



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

« Automatisation du système de réfrigération de
l'usine Allal Al Fassi »

Réalisé Par :

BOUADLI ATTAR Aymen

Encadré par :

P^r *ECHATOUI Nor Said* (FST FES)

Mr QORCHI Hicham (ONEE-BE)

Soutenu le 8 Juin 2016 devant le jury

Pr *ECHATOUI Nor Said* (FST FES)

Pr *LAMCHARFI Tajdine* (FST FES)

Pr *ABDI Farid* (FST FES)



المكتب الوطني للكهرباء و الماء الصالح للشرب
Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable



DEDICACES

Moments de joie, de peine, de longues nuits en quête des semences pour voir le bourgeon d'une nouvelle vie naître... Je dédie cet humble travail à:

Ma très cher petite famille,

Mes parents, je ne vous remercierai jamais assez pour votre amour, votre affection et votre attention. Votre accompagnement et votre présence à mes côtés à toutes les étapes de ma vie, ont permis de guider mes pas dans les chemins de la vie.

Vous avez sacrifié tant de choses pour mon propre épanouissement. Ce travail est le vôtre, sans vous, il n'aurait jamais vu le jour.

Mon frère, ta présence, ton soutien et ta gentillesse m'emplissent de joie, et sont pour moi, la source de réconfort et d'énergie, merci beaucoup, pour tout ce que tu as fait pour moi.

Toute ma famille, mes amis et à tous ceux qui me sont chers...

REMERCIEMENTS

Aucun travail n'est véritablement individuel, pour autant qu'il soit la somme d'une expérience ou d'un essai de réflexion, les aides ou les influences extérieures ne sauraient être méconnue, encore moins méconnue.

*Au terme de ce modeste travail, je tiens à adresser ma profonde gratitude et sincères remerciements avant tout à Mr **ECHATOUI Nor Said** qui m'a aimablement guidé tout au long de la conception de ce projet de fin d'études par ses conseils bien avisés.*

*Mes profonds respects Au corps administratif et à Mr **HENRIOUI** le Chef de Division d'Exploitation des Energies Renouvelables à Fès, qui nous a accordé ce stage au complexe Allal Al Fassi. Ainsi mes dévouements à Mr **ACHOUR** Chef d'Exploitation.*

*Ma profonde gratitude s'adresse à tous ceux qui m'ont encadré, Mr **QORCHI** (chef d'usine), Mr **ALAMI**, Mr **BOUMAY**, Mr **KHOUBI**, Mr **NAKHLI**, Mr **ESSAKHI**, Mr **HAMDAOUI** Mr **TAIF**, Mr **LAKCHINI** Mr **TAABAN**, Mr **ABATOUY Rachid**, Mr **BAJJI** et à tous qui ont accepté de répondre à mes questions et à satisfaire ma curiosité.*

*Mes remerciements vont à Mr. **JORIO Mohammed** responsable de la formation et à tous nos professeurs de la filière « Génie Electrique » qui nous ont toujours soutenus et nous ont énormément appris.
Je souhaite les remercier vivement.*

*Enfin j'aimerais exprimer ma reconnaissance à mes très **chers parents**, à tous les membres de ma famille et à mes amis pour leurs soutient et encouragement.*

Que tous ce qu'on a cités trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude.

LISTE DES ACRONYMES

Acronyme	Désignation
ONEE-BE	Office National d'Electricité et l'Eau potable-Branche Electricité
AAF	Allal Al Fassi
NGM	Niveau Géométrique par apport à la Mère
MP	Master Piece
API	Automate Programmable Industriel
manu	Manuel
<i>Auto</i>	Automatique

Table des matières

DEDICACES.....	2
REMERCIEMENTS	3
LISTE DES ACRONYMES	4
INTRODUCTION GENERALE.....	7
Chapitre I : PRESENTATION DE L'ONEE-BE ET DE L'USINE ALLAL AL FASSI.	8
I. INTRODUCTION :	8
a. L'électricité	8
b. L'électricité au Maroc.....	8
c. Les différentes centrales de production d'électricité.....	8
II. Présentation de l'ONEE-BE	12
a. Présentation de l'ONEE-BE.....	12
b. Missions de l'ONEE-BE :	14
c. Organigramme de l'ONEE-BE :	14
III. Présentation de l'usine hydroélectrique Allal Al Fassi.....	15
a. Présentation de l'ouvrage :	15
b. Situation de l'aménagement :	16
c. Insertion de l'usine dans le réseau ONEE-BE	18
d. Description des ouvrages.....	18
e. Caractéristiques des équipements de l'usine	23
f. Schéma unifilaire de fonctionnement des groupes de l'usine	25
Chapitre II : SYSTEME CONTROLE COMMANDE.....	27
I. Introduction	27
II. Description du système contrôle commande de l'usine Allal Al Fassi.....	27
a. L'automate général :	27
b. Automate groupe	28
c. Automate de poste 225 KV : MP200	28
d. Automate MP 200 « barrage Ait Youb »	28
e. Automate bassin de compensation.....	29

f. Automate Master View 850.....	29
g. Automate MASTER AID 220 :	30
Chapitre III : Elaboration d'un manuel de reprogrammation des automates programmables de l'usine Allal Al Fassi « Automatisation du système de réfrigération ».....	
I. Introduction	30
II. Système de réfrigération de l'usine Allal Al Fassi	30
a. Principe de fonctionnement des systèmes d'eau de réfrigération	30
b. Marche normale et marche secourue.....	33
c. Marche normale automatique	34
d. Alimentation du réservoir permanente et alimentation du réservoir intermittente	36
e. Gestion du système en fonction du niveau dans le réservoir	37
f. Filtration.....	37
g. Commande manuelle.....	37
h. Description de l'armoire du système de réfrigération de l'usine Allal Al Fassi	38
i. Problématique	39
j. Proposition des solutions	40
k. Objectifs	41
l. Etude financière du projet.....	44
CONCLUSION GENERALE	45
Bibliographie	46
Webographie	46

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours l'industrie est devenue un enjeu de société reconnu comme essentiel à la santé économique de notre pays et à l'emploi. Qui dit industrie dit l'automatisation, cette dernière joue le rôle des poumons de l'industrie, car l'automatisation présente plusieurs avantages, dont principalement des gains importants en efficacité et en productivité qui permettent aux entreprises de conserver et améliorer leur compétitivité, diminuer les coûts de production, renforcer la santé et la sécurité au travail, consolider leur présence sur les marchés internationaux, libérer leurs employés de certaines tâches ingrates ou dangereuses, augmenter leurs volumes de production, augmenter la qualité et l'uniformité des produits etc.

Face à la mondialisation, les entreprises marocaines sont appelées à se préparer une transition vers l'utilisation des nouvelles technologies pour améliorer leurs productivité.

L'ONEE-BE qui est connu comme un pôle industrielle et économique très important dans notre pays, a toujours intégré les évolutions de la technologie dans ses objectifs pour être le numéro un dans le domaine d'énergie électrique au Maroc.

En effet, le sujet qui m'a été confié, a pour but l'automatisation du système de réfrigération de la centrale hydroélectrique Allal Al Fassi. Pour répondre à cette problématique on va faire une étude technique sur le système et trouver des solutions adéquates.

Dans ce sens, je vais faire une étude sur la problématique qui se situe dans l'armoire du système de réfrigération de l'usine Allal Al Fassi qui connaît un système ancien de câblage et qui pose beaucoup de problèmes au niveau des interventions sur les défauts de système de réfrigération, proposer des solutions et faire une étude financière de projet de l'automatisation de cette armoire.

Chapitre I : PRESENTATION DE L'ONEE-BE ET DE L'USINE ALLAL AL FASSI.

I. INTRODUCTION :

a. L'électricité

L'électricité est une forme d'énergie produite par le déplacement e particules élémentaires de la matière et se manifestant par différents phénomènes tels que attraction et répulsion (électricité statique), calorifiques, chimiques, lumineux, magnétiques, mécaniques (électricité dynamiques).

b. L'électricité au Maroc

L'électricité est l'une des matières la plus complexe et la plus remarquable de ce siècle. Ayant la plus courte vie, elle est animée de la plus grande vitesse. On peut la moduler, la transformer, la transporter, mais on n'est pas encore arrivé à la stocker en quantités industrielles importantes. Elle doit donc être consommée au fur et à mesure de sa production pour satisfaire un besoin précis.

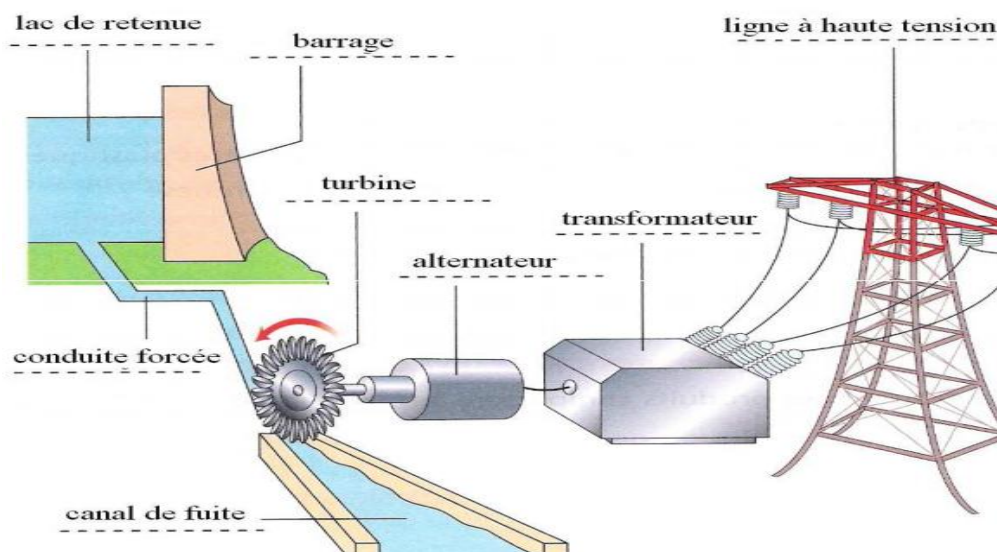
c. Les différentes centrales de production d'électricité

* Les centrales hydrauliques.

-Les centrales hydrauliques utilisent l'énergie de l'eau stockée dans un lac de retenue par un barrage.

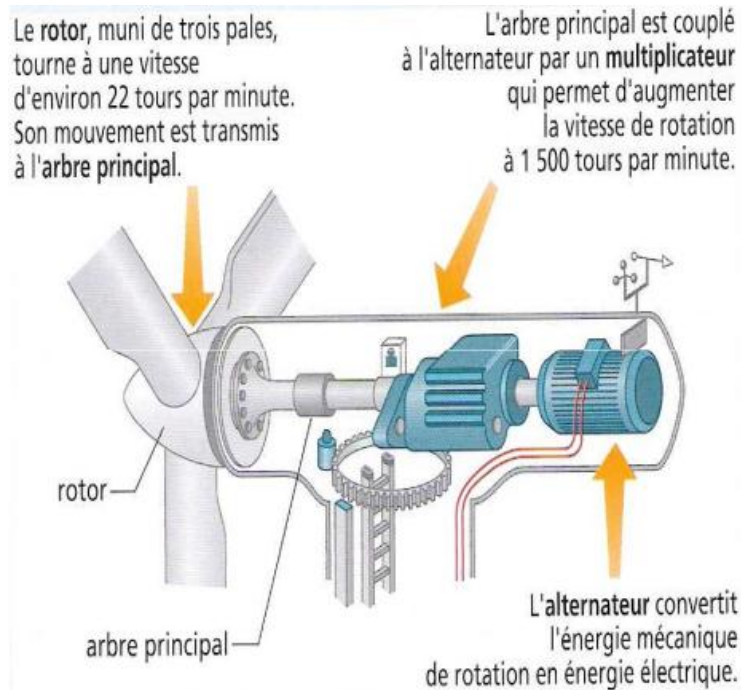
-une conduite forcée, située en contrebas, propulse l'eau sur les pales d'une turbine. L'eau remise ensuite dans le milieu naturel par un canal de fuite

-la turbine entraine un alternateur qui produit de l'énergie électrique : cette énergie est élevée dans un transformateur pour son trajet dans les lignes à haute tension



*les éoliennes

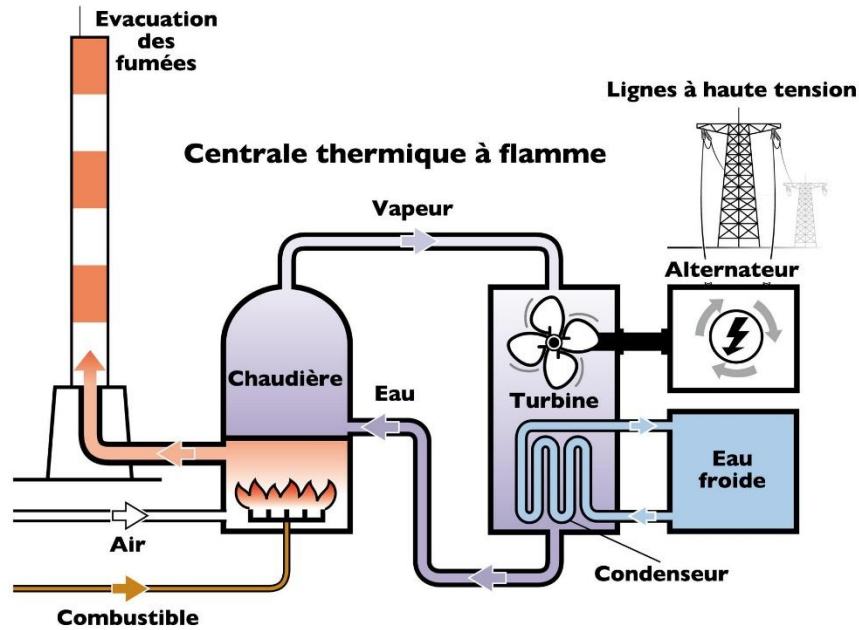
Les éoliennes permettent de convertir l'énergie du vent en énergie électrique.



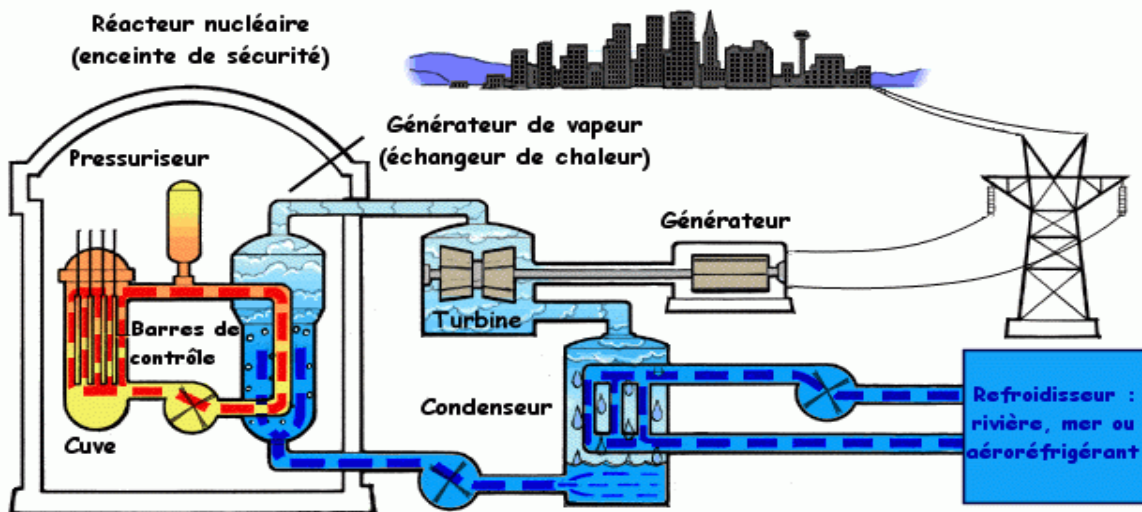
*les centrales thermiques

Il existe deux types de centrales thermiques : les centrales à flamme et les centrales nucléaires

- **Les centrales à flamme** : dans une chaudière, l'énergie chimique des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz), est convertie en chaleur. Celle-ci est utilisée pour chauffer l'eau qui se transforme en vapeur.
- Celle-ci, maintenue sous pression, met en mouvement la turbine qui entraîne l'alternateur
- Ces avantages : ce sont des centrales d'appoint qui peuvent être facilement mises en fonctionnement ou arrêtées selon les besoins.
- Ces inconvénients : elles utilisent des énergies fossiles donc non renouvelables. Et lors de la combustion des énergies fossiles, des gaz à effet de serre sont émis.



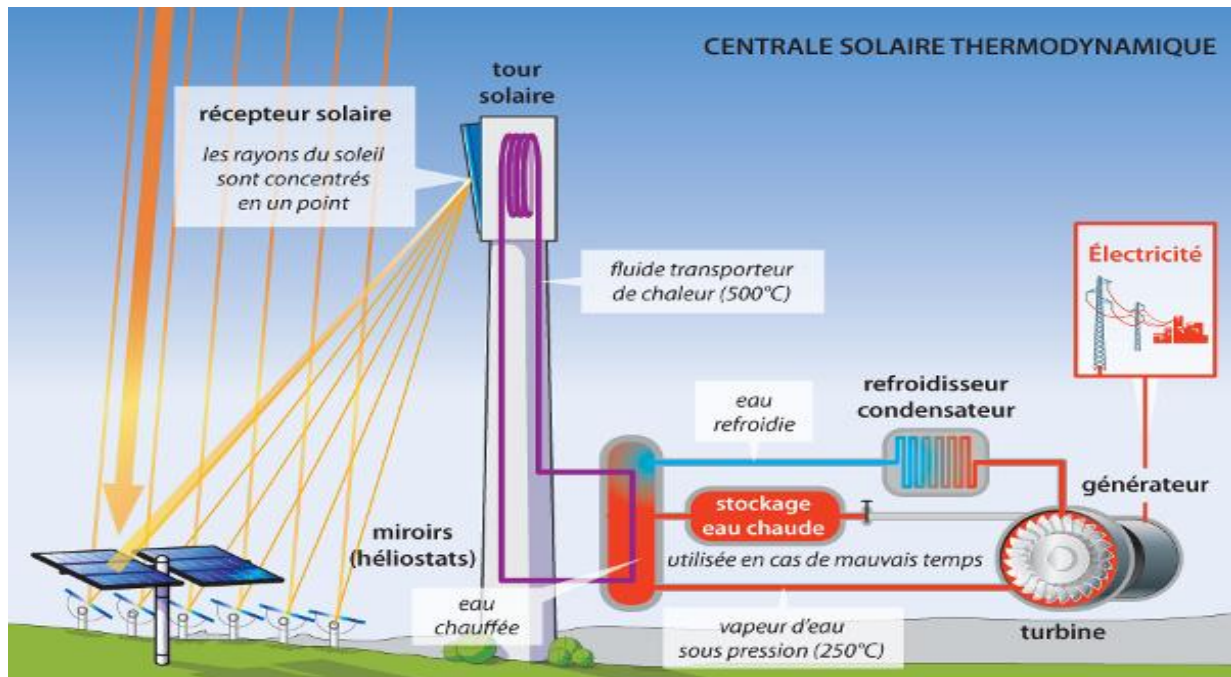
- *Les centrales nucléaires* : La fission des atomes d'uranium produit de la chaleur, chaleur qui transforme alors de l'eau en vapeur et met en mouvement une turbine reliée à un alternateur qui produit de l'électricité.
- Ces avantages : le coût de revient de l'énergie produite est faible. Il n'y a pas d'émission de gaz à effet de serre.
- Ces inconvénients : elles produisent des déchets radioactifs. Leur démantèlement pose problème en fin de vie.



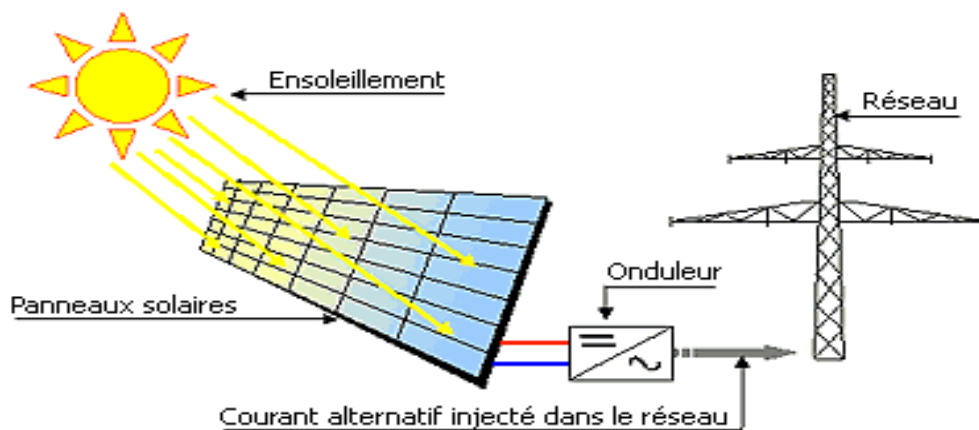
- *Les centrales solaires* : il existe deux types, centrales solaire thermique et centrale solaire photovoltaïque

Les fonctionnements des centrales solaires thermiques reposent sur la technique suivante :

- Des miroirs captent le rayonnement solaire en un point de façon à générer des températures très élevées (de 400 à 1000°C).
- La chaleur obtenue transforme de l'eau en vapeur dans une chaudière.
- La vapeur sous pression fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur qui produit de l'électricité.

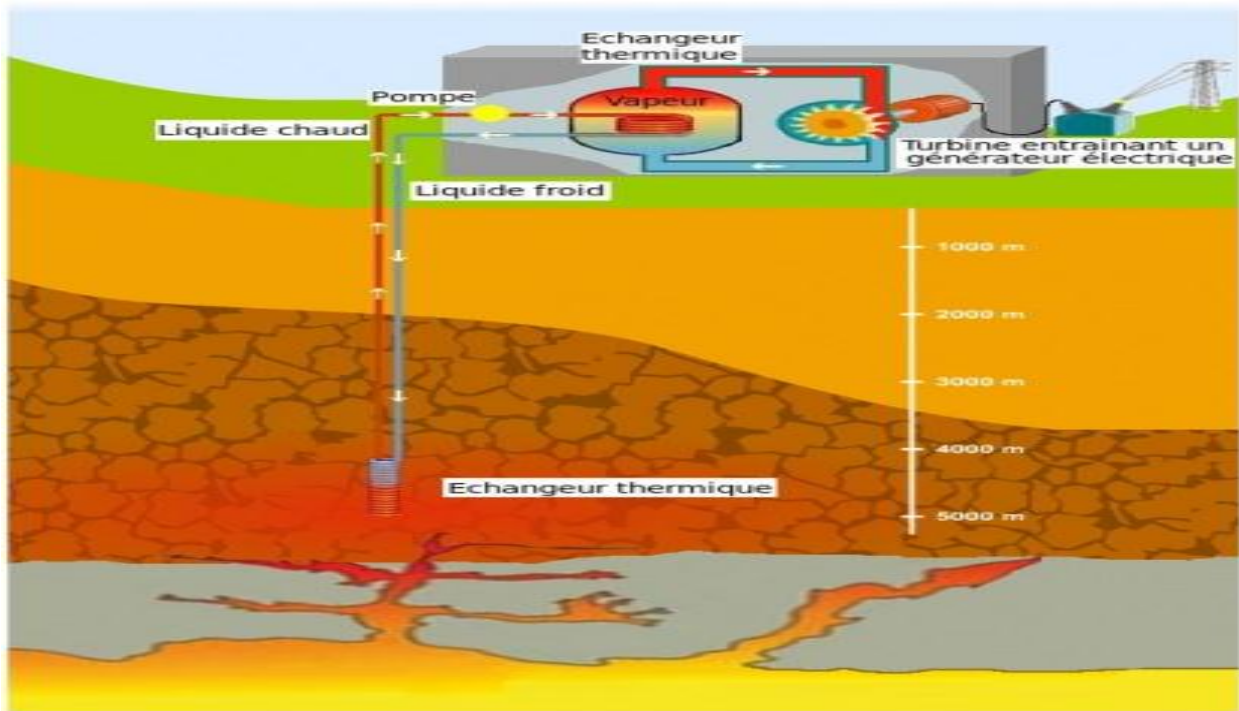


- Une centrale solaire photovoltaïque est constituée d'un champ de modules solaires photovoltaïques reliés entre eux en série et en parallèle et connectés à un ou plusieurs onduleurs.



- **Les centrales géothermiques :**

-Une centrale géothermique produit de l'électricité grâce à la chaleur de la Terre qui transforme l'eau contenue dans les nappes souterraines en vapeur et permet de faire tourner une turbine et un alternateur.



II. Présentation de l'ONEE-BE

a. Présentation de l'ONEE-BE

L'Office National de l'Électricité a été créé par un Dahir en Août 1963 et a été substitué à la Société Électrique du Maroc à qui été confiée depuis 1924, la concession d'une organisation de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique. À cette date les usines de l'énergie Électrique du Maroc assuraient 90% de la production nationale.

Au cœur d'un service public stratégique, l'ONEE-BE joue un rôle important dans l'amélioration du niveau de vie des citoyens marocains et la compétitivité économique du pays.

Avec 8 957 collaborateurs et plus de 5,1 millions de clients, la Branche Electricité exerce des activités centrées sur les métiers de l'électricité : Production, Transport et Distribution de l'énergie électrique.

A fin 2014, l'énergie électrique appelée à atteint **33 529,6 GWh** en enregistrant un taux de croissance de **4,7 %** par rapport à l'année **2013**.

La tendance haussière de la demande électrique reflète la dynamique socio-économique de notre pays induite notamment par l'importante amélioration de l'accès des populations aux infrastructures de base, dont l'électricité dans le cadre du Programme d'Electrification Rurale Global (PERG) et la politique des grands chantiers structurants autant sur le plan économique que social.

L'ONEE-BE opère dans les trois métiers clés du secteur d'électricité: la production, le transport et la distribution.

La production :

À fin 2014, la puissance totale installée du parc de production électrique de l'Office s'élève à **7 994 MW**, contre **7 342,2 MW** en 2013. **32%** de la puissance installée est de source renouvelable.

Centrales	Puissance installée en MW
usines hydrauliques	1 306
STEP	464
centrales thermiques vapeur	3 145
charbon (y compris JLEC)	2 545
fioul	600
Centrales turbines à gaz	1 230
Cycle combinés	850
Thermique Diesel	202
Total Thermique	5 427
Éolien	797
Total ONEE-BE	7 994

Tableau 1: puissance installée dans les centrales de l'ONEE-BE

Transport :

D'une longueur totale de **23 332 km** en 2014, le réseau de transport national est interconnecté aux réseaux électriques espagnol et algérien, dans l'objectif de :

- Renforcer la fiabilité et la sécurité d'alimentation,
- Bénéficier de l'économie potentielle sur le prix de revient du kWh
- Intégrer le marché électrique national dans un vaste marché euromaghrébin.

Distribution :

L'ONEE - Branche Électricité est : Le premier distributeur d'électricité au Maroc avec une part de marché de **55%**.

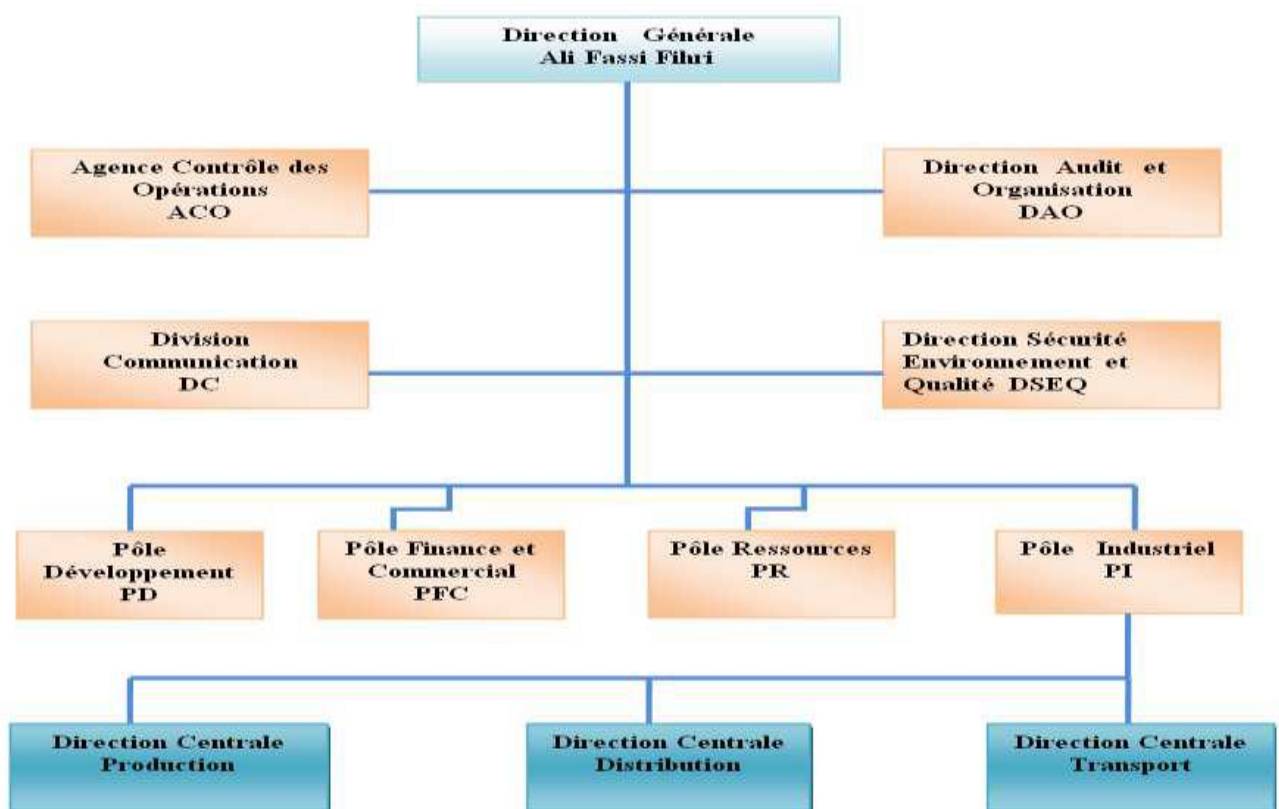
10 directions régionales sur tout le territoire.

Plus de 5,1 millions de clients dans tout le monde rural et plusieurs agglomérations urbaines. Le reste de la clientèle étant gérée par des Régies de distribution publiques ou des Distributeurs privés qui sont eux-mêmes clients Grands Comptes de la Branche Électricité.

b. Missions de l'ONEE-BE :

- Assurer le service public de la production et du transport de l'énergie électrique ainsi que celui de la distribution de l'énergie électrique dans les zones où l'Office intervient ;
- Gérer la demande globale d'énergie électrique du Royaume ;
- Satisfaire la demande en électricité du pays en énergie électrique dans les meilleures conditions de coût et de qualité de service ;
- Gérer et développer le réseau de transport ;
- Généraliser l'extension de l'électrification rurale ;
- Œuvrer pour la promotion et le développement des énergies renouvelables.

c. Organigramme de l'ONEE-BE :



III. Présentation de l'usine hydroélectrique Allal Al Fassi

a. Présentation de l'ouvrage :

L'aménagement hydroélectrique Allal Al Fassi utilise la dénivellation de 200m environ, existence entre le cours du Sebou et celui de l'Inaouène, en dérivant l'eau de la retenue du barrage d'Ait Youb vers l'usine hydroélectrique, qui la restitue dans la retenue du barrage d'Idriss 1^{er}.

L'aménagement comprend le barrage de dérivation situé sur l'Oued Sebou près de la localité d'Ait Youb, la galerie de dérivation et les ouvrages directement liés à l'usine située près de la localité d'Ouled Ayad.

Les travaux de construction du complexe hydro-énergétique ont été lancés par sa Majesté le Roi Hassan II le 19 Mars 1987 et sa mise en service a été inaugurée par sa Majesté le 29 décembre 1992.

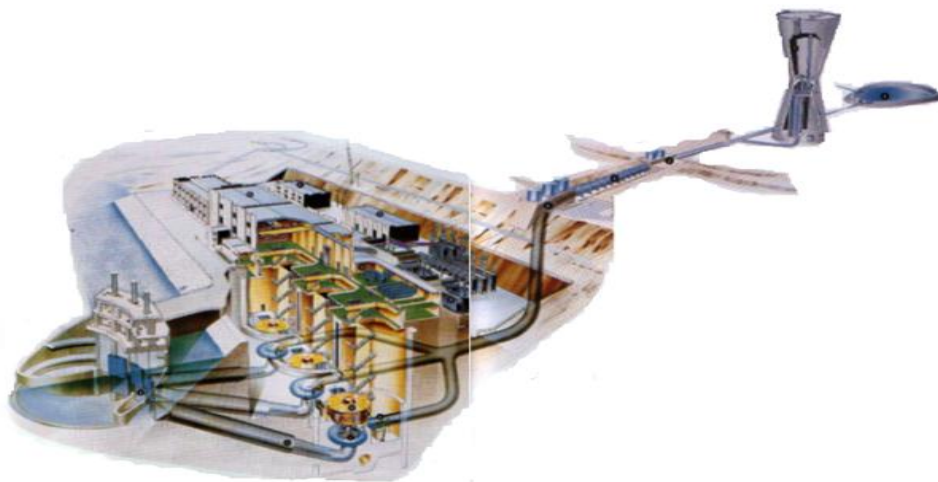
La chute hydroélectrique Allal Al Fassi constitue un des éléments de l'aménagement du Haut Sebou qui fait lui-même partie de l'aménagement intégré de l'ensemble Sebou-Inaoune-Ourgha, conçu pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation et les besoins énergétiques.

Le Projet d'aménagement du Haut Sebou comporte de l'amont vers l'aval :

- La chute M'dez (barrage M'dez et usine en dérivation en projet).
- La chute El Menzel (barrage Ait Timedrine et usine El Menzel en dérivation en projet)
- La chute Allal Al Fassi (barrage Ait Youb et usine Matmata en dérivation).

L'aménagement Allal Al Fassi est destiné à :

- Régulariser le débit de l'Oued Sebou.
- Dériver 600 millions de m³ par an du Sebou vers le barrage Idriss 1^{er} dont la capacité est de 1300 millions m³, et permettre ainsi l'extension du périmètre irrigué de 25000 ha et l'augmentation de la production énergétique annuelle de l'usine Idriss 1^{er} de 15 millions de kWh.
- Produire une énergie électrique de 270 millions de kWh par an.



b. Situation de l'aménagement :

L'aménagement est situé au Sud du Rif, à cheval sur les provinces de Sefrou et de Taounate.

Le barrage est implanté dans les gorges du Sebou à 18km environ à l'Est-Nord-Est de la ville de Fès.

A cet endroit, dans sa partie inférieure et avant de sortir des gorges, le cours du Sebou se rapproche de l'Oued Inaouène qui lui est parallèle. La galerie souterraine à écoulement libre qui amène l'eau jusqu'au bassin de modulation franchit un massif situé entre la vallée de Sebou et celle de Inaouène.

Le bassin de compensation construit à l'aval de la galerie est situé en bordure de la route principale Fès-Taza sur un plateau qui domine la vallée de l'Inaouène.

L'usine est implantée sur la rive gauche de la retenue d'Idriss 1^{er} à 26.5 km à vol d'oiseau de la ville de Fès.



c. Insertion de l'usine dans le réseau ONEE-BE

L'usine est équipée de 3 groupes d'une puissance de 80 MW chacun et d'une productibilité globale de 270 millions de kWh.

L'énergie produite dans l'usine est évacuée sur le réseau national 225kV par 3 départs vers les postes de Douyet (région Fès), El Ouali (région de Fès) et Bourdim (Région de Oujda).

L'usine est télécommandée à partir du Dispatching National de Casablanca.

Au 31 décembre 1994, la puissance installée dans les ouvrages de production du réseau interconnecté de l'ONEE-BE était de :

- 687 MW en unités hydrauliques non comprise Allal Al Fassi.
- 2500 MW en unités thermiques.

L'énergie électrique appelée en 1994 a été de 11034 GWh



d. Description des ouvrages

○ BARRAGE

Le barrage Allal Al Fassi (Aït Youb) est situé dans les gorges du Sebou, à 18 km environ, à l'Est/Nord-Est, de la ville de Sefrou et à 30 km environ, à l'Est/Sud-Est, de la ville de Fès.

Le barrage est en enrochement à noyau en terre.

Hauteur du barrage au-dessus des fondations est de 67m.

Le barrage a créé un réservoir d'une capacité de 80 millions de m³ d'eau.

La retenue est alimentée par un bassin versant de 5400 km².

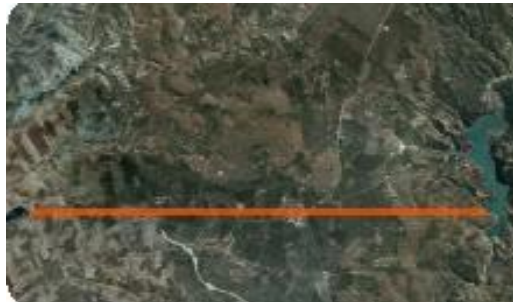
Cote du couronnement : 422,50 NGM

Cote de la Retenue Normale (RN) :	418,50 NGM
Cote des plus hautes eaux :	421,50 NGM
Limite inférieure de prise :	410,00 NGM



○ **GALERIE DE DERIVATION**

La galerie de dérivation conçue pour un débit continu de 38m³/s à écoulement libre d'une longueur de 15,51 km et d'un diamètre de 4,40m et a été excavée au tunnelier.



○ **BASSIN DE COMPENSATION**

Périphérique :	2000 m
Largeur de la crête de la digue :	5 m
Capacité utile :	1,515 hm ³
Cote maximale de la retenue :	389.50 NGM
Limite inférieur de la prise :	382.00 NGM



○ **CONDUITE D'AMENEE**

Longueur totale :	3958m
Type d'écoulement :	en charge
Diamètre :	6m-7,20m
Débit nominal :	160m ³ /s

○ **CHEMINEE D'EQUILIBRE**

Technique de construction :	béton précontraint
Hauteur total :	101m
Hauteur hors sol :	94m

○ **CONDUITE FORCEE**

Longueur de la conduite subhorizontale À l'aire libre :	306 m
Longueur en puits :	52 m
Longueur horizontale souterraine :	160 m
Diamètre de la conduite :	5,20 m-6 m



○ **Usine**

Equipée de 3 groupes installés dans des puits. Chaque puits comprend les équipements principaux suivants :

- Au niveau 190 NGM, la vanne de pied de type papillon, les compresseurs d'air de régulation et les pompes de circulation d'eau de réfrigération et industrielle.
- Au niveau 195 NGM, la turbine, les équipements de régulation de vitesse, les armoires de commande locale et les armoires d'eau de réfrigération.
- Au niveau 198 NGM, l'alternateur et son équipement de lutte contre l'incendie.
 - ◆ Les niveaux supérieurs de l'usine comportent :
 - Au niveau 217 NGM, les équipements d'excitation, les transformateurs de soutirage et les transformateurs d'éclairage.
 - Au niveau 222 NGM, les locaux techniques électriques (salle de commande, salle de relayage, local BT, salle des batteries, poste 22 kV et salle HF), les locaux techniques hydrauliques (filtration et traitement d'eau) et le hall de montage.





- La salle des machines est desservie par deux ponts roulants de 110 tonnes chacun pouvant être jumelés entre eux.
 - ◆ A l'extérieur de l'usine sur la plateforme à 222 NGM se trouvent :
 - Le poste 225 kV blindé, isolé au gaz SF6.
 - Les transformateurs des groupes 10.5/225 kV.
 - Le bâtiment administratif à 2 niveaux abritant l'atelier, les magasins et les bureaux.
 - le bâtiment auxiliaire abritant le garage, le groupe électrogène de secours et le local d'air comprimé.
 - Le bâtiment d'accueil.
 - L'ouvrage de restitution équipé de 3 vannes batardeaux.



e. Caractéristiques des équipements de l'usine

- **Vanne de pied :**

- Type : papillon à obturateur biplan
- Diamètre intérieur : 2.45m



- **Turbine :**

- Type : FRANCIS à axe vertical
- Débit nominal : 51.93 m³/s
- Vitesse de rotation nominale : 333.33tr/mn
- Puissance nominale : 82,29 MW
- Vitesse d'emballement : 630tr/mn
- Régulation de vitesse digitale : DTL 525



- **Alternateurs :** est du type ferlé auto-ventilé en circuit fermé avec refroidissement de l'air par réfrigérant à circulation d'eau perdu.

- Tension de sortie : 10,5 kV
- Puissance apparente : 93.91 MVA
- Facteur de puissance : 0.85

- Fréquence : 50 Hz
- Masse totale : 303 t
- Masse du rotor : 200 t
- Excitation statique 114 V/2180 A



- **Transformateurs** : refroidissement par circulation de l'huile dans les radiateurs ventilés

- Type : extérieur
- Puissance nominale : 94 MVA
- Rapport de transformation à vide : 10,5/225kV \pm 2 \times 2.5%
- Fréquence : 50 Hz
- Tension de court-circuit : 11%
- Masse totale : 118t



- **Auxiliaires électriques** :

- Courant alternatif : les auxiliaires propres à chaque groupe sont alimentés par soutirage à la sortie alternateur.

Les auxiliaires communs et généraux sont alimentés à partir d'un poste 22 kV/380V à travers un transformateur de 800 kVa. Cette source est secourue par un groupe électrogène de 400 kVa. Ces sources servent aussi pour alimenter les auxiliaires des groupes en cas d'arrêt de ceux-ci ou d'une défaillance de soutirages.

Les permutations d'une source d'alimentation à une autre se fait d'une manière automatique.

- Courant continu : l'usine est équipée de 4 batteries 127V qui fonctionnent en régime floating avec des redresseur alternatif/continu et d'une batterie 48V pour la télécommunication.

f. Schéma unifilaire de fonctionnement des groupes de l'usine

- *Schéma unifilaire général :*

Chapitre II : SYSTEME CONTROLE COMMANDE

I. Introduction

Pour contrôler réguler et protéger les équipements mentionnés, ainsi que toutes les composantes des groupes, l'usine est dotée d'un système contrôle commande. Dans ce chapitre on citera les automates programmables et leurs rôles dans le système du contrôle commande de l'usine AAF.

II. Description du système contrôle commande de l'usine Allal Al Fassi

Le système contrôle commande intègre la technologie avancée « ABB Master » qui offre une gestion conviviale et un contrôle fiable. Ainsi que :

- a. Les commandes et signalisations de chaque groupe, la gestion globale de la centrale y compris les ouvrages amont sont élaborés par l'automate « Master Pièce 200 »
- b. La gestion et l'affichage des signalisations d'état et défauts sont restitués sur imprimante par le « Master View 850 ». Cet automate affiche sur écran, à la demande, la configuration des systèmes électriques, hydrauliques et mécaniques de l'usine pour renseigner l'opérateur à tout moment sur l'état des équipements.
- c. La régulation de vitesse est assurée par l'automate type DTL 525
- d. Les protections alternateurs sont assurées par l'équipement numérique type REG 216
- e. Les protections jeux de barres du poste 225 kV sont assurées par l'équipement statique type INX 5

Le « ABB Master » est composé de plusieurs stations reliées par un Master Bus 200. « MB 200 » et répartis comme suit :

- un automate Master Pièce 200 pour chaque groupe,
- un automate général Master Pièce 200 pour tout le complexe,
- un automate Master Pièce 200 pour le poste 225 KV,
- un automate Master Pièce 200 pour la prise du barrage
- un automate Master Pièce 40 installé au bassin de compensation,
- un automate Master View 850 pour la supervision.

a. L'automate général :

L'automate général, placé dans la salle de commande, est de type « Master Pièce 200 », son rôle est :

- Régulation hydraulique entre bassin de compensation et barrage «Ait Youb».

- Démarrage par programmeur.
- Communication avec le bassin.
- Communication avec l'automate du barrage.
- Traitement des signaux des auxiliaires à courant continu et à courant alternatif.

Les constitutions de l'automate général sont :

- Une unité centrale avec un microprocesseur 32 bits, Motorola 68020.
- Un régulateur 24v-5v.
- Cartes d'alimentation.
- Cartes d'entrées binaires 32 canaux.
- Cartes de sorties analogiques 8 canaux.
- Cartes d'entrées analogiques 16 canaux.
- Interface RCOM.
- Couplage par Bus MB200

b. Automate groupe

Cet automate est composé d'une station Master Piece 200 installé au niveau de la turbine. La station Master Piece 200 est équipée avec les cartes E/S binaire nécessaires pour parfaire la commande des séquences de démarrages et d'arrêt du groupe ainsi que la commande pas à pas à partir de la salle de commande, les fonctions diagnostics, les conditions de démarrages manquantes sont également intégrées dans cette platine et les signaux d'alarmes sont également transmis par l'intermédiaire du MASTER Piece 200 à la station Master View 850 pour la consignation des états .

c. Automate de poste 225 KV : MP200

Il assure le traitement de signaux, des événements et des alarmes des organes du poste pour le Master View 850 en vue de la consignation de leurs états.

d. Automate MP 200 « barrage Ait Youb »

Il est connecté par une liaison hertzienne à l'automate général, cette automate est placée dans le bâtiment des vannes à Ait Youb. Son rôle est de commander la vanne de réglage et la vanne de garde fonctionnement est comme suivant :

Commande de la vanne de prise, transmission des signalisations et défauts et la régulation du débit de la galerie afin de régler le débit de la galerie en fonction du volume du bassin.

e. **Automate bassin de compensation**

Il est lié à l'automate général par deux câbles téléphoniques, il assure la collection et la transmission des informations au niveau du bassin de compensation en vue de leur traitement au niveau de l'automate général.

f. **Automate Master View 850**

Cette station est subdivisée en deux imprimantes, deux écrans et deux claviers. Elle permet la visualisation des états, le listage des alarmes et les événements.

Le nombre des événements est de 1000 et celui des alarmes est 500 cette station permet la visualisation des images suivantes :

- Pour chaque groupe
 - Représentation synoptique électrique groupe- transformateur
 - Représentation mécanique de la turbine
 - Représentation mécanique de l'alternateur.
- Pour poste THT
 - Synoptique électrique avec représentation dynamique de tous les organes de coupure
 - Image d'ensemble avec représentation dynamique des disjoncteurs HT
- Pour le système hydraulique
 - Schéma hydraulique principal (barrage ALLAL AL FASSI bassin compensateur et groupe avec indication de débit, des niveaux et position des vannes)
- Pour le système de commande
 - Image représentant l'ensemble de stations Master avec le Master bus
 - Représentation des courbes trend 16 pour chaque groupe et 16 pour le reste de la centrale.
 - La commande automatique de démarrage et arrêt à partir de la console
 - Le réglage des puissances active et réactive
 - Les rapports énergétiques
 - Les heures de marche des groupes
 - Rapport hydraulique

g. Automate MASTER AID 220 :

Son rôle est de programmer les différents automates et la station Master VIEW, il est aussi destiné pour l'installation, les modifications et les essais du logiciel de chaque automate. Le Master Aid est constitué de:

- Microprocesseur INTEL 80386 sx.
- Une carte VGA graphique, un floppy 3.5.
- Une carte CPU Motorola MC 68020 avec RAM.

Chapitre III : Elaboration d'un manuel de reprogrammation des automates programmables de l'usine Allal Al Fassi « Automatisation du système de réfrigération »

I. Introduction

Les Automates Programmables Industriels (API) sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisées qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués.

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

Il est en général manipulé par un personnel électromécanicien. Le développement de l'industrie à entraîner une augmentation constante des fonctions électroniques présentes dans un automatisme c'est pour ça que l'API s'est substitué aux armoires à relais en raison de sa souplesse dans la mise en œuvre, mais aussi parce que dans les coûts de câblage et de maintenance devenaient trop élevés.

II. Système de réfrigération de l'usine Allal Al Fassi

a. Principe de fonctionnement des systèmes d'eau de réfrigération

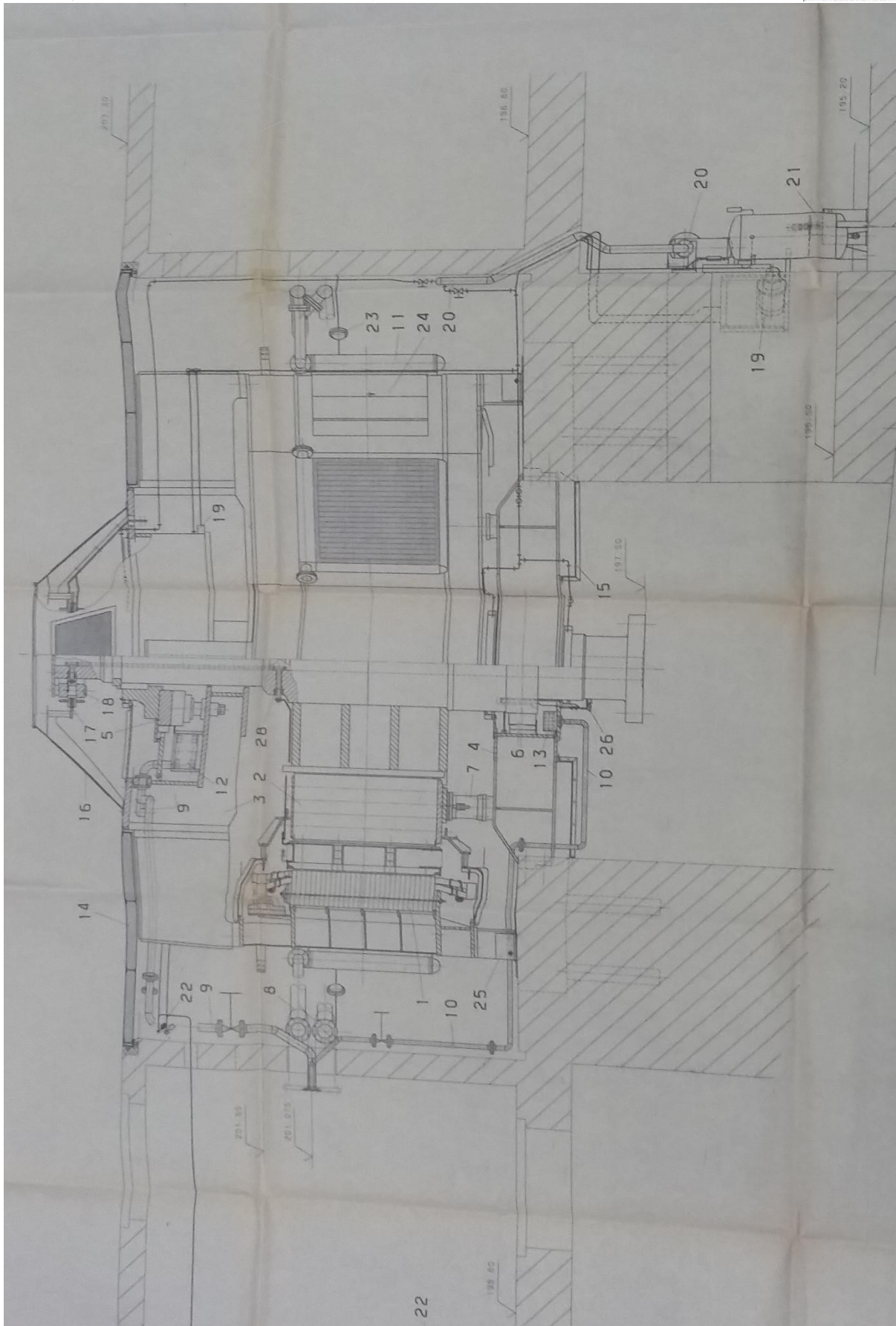
La centrale de Matmata est équipée de trois systèmes d'eau de réfrigération totalement indépendants, soit un par groupe

Chaque système a pour fonction de subvenir aux besoins en eau de réfrigération des équipements du groupe correspondant qui sont :

- Les réfrigérants alternateur.
- Le pivot-guide alternateur.
- Le palier guide alternateur.
- Le palier guide turbine.

Le système assure en outre l'alimentation en eau du joint d'arbre.

Ces équipements sont alimentés par gravité depuis un réservoir propre au système placé sur le bloc d'ancrage n°6 de la conduite forcée.



Plan sous forme d'une coupe transversale du bloc de l'alternateur.

1	Stator complet
2	Rotor complet
3	Croisillon supérieur
4	Croisillon inférieur
5	Ensemble du pivot
6	Ensemble du palier inférieur
7	Vérin de soulèvement et freinage
8	Tuyauter d'eau de refroidissement alternateur
9	Tuyauter d'eau de refroidissement palier combine
10	Tuyauter d'eau de refroidissement palier de guidage
11	Réfrigérant alternateur
12	Serpentine de refroidissement
13	Serpentine de refroidissement
14	Platelage supérieur
15	Fermeture air inferieur
16	Calotte de couverture supérieur
17	Arc porte balais
18	Bagues de contact
19	Installation huile injection pivot
20	Extraction vapeurs d'huile
21	Installation de freinage et lavage rotor
22	Encombrement ensemble CO2
23	Installation d'éclairage
24	Boite à bornes
25	Résistance chauffantes
26	Balai de mise à la terre
27	Extraction CO2
28	Connexion dans l'arbre

b. Marche normale et marche secourue

Le réservoir (1880) est alimenté :

- En **marche normale** par pompage dans l'aspirateur.

L'eau est refoulée au moyen de deux ensembles parallèles, l'un étant en secours de l'autre, constitués chacun principalement d'un groupe électropompe (1812,1812 M1 et 1822, 1822 M1) et d'une vanne motorisée(1815,1825).

- En **marche secourue** par piquage sur la conduite forcée.

La file d'alimentation de secours est constituée principalement d'une vanne motorisée (1844) et un réducteur de pression (1847).

c. Marche normale automatique

- Le sélecteur marche normale / marche secourue est placé sur marche normale.
- Le sélecteur auto /manu/ consigne sont placés sur auto.
- Le sélecteur de priorité file 1 / file 2 désigne la pompe démarrée en priorité.

La pompe prioritaire est démarrée, la vanne d'isolement étant fermée. Lorsque la pression est établie, la vanne est ouverte. On limite ainsi les surpressions dans les conduites.

La file de secours est automatiquement mise en service si un défaut sur la file prioritaire est constaté qui peut être :

- Pression non établie malgré l'ordre de démarrage et l'écoulement d'une temporisation.
- Défaut durant la manœuvre de la vanne (protection thermique, protection couple d'entraînement, contact de fin de course non établi malgré l'écoulement d'une temporisation)

Ou si le niveau 2 est détecté.

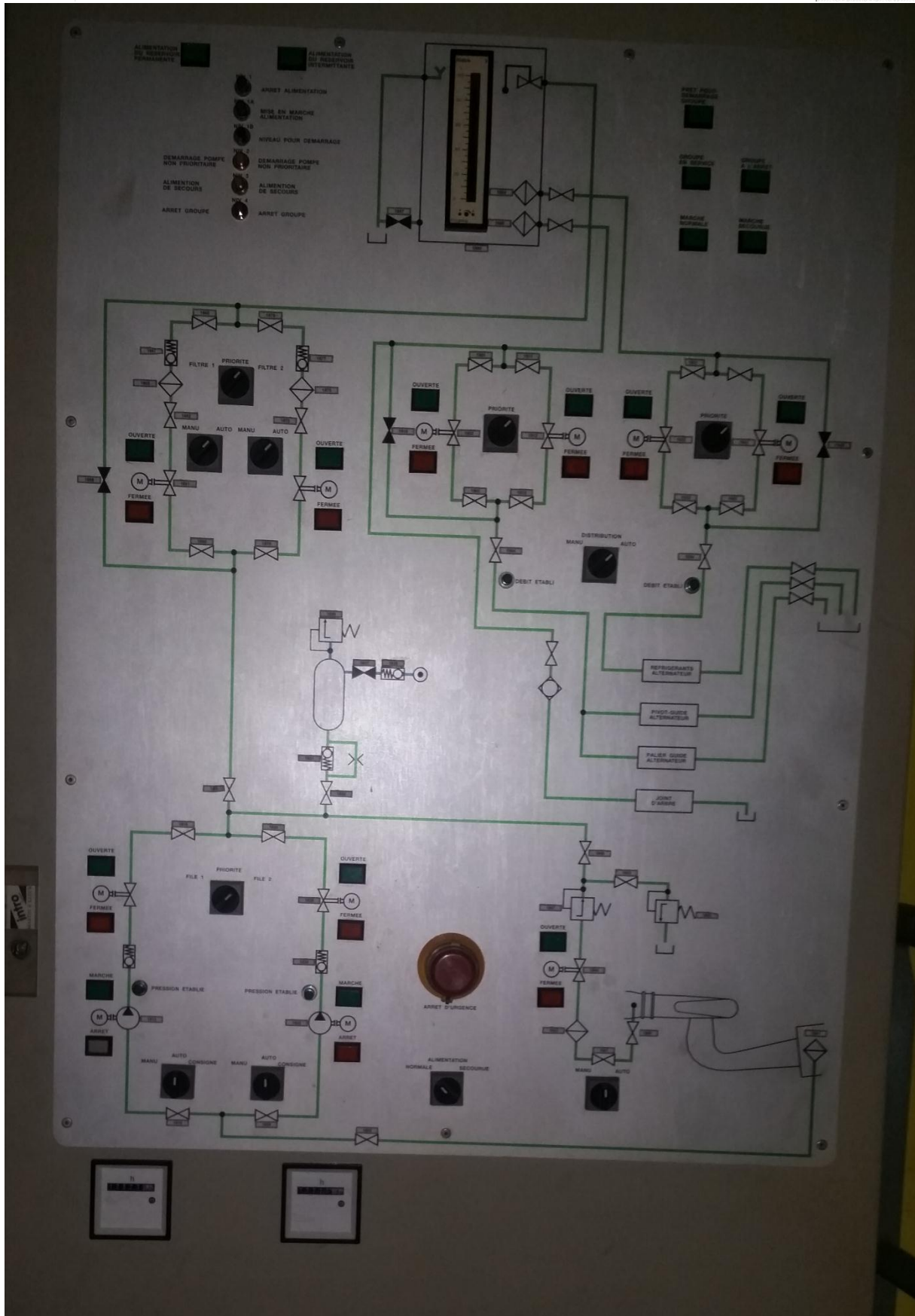
Un test sur la priorité de la file en service permet d'éviter un bouclage sans fin en cas de défaillance de la file en secours.

Remarque :

Sur détection du niveau 2, le système ne commute sur l'autre file que si la file en service est la file prioritaire.

En effet, sans ce teste la pompe de secours démarrée suite à la détection du niveau 2 n'aurait pas la possibilité de remonter le niveau car il serait déclarée défaillante, le niveau étant au moment de démarrage inférieur au niveau 2.

La mise en marche et l'arrêt de la file en service dépendent du mode sur lequel fonctionne le système c.à.d. alimentation permanente ou alimentation intermittente



d. Alimentation du réservoir permanente et alimentation du réservoir intermittente

Les groupes de l'usine de Matmata ayant vocation à satisfaire la demande en puissance de pointe, les turbines doivent être maintenues pleines de façon à pouvoir les démarrer rapidement.

Il est par conséquent nécessaire d'alimenter en permanence le joint d'arbre lorsque le groupe est à l'arrêt.

Pour cette raison deux modes d'alimentation du réservoir sont prévus :

- Le mode alimentation du réservoir intermittente qui est en fonction exclusivement lorsque le groupe est à l'arrêt pour la reconstitution de la tranche d'eau s'écoulant par le joint d'arbre. Il se caractérise par :
 - L'arrêt de l'alimentation sur détection du niveau 1.
 - La mise en marche de l'alimentation sur détection du niveau 1A.

Compte tenu :

- Des niveaux 1 et 1A.
- Du débit du joint d'arbre.
- Du débit de l'alimentation.

La mise en marche intervient toute les 6 heures environ pour une durée approximative d'une demi-minute.

- Le mode alimentation du réservoir permanente qui entre en fonction lors du démarrage du groupe.
Le réservoir est alimenté selon ce mode tant que le groupe est en service. Ce mode de fonctionnement est maintenu durant les 30 minutes qui suivent l'arrêt du groupe en raison des spécifications suivantes :

- Coupure du circuit des réfrigérants alternateur 10 minutes après l'arrêt du groupe.
- Coupure du circuit de réfrigération du palier guide, du pivot-guide alternateur et du palier guide turbine 30 minutes après l'arrêt du groupe.

Dans ce mode de fonctionnement, le pompage (marche normale) ou le prélèvement sur la conduite forcée (marche secourue), sont permanents et indépendants du niveau dans le réservoir. Le débit d'équipement étant supérieur au débit distribué, une vanne à flotteur (1889 limite le débit de remplissage)

Commutation entre les modes alimentation permanente et alimentation intermittente

Lorsque le groupe est en démarrage, le contrôle commande du groupe transmet au système d'eau de réfrigération le signal groupe en service. L'automatisme du système d'eau de réfrigération commute alors en mode alimentation permanente.

Lors de l'arrêt du groupe, le signal groupe en service est supprimé. La commutation sur le mode alimentation intermittente intervient 30 minutes plus tard.

e. Gestion du système en fonction du niveau dans le réservoir

Le système d'eau de réfrigération est géré en fonction du niveau dans le réservoir selon :

- Le mode de fonctionnement marche normale / marche secourue.
- Le mode d'alimentation du réservoir permanente/intermittente.

f. Filtration

L'eau refoulée par la pompe en marche normale ou prélevée sur la conduite forcée en marche secourue est filtrée au moyen de deux filtres à décolmatage par contre-courant installés en parallèles, l'un en secoure de l'autre (1865/1875). Une vanne motorisée (1861/1871) est placée en amont de chaque filtre.

L'automatisme du système d'eau de réfrigération n'intervient sur un filtre que pour sa mise sous ou hors tension.

Chaque filtre est en effet équipé d'un automatisme qui lui permet de fonctionner de façon totalement autonome. Les fonctions de cet automatisme sont les suivantes :

- Surveillance de l'état d'encrassement du filtre par mesure de pression différentielle.
 - $\Delta p=0.5\text{bar}$:
Rinçage du filtre c.à.d ouverture de la vanne d'évacuation de l'eau de rinçage (1866/1876), démarrage moteur du filtre, temporisation, arrêt moteur du filtre, fermeture de la vanne d'évacuation.
 - $\Delta p=0.8\text{bar}$:

Alarme

- Rinçage du filtre sur fin d'une temporisation (réinitialisation à chaque cycle de rinçage)

En effet si l'eau est très peu chargée, le rinçage déclenche sur détection de la perte de charge serait peu fréquent. Il est préférable que le filtre tourne toutes les 24h environ.

La vanne d'admission du filtre en service est maintenue ouverte lors des interruptions de l'alimentation lorsque le système fonctionne en mode alimentation intermittente.

g. Commande manuelle

Les possibilités données à l'opérateur d'intervenir manuellement sur le fonctionnement du système sont les suivantes :

- Possibilité d'essai d'une file de l'alimentation normale sans perturbation de l'alimentation du réservoir et donc sans perturbation du fonctionnement du groupe.

Le sélecteur auto/manu/consigne de la file à essayer est placé sur manu, celui de l'autre file est placé sur auto. Cette dernière file fonctionne alors comme indiqué au titre numéro 3. La commande manuelle de la pompe et de la vanne se fait au moyen des boutons poussoirs démarrage/arrêt, ouverture/fermeture

- Possibilité de commande uniquement manuelle du système :

- Alimentation normale et alimentation de secours.

Le sélecteur auto/manu/consigne des deux files d'alimentation normale sont placés sur manu (l'une d'entre elle est éventuellement consignée), ainsi que celui de la marche secourue. L'opérateur peut alors exercer la pleine maîtrise sur le système : démarrage/arrêt d'une pompe, ouverture/fermeture des vannes, en se basant sur les indications de niveaux, indication du fonctionnement du groupe, indication de la circulation de débit, d'états des vannes.

- Alimentation de secours uniquement

Le sélecteur marche normale/ marche secourue est sur marche secourue. Le sélecteur auto/manu de la marche secourue est sur manu.

h. Description de l'armoire du système de réfrigération de l'usine Allal Al Fassi

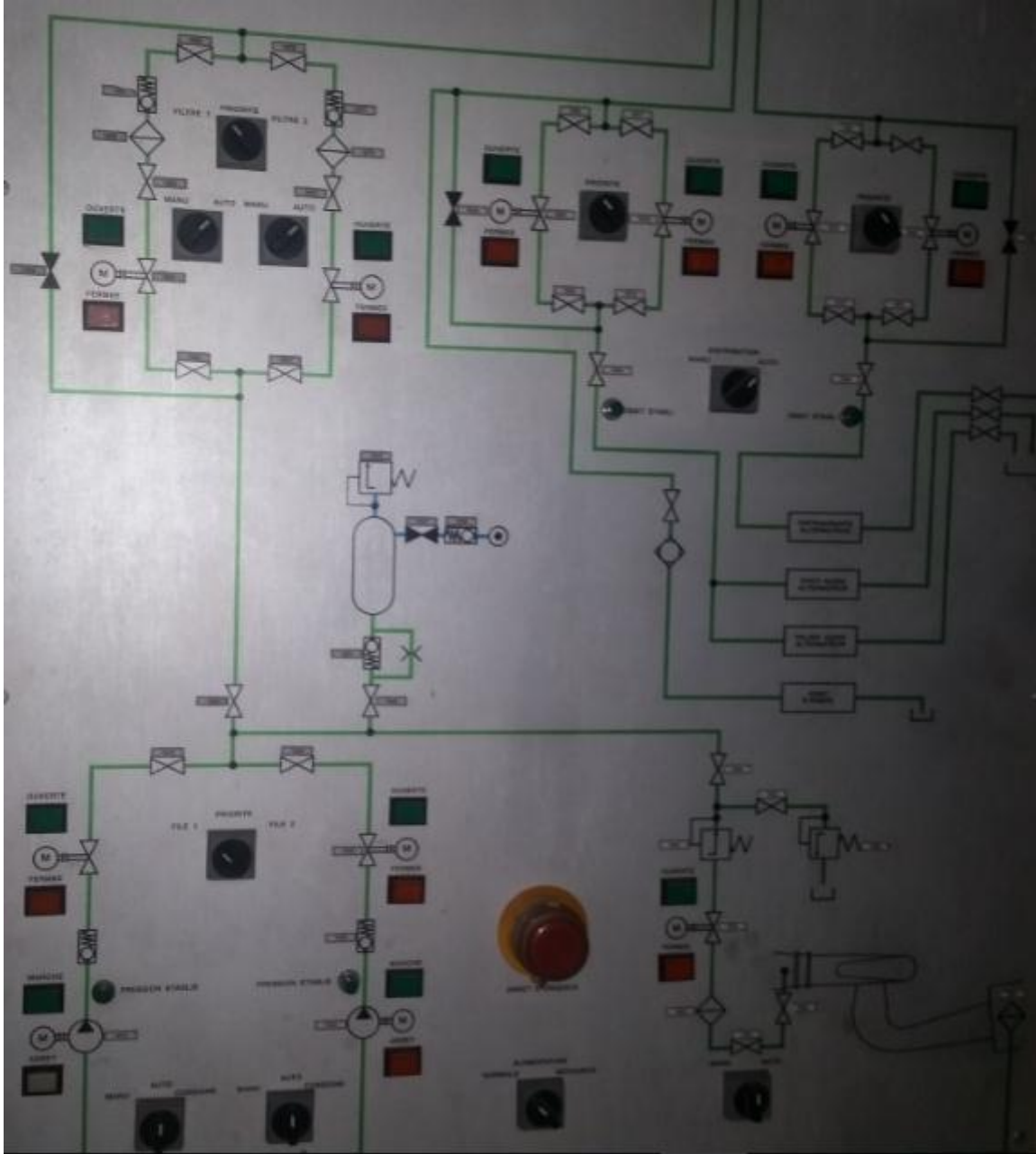
L'armoire utilise un système de relayage qui pose souvent des problèmes lors d'une intervention sur un défaut au niveau des équipements de l'armoire :

L'armoire contient les équipements suivants :

- Une rangée de disjoncteurs regroupe les protections pour le circuit des boutons d'arrêt d'urgence.
- nombre des relais thermique et relais électromécanique est très important.
- Un dispositif différentiel de protection.
- Double contact additif "SD + OF" (Sur Déclenchement et Ouvert / Fermé).
- Un transformateur 400V - 24 V 400VA pour l'alimentation du circuit de commande.
- Nombre des contacteurs très important.
- Six groupes de deux boutons avec voyant (vert et rouge) repérés sont utilisés pour les pompes motorisées pour la mise "ouverte" ou "fermée".
- Des sélecteurs, pour choisir le type d'alimentation « normale » ou « secourue », donner la priorité au « file1 » ou « file2 »,

fonctionnement sur « manu » ou « auto » et de même pour les filtre sur « manu » ou « auto » ou « consigne ».

- Un bouton "coup de poing" d'arrêt d'urgence.



L'armoire du système de réfrigération

i. Problématique

Dès la mise en marche de l'usine AAF en 1994, la centrale hydroélectrique utilise toujours une technologie ancienne qui n'a jamais été renouveler.

L'armoire du système de réfrigération utilise un système de relayage qui pose souvent des problèmes lors d'une intervention sur un défaut au niveau des équipements de l'armoire



Système de relayage- logique câblée

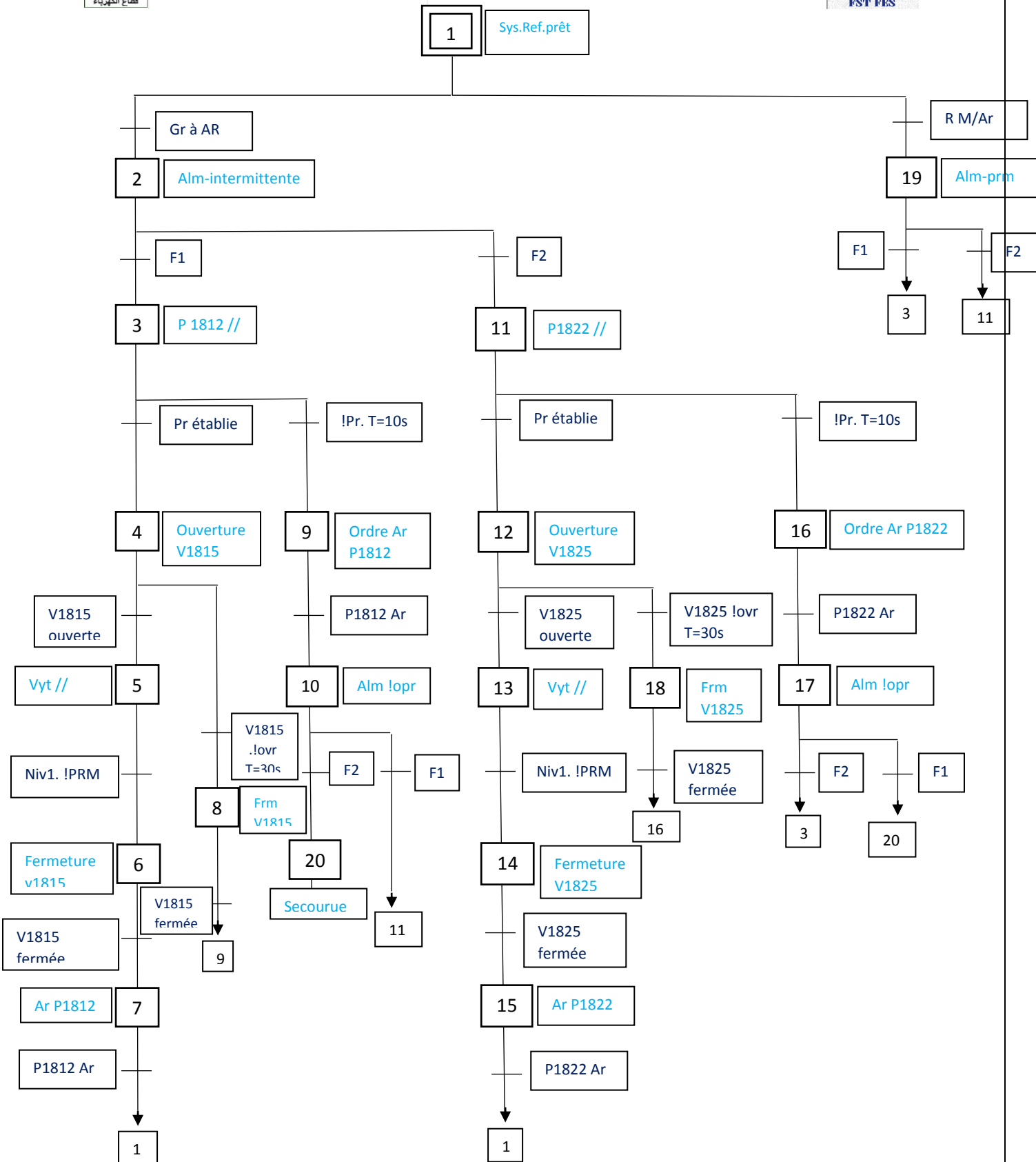
j. Proposition des solutions

- L'automatisation de l'armoire du système de réfrigération
Car L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :
 - Accroître la productivité (rentabilité, compétitivité) du système
 - Améliorer la flexibilité de production ;
 - Améliorer la qualité du produit
 - Adaptation à des contextes particuliers tel que les environnements hostiles pour l'homme (milieu toxique, dangereux.. gazeux ...), adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour

l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...), Augmenter la sécurité, etc...


k. Objectifs

- 1- Faire une étude sur l'API.
 - 2- Elaboration d'un Grafcet et un langage Lader suivant les instructions cités dans le cahier de marche.
- Parmi les inconvénients de la logique programmée on cite la compatibilité entre les familles d'automates.
L'API alors doit être de la famille ABB Master.
L'API sera constitué par :
- Des cartes d'entrées - sorties (en anglais Input - Output, I/O) numériques (tout ou rien) pour des signaux à 2 états ou analogiques pour des signaux à évolution continue
 - Cartes d'entrées pour brancher des capteurs, boutons poussoirs, etc.
 - Cartes de sorties pour brancher des actionneurs, voyants, vannes, etc.
- L'API est caractérisé par :
- Par son robustesse : conçus pour pouvoir travailler en milieu hostile, ils utilisent des circuits durcis et sont prévus pour résister aux vibrations, aux températures des ateliers etc.
 - par son réactivité aux indications fournies par les capteurs (alarmes ...);
 - par la facilité de maintenance (bien que les ordinateurs industriels atteignent également un très bon degré de fiabilité). Les modules peuvent être changés très facilement et le redémarrage des API est très rapide.
- L'automate proposé va se connecté avec le « Master Piece 200 » qui est placé dans la salle de commande et qui parmi ses fonctionnement le démarrage par programmeur, et parmi les séquences de démarrage il faut avoir « système de réfrigération prêt ».
- Pour la partie programmation, suivant le cahier de marche j'ai réalisé le langage Grafcet, ensuite j'ai fait le passage du Grafcet au programme Lader par l'application de « Simatic Step 7 » ou « PL7 » qui va être simulé sur l'application
- ✚ Le Grafcet est comme suivant :



Liste des acronymes

Sys.Ref.prêt	Système de réfrigération prêt
Gr à AR	Groupe à l'arrêt
Alm-intermittente	Alimentation intermittente
F1, F2	File 1, File 2
P 1812 //	Pompe 1812 en marche
Pr établie	Pression établie
Ouverture V1815	Ouverture Vanne 1815
V1815 ouverte	Vanne 1815 ouverte
Vyt //	Voyant en marche
Niv1. !PRM	Niveau 1 non permanent
Fermeture v1815	Fermeture Vanne 1815
V1815 fermée	Vanne 1815 fermée
Ar P1812	Arrêt Pompe 1812
P1812 Ar	Pompe 1812 arrêtée
!Pr. T=10s	Pression non établie et T=10s
Ordre Ar P1812	Ordre d'arrêt de la pompe 1812
V1815 !ovr T=30s	Vanne 1815 non ouverte et T=30s
Frm V1815	Fermeture vanne 1815
Secourue	Secourue en marche
Alm !opr	Alimentation non opérationnel
P1822 //	Pompe 1822 en marche
Ouverture V1825	Ouverture Vanne 1825
V1825 ouverte	Vanne 1825 ouverte
Fermeture V1825	Fermeture vanne 1825
V1825 fermée	Vanne 1825 fermée
Ar P1822	Arrêt pompe 1822
P1822 Ar	Pompe 1822 arrêtée
V1825 !ovr T=30s	Vanne 1825 non ouverte et T=30s
Frm V1825	Fermeture Vanne 1825
Ordre Ar P1822	Ordre d'arrêt de la Pompe 1822
P1822 Ar	Pompe 1822 arrêtée
Alm-prm	Alimentation permanente
R M/Ar	Relais Marche/Arrêt

 Pour le Programme Lader il va être exécuté sur le Logiciel

1. Etude financière du projet

La nouvelle armoire va contenir les composants suivants qui vont répondre à la solution proposée :

- 5 contacteurs 24 VCC (2 contacteurs pour les deux pompes, 2 contacteurs pour les deux vannes et 1 contacteur pour le secours).
- 1 sélecteur de deux positions (permutation des pompes et les vannes).
- 10 voyants de signalisation 24 VCC
- 24 relais d'interface d'entrées de 100 VCC
- 16 relais d'interface de sorties de 24VCC
- 2 cartes d'entrée (16 entrées pour chaque carte)
- 2 cartes de sorties (16 sorties pour chaque carte)
- 1 unité centrale
- 1 batterie d'alimentation de l'automate

Tableau des devis des équipements par la société Siemens:

Equipements	Devis en Euro	Devis en Dirham	Nombre des équipements	Devis en Dirham
contacteur 24 VCC	52.99	576.39	5	2881.95
Voyant de signalisation 24VCC	2.50	27.18	10	271.8
Relais d'interface d'entrée	75.999	825.62	24	19814.88
Relais d'interface de sortie	62.30	676.88	16	10830.08
carte d'entrée (16 entrées)	279	3031.29	2	6062.58
Carte de sortie (16 sorties)	279	3031.29	2	6062.58
Unité centrale	479	5204.26	1	5204.26
Batterie d'alimentation	59.99	651.78	1	651.78
DEVIS TOTAL en Dirham				51779.91

NB. 1€=10.865 MAD

CONCLUSION GENERALE

Le stage au sein de l'ONEE-BE plus précisément dans sa centrale hydroélectrique Allal Al Fassi, m'a présenté une occasion profitable pour appliquer mes connaissances et affronter la vie professionnelle, ainsi une expérience enrichissante qui m'a permis de découvrir un domaine que je connaissais que très peu mais pour lequel je porte un immense intérêt.

Malgré la courte durée de stage, mais grâce à l'orientation de mon encadrant et l'aide des personnels de l'usine Allal Al Fassi, j'ai pu effectuer mes objectifs, trouver des solutions de la problématique concernant le thème qui m'a été confié.

J'ai pu proposer une solution en ce qui concerne l'automatisation de l'armoire du système de réfrigération, appliquer cette solution avec le langage Grafset et le programme Lader et faire une étude financière de ce projet.

Tout en espérant que ce travail s'appliquera très prochainement.

Ce stage a vraiment confirmé mes ambitions futures d'exercer dans ce domaine, même s'il me reste encore beaucoup à apprendre.

Bibliographie

- ✚ Le dépliant de l'usine hydroélectrique Allal Al Fassi.
- ✚ Le manuel d'exploitation de l'usine hydroélectrique Allal Al fassi.
- ✚ LOT3 : équipement mécanique, manuel d'exploitation et d'entretien-section84 : traitement d'eau- sous dossier 2 : eau de réfrigération-plans/ SULZER hydro.

Webographie

- ✚ <http://www.one.ma/>
- ✚ [http://www.123automation.be/ FR/pourquoi-automatiser.php](http://www.123automation.be/FR/pourquoi-automatiser.php)
- ✚ <http://www.conrad.fr/ce/>