

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

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE
DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Electrique

Spécialité : **électrotechnique Industrielles**

Présentés par
Sofiane FATIS
Rahima MOKRANI

Thème

Automatisation du procédé de régénération de la station de déminéralisation de la centrale thermique de Cap-Djinet

Mémoire soutenu publiquement le 30/09/ 2015 Devant le jury composé de :

Mr. MOULA Belkacem
M.A.B, UMMTO, President

Mr. MOUDOUD Mustapha
M.C.A, UMMTO Encadreur

Mr. CHARIF Moussa
M A A, UMMTO, Examineur

Mr. HADDOUCHE Rezki
M A A, UMMTO, Examineur

Co_encadreurs:

Mr. Khaled GOURARI
Ingénieur SPE Cap-Djinet

Mr. Ali LAMERANI
Ingénieur SPE Cap-Djinet

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué dans le cadre de la préparation du diplôme de master académique en réseaux et télécommunications Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

*Je tiens à exprimer mes profondes gratitude et mon immense respect à mon encadreur **Mr. GOURARI Khaled** pour la qualité de son encadrement, sa disponibilité, ses hautes qualités morales et scientifiques et pour m'avoir découvert un domaine de recherche si passionnant, et à toute l'équipe la centrale thermique de Cap_Djinet **Mr. ALLILECHE Rachid**, **Mr. LAMRANI Ali**, **MALKI Mohamed** et **REZANE Arezki** pour leurs soutiens.*

*Mes vifs remerciements s'adressent également à mon promoteur **Mr. MOUDOUD Mustapha** pour ses conseils précieux et son soutien affectif durant mon étude et réalisation de ce projet.*

Mes remerciements les plus vifs s'adressent aussi aux messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer mon travail

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Aux êtres les plus chers au monde, mes parents Rabah et SELLAMI Houria pour leurs soutien tout au long de mon cursus scolaire.

A mon futur époux, mon cher Djamel.

A mes frères Samir, Mahmoud, Athmane, et Redouane ;

A mes sœurs Kenza et Ferial et Lynda ;

A mes amis de l'UNCM70 : Mourad ; Sadjia ; Khaled ; Nouara ; Rachid . a et Rachid . z

A toute ma famille (paternelle et maternelle).

A mes copines de chambre : Sadjia ; Sabrina ; Dahbia ; Lamia et Nacera.

A tous ceux qui me connaissent.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui ont œuvrés pour ma réussite, leur soutien, tous les sacrifices consentis, et leurs précieux conseils, pour toute leur assistance et leur présence dans ma vie, qu'ils reçoivent à travers ce travail, l'expression de mes sentiments les plus chers et mon éternelle gratitude

*A mes très chères sœurs et frère : **Kati, Celia, Lamara.***

Et à mes oncles : BAHMED Hamed, BAHMED Yousef et ma tante M^{me} TIFOUNE Malika ainsi leurs familles sans oublier la famille AKERMA, AZERINE et BOUDENE

Et à toute ma famille et mes amis (e), et à tous ceux qui me sont chers.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

Chapitre I

a) L'énergie primaire	2
b) L'énergie intermédiaire.....	2
c) L'énergie utile.....	2
I.1 Production de l'énergie électrique.....	2
I.1.1 Centrales nucléaires.....	3
I.1.2 Centrales thermiques.....	4
I.1.3 Centrales à énergies renouvelables.....	4
I.1.3.a) Centrale hydroélectrique.....	4
I.1.3.b) Centrale éolienne.....	4
I.1.3.c) Centrale solaire	5
I.1.3.d) Centrale géothermique.....	5
I.1.3.e) Centrale biomasse	5
I.1.3.f) Centrale marine	6
I.2 Présentation de la centrale de Cap_Djinet.....	6
I.2.1 Généralités sur la centrale électrique de Cap_Djinet.....	6
I.2.1.a) Rôle de la centrale	6
I.2.1.b) Plan de masse	8
I.2.1.c) Implantation	10
I.2.1.d) Etapes de réalisation.....	10
II.2.3 Eléments constitutifs de la centrale de Cap-Djinet.....	10
I.2.3.1 La Chaudière (générateur de vapeur).....	11
- Economiseur	12
- Ballon Chaudière.....	12

Sommaire

- Colonnes de descente et tube écrans.....	12
- Surchauffeurs et resurchauffeurs.....	12
*Surchauffeurs	12
*Resurchauffeurs.....	12
-Préchauffeur d'air à vapeur	12
- Réchauffeur rotatif	13
- Ventilateur de soufflage	13
- Ventilateurs de recyclage	13
- Les brûleurs.....	13
- La chambre de combustion.....	13
I.2.3.2 La Turbine.....	13
- Corps HP	15
- Corps MP	15
- Corps BP	15
- Soutirages	15
- Circuit d'huile	15
-Pompes plein débit de premier secours (pompes auxiliaires)	15
- Pompes de deuxième secours	16
- Pompes de soulèvement.....	16
- Vireur hydraulique	16
I.2.3.3 L'alternateur.....	16
I.2.4 Les systèmes eau- vapeur et autres systèmes.....	16
I.2.4.1 Système eau-vapeur.....	16
I.2.4.2 Eau de refroidissement.....	17
1) Circuit eau de circulation.....	17

Sommaire

2) Circuit de refroidissement « NORIA » VG	17
I.2.4.3 Circuit d'incendie UJ	17
I.2.4.4 Systèmes d'eau déminéralisée UD	18
I.2.4.5 Circuit du condensât principal	18
I.2.4.6 Système d'eau d'alimentation	18
I.2.4.7 Circuit de vapeur vive RA	19
I.2.4.8 Conduite de vapeur à resurchauffer RC	19
I.2.4.9 Circuit de vapeur resurchauffée	19
I.2.4.10 Circuit de vapeur (auxiliaire)	19
I.2.5 Description du cycle thermique.....	21
I.2.6 La partie électrique de la centrale de Cap-Djinet.....	23
I.2.6.1 Le schéma unifilaire.....	23
I.2.6.1.a) Les transformateurs.....	23
1) Transformateur principal	23
2) Transformateur de réseau 63kv/6,3kv	23
3) Transformateur de soutirage 15,5 kv/6,3 kv	23
4) Transformateur MT/ BT	23
I.2.6.1.b) Les moteurs de moyenne tension.....	23
I.2.7 Les Auxiliaires.....	24
I.2.7.1 Eau de réfrigération.....	24
I.2.7.2 Une station de production d'hydrogène	24
I.2.7.3 Un poste de détente gaz	24
I.2.7.4 Une station de pompage	24
I.2.7.5 Une station de dessalement de l'eau de mer	25
I.2.7.6 Une station de déminéralisation	25

Sommaire

I.2.7.7 Une station d'électro chloration.....	25
I.2.7.8 Système de surveillance, d'alarme et d'analyse	25
I.2.7.9 Salle de commande centralisée.....	26
I.2.7.10 Salles Iskamatic.....	26
Conclusion	26

Chapitre II

II.1. L'objectif de l'installation	27
II.2. constitutions de l'installation	27
II.3. Description du procédé de filtrage à lits mélangés.....	28
❖ Equation de réaction.....	28
II.4 La régénération	29
II.5 Les étapes de la régénération.....	30
*Etape01 : Lavage à contre courant et séparation des résines.....	30
*Etape02 : pause	30
*Etape03+04 : Remplissage de l'acide et la lessive.....	30
*Etape03a+04a: Remplissage de l'acide chlorhydrique.....	31
*Etape03b+04b : Remplissage de la lessive de soude.....	31
*Etape05 : Pause.....	32
*Etape06 : Abaissement.....	32
*Etape07 : Mélange.....	32
*Etape08 : Remplissage.....	32
*Etape09+10 : Rodage.....	32

Sommaire

II.6. Neutralisation.....	33
II.6.1. Description de l’installation de neutralisation	33
II.6.2 Fonctionnement de la station de déminéralisation	33
II.7. contrôle et enregistrement de l’installation	35
II.8. Description des appareils de mesure	36
II.9.Les paramètres physiques.....	37
II.9.1 Capteurs de débit (les débitmètres)	37
▪ Principe de mesure.....	38
▪ Caractéristiques techniques (standards).....	39
▪ Avantage.....	39
II.9.2. Le débitmètre	39
▪ Fonctionnement	39
*Domaines d’application.....	41
II.9.3.Capteurs de niveau	41
▪ Principe de mesure.....	41
II.9.4.Capteurs de pression	42
▪ Manomètres WIKA à tube manométrique (DIN 16006).....	42
A) Manomètres de sécurité (à cloison rigide).....	42
➤ Principe de mesure	43
Constitution	43
B) Manomètres avec accessoires électriques	44
II.4.2. Manomètres différentielles à membranes	45

Sommaire

Description.....	45
*Particularités.....	46
❖ Construction et fonctionnement	46
❖ Matériaux	47
II.5. Conductivimètre	47
❖ Caractéristiques techniques	48
Conclusion	48
 Chapitre III	
III.1 GRAFCET	49
III.1.1 Définition du GRAFCET	49
III.1.2 Exemple d'un grafcet	50
III.2 Eléments de base du Grafcet.....	50
III.2.1 Etape initiale	50
III.2.2 Etapes	51
III.2.3 Transitions	51
III.2.4 Réceptivités.....	52
III.2.5 Liaisons orientés	53
III.2.6 Action	53
III.2.7 Les séquences multiples	54
III.2.8 Divergence et convergence en OU	54
III.2.9 Divergence et convergence en ET.....	56
III.2.9.a) Divergence en ET	56
III.2.9.b) Convergence en ET.....	57
III.2.10 Saut d'étapes.....	57

Sommaire

III.2.11 Reprise de séquence.....	58
III.3 Règles de syntaxe.....	58
III.4 Règles d'évolution du GRAFCET.....	58
III.5 Niveau d'un GRAFCET.....	59
III.5.1 Grafcet niveau 1	59
III.5.2 Grafcet niveau 2	59
III.6 Mise en équation d'un GRAFCET	60
III.7 GRAFCET et fonctionnement de la station.....	60
III.8 Automate programmable industriel API.....	66
III.8.1 Historique des API	66
III.8.2 Définition d'un API.....	66
III.8.3 Structure d'un système automatisé.....	66
III.8.3.a) partie commande	66
III.8.3.b) Partie opérative	67
III.8.3.c) Poste de contrôle	67
III.8.4 Architecture et gamme d'automate	68
III.8.4.1 Unité centrale	68
III.8.4.2 La zone mémoire	68
III.8.4.3 Les interfaces d'Entrées/ Sorties.....	69
III.8.5 Choix de l'automate programmable industriel.....	70
III.8.6 Présentation de l'automate S7-300	70
III.8.7 Caractéristiques de l'API S7-300	70
III.8.8 Différents parties de l'API S7-300.....	71
III.8.8.1 Module d'alimentation	71
III.8.8.2 Unité centrale	71
III.8.8.3 Les modules d'entrée/sortie	72

Sommaire

a. Module d'entrée	72
b. Modules de sortie	72
III.8.8.4 Les coupleurs	73
III.8.8.5 Modules de fonction (FM)	73
III.8.9 Fonctionnement de l'API	73
III.8.10 Nature des informations traitées par l'API	73
III.8.11 Implantation du grafcet dans le S7-300	73
Conclusion	74

Chapitre IV

IV.1 Programmation de l'automate Siemens SIMATIC S7-300.....	75
IV.2.1 Le STEP 7	75
IV.2.2 Les langages de programmation.....	76
a. Logigramme (LOG)	76
b. Liste d'instruction (LIST)	76
IV.2 Elaboration d'un exemple du programme d'application	76
IV.2.1 Configuration matériels	76
VI.2.2 Le tableau mnémonique.....	78
Conclusion.....	90
Conclusion générale	91

Introduction générale

Introduction générale

Dans un monde où, les techniques modernes, les systèmes automatiques occupent une place importante de nos jours. Il est donc nécessaire pour les entreprises l'utilisation des systèmes automatisés. La maintenance de système automatisé qui a pour but d'assurer le bon fonctionnement du système de production industrielle est une fonction stratégique dans les entreprises. Elle permet aux entreprises d'être et demeurer compétitives.

Une entreprise doit produire toujours mieux en qualité et aux cout le plus bas, il existe plusieurs manières dont le quels celle-ci : fabriquer plus vite, de façon plus régulière, avec moins de fatigue et plus de sécurité afin d'atteindre la production maximale par unité de temps.

Aujourd'hui pour faire face à une concurrence internationale de plus en plus rude, l'entreprise moderne se voit obliger d'automatiser son système de production, et pour concrétiser ces objectifs, il est nécessaire d'améliorer l'outil de production en utilisant les technologies récentes et assurer une maintenance efficace des moyens matériels.

Dans ce contexte, la centrale thermique de Cap_Djinet nous a proposé de faire une étude sur le procédé de la régénération de la station de déminéralisation qui sert au traitement d'eau d'appoint d'alimentation des chaudières pour les quatre blocs de la centrale. Le but de notre projet est de donner un nouveau souffle aux filtres a lit mélangés en cas de saturation en lui installent un système plus récent et plus fiable qui est l'automate programmable industrielle. Ainsi nous avons essayé de satisfaire au mieux le cahier des charges qui nous a été proposé.

Nous avons organisé notre travail en le partageant en quatre chapitres. Dans le premier on va présenter les généralités sur la centrale thermique de Cap-Djinet en suit le deuxièmes qui est présentation de la station de déminéralisation. Ainsi que le troisième chapitre qui est l'automate programmable S7 300 et la programmation en STEP7 et quatrième ses chargement et test de programme tout on terminant par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité sur la
centrale thermique de
Cap-Djinet

Le secteur de l'énergie est l'un des plus stratégiques dans l'économie et l'industrie. En effet, l'énergie électrique joue un rôle très important dans le développement d'un pays. Les producteurs de l'énergie électrique s'appuient sur des calculs statistiques qui leur permettent de prévoir plusieurs années à l'avance, les investissements (centrales, générateurs, lignes) pour faire face à la demande sans cesse croissante de l'énergie.

Les différentes formes d'énergie peuvent se classer suivant le niveau et la nature des transformations. On distingue l'énergie primaire, l'énergie intermédiaire et l'énergie utile.

a) L'énergie primaire : disponible dans l'environnement avant toute transformation à savoir énergie fossile, hydraulique, marine, éolienne, rayonnement solaire, etc.

b) L'énergie intermédiaire : est l'énergie qui a subi une ou plusieurs transformations et peut être transportée ou distribuée sous différents aspects (combustible fossile, carburants, électricité) vers le consommateur final (ménager, industriels, services, etc.), d'où le terme énergie distribuée.

c) L'énergie utile : l'énergie désirée par le consommateur (lumière, chaleur, travail mécanique, etc.), s'obtient en transformant l'énergie intermédiaire dans les appareils tels que les cuisinières. Les lampes électriques, les chaudières, etc.).

Une chaîne énergétique est une succession d'appareils utilisés pour différentes opérations (extraction, stockage, transport, distribution, utilisation finale) permettant de faire passer de sa forme primaire à sa forme utile avec un certain rendement global.

Ainsi l'évolution de la consommation mondiale d'énergie primaire dépend principalement des facteurs de l'évolution démographique et des mutations économiques dans les pays industrialisés, qui se manifestent par l'utilisation de technologie moins consommatrices d'énergie.

I.1 Production de l'énergie électrique

Comme l'électricité ne se stocke pas en grande quantité, sa production est le résultat d'une combinaison des différents moyens de production complémentaires ayant chacun un rôle dans la courbe de consommation.

L'énergie électrique est produite dans des centrales de production d'énergie électrique, qui est un site destiné à la production d'électricité. Ces dernières transforment différentes sources d'énergie naturelles (primaires) en énergie électrique afin d'alimenter en électricité les consommateurs.

Toutes ces centrales comportent un ou plusieurs groupes tournants constitués chacun par une machine motrice entraînant un alternateur, ce dernier produit du courant électrique triphasé cette dernière sera élevée par des transformateurs afin de réduire les pertes durant le

transport.

Il existe différents types de centrales suivant l'énergie primaire utilisée :

I.1.1 Centrales nucléaires

L'énergie nucléaire est une source qui dépend d'un combustible fissile, notamment l'uranium, dont le minerai radioactif est contenu dans le sous-sol de la terre. Elle permet de produire de l'électricité, dans les centrales thermiques nucléaires, appelées centrales électronucléaires, grâce à la chaleur dégagée par la fission d'atomes d'uranium. Une centrale nucléaire se compose de 4 parties principales :

- . le bâtiment contenant le réacteur dans lequel a lieu la fission.
- . la salle des machines où est produite l'électricité.
- . les départs de lignes électriques qui évacuent et transportent l'électricité.
- . des tours de refroidissement uniquement en bord de rivière.

Les départs de lignes électriques qui évacuent et transportent des tours de refroidissement uniquement en bord de rivière. La production d'électricité d'origine nucléaire est développée plus largement à partir de **1974**, au lendemain du premier choc pétrolier, révélateur de la dépendance énergétique du pays vis-à-vis des hydrocarbures. L'énergie nucléaire n'émet pas de gaz à effet de serre, elle est utilisable en grandes quantités grâce aux puissances qu'elle génère et elle est très compétitive.

I.1.2 Centrales thermiques

L'énergie thermique à flamme est une source qui dépend de combustibles fossiles (charbon, gaz ou pétrole) des éléments contenus dans le sous-sol de la terre. Elle permet de fabriquer de l'électricité dans les centrales thermiques à flamme appelées aussi centrales à flamme ou centrales thermiques classiques grâce à la chaleur dégagée par la combustion de ces éléments. Une centrale thermique à flamme est composée de 3 parties :

- * La chaudière dans laquelle est brûlé le combustible.
- * La salle des machines où est produite l'électricité.
- * Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'électricité.

Ces centrales ont été utilisées comme moyen de production de base de l'électricité entre **1950** et **1980**. Avec le développement de l'énergie nucléaire, elles sont aujourd'hui utilisées comme moyen pour répondre aux pics de consommation aux heures de pointe ou lors de

périodes de froid. L'énergie thermique à flamme est la plus utilisée dans le monde car le charbon est abondant, mais elle émet beaucoup de gaz à effet de serre.

I.1.3 Centrales à énergies renouvelables

Surnommées "énergies propres" ou "énergies vertes", leur exploitation engendre très peu de déchets et d'émissions polluantes mais leur pouvoir énergétique est beaucoup plus faible que celui des énergies non renouvelables. L'électricité est produite à partir de sources d'énergies renouvelables, que la nature renouvelle en permanence : l'eau, le vent, le soleil, la chaleur du sous-sol, la matière organique (bois, déchets, ...), les énergies marines. Une 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 centrales à énergies renouvelables sont divisées en 6 catégories :

I.1.3.a) Centrale hydroélectrique

Elle dépend du cycle de l'eau, c'est la plus importante source d'énergie renouvelable. L'énergie hydraulique permet de fabriquer de l'électricité, appelée hydroélectricité. La force de l'eau des chutes retenue par des barrages ou celle qui alimente les aménagements "au fil de l'eau" fait tourner les turbines des centrales pour produire de l'électricité. Une centrale hydraulique est composée de trois parties :

- . le barrage qui retient l'eau.
- . la centrale qui produit l'électricité.
- . les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique.

Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique. Elle est utilisable rapidement grâce aux grandes quantités d'eau stockée. C'est une énergie renouvelable très économique à long terme.

I.1.3.b) Centrale éolienne

Descendante du moulin à vent du moyen âge. L'énergie éolienne est une source d'énergie qui dépend du vent. Cette énergie permet de production de l'électricité dans des éoliennes, appelées aussi aérogénérateurs, grâce à la force du vent. Une centrale est composée de quatre parties

Le mât

L'hélice

La nacelle qui contient l'alternateur producteur d'électricité

Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique

I.1.3.c) Centrale solaire

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou des centrales solaires thermiques, grâce à la lumière du soleil captée par des panneaux solaires. Le soleil, bien que distant de plus de **150 millions** de kilomètres de nous, demeure notre plus grande source d'énergie même si elle est intermittente.

I.1.3.d) Centrale géothermique

L'énergie géothermique est une source d'énergie qui dépend de la chaleur de la Terre. La température des roches augmente en moyenne de **1°C** tous les **30 m** de profondeur. En certains points du globe, en particulier dans les régions volcaniques, qui correspondent à des intrusions de magma dans la croûte terrestre, cela peut aller jusqu'à **100 °C** par **100 m**. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans les centrales géothermiques, grâce à l'eau très chaude des nappes dans le sous-sol de la terre. Une centrale est composée de trois parties :

- . la pompe
- . l'usine qui produit l'électricité
- . les lignes électriques qui la transportent.

I.1.3.e) Centrale biomasse

L'énergie biomasse est la forme d'énergie la plus ancienne utilisée par l'homme depuis la découverte du feu à la préhistoire. L'énergie issue de la biomasse est une source d'énergie renouvelable qui dépend du cycle de la matière vivante végétale et animale. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité grâce à la chaleur dégagée par la combustion de ces matières (bois, végétaux, déchets agricoles, ordures ménagères organiques) ou du biogaz issu de la fermentation de ces matières, dans des centrales biomasses. Une centrale est composée de trois parties :

- . La chaudière dans laquelle est brûlé le combustible
- . La salle des machines qui produisent l'électricité
- . Les lignes électriques qui la transportent

Plusieurs centrales produisent de l'électricité grâce à la biomasse, essentiellement du bois. Elles sont le plus souvent installées au plus près des lieux mêmes de stockage des déchets. Le bois est également utilisé pour le chauffage collectif et industriel. L'énergie biomasse n'émet presque pas de polluants et n'a pas d'impact sur l'effet de serre. La quantité de **CO₂**, qu'elle rejette, correspond à la quantité absorbée par les végétaux pendant leur croissance. De plus, la valorisation du biogaz en électricité évite l'émission de méthane, un autre gaz à effet de serre,

dans l'atmosphère.

I.1.3.f) Centrale marine

L'énergie marine est une source d'énergie renouvelable qui dépend des ressources naturelles des eaux de la mer et des océans. Elle permet de produire de l'électricité, essentiellement grâce aux mouvements de ces eaux. Les flux naturels d'énergie des eaux marines et de la matière marine sont utilisés pour produire de l'électricité. La force des marées fait tourner les turbines des centrales pour produire de l'électricité.

L'eau recouvre en grande partie notre planète, principalement à travers les mers et les océans. Elle constitue donc une source d'énergie importante, aujourd'hui encore peu exploitée.

I.2 Présentation de la centrale de Cap_Djinet

La centrale thermique de Cap-Djinet est située à proximité de la ville de Cap-Djinet à l'est d'Alger (environ **80 km**) dans la wilaya de Boumerdes, sa superficie est **35 hectares**. Cette centrale a été réalisée entre **1980** et **1986** en vue de renforcer l'alimentation en énergie électrique en Algérie. La première fourniture d'énergie au réseau a été effectuée le **17 Juin 1986**.

La centrale thermique de Cap-Djinet se compose principalement de quatre tranches de production identiques pouvant délivrer une puissance brute de **176 MW** chacune, la puissance nette délivrée au réseau national est de **168 MW** fois **4** soit **672 MW** et chacune des tranches soutire **8 MW** pour ses propres consommations (les auxiliaires).

I.2.1 Généralités sur la centrale électrique de Cap_Djinet

I.2.1.a) Rôle de la centrale

La centrale thermique de Cap-Djinet a pour rôle de produire de l'électricité à partir d'une énergie primaire qui se présente sous forme d'un combustible le processus de transformation s'effectue selon les étapes suivantes :

1ere étape :

Transformation de l'énergie chimique (fuel, ou gaz naturel) du combustible en énergie thermique au cours d'une réaction (la combustion); cette réaction se déroule dans une chaudière.

2eme étape :

Transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique, par l'intermédiaire d'une machine thermique et suivant un cycle fonctionnant entre deux niveaux de température (source chaude et source froide).

3eme étape :

Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique dans une machine électrique qui est le plus souvent avec un alternateur.



Figure 1.1

I.2.1.b) Plan de masse :

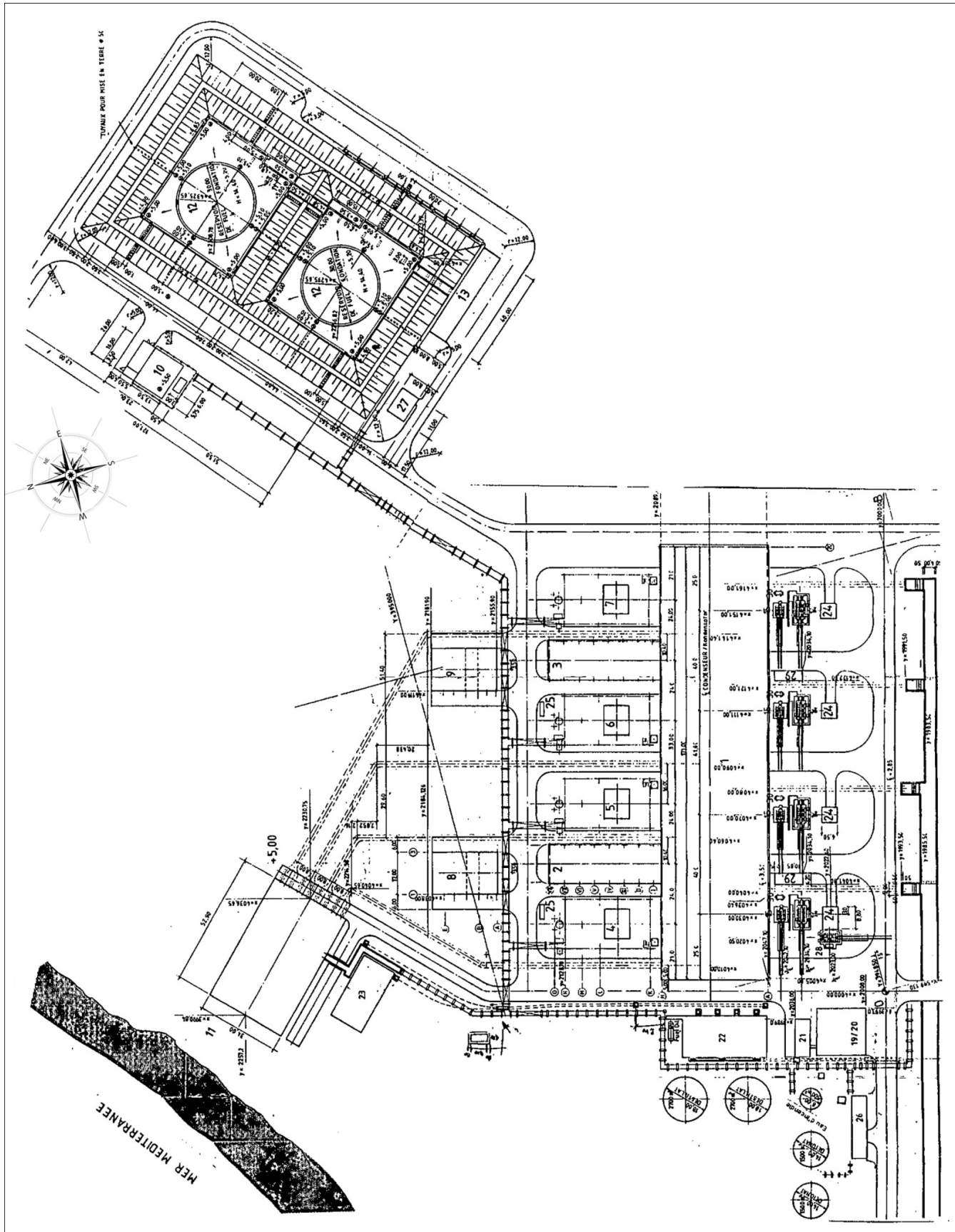


Figure 1.2

- 1) Salle des machines
- 2) Bâtiment des auxiliaires électriques **1 et 2**
- 3) Bâtiment des auxiliaires électriques **3 et 4**
- 4) Chaudière tranche **1**
- 5) Chaudière tranche **2**
- 6) Chaudière tranche **3**
- 7) Chaudière tranche **4**
- 8) Bâtiment des auxiliaires mécaniques **1 et 2**
- 9) Bâtiment des auxiliaires mécaniques **3 et 4**
- 10) Station détente de gaz
- 11) Station de filtrage et pompage
- 12) Réservoir de fuel
- 13) Station de pompage de fuel
- 14) Transformateur principal
- 15) Transformateur de soutirage
- 19) Préparation d'eau potable
- 20) Déminéralisation
- 21) Bassin de neutralisation
- 22) Dessalement de l'eau de mer
- 23) Colorisation
- 24) Poste **SF6**
- 25) Fosse septique
- 26) Station de pompage d'incendiee d'eau déminéralisée
- 27) Station d'incendie à mousse
- 28) Transformateur de soutien

29) Charpente d'alimentation de **H₂**

30) Réservoir d'eau pour arrosage

I.2.1.c) Implantation :

Il s'est fait sur la base des critères suivants:

Proximité de mer.

Proximité des consommateurs importants situés dans la zone industrielle de Rouïba. Reghaia.

Possibilité d'extension future.

Condition du sous-sol favorable, ne nécessitant pas de fondations profondes.

Possibilité d'extension future.

Située sur la route nationale Dellys-Alger, cela favorise son alimentation, par voie routière en fuel-oil domestique en cas d'indisponibilité de gaz naturel.

I.2.1.d) Etapes de réalisation :

Les principaux contacts ont commencé en **1980**. Les travaux de terrassement ont démarré en **Mars 1981**. Le début du montage de la centrale s'est effectué en **Mars 1984**.

1^{ère} tranche : Décembre 1985

2^{ème} tranche : Avril 1986

3^{ème} tranche : Septembre 1986

4^{ème} tranche : Décembre 1986

SONELGAZ a confié certains travaux de réalisation du projet aux opérateurs nationaux suivants : **ENCC, ETTERKIB, BATI METAL, GENISIDER, INERGA, PRASIDER, ENATUB, SNIC** et autres intervenants, chacun dans son domaine d'activité.-**SOGEP, SAPIBAD et SID, GTP, ALEIP, CEN et SONATRAM.**

En ce qui concerne la participation étrangère plusieurs intervenants ont contribué à la réalisation du projet, il s'agit de : **CONSORSIUM AUSTRO-ALLEMAND, SIEMENS D'Autriche, DRAGADOS** entreprise ESPAGNOLE.

II.2.3 Eléments constitutifs de la centrale de Cap-Djinet

La centrale thermoélectrique de Cap-Djinet se compose de quatre tranches identiques, de puissance unitaire **176 MW** aux bornes de l'alternateur, totalisant une capacité installée de **704 MW**. La consommation totale des auxiliaires commun est environ **32 MW**, alors que la

puissance fournie au réseau est de **672 MW**, à la borne usine (**BU**).

Les principaux composants d'une tranche de production sont :

1. la Chaudière
2. La turbine
3. L'alternateur

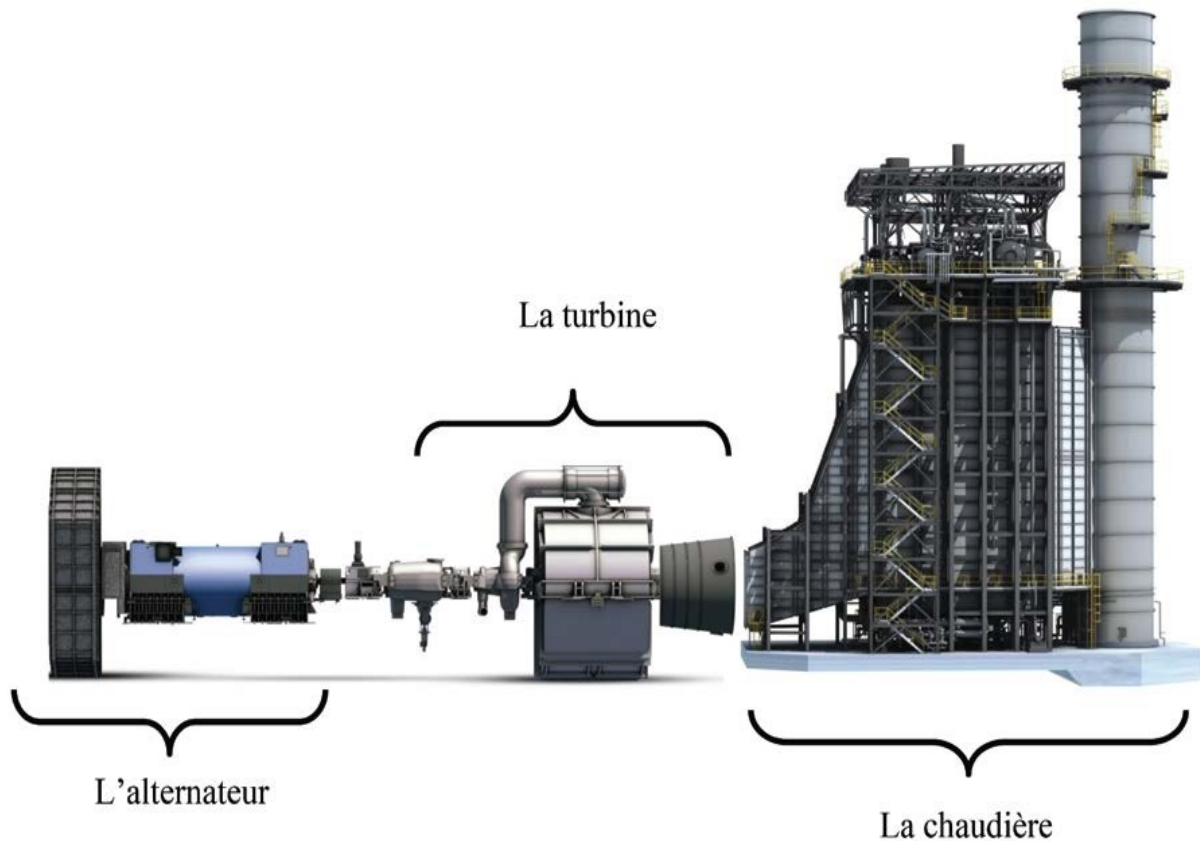


Figure 1.3

I.2.3.1 La Chaudière (générateur de vapeur)

Le combustible principal utilisé dans les chaudières est le gaz naturel de Hassi- R'mel, avec débit de **160000 m³/ h** de gaz est nécessaire pour assurer la pleine charge des quatre groupes, en cas d'indisponibilité, le secours est assuré par du fuel-oil domestique à l'aide d'un dispositif d'alimentation à partir de deux réservoirs de **10000 m³** chacun. Elle a pour rôle de transformer l'eau d'alimentation en vapeur à haute et moyenne pression pour alimenter le groupe turbo-alternateur.

- . Capacité de vaporisation maximale: **530 t/h**.
- . Pression a la sortie des surchauffeurs : **154 bars**.

- . Température de la vapeur surchauffée: **540°C**.
- . Pression la sortie du resurchauffeur : **34 à 37bars**.
- . Température de la vapeur resurchauffé: **540°C**.

Température maximale de l'eau d'alimentation est de **246°C**. Le générateur de vapeur est de type à circulation naturelle avec chambre de combustion et avec resurchauffe. La chaudière est constituée principalement de :

- 1) La chambre de combustion formée des tubes sérans vaporisateurs.
- 2) Ballon.
- 3) Surchauffeurs et resurchauffeurs.
- 4) Économiseur.
- 5) Colonnes de descente.
- 6) Brûleurs.

- **Economiseur** : L'économiseur est un échangeur (eau fumée), il a pour fonction principale la réception, le réchauffement et le guidage de l'eau d'alimentation vers le ballon chaudière.

- **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.

- **Colonnes de descente et tube écrans** : Les colonnes de descentes sont raccordées à la partie inférieure du ballon et conduisent l'eau à la partie inférieure de l'écran vaporisateur, ou elle est chauffé grâce aux brûleurs, le mélange eau-vapeur résultant au niveau des tubes écrans ayant un poids spécifique plus faible va remonter au niveau du ballon chaudière (convection naturelle).

- **Surchauffeurs et resurchauffeurs** :

***Surchauffeurs** : Les surchauffeurs en nombre de trois en série servent à surchauffer la vapeur venant du ballon chaudière pour lui extraire l'humidité et faire monter sa température avant d'être admise à la turbine (corps HP).

***Resurchauffeurs** : Une fois la vapeur vive (**RA**) aura subit une détente au niveau du corps **HP**, sa pression et sa température diminuent (**RC** : vapeur à resurchauffer), on la renvoie à la chaudière pour la resurchauffée à travers deux resurchauffeurs en série (**RB** : vapeur resurchauffée).

-**Préchauffeur d'air à vapeur** : Ils servent à augmenter la température d'air de combustion (échangeur air- vapeur).

- **Réchauffeur rotatif** : Il sert à réchauffer l'air de combustion par récupération de chaleur des fumées (échangeur air-fumée), entraîné par moteur triphasé
- **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 pour régler la température à la sortie des resurchauffeurs.
- **Les brûleurs** : Le générateur est équipé de huit brûleurs au gaz naturel et au fuel, les brûleurs sont disposés sur quatre étages de la face avant de la chaudière, le gaz naturel arrive à partir du post gaz, par contre le fuel est transféré par des pompes à partir de la station fuel, ce dernier est stocké dans deux bâches (réservoirs) ayant chacune une capacité de **10 000 m**
- **La chambre de combustion** : La chambre de combustion est la partie principale du générateur de vapeur, c'est dans cette enceinte qu'ont lieu les principaux échanges de chaleur.

Les caractéristiques nominales de la chaudière sont :

*Pression de service **160 bars**

*Température de la vapeur **540⁰ C**

*Débit de la vapeur **523 tonnes / h**

I.2.3.2 La Turbine:

Elle transforme l'énergie thermique de la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre. Le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur. La turbine est de type à condensation. Les caractéristiques de la turbine sont:

Longueur	16,125 m
Largeur	13 m
Poids	$499,910 * 10^3$ Kg
Puissance	176 MW
Pression	138,2 bars

Température de vapeur	535° C
Vitesse	3000 tr/min

Elle est à une seule ligne d'arbre composée de trois corps (HP, MP, BP) séparés.

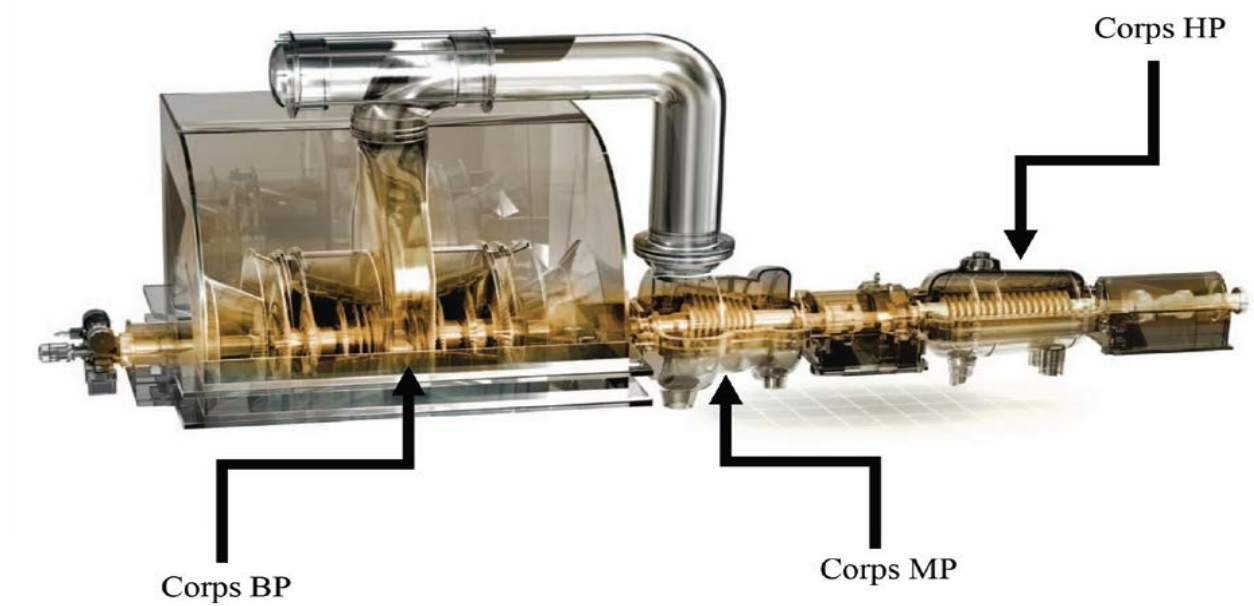


Figure 1.4

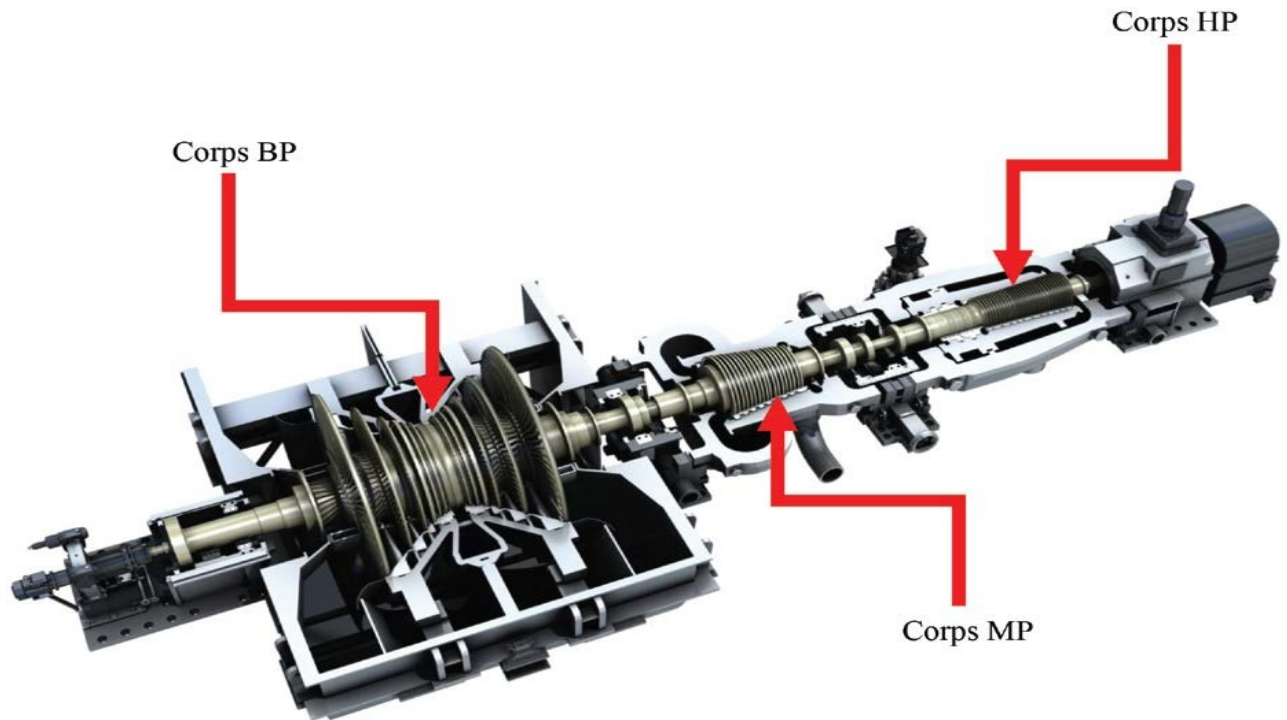


Figure 1.5

Légende :

Corps **HP** (haute pression)

Corps **MP** (moyenne pression)

Corps **BP** (basse pression)

- **Corps HP** : Le corps **HP** (haute pression) est à simple flux, il reçoit la vapeur vive (**RA**) venant de la chaudière.
- **Corps MP** : Le corps **MP** (moyenne pression) est à double flux, il reçoit la vapeur resurchauffée (**RB**).
- **Corps BP** : Le corps **BP** (basse pression) est à doubles flux, il reçoit la vapeur sortante du corps **MP**, puis il la dirige vers le condenseur après avoir subi une détente à son niveau.
- **Soutirages** : Les soutirages au nombre de six, ils ont pour rôle principal de réchauffer l'eau à travers les différents réchauffeurs.
- **Circuit d'huile** : Le circuit d'huile remplit les fonctions suivantes : -Graissage et refroidissement des paliers. L'actionnement des organes de réglage et des dispositifs de sécurité hydraulique (huile de commande).
- Pompes plein débit de premier secours (pompes auxiliaires)** : En période de virage, de démarrage ou de mise à l'arrêt, une des deux pompes plein débit de premier secours (pompes

auxiliaires) entraînées par un moteur alternatif triphasé alimente le circuit d'huile.

- **Pompes de deuxième secours** : L'une entraînée par un moteur à courant continu, l'autre par un moteur à courant alternatif, assure l'alimentation du circuit de graissage si les pompes de premier secours sont défaillantes.

- **Pompes de soulèvement** : Les pompes de soulèvement au nombre de deux à courant alternatif triphasé, assurent un film d'huile entre le rotor et les coussinets des paliers lors de démarrage et de la mise à l'arrêt du groupe turbo- alternateur.

- **Vireur hydraulique** : Il a pour fonction de faire tourner la ligne d'arbre à une vitesse suffisante avant le démarrage et après l'arrêt du groupe turbo-alternateur.

I.2.3.3 L'alternateur

L'alternateur de la centrale de Cap-Djinet, est une machine synchrone triphasée qui transforme l'énergie mécanique fournie par la turbine en énergie électrique. C'est un alternateur bipolaire, sa vitesse de rotation est de (**3000tours/min, 50HZ**), il est à pôles lisses. Pour minimiser les pertes par effet joules, l'alternateur est refroidi à l'aide d'un système de circulation d'hydrogène (**H₂**) à basse pression.

Le groupe d'excitation : Le groupe d'excitation comprend les principaux composants suivants :

- . Une excitatrice pilote à aimant permanent.
- . Une roue à diode.
- . Une armoire de régulation de tension.

Excitatrice principale (alternateur inverse)

L'excitatrice principale est alimentée par l'excitatrice pilote à travers un régulateur à thyristors qui se trouve dans l'armoire de régulation.

L'excitatrice principale fournit le courant d'excitation à l'alternateur à travers les diodes tournantes.

Dans le cas d'une indisponibilité de régulation électronique ou de l'excitatrice pilote, l'excitatrice principale est alimentée par le réseau des auxiliaires à travers le régulateur manuel de tension.

I.2.4 Les systèmes eau- vapeur et autres systèmes

I.2.4.1 Système eau-vapeur: L'exploitation d'une centrale thermique nécessite d'importantes quantités d'eau que ce soit pour les besoins du cycle eau-vapeur ou pour le système de

refroidissement. Dans le cas de la centrale de Cap-Djinet tous les besoins en eau proviennent de l'eau de mer récupérée au niveau de la station de pompage.

Cette eau est prélevée à **7 m** de profondeur, la prise d'eau se trouve à **900 m** de la côte, elle arrive à la station de pompage dans trois conduites en béton de **2,7 m** de diamètre.

I.2.4.2 Eau de refroidissement

1) Circuit eau de circulation

Le circuit de circulation (**VC**) sert principalement au refroidissement de la vapeur dans le condenseur. Le procédé de refroidissement est en circuit ouvert. L'eau de mer est pompée à la station de pompage par l'intermédiaire de deux pompes de circulation, elle est ensuite refoulée dans des réfrigérants et le condenseur pour enfin retourner à la mer par le canal de rejet.

2) Circuit de refroidissement « NORIA » VG

Le circuit de refroidissement «**NORIA** » (utilisant l'eau déminéralisée) est utilisé pour le refroidissement des :

- Réfrigérants.
- Huile turbine.
- Huile d'étanchéité.
- L'excitatrice.
- Les pompes alimentaires.
- Palier réchauffeur rotatif.
- Ventilateur de recyclage.
- Ballon des purges continues.
- Compresseurs d'air de travail.

L'eau de refroidissement arrive par gravitation au niveau des trois pompes« **NORIA**» à partir de la bêche surélevée. L'eau utilisée dans ce circuit fermé est de l'eau déminéralisée.

I.2.4.3 Circuit d'incendie UJ

Le circuit incendie de la centrale de Cap-Djinet est composé de :

- . L'alimentation en eau.
- . La tuyauterie d'alimentation principale.

- . Bouche d'incendie.
- . L'installation de mousse.
- . L'installation d'arrosage des bâches fuel.
- . Systèmes d'arrosages en douche. Pour l'alimentation en eau, on dispose :

- 1) D'une alimentation en eau douce par réservoir surélevé.
- 2) D'une alimentation en eau douce par réservoir de **500 m³** et une autre en eau dessalée par réservoir (**2700 m³**).
- 3) D'une alimentation en eau de mer.

I.2.4.4 Systèmes d'eau déminéralisée UD

La production d'eau pour le système eau-vapeur est réalisée à partir d'eau de mer. Pour cela, on utilise quatre unités de dessalement utilisant chacune une pompe d'alimentation en eau de mer au niveau de la station de pompage.

Chaque unité a une capacité de production quotidienne de **500 m³** de l'eau de dessalée est stockés dans deux réservoirs de **2700 m³** chacun : puis elle est amenée à l'installation de déminéralisation. L'eau dessalée est conduite jusqu'aux filtres à résines, elle est ensuite stockée dans deux réservoirs, d'une capacité de **1500 m³** chacun. L'eau déminée est refoulée vers des bâches surélevées (deux bâches de **40 m³** chacune), chaque bâche dessert deux groupes.

I.2.4.5 Circuit du condensât principal

Le circuit commence à la sortie du condenseur pour aboutir au niveau du dégazeur de la bâche alimentaire. Il passe par les pompes d'extraction, le condenseur des buées, les éjecteurs de vapeur de service et les réchauffeurs basse pression.

L'eau à la sortie du condenseur est transférée dans le circuit par l'intermédiaire d'une des pompes d'extraction à une pression de **16.8 bars** (deux pompes une en service et l'autre en réserve).

I.2.4.6 Système d'eau d'alimentation

L'aspiration de l'eau d'alimentation commence à partir des conduites d'aspiration de la bâche alimentaire jusqu'à l'entrée de la chaudière. Elle passe à travers les pompes alimentaires et les réchauffeurs hautes pressions. L'eau d'alimentation est prise de la bâche alimentaire par gravitation jusqu'à la pompe nourricière, cette dernière augmente la pression de l'eau d'alimentation de **5 bars** à **11bars**, elle passe ensuite par la pompe principale (pompe centrifuge six étages) pour être refoulée à une pression de **170 bars** et un débit de :

263 tonnes / h (trois pompes, deux en service et une en réserve).

L'eau alimentaire traverse les réchauffeurs haute pression (**HP5. HP6**) et l'économiseur pour aboutir au ballon chaudière.

I.2.4.7 Circuit de vapeur vive RA

La vapeur surchauffée sort de la chaudière à une température de **540°C** et à une pression de **160 bars**. Elle va être acheminée à travers le circuit de vapeur vive **RA** jusqu'aux vannes d'arrêt du corps **HP** de la turbine.

Sur le circuit de la vapeur vive est installé un contournement (by pass **HP**) qui permet au démarrage, le conditionnement de la vapeur et le refroidissement des resurchauffeurs.

Ce by pass entre en service aussi au moment de l'ilotage et à une charge inférieure à celle du minimum technique (charge **44 MW**).

I.2.4.8 Conduite de vapeur à resurchauffer RC

La vapeur d'échappement en partie détendue est refroidie (**40 bars** et **357°C**) dans la partie **HP** de la turbine (**SA11**) est renvoyée à la chaudière par la conduite de vapeur à resurchauffer. Cette conduite va de la sortie de partie haute pression de la turbine jusqu'au niveau de l'entrée du resurchauffer.

I.2.4.9 Circuit de vapeur resurchauffée

La vapeur resurchauffée sort du resurchauffer (**37 bars** et **540°C**) à travers deux conduites **RB1** et **RB12**. La vapeur va être acheminée jusqu'aux vannes d'arrêt **MP** (moyenne pression de la turbine). Sur cette conduite est pris un piquage pour l'alimentation du barillet (collecteur) de vapeur auxiliaire (principalement pour les éjecteurs).

I.2.4.10 Circuit de vapeur (auxiliaire)

Le circuit de vapeur auxiliaire **RQ** prend sa source au collecteur **RQ10**

- En marche normale par le soutirage turbine (**RF58**).

- Pendant le démarrage, il est alimenté par de la vapeur resurchauffée **RB21**. Cette vapeur sert principalement à alimenter les éjecteurs de services et de démarrage (fluide moteur pour les éjecteurs qui servent à vider le condenseur)

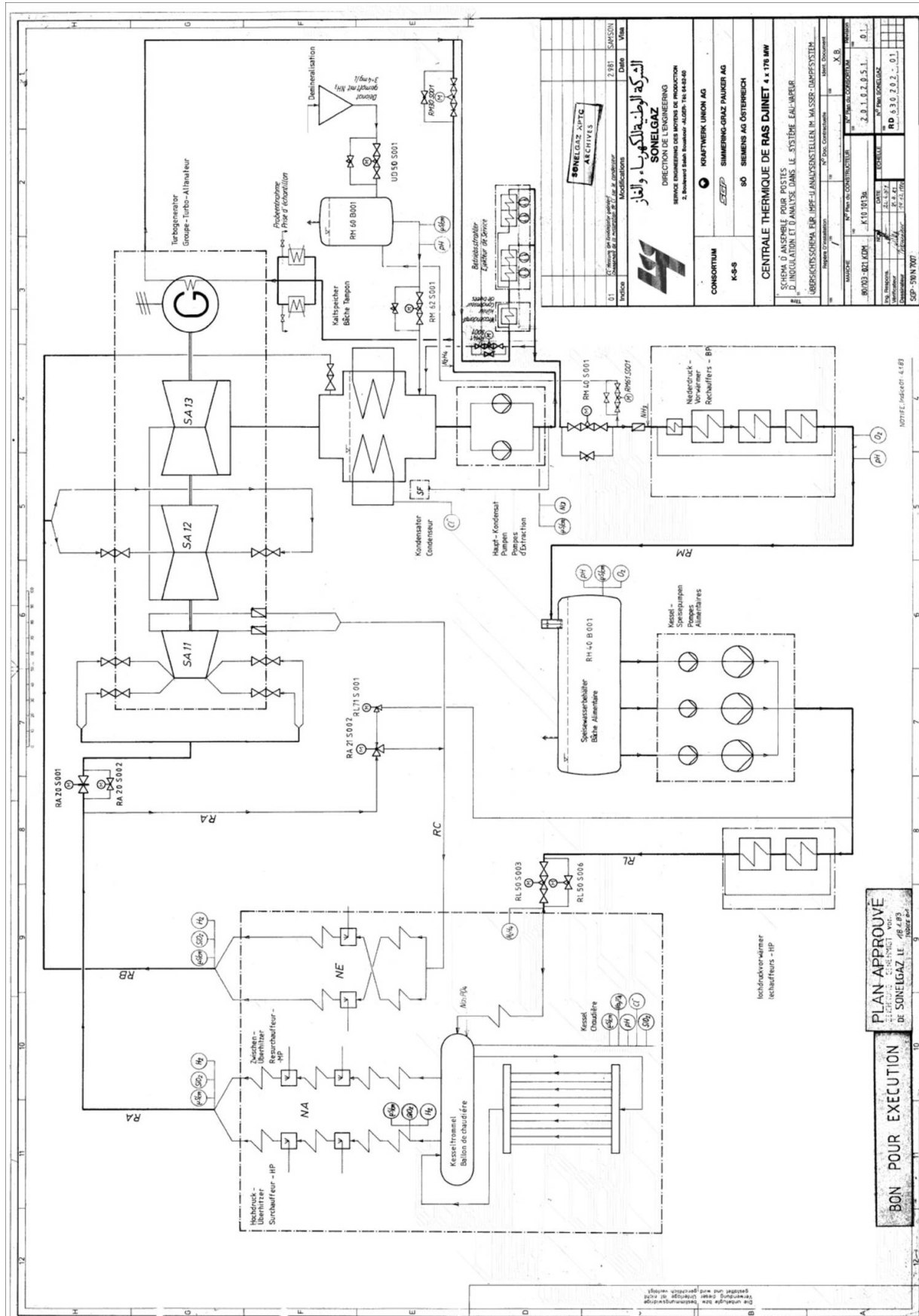


Figure 1.6

I.2.5 Description du cycle thermique

Suivant (1'-1), la vapeur subit des pertes de charge dans la tuyauterie, elle est ensuite détendue dans le corps HP de la turbine, suivant (1-2) à entropie croissante (perte dans la turbine). Au cours de l'évolution (2-3) qui suit, la plus grande partie de la vapeur est resurchauffée dans le resurchauffeur à pression décroissante. Cette dernière se rend dans le corps MP de la turbine ; pour qu'elle soit détendue en partie, suivant (3-5). La vapeur quittant le corps MP et la vapeur de fuite récupérée dans le corps HP subissent, dans le corps BP, une détente représentée par le parcours (5-9), et de là, elles se rendent en partie au condenseur et l'autre partie aux réchauffeurs (BP1, BP2 et BP3).

La vapeur se condense en se transformant en eau (9-10) et cette dernière est récupérée dans le puits du condenseur. L'eau est comprimée dans la pompe d'extraction, cette évolution entraîne simultanément une diminution de son volume massique et une élévation de sa température de 0,1 degré, nous savons que, pour l'eau, fort peu compressible, ces variations sont extrêmement faibles, et que pour cette raison les points 10, 11, 12, 13, 14 et 15 sont pratiquement confondus.

Du (point 15) au (point 18), le réchauffage du condensat principal est assuré par la chaleur qui lui est cédées par des prélèvements de vapeur (soutirages S1, S2 et S3) effectués en différentes étages du corps BP.

Le condensat se rend à la bêche alimentaire, dans cette dernière s'effectue le mélange de la vapeur surchauffée prélevée du corps MP (soutirage S4), le condensat auxiliaire des réchauffeurs HP et le condensat principal.

Le débit d'eau d'alimentation se trouve donc reconstituée. L'eau d'alimentation est comprimée dans la pompe alimentaire (19-20).

Du (point 20) au (point 22), l'eau d'alimentation est chauffée par deux réchauffeurs HP5 et HP6 qui sont alimentés respectivement, par le soutirage S5 du corps MP et le soutirage S6 du corps HP.

Le cycle s'achève par le passage de l'eau de l'état liquide à l'état vapeur dans la chaudière (22-1')

I.2.6 La partie électrique de la centrale de Cap-Djinet

I.2.6.1 Le schéma unifilaire

Le schéma unifilaire présentant les différents équipements électriques est le suivant :

I.2.6.1.a) Les transformateurs

Chaque tranche dispose de quatre types de transformateurs qui remplissent des fonctions différentes :

1) Transformateur principal : Il alimente un réseau de **225 kV** d'Alger-Est ; il a une puissance apparente de **225MVA** et un rapport de transformation de **225/15.5 kV**. La tension de l'enroulement primaire est adaptée de l'alternateur, des prises de réglage permettant de faire varier le nombre de spires, sont prévues sur l'enroulement haute tension, elles sont manœuvrables hors tension. Son refroidissement est à huile, refroidie à son tour par air, dans des radiateurs.

2) Transformateur de réseau 63kv/6,3kv : Il est alimenté par un réseau **63kv** venant de si-Mustapha, muni d'un régleur coté **HT** ; la tension de l'enroulement secondaire est adapté à celle des moteurs **MT**. Il est aussi appelé transformateur de secours.

3) Transformateur de soutirage 15,5 kv/6,3 kv : Sa puissance nominale est de **20MVA** et son rapport de transformation est de **15,5 kv / 6,3 kv**. Sa tension et son rapport de transformation moyen ont été choisis de façon à ce que le transformateur de soutirage, alimenté par l'alternateur, soit dimensionné.

4) Transformateur MT/ BT : Les transformateurs alimentant les auxiliaires **BT** sont du type sec connecté sur le jeu de barre **MT**, leur transformation est réglée manuellement hors-tension.

I.2.6.1.b) Les moteurs de moyenne tension

Les moteurs utilisés pour entrainer les pompes et les ventilateurs sont de moyenne tension, leurs caractéristiques sont les suivantes :

Le moteur entrainant la pompe alimentaire, **P_n = 3 MW**, **U_n = 6,3 KV**,

I_n = 33A,

Le moteur entrainant le ventilateur de recyclage, **P_n = 1200 KW**, **U_n = 6,3 KV**,

I_n = 139 A

Le moteur entrainant le ventilateur de soufflage, **P_n = 300 KW**, **U_n = 6,3 KV**,

In = 139A

Le moteur entraînant la pompe d'extraction, **Pn = 300 KW**, **Un = 6,3 KV**,

In = 34A

Le moteur entraînant la pompe de circulation d'eau de mer, **Pn = 700 KW**,

Un = 6,3 KV, **In = 90A**. Tous ces moteurs sont protégés par des protections

électriques identiques qui sont :

*La protection directionnelle de mise à la terre (**F90**),

*La protection contre les surintensités (**F10**),

*La protection contre l'interruption du conducteur (**F08**).

*La protection à minimum de tension (**F40**),

La protection contre le manque de phase (**F42**). Toutes ces protections déclenchent le moteur et donne une alarme en salle de commande.

I.2.7 Les Auxiliaires

I.2.7.1 Eau de réfrigération: L'exploitation d'une centrale thermique de grande puissance demande pour réduire la chaleur résiduelle, d'importantes quantités d'eau de refroidissement. Les besoins de la centrale de Cap-Djinet s'élèvent à **30 m³/s**. Cette eau est prélevée de la mer à **7m** de profondeur. La prise d'eau se trouve à **900m** de la côte. L'arrivée de l'eau à la station de pompes se fait par trois conduites en béton d'un diamètre intérieur de **2,70m** et extérieur de **3m**. Après le nettoyage mécanique dans la station de pompage, l'eau passe dans le circuit principale, les condenseurs, les réfrigérants etc..., pour dissiper la chaleur qui représente l'énergie perdue. L'eau rejoint par la suite le canal de rejet.

I.2.7.2 Une station de production d'hydrogène : Sert à produire l'hydrogène nécessaire au refroidissement des 4 alternateurs de la centrale.

I.2.7.3 Un poste de détente gaz : Composé de deux (02) lignes de filtration gaz, et trois (03) lignes de régulation pour la détente gaz de **60 à 6 bars**. Un débit de **160000m³/h** de gaz naturel est nécessaire pour assurer la pleine charge des quatre groupes.

En cas d'indisponibilité du gaz naturel, le combustible de secours est assuré par les deux (02) bâches de stockage de capacité : **2fois 10000m³** de fuel.

I.2.7.4 Une station de pompage : Les principaux éléments de la station de pompage sont :

- . Une grille à grappin
- . Un tambour filtrant
- . Deux pompes de circulation d'eau de mer vers le condenseur

Des pompes d'alimentation en de mer de service auxiliaire La prise d'eau se fait en mer à **900m** de la station de pompage. L'eau arrivant par trois conduites passe par la grille à grappin pour la première élimination des gros déchets ensuite par le tambour filtrant éliminant les petits déchets puis l'eau est refoulée par les pompes de circulation vers le condenseur pour le refroidissement de la vapeur du cycle et enfin elle sera rejetée vers le canal de rejet pour retourner dans la mer.

I.2.7.5 Une station de dessalement de l'eau de mer : Les besoins d'eau dessalée de la centrale de Cap-Djinet sont de l'ordre de **1100 m³/ jour**. L'installation comprend quatre unités fonctionnant selon le principe de la distillation par détentes successives à **18 étages**. Chaque unité produit **500m³** d'eau dessalée qui est stockée dans des réservoirs d'une capacité de **2fois 2700 m³**. Chaque unité fonctionne indépendamment des autres.

I.2.7.6 Une station de déminéralisation : Deux chaînes de déminéralisation de **40m³/h** chacune parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle eau vapeur. L'installation de déminéralisation sert au traitement de l'eau d'appoint d'alimentation pour les quatre chaudières.

Comme eau brute on utilise le distillat des unités de dessalement d'eau de mer qui a une teneur en sels maximum de **20mg/L** et une température maximale de **40°C**.

L'eau déminéralisée doit correspondre dans sa qualité aux exigences de l'eau d'appoint des chaudières à vapeur à haute pression.

La conductivité électrique doit être inférieure à **0,1 micro-Siemens/cm** à **25°C** et la teneur en silice inférieure à **0,02mg/L (SIO₂)**. Le stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux réservoirs de **1500m³** chacun.

I.2.7.7 Une station d'électro chloration: La chloration de l'eau de mer permet de préserver les équipements traversés par l'eau de mer contre la prolifération d'organes marins. L'installation est prévue pour produire **2fois 150Kg/h** de chlore actif avec deux unités. En condition de chloration continue, **104000 m³/h** d'eau de circulation sont continuellement chloré.

I.2.7.8 Système de surveillance, d'alarme et d'analyse :

- Pour permettre une bonne conduite du groupe de production des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau d'eau, vibrations..), des différents équipements du groupe, sont indiqués, enregistrés en permanence en salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil.

- Pour une meilleure analyse en cas d'incident un consigneur d'état est installé, il permet d'enregistrer les alarmes dans un ordre chronologique.

I.2.7.9 Salle de commande centralisée: Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis la salle de commande. La salle de commande comprend pour chaque tranche :

- . Deux pupitres de conduites.
- . Deux tableaux verticaux où sont rassemblés les organes de commande
- . Un tableau synoptique schématisant les auxiliaires électriques.

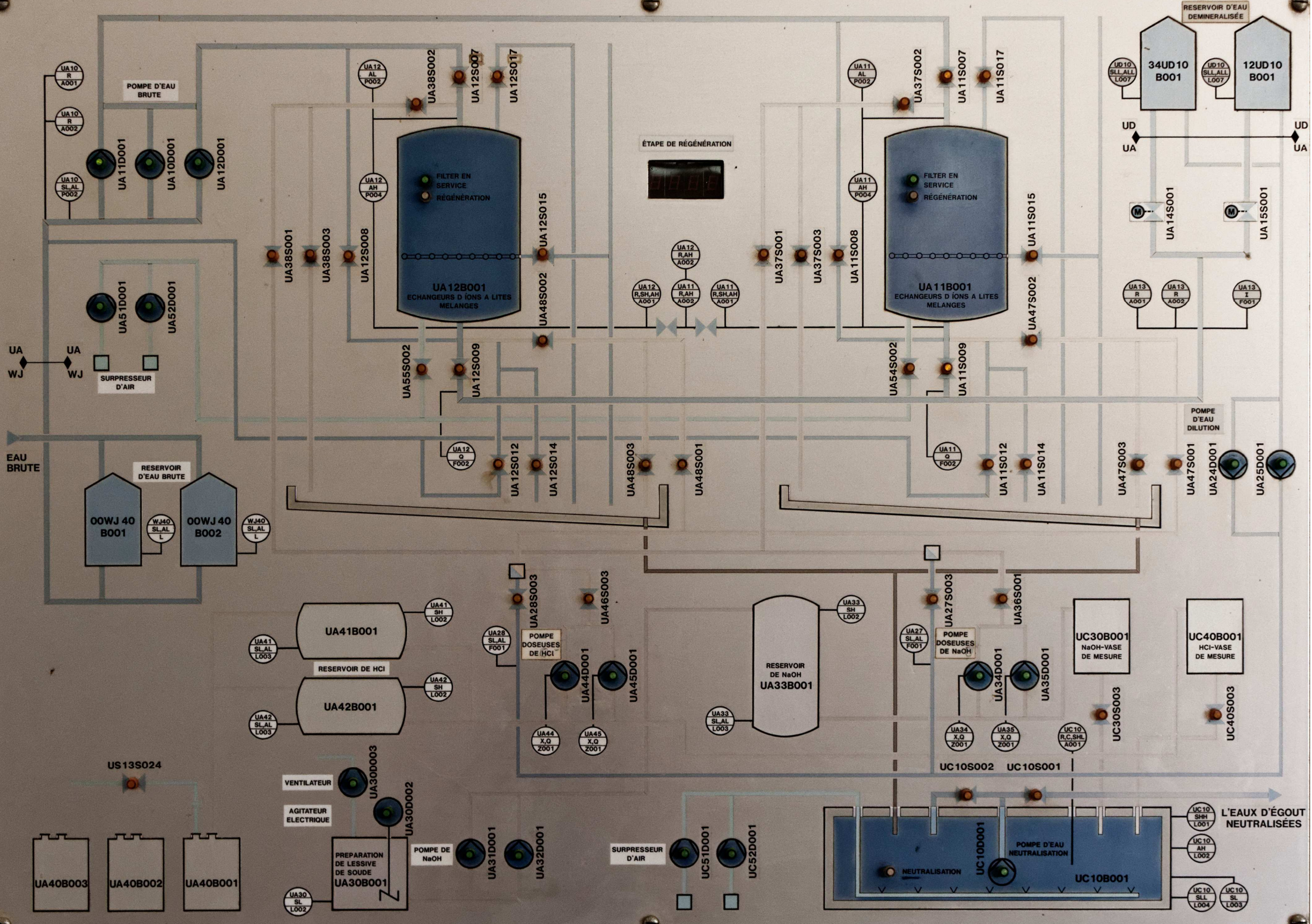
I.2.7.10 Salles Iskamatic: C'est les salles d'électronique où se trouvent toutes les armoires de cartes électroniques, c'est là où se fait la régulation des différents systèmes. L'Iskamatic est considérée comme l'intermédiaire entre la salle de commande et le site.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné brièvement une présentation de la centrale thermique de Cap_Djinet. Nous nous sommes intéressés au procédé de déminéralisation d'eau dessalée, car nous allons traiter l'automatisation de la procédure de filtrage d'eau dessalée et la procédure de la régénération des filtres à lits mélanges. A fin de pouvoir réaliser ce travail, nous allons présenter une description de ces deux procédures dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Présentation de la
station de
déminéralisation



L'installation de déminéralisation sert au traitement d'appoint d'alimentation des chaudières pour les quatre blocs de la centrale thermique de Cap-Djinet.

Pour l'eau brute, on utilise le distillat de l'installation de dessalement de l'eau de mer qui a la teneur en sel (NaCl) au max **20 mg/l** et température max **40°C**. On ne doit pas utiliser l'eau brute dure ou chlorée (eau potable) pour l'alimentation du procédé de déminéralisation. L'eau déminéralisée correspond dans sa qualité aux exigences à l'eau usée comme l'eau d'appoint d'alimentation des chaudières pour les générateurs à vapeurs à haute pression. La capacité normale de l'installation est de **40M³/h** pour chaque réservoir.

II.1. L'objectif de l'installation

L'objectif de déminéralisation est d'avoir l'eau pur de conductivité électrique inférieure à **0,1 $\mu\text{S/cm}$** et la teneur en acide silique SiO_2 inférieure à **0,02 mg/l**.

Les deux filtre à lits mélangés de déminéralisation ont une capacité nette de 2fois **40m³/h**. l'eau produit par l'installation, arrive d'abord dans les réservoirs de **1500m³** chacun, ensuite sera envoyé vers la bêche tampon pour alimenter la chaudière et une petite quantité d'eau potable pour les besoins de consommation.

II.2. constitutions de l'installation

- **3 pompes pour l'eau brute** : Deux en marche et la troisième en réserve (**UA 11D001, UA12 D001, UA10 D001**). Les pompes aspirent l'eau dessalée des a réservoirs (**00WJ40B00, 00WJ40B002**) puis le transportent vers les filtres à lits mélangés.
- **2 filtres à lits mélangés** (**UA12B001, UA11B001**)
- **2 Soufflantes à air mixte** (**UA51D001, UA52D001**)
- **2réservoirs de stockage de l'acide chlorhydrique** (**UA41B001, UA 42B001**)
- **2Pompes de remplissage de l'acide chlorhydrique** (**UA34D001, UA35D001**)
- **2Pompes doseuses de l'acide chlorhydrique** (**UA44D001, UA45D001**)
- **Station de dissolution de la lessive de soude**
- **2 Pompes de remplissage de lessive de soude** (**UA31B001, UA32B001**)
- **1 Réservoir de stockage pour la lessive de soude** (**UA33B001**)

- 2 Pompes 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
- Armoire de commande
- Jeu appareil de mesure

II.3. Description du procédé de filtrage à lits mélangés

Un filtre à lit mélangé comprend des échangeurs anioniques et échangeurs cationiques. On a deux filtres à lits mélangés avec une capacité de **40 m³ /h** de chaque et qui fonctionnent, en générale en mode alterné.

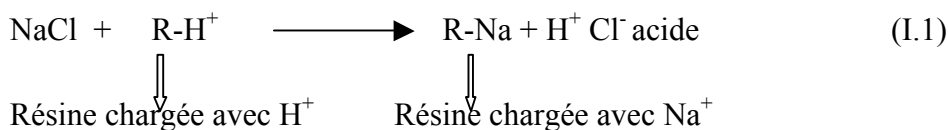
Les filtres à lits mélangés sont équipés de robinetteries commandées pneumatiquement pour le service automatique et la génération automatique.

En service, l'eau coule du haut vers le bas à travers la couche des résines. Les cations de l'eau sont absorbés par les résines cationiques et échangent contre « **H – ions** ». Les anions sont absorbés par la résines anioniques et échangent contre « **OH – ions** ». Après la fixation complète des résines il faut les régénérer avec l'acide dilué et la lessive de soude.

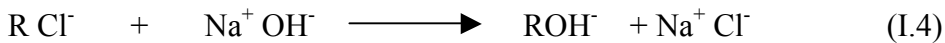
- Par l'acide chlorhydrique, les cations des résines sont expulsés et les H-ions sont fixes.
- Par la lessive de soude, expulse les ions absorbés et la résine est fixée par OH- ions. Ensuite, les résines échangeuses sont prêtes pour l'absorption.

❖ Equation de réaction

a). Fixation (pour Na Cl-sels)



b). Regeneration



La mise en Marche, de même que la mise hors service d'un filtre à lits mélangés et le déclenchement de la régénération sont effectués manuellement par l'opérateur dans la salle de commande, ensuite, le réglage de service et le déroulement de la régénération s'effectuent en semi automatique.

II.4 La régénération

Une fois que les résines sont saturées, et la conductivité de l'eau dépasse **0.1µs/cm**, la vanne **UA11S007** se ferme donc il y a lieu au procédé de régénération.

La régénération des résines à l'échange d'ions 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 transportée par des pompes doseuses **UA44D001** et **UA45D001** et diluée avec l'eau déminéralisée qui est transportée par les pompes de régénération **UA24D001** et **UA25D001** pour 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 diluée 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 cationiques et anioniques séparées sont mêlées par l'air comprimé fourni par les soufflantes d'air de balayage **UA51D001**, **UA52D001** qui sont en service, la vanne **UA54S002**, de même que **UA11S017** est ouverte. L'air fourni est introduit par le bas de filtre **UA11B001** et ressort par la partie supérieure.

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** est en service et les vannes **UA11S007** et **UA11S017** sont ouvertes.

Pour effectuer le lavage des résines, il faut faire une recirculation d'eau brute, en mesurant la conductivité de l'eau sortant du filtre :

- Si la conductivité est supérieure à **10µS/cm** l'eau est envoyée vers le rejet.
- Si la conductivité est comprise entre **0.1-10µS/cm**, les vannes **UA11S007** et **S014** sont ouvertes de même que la pompe pour l'eau brute est en service. Après avoir atteint **10µS/cm** la

vanne **S014** se ferme et le vanne **S012** s'ouvre et on rode jusqu'à une conductivité inférieure à **0.1 μ S/cm**. La recirculation (rodage) maintenue pendant **120 min**.

Le rodage une fois terminé la régénération est fini et le filtre passe en ordre de marche.

Les eaux usées réactionnelles à réaction acide, provenant des filtres à lits mélangés sont rassemblées, pour l'équilibrage des quantités et de concentration dans le bassin de neutralisation **UC10B001**.

II.5 Les étapes de la régénération

La mise en marche, de même que la mise hors service d'un filtre à lits mélangés et le déclenchement de la régénération sont effectués manuellement par l'opérateur dans la station.

Une régénération du filtre à lits mélangés est nécessaire quand :

La conductivité de **0,1 μ S/cm** dans le service est dépassée

La teneur en **SiO₂** de **0,02 mg/l** dans le service est dépassée

La résistance du filtre **UA11B001 (UA12B001)** dans le service dépasse **1,5Bars**

La durée de marche a fait déjà 4semaine

La mise en marche de la régénération est seulement possible quand l'espace de neutralisation est vide.

La régénération s'effectue par étapes comme suite :

***Etape01 : Lavage à contre courant et séparation des résines**

S'effectue d'en bas vers le haut, pour disperser et séparer les résines cationiques et anioniques

Les robinetteries **S008** et **S017** sont ouvertes et la pompe pour l'eau brute respective est en service.

La quantité est étranglée par la robinetterie **S008** à **25m³/h**, de façon qu'une expansion du lit de **50%** s'effectue et la résine est visible dans le verre indicateur supérieur. L'expansion dépend de la température de l'eau, la quantité doit être réglée ensuite. La séparation exacte qui est nécessaire pour une régénération correcte, peut être contrôlée dans le verre indicateur inférieur. Le lavage à contre courant dure **37min**.

***Etape02 : pause**

Pour la précipitation complète des résines, une pause de **7min** est nécessaire, la robinetterie d'évacuation **S017** est ouverte.

***Etape03+04 : Remplissage de l'acide et la lessive**

Les résines cationiques sont régénérées avec une solution d'acide chlorhydrique de **5%**, et les résines anioniques avec une solution de lessive de soude de **5%**.

Le remplissage de l'acide et de la lessive s'effectue en même temps. L'eau de dilution pour les produits chimiques est transportée par les pompes de régénération **UA24D001 (UA25D001)**.

***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 par 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 de 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 arrêtée. La robinetterie **UA28S003** reste toujours ouverte et sert seulement comme arrêt manuelle

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

Capacité de la pompe doseuse **6700 L/h=70%**

Compteur des levées sur l'armoire de commande **4500 levées** (remplissage de **30min**)

Quantité d'eau de dilution **3850 L/h**

Après avoir atteint le nombre de levées réglées sur le compteur dans l'armoire de commande, on arrête les pompes doseuses et on ferme la robinetterie **UA45S003**. Le lavage de l'acide commence; il dure à peu près **40min**. En suite, on ferme les robinetteries **UA28S003, UA47S001 (S002)** et **UA48S001 (S002)**, et on ouvre la robinetterie **UA47S003** et **UA48S003**

***Etape03b+04b : Remplissage de la lessive de 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 **UA11S015, UA12S015, UA37S001** et **UA38S002** 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 de l'eau à une solution de **5%**, la quantité de l'eau de dilution est réglée sur la robinetterie **UA27 (I, AL) F001**, de même que par la robinetterie **UA27S003**. Si le passage d'eau est très petit, une alarme est déclenchée par un contact limite et la pompe doseuse **UA34D001, UA35D001** est arrêtée. La robinetterie **UA27S001** reste toujours ouverte et sert seulement comme arrêt manuel

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

Capacité de la pompe doseuse **1000 L/h=64%**

Compteur des levées sur l'armoire de commande **3600 levées** (remplissage de **30min**).

Quantité de l'eau de dilution **6400 L/h** sur **UA27 (I, AL) F001**

Après avoir atteint le nombre de levées réglées sur le compteur dans l'armoire de commande, on arrête les pompes doseuses et la robinetterie **UA36S001** se ferme

Le lavage de la lessive de la couche échangeuse anionique commence ; il dure à peu près **40min**. En suite les robinetteries **UA38S003**, **UA37S003** s'ouvrent (les soupapes de sûreté contre les produits chimiques)

***Etape05 : Pause**

Les robinetteries **UA11S015**, **UA12S015**, de même que les soupapes de sûreté contre l'acide et la lessive restent ouvertes, les autres robinetteries sont fermées. La pause pour la stabilisation dure **30sec**

***Etape06 : Abaissement**

Pour éviter l'élimination des résines échangeuses par le lavage dans la prochaine étape, on fait couler l'eau, jusqu'à **10cm** au dessus de la couche supérieure du filtre, à travers la robinetterie **UA11S015**, **UA12S015** dans le canal. L'étape est terminée quand l'eau ne coule plus.

La durée est mesurée pendant la première mise en marche et réglée avec **30%** de réserve (**40min**).

***Etape07 : Mélange**

Les résines cationiques et anioniques séparées sont mêlées intimement par l'air comprimé.

La soufflante d'air de balayage **UA51D001**, **UA52D001** est en service, la robinetterie **UA54S002**, **UA55S002**, de même que **UA11S017**, **UA12S017** sont ouvertes. Le mélange des résines échangeuses cationique et anionique peut être contrôlé dans le verre indicateur.

***Etape08 : Remplissage**

L'espace vide dans le filtre est rempli par l'eau brute jusqu'à ce que l'eau sorte par la conduite d'évacuation.

La pompe pour l'eau brute respective est en service, les robinetteries **UA11S007**, **UA11S017**, **UA12S007** et **UA12S017** sont ouvertes

La durée est contrôlée pendant la mise en marche et réglée avec une réserve de **10%**

***Etape09+10 : Rodage**

On rode l'eau brute, dans la première étape, à une conductivité inférieure à $10\mu\text{S}/\text{cm}$ dans le canal; pendant ce temps, les robinetteries **UA11S007**, **UA11S014**, **UA12S007** et **UA12S014** sont ouvertes, de même que la pompe pour l'eau brute respective dans le service. Après avoir atteint la

conductivité la robinetterie **UA11S014** se ferme et la robinetterie **UA11S012** s'ouvre et on rode jusqu'à une conductivité inférieure à **0,1 μ S/cm**. En vue d'une économie de l'eau, on fait recirculer l'eau de rodage.

Si le temps de **120min** est dépassé, une alarme se produit. Le rodage une fois terminé, la régénération est finie et filtre passe en ordre de marche.

II.6. Neutralisation

La neutralisation d'un effluent consiste à ramener son PH à une valeur fixée en fonction des besoins.

Les solutions évacuées au niveau de la centrale ne peuvent pas être directement déversées dans le conduit des eaux résiduaires, car elles sont encore corrosives et pourraient endommager les canalisations, il faut donc neutraliser ces solutions.

Les solutions conduites à la neutralisation viennent :

- De la régénération
- Des filtres humides du réservoir **HCl**
- Des filtres humides du réservoir **NaOH**

II.6.1. Description de l'installation de neutralisation

Les composants principaux de l'installation de neutralisation :

- Un bassin mélangeur
- Une pompe aspirante
- Deux ventilateurs à air mélangeurs
- Deux réservoirs collecteurs

Le capteur de niveau très haut donne une alarme en salle de commande et met la neutralisation en service automatique. La pompe de recirculation reste en service pendant **20 minutes** avant toute injection, afin d'avoir un mélange homogène, et une mesure de **PH** correcte.

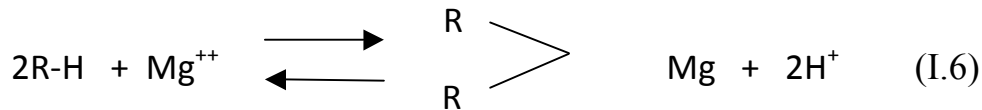
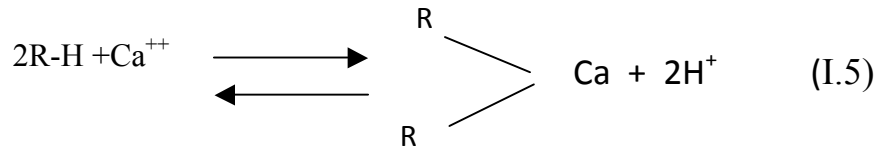
Après **20 minutes**, si le **PH** est bas, il y a injection de **NaOH**, s'il est supérieur à 7 injections de **HCl**.

II.6.2 Fonctionnement de la station de déminéralisation

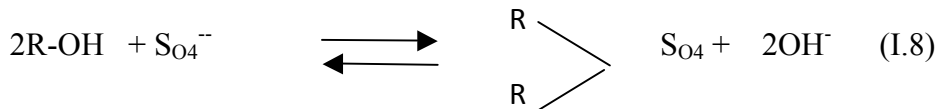
L'un des deux filtres à lits mélangés : **UA11B001** et **UA12B001** en service et l'autre en réserve.

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** qui règle le niveau d'eau dans le filtre.

Le filtre comprend le mélange d'échangeurs cationiques et anioniques, l'eau à déminéraliser s'écoule de haute en bas à travers les résines cationiques comme montrent les réactions suivantes :



Les anions et y compris le dioxyde de carbone et la silice sont retenus par la résine anionique et échangés contre OH⁻ selon les réactions suivantes :



L'eau déminéralisée sera envoyée vers les deux réservoirs de stockage : **12UD10B001** et **34UD10B001** à travers la vanne **UA11S009**.

Une fois que les résines sont saturées, et la conductivité de l'eau dépasse **0.1µs/cm**, la vanne **UA11S007** se ferme donc il y a lieu au procédé de régénération.

La régénération des résines à l'échange d'ions 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 transportée par des pompes doseuses **UA44D001** et **UA45D001** et diluée avec l'eau déminéralisée qui est transportée par les pompes de régénération **UA24D001** et **UA25D001** pour avoir une solution de **HCl 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 diluée 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 cationiques et anioniques séparées sont mêlées par l'air comprimé fournit par les soufflantes d'air de balayage **UA51D001**, **UA52D001** qui sont en service, la vanne **UA54S002**, de même que **UA11S017** est ouverte. 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** est en service et les vannes **UA11S007** et **UA11S017** sont ouvertes.

Pour effectuer le lavage des résines, il faut faire une recirculation d'eau brute, en mesurant la conductivité de l'eau sortant du filtre :

- Si la conductivité est supérieure à **10µS/cm** l'eau est envoyée vers le rejet.
- Si la conductivité est comprise entre **0.1-10µS/cm**, les vannes **UA11S007** et **S014** sont ouvertes de même que la pompe pour l'eau brute est en service. Après avoir atteint **10µS/cm** la vanne **S014** se ferme et la vanne **S012** s'ouvre et on rode jusqu'à une conductivité inférieure à **0.1µS/cm**.

La recirculation (rodage) maintenue pendant **120 min**.

Le rodage une fois terminé la régénération est fini et le filtre passe en ordre de marche.

Les eaux usées réactionnelles à réaction acide, provenant des filtres à lits mélangés sont rassemblées, pour l'équilibrage des quantités et de concentration dans le bassin de neutralisation **UC10B001**.

II.7. contrôle et enregistrement de l'installation :

La commande de l'installation s'effectue par une armoire de commande centrale 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.

Pour chaque moteur et chaque vanne, commandée automatiquement, il y a dans le schéma des connexions, des lampes de contrôle, celles-ci indiquent, si le moteur marche ou s'il est arrêté et si la vanne est ouverte ou fermée.

Pendant la marche normale, il faut contrôler l'installation toutes les 4 heures, pour surveiller son fonctionnement. Les valeurs mesurées et analyses doivent être effectuées selon les intervalles suivants et il faut les enregistrer dans un cahier de fonctionnement.

- Contrôle de toutes les pompes à leur marche tranquille, encrassements éventuels, inétanchéités...
- Chute de pression sur **UA11 (12) I** différence de pression **P 005**

Une augmentation de pression excessive peut être causée par l'évacuation des résines (tuyau du filtre défectueuse).

Pour contrôler et nettoyer le filtre, il faut ouvrir la vanne **UA11 (12) S001**

- Le capteur de résines **UA11 (12) Z001** doit être démonté une fois par mois et contrôlé à sa pureté.
- La vanne **UA53S001** doit être ouverte brièvement tous les 3 jours pour que l'eau condensée, éventuellement présente, puisse s'écouler.

Pour le contrôle de l'installation, il faut tenir un cahier de fonctionnement et enregistrer les valeurs suivantes toutes les 4 heures :

- ❖ Débit **UA11 (12) F001**
- ❖ Conductivité **UA11 (12) A001**
- ❖ Teneur en SiO_2 **UA11 (12) A002**
- ❖ Niveau du compteur **UA11 (12) F002**
- ❖ Pression différentielle **UA11 (12) P004**
- ❖ Valeur **PH** après le dosage de l'ammoniac
- ❖ Valeur **PH** de l'eau usée neutralisée
- ❖ Pannes
- ❖ Consommation journalière de produits chimiques

II.8. Description des appareils de mesure

Designation	Fonction	Contact d'enclenchement
UA11 (I, AI) P002 UA12 (I, AI) P002	Indicateur de oppression	Alarmes pendant manqué de pression est réglée à 2 bars
UA11 (I) P003 UA12 (I) P003	Indicateur de pression	
UA11 (I, AH) P004 UA12 (I, AH) P004	Indicateur de la résistance du filtre	Réglé à 0.7 bars , pendant le dépassement, une alarme se produit (il est nécessaire de charger au filtre de réserve)
UA11 (I) P005 UA12 (I) P005	Indicateur de la perte de pression des capteurs de résine	
	P min=0.15 bars P max=2 bar	
Decimeters UA11 (I) F001 UA12 (I) F001	Indicateur de la quantité d'eau brute, 43.4m³/h	
UA11 (F) F002 UA12 (F) F002	Totalisation de la quantité de l'eau pure	

Conductivimètre UA11 (I, R, SH) A001 UA12 (I, R, SH, AH) A001	Indicateur et registration de la conductivité de l'eau pure	Réglé à 0.1µS/cm , alarme et interruption quand dépassement
UA11 (I, R, AH) A002 UA12 (I, R, AH) A002	Indicateur et registration de la teneur en SiO₂ de l'eau pure	Réglé à 20mg/l , alarme quand dépassement

Les appareils de mesures donnent la possibilité d'agir sur le procédé de fabrication de manière à obtenir la qualité du produit fini conformément à certains spécifications dans les meilleurs conditions de sécurité, de fiabilité et de rendement dans le présent traité, nous étudierons les appareils de contrôle, de transmission et de mesure de l'unité de déminéralisation des quatre paramètres physiques industriels les plus important à savoir la pression, le débit, le niveau et la conductivité.

II.9. Les paramètres physiques

II.9.1 Capteurs de débit (les débitmètres)

UA12 (I) F001

UA11 (I) F001

UA27 (I, AL) F001



Figure 2.1.débitmètre de type BGN

▪ 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 par le débitmètre à flotteur de bas en haut.

Si la quantité de fluide est suffisante, le flotteur est élevé jusqu'à l'équilibre ment entre la 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.

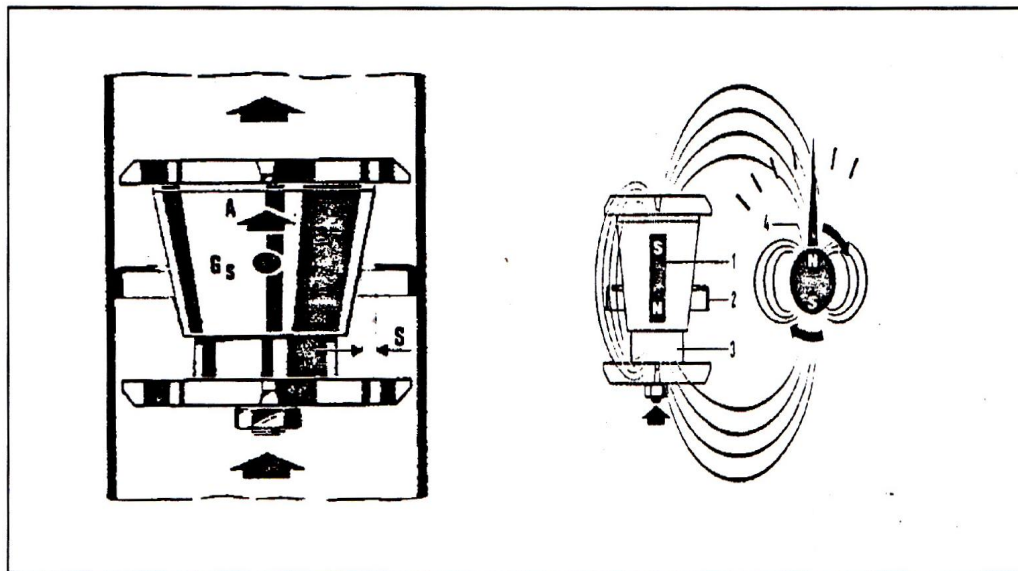


Figure 2.2.shima de principe de mesure

La prise alimentée par l'oscillateur **10 MHz** délivre une tension alternative proportionnelle à la grandeur d'entrée Δp . Dans la partie électronique, cette tension est amplifiée, redressée en double alternance et convertie en un courant continu contraint **I_a** dans le convertisseur tension courant.

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

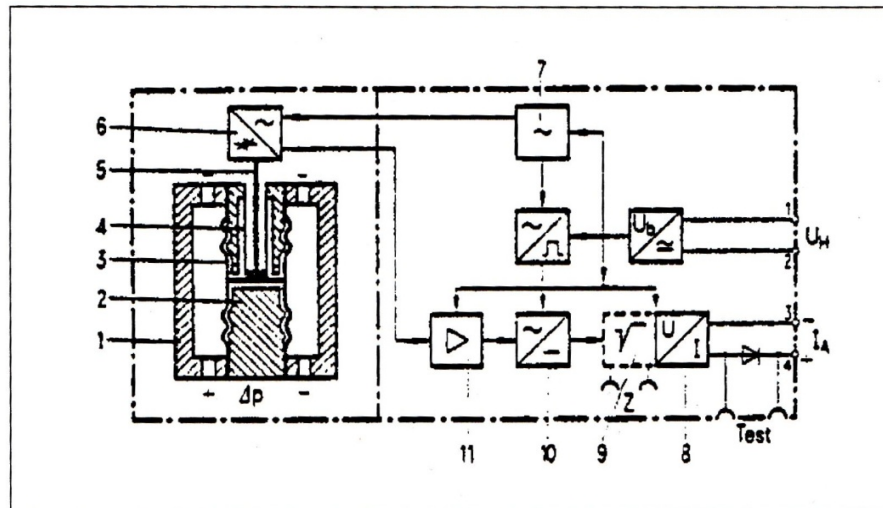


Figure 2.3. transmetteur de mesure TELEPEME F pour pression différentielle et débit en technique de quatre fils

I_a : Signal de sortie.

Δp : pression différentielle appliquée à l'entrée.

U_b : Tension d'alimentation

U_h : Énergie 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 capacitive

7: Oscillateur 10 kHz

8: Convertisseur tension –courant

9: *extracteur de* racine carrée (pour mesure de débit)

10 : redresseur à double alternance

11 : amplificateur

***Domaines d'application**

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 mbars** (pression différentielle) ou **10 à 2000 mbars** (débit).

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

II.9.3. Capteurs de niveau : UA 41 (SL, AL) L003**UA 42 (SL, AL) L003****UA 41 (SH) L002****UA 42 (SH) L002****UA 33 (SL, AL) L003****UA 33(SH) L002****UA 30 (SL) L002**

Figure 2.4. capteur de niveau

▪ Principe de mesure :

Le contrôleur MBSK fonctionne selon le principe du flotteur avec transmission magnétique du niveau sur une grande échelle avec billes colorées. Par 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_s .

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

- **Domaine d'utilisation :** Le type **MBSK** est qualifié pour le contrôle des liquides et des gaz par l'application des matières spéciales. le type **MBSK** est un indicateur pour la mesure et le contrôle des niveaux dans des réservoirs ouvertes ou fermés.

II.9.4. Capteurs de pression

- **Manomètres WIKA à tube manométrique (DIN 16006) :**

A) Manomètres de sécurité (à cloison rigide) :

UA10 (I, SL, AL) P002

UA11 (I, AL) P002

UA12 (I, AL) P002

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 du travail. Ces appareils servent à la mesure de pression dans la plage de pression positive ou négative jusqu'à **1600 bars** 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 par une viscosité élevée et ne sont pas cristallisables. Ils peuvent être installés en plein air et dans une atmosphère agressive.

Les manomètres **WIKA** ont fait leurs preuves pour la mesure, la surveillance de pressions et la télétransmission de signaux. Les principales applications sont : centrales électriques, Technologie des hautes pressions, Techniques de mesure et régulation...

Pour des conditions de service particulièrement dures, les manomètres sont remplis de liquides afin d'améliorer la durée de vie et les vibrations du système de mesure. Pour les tâches de régulation et de commande, les manomètres **WIKA** sont équipés de contacts et de télétransmetteur.



Figure 2.5. manomètre de WIKA

➤ 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°C .

➤ Constitution

Les manomètres **WIKA** sont constitués d'un boîtier rond robuste en acier dans le style caractéristique **WIKA** entoure et protège le système de mesure dans lequel le raccord, le support de l'organe de mesure, le mécanisme indicateur et le cadran. Toutes les pièces entrant en contact avec le fluide mesuré sont en alliage de cuivre ou en acier inoxydable.

Le boîtier se caractérise par une cloison solidaire placée entre cadran et organe de mesure, associé avec un fond éjectable. Le support de l'organe de mesure et le raccorde constituent une unité installée radialement dans le boîtier. Le raccord arrière est centré pour le diamètre nominal 63, et décentré pour le diamètre nominal 100.

Les appareils de mesure **WIKA** sont fermés par une vitre en verre de sécurit, fixée au boîtier par une bague à baionnette, de telle sorte que si une fuite venait à se produire ou si l'organe de mesure venait éclater, ni la vitre ni le fluide mesuré ne pourraient être éjectés de l'appareil vers l'avant. L'organe de mesure en acier inoxydable ou en monel est circulaire ou hélicoïdal selon l'étendue de mesure. L'organe de mesure et son support sont soudés. La pression est amenée à l'organe de mesure par un canal percé dans le raccord.

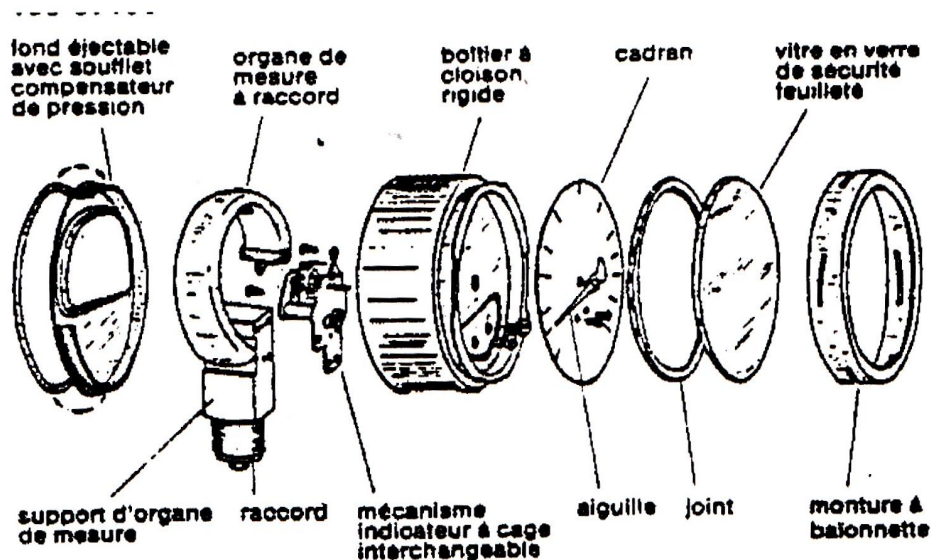


Figure 2.6. constitution des manomètres diamètre nominale 63, 100, 160

➤ Liquide der emplissage

Les manomètres **WIKA** à remplissage de liquide et à cloison rigide sont étanches et amortissent les pollutions au système de mesure provoqués par des changements brusques de pression, des pulsations et des vibrations. L'effet lubrifiant du liquide réduit l'usure des pièces mobiles, assurant ainsi une prolongation de la durée de des appareils.

Le modèle à remplissage de liquide est équipé d'un soufflet de compensation de pression fixé à la paroi arrière du boîtier et relié à l'atmosphère extérieure par une ouverture de compensation.

Grace à sa fiable rigidité, le soufflet de compenser la pression internes du boîtier et la pression atmosphérique ; il empêche par conséquent, des montés de pression causés par un changement de volume du liquide de remplissage dans le boîtier en fonction de la température, ce qui risquerait de fausser les valeurs les valeurs mesurés.

➤ Propriétés métrologiques

- Résistance thermique :
- ✓ Température ambiante : **-25°C à +60°C**
- ✓ Température de fluide : jusqu'à **+100°C**
- Déviation de l'indication causée par des températures différentes de la température Standard de **+20°C**.

La déviation de l'indicateur par **10°C** d'élévation de température : **0.3%** environ : par **10°C** d'abaissement de température : **-0.3%** de valeur lue.

Pour la correction du résultat de mesure il faut tenir compte de la température du système de mesure, non de celle du fluide mesuré.

B) Manomètres avec accessoires électriques :

➤ Manomètre à contact

Les contacts électriques ferment ou ouvrent des circuits en fonction de la position de l'aiguille. Les contacts sont ajustables de l'extérieur sur toute l'étendue de l'échelle. L'indication des valeurs mesurées étant indépendante de la position du point de commutation.

Les manomètres à contact peuvent être utilisés sous toutes les conditions, même en exécution adéquate, dans les zones à risque d'explosions.

Le branchement électrique s'effectue par une boîte de jonction sur le coté droit du boîtier dans le cas d'appareils de diamètre nominal **160** à trois contacts inductifs le branchement électrique se fait un câble de longueur **1m**, passant par la paroi arrière du boîtier.



Figure 2.7. manomètre avec contact

➤ Manomètres avec télé transmetteur électrique

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

L'installation d'une télé transmetteur dans le boîtier est possible pour les appareils de diamètre nominal **160**.

La télé transmetteur potentiométrique simple peut être installée dans les appareils de diamètre nominal **100**, le diamètre nominal **160** peut recevoir une télé transmetteur simple ou double.

Pour ces appareils la boîte de connexion électrique est placée sur le côté droit du boîtier. Les appareils à télé transmetteur double sont équipés de deux boîtes de connexion.

II.4.2. Manomètres différentielles à membranes

UA11 (I, AH) P004

UA12 (I, AH) P004

Description

Ces manomètres pour pression différentielle sont faits en acier inoxydable résistant à la corrosion. Ils peuvent résister à une forte surpression grâce à leur construction entièrement métallique et à leur élément membrane spécifique. Grâce à cette conception acier inox robuste et de qualité, ce manomètre est destiné aux applications du procès notamment dans la chimie. Il est adapté aux fluides gazeux ou liquides, également en environnement agressif.

Les parties en contact avec le fluide de ces manomètres sont également disponibles dans des matériaux spéciaux comme le Monel, ou le **PTFE**. Des étendues de mesure à partir de **0...60 mbar** jusqu'à **0...40 bars** sont adaptés à un grand nombre d'applications.



Figure 2.8.manomètre pour pression différentielle type 732.14

*Particularités

- Etendues de mesure de pression différentielles à partir de **0...60 mbar**
- Pression statique élevée et forte surpression admissible jusqu'à **40, 100, 250, ou 400 bar**.
- Protection hydraulique de la cellule de mesure contre les variations brusques de pression.
- Disponible avec contacts électriques.

Applications :

- Pour mesure de pression différentielle avec surpression différentielle et pression statique élevées, également en environnement agressif.
- Surveillance de filtres par indication de la perte de charge.
- Mesure du niveau de réservoirs ouverts ou fermés.
- Mesure du débit de fluides (liquide, gaz ou vapeur) avec indication proportionnelle à la pression différentielle.
- Surveillance et contrôle de pompes.
-

❖ Construction et fonctionnement

Deux membranes (1) délimitent des chambres de mesures « **BP** » (2) et « **HP** » (3), dans lesquelles règnent les pressions **P1** et **P2**, dont la différence fait dévier les membranes.

L'enceinte (4) comprise entre les membranes est remplie avec un liquide de transmission.

La différence de pression entre les chambres « **HP** » et « **BP** » déforme les membranes (1) et déplace le liquide de transmission. Le déplacement de la bielle (5) entraîne le levier (6) qui génère la rotation de l'axe (7), elle-même transmise au mouvement (9).

Le tube de torsion (8) assure l'étanchéité de la chambre « HP » ou « BP » par rapport à l'atmosphère.

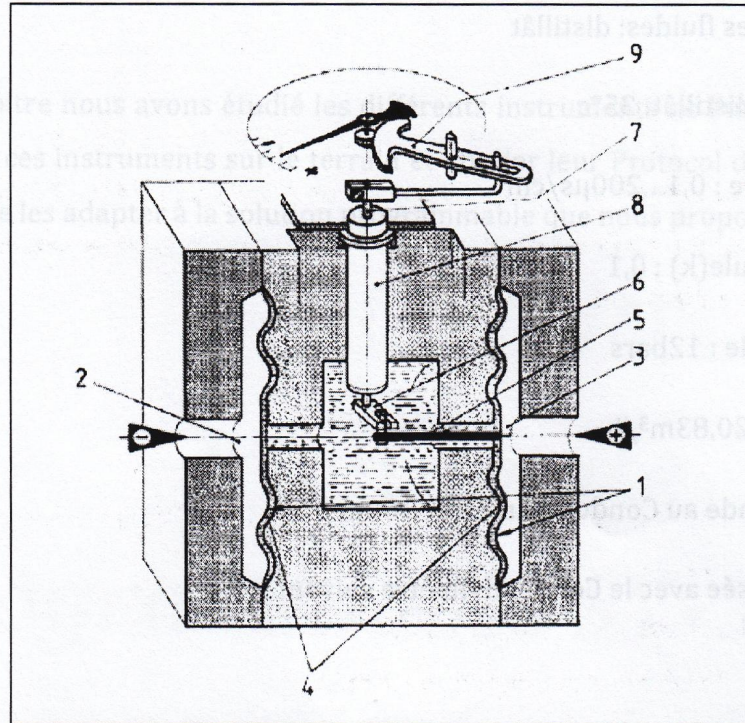


Figure 2.9. schéma de principe de fonctionnement

❖ Matériaux :

- Pièce en contact avec le fluide sous pression (raccord, chambres de mesure, organes de mesure, soufflets) : acier inoxydable.
- Joint d'étanchéité : **PTFE**
- Vitre : verre de sécurité.
- Cadran et aiguille : alliage d'aluminium.
- Support manuel : fonte grise

II.5. Conductivimètre :

La sonde de conductivité est utilisée pour la mesure de la conductivité du distillât des unités dessalement d'eau de mer.

❖ Caractéristiques techniques :

- Sonde de conductivité à électrode de mesure coaxiale :

Utilisation dans les fluides : distillât

Température de distillât : **35°c.**

Gamme de mesure : **0,1..200µs/cm**

Constante de cellule (K) : **0,1**

Pression maximale : **12 bars**

Débits nominale : **20,83m³/h**

Distance de la sonde au conductivimètre : **100m**

- La sonde est utilisée avec le conductivimètre suivant :

MYCOM CLM 151

Distance de la sonde au conductivimètre : 150m avec un boîtier de raccordement à 3 mètres de la sonde.

Gamme de mesure : **0....200µs/cm.**

Entrée : **0/4...20mA**

Alimentation : **24 v DC**

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les aspects liés au déroulement de filtrage d'eau dessalée et la régénération des filtres à lits mélangés, et nous avons présenté le principe de fonctionnement des différents capteurs et actionneurs utilisés pour constituer les entrées de l'automate. Nous avons choisi de faire notre application sur l'automate programmable de la famille SIMATIC de SIEMENS qui est S7 300 qui est utilisé par entreprise. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différentes parties de cet automate.

Chapitre III

L'automate
programmable et la
programmation en
Step7

Après avoir effectué une étude complète de la station de déminéralisation de la centrale thermique de Cap_Djinet dans le chapitre précédent, tout système automatisé fait appel à une représentation formelle qu'on appelle modèle. Il existe plusieurs modèles de spécifications d'automatisme. Parmi les modèles les plus utilisés, le GRAFCET.

La modélisation par le GRAFCET est une base très importante pour l'automatisation d'une machine pour la réalisation d'un système automatisé.

Dans le présent chapitre nous allons présenter et détailler le fonctionnement de la machine et essayons d'élaborer le travail demandé dans le cahier des charges relatif à l'amélioration de la commande.

III.1 GRAFCET

Une conception d'un système automatisé industriel comporte un cahier des charges, établi en collaboration avec les différents services utilisant ce système.

Outre les contraintes techniques, elle comporte des instructions impératives reliant la partie commande à la partie opérative, ainsi que le dialogue avec l'opérateur.

La conception, l'étude et la réalisation de l'automatisme nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description des systèmes automatisés séquentiels dans l'ordre chronologique des étapes tels que : l'organigramme, le GRAFCET ...

Afin de modéliser notre système industriel, nous avons choisi d'utiliser le GRAFCET qui est considéré comme un outil simple, permettant la modélisation parfaite du système en tenant compte des contraintes physiques et logiques du fonctionnement.

III.1.1 Définition du GRAFCET

Le GRAFCET (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape/**T**ransitions) est un outil graphique de description des comportements d'un système logique. Il est fréquemment utilisé pour la mise en œuvre des automates programmables industriels.

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique à laquelle on associe une interprétation, de plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolutions, complétées par l'implantation par des algorithmes d'application de ces règles.

III.1.2 Exemple d'un grafcet

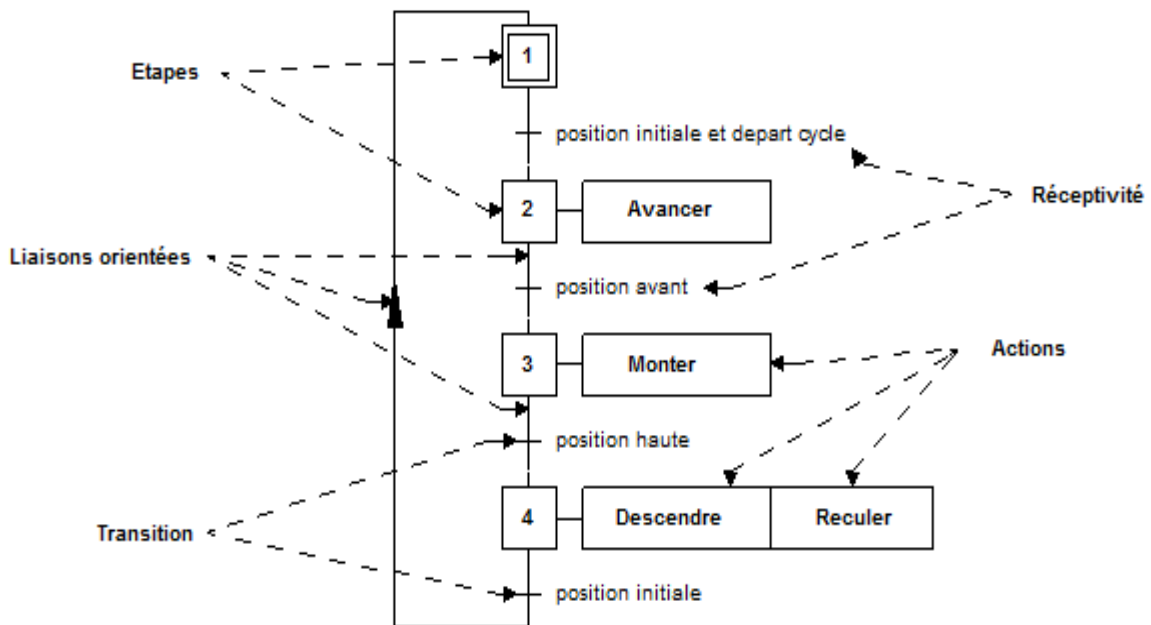


Figure 2.1 : Exemple de grafcet.

III.2 Eléments de base du Grafcet

Le fonctionnement d'un système automatisé peut être représenté graphiquement par un ensemble :

- D'étapes auxquelles sont associées des actions.
- De transitions auxquelles sont associées des réceptivités.
- Des liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

III.2.1 Etape initiale

L'étape initiale est représentée par un carré double, elle caractérise l'état du système au début de fonctionnement.

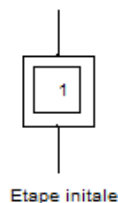


Figure 2.2 : Etape initiale.

III.2.2 Etapes

Elles représentent les différentes phases du cycle de fonctionnement d'un système automatisé.

Une étape correspond à un comportement stable du système. Les étapes sont numérotées dans l'ordre croissant. A chaque étape on peut associer une ou plusieurs actions.

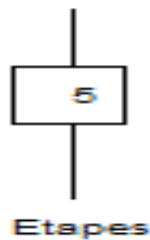


Figure 2.3 : Etape.

Une étape peut être active ou inactive. Si on veut représenter une étape active à un instant donné, on place un point à l'intérieur du carré.

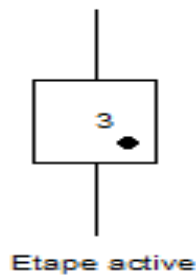


Figure 2.4 : Etape active.

III.2.3 Transitions

Une transition indique la possibilité d'évolution d'une étape à l'étape suivante. A chaque transition, on associe une ou plusieurs conditions logiques qui traduisent la notion de réceptivité.

Une transition est représentée par un tiret perpendiculaire au trait de liaison reliant deux étapes. Une transition est validée lorsque l'étape ou (les étapes) immédiatement précédentes sont actives.

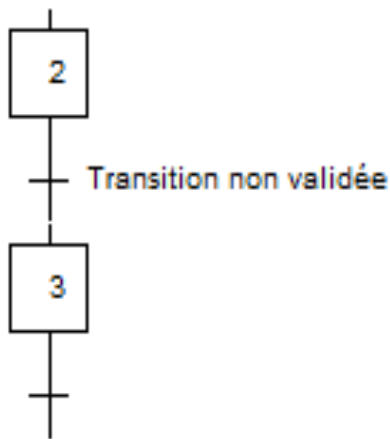


Figure 2.5 : Transition non validée.

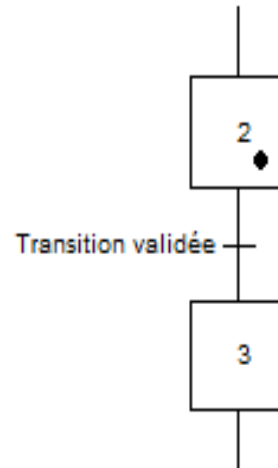
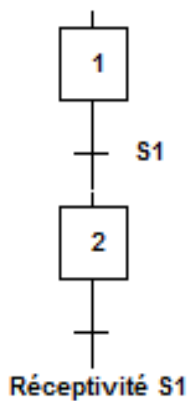


Figure 2.6 : Transition validée.

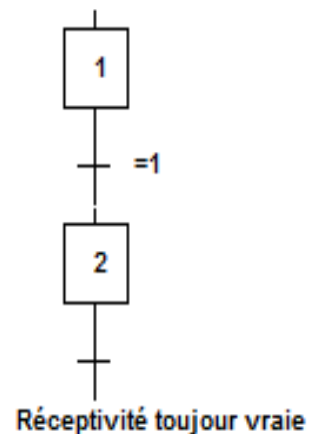
III.2.4 Réceptivités

La réceptivité est la condition logique pour l'évolution du grafcet. Les réceptivités proviennent du pupitre de commande, des fins de courses ou d'information provenant de la partie opérative. La réceptivité peut être vraie ou fausse. Si la réceptivité est vrai (=1) la transition peut être franchie et le cycle peut évoluer si elle est fausse alors la transition ne peut pas être franchie. Si une réceptivité est noté=1, ceci indique qu'elle est toujours vraie.

Les réceptivités peuvent être prises en compte sur les fronts montants ou sur les fronts descendants des variables concernées.



(a) : Réceptivité.



(b) : Réceptivité vraie.

Figure 2.7: Les réceptivités

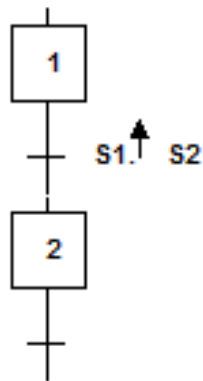


Figure 2.8 : Réceptivité multiple avec prise en compte de S2 sur front montant

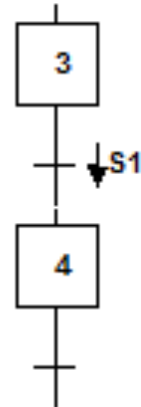


Figure 2.9 : Réceptivité avec prise en compte de S1 sur front descendant

III.2.5 Liaisons orientés

Le Grafset se lit de haut en bas, autrement il est nécessaire d'indiquer son évolution avec des liaisons orientées constituées de flèche indiquant le sens.

III.2.6 Action

L'action est associée à une étape, elle est active lorsque le cycle est arrivé sur l'étape. Il est possible de définir les actions conditionnelles, temporisé (électrovanne, enclenchement d'un contacteur ...etc.). Chaque action est inscrite de façon symbolique ou littérale à l'intérieur d'un rectangle relié à l'étape par un trait (Fig2.10).

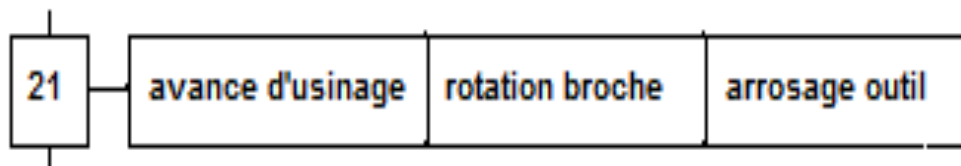


Figure 2.10: Exemple d'une action dans un grafset niveau1.

L'étape 21 est active alors les actions associées seront exécutées

Une action peut être conditionnelle c'est-à-dire qu'elle est vraie si l'étape concernée est active et si la condition signalée est également vraie. Seules les actions qui peuvent être actives à l'étape concernée sont inscrites dans un rectangle, on ne devra donc pas trouver d'action barrée (complémentée). Une étape sans action est généralement une étape d'attente.

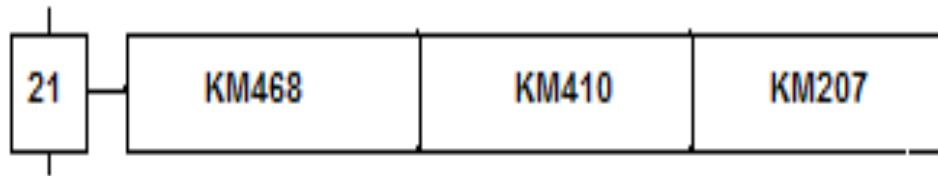


Figure 2.11: Exemple d'une action dans un grafcet niveau2.

III.2.7 Les séquences multiples

Le GRAFCET à séquences multiples, contrairement au GRAFCET linéaire, comporte plusieurs séquences. La sélection de ces séquences se fera par aiguillage appelés divergences en OU, en ET.

III.2.8 Divergence et convergence en OU

Après l'étape (20), en fonction de la transition à franchir (A ou B) la séquence comportent les étapes (21), (22), (23) ou elles comportent les étapes (24), (25), (26) se déroulera comme suit.

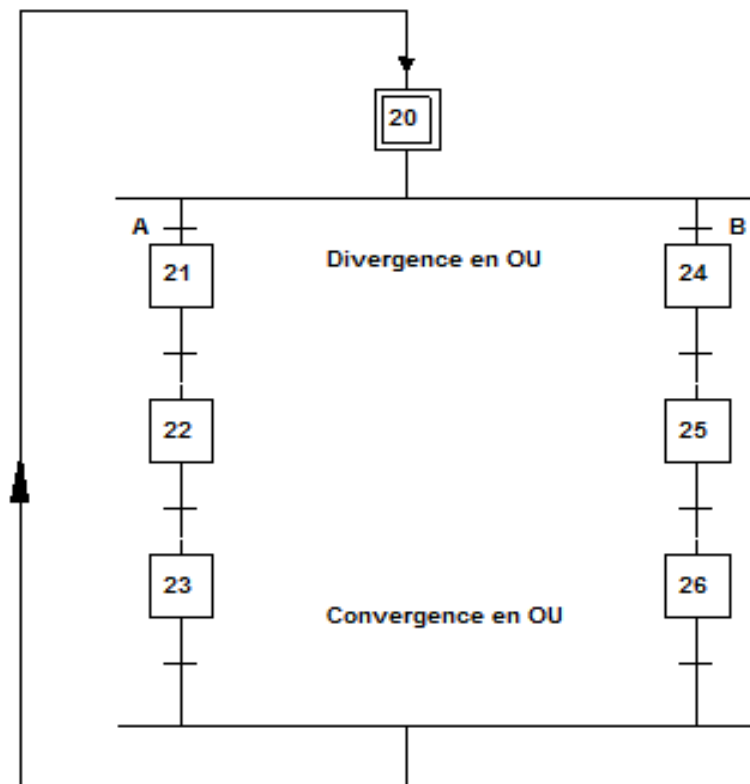
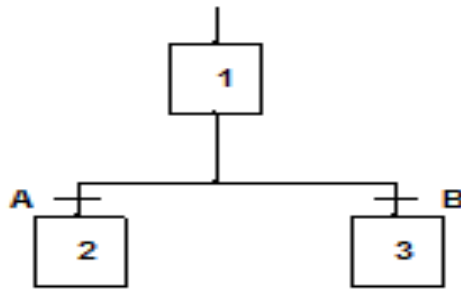


Figure 2.11: Divergence et convergence en OU.

Exemple :

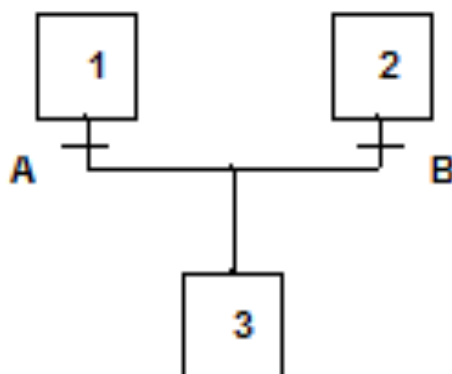
- Si l'étape 1 est active et la réceptivité A est vraie (sans B), alors on aura la désactivation de l'étape 1 et l'activation de l'étape 2, l'étape 3 restera inchangée.



- Si les (étapes) réceptivités A et B sont vraies puis l'étape 1 est activée ; alors on aura l'activation de l'étape 2 et 3.

Convergence en OU

- L'étape 1 est active et A est vraie (sans B), alors on aura l'activation de l'étape 2 et la désactivation de l'étape 1. L'étape 3 restera inactive.
- Si les étapes 1 et 2 sont actives et A et B sont vraies ; alors l'étape 3 sera active, les étapes 1 et 2 seront désactivées.



III.2.9 Divergence et convergence en ET

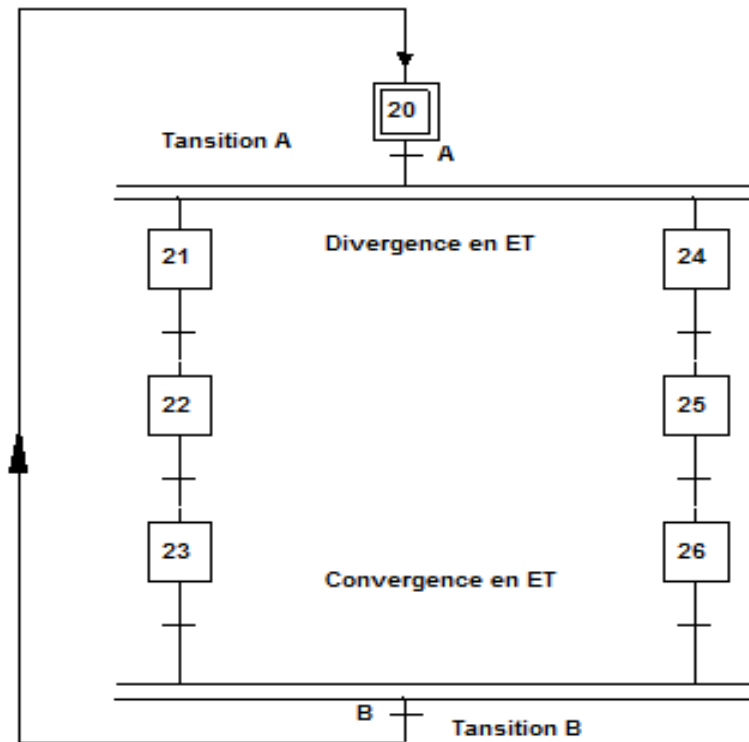
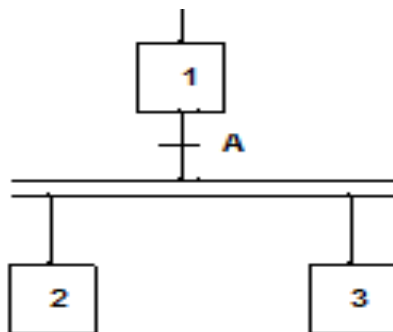


Figure 2.12: Divergence et convergence en ET.

III.2.9.a) Divergence en ET

Deux ou plusieurs séquences peuvent être simultanément activées à partir de la même transition.

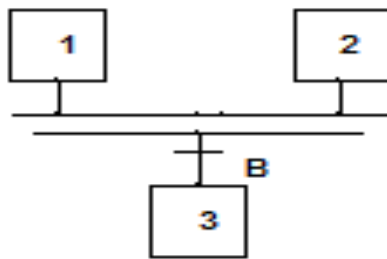
- Si l'étape 1 est active et A est vraie ; alors en aura la désactivation de l'étape 1 et l'activation des étapes 2 et 3.



III.2.9.b) Convergence en ET

La convergence entre plusieurs branches parallèles ne pourra s'effectuer que lorsque toutes les séquences seront terminées.

- Si l'étape 1 est active seule, A est vrai ; alors il n'y a pas aucun changement.
- Si l'étape 1 et 2 sont actives et B est vraie, alors on aura l'activation de l'étape 3 et désactivation des étapes 1 et 2.



III.2.10 Saut d'étapes

Un saut d'étape permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles (exemple: perçage avec ou sans débouillage) Fig. 2.13.

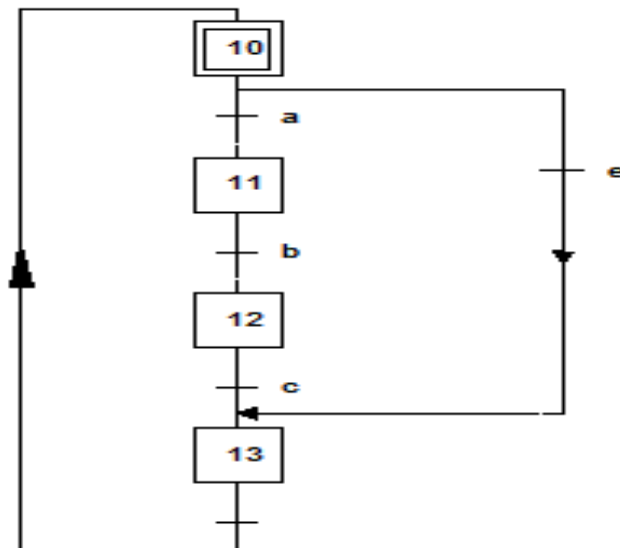


Figure 2.13 : Saut d'étapes.

III.2.11 Reprise de séquence

Un renvoi de séquence permet d'effectuer plusieurs fois une même séquence tant qu'une condition n'est pas réalisée (exemple : remplissage d'un produit) Fig. 2.14.

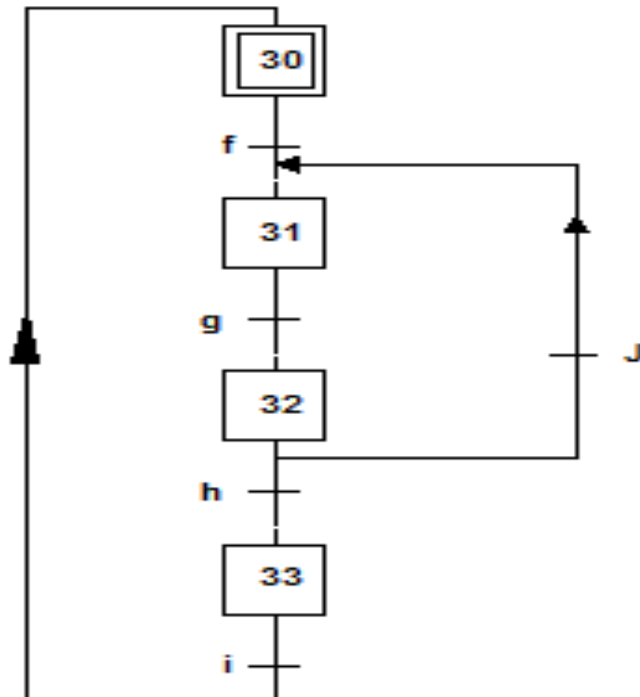


Figure 2.14 : Reprise de séquence.

III.3 Règles de syntaxe

L'alternance étapes- transition et transition –étapes doit toujours être respecté quelque soit la séquence parcourue.

Deux étapes ne doivent jamais être reliées par une liaison orientée

Elles doivent être séparées par une transition.

Deux transitions ne doivent jamais être sur la même liaison orientée

Elles doivent être séparées par une étape.

III.4 Règles d'évolution du GRAFCET

Un GRAFCET possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

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

- **Règle n°1 :** condition initiale

La situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commande et correspond aux étapes actives au début de fonctionnement.

➤ **Règle n°2** : Franchissement d'une transition :

Pour qu'une transition soit validée, il faut que toutes ses étapes amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) soient actives. Le franchissement d'une transition se produit lorsque la transition est validée, ET seulement si la réceptivité associée est vraie.

➤ **Règle n°3** : Evolution des étapes actives

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

➤ **Règle n°4** : Franchissement simultanées

Toutes les transitions simultanément franchissables à un instant donné sont simultanément franchies.

➤ **Règle n°5** : Conflit d'activation

Si une étape doit être simultanément désactivée par le franchissement d'une transition aval, et activée par le franchissement d'une transition amont, alors elle reste active. On évite ainsi des commandes transitoires (néfastes à la partie opérative).

III.5 Niveau d'un GRAFCET

III.5.1 Grafcet niveau 1

Il est appelé aussi niveau de la partie commande, il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviation, Fig. 2.15. (b).

III.5.2 Grafcet niveau 2

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus détails des actionneurs, et des capteurs, la représentation des actions et réceptivités est écrites en abréviation et non en mot. On associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité Figure 2.15 (a).

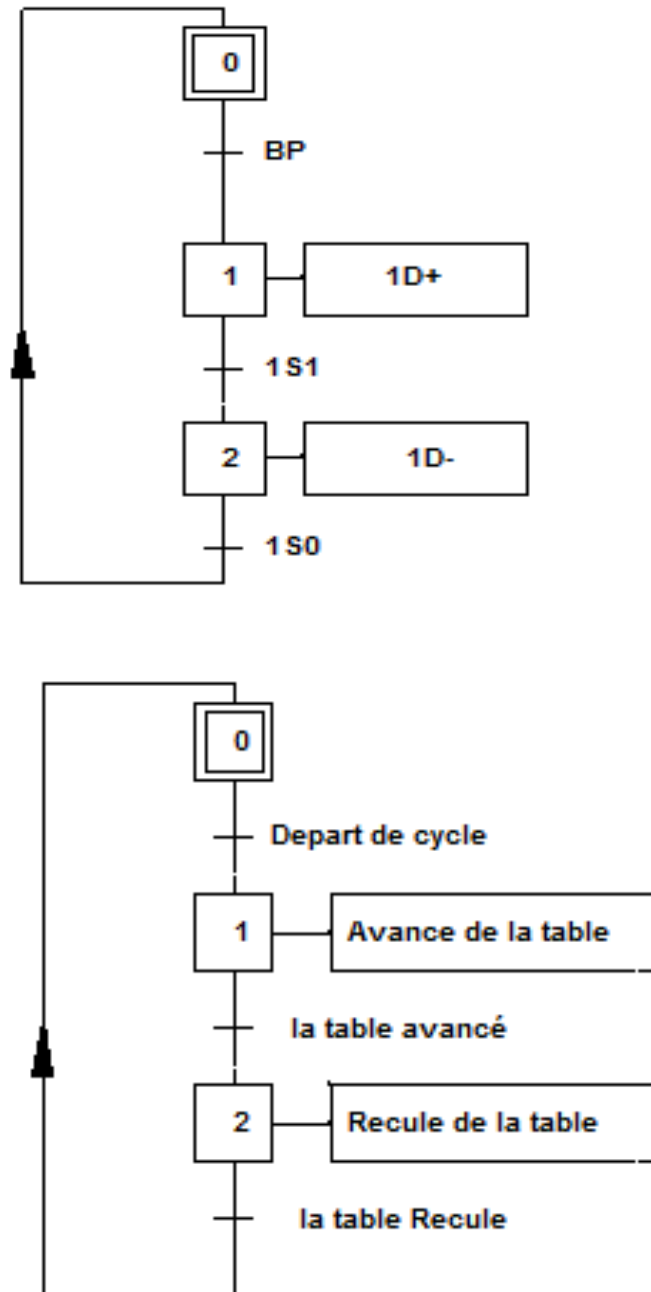


Figure 2.15 : Les Niveaux du GRAFCET.

III.6 Mise en équation d'un GRAFCET

La conception des équipements industriels automatisés inclut la mise en équation des GRAFCET associés.

La mise en équation représente l'interface équationnelle entre le GRAFCET, diagramme fonctionnel descriptif du comportement dynamique d'un automatisme séquentielle, et l'ensemble des conceptions technologiques réalisées.

Soit à partir d'élément modulaire intégrant plus ou moins certaines des relations logiques (équation) dans une logique câblée.

Soit à partir de la traduction de ces équations en instruction dans une logique programmée.

Une étape X d'ordre (n) présente deux états possibles :

- ✓ L'état actif
- ✓ L'état inactif

Qui peuvent s'écrire respectivement X_n et \bar{X}_n

Les conditions d'activation d'une étape de rang sont : Les étapes de rang (n-1) doivent être actives $X_{n-1} = 1$, Figure 2.16.

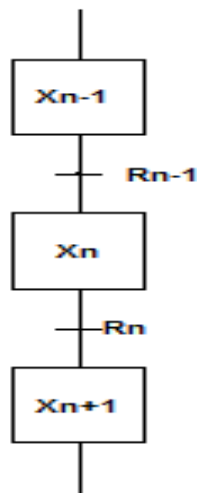


Figure 2.16 : Cas générale de la mise en équation d'un grafcet.

III.7 GRAFCET et fonctionnement de la machine

Le programme de l'automate ne peut être écrit avant que l'on ait analysé en détail toutes les fonctions qu'il doit remplir et l'ordre dans lequel il doit les remplir. Pour cette analyse nous avons choisi un outil de modélisation qui est le GRAFCET. Dans la suite nous allons donner le grafcet niveau 1 (Figure 2.17 et Figure 2.18)

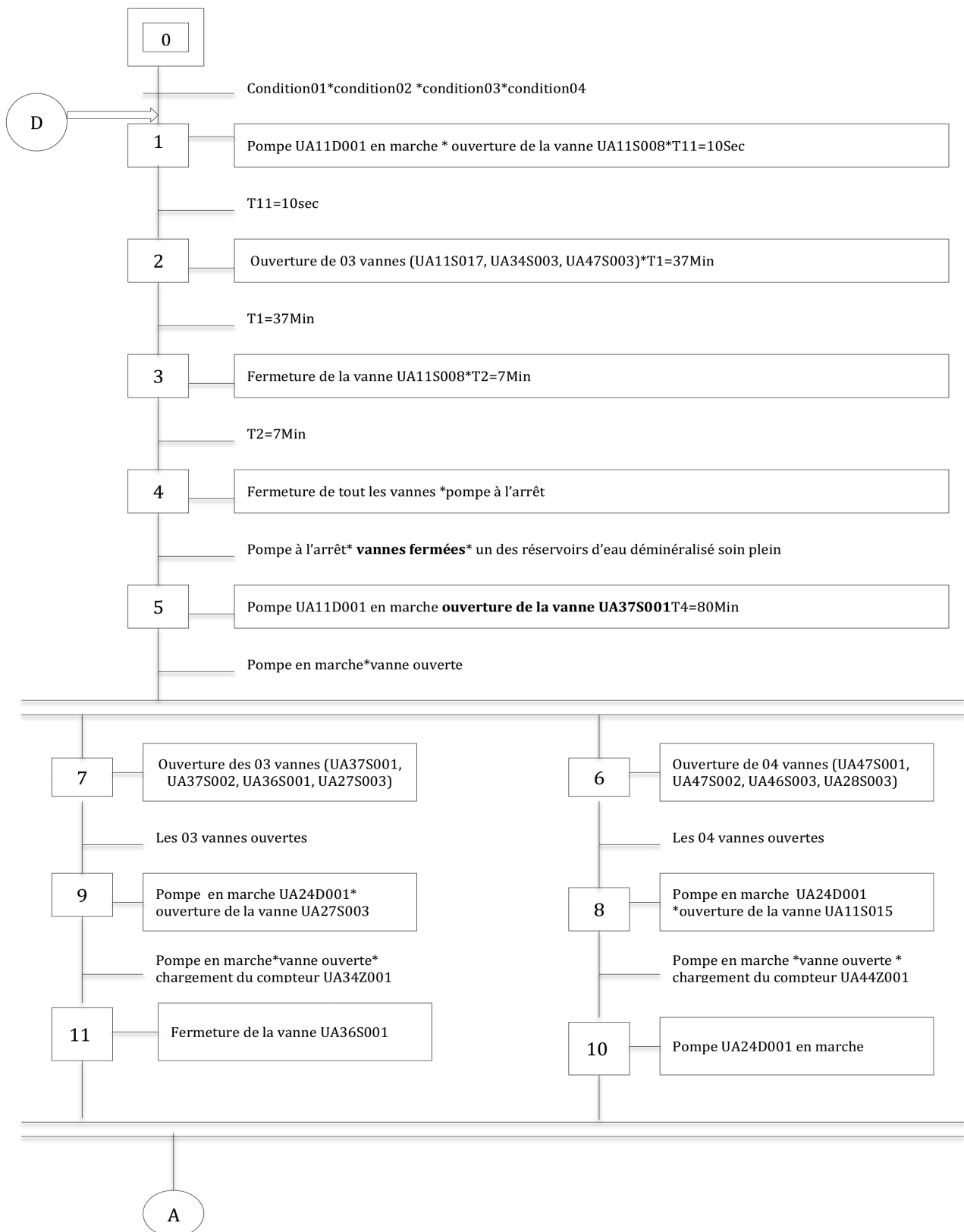


Figure 2.17



Figure 2.18

3.2 Automate programmable industriel API

3.2.1 Historique des API

Les automates programmables industrielles (API) sont apparues aux USA vers 1969, ils étaient destinés à l'origine, à automatiser les chaînes de montages automobiles. C'est en 1971 qu'ils firent leur apparition en France, ils sont de plus en plus employés dans toutes les industries.

3.2.2 Définition d'un API

Un automate programmable industriel (API) est un dispositif électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, destiné à la commande de processus industriel par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs (partie opérative ou PO côté actionneur) à partir de données d'entrées (capteur) (partie commande ou PC côté capteur), de consigne et d'un programme informatique. Il peut être directement connecté aux capteurs et les pré-actionneurs grâce à ses entrées/sortie.

3.3 Structure d'un système automatisé

Dès sa conception, un système à automatiser doit être décomposé en deux parties : la partie opérative et la partie commande.

3.3.1 partie commande

La partie commande que l'on appelle aussi automate élabore les ordres nécessaires à l'exécution du processus, en fonction de retours d'exécution qui lui sont fournis par la partie opérative. Les pré-actionneurs permettant de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique,...) et les actionneurs .exemple : contacteurs distributeur. Ces pré-actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc traitement des informations .celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateurs) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs /détecteurs.

En fonction de ses consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate programmable ou réalisé par des relais (logique câblée), elle va commander les pré-actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autre système de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

3.3.2 Partie opérative

La partie opérative ou la partie puissance qui effectue les opérations en exécutant les ordres qui lui sont donnés par la partie commande.

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée. Les actionneurs (moteurs, vérins,...) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre.

Les capteurs/détecteurs permettant d'acquérir les divers états du système.

3.3.3 Poste de contrôle

Composé des pupitres de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyant de terminal de dialogue ou d'interface homme-machine (IHM).

Un système automatisé peut être structurée selon le schéma de la (figure 3-1)

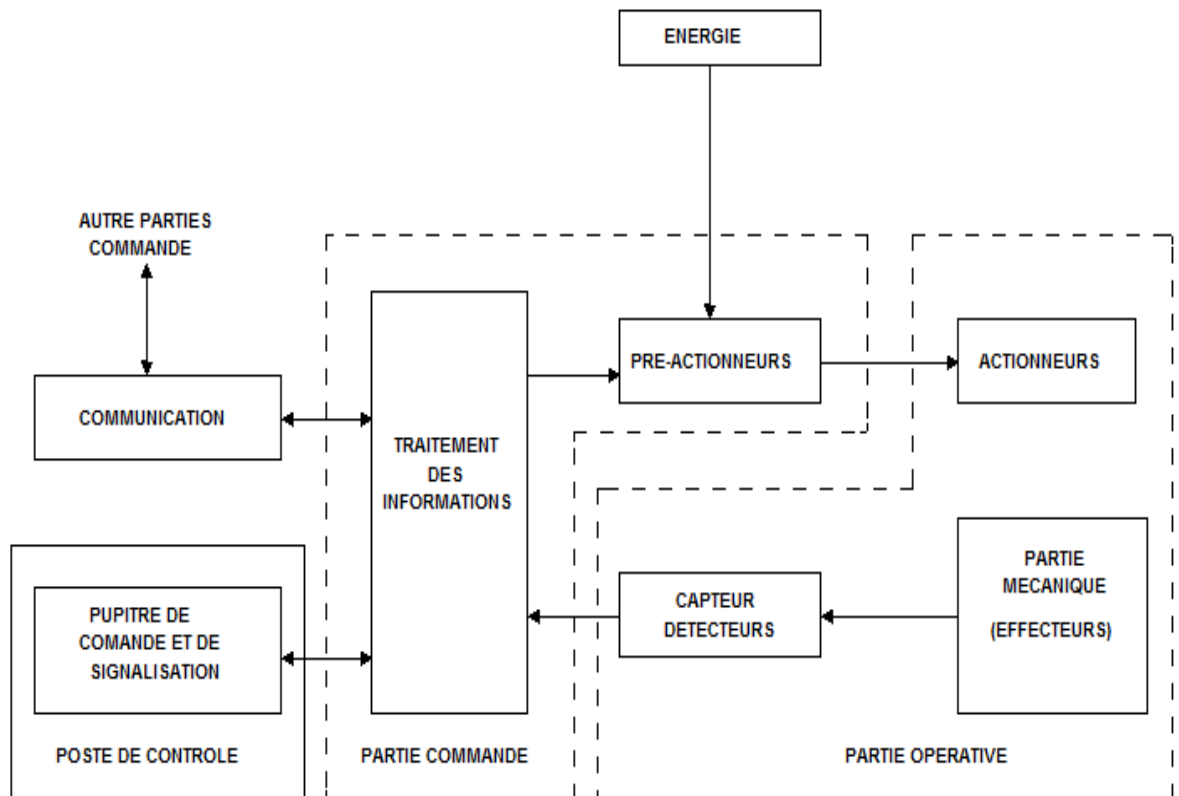


Figure 3.1 : Structure d'un système automatisé.

3.4 Architecture et gamme d'automate

Un API se compose de trois grandes parties :

- Unité centrale.
- La zone mémoire.
- L'interface entrées /sorties.

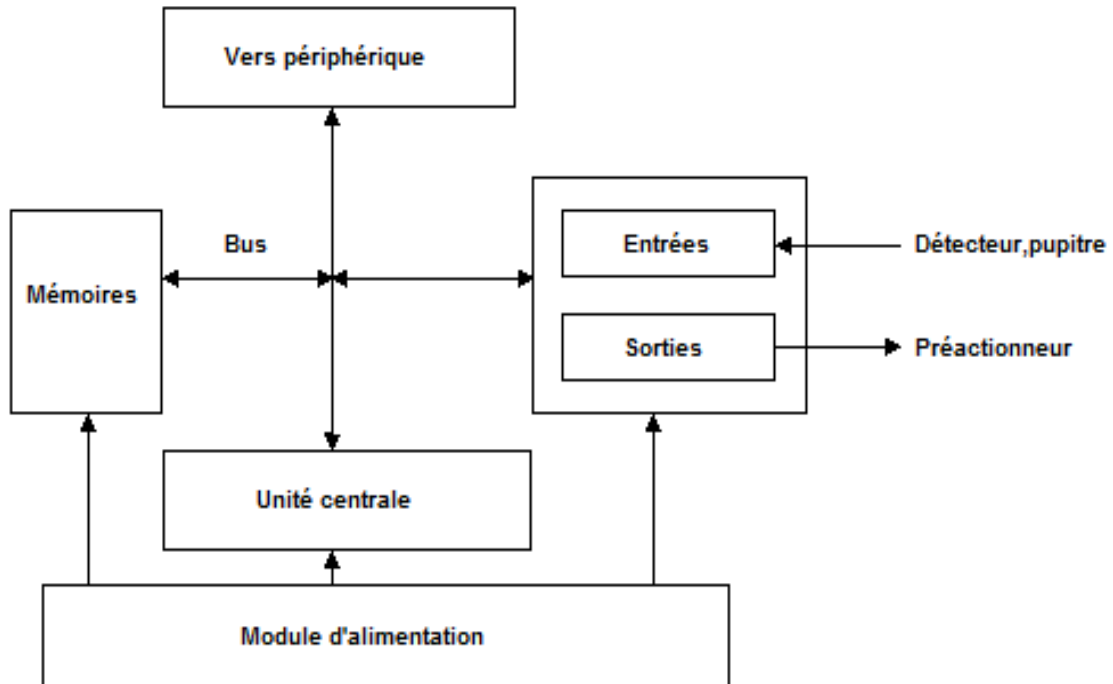


Figure 3.2: Architecture interne d'un automate.

3.4.1 Unité centrale

Son fonctionnement est à base d'un microprocesseur qui réalise toutes les fonctions logique ET, OU et les fonctions de temporisation, de comptage et de calcul à partir d'un programme contenu dans sa mémoire. Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/ S) par des liaisons parallèles appelées « bus » qui véhiculent les informations sous forme binaire.

3.4.2 La zone mémoire

La zone mémoire va permettre :

- De recevoir les informations issues des capteurs d'entrée.
- De recevoir les informations générées par le processeur et destinées à la commande des sorties (valeur des capteurs, des temporisateurs...).
- De recevoir et conserver le programme du système.

Action possible sur une mémoire :

- ECRIRE pour modifier le contenu d'un programme.
- EFFACER pour faire disparaître les informations qui ne sont plus nécessaires.
- LIRE pour lire le contenu d'un programme sans le modifier.

Les mémoires utilisées dans un API peuvent être :

- La mémoire travail utilisable en lecture-écriture pendant le fonctionnement c'est la RAM (Random Accès Memory) c'est la mémoire vive.
- La mémoire langage où est stocké le langage de programmation. Elle est en générale figée, c'est-à-dire en lecture seulement, c'est la ROM (Read Onlay Memory) c'est une mémoire morte.
- EPROM (Erasable PROM) : mémoires mortes reprogrammable effaçable aux rayonnements ultraviolets.
- EEPROM (Electricaly Erasable PROM) : Même principe qu'une EPROM, mais l'effacement se fait à l'aide de signaux électrique, ce qui est plus rapide et pratique.

3.4.3 Les interfaces d'Entrées/ Sorties

Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection et du pupitre operateur, tandis que les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs et aux éléments de signalisation du pupitre.

Les informations peuvent être de type :

a. Tout ou rien (T.O.R)

L'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1,..).C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir,..etc.

b. Analogique

L'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température...).

c. Numérique

L'information est continue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

3.5 Choix de l'automate programmable industriel

Différents critères et contraintes définissant le cahier des charges de notre problème d'automatisation et le choix d'une technologie de l'unité de traitement dépend de nombreux paramètres. Les critères de choix essentiels d'un automate programmable industriel sont :

- les capacités de traitements du processeur (vitesse, données, opération, temps réel, ...etc.)
- le nombre d'entrées/sortie nécessaire.
- la nature des entrées/sorties (analogique, digitales ou booléennes).
- la qualité de service après-vente.
- Les compétences, expériences de l'équipe d'automaticien mise en œuvre et en programmation de la gamme d'automate.

Pour ce qui est de ce travail notre choix s'est porté sur les automates Siemens SIMATIC S7-300.

3.6 Présentation de l'automate S7-300

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, des modules d'entrée et des modules de sortie. A ceux-ci peuvent s'ajouter des processus de communication et des modules de fonctionnement qui se chargeront des fonctions spéciales, tel que la commande d'un moteur pas à pas exemple.

Comme tout API, l'automate S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme des modules suivants :

- Module d'alimentation (PS) avec un courant de 2A, 5A, ou 10A.
- Unité centrale (CPU 314).
- Modules coupleur IM servant d'extension pour un autre rack.
- Module de fonctionnement (FM) pour réaliser des tâches spéciales.
- processeur de communication (CP) pour la connexion en réseau.

3.7 Caractéristiques de l'API S7-300

Le S7-300 présente les caractéristiques suivantes :

- Variété de la gamme de CPU.
- Différent types de modules permettant de réaliser des tâches d'automatisation plus efficaces.
- Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
-

- Possibilité d'appartenance en réseau avec les options MPI, PROFIBUS, INDUSTRIAL ETHERNET.
- Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
- Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil configuration matériel.

3.8 Différents parties de l'API S7-300

3.8.1 Module d'alimentation

L'API S7-300 nécessite une tension de 24Vcc. Le module d'alimentation assure cette condition en transformant la tension du secteur 380/220Vca en 24Vcc. Il permet de sauvegarder le contenu de la RAM au moyen de la pile de sauvegarde ou d'une alimentation externe. Sur le module d'alimentation nous trouvons l'interrupteur de mise sous tension de l'automate. Tandis que, les tensions pour capteurs, actionneurs et voyants lumineux qui dépassent les 24 volts, sont fournies par des blocs d'alimentation ou transformateurs supplémentaires (Fig.3.3).

3.8.2 Unité centrale

La CPU est le centre des opérations arithmétiques et logiques de l'automate. Elle reçoit les informations sur l'état des entrées, exécute le programme et met à jour les sorties. Elle permet le réglage du comportement au démarrage et le diagnostic de défauts par des voyants lumineux.

L'utilisateur peut choisir une des différentes gammes de la CPU offerte par le constructeur selon les performances désirées (Fig 3.3).

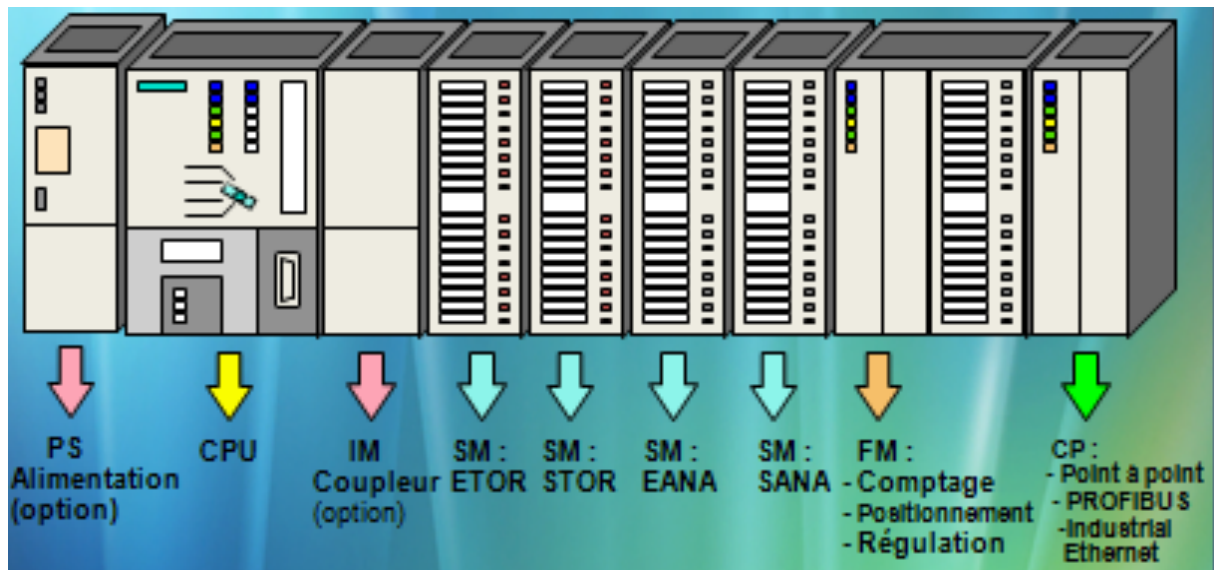


Figure 3.3 : Les différents composants de l'automate programmable.

3.8.3 Les modules d'entrée/sortie

a. Module d'entrée

Il existe deux types d'entrées :

- Les modules d'entrées tout ou rien :

Un module d'entrées Tout ou Rien ne permet à l'unité centrale d'effectuer un lecteur de l'état logique des capteurs qui lui sont réalisés et de le matérialiser par un bit image de l'état du capteur.

- Les modules d'entrées analogiques permettant de :

- Sélectionner la gamme d'entrées de chaque voie.
- Scruter des voies d'entrées par le multiplexage et l'acquisition des valeurs.
- Faire une conversion analogique/numérique des mesures d'entrées.

b. Modules de sortie :

Il existe deux types de modules de sorties :

- Les modules de sortie Tout Ou Rien : ces modules permettent à l'automate programmable d'agir sur les pré-actionneurs ou de signaler à l'opérateur.
- Les modules de sortie analogique : dont les différentes fonctions sont :
 - La sélection de la gamme pour chaque sortie
 - La conversion numérique/analogique

3.8.4 Les coupleurs

Les coupleurs permettent à l'automate de communiquer avec le milieu extérieur (console, imprimantes) ou de relier avec d'autres automates.

3.8.5 Modules de fonction (FM)

Ces modules permettent les fonctions suivantes : le comptage, la régulation et le positionnement.

3.9 Fonctionnement de l'API

L'automate, pendant le fonctionnement exécute le programme cyclique, qui commence par l'acquisition des entrées issues de capteurs sur l'état du processus et se termine par l'envoi des sorties aux actionneurs.

3.10 Nature des informations traitées par l'API

Les informations peuvent être de type tout ou rien, analogique ou numérique.

3.11 Implantation du grafcet dans le S7-300

Les automates programmables ne disposent pas tous d'un langage grafcet ce qui est le cas avec l'automate S7-300. Cependant, il existe toujours un moyen d'implanter le grafcet quel que soit le langage disponible, pour cela on doit suivre certaines étapes :

- Analyse et validation du grafcet de notre machine.
- Détermination des conditions d'activation et de désactivation des étapes du grafcet.
- Définition des exigences en matière de sécurité (les alarmes, AUD ???, aud ???,...etc.)
- Affectation des mementos aux variables intermédiaires, et des adresses effectives et formelles aux entrées et sorties.
- Ecriture des équations des étapes.
- Raccordement de toutes les entrées, sorties et la PG à l'automate.
- Après avoir choisi la configuration matérielle et simuler le programme, nous procédons au chargement du projet dans la CPU physique.
- Après validation du projet, nous pouvons commencer la production.

Conclusion

En faisant une bonne analyse de problème nous mène à une déduction d'une base des entrées et des sorties qui nous permettra par la suite de réfléchir au choix de l'automate programmable, de sa CPU et de tous types des modules qui vont être utilisés.

Après avoir opter à une configuration de l'automate, le programme qui va être chargé dans ce dernier sera déduit d'après le cahier des charges et le Graf 7.

En tous les cas on ne peut jamais aboutir à une solution idéale puisque un programme STEP7 d'un problème donné n'est pas unique. Mais le respect de cahier des charges nous permettra de faire un programme exécutable sans lacune.

Chapitre VI

Chargement et test du
programme

La programmation est un moyen pour automatiser des opérations des machines et des installations. Après la configuration matérielle et avec l'exploitation de la table des mnémoniques, la programmation sous Step 7 est la troisième étape à réaliser pour créer un programme S7. La compilation et le diagnostic des programmes réalisés sont effectuées après le chargement dans la CPU pour chercher d'éventuelles erreurs dans le programme.

Suite à l'automatisation industrielle, l'opérateur humain a été contraint de conduire ou de superviser des machines automatisées, en optimisant les nombres d'informations et les actions directes sur le processus. Ceci a conduit à l'élaboration d'interface Homme/Machine de supervision, commande simple et lisible pour un simple opérateur.

Dans ce chapitre nous allons définir les différentes étapes de programmation qui permettent de mettre au point la solution vue dans le chapitre précédent.

IV.1 Programmation de l'automate Siemens SIMATIC S7-300

Le programme est l'ensemble ordonné des instructions à exécuter pour réaliser le fonctionnement recherché. Ce programme, est rangé dans la zone 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.

IV.2.1 Le STEP 7

Le Step 7 est un progiciel de base qui permet de configurer et de programmer des problèmes d'automatisation. Il fait partie de l'industrie logicielle de SIMATIC, et existe en plusieurs versions, telles que STEP7-micro Win/Win 32 pour les applications SIMATIC S7-200, SIMATIC Manager pour les applications de S7-300 et S7-400.

Lors de la création d'une solution d'automatisation, STEP7 permet :

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

- Le diagnostic lors de la perturbation dans l'installation.

IV.2.2 Les langages de programmation

Les langages de base proposés dans l'éditeur du programme du logiciel STEP 7 sont : le CONT, le LIST et le LOG.

a. Le langage contact (contact)

Le langage CONT (langage contact) ou LADER est un langage dont la logique est inspirée des réseaux électrique. Le schéma à contact (CONT) est un langage de programmation graphique, dont la syntaxe des instructions est issue des schémas à relais, CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts (à fermeture et à ouverture), les éléments complexes et les bobines.

b. Logigramme (LOG)

Le logigramme est une représentation graphique ayant recours aux symboles de la logique. Les différentes fonctions y sont représentées par un symbole avec indicateur de fonction. Les entrées sont disposées à gauche du symbole et les sorties à droite de ce dernier.

c. Liste d'instruction (LIST)

La liste d'instruction (LIST) est un langage textuel proche de la machine, dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme. Les programmes d'automatisation programmés en CONT ou LOG sont en principe toujours traduisibles en LIST.

IV.2 Elaboration d'un exemple du programme d'application

Dans cette partie, nous allons présenter l'élaboration de notre programme basée sur le graphe7 présenté dans le chapitre III concernant le déroulement de la régénération du filtre UA11B001. Le programme comprend un bloc d'organisation OB1 pour la configuration du matériels et suit présenté le tableau mnémonique suivi de l'exécution de programme à l'aide de PLCSIM.

IV.2.1 Configuration matériels

La configuration consiste en la disposition des châssis (rack), de modules d'appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle on peut enficher un nombre défini de modules, comme dans les châssis réels.

Nous avons choisi une configuration matériel qui est justifiée par le nombre d'entrée /sorties de notre installation (soit 16 entrée et 16 sorties), ainsi que leur natures TOR

- 2 modules d'entrées logiques.
- 2 modules de sorties logiques.

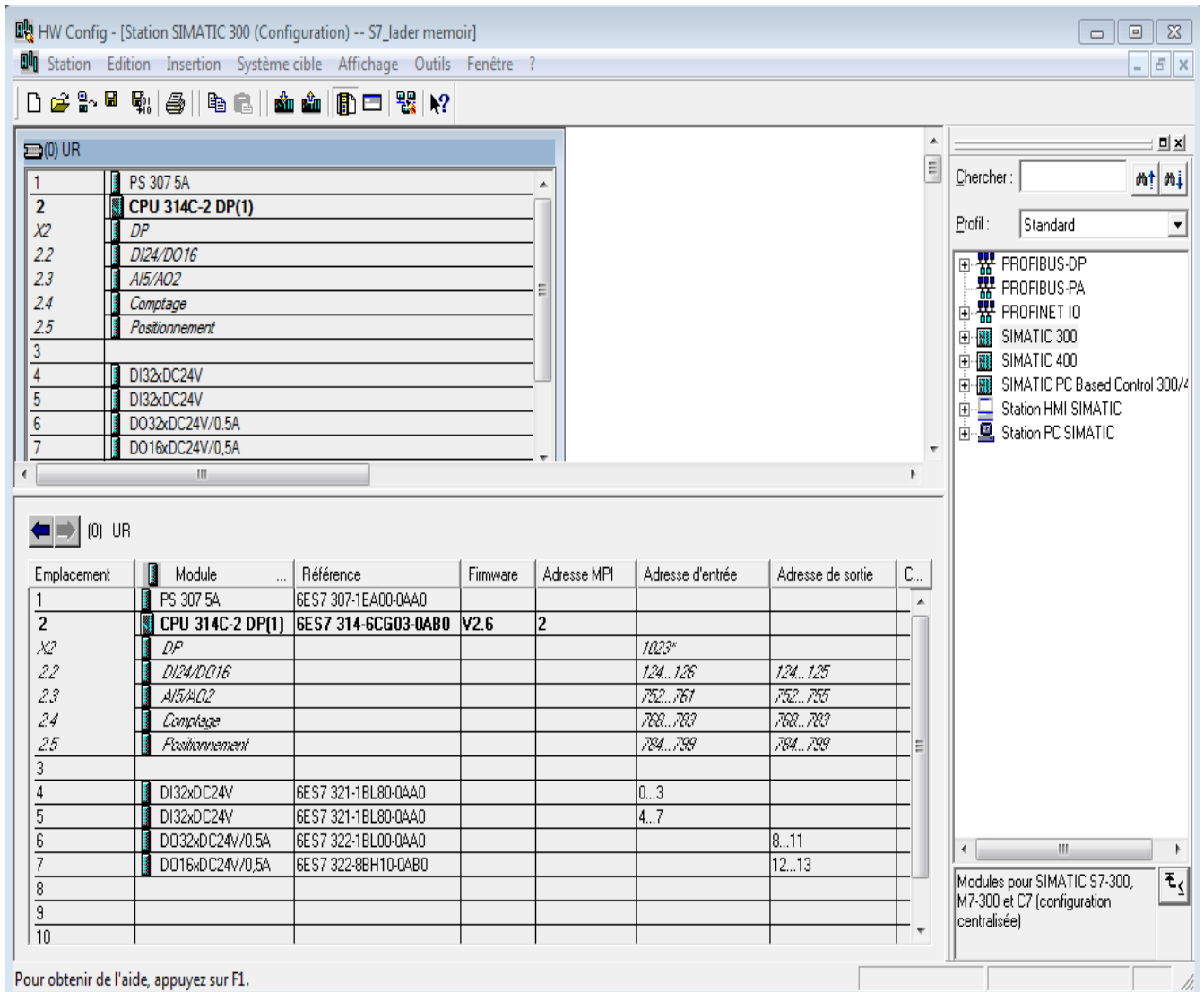


Figure 4.1 : Configuration matériels.

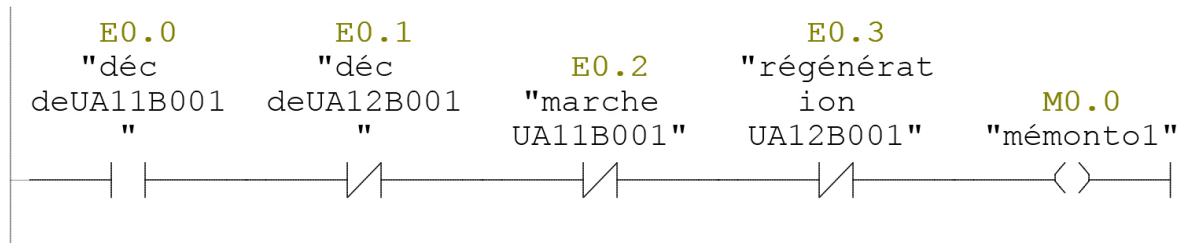
VI.2.2 Le tableau mnémorique

Etat	Mnémorique	Opérande	Type de données	Commentaire
	alarme DB de HCL bas	A 7.1	BOOL	Débit d'eau dilution acide bas_alarme
	alarme du bas de prèssio	A 0.7	BOOL	pression d'eau brute basse_alarme
	conductivité de UA11B001	E 1.5	BOOL	Conductivité UA11B001/<0.1us/cm(UA11A001)
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	
	DB H2O acid UA28F001	E 0.7	BOOL	Débit d'eau dilution acide bas (UA28F001)
	DB H2O caustiqueUA28F001	E 1.0	BOOL	Débit d'eau dilution caustique bas (UA27F001)
	déc deUA11B001	E 0.0	BOOL	Déclancher la régénération du filtre UA11B001
	déc deUA12B001	E 0.1	BOOL	Déclancher la régénération du filtre UA12B001
	fin de décrémentationHCL	E 1.2	BOOL	Fin de décrémentation /compteur pour acide HCL de 4500 à 0 levées
	fin décrimontation NAOH	E 1.3	BOOL	Fin de décrémentation /compteur pour caustique NAOH de 3600 à 0 levées
	marche de pom UA24D001	A 5.4	BOOL	Mise en marche /pompe d'eau brute UA24D001
	marche pom HCLUA44D001	M 5.2	BOOL	Mémonto
	marche pom NAOH UA34D001	A 6.1	BOOL	Mise en marche /pompe doseuse caustique UA34D001
	marche UA11B001	E 0.2	BOOL	mise en service marche UA11B001
	marche UA11D001	A 4.1	BOOL	mise en marche UA11D001
	mémonto1	M 0.0	BOOL	Mémonto
	mémonto2	M 0.2	BOOL	Mémonto
	mémonto3	M 0.3	BOOL	Mémonto
	mémonto4	M 1.6	BOOL	Mémonto
	mémonto5	M 2.4	BOOL	Mémonto
	mémonto6	M 1.7	BOOL	Mémonto
	mémonto7	M 2.5	BOOL	Mémonto
	ouverture de UA11S015	A 5.5	BOOL	Ouverture de la vanne UA11S015
	ouverture de UA27S003	A 6.2	BOOL	Ouverture de la vanne UA27S003
	ouverture de UA28S003	A 5.3	BOOL	Ouverture de la vanne UA28S003
	ouverture de UA36S001	A 6.0	BOOL	Ouverture de la vanne UA36S001
	ouverture de UA37S001	A 5.6	BOOL	Ouverture de la vanne UA37S001
	ouverture de UA37S002	A 5.7	BOOL	Ouverture de la vanne UA37S002
	ouverture de UA47S001	A 4.7	BOOL	Ouverture de la vanne UA11S008
	ouverture deUA28S003	M 5.3	BOOL	Mémonto
	ouverture deUA46S001	A 5.1	BOOL	Ouverture de la vanne UA46S001
	ouverture deUA47S002	A 5.0	BOOL	Ouverture de la vanne UA47S002
	ouverture UA11S008	A 4.6	BOOL	Ouverture de la vanne UA11S008
	ouverture UA11S017	A 4.3	BOOL	Ouverture de la vanne UA11S017
	ouverture UA37S003	A 4.4	BOOL	Ouverture de la vanne UA37S003
	ouverture UA47S003	A 4.5	BOOL	Ouverture de la vanne UA47S003
	prèssion d'eau	E 0.4	BOOL	Pression d'eau brute basse (UA10P002/SL_AL)/<2bar
	régénération UA12B001	E 0.3	BOOL	Filtre en régénération UA12B001
	SLL-ALL 12UD10B001	E 0.6	BOOL	Niveau d'eau de dilution bas 12UD10B001 (SLL_ALL)
	SLL-ALL 34UD10B001	E 0.5	BOOL	Niveau d'eau de dilution bas 34UD10B001 (SLL_ALL)

Notre programme et comme suit:

La mise en marche du programme de déroulement de la régénération du filtre UA11B001 :

Réseau 1 : ordre de déclenchement de la régénération avec le commutateur S



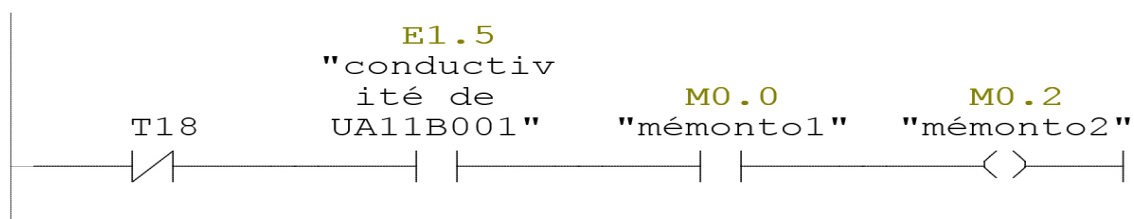
Réseau 2 : chargement de la temporisation T18 (SA)

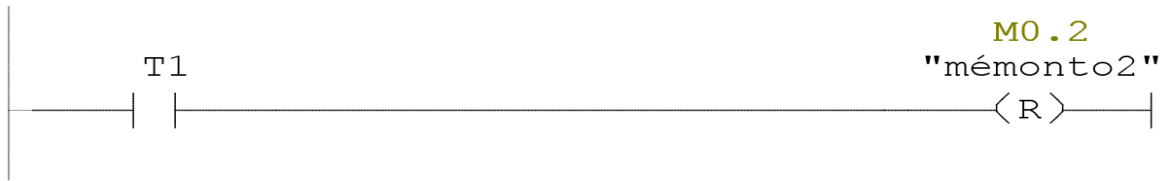


Réseau 3 : alarme manque de pression d'eau brute < 2 bar

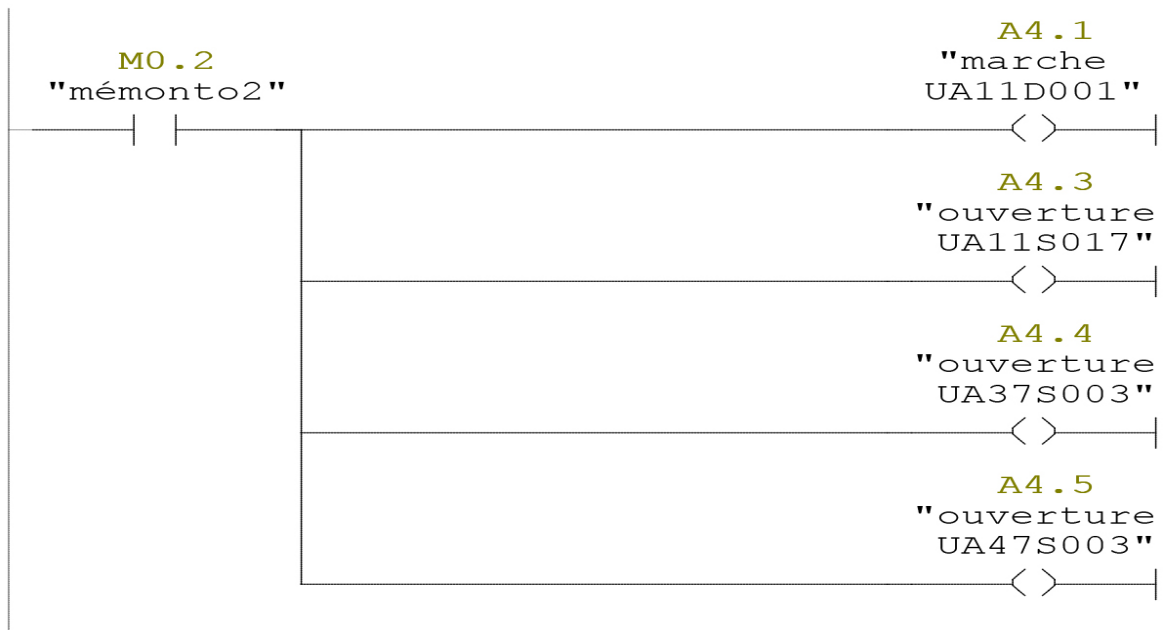


Réseau 4 : après avoir une pression suffisante > 2bar l'étape 1 se démarre





Réseau 5 : ordre de marche de la pompe UA11D001 et des vannes UA11S017, UA37S003 et UA47S003



Réseau 6 : ordre de chargement de la temporisation T11 (SE)



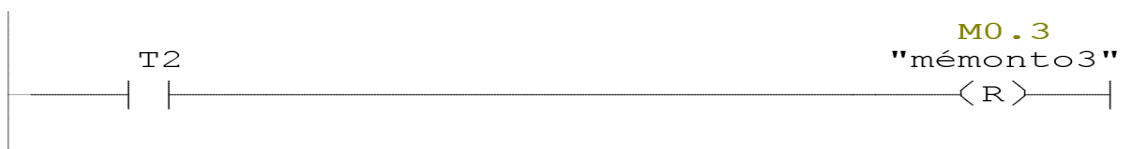
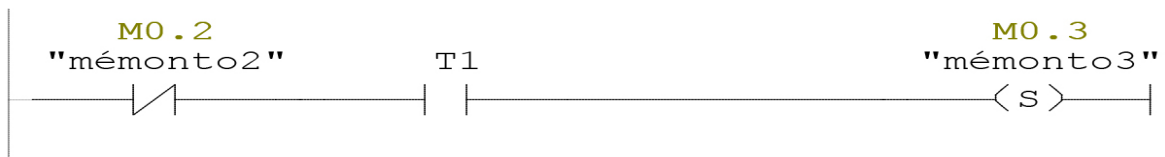
Réseau 7 : ordre d'ouverture de la vanne UA11S008



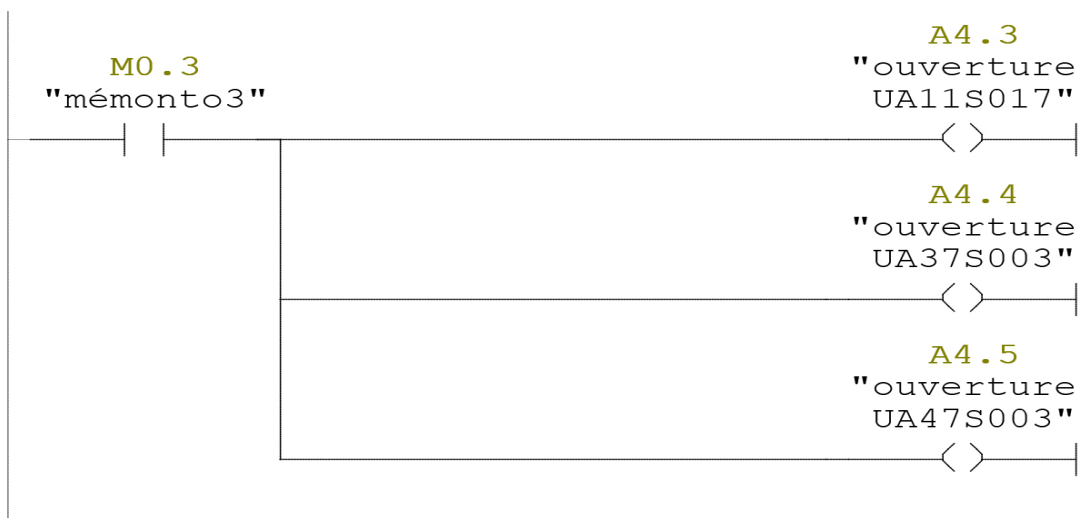
Réseau 8 : ordre de chargement de la temporisation T1 (SS)



Réseau 9: après l'écoulement de T1 (37min) l'étape 01 s'arrête et l'étape 02 se démarre



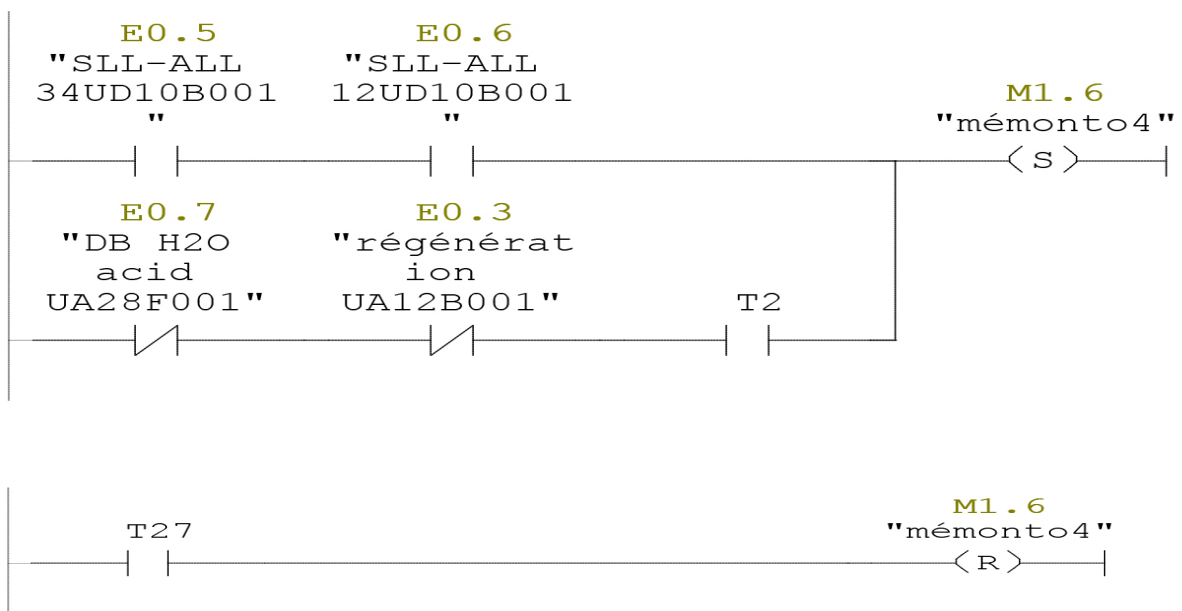
Réseau 10 : ordre d'ouverture des vannes UA11S017, UA37S003 et UA47S003



Réseau 11: ordre de chargement de la temporisation T2 (SS)



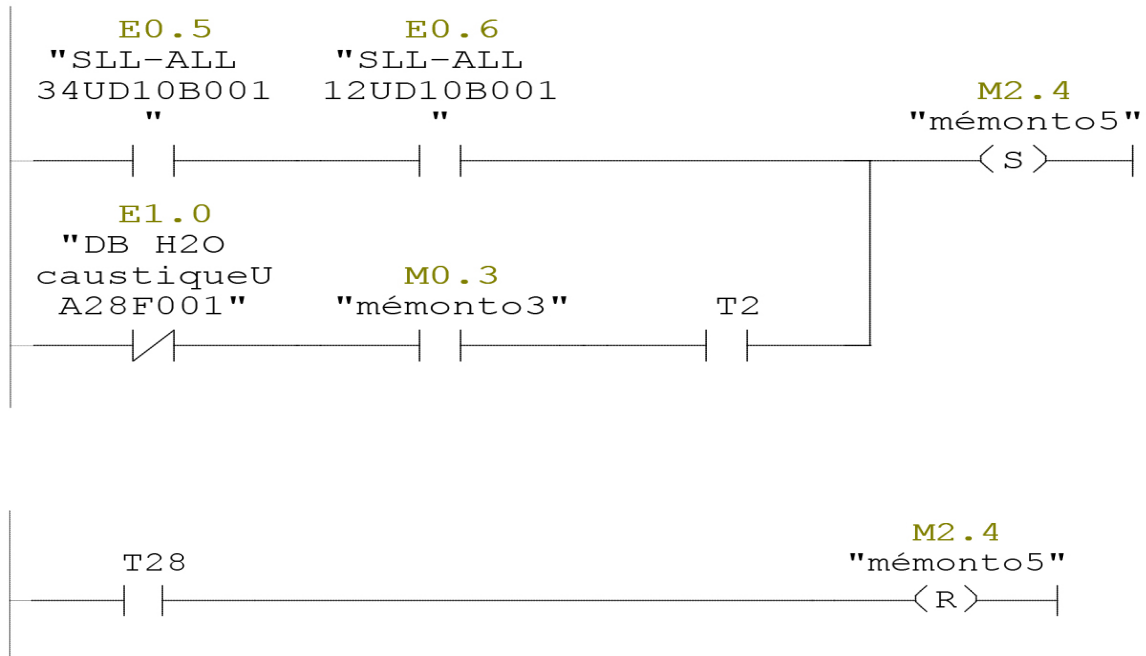
Réseau 12: ordre de démarrage de l'étape 3A



Réseau 13: chargement de la temporisation T27 (SS)



Réseau 14: ordre de démarrage de l'étape 3B



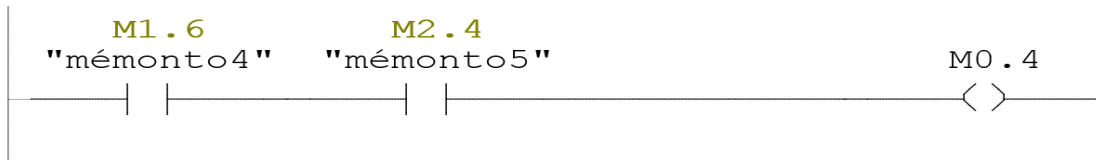
Réseau 15: chargement de la temporisation T28 (SS)



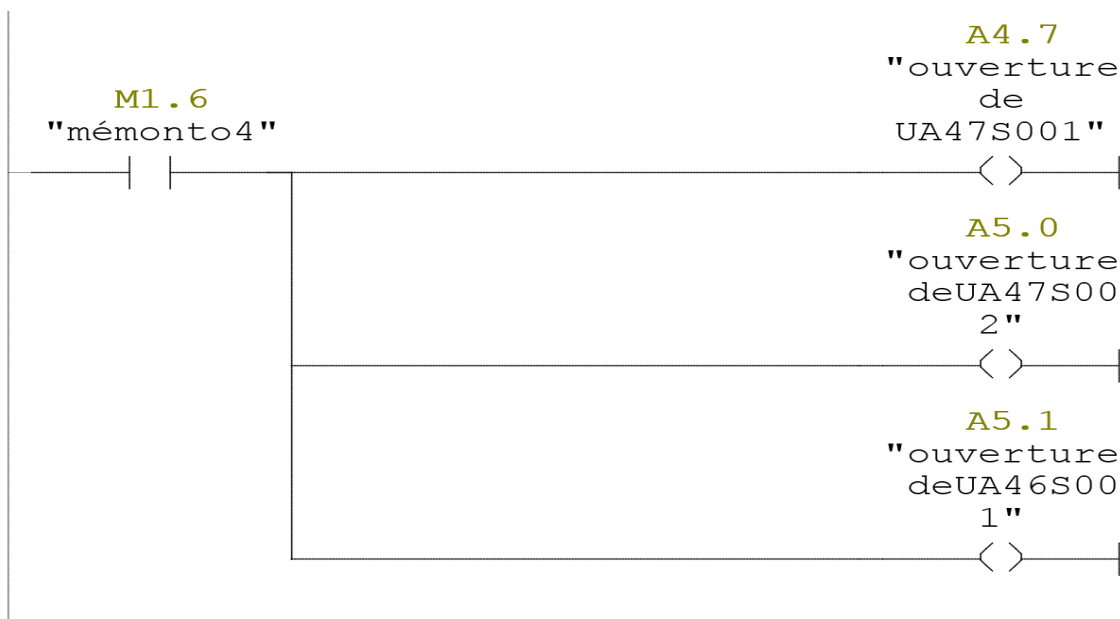
Réseau 16 : chargement de la temporisation T4 (SS)



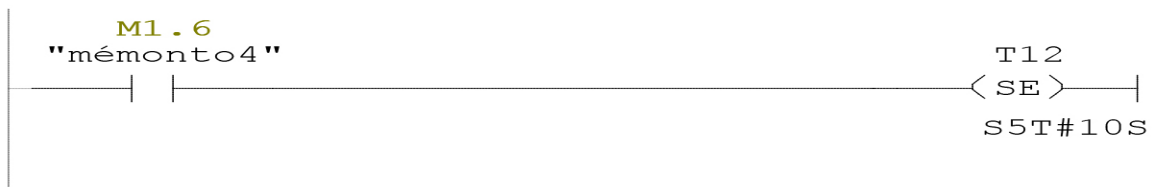
Réseau 17 : affectation vers M0.4



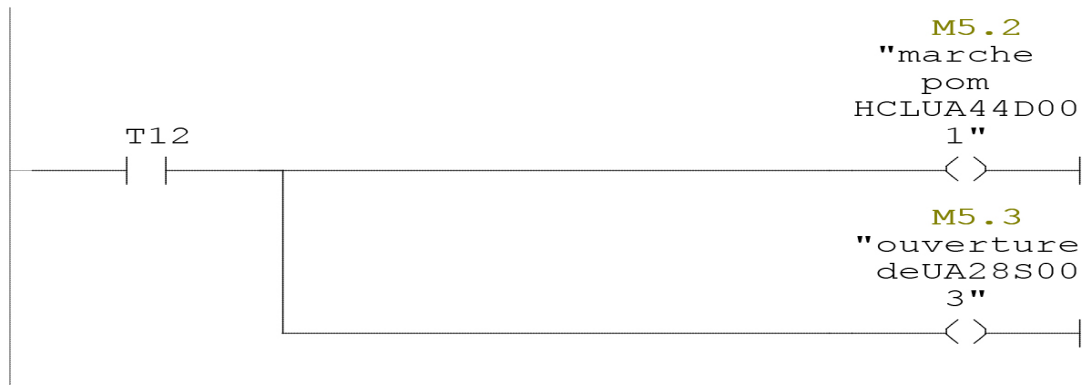
Réseau 18 : ordre d'ouverture des vannes UA47S001, UA47S002 et UA46S003



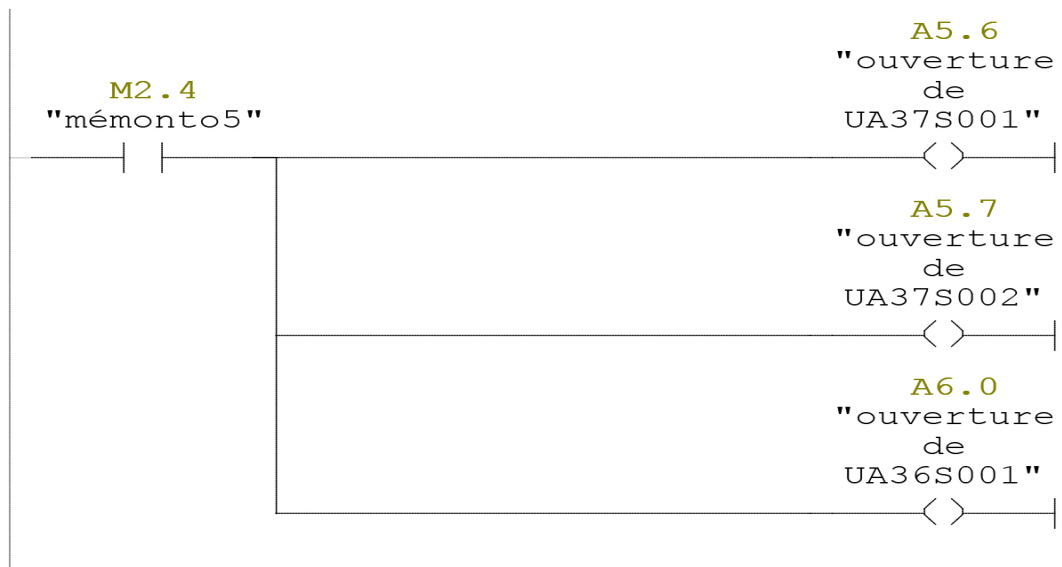
Réseau 19 : chargement de la temporisation T12 (SE)



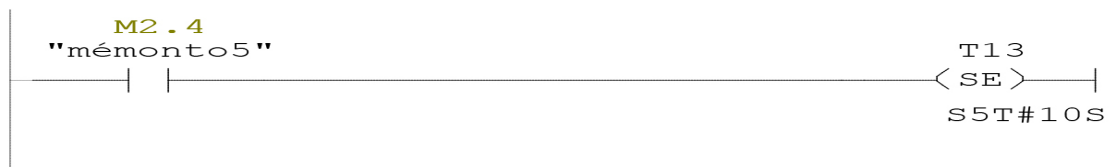
Réseau 20 : ordre de marche de la pompe UA44D001 et l'ouverture de la vanne UA28S003



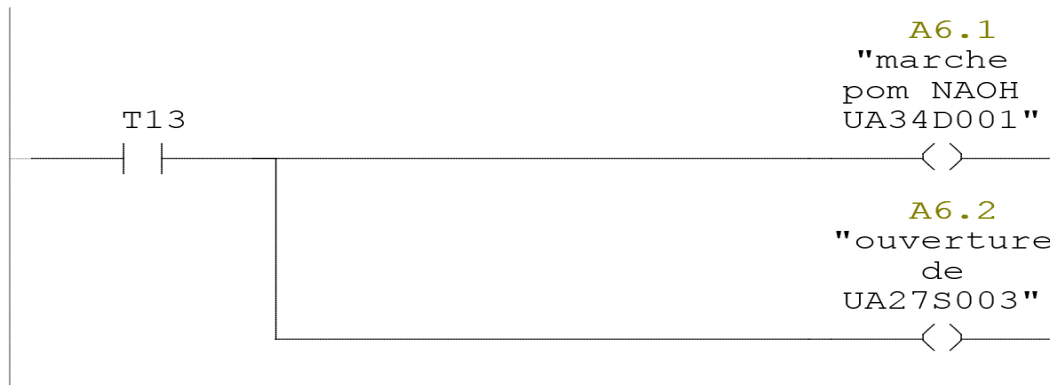
Réseau 21 : ordre d'ouverture des vannes UA37S001, UA37S002 et UA36S003



Réseau 22 : chargement de la temporisation T13 (SE)



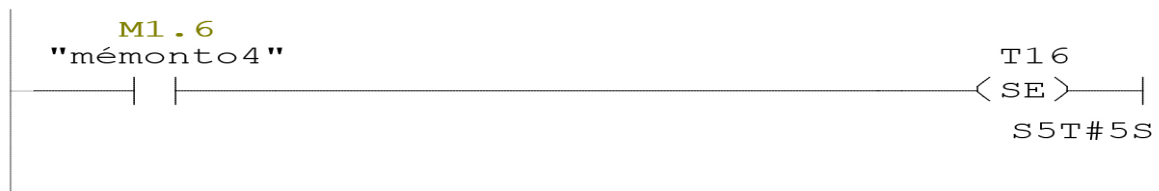
Réseau 23 : ordre de marche de la pompe UA34D001 et l'ouverture de la vanne UA27S003



Réseau 24 : ordre de marche de la pompe UA24D001 et l'ouverture de la vanne UA11S015



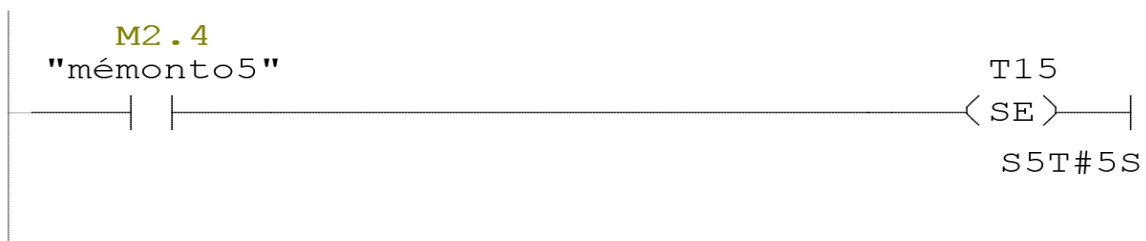
Réseau 25 : chargement de la temporisation T16 (SE)



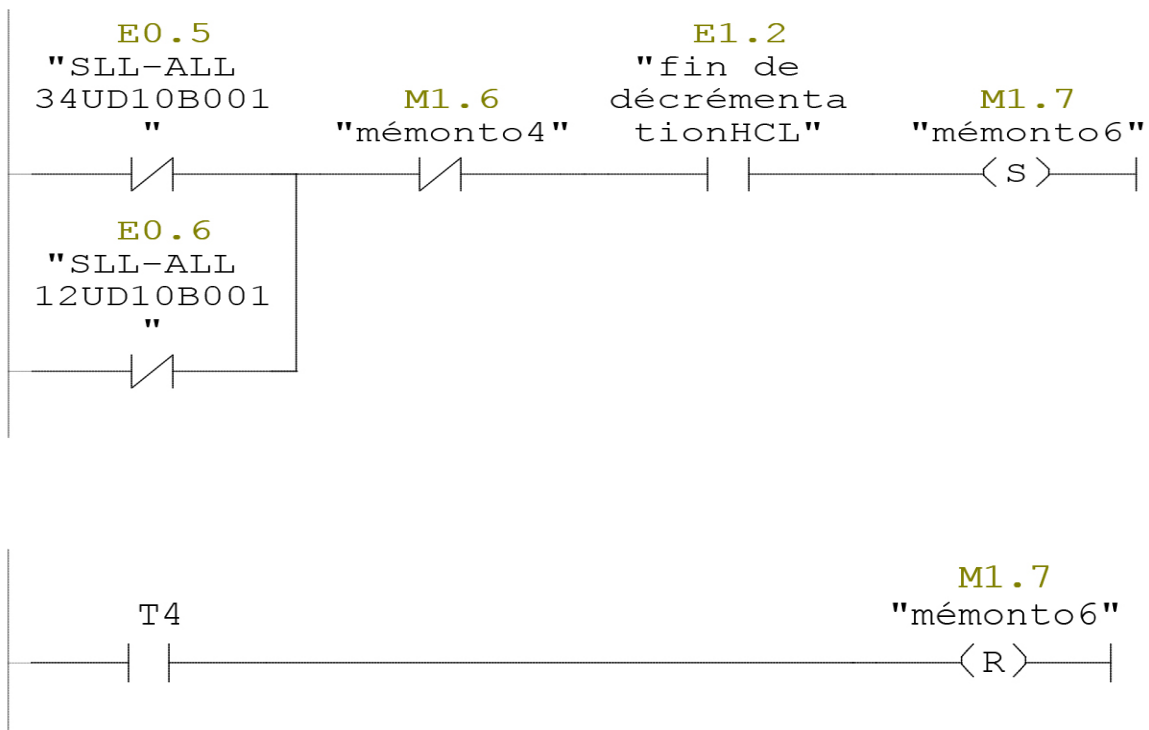
Réseau 26 : débit d'eau dilution acide bas - alarme



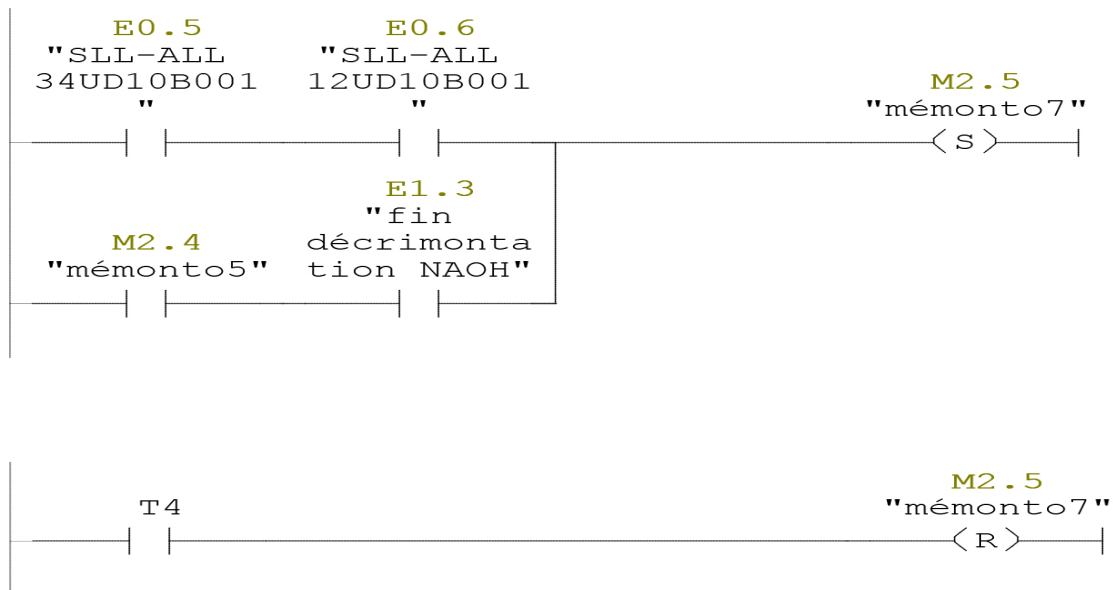
Réseau 27 : chargement de la temporisation T15 (SE)



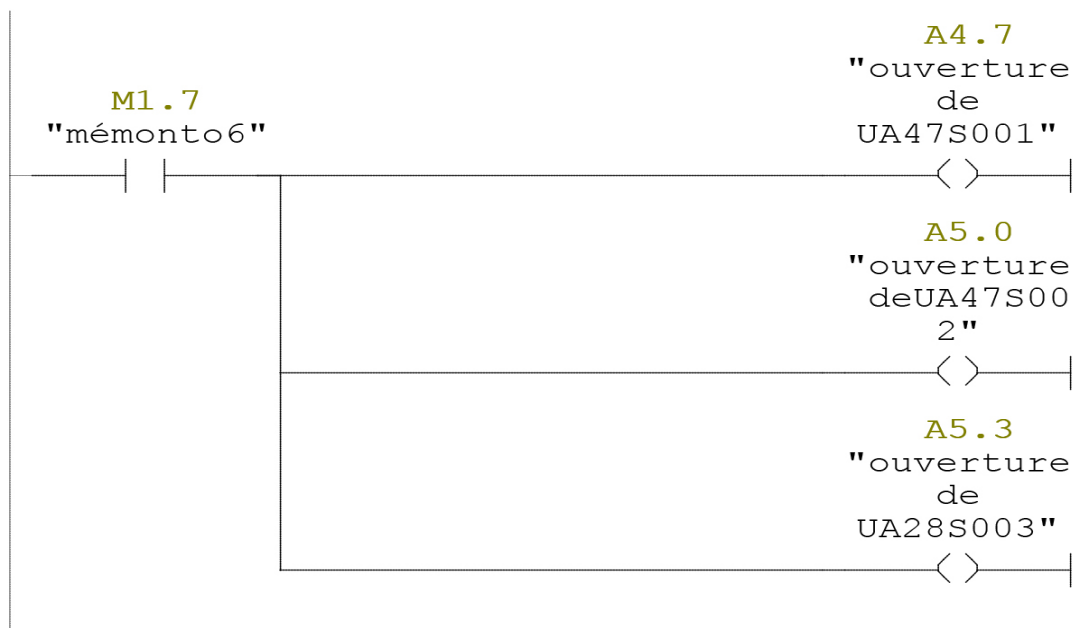
Réseau 28 : ordre de démarrage de l'étape 4A



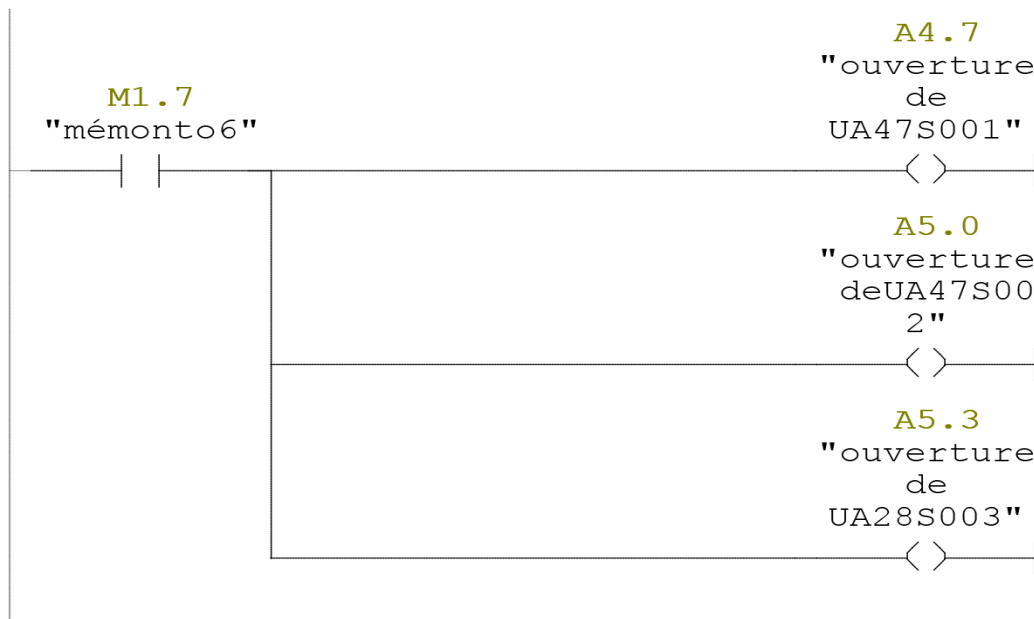
Réseau 29 : ordre de démarrage de l'étape 4B



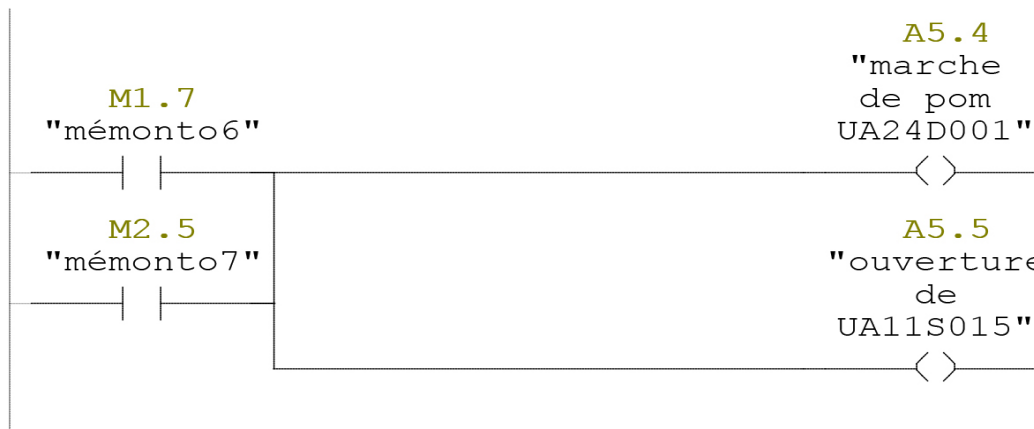
Réseau 30 : ordre d'ouverture des vannes UA47S001, UA47S002 et UA28S003



Réseau 31: ordre d'ouverture des vannes UA37S001, UA37S002 et UA27S003



Réseau 32 : ordre de marche de la pompe UA24D001 et l'ouverture de la vanne UA11S015



La programmation de toutes les étapes de la régénération du filtre UA11B001 a été accomplie étape par étape pour pouvoir la simuler. Et le programme final, complet, a été simulé est présenté par la suit.

Conclusion

Dans ce dernier chapitre nous avons configuré l'API S7-300 que nous avons adopté pour le pilotage de notre système, ainsi que son langage de programmation, les vues qui permettent de suivre l'évolution du procédé en fonction de temps.

Cette étude nous a permis de comprendre leur fonctionnement et leur place dans le système automatisé ce qui va nous faciliter le diagnostic de procédé de la régénération.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre étude a porté sur la commande par automate programmable du procédé de régénération de la station de déminéralisation de la centrale thermique de Cap_Djinet, ce qui a nécessité une recherche sur les différentes composantes de cette station. Afin de pouvoir établir son Grafcet de fonctionnement et par la suite choisir un automate qui pourra gérer ce processus.

Le stage que nous avons effectué au sien de la centrale thermique de Cap_Djinet à été bénéfique pour nous, car il nous a permis de mettre en évidence l'aspect pratique de l'ensemble des connaissances théoriques acquises tout au long de notre cursus universitaire, ainsi que d'enrichir nos connaissances et notre savoir-faire dans le domaine d'automatisation des systèmes industrielles et de tirer, d'une part profit de l'expérience de personnels de la centrale qui nous a été d'une aide importante, car il nous a permet de nous familiariser avec les automate programmable industriel à base d'un API S7 300.

Et pour terminer, nous espérons que ce mémoire servira pour tous ceux qui s'intéressent au contrôle et à la commande des installations industrielles par un API S7 300.

Bibliographie :

Les livres

- OAM 1169 (AM 2686) machine spéciale pour le perçage des trous du pivot des fusées d'automobiles, manuel d'entretien et d'exploitation tome 1.
- OAM 1169 (AM 2686) machine spéciale pour le perçage des trous du pivot des fusées d'automobiles, manuel d'entretien et d'exploitation partie 2-système hydraulique tome 2.
- OAM 1169 (AM 2686) machine spéciale pour le perçage des trous du pivot des fusées d'automobiles, manuel d'entretien et d'exploitation partie 3-commande électrique tome 3.
- Table d'avance largeur de chariot 400 et 500 mm, manuel d'entretien et d'exploitation tome 6.
- Tête mono broche dimension 320 manuel d'entretien et d'exploitation tome 7.
- Du grafcet au réseau de pétrie

Logiciel utilisé :

- X-relais.
- Guide des automatismes.

Site internet

<http://www.siemens.com>

Annexe

OB1 - <offline>

"Cycle Execution"

Nom : **Famille :**
Auteur : **Version :** 0.1
Version de bloc : 2
Horodatage Code : 07/09/2015 14:14:36
Interface : 15/02/1996 16:51:12
Longueur (bloc/code /données locales) : 00814 00546 00020

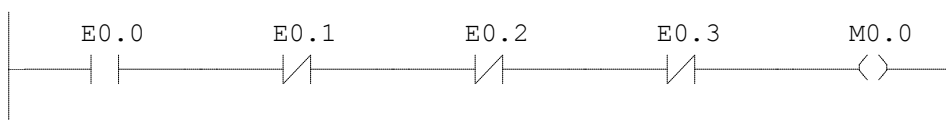
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloc : OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Régénération du filtre UA11B001

Réseau : 1

Ordre de déclenchement de la régénération

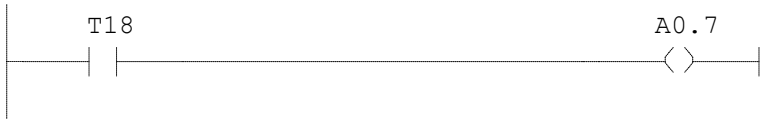


Réseau : 2



Réseau : 3

Manque pression d'eau brute < 2bar



Réseau : 4 étape 1

Ordre de démarrage

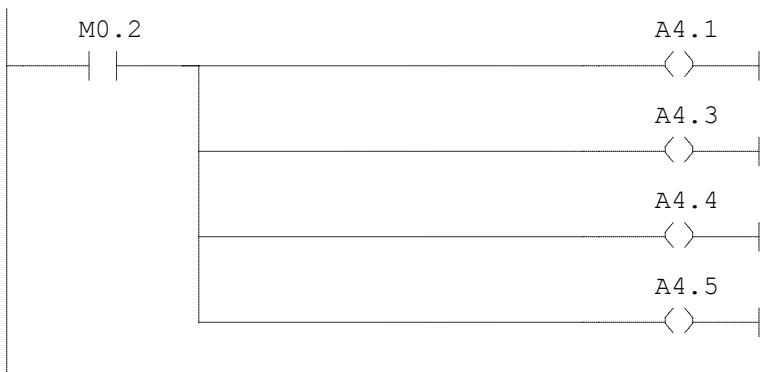


Réseau : 5



Réseau : 6 la pompe UA11D001 et les vannes UA11S017,UA37S003,UA47S003

Ordre de marche et d'ouverture

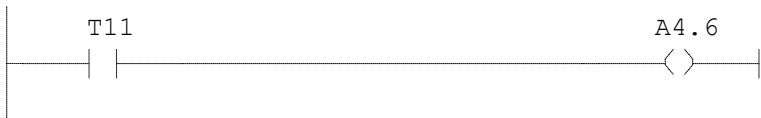


Réseau : 7



Réseau : 8 la vanne UA11S008

Ordre d'ouverture



Réseau : 9



Réseau : 10 étape 2

Ordre de démarrage

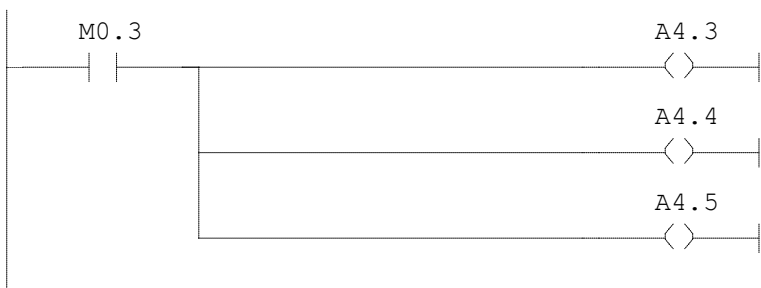


Réseau : 11

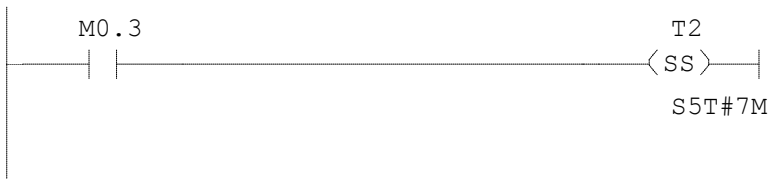


Réseau : 12 Les vannes UA11S017,UA37S003,UA47S003

Ordre de démarrage

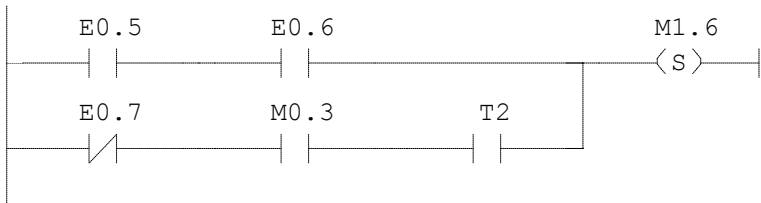


Réseau : 13



Réseau : 14 étape 3A

Ordre de démarrage



Réseau : 15

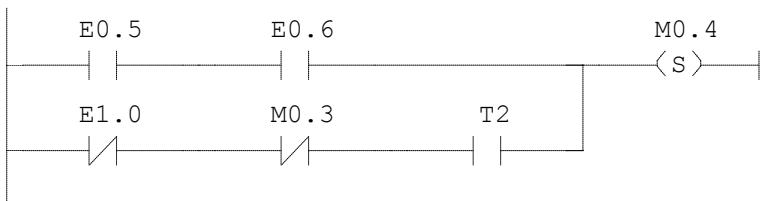


Réseau : 16



Réseau : 17 étape 3B

Ordre de démarrage



Réseau : 18



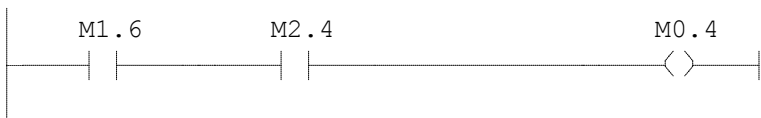
Réseau : 19



Réseau : 20

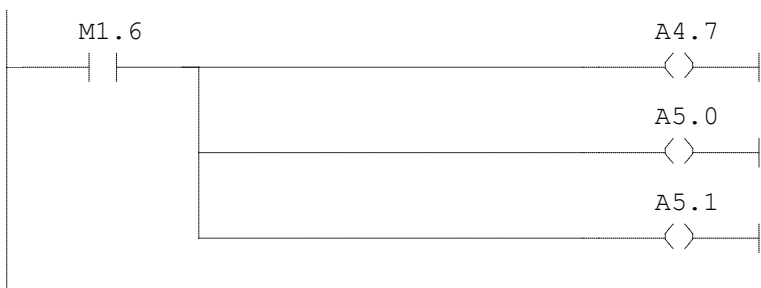


Réseau : 21



Réseau : 22 Les vannes UA47S001,UA47S002,UA46S003

Ordre d'ouverture

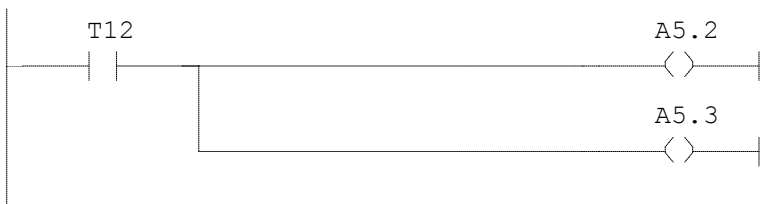


Réseau : 23



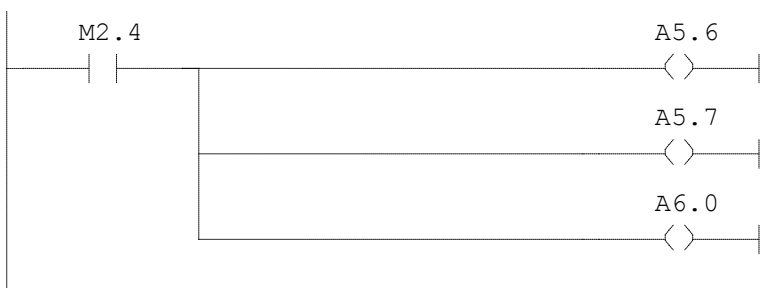
Réseau : 24 La pompe UA44D001 et la vanne UA28S003

Ordre de marche et d'ouverture



Réseau : 25 Les vannes UA37S001,UA37S002,UA36S003

Ordre d'ouverture

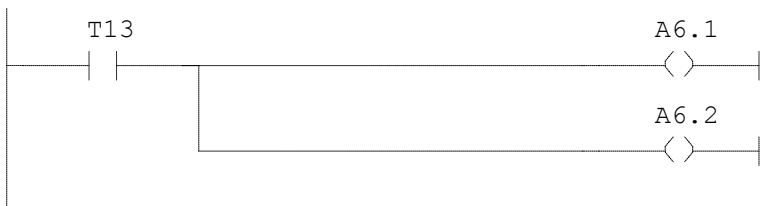


Réseau : 26



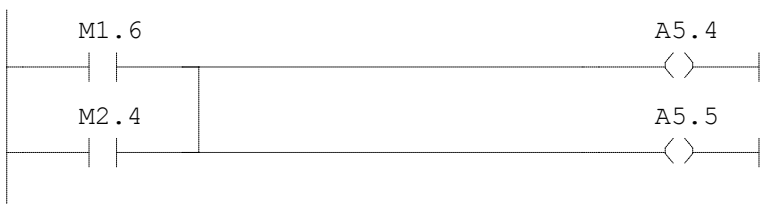
Réseau : 27 La pompe UA34D001 et la vanne UA27S003

Ordre de marche et d'ouverture



Réseau : 28 La pompe UA24D001 et la vanne UA27S003

Ordre de marche et d'ouverture



Réseau : 29



Réseau : 30 Alarme

Débit d'eau dilution d'acid bas

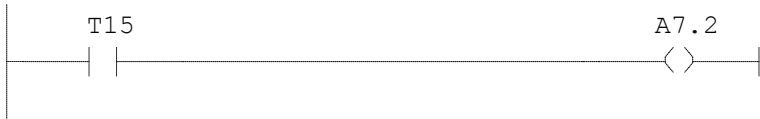


Réseau : 31



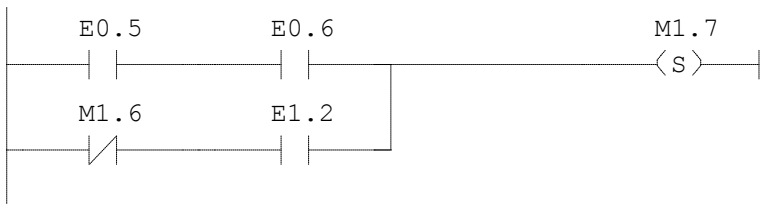
Réseau : 32 Alarme

Débit d'eau dilution caustique bas



Réseau : 33 étape 4A

Ordre de démarrage

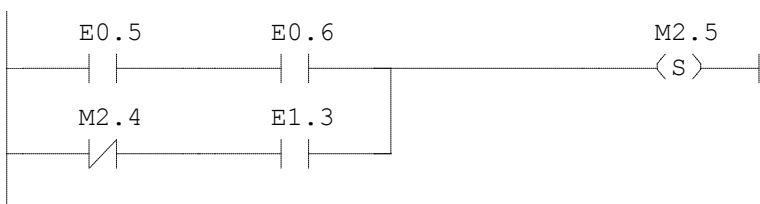


Réseau : 34



Réseau : 35 étape4B

Ordre de démarrage

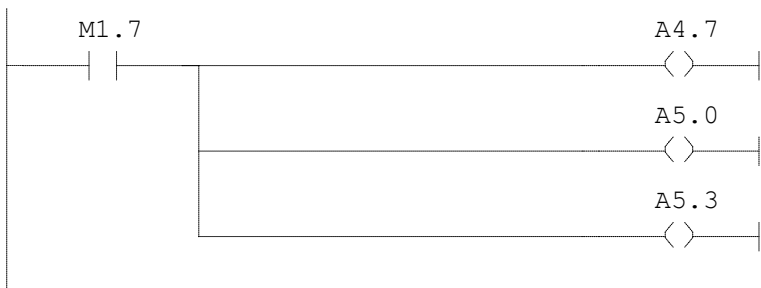


Réseau : 36



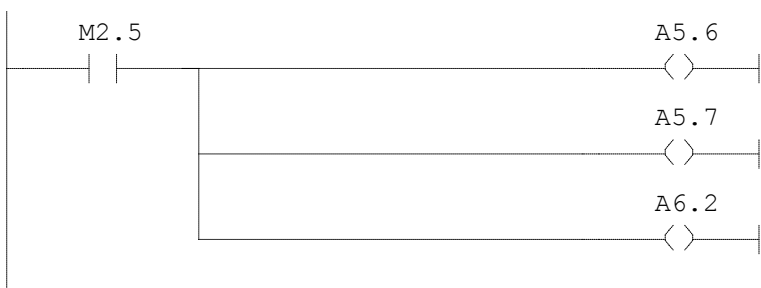
Réseau : 37 Les vannes UA47S001,UA47S002,UA28S003

Ordre d'ouverture



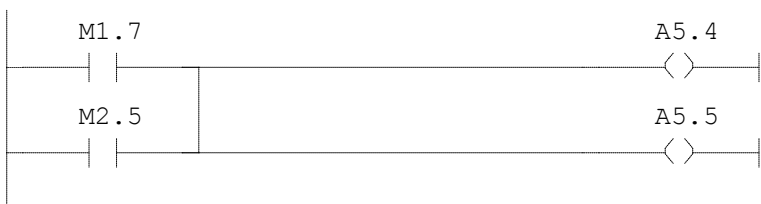
Réseau : 38 Les vannes UA37S001,UA37S002,UA27S003

Ordre d'ouverture



Réseau : 39 La pompe UA24D001 et la vanne UA11S015

Ordre de marche et d'ouverture



Réseau : 40 étape 5

Ordre de démarrage

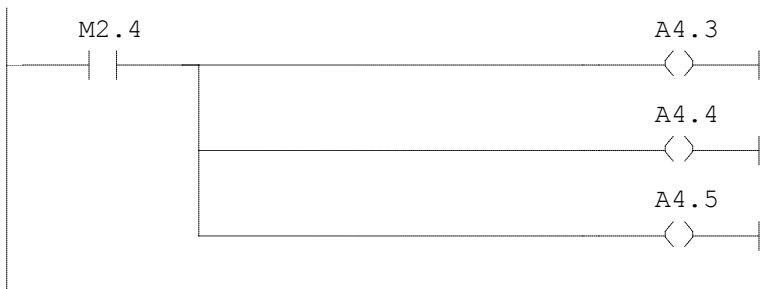


Réseau : 41



Réseau : 42 Les vannes UA11S017,UA37S003,UA47S003

Ordre d'ouverture

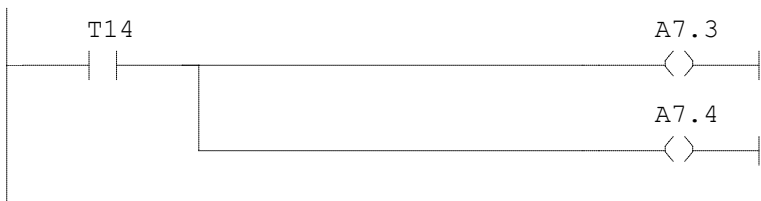


Réseau : 43



Réseau : 44 Les compteurs UA34Z001,UA44Z001

Ordre de comptages



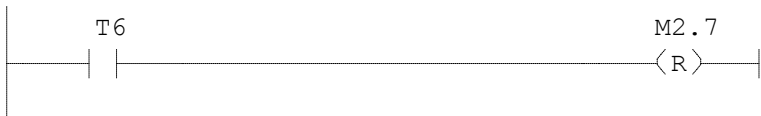
Réseau : 45



Réseau : 46 étape 6

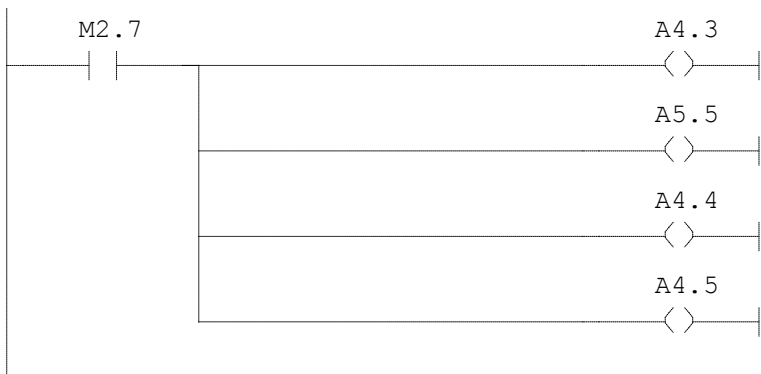


Réseau : 47



Réseau : 48 Les vannes UA11S015,UA11S017,UA37S003,UA47S003

Ordre d'ouverture



Réseau : 49



Réseau : 50 étape 7

Ordre de démarrage

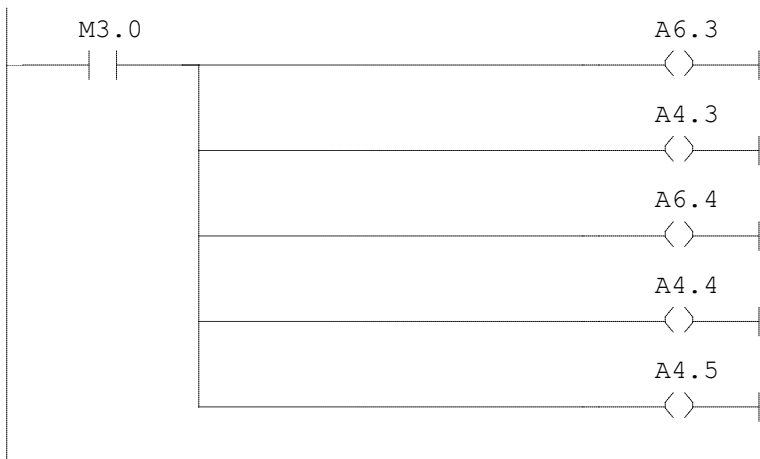


Réseau : 51



Réseau : 52 Le supress UA51D001 et les vannesUA11S017,UA54S002,UA37S003/UA47

Ordre de marche et d'ouverture

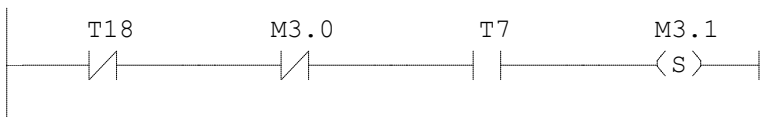


Réseau : 53

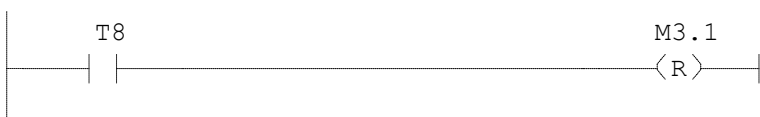


Réseau : 54 étape 8

Ordre de marche

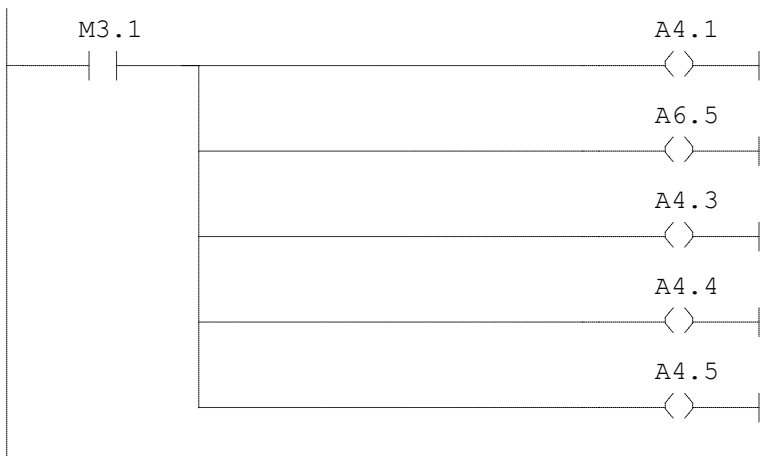


Réseau : 55



Réseau : 56 La pompe UA11D001 et les vannes UA11S007/017,UA37/47S003

Ordre de marche et d'ouverture

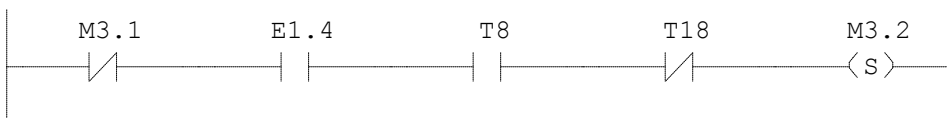


Réseau : 57



Réseau : 58 étape 9

Ordre démarrage

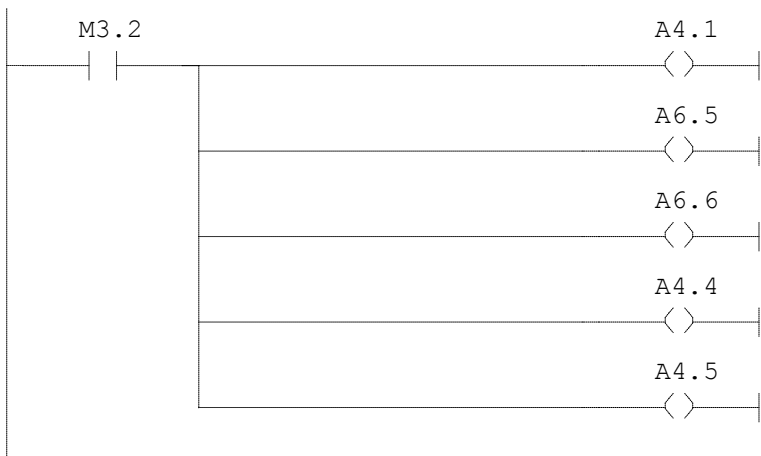


Réseau : 59



Réseau : 60 La pompe UA11D001 et les vannes UA11S007/014,UA37/47S003

Ordre de marche et d'ouverture



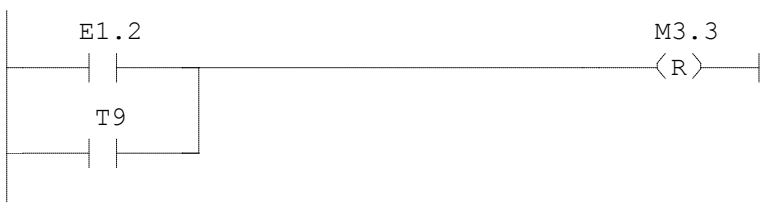
Réseau : 61



Réseau : 62 étape 10

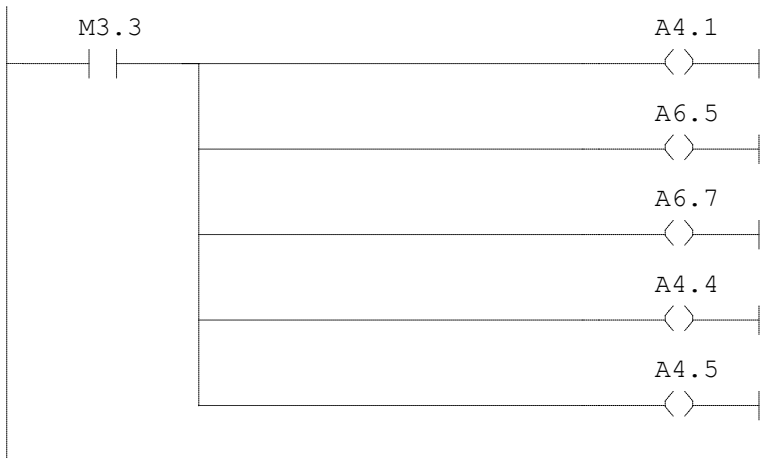


Réseau : 63



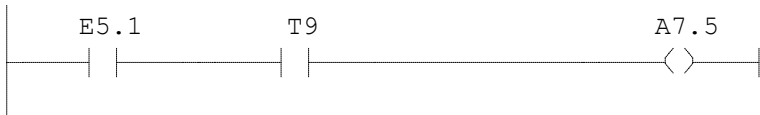
Réseau : 64 La pompe UA11D001et les vannes UA11S007/012,UA37/47S003

Ordre de marche et d'ouverture



Réseau : 65 Alarme

Conductivité > 0.1us/cm après T9=2H



Réseau : 66 Alarme

Niveau d'eau dilution bas

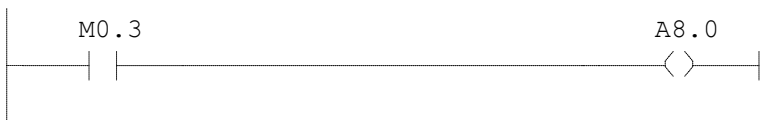


Réseau : 67 Signalisation

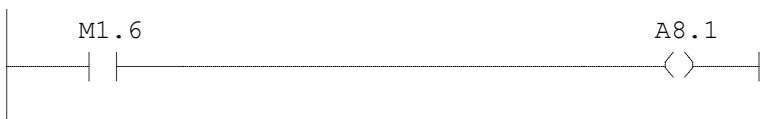
étape 1 marche



Réseau : 68 Signalisation
étape 2 marche



Réseau : 69 Signalisation
étape 3A marche



Réseau : 70 Signalisation
étape 3B marche



Réseau : 71 Signalisation
étape 4A marche



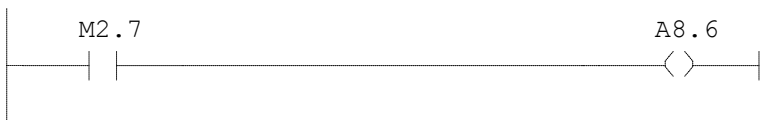
Réseau : 72 Signalisation
étape 4B marche



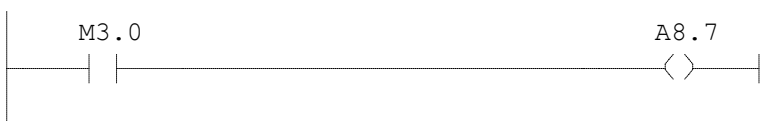
Réseau : 73 Signalisation
étape 5 marche



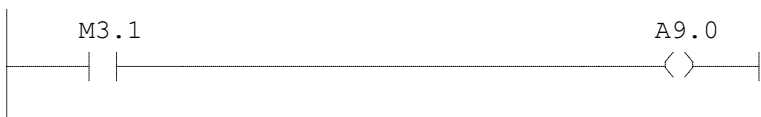
Réseau : 74 Signalisation
étape 6 marche



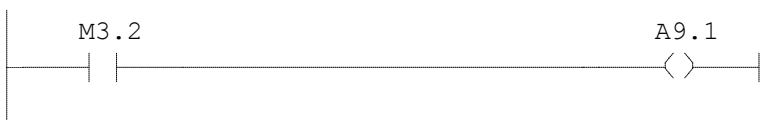
Réseau : 75 Signalisation
étape 7 marche



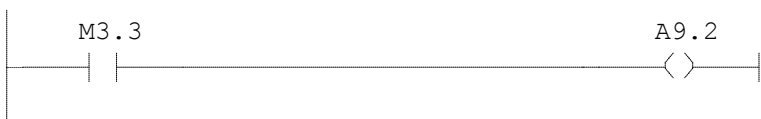
Réseau : 76 Signalisation
étape 8 marche



Réseau : 77 Signalisation
étape 9 marche



Réseau : 78 Signalisation
étape 10 marche



Réseau : 79 Signalisation
Fin de régénération

