau sortant du filtre :

- Si la conductivité est $> 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ l'eau est dirigée vers l'égout.
- Si la conductivité est comprise entre $0.1-10 \mu\text{S}/\text{cm}$, les vannes **UA11S007** et **UA11S014** sont ouverte de même que la pompe pour l'eau brute est en service .une fois la conductivité est à **$10 \mu\text{S}/\text{cm}$** la vanne **UA11S014** se ferme et la vanne **UA11S012** s'ouvert et on rode jusqu'à une conductivité inférieure à $0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$, La recirculation dure 120 mn (Si après 120 mn la conductivité de $< 0.1 \mu\text{S}/\text{cm}$ n'est pas atteinte, une alarme apparaît).

Une fois la recirculation est achevé la régénération est fini le filtre passe en ordre de production

(filtre en service).

L'évacuation des eaux usées est soumise à une neutralisation des produits chimiques ayant servis à la régénération des lits mélanges tels que l'acide HCL et la soude caustique. Ces eaux seront rassemblées pour l'équilibrage de la concentration de PH dans le bassin de neutralisation **UC10B001**.

II.6. Commande et contrôle de la station de déminéralisation.

La station de déminéralisation comme toute installation, nécessite des moyens pour contrôler et piloter le procédé et les équipements afférents. L'ensemble de ces moyens constitue le « contrôle-commande » de l'installation, composé de plusieurs systèmes et de leurs matériels électriques et électroniques associés.

➤ **Le contrôle-commande :**

La conception générale du contrôle-commande et de ses équipements répond à des spécifications imposées par le procédé, la sûreté de la centrale et par les conditions d'exploitation.

Il est composé de :

- **capteurs** qui effectuent automatiquement des mesures - puissance, pression, température, niveau de remplissage, ...) et transforment les données physiques en signaux électriques,
- **automates de commande programmables** qui traitent ces signaux, et pilotent des actionneurs.
- **moyens de contrôle et de pilotage** qui sont à la disposition des opérateurs en salle de commande (pupitres de commande, alarmes), C'est dans ce local que sont centralisées les informations utiles à la conduite des installations et les moyens de commande à distance des différents organes.

La commande de l'installation est principalement effectuée par une armoire de commande dans la salle de commande, cette armoire est pourvue d'un schéma des connections de l'installation et d'une horloge programmatrice pour la commande automatique du procédé de régénération et de neutralisation.

La figure ci-dessous illustre l'armoire de commande.



Figure.7 : armoire de commande

Le schéma de connexion contient toutes les vannes et les pompes motorisées qui existe sur le site, des lampes de contrôle indiquant l'état de moteur marche ou s'il est en arrêt et si la vanne ouverte ou fermée.

Pendant le fonctionnement, il faut contrôler l'installation toutes les 2-3heures, pour pouvoir assurer le bon fonctionnement des filtres, les valeurs mesurées doivent être prélevé et effectuer selon des intervalles.

- le capteur de résines UA11Z001 (UA12Z001) doit être vérifié par une fois mois afin de contrôler sa pureté.
- Contrôle de toutes les pompes pendant leurs marches.
- Déférence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre.
- La vanne **UA53001** doit être ouverte tous les 3-4jours afin que l'eau condensée puisse s'écouler.

Pendant le fonctionnement de la station, le contrôle doit tenir en compte les valeurs suivantes :

- Conductivité **UA11(12) A001**
- Pression différentielle **UA11(12) P004**
- Débit **UA11(12) F001**
- Valeur de PH de l'eau usé neutralisée.
- Niveau du compteur **UA11(12) F002**
- Teneur en SiO_2 **UA11(12) A002**

Les valeurs prélevées doivent être enregistré dans un cahier de fonctionnement pour permettre le bon suivi lors de fonctionnement de l'installation.

II.7. Les instruments de mesure [1].

Dans des nombreux domaines de l'industrie les installations fonctionnent selon des procédés complexes, les lois et les règles de prévention des accidents de travail nécessitent le respect de nombreuses mesures de sécurité pour la construction et le fonctionnement de telles installations

afin de protéger l'homme et son environnement. A cet effet nous allons présenter les instruments de mesure utilisées dans l'installation ainsi que leur mode de fonctionnement.

Les appareils de mesure servent à mesurer les grandeurs électrique et donnent une possibilité de mettre une juste valeur pour chaque paramètre technique afin d'agir sur le procédé de production pour obtenir un produit de haute qualité conformément à certaines spécification dans les meilleures conditions de sécurité, de fiabilité et de rendement.

L'unité de déminéralisation est équipée de plusieurs appareils de contrôle, de transmission et de mesure tels que les capteurs de pression, et de débit (débitmètre), les capteurs de niveau, et de conductivité.

II.7.1. Désignation des appareils de mesure

Désignation	Fonction	Contact d'enclenchement
UA11(AL) P002 UA12(AL) P002	Indicateur de pression (pressure)	Alarmes pendant le manque de pression. AL : alarme niveau bas (Alarm low level)
UA11(AH) P004 UA12(AH) P004	Indicateur de pression (résistance du filtre)	Réglé à 0.07bars , en cas de dépassement, une alarme se produit. AH : Alarme niveau haut (Alarm high level)
UA11(I) P003 UA12(I) P003	Indicateur de pression	
UA11(I) F001 UA12(I) F001	Indicateur de débit d'eau brute. (F : Flow)	
UA11(F) F002 UA12(F) F002	Indicateur de débit	
WJ40 (SL, AL) L	Indicateur de niveau. L : niveau (level)	SL : verrouillage niveau bas. AL : Alarme niveau bas.
UA33(SH) L002 UA33 (SL, AL) L003	Indicateur de niveau.	SH : verrouillage niveau haut SL : verrouillage niveau bas AL : Alarme niveau bas

UD10 (SLL, ALL) L007	Indicateur de niveau.	SLL : verrouillage niveau très bas ALL : Alarme niveau très bas
UA11 (I, R, SH) A001 UA12 (I, R, SH, AH) A001	Indicateur de la conductivité	Réglé à 0.01 0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en cas de dépassement, une alarme se produit avec un verrouillage de vanne.

II.7.2. Les paramètres physiques [1].

II.7.2. 1. Capteur de pression

➤ Manomètre de WIKA à tube manométrique (DIN16006)

UA10 (I, SL, AL) P002 ; UA11 (I, AL) P002 ; A12 (I, AL) P002

❖ A.) Manomètres de sécurité (cloison rigide).

Un manomètre est dit de sécurité si sa construction correspond aux spécifications et condition d'essai de la norme **DIN 16006** << Appareils de mesure pour surpression à sécurité spéciale >>. Cette norme de sécurité est obligatoire pour les manomètres utilisés suivant le règlement de prévention des accidents de travail.

Les manomètres de WIKA servent à la mesures de pression dans la plage de pression positives ou négatives jusqu'à 1600 bar max, la pression de référence étant la pression atmosphérique. Ils conviennent pour tous les fluides liquides ou gazeux dans la mesure où ils ne présentent pas une viscosité élevée et ne sont pas cristallisables, ils peuvent être installés en plein air et dans une atmosphère agressive.

Les manomètres de WIKA (DIN16006) ont fait leurs preuves pour la mesure, la surveillance de pression et la télétransmission de signaux, les principales applications sont :

Chimie et pétrochimie, industrie des procédés, systèmes technologique, réacteurs et centrales électriques, technique de mesure et de régulation.

Pour des conditions de service particulièrement dures, les manomètres sont remplis de liquide afin d'améliorer la durée de vie et d'amortir les vibrations du système de mesure.

Pour les taches de régulation et de commande, les manomètres à cloison rigide wika sont équipés de contacts et de télé transmetteurs.

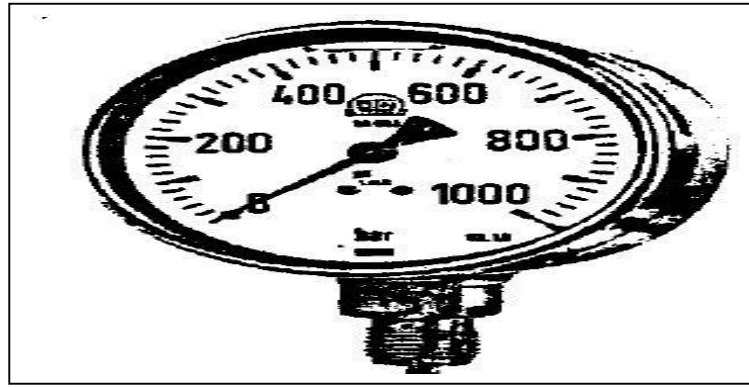


Figure.8 : Manomètre DIN16006 à cloison rigide

➤ **Principe de mesure**

Le déplacement de l'organe de mesure proportionnel à la pression à mesurer, est transmis par un mécanisme indicateur à une aiguille qui se déplace devant une graduation de 270°.

➤ **Manomètre wika à remplissage de liquide**

Les manomètres wika à remplissage liquide et à cloison rigide sont étanches et amortissent les pulsations arrivant au système de mesure provoquées par des changements brusques de pression, des pulsations et des vibrations, ceci permet une lecture précise de la valeur de pression. L'effet lubrifiant du liquide réduit l'usure des pièces mobiles, assurant ainsi une prolongation de la durée de vie des appareils.



Figure.9 : Manomètre wika à remplissage liquide

➤ **Particularités**

- ✓ Résistant aux vibrations et aux chocs.
- ✓ Exécution spécialement robuste
- ✓ Etendues de mesure allant jusqu'à 0 ... 1.000 bar.
- ✓ Constructions navales.

➤ **Propriétés métrologiques**

• Température admissible

- ✓ Ambiante : -20 ... +60 °C
- ✓ Fluide : +60 °C maximum

• Effet de la température

Erreur d'affichage en cas de divergence de la température normale de +20 °C sur l'organe moteur : max. $\pm 0,4\%$ / 10 K de l'étendue.

➤ Manomètre avec télé transmetteur électrique

Ces appareils transmettent les valeurs mesurées par des moyens mécaniques au point de mesures à des appareils récepteurs électriques appropriés, qui peuvent avoir les fonctions d'indication d'enregistrement ou de calcul, et se trouver à distance pratiquement illimités du télé transmetteur.

Le transmetteur électronique WIKA intégré au manomètre mécanique de qualité combine les avantages, de la transmission d'un signal électrique et d'un affichage mécanique local

La surveillance de l'exploitation moderne, offre un vaste domaine d'application pour les manomètres équipés de télé transmetteurs électriques.



Figure.10 : Manomètre avec télé transmetteur électrique

II.7.2. 2. Capteurs de débit(les débitmètres)

UA11(I) F001

UA12(I) F002

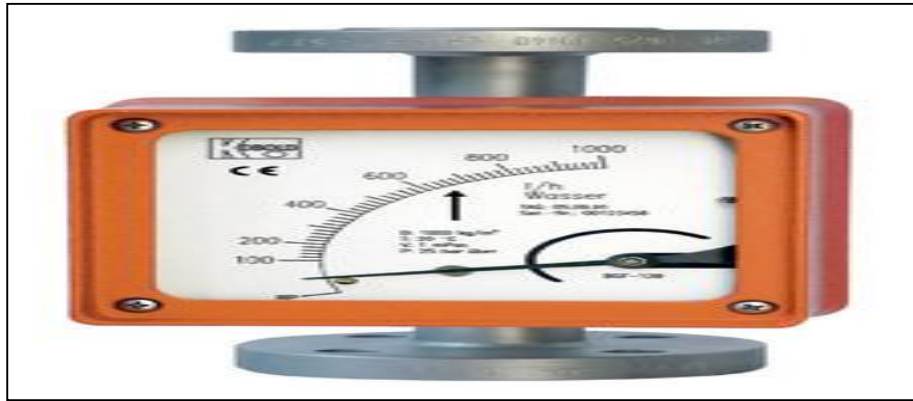


Figure.11 : débitmètre BGN

Les débitmètres BGN sont utilisable pour la mesure des débits des liquides et des gazes, il indique le débit réel en volume ou en masse par unité de temps.

➤ **Principe de mesure**

L'appareil fonctionne selon le principe du flotteur, dans lequel le cône d'écoulement se déplace en flottant librement sans friction. Les fluides coulent par le débitmètre à flotteur de bas en haut. Si la quantité de fluide est suffisante, le flotteur est élevé jusqu'à équilibrer entre puissance ascensionnelle "A" et le poids du flotteur "G_s".

La position en hauteur du flotteur est transformée dans une rotation de l'axe de l'aiguille indicatrice par un embrayage magnétique.

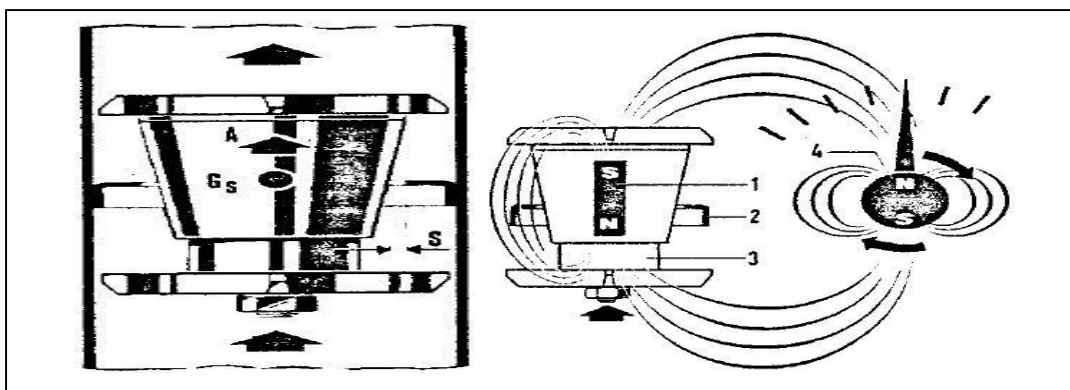


Figure.12 : schéma de principe de fonctionnement de débitmètre

➤ **Caractéristiques technique (standards)**

- Pression de service : Max 40bars
- Principe de mesure : débitmètre à flotteur avec transmission magnétique des valeurs mesurées

- Température de service : -50°C $+300^{\circ}\text{C}$
- Température ambiante : -40°C $+80^{\circ}\text{C}$
- Sens d'écoulement : de bas en haut
- Position de montage : verticale
- Longueur : 250 mm
- Matières :
 - BGN-120 : toutes les parties touchées par les fluides sont en acier inoxydable.
 - BGN-170 : toutes les parties touchées par les fluides sont en PTFE.

➤ **Avantages**

- ✓ Construction simple et robuste
- ✓ Aucun risque de blocage par impuretés
- ✓ Qualifié pour conditions de service extrême
- ✓ Echelle local bien visible
- ✓ Les éléments de mesure standards sont changeables

❖ **Le débitmètre UA13 (I, C) F001**

Transmetteur de mesure TELEPERMF, 7MF1102 à 7MF1104 pour pression différentielle et débit PN 40,100 et 500, technique quatre fils.

Le Transmetteur mesure la pression différentielle, le débit de gaz, vapeur et liquides corrosifs ou non. Les plages de mesure possibles se situent entre 4 et 2000 mbar (pression différentielle) ou 10 à 2000 mbar (débit).

Le signal de sortie est un courant continu de 0 à 20 mA ou 4 à 20 Ma proportionnel à la pression différentielle ou au débit.

➤ **Mode de fonctionnement :**

Le système de mesure rempli de liquide comprend deux membranes métalliques(3) soudées au corps de la cellule(2) et dont les centres sont reliés par tige d'accouplement au tube de flexion (ressort de mesure4)

La grandeur mesurée ΔP exerce sur le tube de flexion, une force dont le déplacement est proportionnel à la pression différentielle, la tige de commande (5) transmet ce déplacement à une prise capacitive(6) qui convertit la grandeur mesurée en une tension alternative analogique. La prise(6) alimentée par l'oscillateur 10 MHz(7) délivre une tension alternative proportionnelle à la grandeur d'entrée ΔP . Dans la partie électronique cette tension est amplifiée, (11) redressée en double alternance(10) et convertie en un courant continu contraint I_A dans le convertisseur tension courant(8).

Avec le transmetteur de débit, la racine carrée extraire en mont du convertisseur afin que le signal soit proportionnel à la racine carré de la pression différentielle, si le débit est inférieure à 5% le signal de sortie est commuté suivant l'exécution, sur 0 ou 4 mA.

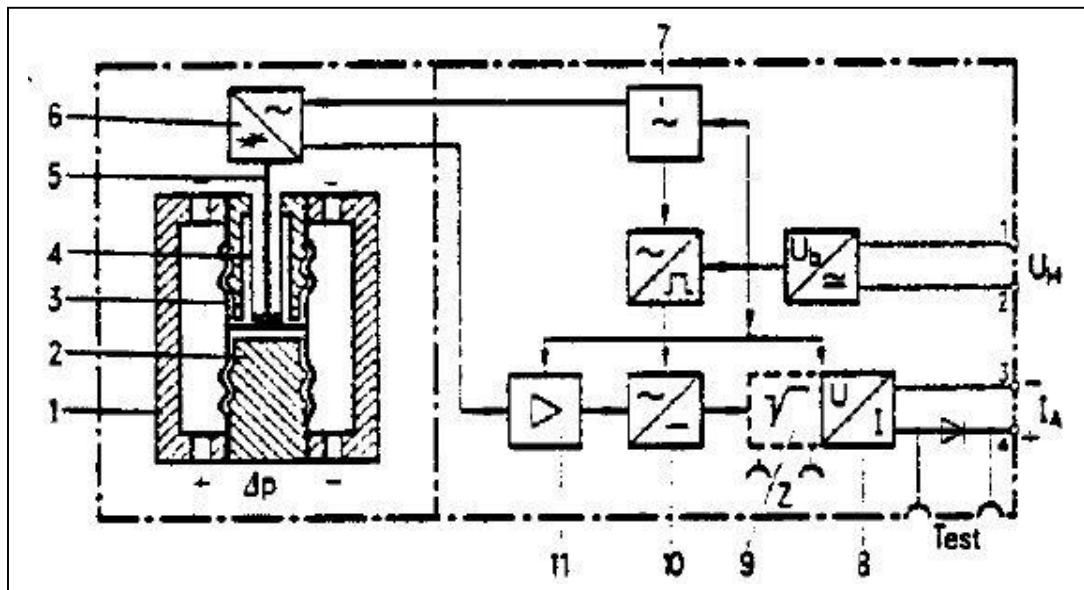


Figure.13 : Transmetteur de mesure TELEPERMF pour pression différentielle et débit.

I_A : signal de Sortie

Δp : Pression différentielle appliquée à l'entrée

U_b : Tension d'alimentation

U_H : Energie auxiliaire

Z : Signal intermédiaire proportionnel à Δp

1 : Fiasque

2 : Corps de cellule avec lit profilé

3 : Membranes métalliques

4 : Tube de flexion

5 : Tige de commande

6 : Prise capacitif

7 : Oscillateur 10khz

8 : Convertisseur tension- courant

9 : Extracteur de racine carrée
(pour mesure de débit)

10 : Redresseur à double alternance

11 : Amplificateur

II.7.2. 3. Capteurs de niveau :

UA33(SH) L002

UA41 (SH) L002

UA41 (SL, AL) L003

UA33 (SL, AL) L003

UA 42(SH) L002

UA30 (SL) L002

UA 30 (SL) L002

UA42 (SL, AL) L003

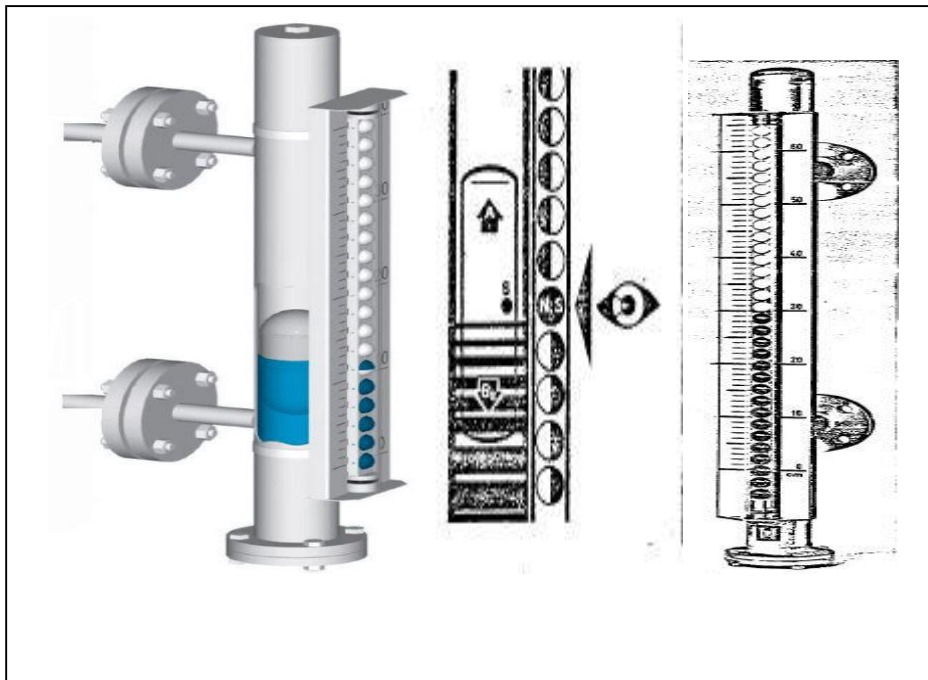
❖ **Contrôleur de niveau MBSK :**

Figure.14 : Contrôleur de niveau MBSK

Le type MBSK est qualifié pour le contrôle des fluides et des gazes liquides par l'application des matières spéciale. Le type MBSK est indicateur pour la mesure et le contrôle des niveaux dans des réservoirs ouverts ou fermés.

➤ **Principe de mesure :**

Le contrôleur **MBSK fonctionne** selon le principe du flotteur, avec transmission magnétique du niveau sur une grande échelle avec billes colorées. La quantité de liquide augmente dans le réservoir, le flotteur dans l'armature est levé jusqu'à l'équilibre entre la puissance ascensionnelle **A** et le poids du flotteur **G**.

La position en hauteur du flotteur est transformée dans une rotation des billes colorées par un embrayage magnétique, dépendant au niveau.

II.8. Électrovanne

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Elle permet le réglage des débits de fluides dans un système par un signal électrique.

Il existe deux types d'électrovannes :

Électrovannes tout ou rien : ils ont deux états possibles :

Entièrement ouvertes ou bien entièrement fermés.

L'état change suivant qu'elles soient alimentées électriquement ou non. Il existe deux sortes d'électrovannes tout ou rien :

Les électrovannes dites normalement ouvertes, qui sont entièrement ouvertes en l'absence d'alimentation électrique (absence de tension) et qui se ferment lorsqu'elles sont alimentées électriquement.

Les électrovannes dites normalement fermées, qui sont entièrement fermées en l'absence d'alimentation électrique et qui s'ouvrent lorsqu'elles sont alimentées.

Électrovannes proportionnelles : Les électrovannes proportionnelles peuvent être ouvertes avec plus ou moins d'amplitude. Selon les types de vannes l'ouverture peut être proportionnelle au courant électrique de l'alimentation, ou à la tension électrique de l'alimentation. Ce type d'électrovanne est généralement piloté par l'intermédiaire d'une commande.

II.9. Les pompes motorisées

Les pompes motorisées permettent de pomper de l'eau à un débit choisi, plus ou moins grand, en continu ou non. Ces pompes fonctionnant grâce à de l'essence, du diesel ou de l'électricité. Il s'agit d'un moyen de pompage fonctionnant sans intervention humaine continue et comprenant les trois parties principales suivantes :

- Un moteur qui fournit la puissance nécessaire au pompage.
- Un arbre de transmission qui transmet cette puissance à la pompe elle-même.
- Une pompe, partie hydraulique qui utilise cette puissance pour la transmettre à l'eau et la puiser.

II.9.1. Les pompes centrifuges

Les pompes centrifuges sont des turbopompes. Dans ce type de pompe, une roue (rotor) munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur. Les turbopompes et les pompes centrifuges sont distinguées suivant la forme de la roue.

La force motrice d'entraînement de l'arbre peut provenir d'un moteur thermique, d'un moteur électrique immergé ou émergé ou de toute autre force, comme une turbine sur un fleuve.

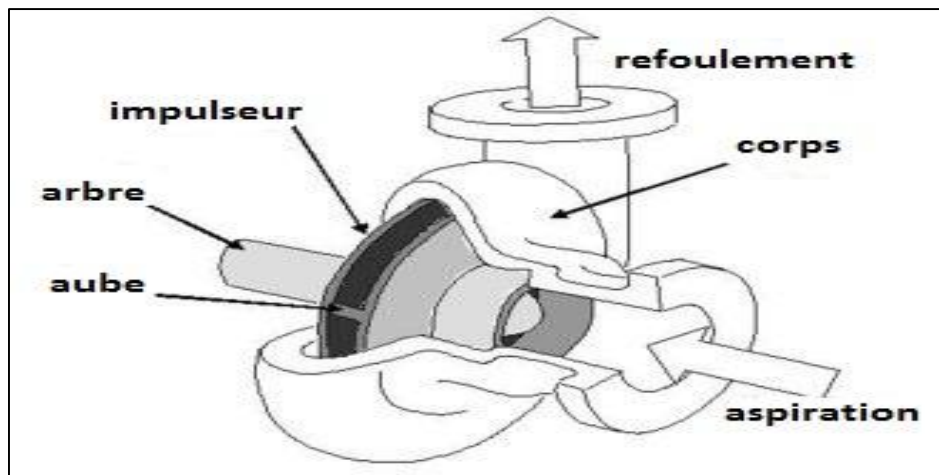


Figure.15 : Schéma d'une pompe motorisée centrifuge

II.10. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné une description de la station de déminéralisation ainsi que les aspects liés au déroulement de la régénération des filtres à lits mélangés, et nous avons présenté aussi les instruments de mesures utilisés (capteurs) ainsi que leurs principes de fonctionnement. Ce chapitre nous a servis à localiser ces instruments sur le terrain et étudier leur Protocole de communication et de transmission à fin d'adapter une solution programmable que nous proposons pour automatisé le procédé de régénération.

Dans le prochain chapitre, nous présentons l'automate programmable S7-300 ainsi que ces caractéristiques.

III.1.Introduction :

Dans un monde plein d'évaluation technologique où la compétitivité est l'objectif essentiel, l'automatisation devenue une nécessité dans le monde industriel. Dans nos travaux, l'utilisation de l'automate programmable industrielle à pour but principale d'automatiser les systèmes industrielle que ce soit pour améliorer le rendement de la production où pour faciliter l'usage des matériels utilisés et pour remédier les problèmes provoqués par l'ancienne technique utilisée.

L'automatisation par automate programmable consiste à simplifier la logique de l'automatisation, réaliser des fonctions complexe utiliser moins d'appareils de commande, modifier et améliorer le système juste en modifiant le programme.

Au cours de ce chapitre, nous allons présenter l'automate programmable ainsi que ces caractéristiques.

III.2. Description d'un système automatisé

Un système automatisé est un ensemble de moyens matériels et logiciels constituant la partie automatisation, le système automatisé se caractérise par sa capacité à s'adapter à son environnement et à être programmé par ses utilisateurs (portail automatique, système d'alarme, régulation de chauffage...). Pour cela, il dispose d'une chaîne d'informations (**partie commande**) qui commande une chaîne d'énergie (**partie opérative**) agissant pour obtenir l'effet attendu (mouvement, son, chaleur).

III.2. 1.Structure d'un système automatisé

Les systèmes automatisés utilisés dans le secteur industriel possèdent une structure de base identique, ils sont constitués de plusieurs parties qui sont reliées entre elles :

- **Partie contrôle** : Il est composé de pupitres de commande et signalisation qui s'agit d'un appareil de contrôle qui permet une intervention rapide sur la machine, il permet aussi à l'opérateur de commander le système (présélection de valeur de consigne, marche arrêt).
- **Partie commande** : elle reçoit les consignes de l'opérateur et les comptes rendus de la partie opérative. Elle adresse des ordres de fonctionnement à la partie opérative et des signaux à l'opérateur. Son programme gère les échanges d'informations.
- **Partie opérative** : elle reçoit les ordres de la partie commande. Elle adresse des Comptes rendu à la partie commande. Ses actionneurs exécutent les ordres reçus, ils Agissent sur le système et sur son environnement. Ses capteurs réagissent à l'état du Système

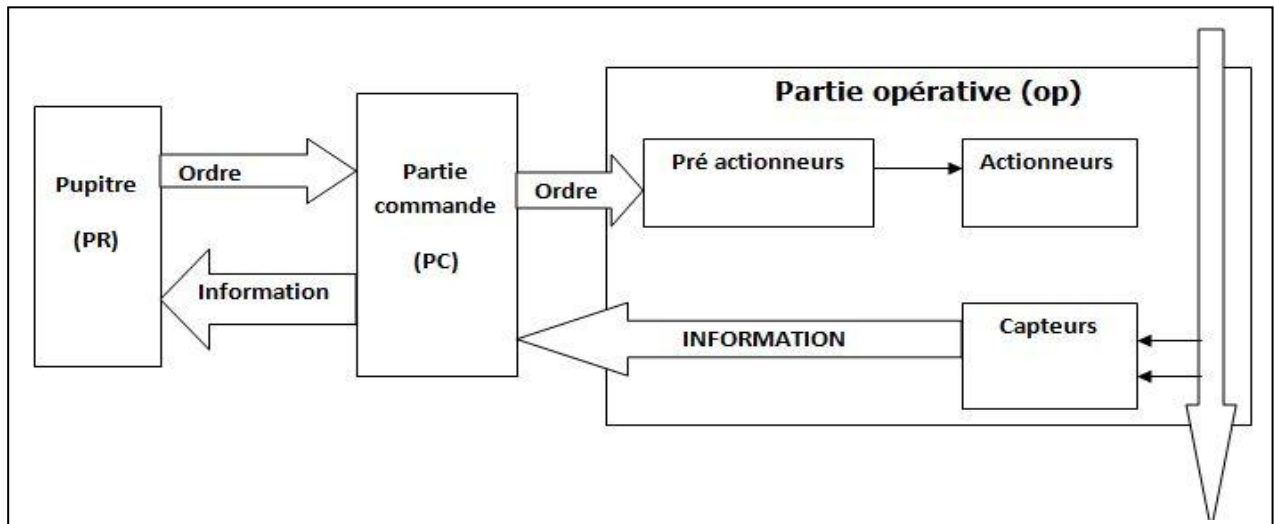


Figure.16 : Structure d'un système automatisé

❖ Les capteurs

Un capteur est un élément de la partie opérative capable de :

- Détecter un phénomène physique dans son environnement (présence ou déplacement d'un objet, chaleur, lumière...);
- Rendre compte de ce phénomène à la partie commande

Un capteur logique mesure un phénomène qui ne peut prendre que deux valeurs (Exemple : capteur de fin de course).

A l'inverse, un capteur analogique peut prendre un grand nombre de valeurs : il réagit de manière continue aux variations d'un phénomène physique (tension, température, luminosité ...). (Exemple : capteur crépusculaire mesure la variation de luminosité).

❖ Les actionneurs

Tous éléments (moteur, vérin, ampoule...) d'un système automatisé qui produisent effet attendu (mouvement, lumière, chaleur, son...).

III.3. Système de commande :

L'automaticien dispose de nombreux outils technologiques pour réaliser l'organe de commande de son système qui est classé habituellement en deux catégories :

III.3.1. La logique câblée :

Elle consiste à réaliser la loi de commande en interconnectant judicieusement des Opérateurs matériels (électriques, pneumatiques, hydrauliques) réalisant de fonctions logique de base.

❖ Inconvénients :

- Volume du contrôleur proportionnel à la complexité du problème
- Des modifications de la commande impliquent des modifications de câblage

❖ **Avantage :**

- Vitesse, car fonctionnement simultané des opérateurs

III.3.2. La logique programmée :

C'est la solution proposée de notre travail, cette technologie consiste à utiliser un seul d'opérateurs de base (automate programmable) permettant de réaliser n'importe quelle fonction logique donnée par combinaison de ces opérateurs de base.

❖ **Avantage :**

- Facilité de modification de la loi de contrôle il suffit de modifier le programme.
Simplification de la maintenance
- Exécution séquentielle des opérations
- Faible liaison entre le volume matériel et la complexité du problème (effet simplement sur les entrées / sorties et taille mémoire)

III.3. Automate programmable industriel API

III.3.1. Définition de l'automate programmable.

Un l'automate programmable (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien, il est destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés appelés encore partie opérative. On programme l'API pour effectuer des opérations cycliques qui reçoit des données par ces entrées, ensuite ces derniers sont traitées par un programme définis et les résultats obtenu sont délivrées par ses sorties pour commander le système.

➤ **Rôle d'un automate :**

Le rôle d'un automate est de réagir aux changements d'état de ses entrées en modifiant l'état de ses sorties selon une loi de contrôle déterminée.

III.4. Structure interne d'un automate programmable

III.4.1. Structure interne d'un API [6].

L'automate programmable est structuré autour de plusieurs éléments de base que sont l'unité de traitement, la mémoire, l'unité d'alimentation, et les interfaces d'entrées-sorties, l'interface de communication et le périphérique de programmation.

❖ **L'unité centrale de traitement (CPU, Central Processing Unit)**

Contient le microprocesseur. Le CPU interprète les signaux d'entrée et effectue les actions de commande conformément au programme stocké en mémoire, en communiquant aux sorties les décisions sous forme de signaux d'action.

Le CPU est constitué des éléments suivants :

- **L'unité arithmétique et logique (UAL)** : est responsable de la manipulation des données, ainsi que de l'exécution des opérations arithmétiques d'addition et de soustraction et des opérations logique (et, ou, non....).
- **La mémoire**, appelée registre, se trouve à l'intérieur du microprocesseur et sert à stocker les informations nécessaires à l'exécution d'un programme.
- **L'unité de commande** : est utilisée pour gérer le minutage des opérations
- ❖ **L'unité d'alimentation** : elle convertit une tension alternative en une basse tension (5v, 12v) nécessaire au processeur et aux modules d'entrées-sorties.

- ❖ **Le périphérique de programmation** : est utilisé pour entrer le programme dans la mémoire du processeur. Ce programme est développé sur le périphérique puis transféré dans la mémoire de l'API.

- ❖ **La mémoire** : contient le programme qui définit les actions de commande effectuées par le microprocesseur. Elle contient également les données qui proviennent des entrées en vue de leur traitement, ainsi que celles de sorties. La mémoire de l'API est composée de plusieurs éléments :
 - **La mémoire morte (ROM)** : du système représente un espace de stockage permanent pour le système d'exploitation et les données figées utilisées par le CPU.
 - **La mémoire vive (RAM)** : est utilisée pour les données c'est la que sont stockées, les informations sur les états des entrées et des sorties ainsi que les valeurs des temporisateurs des compteurs et d'autres dispositifs interne.
 - **Une mémoire morte reprogrammable (EPROM)** : est parfois employée pour stocker de manière permanente les programmes.
- ❖ **Les interfaces d'entrées-sorties** : permettent au processeur de recevoir et d'envoyer des informations aux dispositifs extérieurs.

Les dispositifs d'entrées-sorties peuvent être classés en trois catégories selon les signaux qu'ils produisent :

- **Les modules d'entrées tout ou rien (TOR)** : permettent de raccorder à l'automate les différents capteurs qui sont assimilés à l'état logiques 0 ou 1des interrupteurs, les fins de course, boutons poussoirs.

- **Les modules de sortie tout ou rien (TOR)** : permettent de raccorder à l'automate le différent pré actionneur tels que : les vannes, contacteurs, les électrovannes.
 - **Les dispositifs analogiques** : Ces dispositifs créent des signaux dont l'amplitude est proportionnelle à la grandeur de la variable surveillée, C'est le type d'information délivrée par un capteur (température, pression, débit, vitesse, la position). L'opération de conversion est assurée par des convertisseurs analogiques/numériques (CAN), et des convertisseurs numériques/ analogiques (CNA).
 - **Les dispositifs numériques** : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale, c'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.
- ❖ **L'interface de communication** : est utilisée pour recevoir et transmettre des données sur des réseaux de communication qui relit l'API. Elle est impliquée dans des opérations tels que l'acquisition de données la gestion de la connexion.

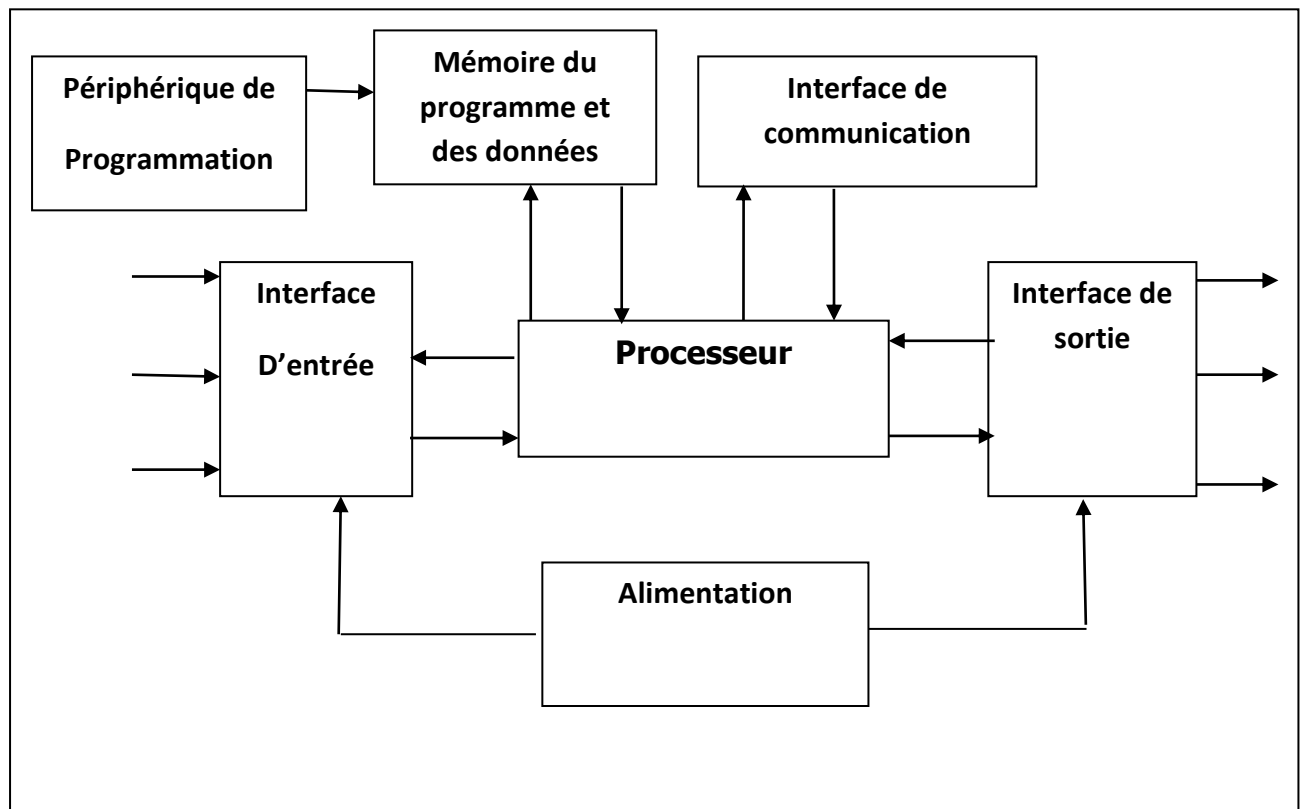


Figure.17 : Structure interne d'un API [6].

III.4.2. Structure externe d'un API

Les systèmes API sont principalement disponibles sous deux formes : en version modulaire (rack) et en version boîtier unique (compacte).

Dans les API compacts, tous ses composants (CPU, modules d'entrées et sortie...), sont intégrés dans un seul boîtier.



Figure.18 : API compacts (non modulaire)

Dans les API modulaires, chaque élément est indépendant de l'autre (CPU, modules d'entrées et sorties, alimentation), ils sont montés sur un rack et reliés entre eux via un bus.



Figure.19 : API modulaire

III.5. Choix d'un Automate programmable industriel

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les expériences vécues sont déjà un point de départ, pour ce qui est de ce travail nous avons opté pour un automate siemens SIMATIC S7-300.

Les critères de choix essentiels d'un automate programmables industriels sont :

- Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus).
- Le nombre et la nature des entrées/sorties (analogique, numérique).

- Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.
- Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées.

La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

III.6. Présentation de l'automate S7-300

L'automate programmable S7-300 de Siemens, fabriqué par la famille SIMATIC est une plate-forme d'automatisation universelle pour des applications avec des architectures centralisées et décentralisées, orientée sécurité, il est de type modulaire et il est configurable selon les besoins des utilisateurs, il offre des performances élevées pour les installations et les machines.

Le S7-300 offre une gamme échelonnée de 24 CPU, des CPUs standard parmi lesquelles la première CPU avec interface Ethernet/PROFIBUS intégrée.

Le S7-300 offre également une très large palette de modules d'E/S TOR et analogiques. L'automate programmable SIMATIC S7-300 est principalement constitué des modules suivants :

- _ Module d'alimentation (PS) avec un courant de 2A, 5A, ou 10
- _ Unité centrale (CPU314).
- _ Modules Coupleur IM pour configurer un automate sur plusieurs profil-support (pour autre rack).
- _ Module de fonctionnement (FM) pour réaliser des tâches spéciales.
- _ Processeur de communication (CP) pour la connexion en réseau.



Figure.20 : l'automate s7-300

III.6.1 Caractéristique de l'API S7-300

L'automate programmable s7-300 offre les caractéristiques suivantes :

- Une construction compacte et modulaire, libre de contraintes de configuration.
- Gamme diversifiée de CPU
- Différent types de modules permettant de réaliser des tâches d'automatisation plus efficaces.
- Possibilité d'extension jusqu'à 32 modules
- Possibilité de mise en réseau avec **MPI, PROFIBUS, INDUSTRIAL ETHERNET**.
- Liberté de montage aux différents emplacements

III.6.2. Constitution de l'automate s7-300 [7].

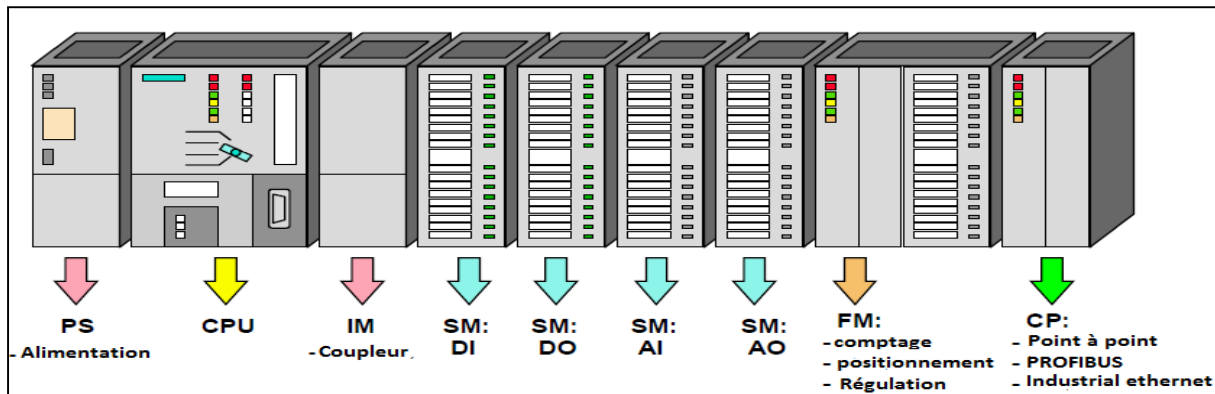


Figure.21 : Les différents composants de l'automate s7-300

III.6.2.1. Module d'alimentation

Le module PS assure l'alimentation de l'automate en convertissant la tension de secteur 120 / 230 V en 24 Vcc. Il permet aussi d'alimenter les circuits internes de l'automate de même que l'alimentation des circuits de capteurs et d'actionneurs (les circuits qui dépassent 24 volts, sont fournies pas des alimentations ou transformateurs supplémentaires), avec un courant de sortie assignée de (2A, 5A, 10A). La face avant de module comporte :

- _ Un témoin pour tension de sorte (une LED signale la présence de la tension 24 Vcc).
- _ Un interrupteur marche/ arrêt pour 24Vcc.
- _ Un sélecteur de tension de secteur

III.6.2.2. Module unité centrale (CPU)

Le CPU interprète les signaux d'entrée et effectue les actions de commande, conformément au programme stocké en mémoire, et alimente les bus internes en 5v. L'utilisateur peut choisir une des différentes gammes de CPU offerte par le constructeur selon les performances désirées.

Le CPU permet le pré réglage du comportement au démarrage et le diagnostic de défaut par les LED (Fig. 22).

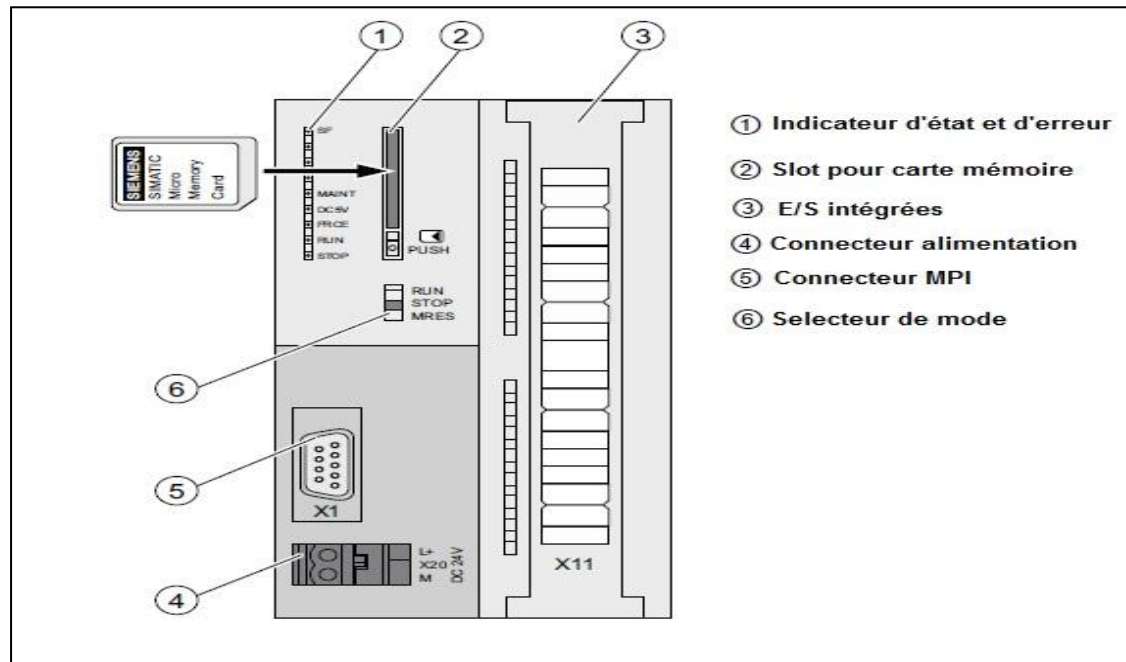


Figure.22 : présentation du CPU

Le CPU est constitué principalement de :

➤ **Connecteur Multipoint (MPI) :**

Ce système de bus a été principalement développé comme interface programmable. MPI sert toutefois à la communication avec les composants mis en place pour Servir et Visualiser ainsi que pour la communication homogène entre les automates avec une vitesse de transmission de 187,7 k bit/s.

➤ **Sélecteur de mode**

Le sélecteur de mode de fonctionnement permet de changer le mode de fonctionnement, chaque position de sélecteur de mode autorise certaines fonction à la console de programmation, Les mode de fonctionnement suivants sont possibles :

- **MRES** = Effacement général (module reset).
- **RUN** = Le programme est exécuté : accès en lecture seule avec une PG.
- **RUN-P=** Le programme est exécuté : accès en lecture et en écriture avec une PG.
- **STOP** = Arrêt : le programme n'est pas exécuté.

➤ **Signalisation d'états (LED)**

- **SF** = Signalisation groupée des défauts : défaut interne de la CPU ou d'un module avec fonction de diagnostic.
- **BATF** = Défaut de pile : pile à plat ou absente.

- **DC5V** = Signalisation de la tension d'alimentation interne 5 V.
- **FRCE** = Forçage : signalisation indiquant qu'une entrée ou une sortie au moins est forcée.

Désignation LED	Couleur	Signification
SF	rouge	Erreur matérielle ou logicielle
MAINT	Jaune	Demande de maintenance
DC5V	vert	Alimentation CPU et bus automate OK
FRCE	Jaune	LED allumée: mode forçage activé. LED clignote à 2 Hz: fonction de test
RUN	Vert	Allumage continu en mode Run. La LED clignote pendant le démarrage à une fréquence de 2 Hz, et en mode d'arrêt à 0,5 Hz
STOP	Jaune	Allumage continu en mode Stop. La LED clignote à une fréquence de 0,5 Hz lorsque l'utilisateur demande un reset ou effacement de la carte mémoire et à 2 Hz pendant le Reset ou l'effacement de la

➤ La carte mémoire

Une carte mémoire peut être montée sur le CPU, elle mémorise le contenu du programme en cas de coupure de courant, même en l'absence de pile.

➤ La pile

Elle permet de sauvegarder le contenu de la RAM en cas de coupure de courant.

III.6.2.3. Module de coupleur (IM)

Les coupleurs permettent de configurer l'automate sur plusieurs rangées, et assure la liaison entre les châssis et le couplage entre différentes unités, par exemple si l'utilisateur de S7-300 a besoin de plus de huit (8) modules de signaux de communication pour réaliser une application d'automatisation, il est possible de faire une extension de la configuration du S7-300 en utilisant un châssis. Chaque châssis peut recevoir huit modules.

Il existe deux types de coupleurs :

- **IM 365** : Pour une configuration avec un châssis de base et au max 1 châssis d'extension.
- **IM360/361** Pour une configuration avec un châssis base et au max 3 châssis d'extension.

III.6.2.4. châssis d'extension

Les châssis constituent l'élément mécanique de l'API S7-300, il permet le montage et le raccordement électrique de divers modules tels que : les modules d'entrées/sorties et d'alimentation.

III.6.2.5. Modules d'entrées/ sorties SM

L'unité d'entrées / sortie apporte l'interface entre le système et le monde extérieur (capteurs et les actionneurs), au travers de canaux d'entrées-sorties, elle permet d'établir des connexions avec des dispositifs d'entrée, comme des capteurs et des dispositifs de sortie comme des moteurs.

III.6.2.6. Modules de fonctions (FM)

Ce module réduit la charge de traitement de la CPU en assurant des tâches en calcul, comme il assure aussi les fonctions suivantes :

- ✓ Comptage
- ✓ Positionnement
- ✓ Régulation

III.6.2.7. Les modules de communication (CP)

Ils sont destinés aux tâches de communication, ils permettent d'établir des liaisons homme-machine et aussi des liaisons avec d'autres automates SIMATIC S7 ou des automates d'autres constructeurs à l'aide des interfaces de communication :

- Point à point
- Profibus
- Industriel Ethernet.

III.6.2.8. La console de programmation PG

Les consoles de programmation SIMATIC sont des outils pour la saisie. Le traitement et l'archivage des données, ainsi que la supervision du programme, avec l'atelier logiciel SIMATIC, l'utilisateur dispose d'une gamme d'outil complète pour chaque tâche d'automatisation.

III.7. Adressage des modules

La déclaration d'une entrée ou sortie donnée à l'intérieur d'un programme s'appelle l'adressage. Les entrées et sorties des automates sont la plupart du temps regroupées en groupes de huit entrées ou sorties numériques. Cette unité de huit entrées ou sorties est appelée un octet. Chaque groupe reçoit un numéro que l'on appelle l'adresse d'octet. Afin de permettre l'adressage d'une entrée ou sortie à l'intérieur d'un octet, chaque octet est divisé en huit bits. Ces derniers sont numérotés de 0 à 7. On obtient ainsi l'adresse du bit. L'automate programmable représenté ici a les octets d'entrée 0 et 1 ainsi que les octets de sortie 4 et 5.

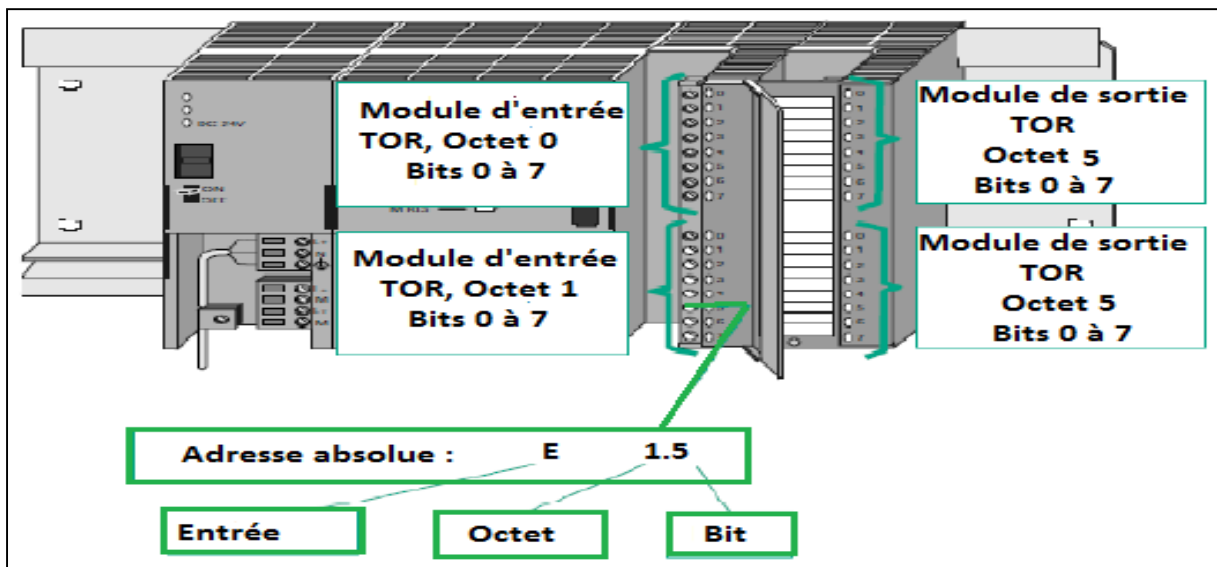


Figure.23 : adressage des modules d'automate

Pour adresser par exemple la cinquième entrée à partir du haut, il faut entrer l'adresse suivante :

E 0.4 (E désigne le type de l'adresse : Entrée, 0 l'adresse de l'octet et 4 l'adresse du bit), l'adresse du bit et l'adresse de l'Octet sont toujours séparées par un point.

L'adresse du bit de la cinquième entrée est un 4 car la numérotation commence à zéro. Pour adresser par exemple la dernière sortie, il faut entrer l'adresse suivante :

A 5.7 (A désigne le type de l'adresse : Sortie, 5 l'adresse de l'octet et 7 l'adresse de bit).

III.9. Raisons de choix du SIEMENS S7-300

Les principales raisons qui ont influées dans le choix de cet automate sont :

- Le nombre restreint des paramètres d'entrées et sorties logiques
- Le personnel technique de la centrale est qualifié dans l'utilisation des automates SIEMENS S7-300.
- La performance des caractéristiques techniques de l'automate SIEMENS S7-300
- Le S7-300 dispose d'une gamme de modules complets pour une adaptation optimale aux tâches les plus diverses.

III.8. Conclusion

L'automate S7-300 est un bon produit, facile à programmer, à connecter, adapté aux conditions industrielles. Le choix d'un API est lié à l'environnement. Plus ce dernier est perturbé, plus les exigences en termes de sûreté de fonctionnement sont grandes, plus l'API s'impose face à des solutions concurrentes.

Comme nous avons constaté une implantation réussie d'un automate programmable nécessite une bonne analyse du problème à résoudre ainsi que le respect des règles d'installation.

IV.1. Introduction :

Le programme est l'ensemble ordonné des instructions à exécuter pour réaliser le fonctionnement recherché.

Ce programme, est rangé dans la zone de la mémoire prévue à cet effet et appelée mémoire de programme. L'écriture du programme se fait en trois étapes :

- Analyse du problème.
- Rédaction du programme (programmation).
- Introduction du programme dans la mémoire de programme.

La gamme d'automates Siemens a un logiciel de programmation qu'on appelle Step 7.

Step 7 permet l'accès aux automates Siemens, il permet de programmer individuellement un automate(en différents langages). Il prend également en compte le réseau des automates, ce qui permet d'accéder à tout automate du réseau (pour le programme).

Pour piloter le procédé de régénération, nous allons réaliser un programme que nous allons implanter dans l'automate grâce au logiciel de conception de programmes de systèmes d'automatisation *SIMATIC STEP7*.

Dans ce chapitre, nous allons présenter le logiciel *STEP7* et nous allons décrire l'implantation du programme d'automatisation qui comprend un bloc d'organisation **OB1**, suivi de l'exécution de programme à l'aide de *PLCSIM*.

IV.2 Description du logiciel STEP 7

STEP7 est le logiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation *SIMATIC S300* et *S400*. Il fait partie de l'industrie logicielle *SIMATIC*. Le Step7 s'exécute sous environnement Windows à partir d'une console de programmation ou d'un PC.

Step 7 offre les fonctions suivantes pour l'automatisation d'une installation :

- La création et la gestion de projets.
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- La gestion des mnémoniques.
- La création de programmes.
- Le chargement de programme dans le système ciblé
- Le teste de l'installation d'automatisation

IV.3. Langage de programmation

Le logiciel Siemens S7 permet une programmation multi langage, c'est-à-dire qu'il peut être programmé dans plusieurs langages différents, qui peuvent être même mélangés dans un même programme :



- Liste d'instructions ou Instruction List (IL)
- Langage à contacts ou Ladder diagramm (CONT)
- Logigramme ou Functional Block (LOG)

a).Le langage à contact ou Ladder

Le langage à contacte est adapté à la programmation de traitements logiques, il utilise le schéma développé.

Nous retrouvons :

- La fonction ET en utilisant des contacts en série
- La fonction OU en utilisant des contacts en parallèle

Graphes	Désignation	Fonction	Schéma à contact
-- --	Contact à fermeture	contact passant quand il est actionné	
-- / --	Contact à ouverture (ou si l'entrée est inversée)	Contact passant quand il est n'es pas actionné	
--()--	bobine directe	La sortie prend la valeur du résultat logique	
--(/)--	Bobine inverse	La sortie prend la valeur inverse du résultat logique	

Une programmation en « Ladder Diagram » est constituée de plusieurs réseaux. Comme le montre la figure ci-dessous, chaque réseau possède une ligne d'alimentation à gauche, une ligne d'alimentation à droite et des branches reliant les entrées situées à gauche et les sorties situées à droite

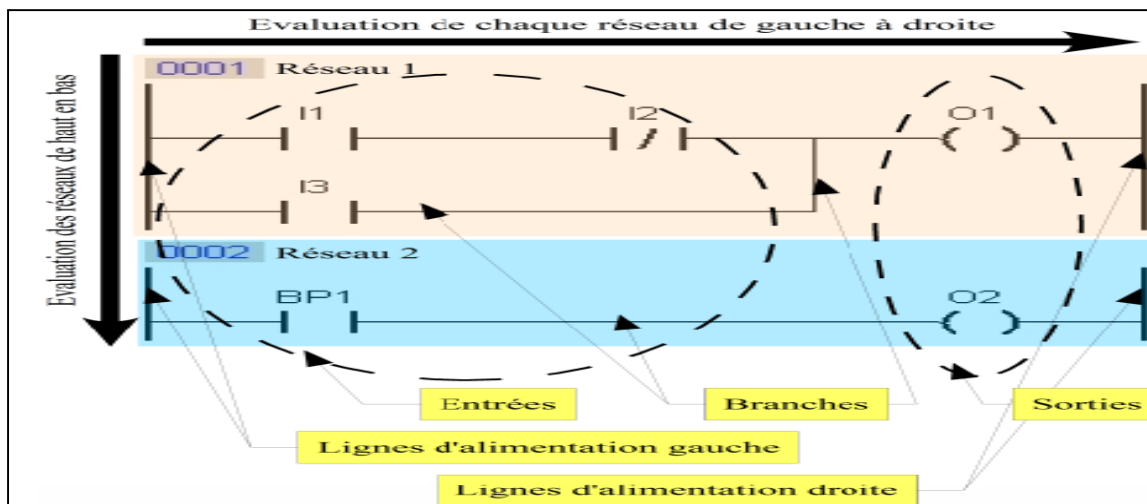


Figure IV.1 : schéma à contact

b). Le langage logigramme (LOG)

C'est un langage de programmation qui utilise les boites logiques de l'algèbre de Boole, pour représenter les opérations logiques.

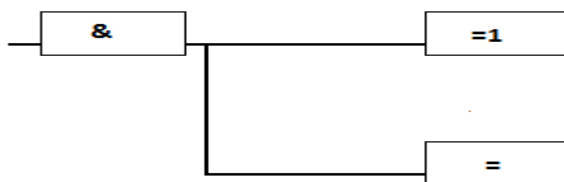


Schéma logique (LOG)

c). Le langage liste d'instruction

C'est langage en liste d'instruction textuel permettant une programmation la plus proche possible du langage de la machine, C'est le langage le plus efficace quant à l'utilisation de la mémoire de l'automate et la réduction de la durée du temps de cycle. Les programmes d'automatisation programmés en CONT ou LOG sont en principe toujours traduisibles en LIST.

U E1.0

U E1.1

U M3.0

U M3.1

= M3.2

= M3.3

IV.4. Principe de la programmation en S7

La programmation peut être linéaire ou structurée en fonction de la nature de la tâche d'automatisation :

IV.4.1. Programmation linéaire

Utilisée pour la résolution des tâches d'automatisation simple, le programme est écrit entièrement dans le bloc organisation (OB1), toutes les instructions sont contenues dans un seul bloc (OB1).

IV.4.2. Programmation structurée

Utilisée pour la résolution des tâches complexe, Les fonctions réutilisables sont programmées dans différents blocs. L'OB 1 appelle ces blocs et transmet les données utiles à l'exécution du programme. Pour permettre une programmation structurée confortable, il faut prévoir plusieurs types de modules : les modules d'organisation (OB), de programmes (FB), fonctionnels (FC) [4].

IV.5. Les blocs de programmation [7].

STEP7 met à disposition différents types de blocs qui contiennent le programme et les données correspondantes. Selon les exigences et la complexité du processus, il est possible de structurer le programme en différents blocs : OB, FB et FC.

STEP 7 propose différents types de blocs utilisateurs pour la programmation structurée :

a.) Bloc de code

Il existe les blocs de code suivants :

a.1.) Les blocs d'organisation (OB)

Les OB sont programmables par l'utilisateur, ce qui permet de déterminer le comportement de la CPU. Ils constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur.

Les OB sont traités cycliquement par le système,

Pour que le traitement du programme démarre, le projet doit posséder au moins un OB cyclique (par exemple l'OB 1).

a.2.) Blocs fonctionnels (FB)

Les modules fonctionnels (FB) sont librement paramétrables spécialement conçus pour la programmation de fonctions complexes, il permet de transmettre des paramètres dans le programme utilisateur, il contient un programme qui exécute quand ce bloc est appelé par

autre bloc de code. S'il faut commander par exemple une cinquantaine de vannes à l'aide d'un automate, on ne programmera qu'une fois ce programme de commande et de surveillance de vannes avec des paramètres symboliques dans un module fonctionnel. Ensuite, on appellera 50 fois ce module

Dans le programme principal. Ces blocs de code mémorisent durablement leurs paramètres d'entrée, de sortie et d'entrée/sortie dans des blocs de données d'instance.

a.3.) bloc de donnée d'instance (SDB)

Un SDB d'instance mémorise les paramètres et les données de blocs fonctionnels.

a.4.) Fonction (FC)

La FC contient des routines pour les fonctions fréquemment utilisées. Elle est sans mémoire et sauvegarde ses variables temporaires dans la pile de données locales. Cependant elle peut faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de ses données. D'autres bloc peuvent être appelés à l'intérieur de bloc FC (grâce à la commande Call/ UC/ CC).

b) Bloc des données

Il constitue les blocs suivants :

b.1) Blocs des données (DB)

Les modules de données (DB) servent uniquement à stocker des informations et des données, ils contiennent des données variables, textes, valeurs de

Temporisations ou de comptage, résultats de calculs, etc. et sont accessibles à tout moment.

Les blocs de données ne contiennent aucune instruction.

b.2) Bloc de données système (SDB)

C'est zone de mémoire dans la CPU contenant des paramètres de blocs.

IV.6. Types de variables

Les différents types de variables qui sont utilisés dans la programmation de l'API :

Sont :

- Entrées (E)
- Sorties (A)
- Mémentos (Flag) (M)
- Temporisations (T)
- Compteurs (Z)

➤ Les Mémentos

Les mémentos sont des éléments constituant de la mémoire de CPU qui mémorisent des résultats. Ils sont considérés comme des éléments électroniques servant à mémoriser les états logiques <<0>> ou <<1>>.

➤ Les temporisations

Il existe plusieurs types de temporisations :

- **Temporisation sous forme d'impulsion (SI) :** La valeur logique de cette temporisation passe à 1 durant le temps de la temporisation et retombe ensuite à 0 lorsque celle-ci est terminée.
- **Temporisation sous forme de retard à la montée mémorisé (SS) :** La valeur logique de cette temporisation reste à 0 pendant que la temporisation s'écoule. Elle monte ensuite à 1 lorsque le temps est écoulé.
- **Temporisation sous forme d'impulsion prolongée (SV) :** La valeur logique de cette temporisation passe à 1 durant le temps de la temporisation et retombe ensuite à 0 lorsque celle-ci est terminée.
- **Temporisation sous forme de retard à la montée (SE) :** La valeur logique de cette temporisation reste à 0 pendant que la temporisation s'écoule. Elle monte ensuite à 1 lorsque le temps est écoulé.
- **Temporisation sous forme de retard à la retombée (SA) :** La valeur logique de cette temporisation passe à 1 durant le temps de la temporisation et retombe ensuite à 0 lorsque celle-ci est terminée.

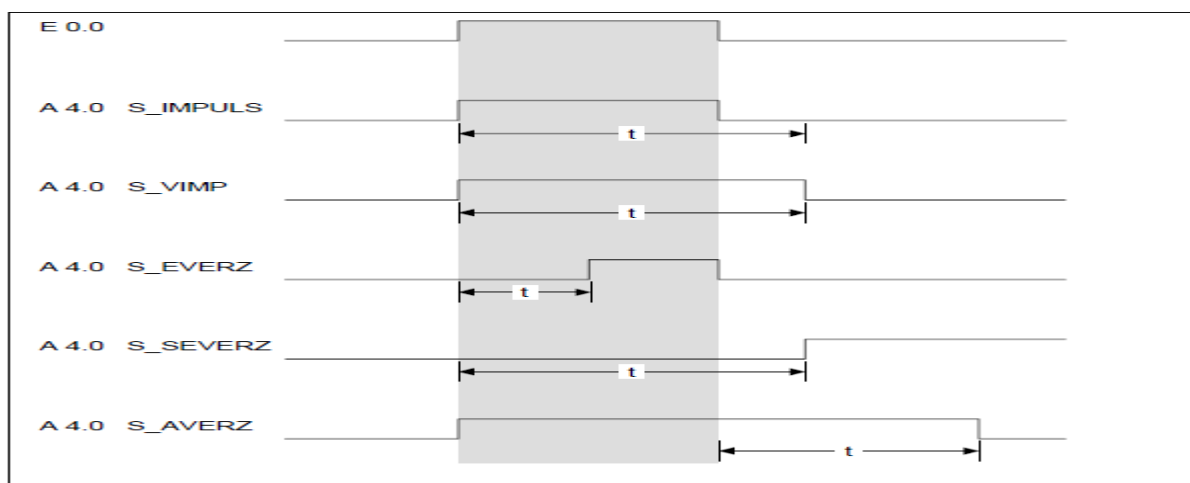


Figure IV.2 différents types de temporisations

IV.7. Création 'un projet STEP7

SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation.

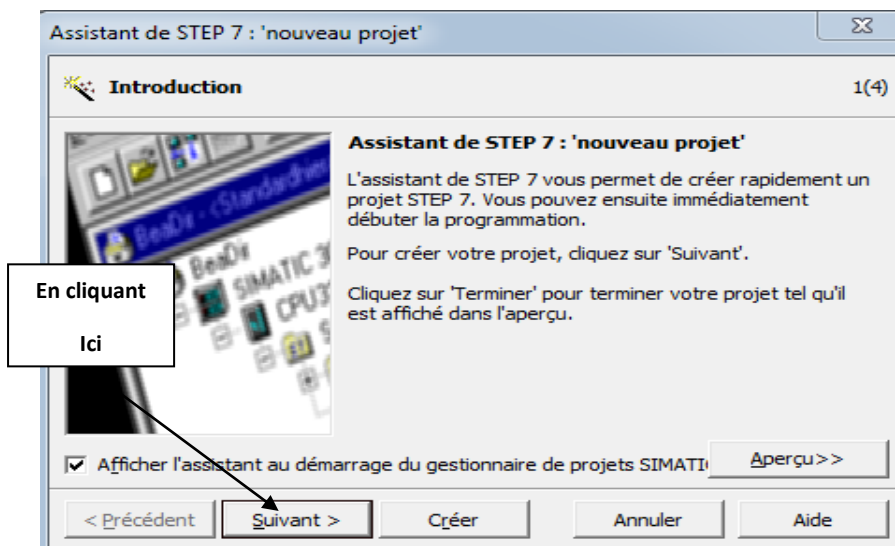
Ce gestionnaire de projets présente le programme principal du logiciel *STEP7* il gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation.

Les procédures qui vous nous permettre la création du projet sont comme suit :

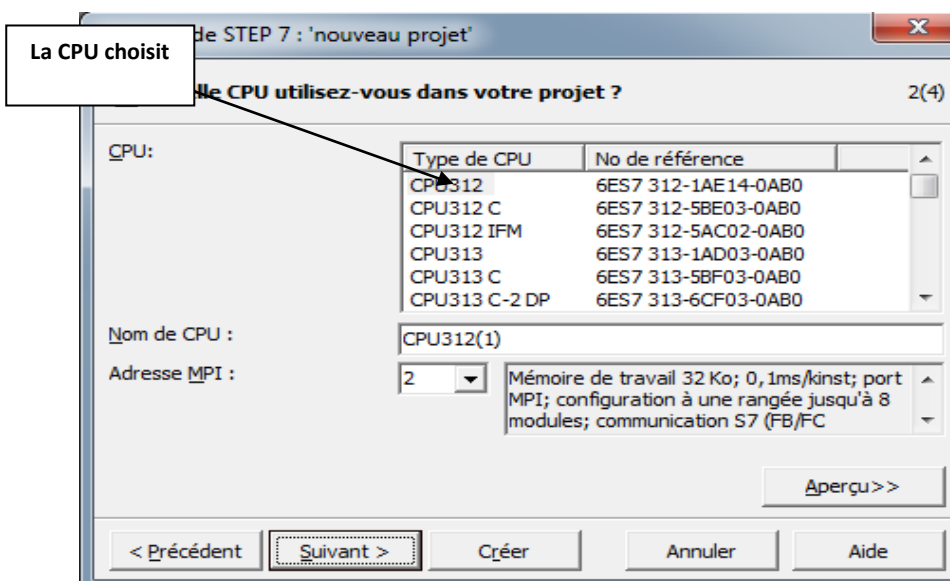
- 1- Lancer *SIMATIC Manger* par un double click sur son icone :



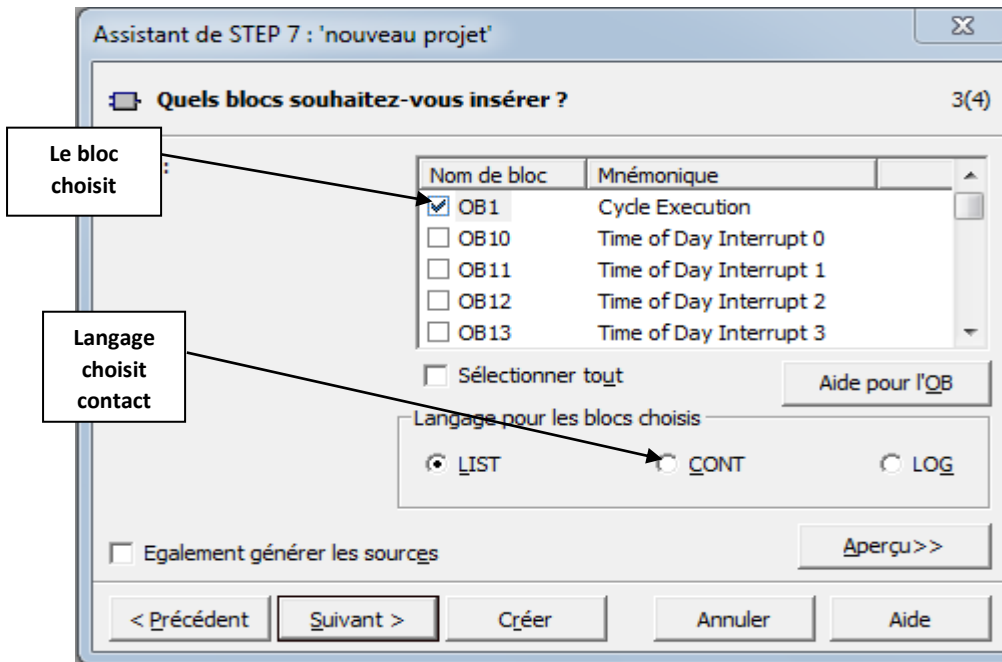
- 2- Fenêtre suivante permet la création projet :



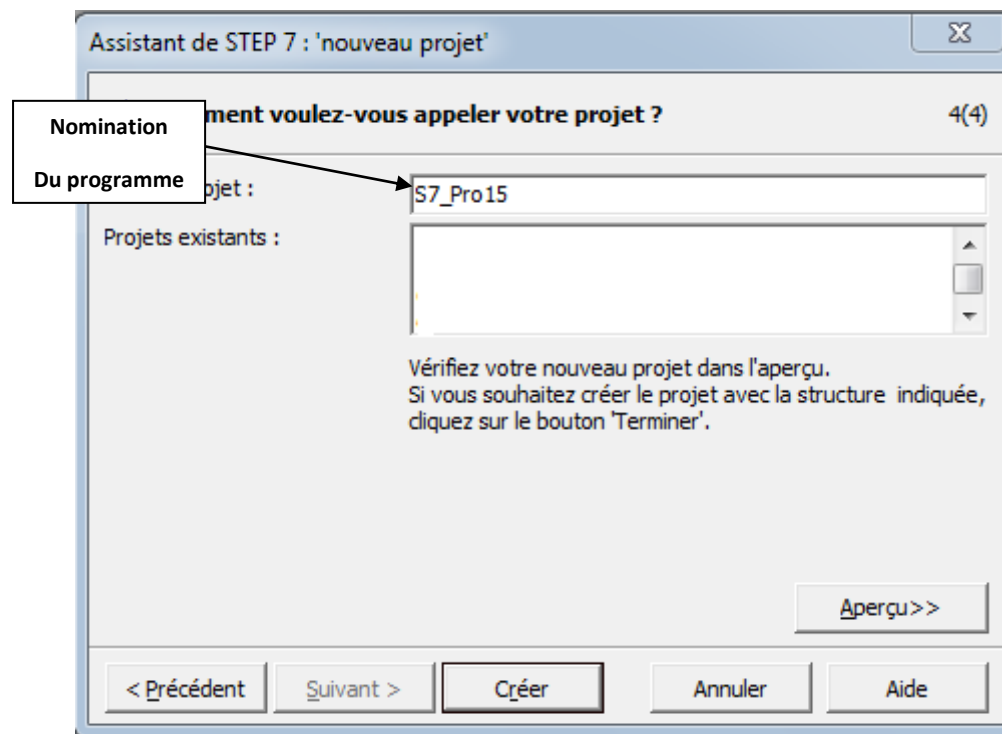
- 3-on clique sur suivant, la fenêtre suivante nous permet de choisir CPU :



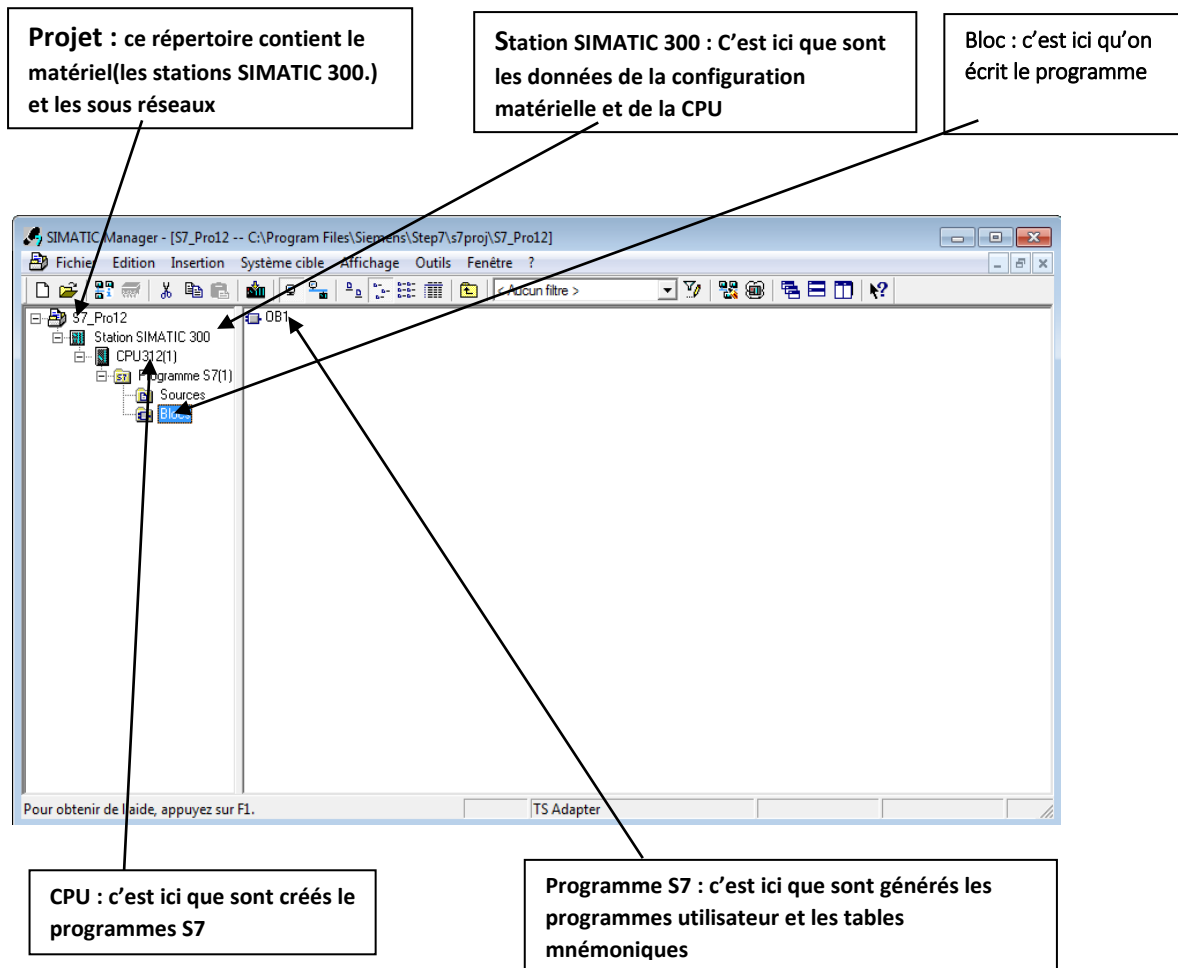
- 4- Après la validation du CPU, une fenêtre qui apparait pour choisir les blocs à insérer :



5-En cliquant sur suivant, une dernière fenêtre s'apparait pour nommer le projet :

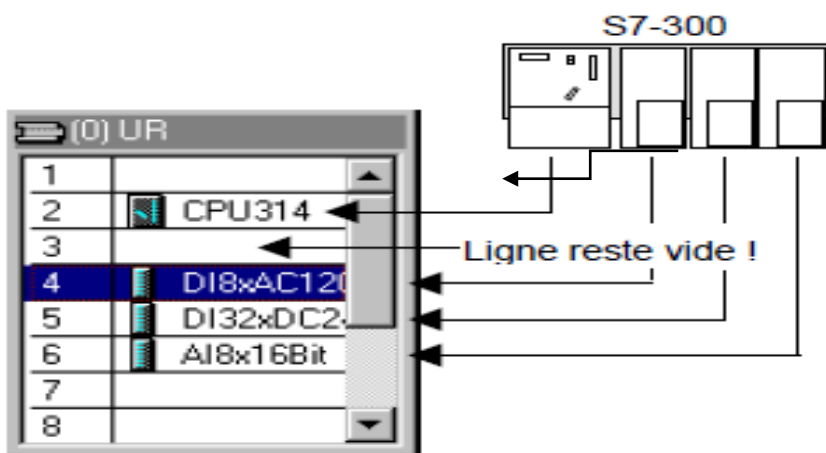


6- on clique sur créer, la fenêtre suivante apparait :



IV. 7.1 Configuration matériels

La configuration matérielle nous permet de disposer les modules dans le châssis, les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut enficher un nombre défini de modules, la configuration comprend les étapes suivantes :



- Emplacement 1 : uniquement alimentation (par exemple 6ES7 307-...).
- Emplacement 2 : uniquement unité centrale CPU (par exemple 6ES7 314-...).
- Emplacement 3 : module de couplage (par exemple 6ES7 360-.../361-...).

- Emplacements 4 à 11 : modules de signaux ou modules fonctionnels, processeurs de communication.

IV. 7.2. Les mnémoniques

Les mnémoniques permettent de déclarer les différents entrées/ sorties ainsi que les mémentos et les temporisateurs en leurs associant un nom pour les distinguer et faciliter la programmation et un commentaire décrivant l'action ou l'état de chaque mnémoniques, la table des mnémoniques est illustrée dans la figure suivante.

Stat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
×		A 3.2	BOOL	
×		E 0.4	BOOL	pression d'eau brute basse
	Alarme acide bas	A 2.2	BOOL	Alarme débit d'eau dilution acide bas
	Alarme de condu...	A 5.2	BOOL	Alarme sonore pression d'eau brute <2bar
	Alarme pression ...	A 0.0	BOOL	alarme pression d'eau brute <2bar
	Alarme sonore	A 0.1	BOOL	
	conductivité	E 2.1	BOOL	Conductivité UA11B001 < 0.1 µS /cm
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
	Débit dil acide bas	E 1.2	BOOL	Débit d'eau dilution soit suffisant
	Déc UA12B001	E 0.2	BOOL	ne pas déclencher la régénération du filtre
	démarrage régé...	E 0.0	BOOL	Démarrage de la régénération
	Mémonto	M 1.1	BOOL	
	Mémonto1	M 0.2	BOOL	Libération d'opération3a
	Mémonto2	M 0.4	BOOL	Libération d'opération 3b
	Mémonto3	M 0.0	BOOL	Libération de la régénération
	Mémonto4	M 0.1	BOOL	Mémonto
	Niv Dil 12 Bas	E 1.0	BOOL	Niveau d'eau dilution bas 12UD10L001
	Niv Dil 34 Bas	E 1.1	BOOL	Niveau d'eau dilution bas 34UD10B001
	PPE UA11D001 M...	A 0.2	BOOL	
	Signalisation(1)	A 7.1	BOOL	étape 1 en marche
	Signalisation(2)	A 7.2	BOOL	étape 2 en marche
	temporisateur	T 1	TIMER	

IV. 8. Le simulateur des programmes S7-PLCSIM

L'application de simulation de modules *S7-PLCSIM* permet d'exécuter et de tester le programme dans un Automate Programmable (AP) qu'on simule dans un ordinateur ou dans une console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel *STEP7*, il n'est pas nécessaire qu'une liaison soit établie avec un matériel S7 quelconque (CPU ou modules de signaux). L'AP S7 de simulation permet de tester des programmes destinés aux CPU S7-300 et aux CPU S7-400, et de remédier à d'éventuelles erreurs.

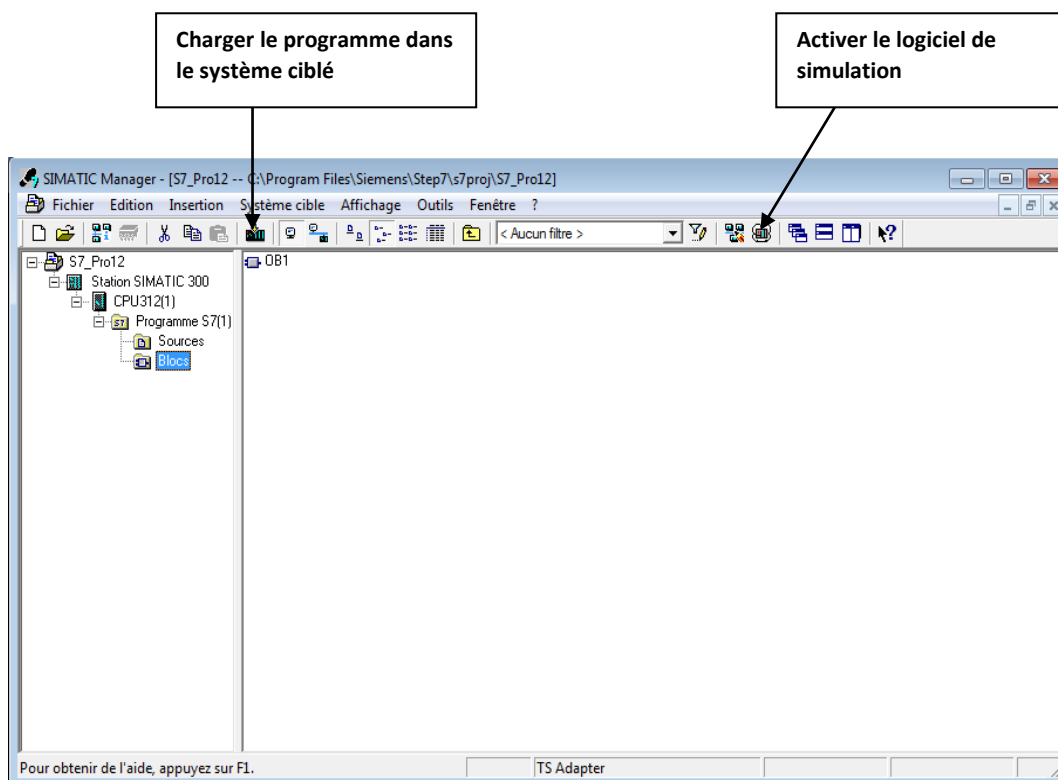
S7-PLCSIM dispose d'une interface simple permettant de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (comme, par exemple, d'activer ou de désactiver des entrées). Tout en exécutant le programme dans l'AP de simulation, on a également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel *STEP7* comme, par exemple, la table des variables (VAT) afin d'y visualiser et d'y forcer des variables.

IV.8.1 Etapes de simulation d'un projet

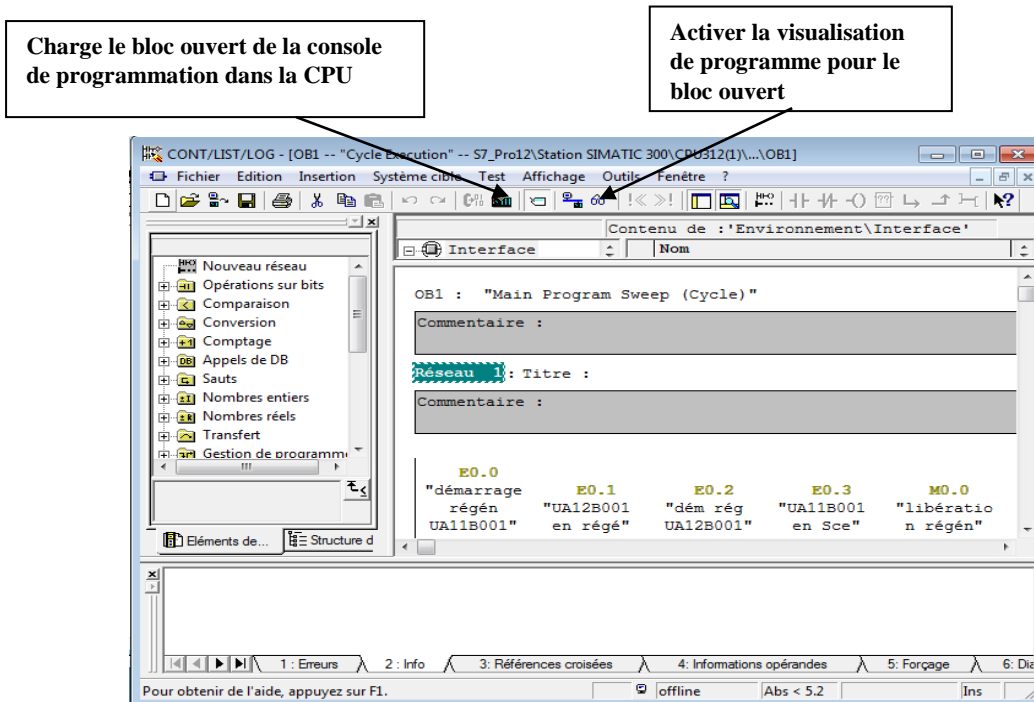


On lance le SIMATIC Manager par une double clique sur son icône

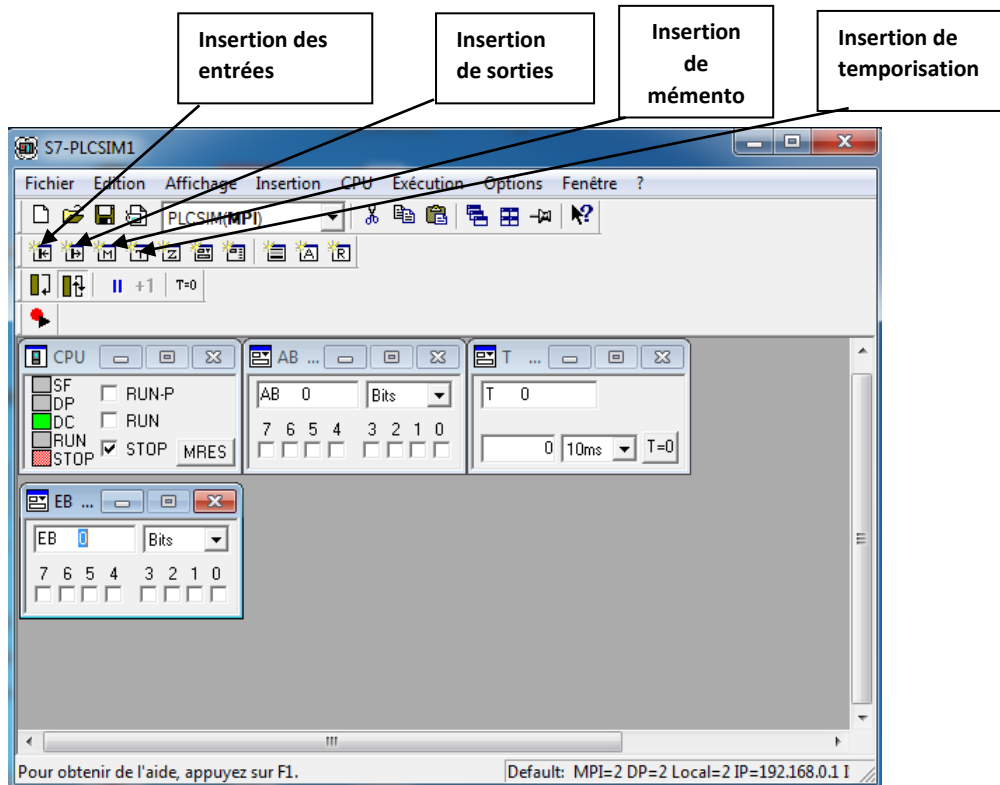
1- Ouvrir la fenêtre qui contient le projet à simulé



2-On charge et on visualise le programme sur l'automate



IV. 8.2. Positions du commutateur de mode de fonctionnement de la CPU



❖ Etat de marche (RUN-P)

La CPU exécute le programme tout en nous permettant de modifier ainsi que ses paramètres. Si on souhaite utiliser STEP 7 pour modifier les paramètres du programme durant son exécution, on doit mettre la CPU à l'état de fonctionnement RUN-P.

❖ Etat de marche (RUN-P)

La CPU exécute le programme en lisant les entrées, traitant le programme, puis en actualisant les sorties. Par défaut, on ne peut pas charger de programme ni modifier des paramètres avec STEP 7 (des valeurs d'entrée, par ex.) quand la CPU est en RUN.

❖ Etat d'arrêt (STOP)

La CPU n'exécute pas le programme. Contrairement à ce qui se passe dans les CPU "réelles" en STOP, les sorties ne prennent pas de valeurs prédéfinies (de "sécurité"), mais elles conservent l'état en cours au passage de la CPU en STOP, on peut charger des programmes dans la CPU pendant qu'elle est en STOP. Quand l'état de fonctionnement passe de STOP à RUN, l'exécution du programme reprend à la première instruction.

IV. 9. Chargement du programme

Une fois la configuration, le paramétrage et la création du programme terminés, on peut transférer le programme utilisateur complet ou des blocs individuels dans le système cible, on relie le PC avec l'interface MPI de l'automate, le programme peut alors être chargé dans l'automate. L'adressage des modules d'E/S se fait par l'intermédiaire des adresses du programme S7.

Le programme de régénération est décrit dans l'annexe B

IV.10. Conclusion

Dans ce dernier chapitre nous avons présenté le logiciel STEP7 qui nous a permis de configurer et créer le programme afin de piloter notre système automatisé ainsi que la simulation de notre programme à l'aide de logiciel de simulation PLCSIM.

Conclusion Générale

Notre projet de fin d'étude a porté sur << **l'automatisation des filtres à lits mélangés de la station de déminéralisation.** >>

Pour mener bien cette étude, nous avons effectué plusieurs visites au niveau de la centrale thermique afin de pouvoir comprendre les différentes composantes de notre système et de pouvoir l'analyser et établir son mode de fonctionnement en passant par la collecte des informations recueillies sur le terrain. A cet effet nous avons pu grâce au traitement de ces informations de choisir un automate SIEMENS S7 300 qui pourra gérer ce processus, pour ça souplesse de contrôle avec grande fiabilité et sa justesse de traitement.

Du fait que nous n'avons pas les moyens de tester l'installation avec un automate réel, nous avons utilisé une autre méthode pour le test du programme par le logiciel S7-PLCSIM. Ce qui nous a permis de faire une simulation et assurer le bon fonctionnement du programme.

Cette étude nous a permis de découvrir le degré de complexité de fonctionnement des équipements entrant dans la production électrique qui nécessite une fiabilité technique avec la mise en place des systèmes d'automatisation très fiable.

Enfin et pour conclure, cette étude sur site nous a permis de se familiariser avec les systèmes automatisés et d'approfondir nos connaissances dans les automates programmables industriels. Ainsi que d'appliquer certaines connaissances acquises au cours de notre cursus universitaire, et aussi de découvrir d'autres aspects théoriques, pratiques très enrichissants pour notre formation, et nous espérons que ce travail servira pour tous ceux qui s'intéressent à la programmation des automates programmables industriels.

- [1]. Documentation interne de la centrale Thermique de Ras-Djinet, SONELGAZ.
- [2]. I. Boukhercha, K. Kouribeche << Etude énergétique et économique de la centrale thermique de ras-Djinet >>, Mémoire de master en génie mécanique, option : énergétique et moteurs, USTHB ,2014.
- [3]. D. Chabouni, S. Ghanine << Etude de la centrale électrique de Cap-Djinet >>, Mémoire de licence professionnelle en génie électrique, option : électrotechnique, UMMTO, 2012.
- [4]. R. Ameer, Zibani << rénovation de la station de déminéralisation de la centrale thermique de Cap-Djinet >> Mémoire d'ingénieur d'état en électronique. UMMTO. 2011.
- [5]. D. Hocine, A. Gaceb << Contribution à l'amélioration de la capacité d'échange ionique des résines lors de la régénération au niveau de la centrale thermique de Cap-Djinet >> Mémoire de master en traitement des eaux. UMBB. 2013
- [6]. William Bolton, Automates programmables industriels, Dunod, paris, 2010.
- [7]. www.siemens.com