



**LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES  
Génie Electrique**

**RAPPORT DE FIN D'ETUDES**

**Intitulé :**

**Etude et la sécurisation de la  
galerie d'amenée du complexe  
Allal Al Fassi**

**Réalisé Par :**

**Naciri Soukaina  
Akel Soumaya**

**Encadré par :**

**P<sup>r</sup> GHENNIQUI Hicham (FST FES)**

**Mr QORCHI Hicham (ONEE-BE)**

**Soutenu le 17 Juin 2015 devant le jury**

**Pr H. GHENNIQUI (FST FES)**

**Pr M. LAHBABI (FST FES)**

**Pr S. ECHETOUI (FST FES)**

## Résumé

Ce sujet de stage s'inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'études au sein de l'entreprise ONEE-BE. La définition globale du projet consiste à étudier la sécurisation de la galerie d'amenée du complexe AAF à fin de garantir la continuité de la production de l'électricité dans la centrale hydroélectrique. Le travail réalisé s'est donc décomposé en deux parties successives. Une partie de recherche documentaire et une partie d'analyse et de proposition des solutions.

Nous avons commencé, dans un premier temps, par faire une recherche bibliographique et sur internet qui nous a permis de comprendre les principaux points sur le fonctionnement des équipements et les techniques utilisés dans le complexe, et après avoir analysé les informations regroupées nous avons proposé des solutions qui vont assurer l'exploitation du tunnel dans les meilleures conditions de la sécurité.

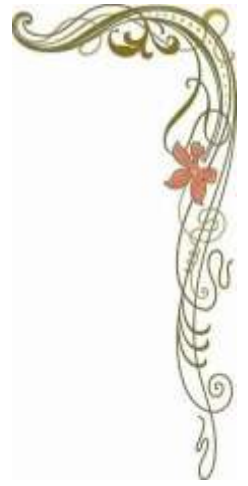
## Abstract

This topic, of course is part of our project by the end of study within the business ONEE/BE. The overall definition of the project is to study the security of the power tunnel of the AAF complex in order to guarantee the continuity of the production of electricity in the hydroelectric plant.

The work was thus divided into two successive parts. A part of literature and an analysis part and proposing solutions.

We started, initially, by doing a bibliographical research and on the internet which allowed us to understand the main things on the complex, and having to analyze information, we proposed solutions which are going to insure the exploitation of tunnel in the best conditions of security.

## Dédicace



Avant d'entamer ce rapport, nous dédions ce modeste travail :

**Aux membres de nos familles**, plus précisément à nos chers parents pour leurs soutiens et leurs encouragements moraux et financiers tout le long de nos études, pour faire de nous les femmes de demain. Ainsi que tout le reste de nos familles de près ou de loin.

**A nos amies et collègues** pour nous avoir apporté leur soutien, amitié et compréhension.

A toutes les personnes qui nous reconnaissent et nous ont aidé et contribué à la réalisation de ce travail.



## Remerciements

Louange à DIEU TOUT PUISSANT de nous avoir accordé la force d'accomplir cet humble travail.

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

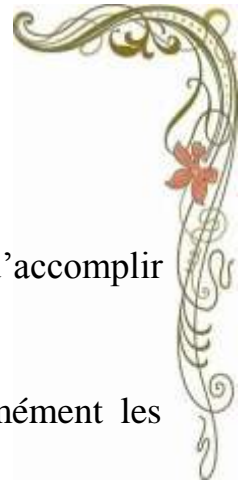
Tout d'abord nos remerciements s'adressent au corps administratif et à Monsieur **HENRIOUI** le Chef de Division d'Exploitation des Energies Renouvelables à Fès, qui nous a accordé ce stage au complexe Allal Al Fassi.

Nous orientons nos profonds respects et nos dévouements à Monsieur **ACHOUR** Chef d'Exploitation, ainsi Monsieur **QORCHI Hicham** Chef d'Usine de la centrale hydroélectrique ALLAL AL FASSI, qui nous a encadré sur le terrain et qui a mis tout son honorable expérience à notre disposition.

Nous remercions infiniment notre encadrant Monsieur **GHENRIOUI Hicham**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, pour ses précieux conseils, son soutien et son aide qu'il nous a apporté le long de notre stage.

Nous tenons tout spécialement à remercier les membres du jury qui ont accepté d'examiner notre travail.

Nos humbles gratitudee à tout le personnel de l'usine ALLAL AL FASSI, pour leurs conseils, leurs aides, qui n'ont pas cessé de nous offrir leur savoir faire et nous expliquer la chaîne de la production hydraulique et les techniques de pointe utilisées dans cette centrale.



## Table des matières

RESUME.....	2
ABSTRACT.....	2
REMERCIEMENTS.....	4
LISTE DES FIGURES.....	7
LISTE DES TABLEAUX.....	7
LISTE DES ABREVIATION.....	7
INTRODUCTION.....	8
CHAPITRE 1 :PRESENTATION DE L'OFFICE NATIONAL D'ELECTRICITE.....	9
1.1 PRESENTATION DE L'ONEE-BE.....	10
1.2 ORGANIGRAMME DE ONEE-BE.....	11
1.3 LES USINES HYDRAULIQUES.....	13
CHAPITRE 2 :PRESENTATION DES EQUIPEMENTS DU COMPLEXE ALLAL AL FASSI.....	14
2.1 SITUATION DE L'USINE ALLAL AL FASSI.....	15
2.2 DISPOSITION GENERAL DES OUVRAGES.....	15
2.3 SCHEMA DU COMPLEXE AAF.....	16
2.4 INTEGRATION DE L'USINE DANS LE RESEAU ONEE-BE.....	17
2.5 RESEAUX DE DISTRIBUTION.....	18
2.6 CONSTITUTION D'UN GROUPE 80 MVA (3GROUPE) DE L'USINE AAF.....	18
2.7 CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS DE L'USINE.....	19
2.7.1 LA VANNE DE PIED.....	19
2.7.2 LA TURBINE.....	19
2.7.3 L'ALTERNATEUR : (GENERATEUR SYNCHRONE).....	20
2.7.4 LE TRANSFORMATEUR.....	21
2.7.5 LA CHEMINEE D'EQUILIBRE.....	22
2.7.6 CONDUITES FORCEES.....	22
2.7.7 LE CONTROLE-COMMANDE.....	23
2.7.8 LE SYSTEME D'AUTOMATISATION.....	23
2.7.9 L'AUTOMATE DU GROUPE.....	24
2.7.10 L'AUTOMATE GENERAL.....	24
2.7.11 L'AUTOMATE DU POSTE 225 KV.....	24
2.7.12 L'AUTOMATE DU BARRAGE ALLAL AL FASSI.....	24
2.7.13 L'AUTOMATE DU BASSIN DE COMPENSATION.....	25
2.7.14 L'AUTOMATE MASTER VIEW 850.....	25
CHAPITRE 3 :DESCRIPTION DES OUVRAGES DE LA PRISE USINIERE.....	26
3.1 LE BARRAGE AAF.....	27
3.2 LA PRISE USINIERE.....	27
3.3 LA GALERIE D'AMENEE.....	27
3.4 EQUIPEMENT ELECTROMECHANIQUE DE LA GALERIE.....	27
3.4.1 LA VANNE DE REGLAGE.....	27
CHAPITRE 4 :SECURISATION DE L GALERIE D'AMENEE DU COMPLEXE ALLAL AL FASSI.....	34
4.1 BAREME D'OUVERTURE DE LA VANNE DE REGLAGE (RIVA CALZONI).....	35
4.1.1 FORMULE DE CALCUL DU DEBIT.....	35
4.1.2 BAREME D'OUVERTURE DE LA VANNE DE REGLAGE (RIVA CALZONI).....	36
4.2 VARIANTES DE SECURISATION DE LA GALERIE DE MATMATA.....	37
4.2.1 VARIANTE DES FINS DE COURSE MAGNETIQUES.....	37

4.2.2 INSTALLATION DES FINS DE COURSE .....	37
4.2.3 CALAGE DES FINS DE COURSE .....	39
4.2.4 EVALUATION TECHNICO-ECONOMIQUE DE LA SOLUTION .....	40
4.3 VARIANTE DU DEBITMETRE A LA SORTIE DE LA VANNE DE REGLAGE.....	40
4.3.1 DISPOSITION DE DEBITMETRE .....	42
4.3.2 EVALUATION TECHNICO-ECONOMIQUE DE LA SOLUTION .....	42
CONCLUSION .....	43
WEBOGRAPHIE .....	44
BIBLIOGRAPHIE .....	44

## Liste des figures

Figure 1. 1 : Oorganigramme de l'ONEE-BE.....	12
Figure 1.2 : Les usines hydraulique du Maroc .....	13
Figure 2.1 :Le schéma du complexe.....	16
Figure 2.2 : Les départs électriques.....	17
Figure 2.3: Turbine au premier montage.....	20
Figure 2.4: Transformateur .....	21
Figure 2.5 : Cheminée d'équilibre .....	22
Figure 2.6: L'automate générale .....	23
Figure 3.1: Schéma électrique de la vanne de réglage.....	29
Figure 3.2: Schéma de la régulation du débit.....	32
Figure 3.3: Défaillance de la liaison.....	33
Figure 4.1: Installation des fins de courses .....	37
Figure 4.2: Calage des fin de course .....	39
Figure 4.3 : Schéma électrique comportant la contacteur de débitmètre .....	40
Figure 4.4: Emplacement du débitmètre.....	42

## Liste des tableaux

Tableau 1.1:Caractéristique de la vannes de pieds.....	19
Tableau 1.2:Caractéristiques de la turbine .....	19
Tableau 1.3:Caractéristiques de l'alternateur.....	20
Tableau 1.4:Caractéristiques du transformateur .....	21
Tableau 4.1:Barème d'étalonnage de la vanne de réglage.....	37
Tableau 4.2Les valeurs cibles de la côte amont .....	37
Tableau 4.3:Evaluation économique de la solution.....	40
Tableau 4.4:Evaluation économique de la solution.....	42

## Liste des abréviations

AAF	: ALLAL AL FASSI
MP	: Master Pièce
NGM	: Niveau Géométrique par apport à la Mère
ONEE-BE	: Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau potable-Branche Electricité
PID	: Proportionnel Intégrateur Dérivateur
VDR	: Vanne De Réglage
VDG	: Vanne De garde

## Introduction

Ce rapport concerne le projet de fin d'études portant sur l'étude technique du système de la sécurisation de la galerie d'amenée du complexe Allal Al Fassi, au sein de l'Office National d'Electricité et de l'eau potable Branche Electricité-Direction de l'exploitation des énergies renouvelables.

Les objectifs majeurs du projet sont les suivants :

- exploitation sécurisante de la galerie d'amenée,
- préservation de la sécurité des riverains et des infrastructures avoisinantes,
- et continuité de la production électrique.

Le rapport s'articule autour de quatre chapitres, nous commençons tout d'abord par une présentation de l'ONEE/BE, puis nous décrivons les équipements de la centrale hydroélectrique AAF. Nous étudions le système de la régulation de débit entrant à la galerie, et à la fin nous proposons des solutions pour la sécurisation de cette dernière.



**Chapitre 1 : présentation de  
l'office national d'électricité**

### 1.1 Présentation de IONEE-BE

L'**ONEE** (Office National d'Electricité et l'Eau potable) - Branche électricité est une entreprise qui évolue en fonction des besoins et des contraintes économiques du pays. Créée par Dahir en août 1963 et a été substitué à la Société Electrique du Maroc à qui était confiée depuis 1924, la concession d'une organisation de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique. A cette date, les usines de l'énergie électrique du Maroc assuraient 90% de la production nationale.

L'**ONEE-BE** est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière et a été investi depuis sa création de l'exclusivité de la production et le transport. Il assure également la distribution de l'énergie électrique dans plusieurs provinces du royaume notamment en milieu rural. Les droits et obligations de **l'ONEE-BE** sont définis dans un cahier des charges approuvé par décret en 1974, lequel définit les conditions techniques, administratives et financières relatives à l'exploitation des ouvrages de production, transport et distribution de l'électricité.

Ainsi, la production et le transport de l'énergie électrique sur le territoire national sont assurés, depuis 1963, par l'Office National de l'Electricité (**ONE**), qui est placé sous la tutelle administrative et technique du Ministère de l'Energie et des Mines.

#### **Les principales missions de l'ONEE-BE consistent à**

- 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 gérer la demande globale de l'énergie électrique.

**Les objectifs majeurs de l'ONEE-BE sont :**

- satisfaire dans les meilleures conditions techniques et économiques la progression de la demande en énergie, sans cesse croissante,
- baisser les tarifs Moyenne tension et Haute tension pour atteindre des prix de l'énergie électrique compatibles avec les marchés concurrentiels du Maroc,
- et 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.

**1.2 Organigramme de 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 a adopté une organisation bien élaborée. Il est formé de **17** directions.

La structure organisationnelle de l'ONEE-BE est présentée dans la figure 1.1

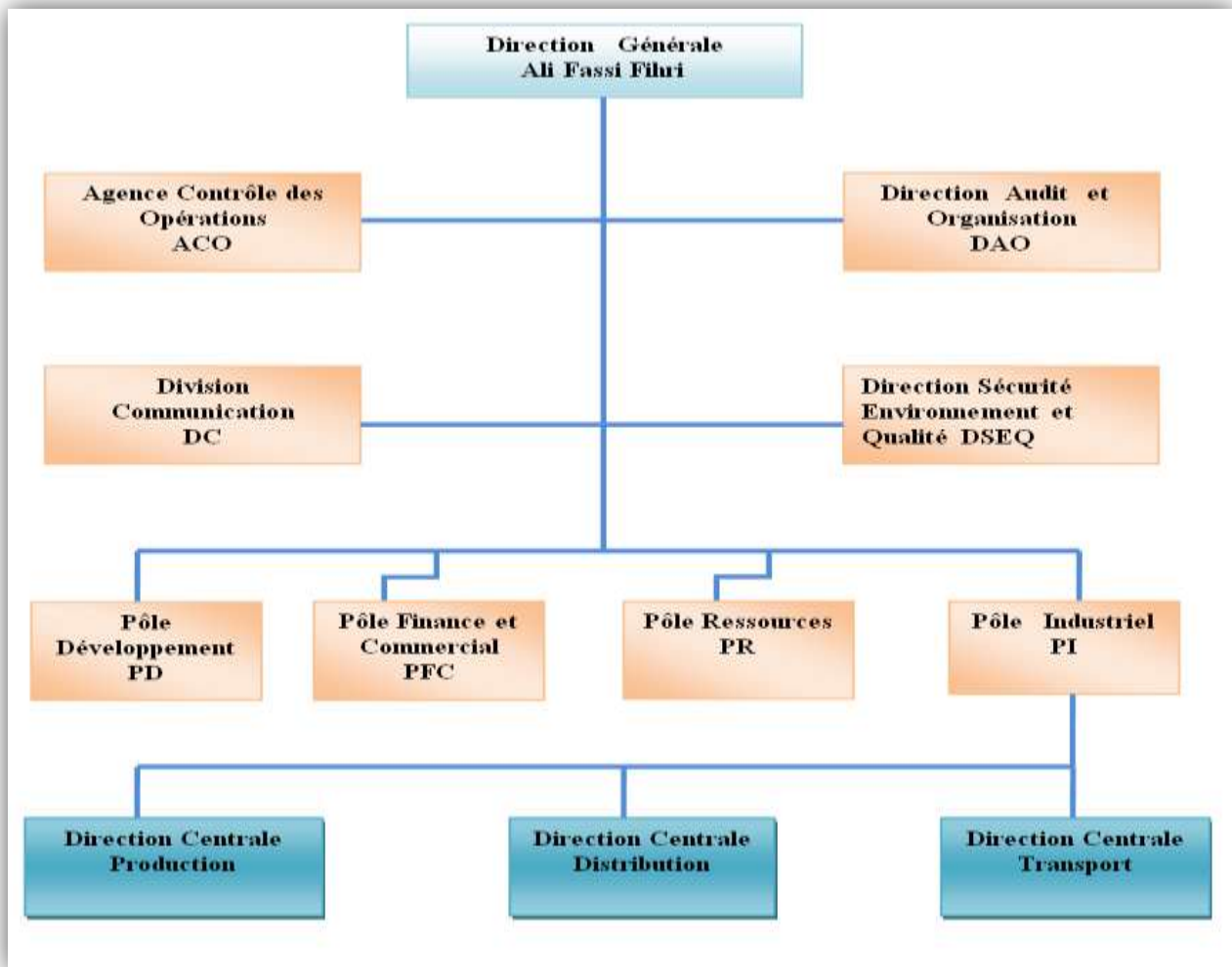


Figure 1.1 :organigramme de l'ONEE-BE

L'usine Allal Al Fassi fait partie de la Division d'exploitation renouvelable Fès, elle est la même Division de l'ONEE-BE dont la forme juridique est un établissement public, ayant le siège social à Casablanca. Son effectif est de :

- Chef d'usine (1).
- Chef préparateur principal (1).
- Contremaître Electromécanicien (1).
- Chef de quart principal Hors Classe (5).
- Chef d'équipe Electromécanicien (2).
- Chef magasinier de 1<sup>ère</sup> classe (1).
- Conducteur Electromécanicien (1).

- Chef cuisinier (1).

### 1.3 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 XX<sup>e</sup> siècle. Dans certains pays riches en ressources hydrauliques, elles assurent encore aujourd'hui une part importante de la production (MAROC). Les différentes usines hydrauliques marocaines sont présentées dans la figure suivante.

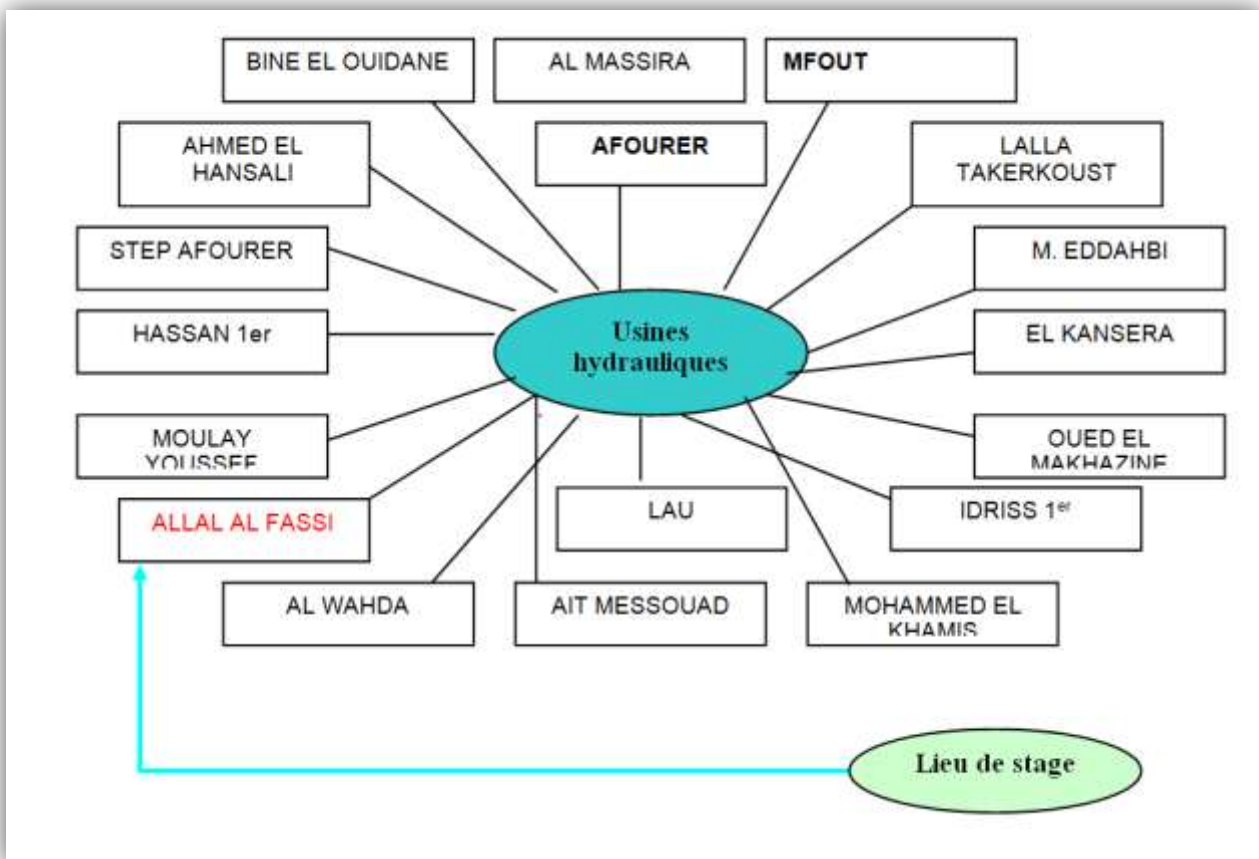


Figure 1.2 : les usines hydrauliques du Maroc

Les principales caractéristiques d'une centrale hydraulique et du matériel dont l'équipe dépendent étroitement du site où elle est implantée sont : hauteur de la chute, volume des précipitations annuelles, existence (ou absence) d'un réservoir en amont et sa capacité utile. Chaque centrale diffère de l'autre par ses équipements optimaux et par sa technologie adoptée.

**Chapitre 2 : présentation des  
équipements du complexe  
Allal Al Fassi**

### 2.1 Situation de l'usine ALLAL AL FASSI

L'aménagement hydraulique est situé au sud du Rif, entre les territoires des provinces de Séfrou et Taounate. L'usine est située à environ **60Km** de Fès par la route principale N°1 Fès Oujda. La chute hydroélectrique AAF constitue des éléments de l'aménagement du haut Sebou qui fait lui-même partie de l'aménagement intégré de l'ensemble Sebou -Inaouéne-Ouergha, conçu pour satisfaire principalement les besoins en eau d'irrigation et des besoins énergétiques.

### 2.2 Disposition général des ouvrages

L'ouvrage AAF utilise la dénivellation de **200m** environ existante entre le cours du Sebou et celui de l'Inaouéne, dérivant l'eau de la retenue d'Ait Youb vers l'usine et la restituant dans la retenue du barrage Idriss 1<sup>er</sup>. Les ouvrages de la chute comportent de l'amont à l'aval :

- Une prise d'eau sur le Sebou en rive droite, dans la retenue du barrage d'Ait Youb, munie des équipements de protection, fermeture et réglage des débits.
- Une galerie d'amenée à écoulement libre de **15500m** de longueur et de **4m** de diamètre.
- Un bassin de modulation, d'une capacité **151000m<sup>3</sup>** alimenté à l'amont par la galerie d'amenée et muni d'un trop plein et d'une vidange de fond.
- Une prise d'eau située dans la partie aval du bassin de modulation avec grille de protection et vanne de garde.
- Une conduite d'amenée en acier de longueur **3876m** et de diamètre variant entre **7.20** et **6m**.
- Une cheminée d'équilibre, de **94m** de haut hors sol, en béton précontraint pour protéger les conduites .

- Une conduite forcée de **620 m** de longueur et de diamètre variant de **6 à 5,20 m** protégée par une vanne de garde terminée par trois branches de **3 m** de diamètre prenant naissance à partir d'un répartiteur.
- Une usine équipée de trois groupes, de **240 MW** de puissance installée.
- Trois galeries de restitution, de longueur **350 m** environ et de diamètre **5,70 m**, convergeant vers l'ouvrage de restitution équipé de **3** vannes batardeaux.

### 2.3 Schéma du complexe AAF

Le schéma du complexe AAF est le suivant :

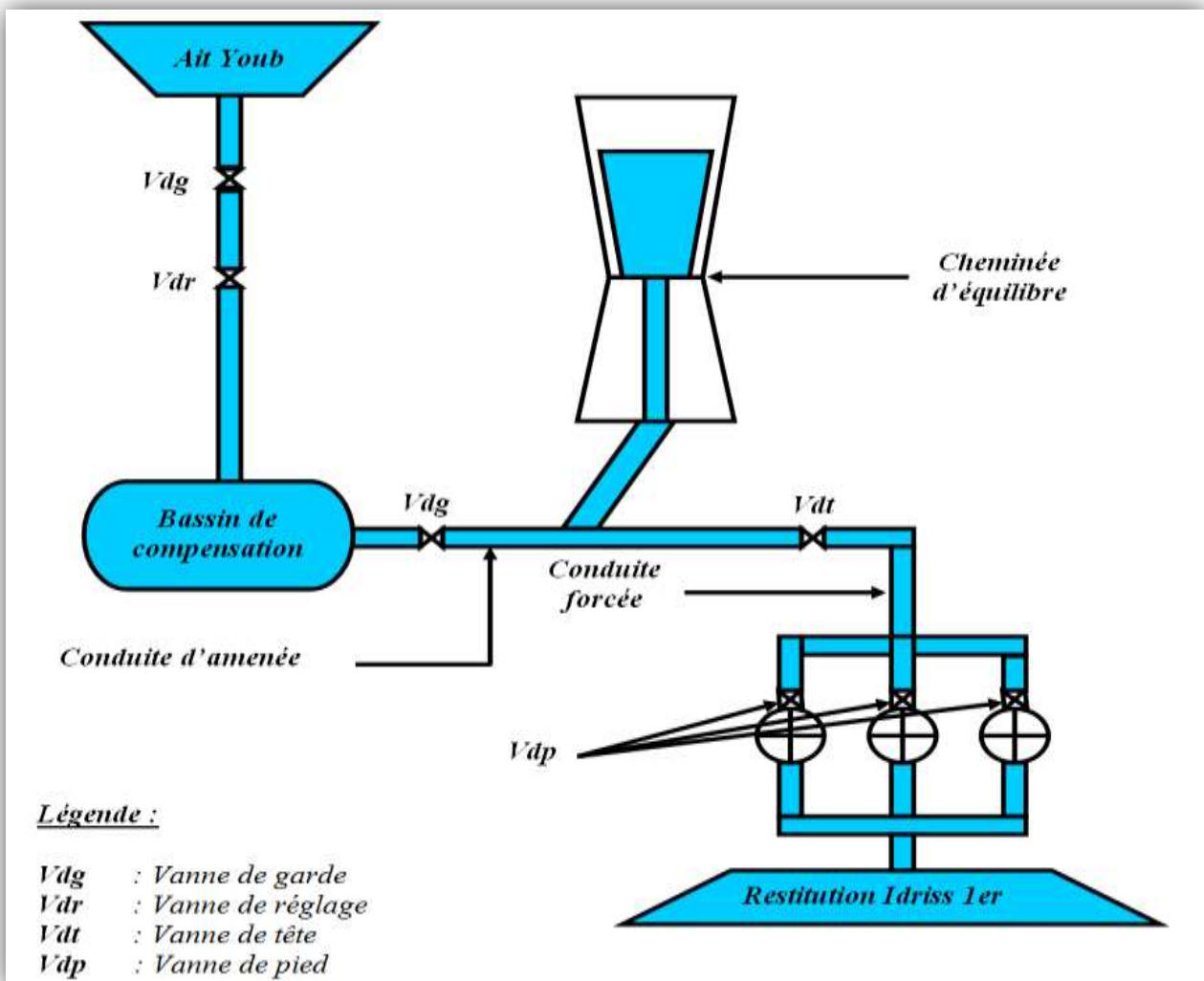


Figure2.1 :le schéma du complexe



## 2.4 Intégration de l'usine dans le réseau ONEE-BE

Les réseaux électriques transportent l'énergie produite dans des centrales électriques implantées dans des lieux favorables, jusque chez les utilisateurs industriels ou domestiques, dispersés sur tout le territoire. Ils sont constitués de lignes aériennes, et de postes organisés autour de deux types d'appareils : les jeux de barres, auxquels les lignes sont rattachées par l'intermédiaire d'appareils de coupure, et les transformateurs, nécessaires pour relier des jeux de barres à tensions différentes. On assigne à ces réseaux des rôles de transport ou de distribution.

L'énergie produite par les groupes est évacuée sur le réseau national, à partir du poste **225 KV** isolé par le gaz **SF<sub>6</sub>** et lié à l'usine, par les départs suivants :

- départ **225 Kv** N 25-70 DOUET (FES),
- départ **225 Kv** N 25-59 EL OUALI (FES),
- et départ **225 Kv** N 25-28 (OUIJDA).

Les trois départs sont représentés dans la figure ci-dessous



Figure 2.2 :les départs électriques

### 2.5 Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution alimentent directement les consommateurs soit sous basse tension pour les utilisations domestiques ou artisanales, soit sous moyenne tension pour les usagers industriels demandant des puissances plus importantes. Les réseaux de transport transitent les énormes puissances fournies par les centrales, ce qui fait jouer un, ou souvent plusieurs, des trois rôles suivants : transport proprement dit entre deux points, répartition à l'intérieur d'une zone de consommation, interconnexion entre deux réseaux qui trouvent ainsi des secours réciproques pour les situations difficiles.

### 2.6 Constitution d'un Groupe 80 MVA (3Groupe) de l'usine AAF

L'usine est équipée de trois groupes à axes verticaux de 240MW de puissance totale, utilisant un débit de  $160\text{m}^3/\text{s}$  sous une hauteur de chute nette de 172m entre le bassin de compensation et l'usine.

Chaque groupe est composé de :

- une vanne de pied,
- une turbine,
- un palier turbine,
- un alternateur,
- un palier alternateur,
- un système de réfrigération filtrée à circuit ouvert,
- un palier-pivot combiné,
- et un transformateur.

## 2.7 Caractéristiques des équipements de l'usine

### 2.7.1 La vanne de pied

Les caractéristiques de la vanne de pieds sont regroupées dans le tableau suivant :

Type	papillon à obturateur biplan
Diamètre intérieur	2.45m
Pression de construction	29bars
Pression d'essai	58bars

Tableau 1.1:caractéristique de la vannes de pieds

### 2.7.2 La turbine

La turbine est du type Francis, c'est l'organe qui transforme l'énergie cinétique de l'eau en énergie mécanique. La roue mobile entraînant l'arbre de rotation transmet l'énergie mécanique au générateur.

Ses caractéristiques sont :

Type	Francis à axe vertical
Débit nominal	51.93m <sup>3</sup> /s
Chute brute maximale normale	187m
Chute brut minimale normale	165m
Chute nette nominale	172m
Vitesse de rotation nominale	V = 333 tr/min
Puissance nominale	P = 82.29MW
Cote du plan médian du distributeur	194NGM
Cote du seuil de restitution	200NGM
Vitesse d'emballlement	630tr/min
Vitesse maximale lors des essais	532tr/min

Tableau 2.2:caractéristiques de la turbine

La figure 2.3 montre le premier montage de la turbine.



Figure 2.3:turbine au premier montage

### 2.7.3 L'alternateur : (Générateur Synchron)

L'alternateur du groupe est du type fermé, auto-ventilé, équipé de réfrigérants refroidis par l'eau du circuit secondaire de réfrigération.

Les caractéristiques de l'alternateur sont:

<b>Tension de sortie</b>	<b>10.5KV</b>
<b>Puissance apparente</b>	93.91MVA
<b>Fréquence</b>	50Hz
<b>Masse totale</b>	303t
<b>Moment d'inertie</b>	2300tm <sup>2</sup>
<b>Masse du rotor</b>	200t
<b>Excitation statique</b>	114V/2180A

Tableau 2.3:caractéristiques de l'alternateur

#### 2.7.4 Le transformateur

Les transformateurs sont situés à l'extérieur de la centrale, ils transforment l'électricité produite par les groupes (10,5 kV) pour l'acheminer ensuite vers les postes d'interconnexion (225 kV).

Les caractéristiques du transformateur sont :

Type	Poste blindé
Puissance nominale	94MVA
Rapport de transformation à vide	10.5/225KV $\pm$ 2*2.5%
Fréquence	50Hz
Couplage	11%
Masse d'huile	27t
Masse à découper	62t
Masse totale	118t
Refroidissement	par circulation naturelle de l'huile.
Tension de court-circuit	11%

Tableau 2.4:caractéristiques du transformateur

Le transformateur utilisé par l'usine AAF est le suivant :



Figure 2.4:transformateur

### 2.7.5 La cheminée d'équilibre

La cheminée d'équilibre est raccordée à la jonction de la conduite d'amenée avec la conduite forcée de 94m de hauteur hors sol.

La construction en béton précontraint en raison d'avantage important qu'il présente tel que la résistance aux séismes, l'étanchéité ainsi que la légèreté.

La cheminée d'équilibre joue le rôle d'un réservoir de protection anti-bélier en cas de fermeture de la vanne de pied.



Figure 2.5 : cheminée d'équilibre

### 2.7.6 Conduites forcées

Les conduites forcées relient l'ouvrage d'amenée aux turbines et sont dimensionnées pour tenir la surpression et la dépression d'un coup de bélier sur une fermeture rapide de la turbine.

Les surfaces intérieures bien traitées sont particulièrement lisses afin de diminuer les pertes de charge et les revêtements extérieurs sont résistibles à la

corrosion. Leur diamètre est bien calculé pour éviter le maximum possible les pertes de charge.

### 2.7.7 Le contrôle-commande

Le système contrôle commande intègre la technologie avancée « ABB Master » qu'offrent une gestion conviviale et un contrôle fiable.

Les commandes et signalisations de chaque groupe, la gestion globale de la centrale y compris les ouvrages amont sont élaborés par l'automate Master affiché dans la figure 2.6.



Figure 2.6:l'automate générale

### 2.7.8 Le système d'automatisation

La salle de commande est dotée d'un système de contrôle commande numérique. « ABB Master » est composé de plusieurs stations reliées par un master bus 200.« MB 200 » et répartis comme suit :

- un automate Master Pièce 200 pour chaque groupe,
- un automate général Master Pièce 200 pour tout le complexe,
- un automate Master Pièce 200 pour le poste 225 KV,
- un automate Master Pièce 200 pour la prise du barrage,



- un automate Master Pièce 40 installé au bassin de compensation,
- et un automate Master View 850 pour la supervision.

### **2.7.9 L'Automate du groupe**

Chaque groupe dispose d'un automate de commande, il réalise les fonctions suivantes :

- la surveillance du groupe,
- la protection du groupe,
- et la commande des séquences de démarrage et d'arrêt du groupe.

### **2.7.10 L'Automate général**

C'est le superviseur des automates des groupes, Il réalise les fonctions suivantes:

- la répartition des charges des groupes en fonction des consignes la protection des services auxiliaires de la centrale,
- la supervision du fonctionnement, la mise en service des groupes et l'optimisation pour faire travailler les turbines dans les meilleures conditions de rendement,
- et le traitement des signaux des évènements et des alarmes de la centrale.

### **2.7.11 L'automate du poste 225 KV**

Il assure le traitement des signaux, des évènements et des alarmes des organes du poste pour le Master View 850 en vue de la consignation de leur état.

### **2.7.12 L'automate du barrage Allal Al Fassi**

Il est lié par liaison hertzienne à l'automate général, il réalise les fonctions suivantes:

- la commande de la vanne de prise,
- la transmission des signalisations et des défauts,
- et la régulation du débit de la galerie.



### **2.7.13 L'automate du bassin de compensation**

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

### **2.7.14 L'automate Master View 850**

Cette station est composée de deux claviers, deux consoles et deux imprimantes pour l'enregistrement des états, elle permet la visualisation des états, le listage des alarmes et les événements.

Le nombre d'événements est de 1000 et celui des alarmes est de 500, cette station permet la visualisation de schémas de chaque groupe, du poste de transformation, du système hydraulique ainsi que du système de commande.

**Chapitres 3 :Description des  
ouvrages de la prise usinière**

### 3.1 Le Barrage AAF

Le barrage AAF se situe au Nord-est de la ville de Séfrou et à 25 km de la centrale hydro-électrique, son exploitation et sa surveillance sont assurées par la Direction Hydraulique.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- **Capacité : 81 500 000m<sup>3</sup>**
- **Hauteur : 67m**

### 3.2 La prise usinière

La prise d'eau se compose d'une vanne de garde (vanne wagon) commandée par un servomoteur hydraulique simple effet et d'une vanne de réglage (vanne segment) commandée par un servomoteur hydraulique double effet.

L'installation hydraulique comprend une centrale oléo dynamique avec trois groupes électropompes, un groupe pour la vanne de garde, un groupe pour la vanne de réglage et le 3ème de secours. Ce dernier se met automatiquement en marche en cas d'avarie de l'une des pompes en service.

Le groupe électropompe démarre soit pour assurer la manœuvre de la vanne ou la recharge des accumulateurs.

### 3.3 La galerie d'amenée

La galerie de MATMATA est à écoulement libre, à pente unique, de section en fer à cheval ou circulaire dans certaines zones, de diamètre intérieur fini de 4,50 m. Elle assure le transit d'un débit de 38 m<sup>3</sup>/s pour tout niveau de retenue du barrage AIT YOUB variant entre les côtes 410,00 NGM et 418,50 NGM.

### 3.4 Equipement électromécanique de la galerie

#### 3.4.1 La vanne de réglage

La vanne de réglage ou vanne segment est constituée d'un segment de cylindre pouvant pivoter sur son axe. Elle est utilisée au pied du barrage hydraulique, car sa forme permet de transmettre les effets dus à la pression de l'eau sur sa surface

sur l'axe du cylindre, rendant ainsi l'effort nécessaire à sa manœuvre peu sensible à cette pression.

Elle peut être commandée manuellement (le sélecteur AS6 en "MAN") ou automatisme (le sélecteur AS6 en "AUTO").

#### A. La commande manuelle :

On peut effectuer la commande d'ouverture ou de fermeture de la vanne de réglage soit localement soit à distance :

- **Localement** : depuis la chambre à la côte 414.00 NGM ou depuis la chambre à la côte 423.50 NGM dans le barrage, en positionnant le sélecteur SA4 en "LOC".
- **A distance** : depuis la salle de commande à l'usine AAF (SA6 en "DIST"), elle sera commandée à l'aide des BP "ouverture", "fermeture", "arrêt".

Par action sur le BP "ouverture" ou "fermeture" un ordre de commande permanent sera donné sur le servomoteur de la vanne par l'intermédiaire du système de télécom. par action sur le BP "arrêt" cet ordre sera interrompu.

#### B. Le schéma électrique actuel de la vanne de réglage

Le schéma de la vanne de réglage est représenté dans la 3.1

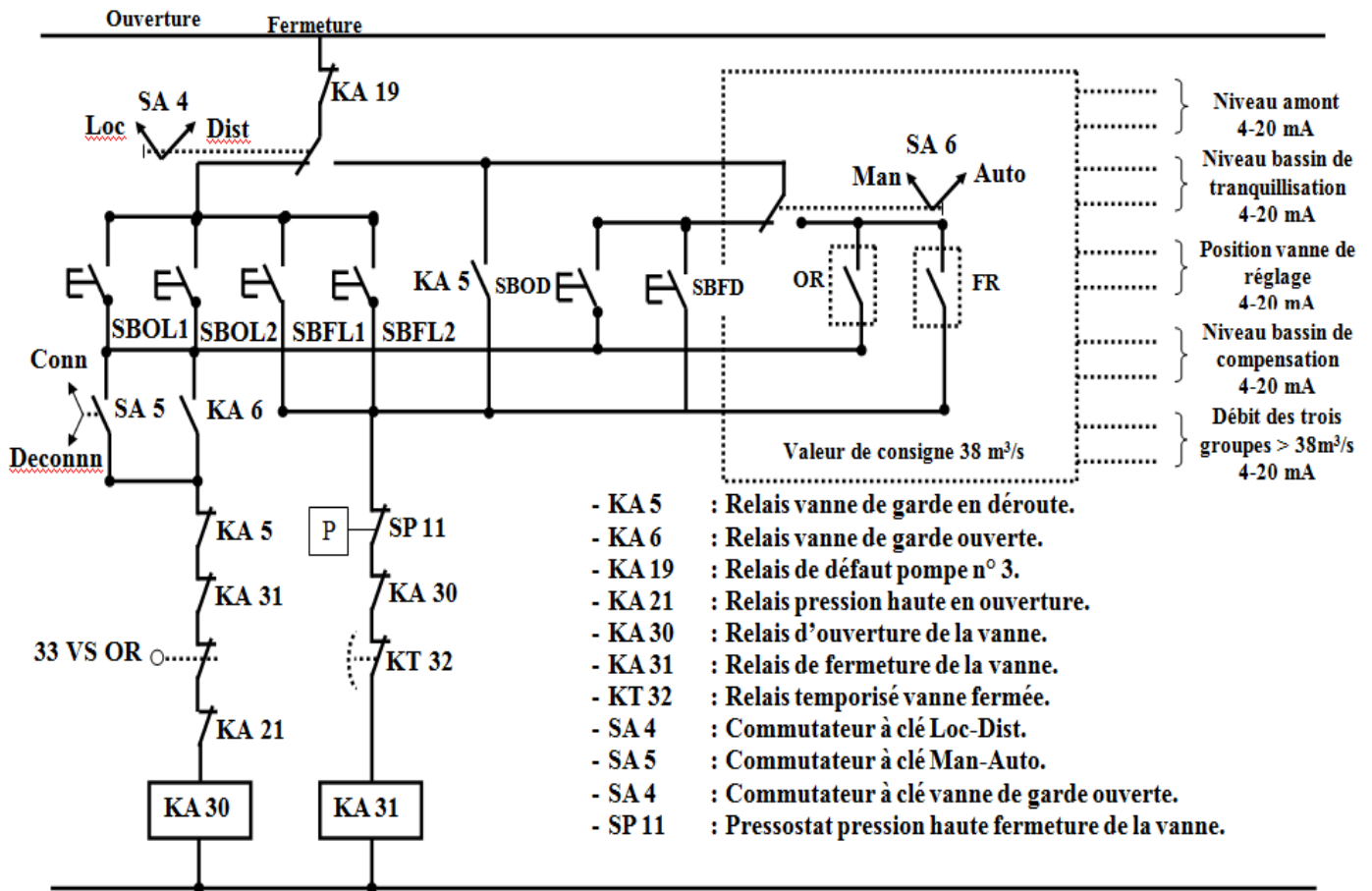


Figure 3.1: schéma électrique de la vanne de réglage

### C. Manœuvre d'ouverture

En appuyant sur le bouton poussoir SBOL2 (à maintenir appuyé pendant l'opération) le relais KA30 s'excite. Cette manœuvre en cycle normal est possible seulement avec la vanne de garde ouverte (relais KA6 excité et contact KA6 fermé).

Le relais KA30 met en marche le groupe électropompe n.2 lequel, à la fin de cycle de mise en marche envoie de l'huile sous pression au collecteur P2.

Le contact KA30 fermé excite la bobine YVA3 de l'électrovanne qui permet à l'huile sous pression d'entrer dans la chambre inférieure du cylindre, la vanne segment s'ouvre à une vitesse de 0.4 m /min.

A la fin de course d'ouverture, l'arrêt est commandé automatiquement par l'interrupteur 33VS-OR. La fin de course 33VS-OR, par l'entremise du relais KA33, signale "vanne ouverte".

#### **D. Manœuvre de fermeture**

En appuyant sur le bouton poussoir SBFL2 (à maintenir appuyé pendant l'opération) le relais KA30 s'excite, ce dernier met en marche le groupe électropompe qui, à la fin du cycle de mise en marche, envoie de l'huile en pression au collecteur P2.

Le contact KA31 fermé, excite la bobine YVC2 de l'électrovanne qui permet à l'huile sous pression d'entrer dans les deux chambres du cylindre. La vanne segment se ferme avec la même vitesse d'ouverture (0.4 m /min).

A la fin de course de fermeture l'arrêt de la manœuvre est commandé automatiquement par l'interrupteur 33VS-F qui excite le relais à temps KT32.

Le contact KT32 s'ouvre avec un retard de 60 secondes environ, pour garantir l'appui de la vanne sur le seuil et par conséquent son étanchéité. Le relais KA31 se désexcite et la manœuvre s'arrête.

#### **E. La commande automatique**

Avec ce mode, la fonction de régulation du débit est active. Les ordres d'ouverture ou de fermeture en mode « Manuel » sont verrouillés. Le but de la régulation est de remplir le bassin de compensation à travers la galerie d'amenée et de surveiller la valeur de débit.

A l'aide de l'automate général e placé dans la salle de commande, on peut savoir si le bassin de modulation doit être rempli, s'il atteint le niveau maximal, si les groupes de 80Mw dépasse  $38\text{m}^3/\text{s}$ . L'ordre d'ouverture ou de fermeture de la vanne de réglage sera transmis au barrage AAF à travers la liaison hertzienne.

#### **F. La liaison télécom**

Le MP 200 installé à AIT YOUB est relié au MP 200 général à l'usine par l'intermédiaire d'une liaison télécom par voie hertzienne et d'un modem d'interface. Dans ce cas, le MP 200 général fait la fonction du Master,

c'est-à-dire qu'il commande cette liaison, et celui d'AIT YOUB la fonction d'esclave.

Le débit de la galerie ainsi que les niveaux sont transmis dans un cycle, les alarmes et les événements sont transmis dès leur apparition. Les alarmes et les événements provenant d'AIT YOUB sont, dès leur arrivée au niveau de l'automate, traités et indiqués dans des listes.

Le débit ainsi que les pertes de charge sont donnés par une sortie analogique sur les indicateurs de l'armoire GB3 à la salle de commande.

Les codes GRAY du niveau amont et niveau aval de la vanne de réglage sont convertis en sorties digitales pour être affichés sur les indicateurs numériques.

Tous les signaux utilisés pour la commande de la vanne de réglage et de la vanne de garde ainsi que la supervision de la liaison télécom sont traités et retransmis par l'automate général.

#### **G. La régulation de débit**

Le débit turbiné, le mode automatique, les niveaux du bassin de compensation sont les entrées de l'automate général.

Une fois le niveau du bassin atteint la valeur minimale qu'est 388.00 NGM, un ordre d'ouverture sera transmis à la vanne par voie hertzienne, au même temps le calcul du débit est actif en fonction du niveau amont, niveau aval, et la position de la vanne de réglage. La valeur résultante sera comparée avec la valeur de la consigne qui est  $38\text{m}^3/\text{s}$ .

- Si la différence est positive, la vanne se ferme jusqu'à l'annulation de celle-ci.
- Si la différence est négative, la vanne s'ouvre jusqu'à ce qu'elle soit nulle.

Quand l'eau retenue dans le bassin arrive à la valeur maximale, la fermeture de la vanne est commandée automatiquement et la fonction de la régulation devient désactivée.

La figure 3.2 résume le système de la régulation existant .

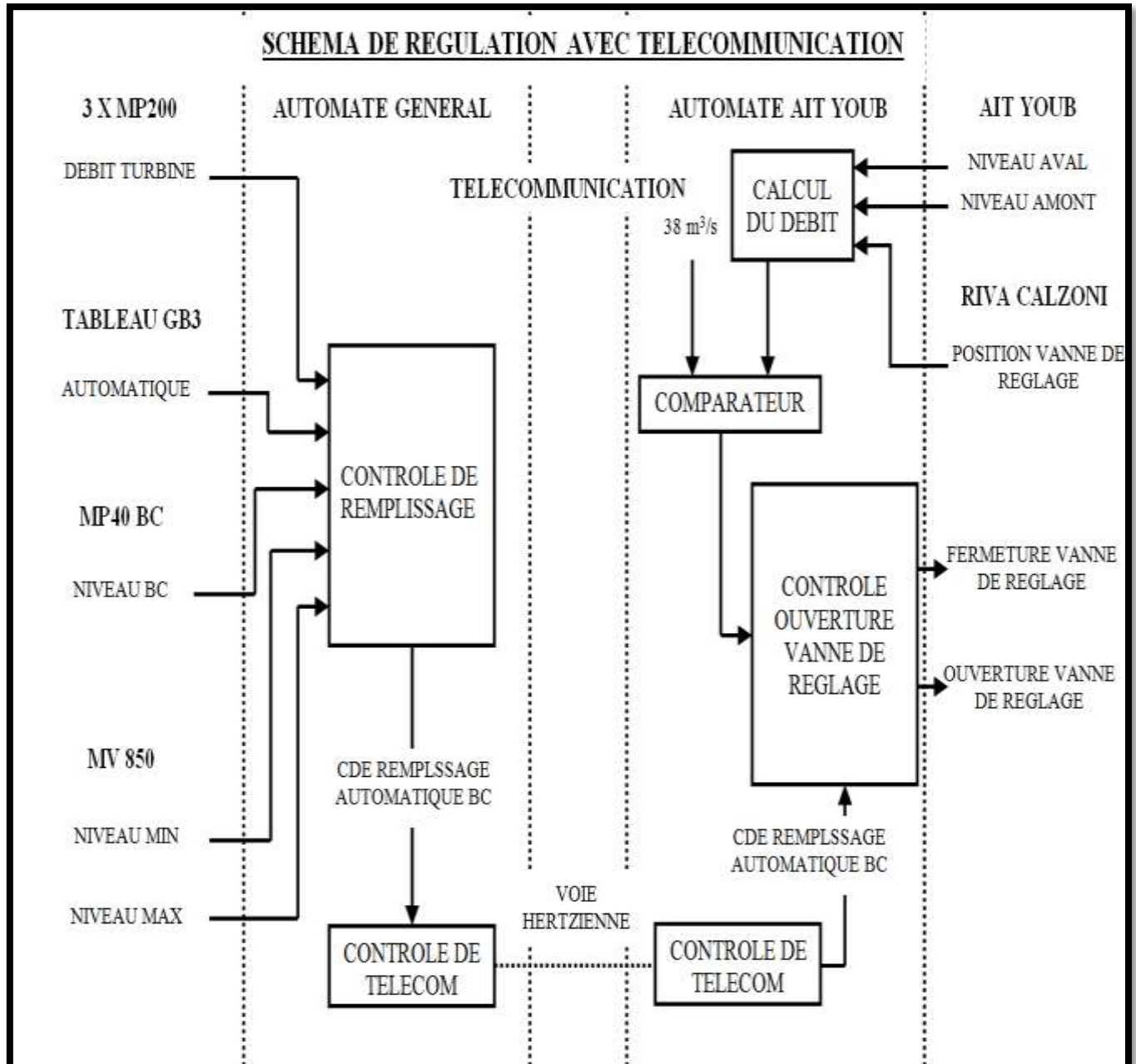


Figure3.2:schéma de la régulation du débit

#### H. Défaillance de la liaison

Au cas d'un défaut de télécommunication, il sera affiché dans la salle de commande, l'automate garde la dernière information concernant le niveau du



bassin, il compte le temps nécessaire pour le remplissage, à l'écoulement de ce ci la vanne de réglage se ferme par défaut.

Le schéma suivant montre comment le défaut de la télécommunication se traite.

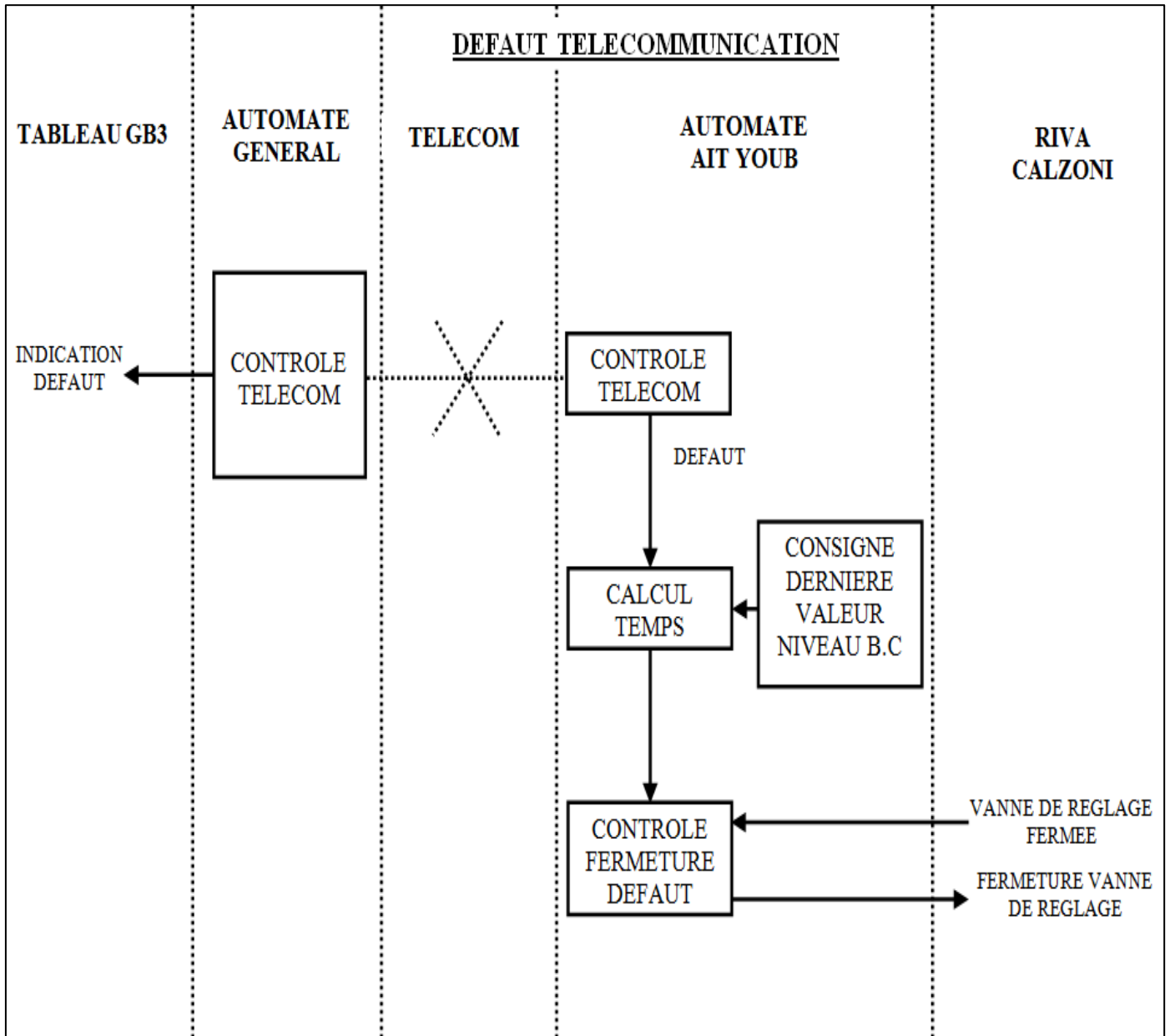


Figure 3.3:défaillance de la liaison

**Chapitre 4 :Sécurisation de  
la galerie d'amenée du  
complexe Allal Al Fassi**

#### 4.1 Barème d'ouverture de la vanne de réglage (RIVA CALZONI)<sup>1</sup>

##### 4.1.1 Formule de calcul du débit

Le débit transité par la galerie est calculé par l'automate à partir de la formule ci-après :

$$Q = Ks * E * L * \sqrt{g * (Hm - Hv)},$$

Où

$Q(m^3/s)$  : Débit

$Ks$  : Coefficient de débit fixé à 0,85.

$E$  (m) : Ouverture verticale de la vanne.

$L$  (m) : Largeur de la vanne.

$g$  ( $m/s^2$ ) : Accélération de la pesanteur (9,81).

$Hm$  (m) : Côte à l'amont du barrage.

$Hv$  (m) : Côte à l'aval de la vanne.

A partir de cette formule, le barème d'ouverture de la vanne de réglage est calculé par RIVA CALZONI et dont les valeurs sont regroupées dans le tableau ci-après.

---

<sup>1</sup> Société italienne qui a construit la vanne de réglage



Tableau 4.1: barème d'étalonnage de la vanne de réglage

**4.2 Variantes de sécurisation de la galerie de MATMATA****4.2.1 Variante des fins de course magnétiques**

Nous nous focaliserons sur la plage allant de la côte amont 413,00 NGM à la côte amont 418,99 NGM. Le tableau regroupant les pourcentages d'ouverture de la vanne de réglage pour la plage des côtes ci-dessus est le suivant :

	<i>Côte début</i>	<i>Côte fin</i>	<i>Ouverture</i>	<i>Ouverture</i>
<b>1</b>	418,00	418,99	32%	106 cm
<b>2</b>	417,00	417,99	33%	110 cm
<b>3</b>	416,00	416,99	35%	116 cm
<b>4</b>	415,00	415,99	38%	126 cm
<b>5</b>	414,00	414,99	39%	130 cm
<b>6</b>	413,00	413,99	41%	136 cm

Tableau 4.2: les valeurs cibles de la côte amont

**4.2.2 Installation des fins de course**

En plus des entrées de l'automate, en ajoutant les plages des côtes amont et les positions de la vanne de réglage correspondantes.

A la sortie de l'automate, nous installerons six fins de course afin de couper l'alimentation sur la vanne si cette dernière n'arrête pas à la position convenable, chacun fin de course correspond à une sortie, une seule qui sera active lors de l'ouverture de la vanne comme il est montré dans la figure 4.1.

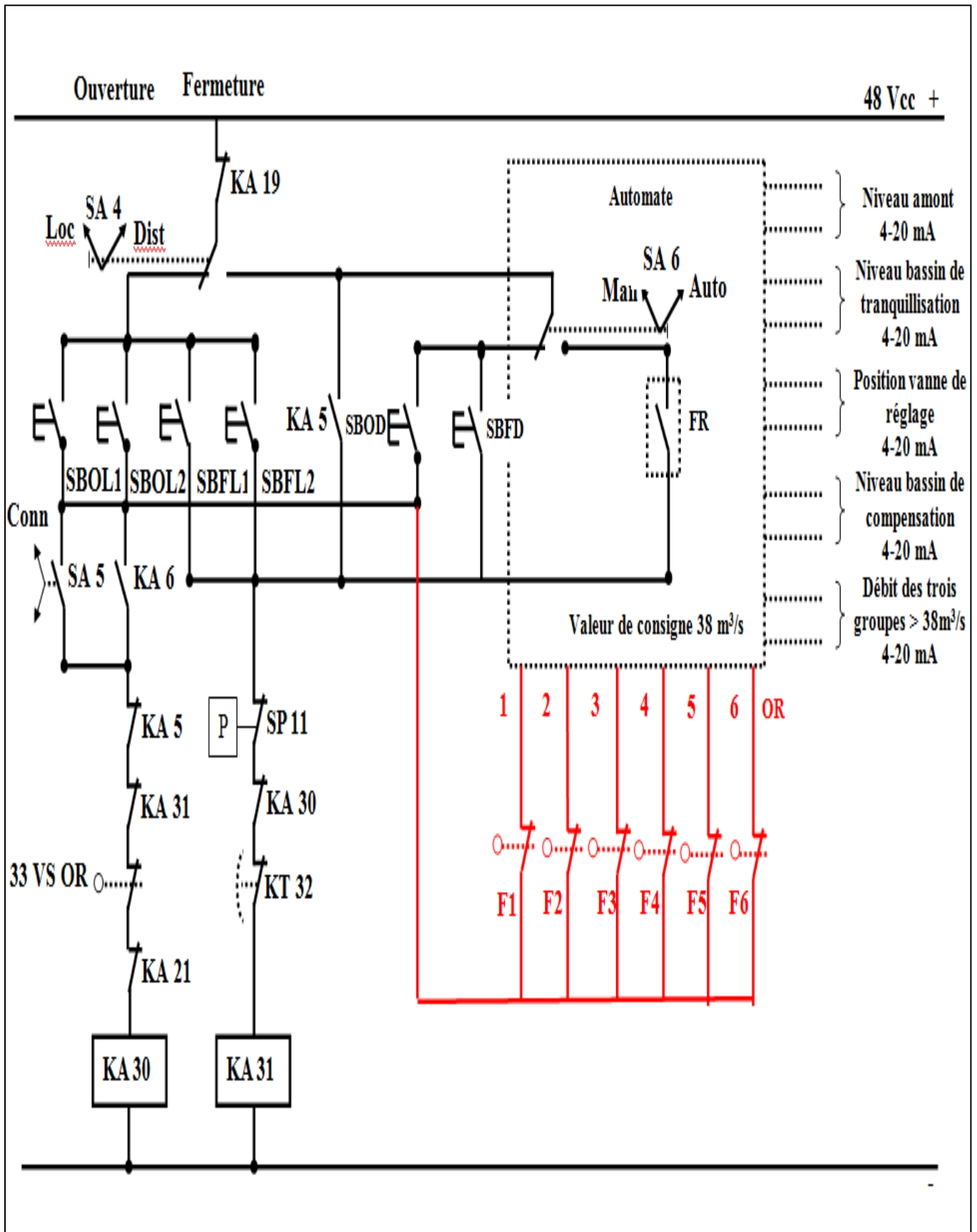


Figure 4.1 :le schéma électrique modifié

### 4.2.3 Calage des fins de course

Les fins de course seront calées comme il est illustré au niveau de la figure 4.2

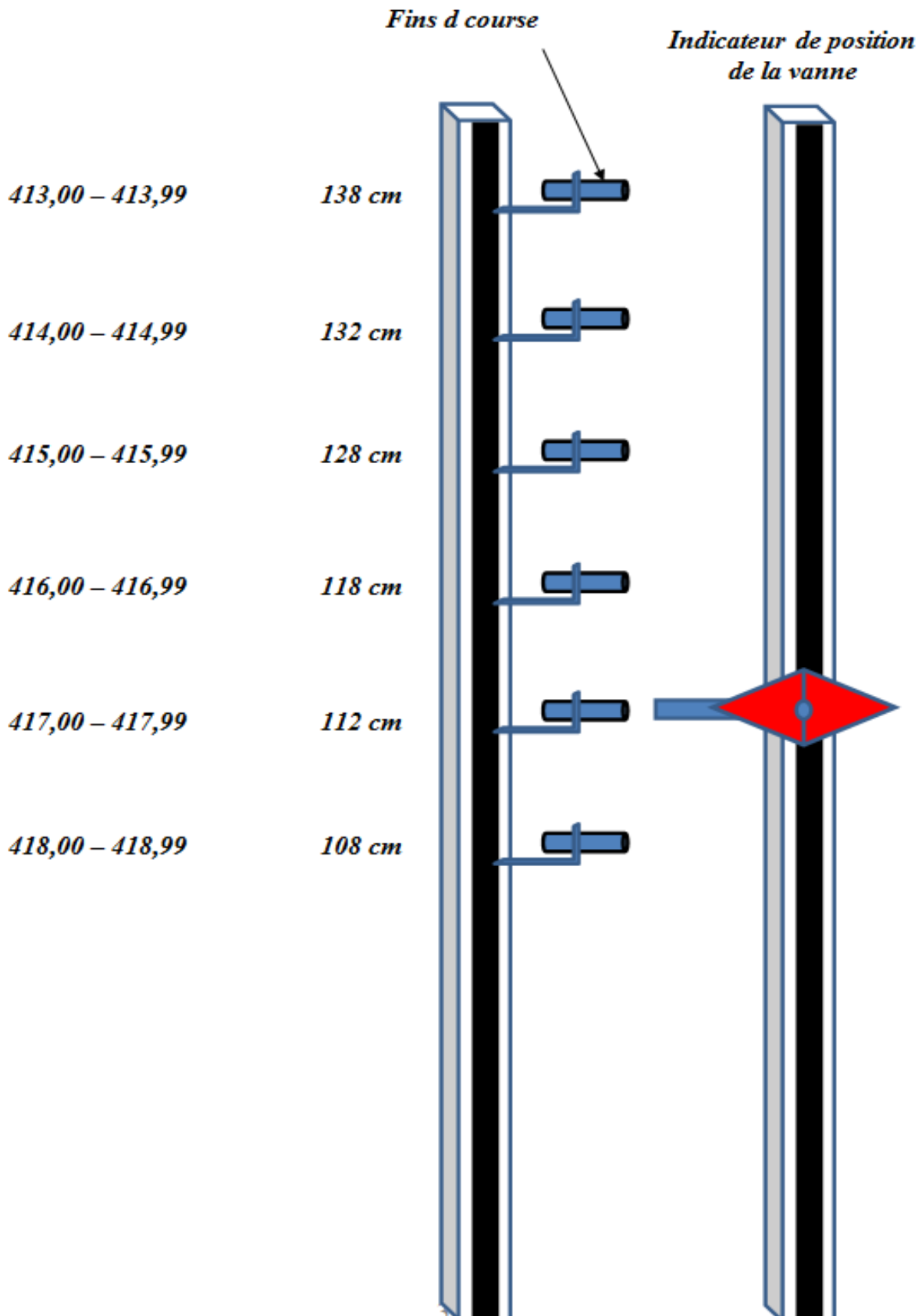


Figure 4.2:calage des fin de course

Pour le calage des fins de course, une tolérance de 2 cm est observée pour chacune afin d'éviter l'activation des fins de course avant le passage au palier suivant de la côte amont.

#### 4.2.4 Evaluation technico-économique de la solution

Le cout et les matériels utilisés pour cette solution sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

<i>Qté</i>	<i>Désignation</i>	<i>P.U HT</i>	<i>P.T HT</i>
<b>06</b>	<i>Fin de course.</i>	<i>500,00</i>	<i>3000,00</i>
<b>01</b>	<i>Support.</i>	<i>700,00</i>	<i>700,00</i>
<b>01</b>	<i>Kit de montage.</i>	<i>400,00</i>	<i>1000,00</i>
<b>01</b>	<i>Platine graduée.</i>	<i>300,00</i>	<i>300,00</i>
<b>50 m</b>	<i>Câble 12*1,5 mm<sup>2</sup>.</i>	<i>100,00</i>	<i>5000,00</i>
<b>01</b>	<i>montage et programmation.</i>	<i>50000,00</i>	<i>50000,00</i>
<b>TOTAL</b>		<b>60000,00</b>	

Tableau 4.3:évaluation économique de la solution

#### 4.3 Variante du débitmètre à la sortie de la vanne de réglage

Le débit transité par la galerie est calculé par l'automate, il n'est pas donc mesuré. Le débitmètre sera installé à la sortie de la vanne de réglage. Deux variantes sont possibles , soit un débitmètre à ultrasons qui sera hors de l'eau, soit un débitmètre immergé. Ce dernier permettra la mesure du débit transité, en cas de dépassement du débit, il permettra d'émettre un ordre d'arrêt d'ouverture de la vanne. Comme il est représenté sur la figure 4.3



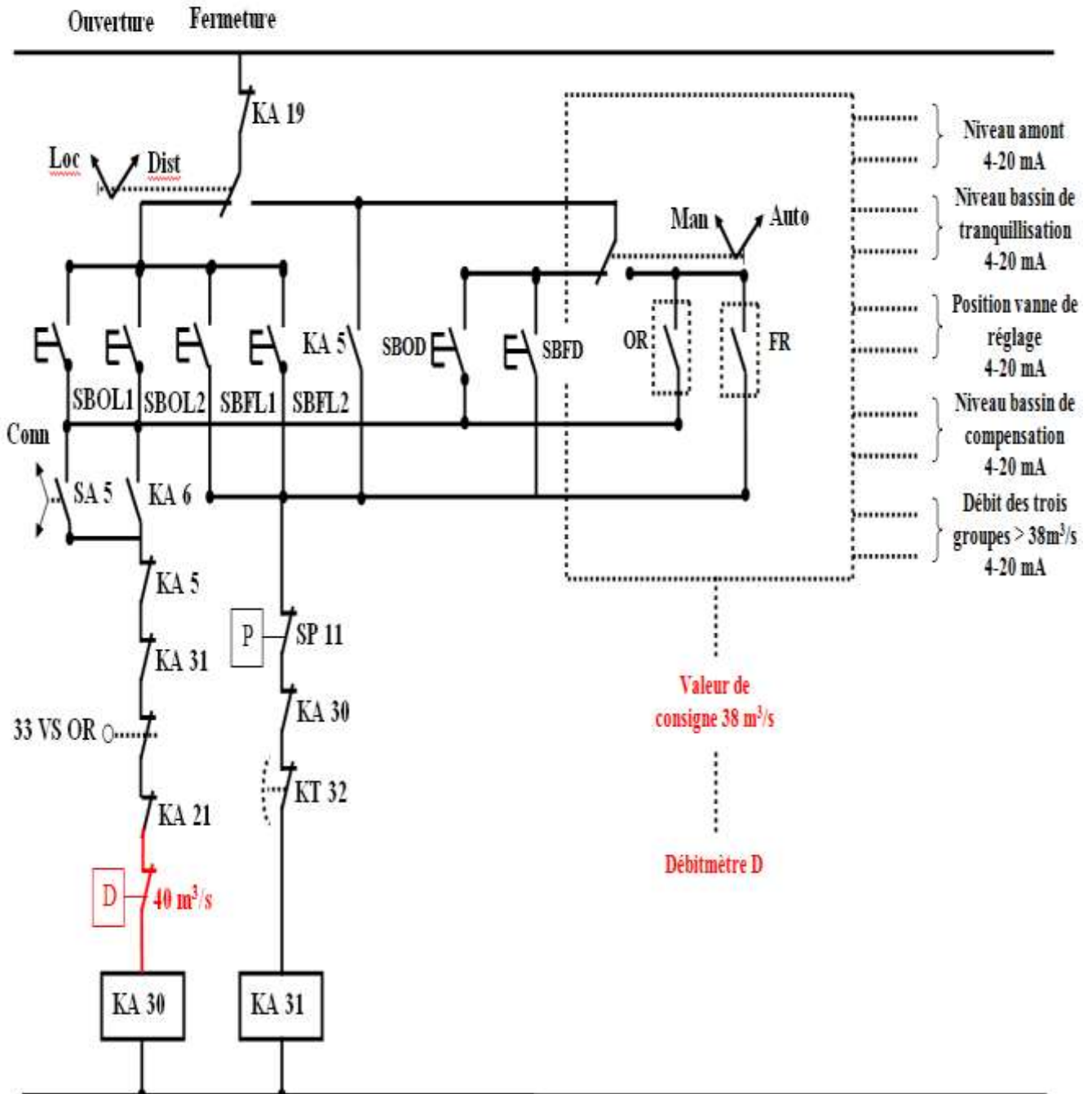


Figure 4.3: schéma électrique comportant la contacteur de débitmètre

### 4.3.1 Disposition de débitmètre

Le débitmètre sera installé à l'entrée de la galerie comme il est montré dans la figure suivante :

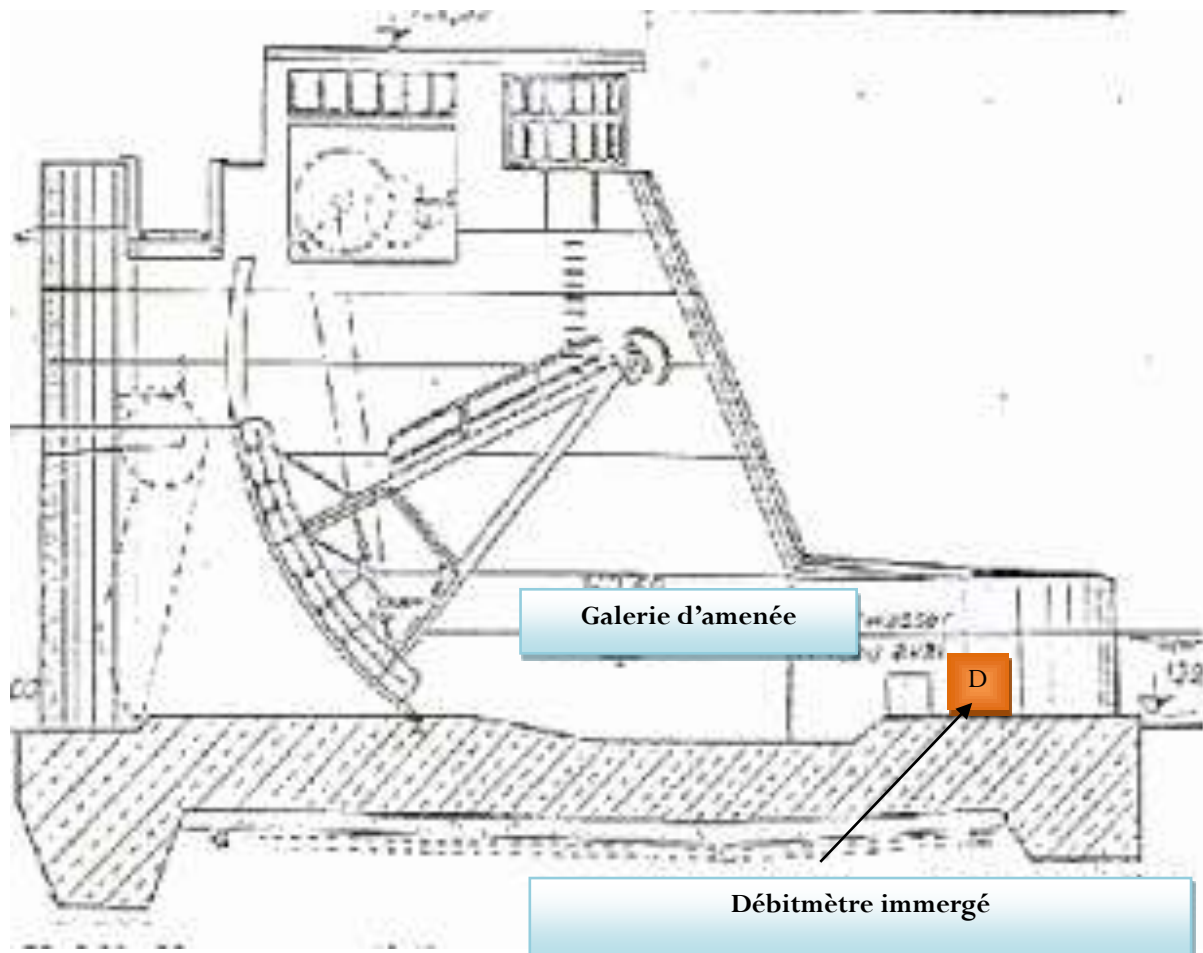


Figure 4.4:emplacement du débitmètre

### 4.3.2 Evaluation technico-économique de la solution

Le cout et les matériels utilisés pour cette solution sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Qté	Désignation	P.U HT	P.T HT
<b>02</b>	Débitmètre.	350000,00	700000,00
<b>100m</b>	Câble 12*1,5 mm <sup>2</sup> .	100,00	10000,00
<b>01</b>	Montage et de programmation.	50000,00	50000,00
<b>TOTAL</b>		<b>760000,00</b>	

Tableau 4.4:évaluation économique de la solution

## Conclusion

Ce 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'équipes.

Nous avons présenté dans ce manuscrit les résultats d'une étude de la sécurisation de la galerie d'amenée dont le but est d'optimiser cette dernière, en minimisant les risques de l'effondrement partiel ou total de la galerie.

Après l'obtention et le traitement des résultats de cette étude, nous avons proposé deux solutions : des fins de courses et installation d'un débitmètre afin de contrôler le débit d'eau dans la galerie permettant ainsi à l'office d'optimiser sa sécurisation et de diminuer les possibilités de sa fragmentation.

Pour cela, nous avons choisi comme solution optimale le débitmètre qui constitue une protection doublée de la galerie.

Malheureusement, nous n'avons pas pu réaliser une simulation pour les deux solutions .

Comme perspectives de ce travail, il reste à simuler, à tester, à vérifier notre proposition et ensuite la mettre en place.

## Webographie

[www.one.org.ma](http://www.one.org.ma)(10/04/2015)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Vanne>(15/04/2015)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie hydraulique](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_hydraulique)(15/04/2015)

<https://www.sulzer.com>(20/05/2015)

<http://new.abb.com/control-systems/service/customer-support/advant-master/controllers/masterpiece-200-and-200->

[1](#)(21/05/2015)

## Bibliographie

Documentation de l'usine :

manuel d'exploitation de la centrale ALLAL AL FASSI(06/04/2015)

MATMATA cahier des spécifications(13/04/2015)

RIVA CALZONI schéma électrique et hydraulique de la vanne de réglage(28/04/2015)