



**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Électrique**

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Problème d'automatisme du système
de régulation de vitesse d'usine
ELKANSERA**

Réalisé Par :

FICHTALI Hasnae

Encadré par :

Pr. ECHATOUI Nor-Said (FST FES)

Mr. CHAKROUNI Adil (ONEE)

Soutenu le 16 Juin 2015 devant le jury

Pr. LAMCHARFI Taj-Dine (FST FES)

Pr. RAZI Mouhcine (FST FES)

Dédicaces

A mes très chers parents

Je vous dois ce que je suis aujourd'hui grâce à votre amour, à votre patience et vos innombrables sacrifices.

Que ce modeste travail, soit pour vous une petite compensation et reconnaissance envers ce que vous avez fait d'incroyable pour moi.

Que dieu, le tout puissant, vous préserve et vous procure santé et longue vie afin que je puisse à mon tour vous combler.

A mes très chers sœurs et frères

Aucune dédicaces ne serait exprimer assez profondément ce que je ressens envers vous.

Je vous dirais tout simplement, un grand merci, je vous aime.

A mes très chers amis

En témoigne l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passés ensemble.

Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux et plein de bonnes promesses.

A mes chers professeurs

Ceux qui se dévouent sans cesse pour nous éclaircir la voie et les immenses horizons du savoir et dont leurs efforts méritent largement notre respect ;

Je vous remercie énormément.

Remerciement

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparait opportun de commencer ce rapport de stage par des remerciements envers toutes les personnes qui ont contribué à l'accomplissement de ce Projet de Fin d'Étude.

Tout d'abord, je voudrais remercier Monsieur **HENRIOUI Khalid**, Chef de la Division Exploitation Renouvelable De Fès de m'avoir fourni cette occasion de passer ce stage de grande valeur au sein de l'ONEE.

Je tiens à remercier **Mr CHAKROUNI Adil**, mon maître de stage, l'ingénieur chef de service exploitation Nord-Ouest, pour ses conseils avisés, son aide permanente, son soutien, sa disponibilité et la confiance qu'il m'a accordée tout au long de mon stage.

Je tiens également à remercier **Mr ECHATOUI Nor-Said**, mon professeur encadrant, pour son écoute, ses encouragements dans mes moments de doute, sa grande expérience, ainsi que ses précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

J'adresse également mes remerciements aux professeurs : **Mr LAMCHARFI Taj-Dine** et **Mr RAZI Mouhcine** de la Faculté des Sciences et Techniques-Fès qui m'ont fait l'honneur de faire partie du jury de soutenance.

Je tiens à exprimer également ma gratitude pour le corps enseignant de la Faculté des Sciences et Techniques-Fès, en particulier le département de Génie Électrique.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles m'ont fait vivre durant deux mois au sein de l'entreprise:

Mr. REHMOUNI, Mr. EL YOUBI, Mr. ACHOUR, Mr. BOUTAARIT, Mr. AKHSSAS,
Mr. NAJMI, Mme. EL ALAMI

Enfin, je remercie l'ensemble du personnel de la Division Exploitation –Fès pour les conseils qu'ils ont pu me prodiguer, leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de cette période, et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Résumé

Dans le cadre de mon stage j'ai travaillé sur le système de régulation de vitesse de l'usine hydraulique **ELKANSERA** qui présente un problème au niveau de l'instabilité des niveaux d'huile et de pression lors des arrêts prolongés des deux groupes ce qui nécessite la présence permanente d'un machiniste afin de surveiller et maintenir le niveau d'huile normal et la pression adéquate pour le démarrage des vannes , ce qui contredit l'objectif principal du projet de télégestion qui vise à télégerer à partir de deux centres de commande l'ensemble des usines hydroélectriques .

Le but de ce stage est d'éviter toute probabilité d'arrêt de production, fiabiliser l'exploitation, et répondre aux besoins de la télégestion. Pour cela il a fallu étudier le système pour pouvoir trouver les solutions adaptables techniquement et commercialement.

Sommaire

Dédicaces.....	2
Remerciement.....	3
Résumé.....	4
Liste des figures :.....	8
Liste des tableaux :.....	9
Liste des abréviations :.....	9
Introduction générale.....	10
Chapitre 1 :.....	13
Representation de l'ONEE-BE et la de la DXF.....	13
I) Présentation de l'ONEE-BE :.....	14
1) Historique :.....	14
2) Mission principale de l'ONEE-BE :.....	14
3) Activités de l'ONEE :.....	15
a) Production :.....	15
b) Transport :.....	17
c) Distribution :.....	18
4) Organisation de l'ONEE-BE :.....	19
5) L'ONEE-BE pour la protection de l'environnement :.....	21
II) Présentation de la DXF :.....	21
1) Historique :.....	21
2) Structure de la division :.....	22
a) Service maintenance :.....	23
b) Service exploitation Nord-est :.....	23
c) Service exploitation Nord-Ouest :.....	23
3) Situation géographique des unités de production :.....	25
Chapitre 2 :.....	26
La télégestion des centrales hydroélectriques.....	26
I) Description de la conduite actuelle :.....	27
1) Architecture générale :.....	27

2) Types d'usines télégérées :	29
3) Description fonctionnelle de la Télégestion :	30
a) Évolutivité et maintenabilité :	30
b) Fiabilité :	30
II) Travaux génériques :	31
1) Détection d'incendie :	31
2) Surveillance vidéo:	31
3) Sécurisation des sites :	32
a) Accès et Anti-intrusion :	32
b) Sécurisation, Protection des installations et matériels :	33
Chapitre 3 :	34
Usine ELKANSERA	34
SECTION 1 : LE MODE DE FONCTIONNEMENT D'ELKANSERA	35
I) Situation géographique et ressources :	35
1) Situation géographique :	35
2) Habitation :	35
3) Ressources économiques :	35
II) Usine EL KANSERA :	35
1) Mission :	35
2) Équipements des ouvrages :	36
3) Caractéristiques du groupe 7.2 MW :	38
a) Turbine	39
b) Régulateur de vitesse :	40
d) Équation caractéristique :	41
e) Le transformateur:	42
f) Circuit de Réfrigération :	42
SECTION 2 : LA REHABILITATION DU SITE D'ELKANSERA	44
I) Consistance des travaux de Réhabilitation :	44
1) Principes généraux :	44
2) Typologie des travaux :	44
II) La Réhabilitation d'usine d'EL KANSERA :	44
1) État sommaire du site d'ELKANSERA :	44
2) Travaux, Prestations spécifiques :	45
a) Barrage :	45

b) Prise d'eau et vannes de tête :	45
c) Centrale :	46
d) Régulateur de vitesse :	46
Chapitre 4 :	48
Problème d'automatisme du système de régulation de vitesse.....	48
I) Étude critique :	49
II) Circuit de Régulation de vitesse :	50
1) Description du schéma de Régulation de vitesse :	51
2) Impact du problème sur la centrale :	51
3) Analyse du problème avec la méthode d'ISHIKAWA :	51
a) Origine :	51
b) Définition :	52
c) Objectif :	52
4) L'application de la méthode 5M :	52
III) Solutions proposées :	54
1) Définition d'une électrovanne :	54
2) Principe du fonctionnement d'une électrovanne	55
IV) Réalisation des solutions préconisées :	56
1) Langage de programmation :	56
2) Logiciel de programmation :	56
V) Réalisation du Programme :	57
VI) Autre proposition améliorative :	57
Bibliographie.....	59
Webographie.....	59
Conclusion	60
Annexes	61

Liste des figures :

Figures	Commentaire	Page
Figure 1	Organigramme général de l'ONEE	20
Figure 2	Organigramme de la DXF	22
Figure 3	Situation géographique des unités de production	25
Figure 4	Architecture de la télégestion	28
Figure 5	Les deux groupes d'usine ELKANSERA	39
Figure 6	Récapitulatif d'un circuit hydraulique	43
Figure 7	Le système actuel de régulation de vitesse	49
Figure 8	Schéma du système de régulation de vitesse	50
Figure 9	Electrovanne	54
Figure 10	Schéma du fonctionnement d'une électrovanne	55
Figure 11	API S7-400	56
Figure 12	Schéma après l'installation des électrovannes	57

Liste des tableaux :

Tableaux	Commentaire	Page
Tableau 1	La puissance totale installée par l'ONEE	17
Tableau 2	Type de clients et leurs caractéristiques	19
Tableau 3	Les caractéristiques techniques des différentes usines	24
Tableau 4	Caractéristiques du barrage	36
Tableau 5	Caractéristiques de la vanne de pied	38
Tableau 6	Caractéristiques de la vanne by-pass	38
Tableau 7	Choix de la turbine	39
Tableau 8	Caractéristiques d'usine ELKANSERA	40
Tableau 9	Caractéristiques de l'alternateur	41

Liste des abréviations :

ONEE-BE	Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable –Branche Electricité »
DXF	Division Exploitation de Fès
THT/HT	Très haute tension et haute tension
MT	Moyenne tension
BT	Basse tension
API	Automate Programmable Industriel
5M	Main œuvre –Méthode-Matière-Matériel -Milieu

Introduction générale

Le changement climatique et la raréfaction des ressources sont maintenant bien présents dans tous les esprits. Il est nécessaire de changer nos habitudes et de mettre en avant toutes les démarches vertueuses pour inverser les tendances.

Dans le domaine de l'énergie, les économies sont bien entendu indispensables, mais les sources d'énergies renouvelables devront également connaître une croissance sans précédent dans les prochaines décennies.

En particulier, parmi toutes les ressources possibles (biomasse, soleil, vent houle, etc.), **l'énergie hydraulique** qui a permis que la révolution du [XIXe siècle](#) ait lieu : mines ,forges ,filature ,papèteries ,ont pris leur essor avec les roues puis les turbines hydrauliques, bien avant d'utiliser le charbon; l'hydroélectricité a permis de libérer l'industrie de la contrainte de la proximité des chûtes d'eau .C'est une énergie renouvelable , stockable ,qui représente pour la planète une ressource pérenne et durable .**Elle est la plus importante source d'énergie renouvelable.**

Même si la contribution de la production de cette énergie apparait moins importante par rapport aux autres productions, son rôle n'en demeure pas moins capital. Puisque l'énergie électrique ne se stocke pas. Il faut constamment adapter sa production à la demande des utilisateurs. Contrairement aux groupes turbo-alternateurs des centrales thermiques. Les turbines des centrales hydro-électriques peuvent démarrer en quelques minutes : elles permettent donc de faire face dans un délai très court, aux variations, parfois fortes, de la consommation. Certaines d'entres elles sont utilisées pour fournir de l'électricité aux heures de pointes ou pendant les jours d'hiver les plus froids.

D'ailleurs, cette énergie a connu une grande évolution au niveau de sa puissance installée qui était en 1970 à 368 MW alors qu'aujourd'hui elle est à 1762 MW soit une évolution de 378%

Actuellement, le Maroc dispose de :

- 24 usines électriques classiques d'une puissance allant de 2 MW à 240 MW,
- Une STEP (Station de transfert d'énergie par pompage) de 463 MW
- 6 Microcentrales d'une puissance allant de 68 KW jusqu'au 1900 KW

L'ensemble des usines hydroélectriques classiques se situent sur 5 bassins hydrauliques versant du Maroc et représentent 24 % de la puissance installée au Maroc.

J'ai effectué mon stage à l'usine ELKANSERA qui date de 1934, la vétusté de ses équipements nécessite une rénovation ce qui fera l'objet d'un projet, de réhabilitation, en plus de l'installation d'équipements pour la télégestion.

Pour répondre à la demande des clients en électricité, et dans le cadre de la modernisation du parc hydroélectrique et aussi pour une meilleur gestion, l'Office National de l'Électricité et l'Eau Potable du Maroc (ONEE) a décidé de réaliser cette démarche sur toutes ces centrales hydrauliques afin de standardiser les équipements, de réduire les pièces de rechange, de mieux maîtriser l'exploitation et la maintenance et de réduire les coûts par l'effet de quantité.

Dans cette perspective notre sujet de stage adopte la démarche suivante :

- ✚ La première partie est une présentation de l'ONEE-BE, et de la Division Exploitation Fès (DXF).
- ✚ La deuxième partie traite la Télégestion des centrales hydrauliques.
- ✚ La troisième partie concerne le site d'ELKANSERA, son mode de fonctionnement et sa réhabilitation.
- ✚ Enfin, la quatrième partie est consacrée à la problématique et la solution proposée.

Chapitre 1 :

Représentation de l'ONEE-BE et la de la DXF

I) Présentation de l'ONEE-BE :

Le secteur de l'électricité au Maroc se caractérise par une diversité d'acteurs à la fois publics et privés opérant dans les différentes activités nécessaires pour satisfaire des besoins en électricité des clients.

Au cœur d'un service public stratégique et essentiel pour la compétitivité du pays, l'Office National de l'Électricité et de l'Eau potable (Branche Électricité) est l'opérateur de référence du secteur électrique au Maroc.

1) Historique :

L'Office National de l'Électricité et de l'eau potable (ONEE) est placé sous la tutelle du Ministère de l'Énergie et des Mines. Il a été créé en 1963 par Dahir lui réservant tous les droits de production et de distribution de l'électricité dans le Royaume.

Ainsi, l'ONE est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de l'autonomie financière. Il est chargé de gérer la production, le transport et la distribution de l'électricité et l'eau potable au Maroc.

Après la fusion entre ONE et ONEP, régis respectivement par Dahir n° : 1-63-226 du 14 Rabi I (5 août 1963) et le Dahir n° :1-72-103 du 18 Safar 1392 (3 Avril1972), tels qu'ils ont été modifiés et complètes, sont regroupés au sein d'un même établissement public doté de la personnalité morale de l'autonomie financier, dénommé « Office Nationale de l'Électricité et de l'Eau potable ».

La distribution de l'énergie électrique est assurée, soit directement par l'ONEE-BE, notamment en zone rurale et dans plusieurs centres urbains, soit par des régies municipales ou intercommunales, placées sous la tutelle du ministre de l'Intérieur pour les grands centres urbains ou encore par la délégation de service public à des organismes privés.

2) Mission principale de l'ONEE-BE :

Répondre aux besoins du pays en énergie électrique dans les meilleurs conditions de coût et de qualité de service ;

- ❖ Gérer et développer le réseau du transport, de production et de distribution;
- ❖ Planifier, généraliser et intensifier l'extension de L'électrification rurale ;

- ❖ Œuvrer pour la promotion et le développement des énergies renouvelables ;
- ❖ Gérer la demande globale de l'énergie électrique à moindre coût.

3) Activités de l'ONEE :

L'ONEE assure la production de l'énergie électrique, le transport de cette énergie à partir des usines de production jusqu'à agglomérations et également la distribution de l'énergie électrique dans plusieurs provinces du royaume notamment au milieu rural.

a) Production :

Face à un environnement énergétique mondial en profonde mutation, les principaux défis de l'ONEE consistent à :

- Assurer l'approvisionnement du pays en énergie électrique ;
- Réduire le poids des importations d'énergie primaire sur la balance commerciale ;
- Favoriser l'implication du secteur privé dans l'investissement pour l'électricité ;
- Mobiliser les énergies renouvelables en tant qu'énergies nationales.

Et donc l'électricité disponible dans l'ONEE provient des énergies renouvelables, parmi lesquelles on cite ses principaux types :

➤ **Hydraulique :** le fonctionnement d'une centrale hydraulique ou barrage consiste à utiliser l'énergie donnée par une quantité d'eau en mouvement pour pouvoir faire tourner une turbine qui est reliée à un alternateur qui va produire de l'électricité. L'eau est ensuite libérée au pied du barrage et reprend son cours normal. Ce type de production est donc dépendant de la pluviométrie annuelle.



➤ **Éolienne** : la force du vent met en mouvement les pales de la turbine éolienne qui font-elles même tourner le générateur grâce à un multiplicateur. Le générateur à son tour transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. L'électricité ainsi produite est dirigée vers le réseau électrique national à travers un poste de transformation.



➤ **Thermo-solaire** : les centrales solaire thermodynamiques utilisent une grande quantité de miroirs qui font converger les rayons solaires vers un fluide caloporteur chauffé à haute température. Pour ce faire, les miroirs réfléchissants doivent suivre le mouvement du soleil afin de capter et de concentrer les rayonnements tout au long du cycle solaire quotidien. Le fluide produit de l'électricité par le biais de turbines à vapeur ou à gaz.



Type de centrale	Puissance installée en MW
Centrales hydrauliques	1306,1
STEP	464
Total hydraulique	1770 ,1
Charbon (y compris JLEC)	1785
Fioul	600

Centrales turbines à gaz	915
Cycle combiné de TAHADDART	850
Thermique diésel	202
Total thermique	4352
Éolien	254.9
Total ONEE	6377

Tableau 1 : La puissance totale installée par l'ONEE-BE

b) Transport :

Le Maroc a une mission d'assurer le transport de l'énergie électrique et la sécurité d'alimentation du pays, l'ONEE développe et renforce son réseau de transport qui couvre la quasi-totalité du territoire national.

D'une longueur totale de 21 434 km en 2011, le réseau de transport national est interconnecté aux réseaux électriques espagnol au moyen de deux câbles de 400 KV sous-marin et algérien au moyen de deux lignes de 225 KV, 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.

Il a été procédé en 2006 au doublement de la capacité de transit de l'interconnexion électrique entre le Maroc et l'Espagne de 700 à 1400 MW. L'ONEE a également mis sous tension en septembre 2009, le renforcement de l'interconnexion Maroc-Algérie augmentant ainsi la capacité de transit de 700 à 1400 MW.

Avec le renforcement des interconnexions, le Maroc est devenu un carrefour énergétique entre les deux rives de la Méditerranée et offre l'infrastructure de base à l'émergence d'un véritable marché de l'électricité. Programme de développement du réseau national de transport

et de mise en place de véritables " autoroutes de l'électricité " vers les pays voisins. Ce programme comprend :

- L'extension et le renforcement des lignes 400 kV, 225 kV et 60 kV ;
- Un nouveau dispatching national pour assurer une meilleure gestion technico-économique des moyens de production et de transport ;
- La mise en place de la télégestion des centrales.
- La coordination de gestion de l'ensemble du réseau de l'ONEE-BE est assurée à partir du Dispatching National, ce qui permet une surveillance permanente et une exploitation optimale.

c) Distribution :

La satisfaction de la clientèle et le service public constituent deux axes prioritaires de l'ONE qui œuvre en permanence pour l'amélioration de la qualité de service sur le plan technique et commercial.

L'ONEE-BE est :

- Le premier distributeur d'électricité au Maroc avec une part de marché de 55% ;
- 10 directions régionales sur tout le territoire ;
- Plus de 4 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 l'ONEE.
- Un réseau commercial de 25 Directions Provinciales et 192 Agences de Service dont 66 Agences de service provinciales.

L'ONEE-BE couvre toutes les activités nécessaires à la gestion et au développement des réseaux moyenne et basse tension de distribution sur le territoire nationale.

Les réseaux de distribution de l'ONEE-BE comprennent l'ensemble des postes HT/MT, des lignes à moyen tension (MT), des postes MT/BT et des lignes Basse Tension (BT) qui desservent directement les clients BT.

Les clients de l'ONEE-BE se divisent en trois grandes catégories selon le besoin en énergie électrique représenté par le niveau de tension qu'ils reçoivent :

- **Les clients THT/HT:** Ces clients sont alimentés par la haute tension (60 et 225 KV) et la très haute tension (400 KV) et les distributeurs desservis directement par l'ONEE. Cette catégorie représente la grande majorité en matière de consommation d'électricité avec un pourcentage de 60% de la demande nationale en électricité.
- **Les clients MT :** Englobent les clients dont le niveau de la tension est de 22 KV et qui représentent 20% de la demande d'électricité.
- **Les clients BT :** Regroupe les résidentiels et représente 20% de la demande globale.

Le tableau suivant regroupe les trois catégories des clients de l'ONEE-BE en citant leurs caractéristiques

Type de client	Niveau de tension	Part de la demande nationale
Haute et très haute tension	>60 KV	61%
Moyenne tension	22 KV	18%
Basse tension	<22 KV	21%

Tableau 2 : type de clients et leurs caractéristiques

4) Organisation de l'ONEE-BE :

L'ONEE-BE est constituée de plusieurs services et directions, qui ont comme direction commune la direction générale. Les différents services et directions sont présentés dans l'organigramme ci-dessous.

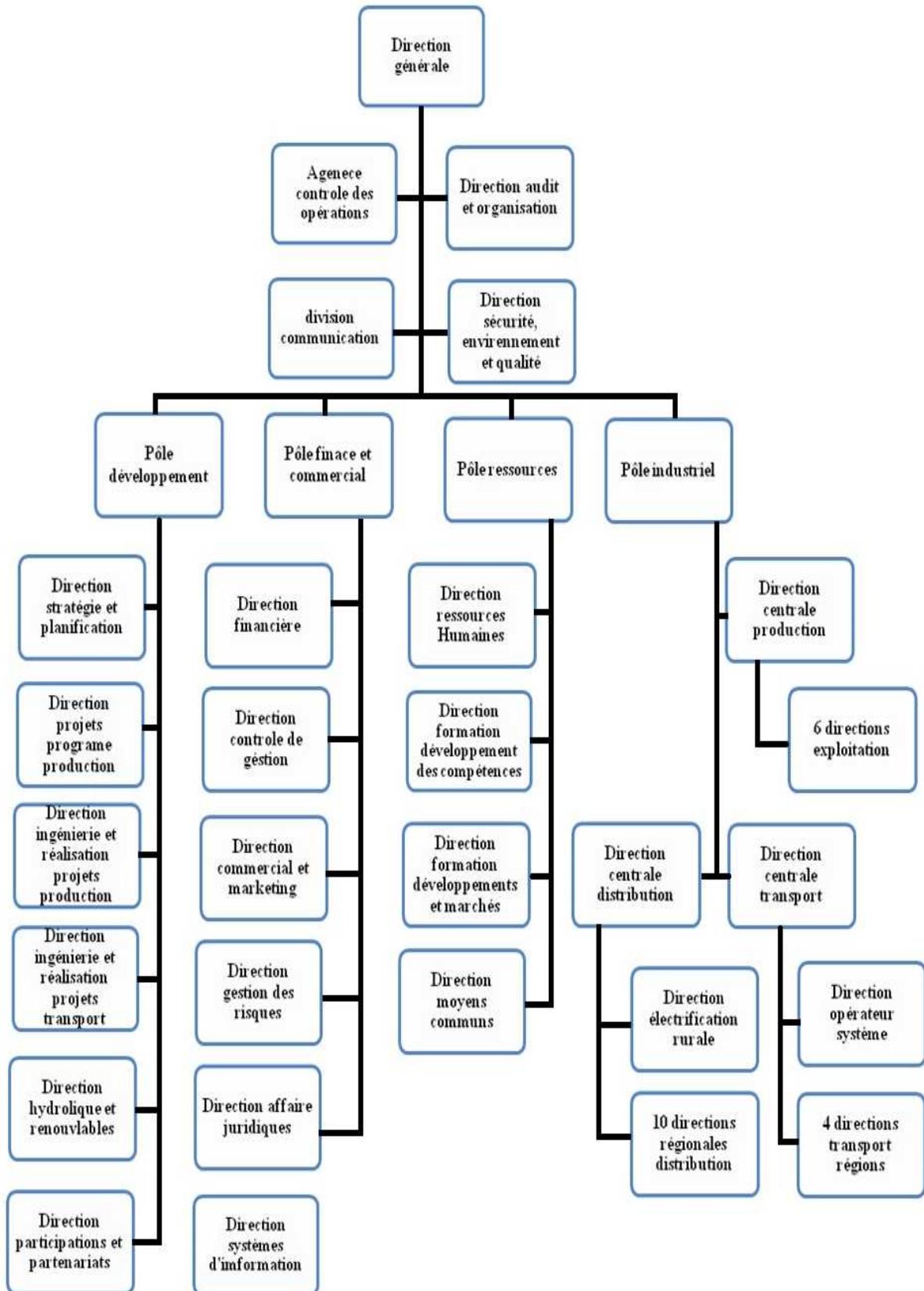


Figure 1 : organigramme général de l'ONEE

5) L'ONEE-BE pour la protection de l'environnement :

L'ONEE-BE accorde au respect de l'environnement une place prioritaire dans ses choix de développement. Il s'est ainsi engagé d'agir en industriel en prenant les mesures nécessaires pour identifier et réduire l'impact de ses installations existantes et futures sur le milieu naturel.

Ses principales actions :

- La promotion de l'énergie renouvelable à travers un vaste programme de développement et de promotion : 250 MW d'éolien à jour ;
- L'intégration systématique d'études d'impact environnementale pour tous les projets industriels en développement ;
- La mise à niveau environnementale des sites industriels existants.

En raison de la forte croissance de la demande nationale en électricité qui devrait se poursuivre sur les années à venir, l'ONEE-BE doit accélérer le rythme de ses investissements tout en valorisant encore les ressources des énergies renouvelables.

II) Présentation de la DXF :

1) Historique :

Créée en Mars 2010, à l'issue de la réorganisation structurelle de l'Office, elle contient cinq directions d'exploitation et une division, à savoir :

- ❖ Division Études et Maintenance.
- ❖ Direction Exploitation Thermique Mohammedia.
- ❖ Direction Exploitation Thermique Kenitra.
- ❖ Direction Exploitation Thermique Jerada.
- ❖ Direction Turbine à gaz.
- ❖ Direction Exploitations Renouvelables.

La Division Exploitation Fès est l'une des divisions relevant de la direction Exploitations Renouvelables, créée en 1996, avec un effectif global actuel de 129 agents (Cadres : 23, Maîtrises : 77, Exécutions : 29) Son rôle est la gestion des usines hydroélectriques du nord du Royaume, ainsi que les deux parcs éolien de Tanger et Abdelkhalek Torres situé à Ksar Sghir.

2) Structure de la division :

La figure ci-après présente l'organigramme de la Division Exploitation Fès :

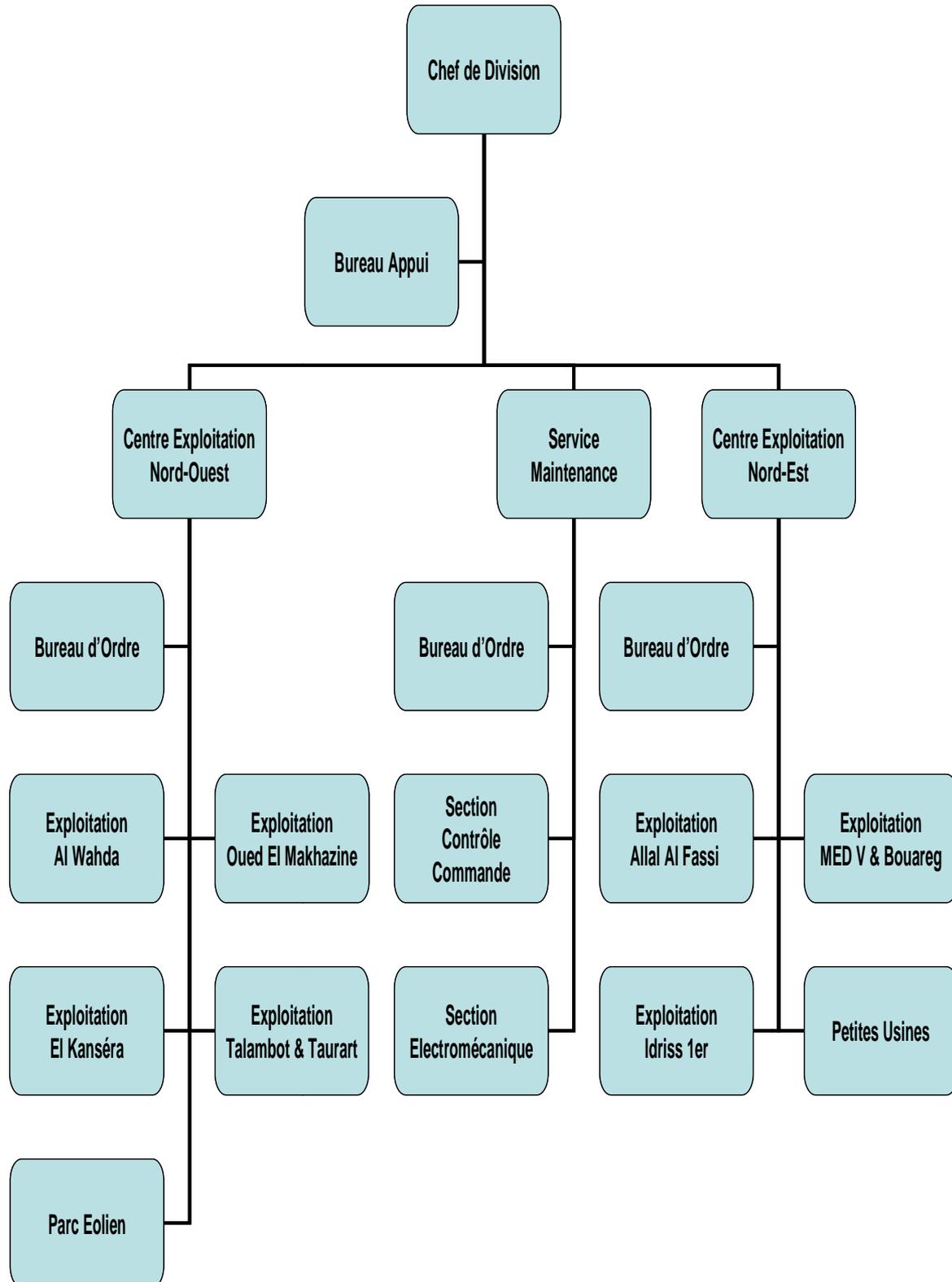


Figure 2 : Organigramme de la DXF

a) Service maintenance :

Son rôle est l'entretien des centrales hydroélectriques. Il dispose à cet effet de deux équipes spécialisées :

- Équipe contrôle commande ; chargée de l'entretien des appareils électroniques de protection et de commande,
- Équipe électromécanique; chargée de l'entretien des moteurs, des turbines et des alternateurs.

Ses attributions sont :

- ❖ Veiller au respect des consignes de sécurité du personnel et du matériel et contribuer à leur amélioration continue afin de les rendre efficaces.
- ❖ Veiller à la bonne qualité de la préparation et à la bonne réalisation des travaux programmés.
- ❖ Participer aux études de faisabilité des modifications à apporter aux installations et participer aux études des nouveaux projets d'extension ou de rénovation.
- ❖ Organiser et coordonner les essais de fonctionnement, de démarrage et arrêt des usines en liaison avec le chef d'usines.

b) Service exploitation Nord-est :

Ce centre gère les usines suivantes : Usine Allal Al Fassi, usine Idriss 1er, usine Mohamed V, usine Bou Areg et 3 petites usines hydroélectriques : Séfrou, Taza et Fès Aval. (Voir figure 5)

c) Service exploitation Nord-Ouest :

Ce centre gère l'usine Al Wahda, usines Talambot et Taurart, usine El Kansera, usine Oued El Makhazine et les parcs éoliens de Tanger et de Abdelkhalek Torres (PI=3,5 MW). (Voir figure 5)

Usines	Nombre de groupes	Puissance Totale(MW)	Année de mise en service
Al Wahda	3	240	1997
Allal Al Fassi	3	240	1994
O.El Makhazine	1	36	1979
Idriss 1er	2	39,20	1978
Mohamed V	1	23,2	1967
El Kansera	2	14,4	1934
Talambot	4	14,2	1934
Taurart	2	2	1954
Bou Areg	1	6,4	1969
Sefrou	2	0,26	1929
Taza	2	0,64	1929
Fès Aval	2	1,9	1934
Parc Éolien	132 (éoliennes)	107	2010
TOTAL	25	725.2	

Tableau 3 : Les caractéristiques techniques des différentes usines

3) Situation géographique des unités de production :

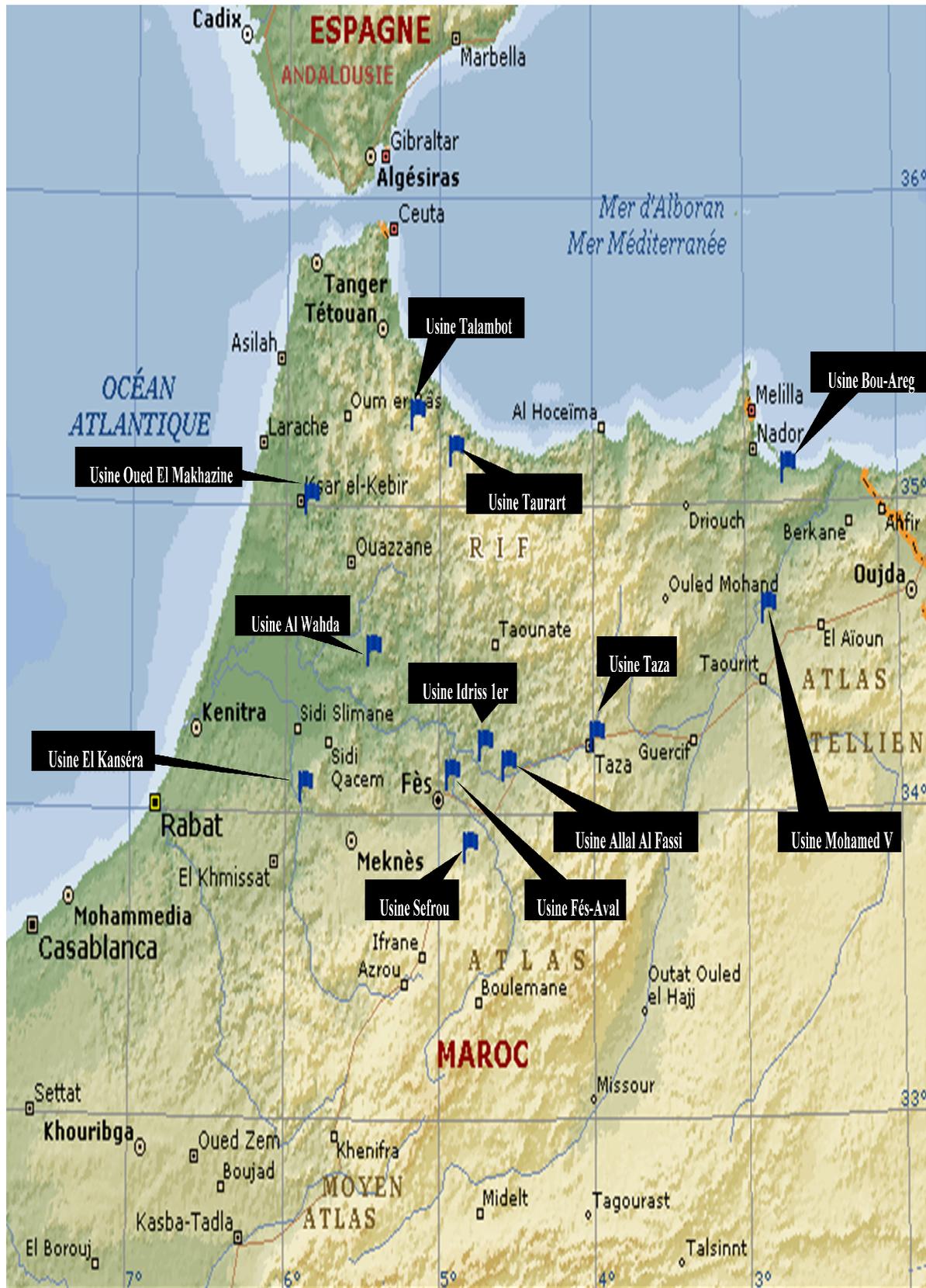


Figure 3: situation géographique des unités de production

Chapitre 2 :

La télégestion des centrales hydroélectriques

I) Description de la conduite actuelle :

La conduite actuelle des centrales de l'ONEE-BE s'effectue, groupe par groupe, de façon manuelle ou automatique, depuis le Dispatching National (DN), suite à Casablanca, qui est également en charge de la supervision du réseau électrique.

Chaque centrale héberge aujourd'hui son personnel d'encadrement, d'exploitation et de maintenance. Une présence permanente est assurée à la centrale à travers d'un service de quart permettant de relayer les ordres en provenance du Dispatching National.

L'existant en matière de Télégestion se résume donc aujourd'hui en la capacité qu'a le Dispatching National du service des Mouvements d'Énergies de l'ONEE-BE :

- ❖ la rénovation et la modernisation des équipements
- ❖ L'instrumentation, la supervision, l'automatisation et le contrôle commande des groupes et auxiliaires
- ❖ la télétransmission des données vers les centres de commande
- ❖ Implantation d'un système de sécurité comprenant :
 - Centrale de détection et protection incendie
 - Système anti-intrusion avec gestion d'alarme
 - Système de contrôle d'accès
 - Système de surveillance par caméras

1) Architecture générale :

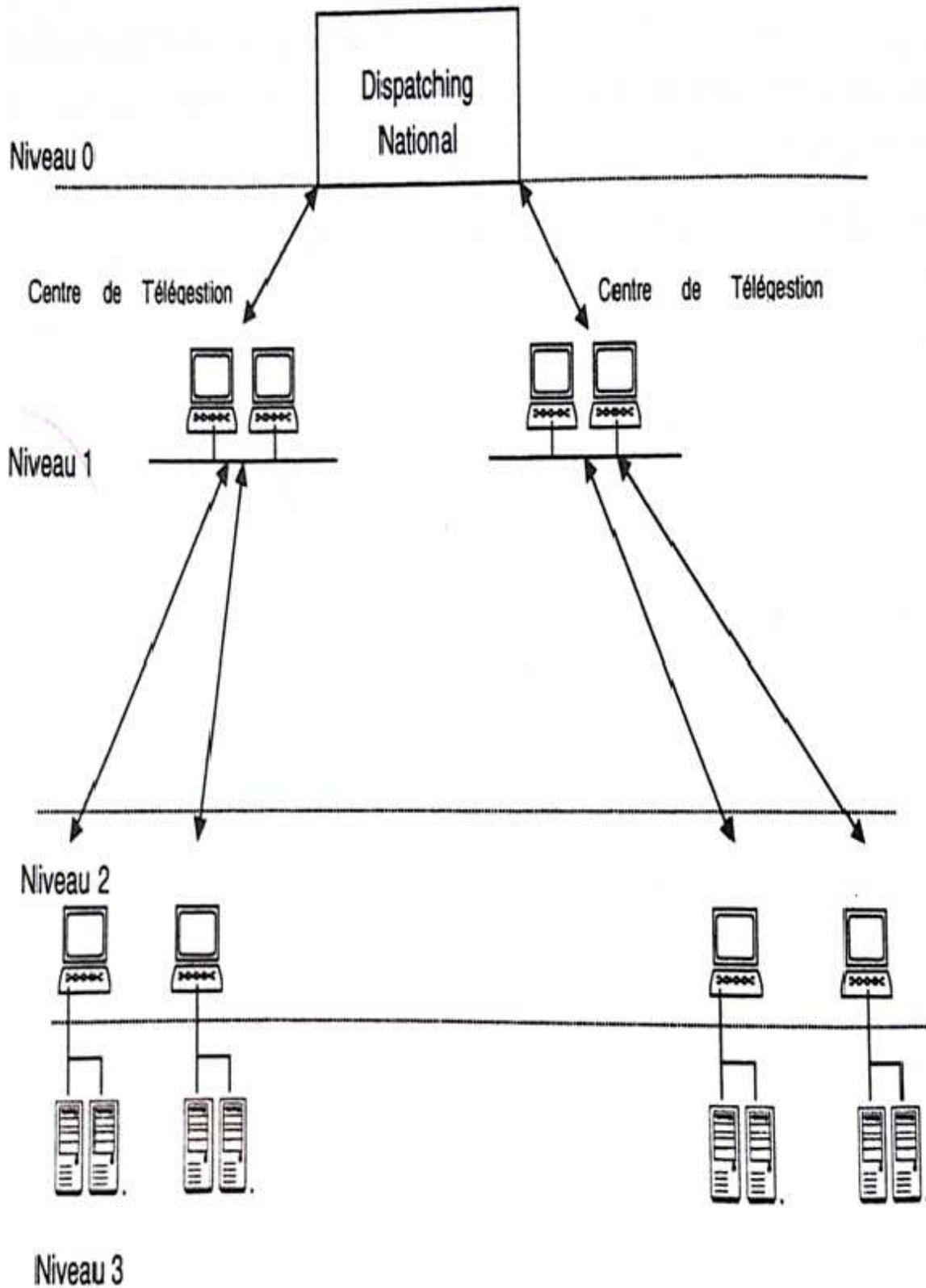


Figure 4: Architecture de la télégestion

Le niveau 0 correspond au Dispatching National. Il a pour rôle le contrôle du réseau électrique de tout le pays. Il a pour objectif principal la gestion des demandes en puissances active et réactive et d'assurer la régulation du réseau en tension et en fréquence.

Le niveau 1 correspond aux centres de Télégestion (CTG). Il a pour rôle de contrôler et superviser les installations des usines (groupes, postes, auxiliaires, sécurité.). Le système devra permettre la réalisation des objectifs de puissance active et réactive demandés par le niveau 0 en tenant compte des ressources et contraintes hydrauliques. Il y a un service de quart par CTG.

Le niveau 2 correspond au contrôle et à la conduite de chaque centrale par le « système de contrôle commande » de la centrale. Il n'y a plus de service de quart à la centrale qui est totalement autonome.

Deux modes de contrôle sont disponibles depuis ce niveau :

- **Mode Télégéré** : dans ce mode, les consignes de puissance ou de débit sont envoyées depuis le CTG aux usines. Ensuite tous les ordres sont transmis aux automates qui de façon automatique génèrent les séquences adéquates ;
- **Mode Contrôle depuis la centrale** : dans ce mode, l'opérateur qui intervient prend la commande de la centrale en local.

Le niveau 3 correspond aux automatismes locaux de l'usine en prise avec les organes de production et de transfert d'énergie et débit. Il a pour rôle le démarrage et l'arrêt des groupes, la réalisation des consignes, la garantie de la sécurité et de la disponibilité des groupes et le contrôle des groupes, des postes et des auxiliaires.

Sous le vocable de Télégestion, on retrouve deux grandes fonctions :

- La conduite à distance des usines,
- La surveillance à distance du fonctionnement des usines dans le but d'aider aux prises de décision pour la maintenance.

2) Types d'usines télégérées :

Les usines à télégérer sont aujourd'hui de quatre types :

- Adaptation contrôle commande numérique existant-SNCC.

- Adaptation contrôle commande existant mais non numérique.
- Réhabilitation totale ou Rénovation (partielle quelque fois) des installations.
- Petites usines télésurveillées.

Pour les Petites usines télésurveillées une interface d'échange spécifique est à prévoir, et à gérer.

Quelque soit l'usine, une voie de secours indépendante, permettant de joindre leur CTG en cas d'alarme à l'usine et de défaut sur les liaisons nominales, est déployée.

3) Description fonctionnelle de la Télégestion :

a) Évolutivité et maintenabilité :

Le système de Télégestion est ouvert et flexible afin d'évoluer tout au long de la durée de vie des aménagements.

Il est extensible pour permettre la télégestion d'autres usines hydroélectriques.

Le système de Télégestion est équipé de système de communication standard afin d'assurer des échanges vers d'autres systèmes de contrôle commande ou des équipements de surveillance.

Le projet offre des moyens de trace que l'on peut utiliser à tout moment pour permettre d'analyser des dysfonctionnements. Il est conçu selon les « règles de l'art » et permet une évolution aisée de son fonctionnement tout en ne dégradant pas sa fiabilité.

b) Fiabilité :

Le système télégestion est doté d'outils d'ingénierie intégrés et homogènes afin de garantir

Le système télégestion possède des systèmes de surveillance et d'autocontrôle lui permettant de surveiller à tout instant son fonctionnement correct et le fonctionnement correct de ses interfaces. En particulier, il possède notamment les sécurités suivantes :

- L'autocontrôle périodique des matériels et des procédés ;
- La détection d'un défaut entraîne l'émission d'une signalisation et éventuellement l'inhibition de certaines fonctions.
- La panne ou le défaut d'un composant matériel ou logiciel non indispensable (un composant est dit « indispensable » si sa défaillance met en défaut une fonction vitale

du système et engendre une position de repli) ne perturbe pas le démarrage et le bon fonctionnement du reste du système sinon le système est mis en sécurité.

II) Travaux génériques :

1) Détection d'incendie :

La priorité est la détection de l'incendie et la limitation de propagation ; les chemins de câbles, des faux-planchers étant les points faibles traditionnels sur lesquels il faut veiller particulièrement. A prévoir :

Pour chaque centrale et chaque CTG

-Locaux industriels électriques dont ceux accueillant les TSA (transfert service auxiliaire), groupe électrogène et tableaux de distribution, galeries principales de câbles,

Le quantitatif moyen par centrale est de :

- 8 + / -4 zones pour la détection,
- 4 + / -2 pour la détection et action

Chaque détection est tracée et entraîne des alarmes (sonore et lumineuse) à la centrale, avec envoi immédiat de celle-ci au CTG.

2) Surveillance vidéo:

Pour mémoire, le «Système de surveillance vidéo » est totalement indépendant du système « Télégestion » au sens des fonctions « conduite, surveillance de fonctionnement des installations » remplies par le CTG, et également au sens des moyens de communication destinés à l'un et à l'autre Système Télégestion.

Ainsi, les échanges et moyens de communications de visualisation, traitement, archivage des images vidéo forment un « système à part ».

Pour chaque centrale

- 3 + / -1 points d'implantation.

Pour chaque CTG

- 3 + / -1 points d'implantation à l'extérieur,
- 2+ / - 1 points d'implantation à l'intérieur des locaux.

Les points d'implantation permettent de visualiser les accès et certaines zones sensibles, et au final d'être en mesure d'identifier les personnes.

Le stockage des images est réalisé en continu sur le site (centrale, CTG).

3) **Sécurisation des sites :**

a) **Accès et Anti-intrusion :**

Pour chaque centrale

Pour tout accès de personnes ou de véhicules à la centrale, aux locaux déportés et installations connexes (tels les barrages, prises d'eau, cheminées d'équilibre, vanne de tête, bassins) de la centrale :

- Accès dans l'installation par clé attirée (base de 20 clés par centrale) complétée par un système d'identification (ex digicode, carte magnétique) par accès ;
- Il ya une intrusion à un accès donné dès lors que la porte est réputée « ouverte » et que l'identification n'a pas été faite ou réussie.
- Chaque détection d'accès effectif est tracée et entraîne une signalisation à la centrale, avec envoi immédiat de celle-ci au CTG.

Pour chaque CTG

Pour tout accès de personnes ou de véhicules dans chaque CTG :

- Accès par clé attirée (base de 20 clés par CTG) complétée par un système d'identification (ex digicode, carte magnétique) par accès.
- Il ya une intrusion à un accès donné dès lors que la porte est réputée « ouverte » et que l'identification n'a pas été faite ou réussie.
- Chaque détection d'accès effectif ou tenté, est tracée et entraîne une signalisation sonore et lumineuse au CTG (poste de Télégestion- service de quart).
- L'archivage est réalisé sur le site, sur les bases d'une périodicité de l'ordre du trimestre, sur des moyens qui permettent de conserver les images pendant une période de 2 ans minimum.

Les images « des centrales » peuvent être visualisées :

- A la centrale,
- Au CTG sur requête de ce dernier suite par exemple à l'apparition d'une alarme inhérente à la sécurisation du site.

b) Sécurisation, Protection des installations et matériels :

Pour chaque centrale

-Protection survitesse sur chaque conduite forcée (CF), et d'amenée (CA), y compris l'adaptation des automatismes aux actions de fermeture des organes de sécurité dont la ou les vannes de tête en lien avec la CF et la CA.

-Surveillance: alarme spécifique à l'attention du CTG ;

Pour certaines centrales

-Protection et action de secours sur inondation usine : 1 détecteur ultime « niveau très haut puisard », indépendant de tous les autres capteurs en lien avec la fonction « inondation »,

-La mise en service automatique d'un groupe « groupe motopompe diésel ». Ce groupe motopompe a une autonomie de 4 heures.

-La confirmation des actions de sécurité telle la « fermeture de tête »,

-L'envoi d'une alarme spécifique au CTG.

Le nécessaire est fait pour assurer son bon fonctionnement en toute sécurité pour le personnel, notamment pour l'évacuation des gaz, la fixation des conduits, le remplissage des conduits, le remplissage de la nourrisse de carburant.

Pour chaque groupe

-Protection élévation de température enceinte alternateur (2capteurs / groupe ; **1^{er}** seuil= alarme, **2^e**=déclenchement) ; [1].

Chapitre 3 :

Usine

ELKANSERA

SECTION 1 : LE MODE DE FONCTIONNEMENT **D'ELKANSERA**

I) Situation géographique et ressources :

1) Situation géographique :

La commune **ELKANSERA** se situe dans la région NORD-OUEST de la province de KHEMISSSET sur oued beht à une quarantaine de kilomètres de part et d'autre des villes Khemisset et Sidi Slimane.

2) Habitation :

Les habitants de la commune ELKANSERA appartiennent à une tribune d'origine **ZMOUR** qui est constituée de trois groupes fondamentaux à savoir **ELHAWADIF, BANI WANZAR, et AIT WALAL.**

Nombre des habitants : **14000** paysans

3) Ressources économiques :

L'économie de la commune **ELKANSERA** est basée essentiellement sur l'agriculture. Elle se caractérise par la diversité de ses produits agricoles. La commune bénéficie des autres ressources agricoles tels : l'élevage, les forêts naturelles, les forêts artificielles...

Outre l'agriculture, la commune dispose d'une usine de production d'énergie électrique, et d'un centre de traitement d'eau potable (ONEP).

NB : Ces renseignements sont délivrés par la commune **ELKANSERA.**

II) Usine EL KANSERA :

1) Mission :

Le barrage d'El KANSERA a été construit sur oued Beht entre 1926 et 1934 dans le cadre d'un programme d'assainissement et de mise en valeur de la plaine du Rharb ;

Cet aménagement a pour rôle :

- ✓ l'irrigation et la protection contre les crues d'un périmètre d'environ 32 700 hectares de la plaine du Gharb.

- ✓ la production d'énergie électrique (productibilité annuelle : 24 GWh)
- ✓ l'alimentation en eau potable de la province de Khémisset.

Caractéristiques du barrage :

Côte de déversoir	122 ,50 m
Côte Maximal	128 ,00 m
Limites de prise	100 ,00 m
Surface de retenue	1860,6 ha
Capacité totale de la retenue	230,455ha

Tableau 4 : caractéristiques du barrage

2) Équipements des ouvrages :

Vannes de tête

Deux vannes semblables de type wagon débitent chacune $20 \text{ m}^3/\text{s}$ sont commandées indépendamment par des commandes électromécaniques aménagées en rive gauche du barrage. Les vannes sont solidaires aux commandes par des brimballes et une chaîne galle, les moteurs 220 V d'entraînement sont alimentés à travers un transformateur 5,5/220V de 25 KVA installé au poste barrage amont.

Vanne de fond

Elle est essentiellement destinée pour le nettoyage du barrage.

Conduites de prise

Les conduites de prise en tôle d'acier galbé et rivetées de 56 m de longueur et 2,8m de diamètre chacune. Ces conduites sont liées à la galerie d'amenée par une culotte.

Galerie d'amenée

C'est une galerie en béton d'épaisseur 0,45m, de diamètre 4m et de Longueur 870m. La galerie est équipée d'une vanne de vidange, une vanne reniflard de protection et de deux portes de visites une en amont et l'autre en aval.

Cheminée d'équilibre

La cheminée d'équilibre est une tour en béton de diamètre intérieur 12m, de hauteur 32 m. Le rôle de la cheminée d'équilibre est la protection des conduites forcée contre les surpressions.

Conduites forcées

Les conduites forcées en tôle d'acier galbé et rivetées de 50 m de longueur et 2,3m de diamètre chacune. Ces conduites sont liées à la galerie d'amenée par une culotte.

Vannes papillon

Chaque groupe est équipé d'une vanne papillon à axe horizontale de diamètre 2,30m destinée à obturer la conduite forcée pendant l'arrêt du groupe. La vanne se compose : d'un corps, pièce cylindrique en acier coulé de même diamètre que la conduite. Des portés sont prévues pour recevoir les tourillons de lentilles d'un obturateur circulaire, appelé lentille en acier coulé également des tourillons en acier forgé, rapporté, supportent la lentille et permettent sa rotation.

Les tourillons donnent lieu à des fuites d'eau de la conduite : ils sont équipés de joints souple ou presse-étoupe pour l'étanchéité.

La vanne papillon est commandée par un servomoteur à pression d'huile à l'ouverture et par un contrepoids à la fermeture.

Caractéristiques de la vanne de pied :

Constructeur	Alsthom
Type	vanne papillon à axe horizontal
Diamètre nominale	2300mm

Temps d'ouverture	3 min
Temps de fermeture	1 min

Tableau 5 : caractéristiques de la vanne de pied

Vanne by-pass

C'est une vanne en acier type papillon à axe horizontale de diamètre 400mm. Le rôle du circuit by-pass est la protection de la vanne de pied contre les déformations en cas d'ouverture sous pression d'un seul côté.

- La vanne by-pass permet d'établir l'équilibre de pression en amont et en aval de la vanne de pied.

-La commande de cette vanne se fait par un servomoteur hydraulique à l'ouverture et par un contrepoids à la fermeture.

Caractéristiques de la vanne by-pass

Constructeur	Alstom
Type	vanne papillon
Diamètre nominale	390mm
Temps d'ouverture	3 min
Temps de fermeture	2 min

Tableau 6: caractéristiques de la vanne by-pass

3) Caractéristiques du groupe 7.2 MW :



Figure 5 : Les deux groupes d'usine ELKANSERA

a) **Turbine :**

La turbine est l'élément essentiel de la transformation de l'énergie potentielle en celle mécanique grâce à un certain nombre d'ailettes taillées sur la roue solidaire d'un arbre.

Le choix de la turbine dépend de la hauteur de chute, ainsi, le tableau suivant illustre bien ce choix :

Type d'usine	Hauteur de chute	Turbine choisie
Usine basse chute	Dizaine de mètres	Pelton
Usine moyenne chute	50 à 200m	Francis
Usine haute chute	>200m	Kaplan

Tableau 7 : Choix de la turbine

Usine **EL KANSERA** est équipée de 2 turbines hydrauliques caractérisées par les données suivantes :

Type	Francis à axe vertical
Hauteur de chute	51 m
Débit	20 m³/s
Puissance	9800 CV
Vitesse	300 tr/min
Régulation de vitesse	Régulateurs numériques

Tableau 8: Caractéristiques d'usine ELKANSERA

b) Régulateur de vitesse :

On appelle régulateur de vitesse, l'ensemble des mécanismes automatiques permettant la commande des distributeurs de turbines.

Le régulateur permet de maintenir la vitesse constante en équilibrant le couple moteur et le couple résistant. Le couple moteur étant le couple turbine en fonction du débit admis, le régulateur doit donc l'ajuster en couple résistant variant en fonction de la charge de l'alternateur.

c) L'Alternateur :

Il est constitué de deux parties majeures : le rotor et le stator. Le rotor est solidaire à l'arbre de la roue de la turbine, sa rotation permet de créer un champ tournant. Le stator, quand à lui, contient le bobinage transformant le champ magnétique en courant alternatif.

➤ **Caractéristiques :**

Type	fermé, auto ventilé
Tension	5,5 KV

Puissance	9 MVA x 2
Excitation	par excitatrice principale- Régulation de tension électromécanique

Tableau 9: caractéristiques de l'alternateur

➤ **Excitation :**

L'excitation est l'induction d'un courant continu dans les bobines rotor d'un alternateur.

L'excitation alternateur de l'usine ELKANSERA comporte :

- **Une excitation pilote :** il s'agit d'une génératrice à courant continu à excitation composée doté d'un aimant permanent pour l'excitation de cette génératrice. Alors, une faible rotation permet d'induire un courant continu et qui servira ainsi comme excitation de l'excitation principale.
- **Une excitation principale :** c'est une génératrice aussi à courant continu à excitation séparée dont l'excitation est assurée par l'excitatrice pilote. Le courant continu induit par cette excitatrice constitue l'excitation de l'alternateur.

d) **Équation caractéristique :**

$$N = \frac{60 * f}{P}$$

On se base sur l'équation suivante :

Avec :

N=vitesse de l'alternateur en tr/min.

F=fréquence en Hz.

P=nombre de paire de pôles.

Pour une fréquence de 50Hz et d'après le catalogue constructeur de l'alternateur qui nous a donnée 20 pôles, on peut déduire la vitesse de rotation nominale correspondante :

$$N = \frac{60 * f}{P} = \frac{60 * 50}{10} = 300 \text{ tr / mn}$$

e) Le transformateur:

La tension de sortie des deux groupes est de 5500V, or le transport d'énergie et en haute tension ou en très haute tension dans le souci de diminuer les pertes .Cependant, deux transformateurs élévateurs sont installés au poste de l'usine d'ELKANSERA tels que :

- 2transformateurs 5.5/60 KV

Le poste dispose également d'autres transformateurs pour l'alimentation de la région et pour l'éclairage des auxiliaires de l'usine.

- 1transformateur 2.2/5.5 KV
- 2transformateurs 22000/220V

f) Circuit de Réfrigération :

Les systèmes de réfrigération des deux groupes de l'usine ELKANSERA sont identiques. Ils se composent des équipements suivants :

- Circuit de réfrigération pivot.
- Circuit de réfrigération de l'huile de graissage et de régulation.
- **Circuit de réfrigération pivot :**

La réfrigération du pivot se fait par circulation d'eau froide dans un serpentin émergé dans une cuve d'huile spéciale de graissage. La cuve est munie d'un indicateur de niveau d'huile et d'une sonde de température.

L'eau est de nature brute, elle est issue du barrage à l'aide d'un piquage dans la conduite forcée à l'amont de la vanne papillon.

- **Circuit de réfrigération de l'huile de régulation et de graissage :**

Le refroidissement de l'huile de régulation ainsi que celle de graissage se fait, cette fois ci, par plongement des serpentins, dans lesquels circule de l'huile, dans un bac dit de réfrigération, l'alimentation du bac est issue directement de l'eau de retour du pivot.

Récapitulatif du fonctionnement d'un circuit hydraulique :

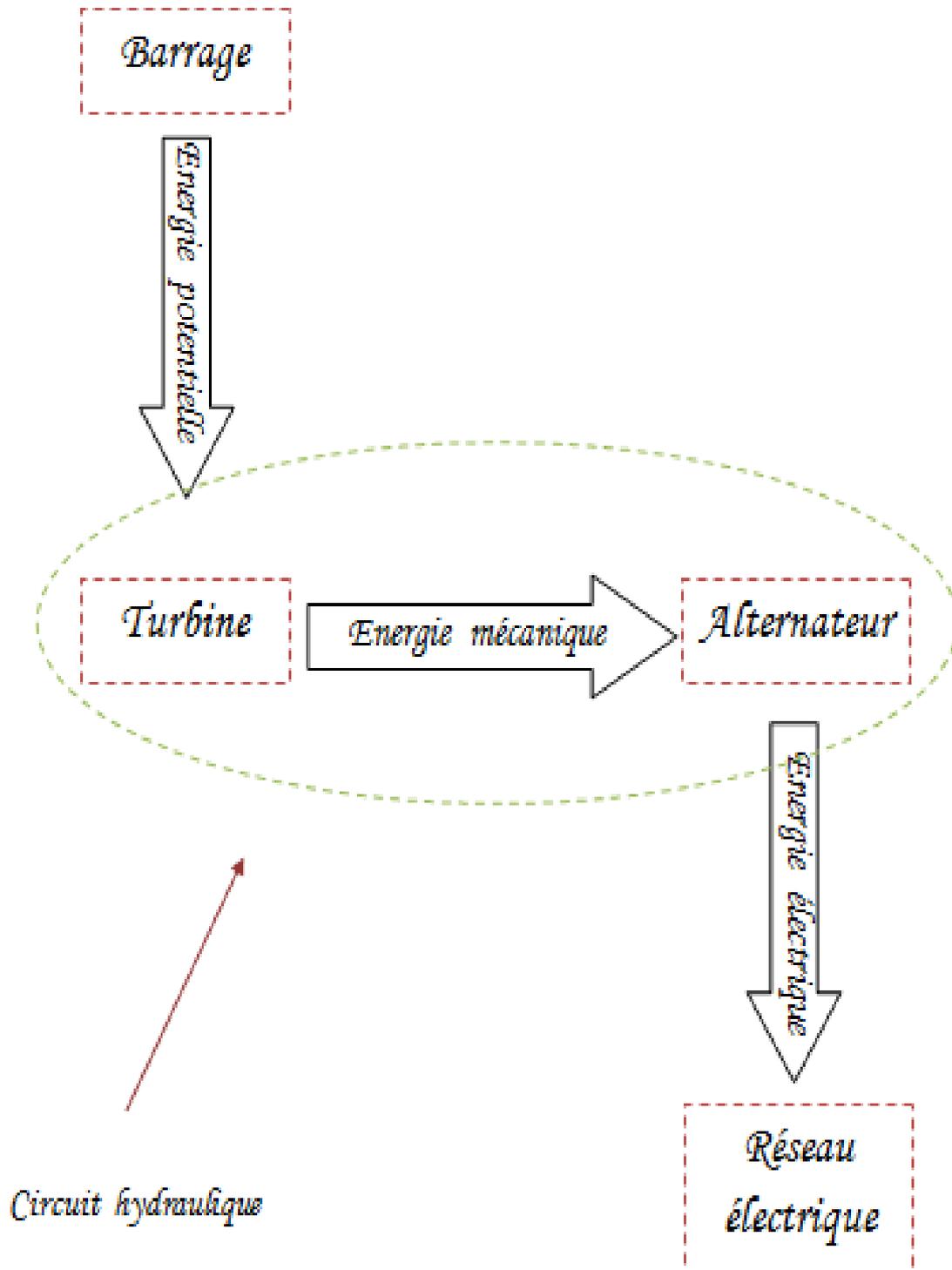


Figure 6 : Récapitulatif du fonctionnement d'un circuit hydraulique

SECTION 2 : LA REHABILITATION DU SITE D'ELKANSERA

I) Consistance des travaux de Réhabilitation :

1) Principes généraux :

L'objectif est de répondre aux besoins de « Réhabilitation et de Télégestion » qui partant de la situation actuelle nécessitent de rendre totalement autonomes et automatiques les centrales et leurs installations en prose directe, ou dont elles dépendent.

Les travaux de comparante « Réhabilitation » amènent les installations des centrales actuellement commandées manuellement, pour la plupart, avec présence permanente du personnel sur place , vers une conduite à distance depuis les centres de Télégestion , et à la centrale vers des commandes, surveillance, protection, sécurité, alerte et repli totalement automatique sans présence d'opérateurs sur place.

2) Typologie des travaux :

La composante « Réhabilitation » du projet au sens large est scindée en « typologie de travaux »

Les critères sont fonction :

- De la capacité des installations en place à répondre aux besoins de la Télégestion, et de la facilité d'adaptation et d'évolution des installations et des automatismes existants,
- Des couts de possession par la recherche d'harmonisation et standardisation des fonctions et des équipements,
- De l'espérance d'une bonne disponibilité et d'une pérennité dans le temps des installations au sens large.

II) La Réhabilitation d'usine d'EL KANSERA :

1) État sommaire du site d'ELKANSERA :

La centrale est conduite de la salle de commande par le chef de quart (aidé du machiniste) qui reçoit du Dispatching National les consignes, dont le débit d'irrigation ou la demande en électricité qu'il transforme en puissance au niveau de la centrale.

- La commande et le fonctionnement des groupes sont pour partie manuels.
- Les fonctions d'automatismes et de protections sont assurées par des relais électromécaniques.
- Les protections électriques des alternateurs et des transformateurs sont obsolètes et présentent des défauts ; il n'existe pas de « protection température alternateurs » (air enceinte ou enroulements stator).
- La salle de commande regroupe sur tableaux les synoptiques, les principaux moyens de visualisations et commande de la centrale, et des sites en prise directe avec elle.
- Seules verrines affichent les alarmes regroupées relatives aux groupes.
- La mesure du niveau de la retenue du barrage est hors service.
- L'instrumentation pour la visualisation ; le suivi des grandeurs caractéristiques (ex : niveaux, températures, débits, pression) est quasi inexistante.

2) Travaux, Prestations spécifiques :

a) Barrage :

- Mettre en œuvre deux systèmes de mesure indépendant (emplacement du niveau ,capteurs de mesure ,alimentation , acheminement aux divers utilisateurs) doté de la totalité des accessoires (dispositifs de suspension ,tube de protection , câbles , boîte de dérivation , boîtes de capteurs ,afficheurs, convertisseurs, ...) , L'étendue de mesure des équipements devra couvrir la hauteur entre le seuil et le niveau maximal de la retenue . Le module de l'écart entre les deux mesures est comparé à un seuil pour signalisation (alarme).
- Instrumenter la mesure des pertes de charge aux grilles par des capteurs de chaque coté.

b) Prise d'eau et vannes de tête :

Mettre en œuvre une protection survitesse sur chacune des quatre conduites d'amenée afin de détecter toute rupture de ses éléments , y compris l'adaptation des automatismes aux actions de fermeture des organes de sécurité (les vannes de tête) .Cette protection est dotée de tous les accessoires nécessaires pour réaliser ses fonctions (vannes , clapets , débitmètres , capteurs, ...)

c) Centrale :

- Mettre en œuvre la mesure de la turbidité de l'eau et de concentration en matière de suspension en g/l (la mesure est effectuée au moyen d'un débitmètre à ultrason permettant la connexion à tous les systèmes numériques de contrôle commande). Le système est doté de tous les accessoires (capteurs, sondes, transmetteurs, tuyauterie, raccords, contacts de seuil, afficheur de mesure, kit de maintenance, port de communication, ...).
- Mettre en œuvre un double filtre doté d'un système anti-rinçage. Les filtres desservent le circuit de réfrigération principale de chaque groupe, servant à la détection de colmatage afin de lancer le processus de nettoyage des éléments filtrants, des manomètres de chaque côté des filtres, dispositif de permutation et de rinçage automatique des filtres ; signalisation de permutation & compteurs, alarme si problème tel saturation du filtres. L'élément filtrant est choisi selon l'état de propreté de l'eau.
- Fournir et installer les enregistreurs numériques multivoies sans papier pour notamment assurer la traçabilité de secours informations sur perte totale de la supervision.
 - L'un au voisinage des matériels concernés pour les mesures de température typiquement : air frais –chaud alternateur, paliers et pivot, huiles et eaux de réfrigération.
 - L'autre à la salle de commande pour les mesures de valeurs électriques typiquement : tension et fréquence des jeux de barres sur lesquels sur lesquels le ou les groupes sont connectés, et tension courant stator, puissance P&Q de chaque groupe.
- La mise en œuvre complète d'un groupe électrogène (groupe, aménagement du local existant ou mise en œuvre d'un abri fermé, citerne de carburant ; sans oublier les travaux génériques) et de tous les dispositifs de permutation pour la reprise automatique en secours des auxiliaires indispensables à la continuité de service et la sécurité d'exploitation.

d) Régulateur de vitesse :

- Mettre en œuvre la surveillance des seuils niveau de puits de drainages exhaure, niveau dans le réservoir d'eau industriel, niveau d'huile dans les accumulateurs niveau d'huile dans le bac d'huile dans les bacs.
- Instrumenter les positions des organes de commande, d'isolement (électro-distributeur vannage servomoteur, vannes...).

- Mettre en ouvre la surveillance des seuils de pression (huile de commande, air, eau)
- Mettre en œuvre la surveillance des temps de fonctionnement et d'activation des équipements tout en mémorisant le temps de fonctionnement cumulé et le nombre d'intervention cumulée de chaque équipement à contrôler à savoir :
 - Tous les équipements soumis à l'usure et à des fuites
 - Tous les équipements d'huile et d'air comprimé

Chapitre 4 :

Problème d'automatisme du système de régulation de vitesse

I) Étude critique :

L'objectif du projet de Réhabilitation et Télégestion c'est de rendre la centrale d'ELKANSERA et ses installations totalement autonomes et automatiques, après plusieurs essais nous constatons qu'il ya un problème qui persiste toujours lors de la mise en service des groupes il s'agit bien de l'instabilité des niveaux d'huile en particulier lors de la marche des groupes. En effet aucun moyen n'est installé pour le réglage automatique des niveaux d'huile dans les accumulateurs ce qui nécessite l'intervention des machinistes, et l'adaptation du mode marche en manuel des systèmes d'huile de régulation (voir figure 15).



Figure 7: Le système actuel de régulation de vitesse

II) Circuit de Régulation de vitesse :

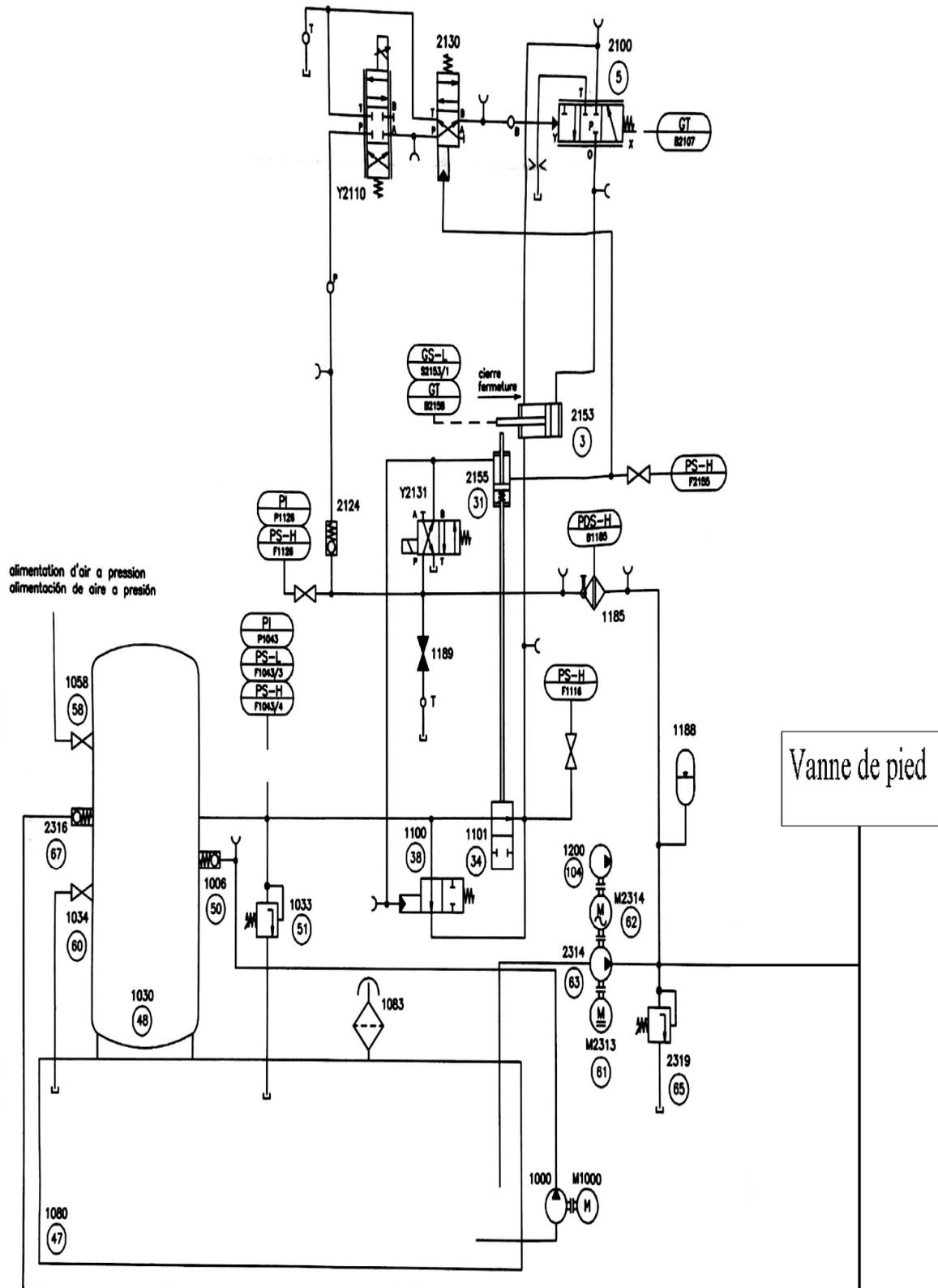


Figure 8: Schéma du système de régulation de vitesse (Voir annexe 1) [2]

1) Description du schéma de Régulation de vitesse :

La pompe 1000 est entraînée par un moteur à courant triphasé qui aspire l'huile de commande du réservoir 1080 et le refoule dans l'accumulateur d'huile sous pression pour la régulation 1030.

Un clapet anti-retour 1006 au niveau de la cloche air \ huile pour éviter le retour d'huile sous pression provenant de la cloche à travers la pompe.

La pompe à engranages 1200 à courant alternatif (2314 ou cas la pompe à courant alternatif est défaillante celle en continue se met en marche automatiquement) aspire l'huile de commande du bac d'huile de régulation et le refoule vers les servomoteurs de la vanne by-pass qui permet d'établir l'équilibre de pression en amont et en aval de la vanne de pied.

Une fois la vanne de pied est ouverte le verrou de blocage 2155 est excité et permet l'alimentation du vannage par l'huile [2].

2) Impact du problème sur la centrale :

- ✚ Présence effective d'un machiniste
- ✚ Pas d'optimisation au niveau du personnel et d'exploitation
- ✚ Non fiabilité de l'intervention du machiniste
- ✚ Fausses manœuvres du machiniste
- ✚ Risque d'arrêt de production.

3) Analyse du problème avec la méthode d'ISHIKAWA :

a) Origine :

Kaoru Ishikawa : né à Tōkyō en 1915 et mort le 16 avril 1989, est un ingénieur chimiste japonais, précurseur et un des théoriciens pour la gestion de la qualité. On lui doit notamment le diagramme de causes et effets qui est un des outils fondamentaux pour assister les cercles de qualité.



b) Définition :

Le diagramme causes - effet est une représentation graphique simple qui, pour un effet (un défaut, une caractéristique, un phénomène...), tente d'identifier l'ensemble des causes, des facteurs potentiels pouvant l'affecter.

c) Objectif :

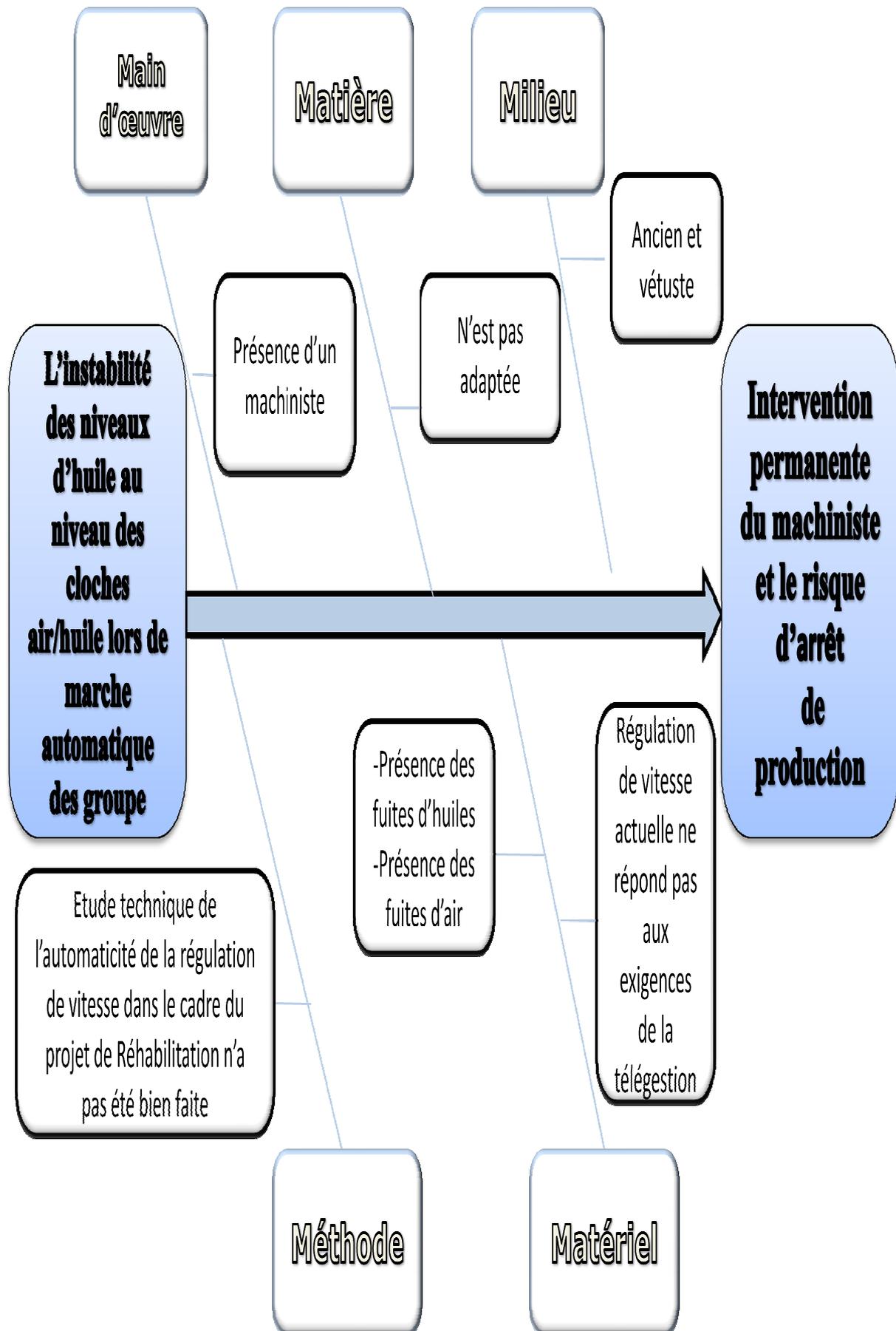
- ✚ Comprendre un phénomène, un processus.
- ✚ Analyser un défaut, une non-conformité
- ✚ Représenter les causes d'un problème
- ✚ Approfondir et explorer toutes les dimensions d'une situation donnée
- ✚ Visualiser de façon claire cette relation ordonnée de causes à effet
- ✚ Classer par famille et sous-familles toutes les causes d'un problème déterminé.

4) L'application de la méthode 5M :

La méthode 5M (autrement appelée diagramme de causes et effets, diagramme d'Ishikawa, ou diagramme en arêtes de poisson) nous permettra de représenter de façon claire et détaillée les causes principales produisant le problème d'instabilité des niveaux d'huile et de pression dans la cloche air/huile.

Grace à cette méthode on peut comprendre le problème d'une manière simple et approfondie, également on a une vision globale des causes génératrices du problème avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent cet effet.

Il y a une relation hiérarchique entre les causes et on est en mesure d'identifier les racines des causes du problème de régulation de vitesse et son impact sur la production afin de les corriger et donner des solutions en employant des actions correctives



III) Solutions proposées :

Même après la réhabilitation de l'usine **ELKANSERA**, le système de régulation de vitesse ne répond pas aux nouvelles exigences de modernité et de télégestion, de sécurité et d'automatisme. Afin de remédier à tous les points critiques cités précédemment, et tout en répondant à ces exigences, il s'avère nécessaire de réaliser les actions suivantes:

- ✚ Installation d'une ELECTROVANNE d'isolement d'huile (qui coupe l'huile entre l'accumulateur et le circuit de commande une fois le groupe est en arrêt).
- ✚ Installation d'une ELECTROVANNE de purge (si le niveau d'huile est bas alors que la pression est à 12 bars, il faut absolument ouvrir cette vanne afin de purger l'air pour qu'on puisse augmenter le niveau d'huile qui est nécessaire pour l'ouverture de la vanne by pass).
- ✚ Exploitation du capteur de niveau d'huile existant en insérant son signal avec l'automate existant SIMENS SIMATIC S7-400.
- ✚ Utilisation de l'automate pour la commande des électrovannes en lui donnant les consignes, et les séquences convenables afin de maintenir le niveau d'huile et la pression lors l'arrêt prolongé des groupes.

1) Définition d'une électrovanne :

Une **électrovanne** ou **électrovalve** est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe il est possible d'agir sur le débit d'un fluide dans un circuit par un signal électrique.

Il existe deux types d'électrovannes :

✚ **Électrovannes tout ou rien**



Figure 9: Electrovanne

Les électrovannes dites *tout ou rien* ont deux états possibles :

- **Entièrement ouvertes**
- **Entièrement fermées**

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

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

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

✚ **Électrovannes proportionnelles**

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

2) Principe du fonctionnement d'une électrovanne

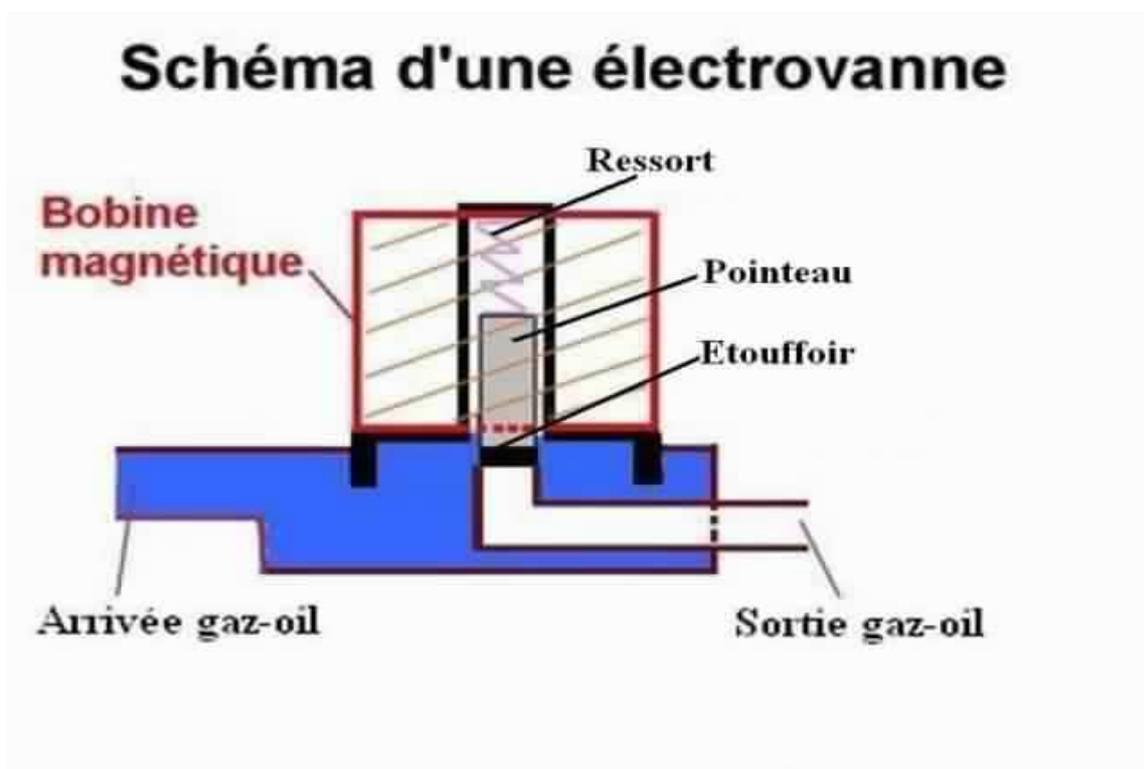


Figure 10 : Schéma du fonctionnement d'une électrovanne

IV) Réalisation des solutions préconisées :

1) Langage de programmation :

Le logigramme est un outil pour analyser et décrire un processus ou une activité. Cela nécessite de séparer le processus ou l'activité en plusieurs événements et de montrer la relation logique qui les unit. Construire un logigramme permet une meilleure compréhension du processus. Cette meilleure compréhension est un pré-requis indispensable à l'amélioration de celui-ci, notamment à l'occasion de la mise en évidence d'éléments logiques ou flous.

2) Logiciel de programmation :

STEP 7 est le logiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC S300 et S400. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le logiciel de base assiste dans toutes les phases du processus de création de la solution d'automatisation, La conception de l'interface utilisateur du logiciel STEP 7 répond aux connaissances ergonomiques modernes.

SIMATIC Manager constitue l'interface d'accès à la configuration et à la programmation. Ce gestionnaire de projets présente le programme principal du logiciel STEP7 il gère toutes les données relatives a un projet d'automatisation, quelque soit le système cible (S7/M7/C7) sur lequel elles ont été créées. Le gestionnaire de projets SIMATIC démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

L'API S7-400 :

Le S7-400 est le plus puissant API de la gamme des contrôleurs SIMATIC. Il permet de réaliser des solutions d'automatisation performantes avec Totally Integrated Automation (TIA). Le S7-400 est une plateforme d'automatisation pour des solutions système dans l'industrie manufacturière et le génie des procédés, qui se distingue avant tout par sa modularité et ses réserves de puissance (voir figure 19) [3].



Figure 11 : API S7-400

V) Réalisation du Programme :

(Voir annexe 2)

Schéma après l'installation des électrovannes

Alimentation d'air a pression

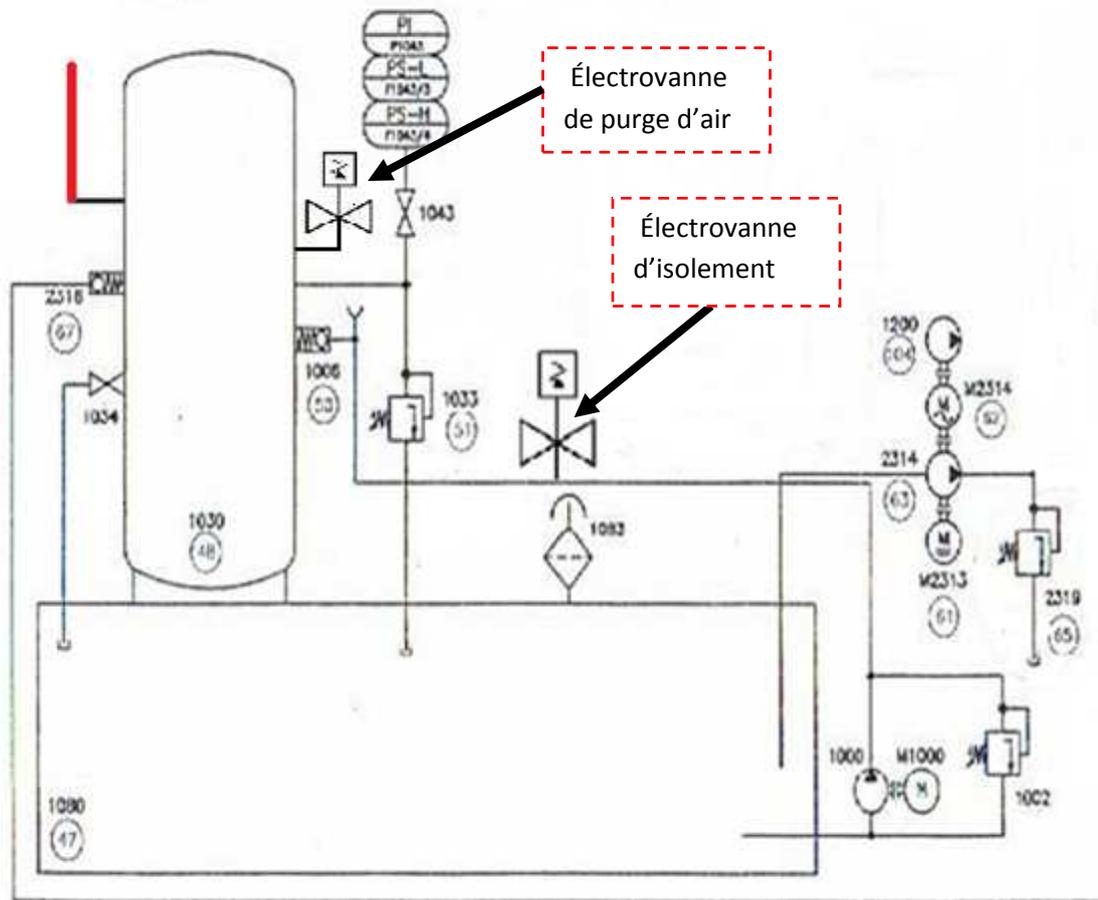


Figure 12 : Schéma après l'installation des électrovannes

VI) Autre proposition améliorative :

Proposition d'un capteur 4-20 mA :

Actuellement l'usine dispose d'un capteur de niveau tout ou rien qui nous donne à la sortie un état logique que l'on note 1 ou 0. Cela signifie que l'information à traiter ne peut prendre que ces deux états (1 ou 0).

Pour assurer le bon fonctionnement et améliorer le système de régulation de vitesse nous proposons un changement du capteur de niveau actuel par un capteur magnétique 4-20 mA. Il mesure le niveau de liquide dans une plage, plutôt qu'à un seul point, ce qui produit une sortie analogique qui est directement corrélée au niveau de la cuve.

Le choix d'une boucle 4-20 mA analogique est très avantageux car elle permet de gérer les éléments qui la compose. Sachant que la plage de mesure est comprise entre en 4 mA et 20 mA en dessous de 4 mA ce n'est pas bon, en dessus de 20 mA ce n'est pas bon non plus. Lorsque la valeur est inférieure à 4 mA cela implique qu'il y a un défaut le minimum ou le 0 de la grandeur physique se trouve à 4 mA et non à 0 mA. On peut donc en conclure qu'en dessous de 4 mA on est en présence d'un défaut dans la boucle. Il s'agit généralement d'un défaut de l'alimentation.

En dessus de 20 mA la grandeur physique sera hors plage de mesure, cela indique généralement un défaut interne du capteur.

Bibliographie

Ouvrages et articles :

Documents internes ONEE-BE :

- Projet Réhabilitation et Télégestion des centrales hydroélectriques marché N° SP 92732 P4 & SP 92733 P4 .INDRA. [1].
- Archives de l'usine ELKANSERA. Va TECH ESCHER YESS 9.186.806 .27/04/2001. [2].
- Schémas de contrôle de l'usine ELKANSERA : Armoire contrôle automate de groupe. Document: g2i-rtch-elk-gx-gta-sd-001. [3].

Webographie

- <http://tpe.barrages.2008.free.fr/index.php/energie-electrique.html>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectrovanne>
- <http://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>
- <http://www.futura-sciences.com/magazines/high-tech/infos/dico/d/informatique-automate-programmable-10525/>
- http://www.vega.fr/fr/Mesure_de_niveau_Capacitif.htm
- <https://mall.industry.siemens.com/mall/fr/WW/Catalog/Products/5000014>
- <http://www.omega.fr/prodinfo/mesure-de-niveau.html>
- <http://www.volta-electricite.info/La-boucle-analogique-4-20-mA.php>
- <http://www.omega.fr/prodinfo/mesure-de-niveau.html>

Conclusion

Le projet « Étude d'automatisme du système de régulation de vitesse d'usine ELKANSERA », vise essentiellement à résoudre le problème d'instabilité des niveaux d'huile et de pression lors des arrêts prolongés des deux groupes.

Après avoir défini la télégestion et ses objectifs nous avons présenté usine ELKANSERA qui était la première centrale télégérée au Maroc, et le problème qui persiste toujours au niveau du système de régulation de vitesse même après la réhabilitation de ses équipements. Pour cela nous avons proposé des solutions exploitables afin de mettre fin à la perte de niveau d'huile et de pression, également d'éviter tout genre d'arrêt de production.

Pour conclure, c'est une réelle opportunité pour moi d'avoir effectué ce stage de fin d'études dans ce service. Il m'a permis de montrer pleinement mes compétences dans un domaine qui m'intéresse particulièrement pour ma carrière à venir.

Annexes

Annexe 1 : Symboles hydrauliques

Annexe 2: Réalisation du programme

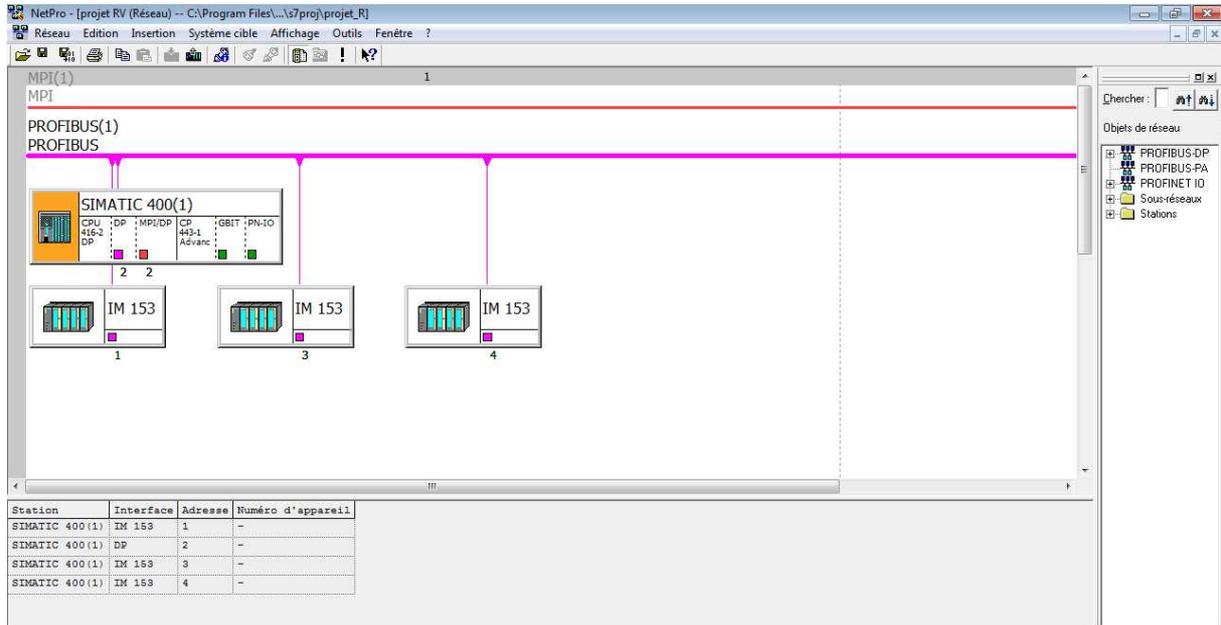
Annexe 1 :

REPERE	DENOMINATION	FONCTION
1000	Pompe à vis ALLWEILLER	Alimentation de l'huile pour la régulation
M1000	Moteur ç courant triphase	Entrainement de la pompe 1000
1006 H(50)	Clapet	Éviter le retour de l'huile provenant de la cloche à air à travers de la pompe 1000
1033 H(51)	Soupape de sûreté	Éviter la surpression à la cloche
1034 H(60)	Robinet commande à la main	Contrôler le niveau d'huile dans l'accumulateur
1080 H(47)	Réservoir d'huile	Contenir l'huile pour la régulation
1100 H(38)	Soupape by-pass	Permet d'ouvrir la soupape à pointeau avec pression équilibrée
1101 H(34)	Soupape à pointeau	Alimentation du régulateur d'huile à pression
1200 H(104)	Pompe à engranages	Graissage des différents paliers
M2314	Moteur à courant triphase	Entrainer la pompe 2314 pour le démarrage
2314	Pompe à engranages	Refouler l'huile pour le démarrage
M2313	Moteur à courant continue	Entrainer la pompe 2314 en cas de manque de tension alternatif
2319	Soupape manométrique	Établir la pression du circuit de démarrage
2155 H(31)	Verrou de blocage	Maintenir fermé le vannage sans pression d'huile et actionner le pointeau
2153 H(3)	Servomoteur vannage	Ouvrir-Fermer le vannage
2100 H(5)	Soupape de distribution	Commander le servomoteur du vannage
1058	Robinet commande à main	Alimentation de l'air comprimé

	Organe d'isolement / Normal ouvert
	Organe d'isolement/ Normal fermé
	Soupape à voies
	Soupape anti-retour
	Soupape de sécurité
	Réducteur de pression
	Moteur
	Pompe
	Double servomoteur
	Servomoteur avec amortissement variable
	Filtre
	Double filtre
	Record de mesure
	Réduction
	Branchement
	Point de connexion

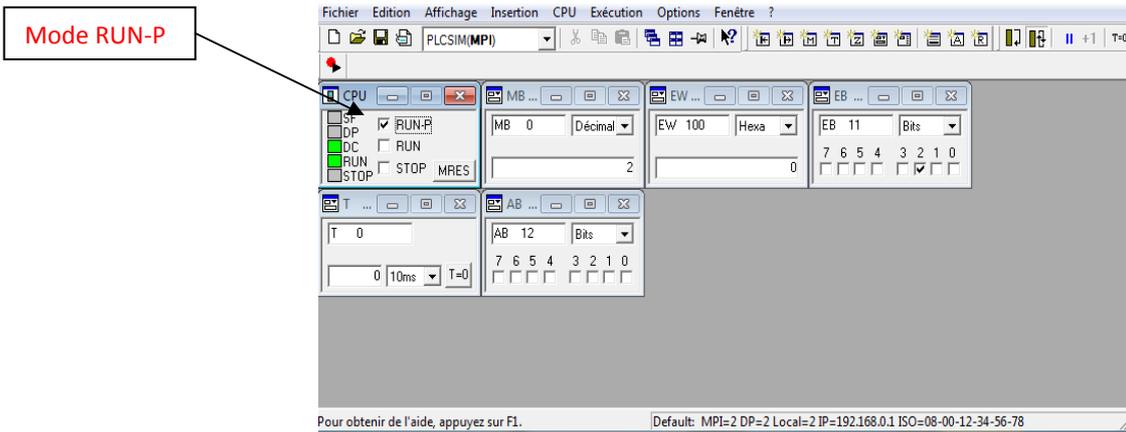
Annexe 2 :

COMPILATION ET VISUALISATION DU PROGRAMME:



Chargement de la partie matérielle :

Compilation :



Chargement des blocs d'instructions

Table de mnémoniques :

Editeur de mnémoniques - Programme 57(2) (Mnémoniques)

Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?

Tous les mnémoniques

Programme 57(2) (Mnémoniques) -- exemple\SIMATIC 300(1)\CPU 314C-2 DP

	Etat	Mnémonique ▲	Opérande	Type de d	Commentaire
1		Action manuelle	M 700.0	BOOL	
2		arret pompe	A 12.6	BOOL	
3		Demarrage pompe	A 12.7	BOOL	
4		ENTREE1	E 124.0	BOOL	
5		ENTREE2	E 124.1	BOOL	
6		Fermeture VI	A 12.3	BOOL	
7		Fermeture vp	A 12.4	BOOL	
8		Manuel	M 200.0	BOOL	
9		Manuel AP	M 250.0	BOOL	
10		Manuel DP	M 650.0	BOOL	
11		Manuel FVI	M 750.0	BOOL	
12		Manuel FVP	M 450.0	BOOL	
13		Manuel OVP	M 350.0	BOOL	
14		Niv normal	M 600.0	BOOL	
15		Niveau bas	M 100.0	BOOL	
16		Niveau bas VP	M 150.0	BOOL	
17		Niveau haut	M 400.0	BOOL	
18		Niveau normal	M 300.0	BOOL	
19		Ouverture VI	A 12.2	BOOL	
20		Ouverture vp	A 12.5	BOOL	
21		Vannage fermé	M 500.0	BOOL	
22		Vannage ouvert	M 900.0	BOOL	
23					

FC1 - <offline>

""

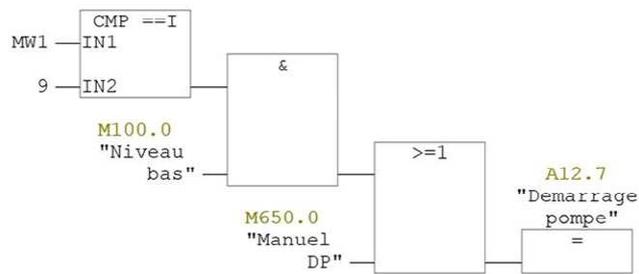
Nom :
Auteur :
Horodatage Code :
Interface :
Longueur (bloc/code /données locales) :

Famille :
Version : 0.1
Version de bloc : 2
 21/06/2015 01:51:09
 10/06/2015 08:57:07
 00240 00130 00000

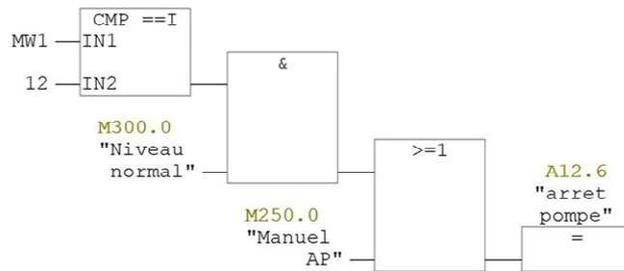
Nom	Type de données	Adresse	Commentaire
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloc : FC1

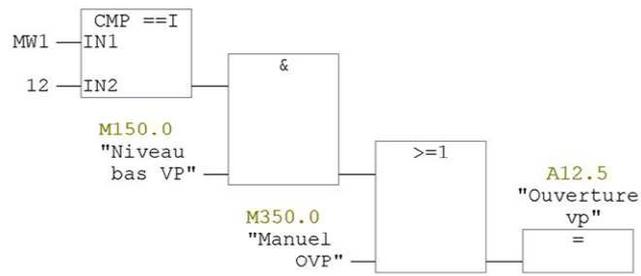
Réseau : 1 Pompe 1000



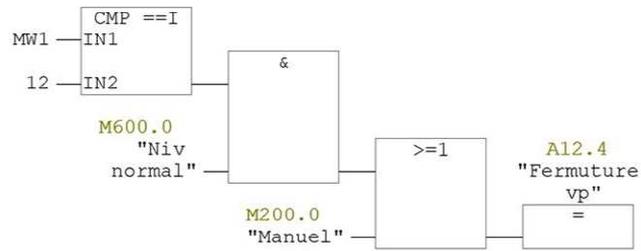
Réseau : 2



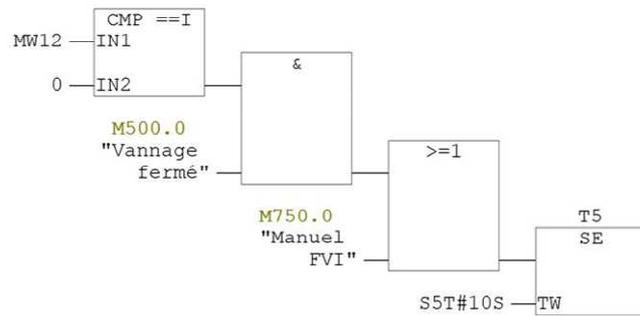
Réseau : 3 Vanne de purge



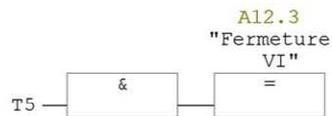
Réseau : 4



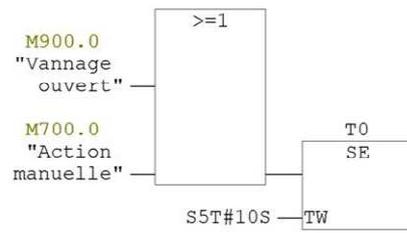
Réseau : 5 Vanne d'isolement d'huile



Réseau : 6



Réseau : 7



Réseau : 8

