



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Etablir un manuel d'exploitation
adapté à un matériel de
télégestion**

Réalisé Par :

**Jihane Mzouri
Chaimae Ouezzani**

Encadré par :

M.BOUAYAD (FST FES)

M. QOURCHI (ONEE-BE)

Soutenu le 08 Juin 2016 devant le jury

Pr BOUAYAD (FST FES)

Pr MECHAQRANE (FST FES)

Pr LAMHAMDI (FST FES)

Dédicaces

A NOS CHÈRES MÈRES

Affables, honorables, aimables : Vous représentez pour nous le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de nous encourager et de prier pour nous. Vos prières et votre bénédiction nous ont été d'un grand secours pour mener à bien nos études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de nous donner depuis notre naissance, durant notre enfance et même à l'âge adulte. Vous avez fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. On vous dédie ce travail en témoignage de notre profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

A LA MÉMOIRE DE NOS PÈRES

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect qu'on a toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour notre éducation et notre bien-être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour notre formation, de vos interminables conseils, assistances, et soutiens moral, dans l'espoir que vous en serez fiers.

A NOS CHERS AMIS

On ne peut trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer notre affection et nos pensées, vous êtes pour nous des frères, sœurs et des amis sur qui on peut compter à tout moment. En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, on vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Remerciements

Avant de commencer notre rapport nous tenons à remercier énormément les personnes qui sont intervenues pour nous aider à effectuer ce stage :

Le chef de la division d'exploitation de Fès qui nous a offert la possibilité de passer ce stage, ainsi que tout le corps administratif et technique qui nous a aidé et soutenu pendant cette période.

Nous remercions également **M.BOUAAYAD** pour avoir bien voulu encadrer ce modeste travail, ainsi que pour leur riche contribution et leur précieux conseil concernant les missions évoquées dans ce rapport, qu'il nous m'apporté lors des différents suivis.

Nous exprimons, par la même occasion, notre gratitude la plus profonde à **M .ACHOUR** et **M.QORCHI**, nos encadrants de stage à l'ONEE-BE pour leurs suivis, leurs soutiens, leurs conseils, leurs encouragements, leurs disponibilités et leurs patiences, pour nous avoir accordé toute leurs confiances ; pour le temps qu'il nous a consacré, sachant répondre à toutes nos interrogations ; sans oublier leurs participation au cheminement de ce rapport.

Nos vifs remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du personnel de la centrale hydraulique **ALLAL AL FASSI**, et particulièrement à **M.HAMDAOUI**, **M.TAABAN** ,**M.ESSAKHI**, **M.SALHI**, **M.TAIF**,**M.LAKCHINI** , **M.BAJJI** ,**M.BOUMAY** pour leur accueil sympathique, leur coopération professionnelle, et pour avoir su rendre cette expérience aussi enrichissante qu'agréable à vivre.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants du Département Génie Electrique, aussi à tout le corps enseignant de la branche GE, pour avoir assuré notre formation, et nous exprimons l'expression de notre reconnaissance à **M.JORIO** le responsable de la formation.

Sommaire

Introduction	6
Chapitre 1 : Présentation de l'Office Nationale d'Electricité et de l'Eau Potable Branche Electricité	7
I. Présentation de l'ONEE-BE	8
1- Historique	8
2- Les principales missions de l'ONEE-BE	8
3- Objectifs de l'ONEE-BE.....	8
4- Structure Juridique de L'ONEE-BE	8
5- Domaine d'activité de l'ONEE-BE	8
6- Organigramme de l'ONEE-BE.....	9
7- les usines hydrauliques	10
II. Présentation de l'usine hydraulique Allal Al Fassi	11
1-Introduction	11
2- Schéma synoptique de l'usine Allal el fassi :.....	13
3-Description	13
4- Fonctionnement de l'usine	16
a -Introduction.....	16
b- fonctionnement de l'usine	16
III. Conclusion.....	18
Chapitre2: Etablir un manuel d'exploitation adapté à un matériel de télégestion	19
I. Introduction.....	20
1. Définition de la télégestion	20
2. Le but de télégestion	20
II. Principe de la télégestion	21
1. Description de la conduite actuelle.....	21
III. Principes de télégestion envisagée.....	21
1. Architecture générale	21
2. Philosophie de Conduite à distance des aménagements.....	24
3. Philosophie de surveillance à distance du fonctionnement des aménagements :	26
VI. Description fonctionnelle de la télégestion.....	26
1. Types d'usines télégérées	26
2. Critères de conception du système	27
a. Evolutivité et maintenabilité	27
b. Fiabilité	27

c. Architecture	28
d. Ergonomie générale	28
e. Respect des standards	29
f. Dimensionnement	29
3. Critères de sécurité	30
a. Redondance matérielle.....	30
b. Redondance logicielle et basculement des systèmes	30
c. Retour aux conditions nominales.....	30
V. Architectures techniques	31
1. Architecture générale	31
2. Architecture du Centre de télégestion	32
a. Description du réseau local du CTG	32
b. Schéma Centre de télégestion	32
3. Liaison CTG _ dispatching réseau.....	34
4. La liaison usine – CTG	34
5. Architecture des usines.....	35
a. La supervision du système de contrôle	36
<input type="checkbox"/> La fonction SCADA " Supervisory Control And Data Acquisition "	36
<input type="checkbox"/> Les objectifs réalisés par SCADA.....	36
<input type="checkbox"/> Les calculs faites par SCADA	37
<input type="checkbox"/> Traitement des informations de défaut.....	37
b. L'automatisation du groupe	37
c. L'automatisation des Auxiliaires	39
VI. La nouvelle vision de l'usine Allal Al Fassi	40
1. La réhabilitation du centrale Allal Al Fassi	40
a. Barrage Ait Youb.....	40
b. Prise d'eau usinière au barrage	41
c. Bassin de mise en charge	41
d. Conduite d'amenée	42
e. La centrale.....	42
Synthèse.....	44
Webographie.....	45

Table des figures

Figure 1: ORGANIGRAMME D'ONEE-BE.	9
Figure 2: les usines hydrauliques.....	10
Figure 3: conduite forcée.....	11
Figure 4: vanne de pied.....	11
Figure 5: turbine.....	12
Figure 6: vérin de vanne de batardeaux.....	12
Figure 7: schéma synoptique.	13
Figure 8: bassin de compensation.	14
Figure 9: cheminée d'équilibre.....	15
Figure 10: conduit forcée.	15
Figure 11: architecture generale de telegestion.....	22
Figure 12: Dispatching National.	23
Figure 13 : L'organigramme de Conduite à distance des aménagements.....	25
Figure 14: Liaison CTG – DN optionnelle	31
Figure 15: Schéma Centre de télégestion	33

Introduction

L'énergie hydraulique est l'une des principales sources d'énergie nationale. Bien que l'implantation d'une centrale requière des investissements lourds amortissables sur plusieurs décennies, son coût d'exploitation est relativement faible. En effet l'énergie primaire est 'gratuite' et constamment renouvelable. Les charges de fonctionnement des centrales hydraulique sont en général moins élevées que celles des centrales thermiques.

L'électricité ne peut être stockée à l'échelle industrielle, il faut donc constamment adapter la production à la demande dont l'estimation reste approximative. Contrairement aux centrales thermiques, les turbines hydrauliques peuvent démarrer en quelques minutes. Grâce à leur souplesse d'exploitation, les usines hydrauliques permettent de faire face dans un délai très court, aux variations de la consommation. Elles interviennent alors dans la régulation de la fourniture de l'énergie.

L'eau accumulée dans les barrages ou dérivées par les prises d'eau, constitue une énergie potentielle disponible pour entraîner en rotation la turbine d'une génératrice. L'énergie hydraulique se transforme alors en énergie mécanique. Cette turbine accouplée mécaniquement à un alternateur l'entraîne en rotation afin de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

La puissance disponible résulte de la conjonction de deux facteurs :

- Hauteur de la chute.
- Débit de la chute.

Chapitre 1 : Présentation de l'Office Nationale d'Electricité et de l'Eau Potable Branche Electricité

I. Présentation de l'ONEE-BE

1- Historique

Après l'indépendance, le Maroc a décidé de prendre lui-même en main le secteur électrique pour l'organiser, le soutenir et garantir le service public. L'office est créé en 1963 selon le dahir n°1-63-225 du 5 août 1963.

2- Les principales missions de l'ONEE-BE

- répondre aux besoins du pays en énergie électrique.
- gérer et développer le réseau du transport.
- Planifier, intensifier et généraliser l'extension de l'électrification rurale.
- œuvrer pour la promotion et le développement des énergies renouvelables.
- et, d'une façon plus générale, gérer la demande globale de l'énergie électrique.

3- Objectifs de l'ONEE-BE

- de satisfaire dans les meilleures conditions techniques et économiques la progression de la demande en énergie, sans cesse croissante.
- de baisser les tarifs Moyenne tension et Haute tension pour atteindre des prix de l'énergie électrique compatibles avec les marchés concurrentiels du Maroc.
- d'assurer au meilleur coût directement ou indirectement la couverture financière de programmes d'investissements de plus en plus lourds et indispensables au développement de l'économie du pays.

4- Structure Juridique de L'ONEE-BE

L'ONEE-BE est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle administrative et technique du Ministère de l'Energie et des Mines et doté d'une personnalité civile et d'une autonomie financière et a été investi à sa création de l'exclusivité de la production et le transport. Il assure également la distribution de l'énergie électrique à travers tout le territoire marocain.

5- Domaine d'activité de l'ONEE-BE

La production, le transport et la distribution de l'énergie électrique sont réalisés par un réseau, ensemble complexe de sources d'énergie, les centrales, et de lignes. Cette structure s'est progressivement développée à mesure que les besoins des usagers en énergie électrique et leurs exigences quant à la qualité du service rendu se sont étendus à l'ensemble du pays et non plus seulement à quelques régions privilégiées.

6- Organigramme de l'ONEE-BE

L'ONEE-BE est considéré comme étant l'unique production national d'électricité, pour bien gérer ses multiples services au sein d'une entreprise de telle taille et grande importance, la direction à adopter une organisation bien élaborée .il est formé de 15 directions :

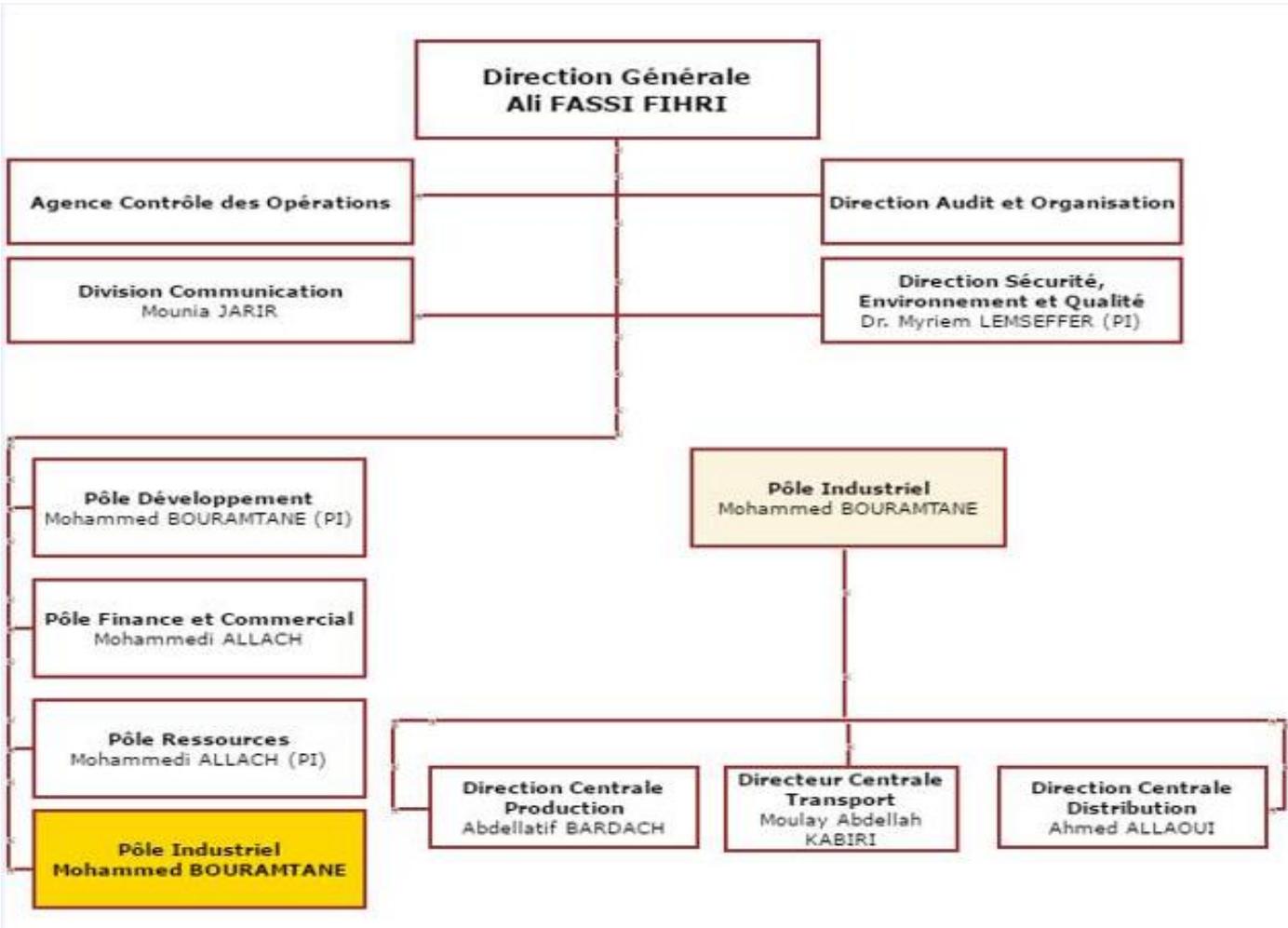


FIGURE 1:ORGANIGRAMME D'ONEE-BE.

7- les usines hydrauliques

Utilisant l'énergie des chutes d'eau, les centrales hydrauliques furent les premières usines à produire industriellement de l'énergie électrique au début du XXe siècle. Dans certains pays riches en ressources hydrauliques, elles assurent encore aujourd'hui une part importante de la production (MAROC).

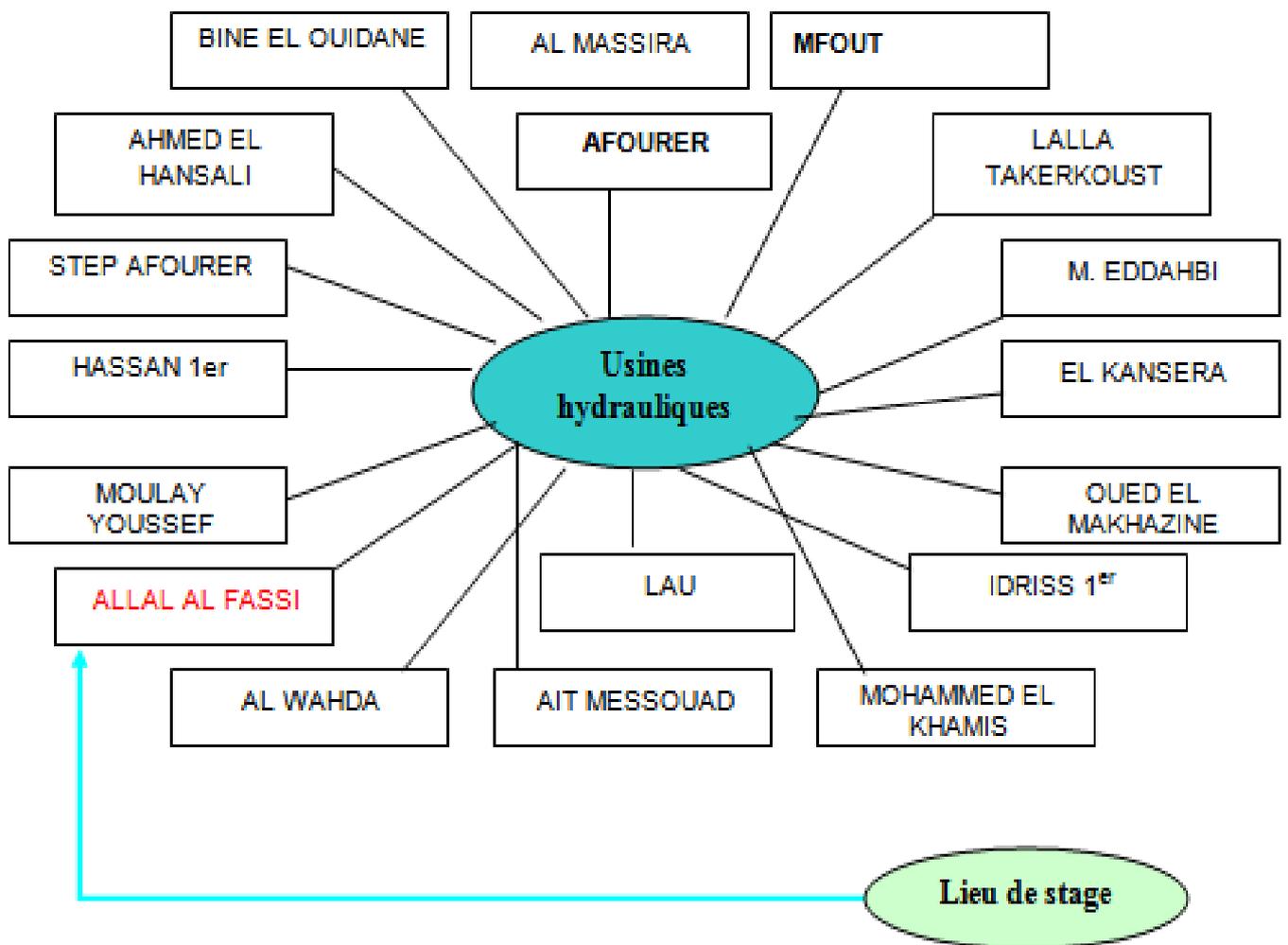


FIGURE 2: LES USINES HYDRAULIQUES

II. Présentation de l'usine hydraulique Allal Al Fassi

1-Introduction

La production de l'énergie électrique est assurée par l'usine Allal El Fassi mis en service depuis 1994 afin de fournir au réseau national une puissance nominale de 240MW. L'usine Allal El Fassi se compose de trois groupes turbine-alternateur. Chaque groupe comporte :

- Une conduite forcée.



FIGURE 3: CONDUITE FORCÉE.

- Une vanne de pied du type papillon avec son by-pass.



FIGURE 4: VANNE DE PIED.

- Une turbine.



FIGURE 5: TURBINE.

- Un aspirateur avec ses cônes, coudes et diffuseurs.
- une vanne Batardeaux.



FIGURE 6: VÉRIN DE VANNE DE BATARDEAUX.

2- Schéma synoptique de l'usine Allal el fassi :

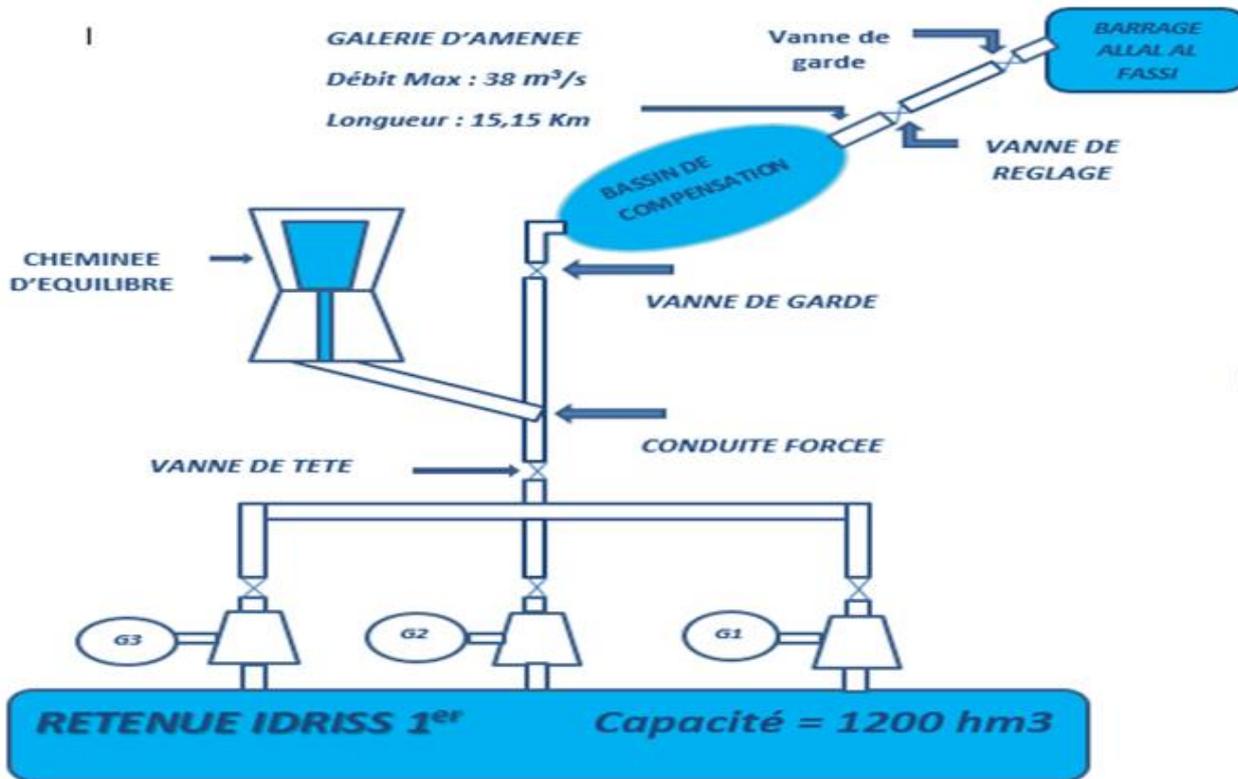


FIGURE 7: SCHÉMA SYNOPTIQUE.

3-Description

Les différents ouvrages de la chute comportent de l'amont à l'aval :

❖ *Le barrage Allal El Fassi*

Le barrage Allal Al Fassi dont la capacité est de 74 millions de mètres cubes est réalisé en enrochements et construit à l'entrée des gorges très serrées de Sebou.

❖ *La galerie d'amenée*

La galerie d'amenée est à écoulement libre entièrement revêtue sur toute sa longueur. Elle est alimentée par une prise d'eau d'un débit nominale de 38m³/s prélevée dans la retenue du barrage Allal Al Fassi. Elle est de type " en fer à cheval" de diamètre 4,40m et se raccorde au bassin de compensation par un cheval à ciel de 35m de longueur et de pente égale à 0,21%.

❖ *Le bassin de compensation*

Ce bassin a été dimensionné afin d'assurer un fonctionnement de 3h30mn pendant les heures de pointe. Sa capacité utile est de 1.537.200m³, sa forme est ovale d'une surface utile moyenne de l'ordre de 22Ha et ses dimensions approximatives au niveau terrain naturel sont égales à : L=920m I=360m.

Le bassin de compensation est équipé d'une station de commande et de contrôle et ce pour la communication de la situation des équipements installés à la chambre des vannes, il est aussi équipé d'un automate programmable communicant avec le master général par le biais d'une ligne téléphonique 4 fils.



FIGURE 8: BASSIN DE COMPENSATION.

❖ *La cheminée d'équilibre :*

La cheminée d'équilibre de hauteur hors sol de 94m est réalisée en béton précontraint pour la partie supérieure et en béton armé pour la partie inférieure sa constitution est comme suivante :

- Une semelle en béton armé de rayon extérieur 24,88m et de hauteur 5m.
- Une jupe inférieure en béton armé sous forme d'un tronc de cône de rayons extérieurs 16.261 et 8.445 respectivement de la côte 305.00 NGM et à la cote 347,31.
- Trois dalles d'épaisseurs différentes, deux d'entre elles sont réalisées en béton armé et la dernière en béton précontraint de forme conique renversée par rapport à la jupe.
- Le volume d'eau nominale de la cheminée correspond à la côte nominale du bassin 389.00 soit 24.000m³.

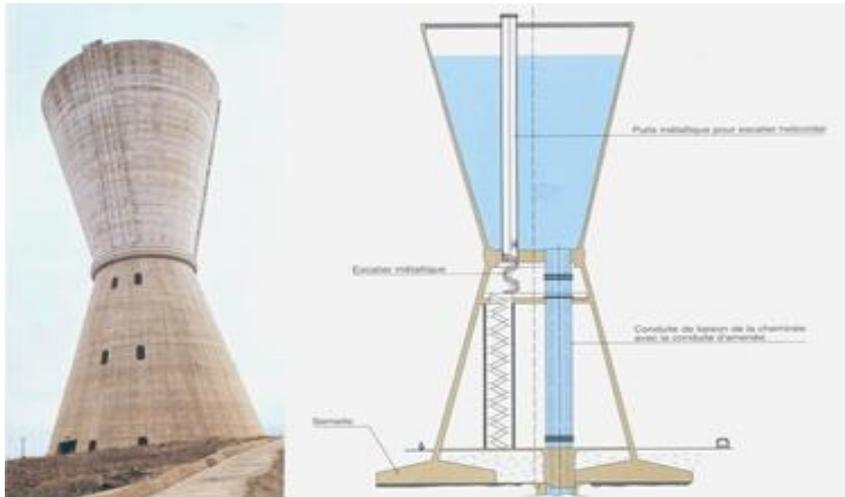


FIGURE 9: CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE.

❖ **La conduite forcée :**

C'est le prolongement de la conduite d'amenée vers l'usine à partir de la chambre de la vanne de garde. Elle est entièrement métallique et comprend de l'amont vers l'aval :

- Un tronçon sous terrain de 7m de diamètre et de 119,65m de longueur.
- Un tronçon de raccordement de 6m de diamètre et de 24m de longueur.
- Un tronçon de raccordement de 6m de diamètre et de 306,85m de longueur.
- Un tronçon de puits incliné de 55° sur l'horizontal, de 5,3m de diamètre et de 55m de longueur.
- Un collecteur de 3m de diamètre.



FIGURE 10: CONDUIT FORCÉE.

4- Fonctionnement de l'usine

a -Introduction

L'usine Allal Al Fassi produit une puissance nominale de 80MW par groupe soit 240MW pour toute l'usine, sa conduite peut être assurée à partir du dispatching de Casa.

b- fonctionnement de l'usine

❖ Système d'alimentation des auxiliaires

→ Courant alternatif

Les auxiliaires alternatifs sont alimentés à partir du jeu de barre par l'intermédiaire du poste de distribution 22KV.

Cette alimentation est doublée pour qu'en cas de défaillance de l'un des départs, l'autre le remplace. L'alimentation du second secours, appelée : "Alimentation de sécurité" réside dans un groupe électrogène "Diesel démarrage automatique.

→ Courant continu

Ces auxiliaires sont aussi alimentés à partir d'un jeu de barre sur lequel peuvent être connectés indifféremment l'une des deux batteries d'accumulateurs.

❖ Le démarrage du groupe

Avant que le groupe soit en marche, il faut d'abord vérifier certaines conditions

- Absence de défaut provoquant l'arrêt.
- Niveau huile accumulateur normal.
- Pression huile accumulateur établie.
- Niveau huile bac régulation normal.
- Distributeur ferme.
- Système de régulation électronique pas de défauts.
- Débit d'eau de joint d'arbre établi.
- Niveau huile palier turbine normal.
- Vanne WAGON de garde ouverte .
- Régulateur électronique prêt pour le démarrage.
- Freins desserres.
- Rotor baisse.
- Niveau huile palier guide alternateur normal.
- Vanne papillon ferme.
- Vanne du by-pass ferme.
- Niveau huile pivot normal.
- Pression air freinage normale.
- Système d'excitation et de régulation de tension prêt pour démarrage.
- Doigts de rupture non rompus.
- Vanne Wagon aval ouverte.
- Système de réfrigération pas en service.

Après avoir la vérification de ces conditions, le groupe est prêt pour la production de 225 kV.

❖ Les séquences du démarrage

- Relais marche-arrêt en service.
- Démarrage du système de réfrigération.
- Ouverture de la vanne by-pass.
- Ouverture de la vanne de pied.
- Fermeture de la vanne by-pass/ dessers -freins.
- Démarrage du régulateur électronique.
- Arrêt de la pompe d'injection.
- Temps de démarrage hors service.
- Excitation en service.
- Fermeture du sectionneur du groupe.
- Temps de démarrage électronique hors service.
- Synchrocoupleur en service.
- Temps de synchronisation hors service.
- Synchronisation hors service.

Après avoir effectué le démarrage et fournir une puissance électrique, il faut évidemment arrêter le groupe et c'est le but du paragraphe suivant.

❖ L'arrêt du groupe

Avant que le générateur ne soit déconnecté du réseau, la puissance active et la puissance réactive doivent être réduites au moins à zéro afin d'éviter une survitesse. La pompe d'injection d'huile doit être branchée à 40% de la vitesse nominale, le système de refroidissement doit être branché de façon à ce que la température de la machine ne chute pas trop bas.

Les freins mécaniques doivent être branchés à partir de 30% de la vitesse nominale. Quand les instruments indiquent que la machine est à l'arrêt, la pompe d'injection d'huile et les freins sont coupés.

❖ Les séquences d'arrêt du groupe

Les séquences d'arrêt du groupe sont comme suivantes :

- Arrêt du régulateur.
- Disjoncteur du groupe hors service.
- Excitation hors service.
- Supervision du relais d'arrêt.
- Pompe d'injection pivot en service.
- Fermeture de la vanne de pied.
- Freins à serrer.
- Arrêt du système de réfrigération.
- Fin des séquences de démarrage.

III. Conclusion

L'ONEE-BE est une entreprise ayant des défis très importants et très influençant sur l'avenir du pays, ainsi pour être en mesure de confronter ses défis elle a introduit une multitude de techniques qui peuvent l'aider à accomplir ses missions et rendre aux consommateurs un service qui répond à leurs attentes.

L'usine ALLAL EL FASSI est parmi les centrales qui a profité de ces techniques et par suite elle est dotée d'un système de contrôle de commande qui facilite son contrôle et sa gestion.

Chapitre2: Etablir un manuel d'exploitation adapté à un matériel de télégestion

I. Introduction

Le présent document définit les conditions techniques pour la fourniture et la réalisation des travaux et prestations clés en main relatifs « à la Réhabilitation et la mise en place de la Télégestion des centrales hydroélectriques de l'ONEE-BE ».

Dans le cadre de la modernisation de son parc hydroélectrique, l'Office National de l'Electricité et l'Eau Potable du Maroc (ONEE-BE) a décidé de réaliser la réhabilitation de ses centrales hydrauliques afin de les télé-gérer depuis deux Centres de Télégestion.

1. Définition de la télégestion

La télégestion constitue la gestion à distance des installations techniques. Elle permet de maîtriser la globalité de l'exploitation en assurant :

- La sécurité des biens et des personnes.
- La maîtrise de l'énergie.
- La gestion des coûts.
- Une qualité optimale de service.

Les outils de télégestion :

- Téléalarme : être alerté automatiquement en cas de panne ou de défaut de fonctionnement d'une installation.
- Téléconduite : contrôler en permanence et à distance le fonctionnement d'une installation.
- Télécommande : agir à distance sur les équipements contrôlés ;
- Télémaintenance : Pour assurer à distance les tâches de maintenance de certaines installations. Pour intervenir sur des équipements difficiles d'accès ou éloignés des centres de contrôle ;
- Enregistrer les informations afin d'analyser, d'optimiser et de gérer à distance le fonctionnement des installations contrôlées.

2. Le but de télégestion

La principale mission du Centre National de Télégestion est d'optimiser la gestion des ressources des systèmes eau et électricité, la télésurveillance et la conduite en temps réel des systèmes électriques et réseaux d'eau. Il doit surtout garantir la continuité et la qualité des fournitures d'énergie électrique et d'eau potable, dans les meilleures conditions de sûreté-sécurité. Et de surveiller à distance le fonctionnement des usines de production et les réseaux d'eau et d'électricité, au niveau national.

II. Principe de la télégestion

1. Description de la conduite actuelle

La conduite des centrales de l'ONEE-BE s'effectue, groupe par groupe, de façon manuelle ou automatique, depuis le Dispatching National (DN), situé 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'Energies de l'ONEE-BE :

- A superviser l'état, le couplage et la production des groupes des usines hydroélectriques d'importance nationale ;
- A démarrer les groupes des usines les plus puissantes (en général les plus récentes) ;
- A régler les usines par l'intermédiaire d'envoi de valeurs intégrant les réglages secondaires.

Comme d'une part, l'élaboration des programmes de production n'est pas du ressort d'hydraulique pendant la durée du projet Télégestion et Réhabilitation, et que d'autre part le Dispatching National reste en dernier ressort le maître de la conduite des aménagements, il convient, pour être cohérent, de continuer à effectuer, pour ces usines, une conduite groupe par groupe

III. Principes de télégestion envisagée

1. Architecture générale

L'architecture principale projetée pour la télégestion des centrales hydroélectriques est la suivante :

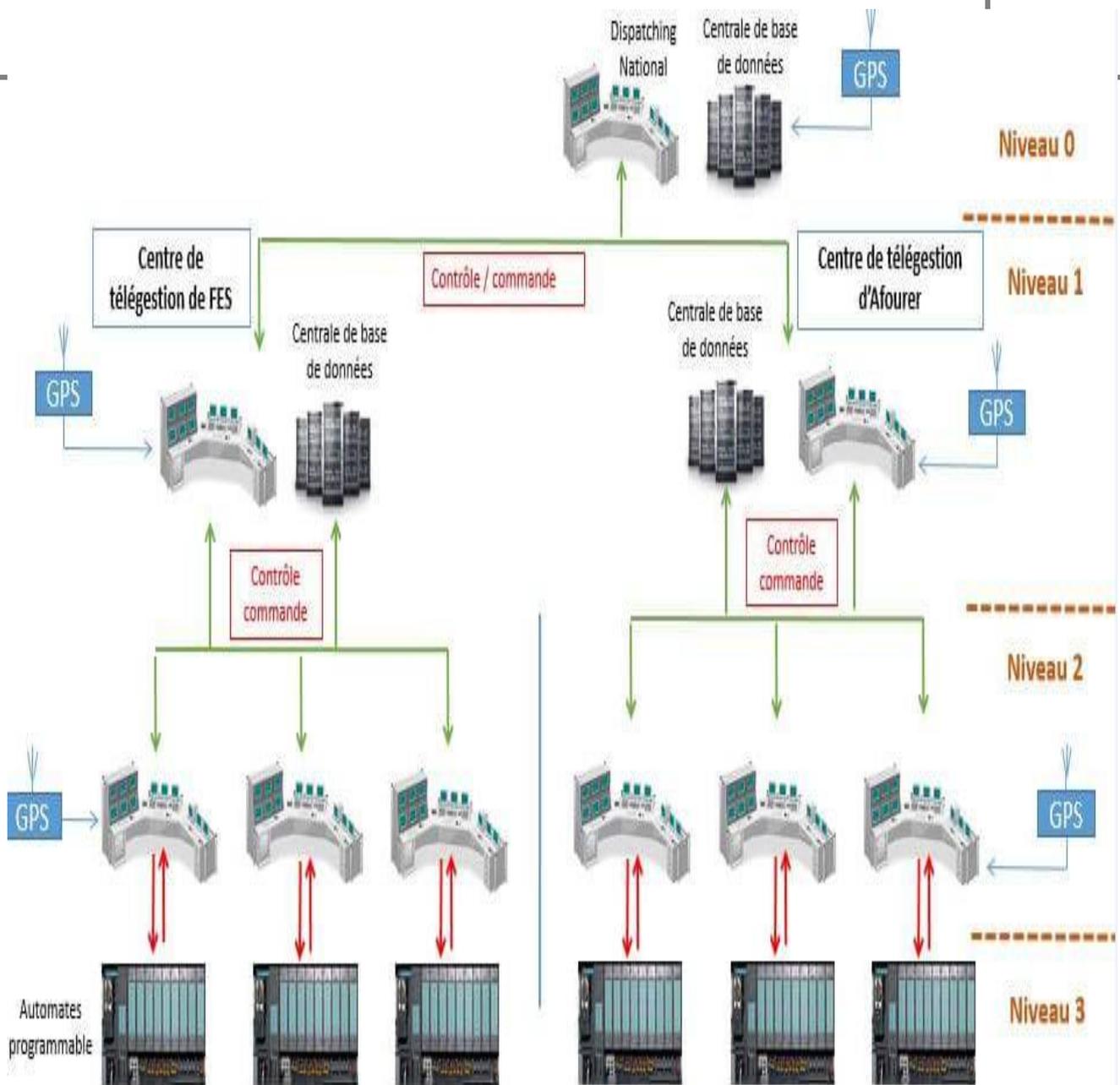


FIGURE 11: ARCHITECTURE GENERALE DE TELEGESTION

Le niveau 0 correspond au Dispatching National. Il a pour rôle le contrôle et la supervision du réseau électrique de tout le pays. Il a pour objectif principal la gestion des demandes en puissance active et réactive et d'assurer la régulation du réseau en tension et en fréquence (en tenant compte de la programmation faite en concertation avec les agences de bassin).

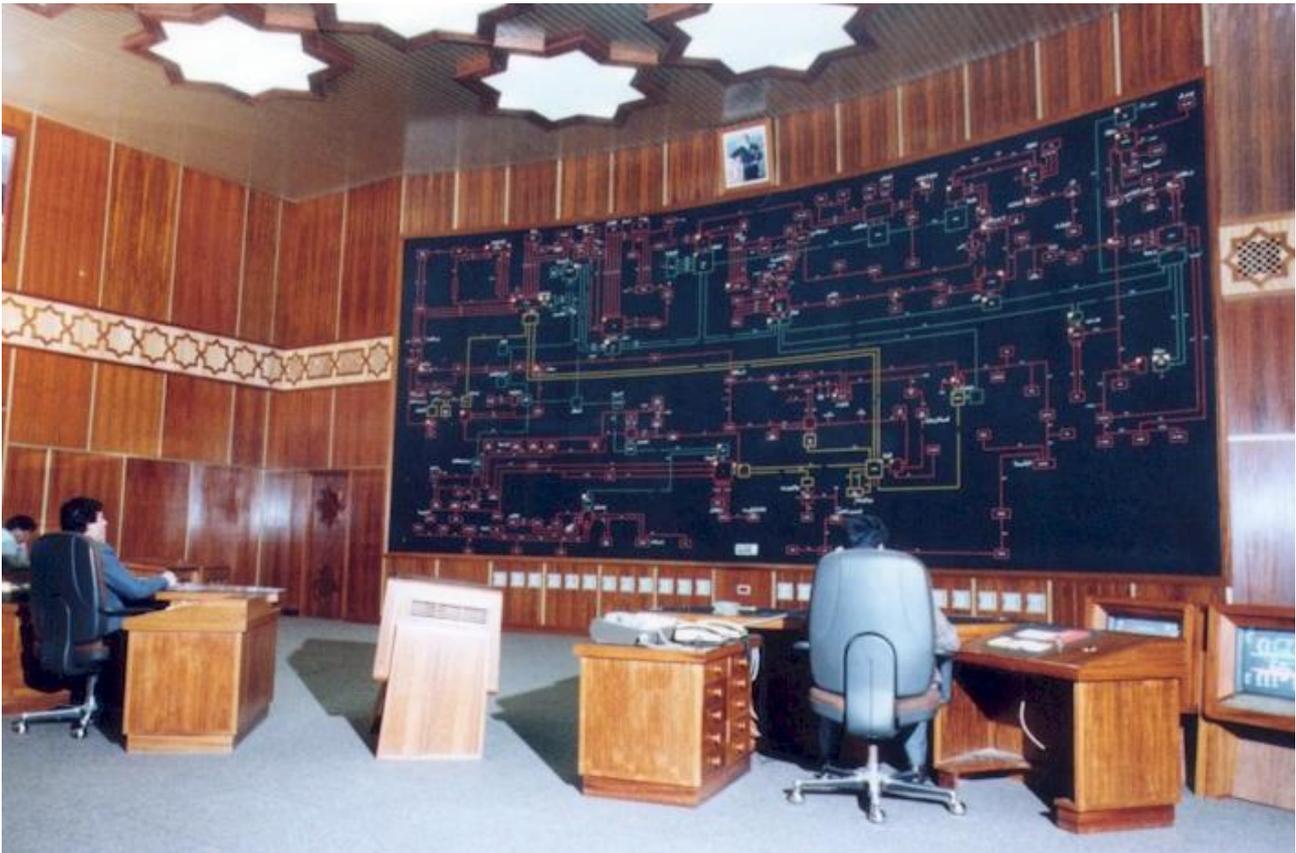


FIGURE 12: DISPATCHING NATIONAL.

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 transfert d'énergie et débit. Il a pour rôle le démarrage et l'arrêt des groupes et vannes, la réalisation des consignes, la garantie de la sécurité et de la disponibilité des groupes et le contrôle des groupes, du poste 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.

Pour dimensionner l'activité de télégestion on admet que les exploitants de l'ONEE-BE interviendront systématiquement dans les usines (avec une fréquence de l'ordre de la semaine) et pourront réaliser des actions manuelles à cycle long qu'il ne sera donc pas nécessaire d'automatiser (exemples : archivage de données ou modification de la priorité de fonctionnement des pompes d'exhaure).

La conduite à distance des aménagements nécessite :

- l'automatisation de la centrale jusqu'aux séquentiels de démarrage/arrêt des groupes et leur affectation de consigne,
- la remontée d'alarmes générées par les sites,
- la transmission d'ordres dans un contexte de télécommunications sécurisé afin de permettre la commande à distance des groupes,
- la remontée fiabilisée d'informations du procédé permettant de s'assurer que la conduite à distance s'effectue dans de bonnes conditions.

La conduite à distance est caractérisée par des flux d'informations peu importants mais qui doivent être transmis dans un contexte déterministe et fiable.

La surveillance à distance des aménagements nécessite :

- la remontée d'informations du procédé permettant de surveiller la « santé » des aménagements et leur bon fonctionnement,
- la possibilité de récupérer et d'analyser des séquences d'événements s'étant produite sur des périodes de temps données.

2. Philosophie de Conduite à distance des aménagements

L'organigramme ci-dessous montre la philosophie générale de programmation cible qui doit être adoptée pour un CTG :

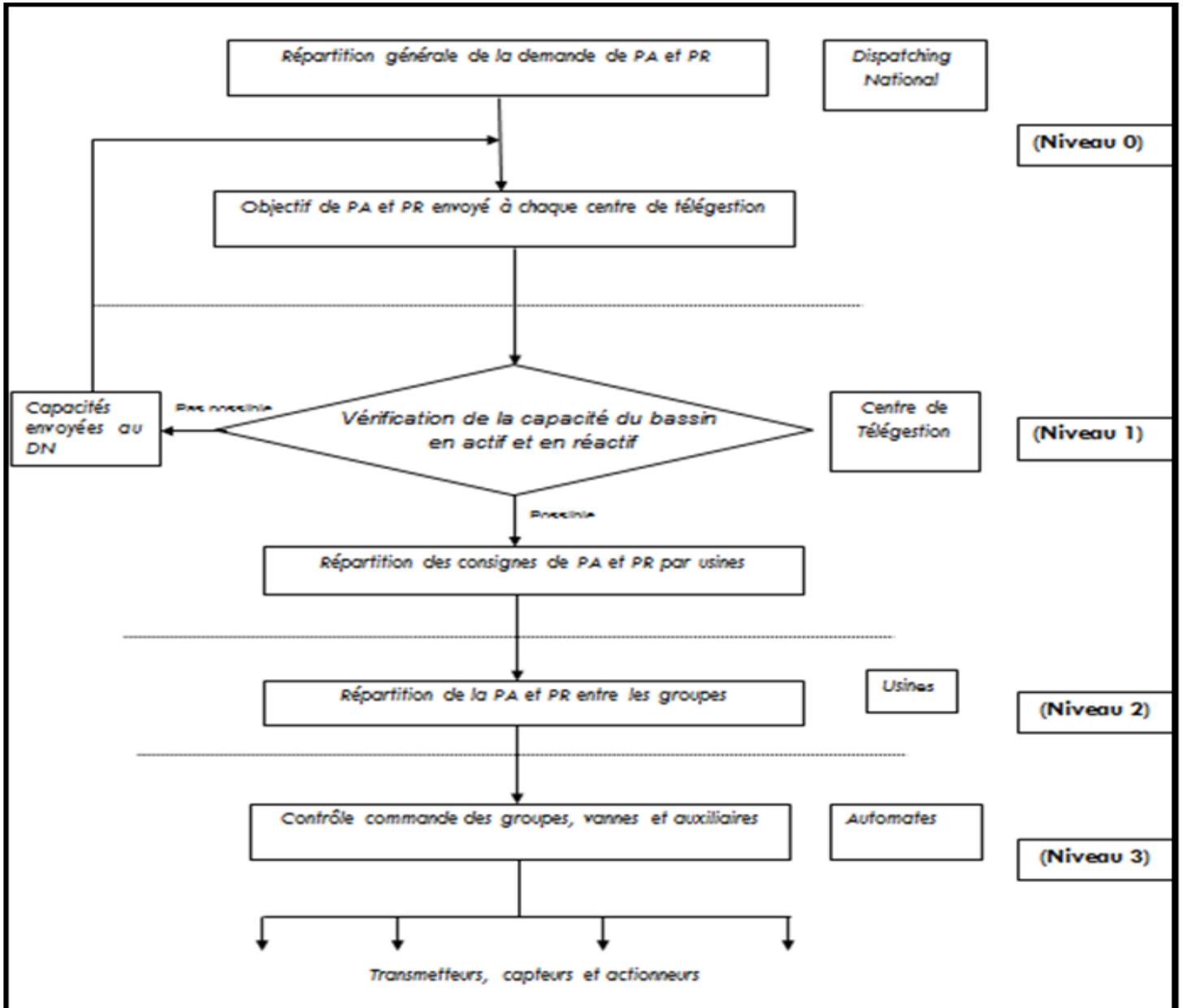


FIGURE 13 : L'ORGANIGRAMME DE CONDUITE À DISTANCE DES AMÉNAGEMENTS

Les programmes journaliers constituent les objectifs de puissance à réaliser pour une usine. Ils sont définis pour une journée entière.

La programmation est réalisée par le Dispatching National qui prévoit la production globale que doivent réaliser les usines hydrauliques de l'ONEE-BE pour satisfaire à une partie de la consommation. Le Dispatching National envoie la veille pour le lendemain le Programme Journalier (J+1) prévisionnel sous forme de chroniques de puissance à réaliser à la centrale. Ce programme est validé par l'opérateur puis transmis à la centrale et exécuté à partir de minuit devenant ainsi le Programme Journalier en cours (J).

A tout moment le programme en cours d'exécution peut être interrompu par une Action Immédiate (consigne à prendre en compte immédiatement) qui se substitue à la valeur en cours du programme. La conduite est dite alors « en action immédiate » jusqu'à ce que l'opérateur décrète la fin de la consigne.

La conduite à distance étant aujourd'hui assurée en Action Immédiate groupe par groupe par le Dispatching National, ce mode sera privilégié comme étant le mode nominal de conduite une fois la télégestion mise en place.

3. Philosophie de surveillance à distance du fonctionnement des aménagements :

La philosophie de surveillance à distance du fonctionnement des aménagements retenue est la suivante :

- la centrale est le lieu où toutes les informations de procédé sont consignées, stockées et archivées,
- la connaissance du fonctionnement des aménagements est graduelle :
 - **en nominal:** remontée d'informations du procédé en temps réel non contraint permettant de surveiller de façon macroscopique la « santé » des aménagements et leur bon fonctionnement,
 - **sur action Opérateur:** possibilité de faire un point à un moment donné sur le fonctionnement détaillé des aménagements et donc d'avoir la même représentation du site au CTG et à la centrale,
- la récupération des séquences d'événements est déterminée par l'opérateur (temps et liste d'informations) et s'applique sur les données du procédé et des systèmes de surveillance associés (système anti-intrusion, dispositif incendie, caméra de vidéo-surveillance,....)

VI. Description fonctionnelle de la télégestion

1. 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 quelquefois) » des installations.
- « Petites usines télésurveillées ».

Pour chacun des trois premiers types une architecture particulière est à mettre en place pour la « télégestion ».

Pour les Petites usines télésurveillées (pour mémoire, ces centrales seront rénovées par l'ONEE-BE), une interface d'échange spécifique est à prévoir, et à gérer.

Le doublement des équipements de télégestion des usines n'est envisageable que pour celles dont la puissance installée est supérieure à 80 MW (soit 7 usines), et ce, quel que soit le type auquel l'usine appartient.

Les usines appartenant aux trois premiers types ont au moins une liaison permanente vers leur CTG.

Les usines appartenant au trois premiers types et dont la puissance installée est supérieure à 20 MW ont deux liaisons permanentes vers leur CTG.

Les « Petites usines télésurveillées » sont en général connectées à leur CTG par une liaison non permanente.

Quelle que 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.

2. Critères de conception du système

a. Evolutivité 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 systèmes de communication standard afin d'assurer des échanges vers d'autres systèmes de contrôle commande ou des équipements de surveillance.

Le système de télégestion est ouvert vers Internet afin de suivre le développement des nouveaux outils de management tel que les services Web. Cette ouverture doit prendre en compte un niveau de sécurité suffisant pour éviter les intrusions sur le système de télégestion.

Le système de télégestion doit être facile d'installation. L'installation d'une nouvelle version sur site s'effectue en perturbant le moins de temps possible l'exploitation. La perturbation de l'exploitation pour l'installation d'une nouvelle version de données ou une nouvelle version de logiciel ne dépasse pas 15 minutes.

Le logiciel 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

La durée de vie du système de télégestion est à minima de 15 ans.

De plus, le système de télégestion doit tenir les objectifs de disponibilité imposés par l'ONEE-BE.

L'indisponibilité concerne la perte d'une fonction (depuis le système d'acquisition jusqu'à la restitution du traitement).

La durée cumulée d'indisponibilité de la téléconduite et de la télésurveillance de toutes les usines au CTG ne doit pas excéder 12 heures/an.

La durée maximale d'une indisponibilité de la téléconduite et de la télésurveillance de toutes les usines au CTG ne doit pas excéder 4 heures.

Le nombre d'indisponibilités du système de télégestion d'une usine en mode doublé ne doit pas excéder une par an.

Le système de télégestion est doté d'outils d'ingénierie intégrés et homogènes afin de garantir une cohérence complète des données de chaque installation (usines et centre de télégestion).

En outre, une redondance intégrée (décidée en fonction des enjeux) à tous les niveaux de la configuration est réalisée afin d'assurer les conditions d'exploitation et de sécurité requises pour une télégestion globale.

Le système de 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 ;
- Chien de garde de surveillance du fonctionnement ;
- Contrôle des interactions entre les différents sous-systèmes ;
- Protection contre la saturation des ressources du système et le débordement de files d'attentes.

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 ne perturbe pas le démarrage et le bon fonctionnement du reste du système sinon le système est mis en sécurité.

La réception d'un message non attendu ne perturbe pas le fonctionnement du système sauf cas incontournable à préciser au cours de la phase de spécification.

Aucun message faux de signalisation ou de télécommande ne peut être transmis notamment à l'occasion de situations anormales (défaillance de composant, exécution de programme de test ou action de maintenance).

c. Architecture

Le système de télégestion est fonctionnellement et géographiquement distribué au niveau de chaque sous-système (par exemple au niveau du système de contrôle commande ou encore des unités de contrôle) afin d'atténuer les risques dus à une défaillance majeure ou d'une panne d'un sous-système.

Le système de télégestion du Contractant assure l'interopérabilité entre les différents équipements dont il est composé (du niveau 1 au niveau 3).

d. Ergonomie générale

Le système de télégestion est simple et ergonomique d'utilisation pour l'opérateur, simple à entretenir et est à même de fournir des résultats et des statistiques de production aux équipes dirigeantes.

L'accès aux informations doit se faire rapidement et facilement. Sur simple appel de l'opérateur, toute image du poste opérateur est entièrement affichée en moins de 2 secondes quel que soit l'état initial de l'imagerie.

Une opération d'envoi d'ordres ou de consignes, quel que soit l'état initial de l'imagerie, n'excède pas 6 secondes (du début de l'opération sur le poste opérateur à l'émission de la consigne par l'interface de communication).

Les informations affichées sont rafraîchies avec un retard n'excédant pas 2 secondes par rapport au dernier changement d'état (temps mesuré entre l'interface de communication et l'imagerie du poste opérateur).

L'interface homme machine avancée des stations de travail est basé sur des menus déroulant et un système de multifenêtrages fournissant ainsi des opérations simples et

ergonomiques à l'opérateur. Toutes les fonctions sont accessibles depuis la souris équipée de 3 boutons et l'écran haute résolution.

Afin de faciliter l'accès aux informations, un mur d'image est installé au centre de télégestion.

Le mur d'images peut être basé sur plusieurs micro-miroirs numériques à projecteurs arrière et un processeur d'image numérique.

Chaque écran a une taille minimum de 50" (1m * 0.75) et une résolution de 800 x 600. La luminosité est maximum sur toute la surface de l'écran et a une valeur minimum ou égale à 6750 ANSI lumens (33 750 lumens CRT).

Le mur d'image est au minimum équipé de 4 écrans.

Le mur d'images est conçu pour fonctionner 24 heures/jour et 365 jours/an et le temps moyen entre deux défauts est de 100 000 heures en exploitation.

e. Respect des standards

Le système de télégestion se conforme aux derniers standards internationaux en termes de conception de logiciel, de communication, de conception des équipements, de contraintes électriques et mécaniques.

Le système de télégestion est essentiellement basé sur du matériel et des logiciels standard.

f. Dimensionnement

Les valeurs suivantes sont celles demandées par l'ONE. Le système de télégestion implanté au CTG a minima les capacités suivantes :

Nombre d'écrans par configuration simple de CTG	:	4
Nombre de vues :		2000
Variables multi-états externes :		2500
Variables logiques externes/internes :		20000 / 2000
Variables analogiques externes/internes :		4000 / 2000
Ordres externes/internes :		2000 / 1000
Consignes externes/internes :		1500 / 400.

Le système de télégestion, implanté dans les usines télégérées, a à minima les capacités suivantes :

Nombre d'écrans par configuration simple :		2
Nombre de vues :		100
Variables multi-états externes :		800
Variables logiques externes/internes :		2000 / 400
Variables analogiques externes/internes :		1000 / 500
Ordres externes/internes :		1200 / 200
Consignes externes/internes :		300 / 100

3. Critères de sécurité

Le système ne possède pas a priori d'outils de télémaintenance permettant d'agir sur la configuration en exploitation autre que les fonctions d'administration du système décrites.

a. Redondance matérielle

Lorsque l'enjeu le nécessite, les équipements sont redondants à tous les niveaux de l'architecture (notamment les systèmes de communication entre niveaux ou à l'intérieur d'un même niveau).

Concernant le niveau 3, seules certaines usines sont concernées.

Les unités de contrôle principales sont également redondantes. Dans certain cas particuliers, les unités de contrôle peuvent être en simple configuration.

La défaillance d'un des matériels redondants n'arrête pas la fonction. Une information est cependant générée afin de prévenir de la fragilité du système.

Les matériels redondants peuvent être isolés l'un de l'autre pour réparer un dysfonctionnement, mettre à jour un équipement. Lors de la remise en service de la fonction de redondance, une information est générée afin de prévenir du retour à la normale.

La redondance matérielle est exigée pour toutes les usines dont la puissance installée est supérieure à 80 MW.

b. Redondance logicielle et basculement des systèmes

Le logiciel procédé hydraulique situé dans les stations opérateur/serveur de chaque niveau (CTG et usine) peut être redondant. Chacune de ses composantes est hébergée sur des équipements physiques différents.

Un mode de fonctionnement opérationnel/secours est implémenté afin de savoir quel est le logiciel actif à un moment donné. Le basculement des modes opérationnel et secours peut être provoqué par un opérateur.

Le logiciel secours peut passer en mode test (et « retiré » de la redondance) pour des besoins de mises à jour de logiciels ou de base de données. Une information est générée à chaque modification de statut des composantes logicielles et pour notifier d'un basculement.

c. Retour aux conditions nominales

Les valeurs suivantes sont celles demandées par l'ONEE-BE. La durée d'un basculement opérationnel/secours d'une des composantes du système de télégestion est inférieure à 5 minutes.

La durée de redémarrage d'une des composantes du système de télégestion est inférieure à 5 minutes.

Le temps de démarrage du système de télégestion du CTG (avec réinitialisation complète de l'application) est inférieur à 10 minutes.

Le temps de démarrage du système de télégestion de l'usine (avec réinitialisation complète de l'application) est inférieur à 5 minutes.

V. Architectures techniques

1. Architecture générale

L'architecture générale retenue est la suivante :

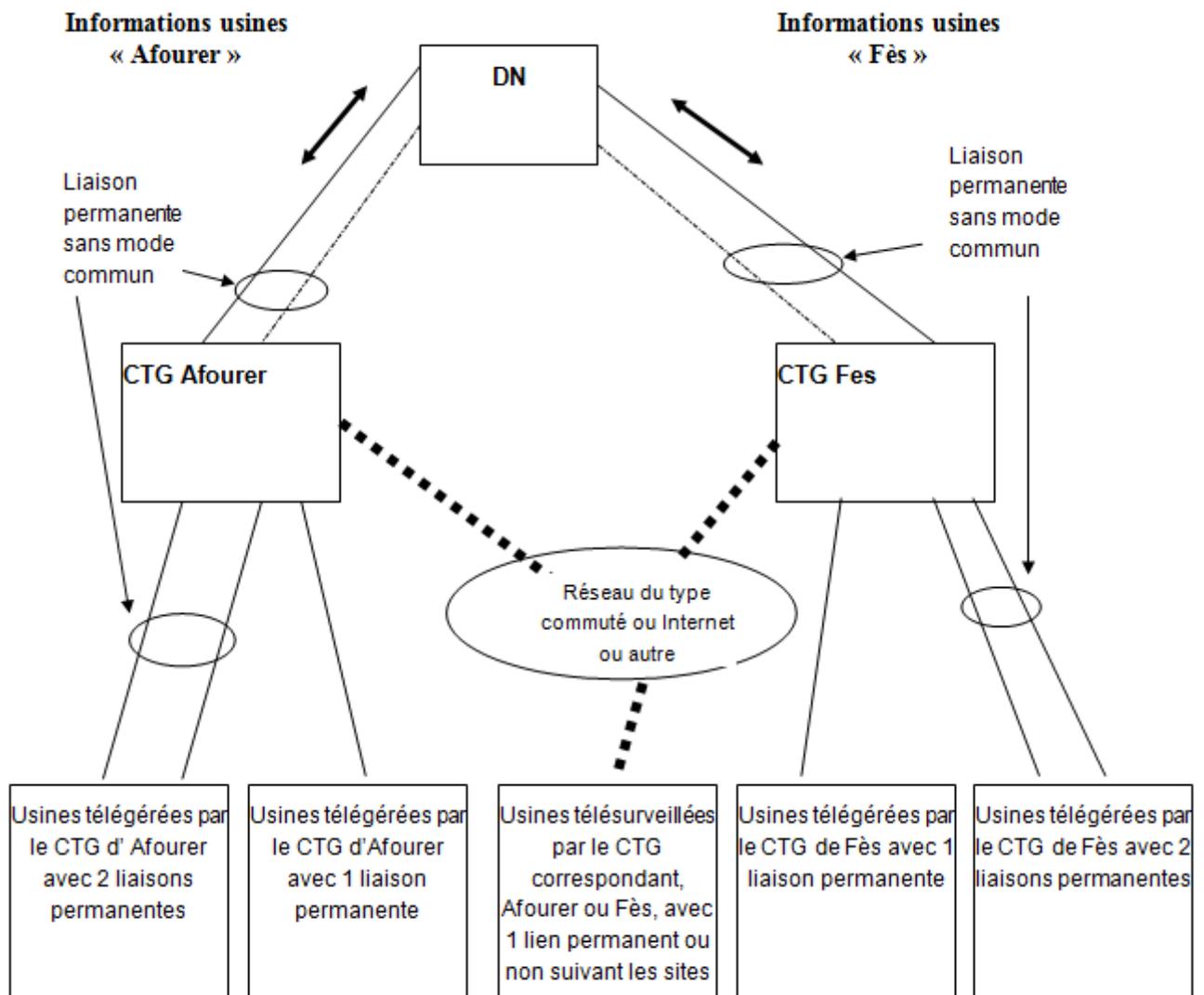


FIGURE 14: LIAISON CTG – DN OPTIONNELLE

2. Architecture du Centre de télégestion

a. Description du réseau local du CTG

La transmission des données entre les stations de communication et les stations de travail est assurée par un protocole standard de type Ethernet ISO 8802.3 pour les réseaux locaux.

L'acheminement des données doit être réalisé dans un temps maximal de 300 ms en mode nominal.

Le réseau est conçu pour correspondre avec une structure redondante sur un support fibre-optique. En basculant sur l'autre liaison fibre optique l'exploitation continue sans aucune perte de données. L'alimentation est aussi redondante.

Un contact de signalisation permet de prévenir le système de supervision d'un défaut. Celui-ci est activé dès qu'un événement apparaît, comme un défaut d'alimentation, un des ports optiques est en défaut, De plus des LEDs indiquent les collisions, l'état des liaisons, l'état de l'alimentation et la réception/émission de données afin de simplifier la maintenance sur site.

b. Schéma Centre de télégestion

Le système au CTG est doublé pour tous les éléments et équipements qui le composent. En exploitation, 2 configurations cohabitent. L'une est active et permet la télégestion. L'autre est passive et peut être en mode secours prête à reprendre la télégestion en cas d'aléa ou de basculement volontaire de la configuration active, ou en test et déconnectée par l'opérateur du système actif.

Ces deux systèmes sont alimentés de façon indépendante (énergie, voire télécom) et sécurisés individuellement afin de prévenir un dommage apparu sur l'un d'entre eux.

Le schéma qui suit est donné à titre indicatif et doit être complété par le Contractant puis validé par l'ONEE-BE.

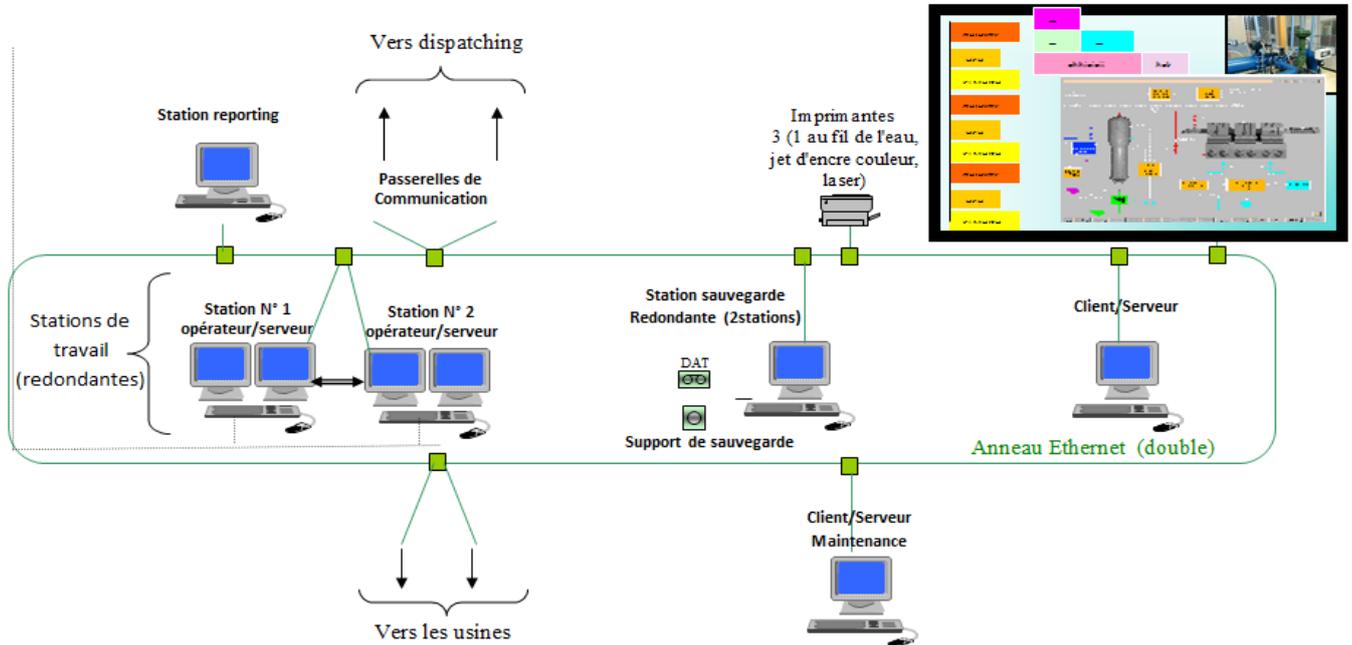


FIGURE 15: SCHÉMA CENTRE DE TÉLÉGESTION

Ci-dessous la liste non limitative du matériel principal composant l'architecture de chaque centre de télégestion :

- 7 x Serveurs dont :
 - 2 x SDM (principal et d'appui)
 - 2 x RTC (principal et d'appui)
 - 2 x IFS (principal et d'appui)
 - 1 x GWA (passerelle)
- 6 x Stations de travail (IU : Interface de l'utilisateur) :
 - 2 x Stations de travail d'opérateur (IU1, 2)
 - 2 x Stations de travail d'administrateur (IU3, 4)
 - 1 x Station de travail d'opérateur distant (IU6)
 - 1 x Station de travail d'ingénieur (IU5)
- 1 x Stations de Stockage redondante
 - 1 x Raid (données historiques)
- 1 x Ordinateurs portable
 - 1 x Station de travail distante (LP1)
- 2 x Serveurs de terminaux
 - 2 x Serveurs de terminaux (ST1, 2) avec 2 x 32 canaux
- 3 x Imprimantes
 - 2 x Imprimantes matricielles à aiguilles
 - 1 x Imprimante laser
- 4 x Dispositifs LAN :
 - 2 x Routeurs

- 2 x Switch
- 6 x Autres équipements
 - 1 x mur d'image
 - 2 x Armoires + 1 Réserve
 - 2 x ASI (ASI1, 2)
 - 1 x GPS

3. Liaison CTG _ dispatching réseau

La communication temps réel est assurée au travers de la passerelle de communication implémentée sur la station de communication « dispatching ».

La transmission des données temps réel entre ces deux niveaux est assurée par le protocole ICCP. Cette liaison est permanente et redondante.

La liste exhaustive des données temps réel à transmettre avec le CTG n'a pas été établie de façon définitive.

Cependant on peut raisonnablement penser que la liste des informations sera relativement courte et qu'elle comportera à minima :

- Les informations de puissance active et réactive des groupes ;
- L'information de couplage du groupe au réseau ;
- L'information groupe en défaut, ou indisponible.
- Le niveau des retenues

Le DN, lorsqu'il peut conduire, aura la possibilité d'envoyer :

- Les télécommandes de démarrage et d'arrêt des groupes ;
- Les consignes d'affectation de puissance active, voire et réactive.

Les mécanismes de transfert de données :

- périodiques,
- d'événement,
- d'exception,

Seront utilisés pour transmettre commande, consigne, signalisations et mesures.

De plus, le CTG pourra transmettre, hors temps réel et selon une technique simple qui reste à définir (transfert de fichiers, ...) le bilan énergétique journalier des groupes et auxiliaires et d'une manière générale des éléments du bilan journalier de l'usine.

4. La liaison usine – CTG

La liaison entre usine et CTG est établie :

- Sur demande de l'usine lors de la présence d'une alarme ;
- Sur demande du CTG lors d'une demande de connexion volontaire du Personnel de quart ou selon un cycle paramétrable ;
- Sur envoi d'une Télécommande par le Personnel de quart.

5. Architecture des usines

Pour toutes les centrales, sauf STEP d'Afourer, Al HANSALI, Ait Massoud et Zidania, le Contractant est tenu de fournir et installer l'ensemble des équipements et systèmes sous cités.

Pour les centrales STEP d'Afourer, Al HANSALI, Ait Massoud et Zidania, seuls des fournitures et travaux d'interfaçage sont exigés.

L'architecture à mettre en œuvre au niveau des usines est composée de la liste non limitative suivante:

- Deux stations de Conduite et de supervision avec des fonctions SCADA (stations de travail dotées des graveurs DVD)
- Deux serveurs de base de données de grande capacité
- Un dispositif de stockage massif à haute densité
- Une station d'ingénierie
- Une station de reporting
- Des routeurs, switch, passerelles
- Deux imprimantes (matricielle et laser)
- Un automate redondant par groupe pour les usines dont la puissance installée est inférieure à 90MW. Pour les usines dont la puissance est supérieure à 90MW, le doublement des équipements y compris les automates est exigé.
- Un automate redondant pour des auxiliaires de la centrale dont la puissance installée est inférieure à 90MW. Pour les usines dont la puissance est supérieure à 90MW, le doublement des équipements y compris les automates est exigé
- Deux automates doublés et redondants de l'usine
- Station IHM local
- Un GPS de synchronisation temporelle
- Un réseau de terrain redondant
- Un réseau de données supérieur d'interconnexion des systèmes de communication, des stations de supervision, des serveurs, de l'horloge GPS de synchronisation temporelle, des routeurs, des composants tirés en anneau redondant
- Des armoires
- Tous les accessoires nécessaires (câbles, hubs, connecteurs,...)
- etc.

a. La supervision du système de contrôle

□ La fonction SCADA " Supervisory Control And Data Acquisition "

La fonction SCADA permet la commande et la surveillance de toutes les installations de la centrale et unités annexes à partir de la salle de commande.

A cet effet, la Station de Conduite de l'usine disposera en permanence de l'information transmise par les Automates des groupes et auxiliaires de l'usine ce qui lui permettra d'afficher et d'actualiser les images schématiques dans les deux vidéo moniteurs, avec l'information de l'état et de défaut des équipements surveillés et les mesures des grandeurs les plus représentatives de conduite et d'exploitation. Il sera encore possible à la Station de conduite de mémoriser les informations, réaliser des calculs suivant les algorithmes pré installés, et de promouvoir, dans une imprimante, périodiquement ou à la demande, l'enregistrement sur papier des rapports d'exploitation.

Par ailleurs, la Station de Conduite transmettra vers les automates les ordres de commande émis par l'opérateur présent dans la salle de commande, à travers les images des vidéos moniteurs.

Il sera, donc, possible à l'opérateur de démarrer ou d'arrêter les groupes, fixer les consignes de conduite des groupes (puissance et tension), commander l'appareillage des postes HT et MT commander les manœuvres de la vanne de tête et, encore, surveiller l'état et le fonctionnement des équipements principaux et auxiliaires.

Les défauts provenant sur les équipements de l'usine seront affichés sur des images vidéo, en texte claire; en simultanée, la SC émettra une signalisation acoustique alertant l'opérateur pour l'occurrence.

□ Les objectifs réalisés par SCADA

Pour réaliser la fonction SCADA, la Station de conduite devra remplir les fonctionnalités essentielles suivantes:

- Commande et supervision de toute l'usine.
- Affichage des informations du processus en images, incluant les informations d'événements.
- Datation des ordres donnés depuis les postes de conduite.
- Enregistrement des valeurs de certaines grandeurs
- Surveillance des valeurs et des grandeurs principales de conduite, émettant un signal d'alarme dans le cas de dépassement, réel ou prévisible, de leurs valeurs limites.
- Réalisation de calculs.
- Réalisation de protocoles d'exploitation, périodiquement et/ou à la demande, réalisant son édition dans l'imprimante associée.

□ Les calculs faites par SCADA

La fonction SCADA de la Station de conduite réalisera des calculs, nécessaires à la conduite/exploitation de l'usine et à la surveillance du groupe, tels que:

- taux de variation du niveau amont et aval;
- débit oued;
- débit turbiné;
- volume turbiné;
- Rendement de la turbine;
- nombre de démarrage des groupes
- Nombre de couplages du groupe;
- pointe journalière du groupe;
- nombre d'heures de service et énergie produite et consommée par le groupe.
- Rendement du groupe

Ces calculs seront réalisés périodiquement et/ou à la demande, et leurs résultats seront mémorisés dans la base de données pour consultation ultérieure aux vidéos moniteurs et pour édition dans l'imprimante.

Les valeurs horaires calculées seront cumulées de façon à déterminer les valeurs journalières, hebdomadaires, mensuelles et annuelles.

La fonction SCADA devra encore calculer les valeurs moyennes de certaines grandeurs et détecter le dépassement de leurs valeurs limites.

□ Traitement des informations de défaut

Dans toutes les vues, un message d'alarme identifiera le dernier défaut survenant dans les installations. Pour consulter la liste des défauts plus récents, il sera nécessaire, cependant, de consulter les images de défaut.

L'affichage des messages d'alarme devra être accompli par un de deux signaux acoustiques, de basse puissance sonore, un pour la signalisation d'alarmes et l'autre pour la signalisation de déclenchements ou situations de danger, tous les deux avec temporisation d'émission.

b. L'automatisation du groupe

L'automatisme de chaque groupe est équipé d'un automate de la gamme SIMATIC S7-400 de SIEMENS redondant et doublé pour les usines dont la puissance installée dépasse 80 MW doté d'un IHM numérique associé qui sont installés dans une armoire individuelle qui satisfait les exigences des normes CEI 529. L'automate S7-400 doit satisfaire largement les exigences de fiabilité et de sécurité relatives à un système d'automatisation des installations d'une centrale hydroélectrique (groupe, auxiliaires). La compatibilité électromagnétique de tous les appareils électroniques faisant partie du système constitue un critère essentiel dans ce contexte.

Chaque automate exécute les fonctions suivantes :

- Acquisition de données et traitement de la logique et des entrées analogiques de la turbine, du générateur, du transformateur de puissance et de ces propres auxiliaires.
- Gestion de l'interface homme-machine locale (IHM), montée sur la porte avant de l'armoire de l'automate, permettant les fonctions suivantes :
 - les vues synoptiques avec fonctions de supervision et de commande (indépendantes du niveau de la salle de commande).
 - suivi de séquences d'automatisme.
 - supervision et surveillance d'alarme.
- Gestion des séquences d'automatisme du groupe en mode automatique et en mode pas à pas (arrêt / démarrage).
- Gestion de la synchronisation automatique et manuelle du groupe.
- Gestion des interfaces et communication avec le système de protection numérique du générateur et du transformateur, le système de régulation de vitesse et de tension, la supervision via les serveurs.

L'automate accomplira l'exécution automatique des séquences de démarrage/arrêt des groupes, y compris l'exécution de fonctions d'automatisme secondaires, ceux-ci pour certaines tâches partielles dont le contrôle est nécessaire pendant une partie ou toute la durée des séquences ou de la marche des groupes.

L'automate devra permettre les modes de démarrage suivants :

- démarrage automatique.
- démarrage en télécommande depuis CTG.
- démarrage en télécommande depuis DN.
- démarrage par programmeur.
- démarrage pas à pas.

Pour la commande des groupes par des manœuvres séparées, la marche pas à pas pourra être sélectionnée. Dans ce cas, les séquences de démarrage/arrêt des groupes seront réalisées par l'automate au fur et à mesure que l'opérateur donne les ordres de progression de pas du programme.

Les couplages des groupes au réseau seront normalement réalisés par les synchrocoupleurs automatiques, installés sur le panneau de la salle de commande. Un ensemble d'indicateurs de mesure, aussi installé, permettra de visualiser les conditions de synchronisme pour arriver aux couplages manuels des groupes.

Après couplage au réseau, les groupes seront contrôlés par leurs régulateurs de vitesse/puissance active et de tension/puissance réactive et seront soumis aux consignes de conduite imposées par l'extérieur.

La sécurité du bloc groupe-transformateur est assurée par des protections électriques, mécaniques et d'incendie. Les protections électriques sont assurées par des relais statiques ; les défauts mécaniques sont détectés par des dispositifs intégrés dans les machines même ou par l'équipement de surveillance du groupe ; Les protections incendies de l'alternateur et du transformateur promouvront d'une façon autonome. Les actions d'extinction, signalisant le défaut pour l'installation de contrôle - commande du groupe.

Le logiciel système, doit être enregistré en mémoire EPROM ou EEPROM sera dans un langage de haut niveau, conforme aux normes et avec des outils de diagnostic de pannes. Les programmes d'application, enregistré en mémoire EEPROM ou Flash PROM OU RAM, seront du type "user-friendly", de préférence du type des logiciels Microsoft Office.

Pour la programmation des séquences de démarrage/arrêt du groupe, les états stables énoncés ci-dessous seront considérés

- groupe bloqué.
- groupe arrêté, hors conditions de marche.
- groupe arrêté, prêt à démarrer.
- groupe en marche à vide, non excité.
- groupe en marche à vide, excité.
- groupe couplé, avec charge minimale.
- groupe couplé, avec charge de base.

L'ensemble des actions à entreprendre par le programme d'application c'est de faire passer le groupe d'un état stable à un autre. Il faut prévoir les sous programmes suivants :

- Surveillance des conditions préliminaires de démarrage.
- Démarrage jusqu'à marche à vide, excité.
- Démarrage, synchronisation et prise de charge minimale.
- Démarrage, synchronisation et prise de charge de base.
- Retrait du réseau, marche à vide, excité.
- Arrêt normal.
- Arrêt rapide.
- Arrêt d'urgence.

Chaque sous-programme comprendra un certain nombre de pas ; sur chaque pas, l'automate exécutera des opérations de surveillance des entrées, de commande et de contrôle de l'accomplissement des ordres. Le passage d'un pas au suivant arrivera après la confirmation des conditions nécessaires, à laquelle deux intervalles de temps seront associés : temps de tolérance de contrôle et temps minimum de progression.

Les programmes ci-dessus seront réalisés sous forme de tableaux (en logiciel Microsoft Excel, par exemple).

c. L'automatisation des Auxiliaires

Cet automatisme est assuré par un automate de la gamme SIMATIC S7-400 de SIEMENS redondant, Chaque automate exécute les fonctions suivantes :

- Acquisition de données et traitement de la logique et des entrées analogiques des auxiliaires de la centrale (barrage, prise usinières, vanne de tête, bassins de mise en charge et compensateur, auxiliaires alternatif et continu, poste d'évacuation d'énergie, tranche générale,...).
- Gestion des interfaces et communication avec les automates des ouvrages annexes de la centrale (ouvrages d'amenée, bassins, prise d'eau,...).

VI. La nouvelle vision de l'usine Allal Al Fassi

La centrale est alimentée par le barrage de Aït Youb équipé d'une prise d'eau qui règle le débit de la galerie (15 km ; non en charge) qui aboutit dans un bassin de mise en charge équipé d'une prise d'eau usinière à vanne wagon ; l'eau est ensuite acheminée à la centrale par une conduite d'amenée suivie d'une cheminée d'équilibre, d'une vanne de tête et d'une conduite forcée.

1. La réhabilitation du centrale Allal Al Fassi

a. Barrage Ait Youb

Une seule mesure suffit, mais l'actuelle est défailante.

- Remplacer tout le système existant (cf. Travaux génériques) jusqu'au bornier du dispositif de transmission de la mesure, en procédant aux adaptations éventuelles sur les équipements connexes de télétransmission).
- Mettre en œuvre 2 systèmes de mesure de niveau indépendants (emplacement et dispositif de mesure du niveau, capteurs de mesure, alimentation, acheminement aux divers utilisateurs) dotés de la totalité des accessoires (dispositifs de suspension, tube de protection, câbles, boîtes 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 2 mesures est comparé (par les automatismes de la centrale) à un seuil pour signalisation (alarme).
- Instrumenter la mesure des pertes de charge aux grilles par des capteurs de niveau piézoélectriques de chaque côté des grilles qui ont une précision minimale de 0.25 %, IP68 et un signal de sortie 4.20 mA dotés de la totalité des accessoires (dispositif de suspension, tube de protection, câbles, boîtes de dérivation, boîtes de capteurs, afficheurs, convertisseurs,.....).
- le dégrilleur existant (reconduit dans sa mission) est à rendre autonome et à piloter automatiquement en fonction des pertes de charges aux grilles
- Rendre totalement automatique et autonome cette fonction de dégrillage avec l'évacuation des déchets de dégrillage
- L'opérateur au CTG peut prendre la main à distance (Télécommande, télésignalisations) en procédant à la mise en/hors service du dégrilleur puis au lancement ou à l'arrêt de cycles de dégrillage.

b. Prise d'eau usinière au barrage

Sécuriser et rendre autonome la prise d'eau.

- L'alimentation électrique dépend d'une seule source (externe)
- fiabiliser l'alimentation par l'ajout à demeure d'un groupe électrogène de secours, d'un système de gestion automatique de permutation des sources, et des télésignalisations pour la Télégestion.
- La commande du dégrilleur de la prise d'eau est manuelle, et locale :
- rendre totalement automatique et autonome cette fonction dégrillage avec l'évacuation des déchets (Travaux génériques).
- La liaison hertzienne avec la centrale est souvent défailante.
- Fiabiliser le système de transmission (a priori par radio) par une nouvelle liaison hertzienne numérique redondante, et adapter les équipements connexes pour la gestion des données redondantes échangées via les 2 liaisons. Le Contractant fournit, installe, raccorde et met en service en plus des équipements suscités, les alimentations nécessaires (panneaux solaires, batteries, chargeur, régulateurs,) et tous les équipements et accessoires nécessaires (antennes, mats, supports, câbles, châssis, coffrets, armoires...) pour assurer la transmission données entre les 2 sites.
- Sécuriser les locaux (pour exemple et mémoire) :
- Doter le bâtiment du système de détection incendie avec renvoi d'alarme à la centrale et au CTG ;
- Doter la porte d'entrée du système d'accès et d'intrusion avec renvoi d'alarme à la centrale au CTG.
- Sécuriser la galerie
- Doter la vanne de réglage d'un système électromécanique de limitation d'ouverture automatique dépendant de la cote de la retenue, afin de contenir le débit entonné dans la galerie à la valeur maximale spécifiée de 38 m³/s ;
- Rendre la manœuvre possible de cette vanne depuis le CTG (prévoir les choix de commande hiérarchisés : local, entretien, distant CTG) ;
- Fiabiliser la mesure de la cote du bassin de tranquillisation (pour le calcul du débit) par l'amélioration du système de communication de l'eau entre le bassin et le puits de mesure juxtaposé au bassin ; le conduit se bouche fréquemment.

c. Bassin de mise en charge

Le canal du déversoir (Oued Flej) ne peut écouler que 5 m³/s alors que la galerie en apporte 38.

Cet état de fait présente un risque majeur pour les infrastructures situées à l'aval de ce déversoir (voie ferrée et route nationale) si le niveau augmente jusqu'à franchir la cote de crête entraînant le déversement.

Aussi, il s'agit de maîtriser la cote de sûreté :

- Prévoir la détection d'un exhaussement du niveau du bassin de compensation (informations TOR doublée codées ou exclusif) à retransmettre par radio au barrage (avec pour action la fermeture de la vanne de prise d'eau du barrage de Aït Youb).

-

d. Conduite d'amenée

Le système actuel de détection survitesse est défaillant :

- Déposer le système actuel
- Mettre en place le nouveau système et l'adapter au contexte.

e. La centrale

- Le volume complémentaire est estimé à 20 entrées analogiques et 100 TOR
- Mettre en œuvre la mesure du débit turbiné, la mesure est effectuée au moyen d'un débitmètre à ultrason permettant la connexion à tous les systèmes numériques de contrôle commande. Le débitmètre comprend le transmetteur de débit, les capteurs, l'électronique de traitement, le logiciel de traitement et d'exploitation des signaux des capteurs et leur transformation en grandeur de mesure. Les capteurs fournis sont adaptés à tout diamètre et épaisseur de paroi du conduit.
- Mettre en œuvre la mesure du débit sur tous les circuits de réfrigération de chaque groupe et des conduits des eaux industrielles de la centrale pour la surveillance des dits circuits. La mesure sera affichée et transmise au SCADA usine avec des seuils d'alarme
- Mettre en œuvre la mesure de température « type PT100 » air froid entrée alternateur, air chaud enceinte alternateur, huile de graissage et de commande, métal des paliers et pivot, huile diélectrique des transformateurs principaux (avec 2 seuils) pour chaque groupe
- Protection élévation de température enceinte alternateur (2 capteurs / groupe ; 1er seuil = alarme, 2e = déclenchement) ;
- Mettre en œuvre dans l'enceinte de chaque alternateur un chauffage automatique conditionné par « la marche du groupe », et la température et l'hygrométrie dans l'enceinte ;
- Automatiser le remplissage en carburant de la nourrisse depuis la citerne avec toutes les sécurités nécessaires (ex. : arrêt, verrouillage du remplissage sur seuil bas citerne, niveau haut nourrice) ; disposer d'un compteur volumétrique et des seuils de niveau bas, haut pour la signalisation.
- Mettre en œuvre un système de détection inondation usine par le biais de capteurs de niveau, de type bouée sans mercure pouvant entrer en contact avec l'eau, se capteur doit être protégé par une boîte et installé dans l'étage des pompes puisards, sa fonction sera indépendante des capteurs des différents niveaux du puits drainage et fournira des informations sur la situation de l'étage.
- Fournir et installer les enregistreurs numériques multivoies sans papier pour notamment assurer la traçabilité de secours informations sur perte totale de la supervision, à installer après accord de L'ONEEP.
- Fournir et installer un « Système de comptage d'énergie (produite et consommée) » des groupes principaux, diesel, et auxiliaires 22 KV (huit (8) Compteurs)

- Pour chaque groupe, fournir, installer et automatiser le soulèvement du rotor qui se fait manuellement lors des arrêts prolongés du groupe. La fourniture comprend la pompe dimensionnée pour assurer le soulèvement de la partie tournante de la machine dotée de l'ensemble des accessoires (tuyauterie en inox, cuve d'huile, électrovannes, câblage, instrumentation,...) nécessaires pour assurer correctement sa fonction.
- Mettre en œuvre la mesure des valeurs électriques poste, groupes de production et auxiliaires.
- Mettre en œuvre la surveillance des seuils (4 seuils) niveau des puits de drainage et exhaure, niveau dans les réservoirs d'eau industriel (réfrigération, incendie,...), niveau d'huile dans les accumulateurs, niveau d'huile dans le bac d'huile de graissage, de commande et dans les transformateurs des groupes
- 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
 - Tous les équipements d'eau industrielle
 - Les déversoirs, drainages, joints turbine
 - Les sources auxiliaires de sécurité : groupe diesel, commutation
- Mettre en œuvre la pesée continue du poids de chaque bouteille CO2 destinée à la protection incendie de l'alternateur avec signalisation au système SCADA
- Remplacer les systèmes de contrôle commande existants par la mise en œuvre de nouveaux prendre en totalité le système contrôle commande de l'usine par un système numérique, assurant notamment, les fonctions suivantes (voir volet télégestion) .
- Contrôle commande des installations de l'usine et ses annexes.
- Mettre en œuvre une 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 », avec pour actions :
 - la mise en service automatique d'un « groupe motopompe diesel » (à fournir),
 - la confirmation des actions de sécurité telle la « fermeture vannes de tête »,
 - l'envoi d'une alarme spécifique au CTG.
- Ce groupe motopompe a une autonomie de 4 heures.
- 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 de la nourrisse de carburant.
- Il est à dimensionner de façon à juguler la montée des eaux et ramener progressivement le niveau vers la normale dans l'hypothèse que les pompes normales n'ont pas fonctionné faute d'énergie (par exemple) et que le débit d'eau à évacuer est celui maximal rencontré en exploitation normale (hors vidange, essais par exemple) avec une marge de 50% à minima.
- La hauteur de refoulement évolue entre 20 et 50 mètres environ suivant la centrale concernée ; le débit à prévoir en base (hors marge) est a priori de 15 litres/s, +/- 10 (à adapter en fonction de la centrale).

Synthèse

L'énergie potentielle de l'eau est une des sources d'énergie renouvelables et rentables les plus écologiques. Depuis des siècles, l'homme se sert de cette énergie.

Les systèmes d'automatisation modernes tels que l'équipement de télégestion proposé dans ce rapport permettront d'augmenter le degré d'efficacité des systèmes des installations hydroélectriques, d'exploiter au mieux les ressources existantes et de baisser les coûts de fonctionnement de l'usine.

Notre stage au sein de l'ONEE-BE a été une expérience enrichissante qui nous a permis de découvrir dans le détail le secteur de la production hydro-électrique, ses acteurs et ses contraintes, ainsi de développer une méthodologie rigoureuse et efficace pour mener à bien un projet, de plus, nous nous sommes confrontées aux difficultés réelles du monde du travail et du management d'équipe.

Notre stage nous a aussi appris que le marché de l'emploi demande des qualités, qui permettent aux employés de réussir leur carrière, tel que le rigueur, la volonté, la précision ainsi que la persévérance.

Webographie

- ⇒ <http://www.one.org.ma>
- ⇒ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Vanne>
- ⇒ <http://new.abb.com/controle-systeme>
- ⇒ <http://sulzer.com>
- ⇒ www.lacroix-sofrel.fr

Bibliographie

Documentation d'usine Allal Al Fassi :

- ⇒ Manuel d'exploitation d'usine Allal Al Fassi
- ⇒ Cahier des Spécifications Technique (CST)
- ⇒ Système de Contrôle : Manuel d'utilisateur– SCADA CCL
- ⇒ Système de Contrôle : Manuel d'utilisateur – IHM TACTILE
- ⇒ Système de Contrôle : Manuel d'utilisateur – ARMOIRES DE CONTRÔLE

