

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



Gm. 0589

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
Département de Génie Electromécanique

PROJET DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR DE CONCEPTION

TITRE

**ETUDE DE L'INTERCONNEXION DU
RESEAU DE LA SONACOS AVEC
CELUI DE LA SENELEC**

AUTEUR : Abdoulahi KANE

DIRECTEUR : M. Cheikh WADE

DIRECTEUR EXTERNE : M. Pape Matar DIAGNE

JUIN 1999

AU NOM D'ALLAH LE TOUT PUISSANT

LE MISEROCORDIEUX

Créateur du ciel et de la terre,

Pour que règnent la paix, la justice et la liberté dans ce monde

A son Prophète Mouhamed (PSL)

DEDICACES

Par la grâce de Dieu le Tout Puissant, le Miséricordieux,

Je dédie ce travail :

Au Prophète Mohamed (PSL) et à sa Famille,

A mon Père

*Ce jour ne serait pas arrivé sans toi PAPA.
En ce jour, les mots me manquent pour t'exprimer tout mon amour,
toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude pour les durs
sacrifices consentis pour ma réussite et celle de tous tes enfants.
Père merveilleux et exemplaire, tu l'es par ton courage, ta loyauté,
ton humilité, ton sens de l'écoute et du dialogue.
Par ta foi, et ta sagesse, nous avons appris que nous devons mériter
mériter et gagner à la sueur de notre front tout ce que nous devons
avoir dans ce monde et que seul l'effort dans le travail paie.
Que cette réussite soit pour toi un honneur et une fierté.
Puisse ALLAH t'accorder une longue vie et une meilleure santé
pour que tu puisses jouir de tant d'années de dure labeur et nous
donner la chance d'être éternellement reconnaissants.*

A ma Mère,

*Ce jour tant souhaité et longtemps appelé de tous tes vœux est arrivé,
Grâce à tes conseils, ta sollicitude de tous les instants et tes prières
qui ont constitué mon soutien moral le plus précieux et ma source
de motivation.
Que Dieu t'accorde aussi longue vie et santé de fer pour que puisses
savourer les fruits de ton éducation et de ta patience et nous offrir la
chance de nous occuper de toi.*

A ma future épouse,

A ma famille adorable,

*Quel bel exemple de cohésion fraternelle
Je prie pour que nous puissions toujours garder cette unité et cette
solidarité dans la vie et que nous restions fidèles à l'éducation reçue
de nos chers et merveilleux parents
Que DIEU nous protège.*

A tous ceux de près ou de loin m'ont aidé à réaliser ce travail.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail passionnant mais laborieux, qu'il nous soit permis de remercier très sincèrement :

- Monsieur Mamadou DIAGNE Directeur d'usine,
- Monsieur Papa Mactar DIAGNE Chef du département énergie et maintenance,
pour avoir bien voulu nous encadrer dans l'étude de ce projet.
- le personnel du Bureau d'Etude pour leur disponibilité dans la recherche des données et des solutions, particulièrement à Monsieur TOURE pour son assistance dans les différents dessins contenus dans ce rapport.

Ces remerciements s'adressent également au personnel de l'école particulièrement à :

- Monsieur Cheikh WADE, pour son assistance, ses conseils et critiques tout au long de cette étude.
- L'ensemble des élèves pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce projet particulièrement à Monsieur Papa Médoune NDIAYE élève en 2^{ème} AGC pour son appui lors de l'étude du G.C.
- Mesdames les secrétaires de l'école pour leur appui pendant la saisie
- Une mention spéciale sera faite à Mlle Khadidiatou SALL pour la saisie de ce présent rapport.

A toutes ces personnes nous disons Merci.

SOMMAIRE

Ce rapport entre dans le cadre de la recherche de solutions pour résoudre le déficit en énergie électrique du SENEGAL.

Il fait suite à une étude menée dans une des industries autoproductrices d'électricité en vue de soutirer une certaine quantité d'énergie électrique pour appuyer la SENELEC dans son rôle de producteur et distributeur d'énergie électrique.

En effet la SONACOS EIL dispose d'une chaudière à coque d'arachide, de deux turboalternateurs et projette d'acheter une chaudière mixte (fonctionnant au fuel et la coque d'arachide) .

C'est dans ce cadre qu'il nous a été demandé de mener une étude pour trouver les voies et moyens à mettre en œuvre pour permettre à la SONACOS de faire parti des auto-producteurs agréés par la SENELEC.

C'est ainsi que nous sommes partis d'une étude énergétique qui nous a permis de connaître la puissance que nous pouvons fournir à la SENELEC, de là nous sommes passés au dimensionnement du réseau électrique à mettre en place avant de déterminer par une étude économique la rentabilité du projet.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1 : Presentation De La Centrale Thermique.....	2
1.1 Description De La Centrale.....	2
1.2 Existant Au Niveau De La Centrale :	2
 Chapitre 2 : Determination De La Quantite D'energie Disponible	
Pour Une Fourniture Externe.....	6
A. Cas 1 : L'achat D'une Nouvelle Chaudiere N'est Pas Envisage.....	6
2.1 Etude De La Journee Du 10 - 02 - 98 :	6
2.2 Analyse Des Resultats.....	9
2.3 Contraintes A Satisfaire Pour Ne Pas Perturber La Fabrication.....	9
2.4 Solution Preconisee	9
2.5 Determination De La Puissance Disponible En Temps de Marche.....	10
B. Cas 2 : L'achat D'une Nouvelle Chaudiere Est Envisage.....	13
 Chapitre 3 : Etude De La Configuration Du Reseau A Adopter.....	20
3.1 Situation Geographique :	20
3.2 Solution 1 :	20
3.4 Solution 3 :	26
3.5 Solution 4.....	28
3.6. Conclusion :	31
 Chapitre 4 : Solution 2 : Utilisation D'une Ligne Unique	
A Etude De La Configuration Du Reseau A Adopter :	32
4.1 Configuration Interne	32
B Configuration Externe	39
4.2 Choix De La Position Du Poste E Transformation	39
4.3 Configuration Du Poste De Transformation.....	40
C Dimensionnement Des Differents Postes.....	41
4.4 Equipements De La Centrale.....	41
4.5 Dimensionnement Des Equipements Du Poste De Transformation.....	44

4.6 Dimensionnement Des Equipements Du Poste De Croisement.....	49
4.7 Compensation	50
4.8 Comptage	55
4.8 Depart Vers Jardin.....	56

Chapitre 5 : Etude De La Solution 4 : Utilisation de deux lignes.

A) Etude De La Configuration A Adopter.....	59
5.1 Configuration Interne.....	59
5.2 Configuration Externe.....	59
B) Dimensionnement Des Equipements.....	65
5.B.1 Caracteristiques Du Reseau	65
5.B.2 Dimensionnement Des Equipements.....	66
5.B.3 Dimensionnement Du Poste De Transformation	67
5.B.4 Compensation.....	69
5.B.5 Comptage.....	70
5.B.6 Câble De 30 Kv	70
5.B.7 Ligne Électrique	70

Chapitre 6 : Calcul Des Défauts.....71

A Calcul De Défauts Pour La Solution 2	72
6.A.1 Calcul Du Courant De Court-Circuit Aux Bornes Du Disjoncteur Général.....	71
6.A.2 Calcul Du Courant De Court-Circuit Aux Bornes Du Disjoncteur De Départ Du Jardin.....	74
6.A.3 Calcul Du Courant De Court-Circuit Aux Bornes Du Disjoncteur Aval Transformateur.....	76
6.A.4 Calcul Du Courant De Court-Circuit Aux Bornes Du Poste Croisement	79

B Calcul Des Défauts Pour La Solution 4.....	81
--	----

6.B.1 Calcul Du Courant De Court-Circuit Aux Bornes Du Disjoncteur Général.....	81
6.B.2 Calcul Du Courant De Court Circuit Aux Bornes Du Disjoncteur Départ Senelec.....	82
6.B.3 Calcul De Court-Circuit Aux Bornes Du Transformateur.....	83
6.B.4 Calcul Du Courant De Court-Circuit Aux Bornes Du Disjoncteur Aval Transformateur.....	84
6.B.5. Calcul Du Courant De Court-Circuit Aux Bornes De L'interrupteur Aerien A Commande Manuelle.....	85
 Chapitre 7 : Etude De La Protection	
A Etude De La Protection Solution 2	87
7.A.1 Choix Des Protections Du Poste Croisement.....	87
7.A.4 Protection Contre Les Perturbations D'origine Atmosphériques.....	89
B Etude De La Protection De La Solution 4	89
7.B.1 Protection Du Poste De Transformation.....	89
7.B.2 Protection Du Départ Senelec.....	90
7.B.3 Protection Du Jdbp.....	91
Chapitre 8: Calcul Economique.....	92
8.1 .Calcul De L'investissement Necessaire.....	92
8.2 Calcul Du Cout Kwh Produit A La Sonacos.....	92
8.3 Le Prix De Vente De Kwh.....	95
8.4 . Evaluation Du Projet.....	96
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	98

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats des autres jours.-----page 8

Tableau 2 : Tableau comparatif des solutions 1, 2, 3, 4.-----page 30

Tableau 3 : Tableau de comparaison des techniques de transformateurs immergés.--page 47

Tableau 4 : Tableau comparatif des solutions.-----page 63

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des courants de défaut solution 2.-----page 86

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des courants de défaut solution 4.-----page 86

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Etude du Génie Civil des postes.

Annexe B : Caractéristiques des turbos alternateurs et des groupes.

Annexe C : Feuille des consommations et de production de la centrale.

Annexe D : Besoins en matériel. Solution II.

Annexe E : Besoins en matériel. Solution IV.

Liste des abréviations

TA1 : turboalternateur 1

TA2 : turboalternateur 2

ONAN : circulation naturel de l'huile et de l'air

HT : haute tension

BT : basse tension

IT : neutre isolé de la terre

TI : transformateur d'intensité

TP : transformateur de potentiel

JDBP : jeu de barres principal

JDBD : jeu de barres départ

JDBT : jeu de barres de transfère

JDBS : jeu de barres de secours

I1 : interrupteur 1

ERT : étanche à remplissage total

IACM : interrupteur aérien à commande manuel

PDC : pouvoir de coupure

Icc : intensité de court circuit

Pcc : puissance de court circuit

DRC : délai de recouvrement

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Centrale thermique avant modification.	-----page 11
Figure 2 : Courbe caractéristique de la TAI.	-----page 12
Figure 3 : Centrale thermique après modification.	-----page 16
Figure 4 : Configuration de la Solution I.	-----page 22
Figure 5 : Configuration de la Solution II.	-----page 25
Figure 6 : Configuration de la Solution III.	-----page 27
Figure 7 : Configuration de la Solution IV.	-----page 29
Figure 8 : Etat actuel de la Centrale.	-----page 33
Figure 9 : Disposition des équipements dans l'alternative 1.	-----page 35
Figure 10 : Disposition des équipements dans l'alternative 2.	-----page 37'
Figure 11 : Etat actuel du génie civil.	-----page 40
Figure 12 : Configuration du poste croisement.	-----page 41'
Figure 12' : Schéma électrique du poste de croisement.	-----page 41'''
Figure 13 : Configuration du poste de transformation solution II.	-----page 41''
Figure 14 : Disposition des équipements pour le 1 ^{er} cas.	-----page 60
Figure 15 : Disposition des équipements pour le 2 ^{ème} cas.	-----page 62
Figure 16 : Configuration du poste de transformation solution IV.	-----page 67'
Figure 17 : Position des points de calcul des défauts Solution II.	-----page 71'
Figure 18 : Position des points de calcul des défauts Solution IV.	-----page 81'
Figure 19 : Disposition des relais de protection Solution II.	-----page 87'
Figure 20 : Disposition des relais de protection Solution IV.	-----page 89'

NB : Les figures de GC sont présentés en annexe 

INTRODUCTION

Au moment où on parle de plus en plus d'électrification rurale, de croissance industrielle, il nous semble plus important de trouver les voies et moyens pour résoudre le problème que constitue le déficit énergétique de notre pays.

C'est dans ce cadre qu'il nous a été demandé d'effectuer cette étude pour le compte de la SONACOS EIL.

Entreprise qui dispose d'un potentiel énergétique non exploité en ce sens qu'elle est à même de produire de l'énergie électrique utilisable dans le réseau électrique national à partir d'une matière première non importée.

C'est ainsi que au chapitre 1 nous avons fait une présentation du parc équipement de la centrale et de l'état dans laquelle se trouve ce dernier.

Au chapitre 2 nous avons déterminé à travers un bilan énergétique et suivant deux cas de figure la quantité d'énergie électrique que la SONACOS peut fournir à la SENELEC tout en maximisant sa production d'huile. Ce qui nous a permis au chapitre 3 d'étudier les différentes configurations pour transférer la puissance de la SONACOS à la SENELEC et d'en retenir que celles qui étaient faisables à savoir la conservation de la ligne existante avec construction de deux postes. (l'une dans l'enceinte de l'usine et l'autre au niveau du croisement) et la pose d'une nouvelle ligne électrique avec construction d'un poste de transformation dans l'enceinte de l'usine. C'est ainsi qu'au chapitre 3 et 4 nous avons effectué l'étude complète des solutions retenues. Etude dans la quelle les besoins en matériel ainsi que leur emplacement ont été déterminé. Le dimensionnement des équipements a été complété par le choix des pouvoirs de coupures et les tenues au courant de défaut, choix effectué grâce aux calculs de défaut minimum et maximum effectué au chapitre 5. Le chapitre 6 traite de la protection du personnel et réseau contre les courants de défaut calculés précédemment et les défauts venant du réseau SENELEC. Enfin nous avons terminé notre étude par un calcul économique qui a permis de déterminer la rentabilité du projet.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA CENTRALE THERMIQUE

La SONACOS E I L dispose d'une centrale thermique qui lui permet de subvenir à ses besoins en énergie électrique et en vapeur de chauffe utilisée au niveau du process. Avant d'entamer notre étude nous allons d'abord procéder à une brève description de la centrale.

1.1 DESCRIPTION DE LA CENTRALE

La centrale dispose de 6 générateurs de vapeur en état de marche, on peut les diviser en deux groupes à savoir la chaudière DUQUENNE et l'ancienne chaufferie.

a) Chaudière DUQUENNE : C'est une chaudière de 30 t/h avec une pression de vapeur de 56 bars et une température de 450 ° C. Le combustible utilisé est la coque d'arachide et / ou de coton.

b) Ancienne chaufferie : Elle est constituée de 5 chaudières dont 4 utilisent la coque vide comme combustible et un fonctionnant au fuel. Ces chaudières débitent une vapeur à une pression de 25 bars et une température de 320 ° C exceptée celle fonctionnant au fuel qui débite une vapeur saturée à 18 bars.

Une partie de cette vapeur est détendue au niveau des turboalternateurs pour la production d'électricité. En effet la SONACOS dispose de deux turboalternateurs dont l'un est avec soutirage à une pression de 18 bars. Ces turboalternateurs fournissent la totalité de l'énergie dont a besoin l'usine en période de marche. L'autre partie de la vapeur est destinée à la fabrication. L'eau distillée utilisée au niveau de la chaudière DUQUENNE est fournis par 4 distillateurs THERMAP et par l'ancienne chaufferie qui est alimentée par l'eau douce du forage.

En cas d'arrêt des turboalternateurs l'énergie électrique est fournie par 3 groupes électrogènes (2 de type POYAUD et 1 de type DEUTZ).

1.2 EXISTANT AU NIVEAU DE LA CENTRALE :

1.2.1 Génératrices :

Nous pouvons diviser les génératrices en deux groupes à savoir les turboalternateurs et les auxiliaires constitués principalement de groupes électrogènes.

a) Turboalternateurs :

TA1 : Il a une puissance de 4.5 MVA, une tension de 2000 V et un courant de 1300 A. Le TA1 est alimenté par de la vapeur à une pression de 56 bars et une température de 450 °C produite par

la chaudière DUQUËNNE. Il peut satisfaire, à lui seul, toute la demande de l'usine en énergie électrique. Ces caractéristiques sont fournies en annexes B.

TA2 : Il a une puissance de 3.75 MVA une tension de 2000 V et un courant de 1080 A. Il est alimenté par de la vapeur à une pression de 26 bars et une température de 320 °C uniquement produite par la vanne de détente, puisque l'ancienne chaufferie ne produit plus de la vapeur à 26 bars. Le TA1 a été transporté en France pour reailtage ce qui lui permettra de fournir de nouveau sa puissance nominale.

1.2.2 Auxiliaires :

a) Groupe électrogène DEUTZ :

C'est un groupe d'une puissance de 1340 KVA, une tension nominale de 400 V et un courant nominal de 1936 A. Ce groupe fonctionne principalement en période d'arrêt. Il peut être synchroniser avec les turboalternateurs, cependant il faut signaler l'inexistence d'un relais de retour de puissance pour sa protection en cas de synchronisation.

La puissance débitée par ce groupe passe à travers un transformateur 400 /250 V d'une puissance de 1900 KVA et un disjoncteur de 4000 A (de type M40H1 servant aussi d'interrupteur pour la synchronisation) pour être injecté au niveau du jeu de barres des auxiliaires. Ce groupe est alimenté par du DIESEL OIL centrifugé.

b) Groupes POYAUD :

La centrale dispose de deux groupes électrogènes POYAUD de 720 KVA de puissance chacune. La tension nominale est de 220 V et le courant nominal est de 1890 A. Comme le groupe DEUTZ ces groupes ne sont utilisés qu'en cas d'arrêt des turboalternateurs.

L'un des groupes est panne depuis 1997 et sa remise en état nécessite un financement.

1.2.3 Transformateurs :

La centrale dispose de 4 transformateurs qui sont

a) Transformateurs 400/250 V du groupe DEUTZ :

Ce transformateur a une puissance de 1900 KVA de type Pauwel Trafo BELGUM. Il sert de tampon entre le groupe Deutz et le jeu de barres des auxiliaires. Il est protégé par un disjoncteur de 4000 A de type M40H1 de Merlin Gerin. Sa tension de court-circuit est égale à 2.17%, son courant nominal est de 2742.4 A, il est couplé en YnaO avec un refroidissement ONAN et une classe d'isolement de IP 05.

b) Transformateurs auxiliaires I et II :

Ces transformateurs permettent de transférer la puissance débitée par les groupes sur le jeu de barres principal. Ils ont une puissance de 800 KVA chacun, une tension de 220/2000V, une tension de court-circuit de 4%, ils sont protégés par deux disjoncteurs de 2000 A.

c) Transformateur alimentation forage et pompe huile TA1 :

Ce transformateur présente la particularité d'avoir une tension de sortie est de 380 V (réseau usine 220 V). Il a une puissance de 50 KVA une tension 2000 /380 V, une tension de court-circuit de 4 %, il est protégé par un disjoncteur de 250 A nominal et des fusibles de 200 A.

1.2.4 Disjoncteurs

On peut les diviser en deux groupes les disjoncteurs BT et les disjoncteurs HT.

a) Les disjoncteurs BT :

On les retrouve principalement au niveau des auxiliaires, ils sont de MERLIN GERIN et de type Masterpact avec un pouvoir de coupure de 75 KA.

b) Les disjoncteurs HT :

Ils servent à protéger les turboalternateurs, les différents départs et la liaison entre auxiliaires et turboalternateurs. Ils sont de type DELLE HP 313 pour les départs et MERLIN GERIN pour la TA1. On retrouvera leurs caractéristiques en annexes.

1.2. 5 Compensation :

La centrale dispose d'une batterie de condensateurs destinée à relever le $\cos\phi$ de la centrale.

Cette batterie est protégée par disjoncteur de type Master Pact.

1.2.6 Limiteurs De Surtension Et Vigilhom :

Le réseau étant de type IT l'installation de vigilhom devient indispensable pour la détection des défauts d'isolement.

La valeur du $\cos\phi$ étant très proche de 1 est à l'origine de l'installation des limiteurs de surtension.

1.2. 7 Appareils de Mesure :

Nous avons un ensemble de TI et de TP pour les mesures et le comptage de chaque turboalternateur et de chaque départ.

1.2. 8 Colonne de Synchronisation :

La centrale dispose de 2 colonnes de synchronisation dont l'une permet de mettre dans le réseau l'ensemble des groupes excepté le DEUTZ et l'autre le DEUTZ. La première est constituée d'une synchronisation manuelle et automatique avec un synchronostat type UNK 2951 b-7 variante 5.

CHAPITRE 2 : DETERMINATION DE LA QUANTITE D'ENERGIE DISPONIBLE POUR UNE FOURNITURE EXTERNE

A. CAS 1 : L'ACHAT D'UNE NOUVELLE CHAUDIERE N'EST PAS ENVISAGE

L'objectif de cette partie est de déterminer la quantité d'énergie électrique que l'on peut fournir à la SENELEC de manière continue et tout en maximisant la production. Pour se faire il faut déterminer pour une journée donnée le tonnage qu'il faut traiter aussi bien en arachide qu'en coton pour que la production de cette journée puisse être considérée comme bonne.

En relation avec le département de la fabrication les valeurs suivantes ont été obtenues à savoir 700 t/j pour l'arachide et 150 t/j pour le coton .

Avec les feuilles de consommation et de production de l'année 98 nous avons cherché les jours où cette production avait été atteinte ou dépassée . Ceci a donné comme résultat les jours suivants : le 10-02-98, le 27-02-98, le 02-03-98, le 08-03-98 et le 17-03-98.

Nous allons nous pencher sur la production, les consommations de vapeur et la production d'énergie électrique de ces jours.

2.1 ETUDE DE LA JOURNEE DU 10 - 02 - 98 :

Nous allons présenter la méthode utilisée pour cette journée. Les résultats des autres jours seront présentés sous forme de tableau.

- Production arachide et coton à la date du 10-02-98 :

Arachide : 751.282 t

Coton : 150.86 t

Cette journée peut être considérée comme une journée où la production a été bonne.

2.1.1 Calcul de la quantité de vapeur produite :

La centrale a consommé : 521 t

La fabrication a consommé : 272 t

Ce qui nous fait une moyenne journalière de :

$$Q_{\text{tot}} = 33 \text{ t/h}$$

Le tableau de consommation nous donne la quantité de vapeur condensée soit

$$Q_{\text{turb}} = 15.29 \text{ t/h}$$

A cette date le soutirage étant fermé on a :

$$Q_{\text{sout}} = 0 \text{ t/h}$$

2.1.2 Calcul de la quantité de vapeur produite par la DUQUENNE :

Les relevés de quart de la chaudière donne un débit moyen de :

$$Q_{\text{ch}} = 24.5 \text{ t/h}$$

Cette valeur étant inférieure à ce qui a été turbiné il y a donc une partie de la production DUQUENNE qui a été détendue au niveau de la vanne de laminage et cette quantité est la différence entre la production DUQUENNE et le débit turbiné :

$$Q_{\text{détent}} = 24.5 - 15.29$$

$$Q_{\text{détent}} = 9.21 \text{ t/h}$$

2.1.3 Calcul de la quantité de vapeur produite par l'ancienne chaufferie :

C'est la différence entre la production DUQUENNE et la production totale de vapeur.

$$Q_{\text{anci}} = 33 - 24.5$$

$$Q_{\text{anci}} = 8.5 \text{ t/h (ce débit comprend la quantité d'eau injectée pour la désurchauffe)}$$

2.1.4 Le débit tiré par la fabrication :

Avec les feuilles de consommation on a :

$$Q_{\text{fab}} = 11.33 \text{ t/h}$$

2.1.5 Le débit utilisé par la chaufferie et la centrale :

C'est le débit total dont on soustrait , le débit turbiné , le débit tiré par la fabrication

$$Q_{\text{cent}} + Q_{\text{chauf}} = 33 - 15.29 - 11.33$$

$$Q_{\text{cent}} + Q_{\text{chauf}} = 6.38 \text{ t/h}$$

2.1.6 Le débit utilisé par la chaufferie :

C'est le débit de vapeur nécessaire pour faire fonctionner 4 THERMAPS et le dégazeur

$$Q_{\text{chauf}} = 4 \times 1 + 1.8$$

$$Q_{\text{chauf}} = 5.8 \text{ t/h}$$

2.1.7 Le débit utilisé par la centrale :

$$Q_{\text{cent}} = 6.38 - 5.8$$

$$Q_{\text{cent}} = 0.58 \text{ t/h}$$

Qui est le débit consommé par l'éjecteur du condenseur de la TAI.

2.1.8 La production d'énergie correspondante :

$$E = 63 \text{ MWH}$$

Soit une puissance moyenne de :

$$P_m = 2.625 \text{ MW}$$

2.1.9 Les caractéristiques de la vapeur :

Admission turbine : $P = 56 \text{ bars}$; $T = 440 \text{ °C}$

Echappement turbine : $P = 0.15 \text{ bar}$ $T = 95.16 \text{ °C}$

RESULTATS DES AUTRES JOURS

TABLEAU 1.

DATE	PRODUCTION		Vapeur consommée		Q moy	Q turb	Q ch	Q dét	Q anc	Q cent	Q chauff	Q fab	E	Pm
	Arach	Coton	Centr	Fabrication	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	MWH	MW
27-02	740.59	156.54	502	298	33.33	14.75	25	7.25	8.33	0.86	5.8	12.42	66.8	2.78
02-03	695.694	221.56	505	270	32.29	14.67	24.33	9.66	7.96	0.98	5.8	11.25	66.6	2.77
08-03	802.976	132.12	492	287	32.46	14.167	25.5	11.33	6.96	0.52	5.8	11.96	58.8	2.45
17-03	758.571	152.58	514	266	32.5	15.17	26.75	11.58	5.75	0.45	5.8	11.08	64.4	2.68

2.2 ANALYSE DES RESULTATS

a) Débit moyen : sa valeur est comprise entre 32 et 34 t/h et varient beaucoup plus en fonction de la production d'arachide qu'en fonction de la production de coton. Nous estimons pour ne pas perturber la production qu'il faudrait prévoir une production de 34 t/h en moyenne .

b) Débit turbiné : il est compris entre 14 et 15 t/h et fournit une puissance inférieure à 2.8 MW.

c) Production de la chaudière DUQUENNE : la chaudière produit une moyenne de 25.2 t/h, ce qui est en deçà de sa capacité, puisque cette chaudière est dimensionnée pour 30 t/h et qu'elle peut produire 28 t/h avec facilité.

d) Débit détendu : c'est la partie de la production DUQUENNE non turbinée, sa valeur varie entre 7 et 11 t/h.

e) Ancienne chaufferie : on va surtout s'intéresser au maximum qu'on peut tirer sans trop de problème. Au vu des résultats on peut tabler sur une valeur de 4 t/h effective au niveau des chaudières.

f) La demande de la fabrication : elle tourne autour de 11 à 12 t/h pour une marge de sécurité nous allons prendre la demande de la fabrication comme étant égale à 13 t/h.

g) La vapeur consommée par la centrale et la chaufferie : l'appel de vapeur de la chaufferie est à peu près constante et égale à 5.8 t/h, celui de la centrale varient suivant le fonctionnement des éjectair et varie de 0.5 à 1 t/h donc l'appel de vapeur de la centrale et de la chaufferie est estimée à 7 t/h.

h) La puissance : le maximum qu'on a trouvé est 2.78 MW alors que la machine peut fournir théoriquement jusqu'à 3.6 MW.

2.3 CONTRAINTES A SATISFAIRE POUR NE PAS PERTURBER LA FABRICATION

- a) Assurer un débit de 13 t/h pour la fabrication.
- b) Assurer un débit de 7 t/h pour la centrale et la chaufferie.
- c) Assurer la demande en énergie de l'usine qui est de 2.8 MW.

2.4 SOLUTION PRECONISEE (Voir figure 1 et 2 à la page 11 et 12)

- d) Faire fonctionner la chaudière DUQUENNE à 28 t/h.
- e) Faire fonctionner l'ancienne chaufferie a un débit de 4 t/h.
- f) Utiliser le soutirage de la turbine pour produire de la vapeur à 18 bars.

a) En première approximation nous allons injecter les 28 t/h de la chaudière au niveau de la turbine, fermer la vanne de détente et soutirer 15 t/h de la turbine. Nous remarquons alors que les 15 t/h ajoutées au 4 t/h de l'ancienne chaufferie sont inférieures aux 20 t/h dont nous avons besoin (7 t/h pour la centrale et 13 t/h pour la fabrication).

b) En deuxième approximation nous allons injecter 26 t/h au niveau de la turbine et détendre 2 t/h au niveau de la vanne de détente, soutirer 13 t/h au niveau de la turbine et les 4 t/h de l'ancienne chaufferie ce qui donne moins que les 20 t/h dont on a besoin, pour une puissance de 3,6 MW fournie par le turboalternateur.

c) En nous référant à la courbe caractéristique de la turbine, on voit que pour un débit de 26 t/h turbiné avec un soutirage de 15 t/h on peut espérer 3.3 MW de l'alternateur. Ces 15 t/h auxquelles nous ajoutons les 4 t/h de l'ancienne chaufferie et les 2 t/h détendue au niveau de la vanne de laminage nous permettent de satisfaire les besoins en vapeur de chauffe et en énergie électrique pour une fourniture externe.

2.5 DETERMINATION DE LA PUISSANCE DISPONIBLE EN TEMPS DE MARCHE

La puissance disponible au niveau turbine : 3.3 MW

La demande au niveau de l'usine : 2.8 MW

Soit une puissance disponible de 500 KW, puissance trop faible pour une fourniture externe.

En conclusion nous pouvons dire que dans les conditions actuelles de marche une fourniture externe d'énergie n'est pas envisageable.

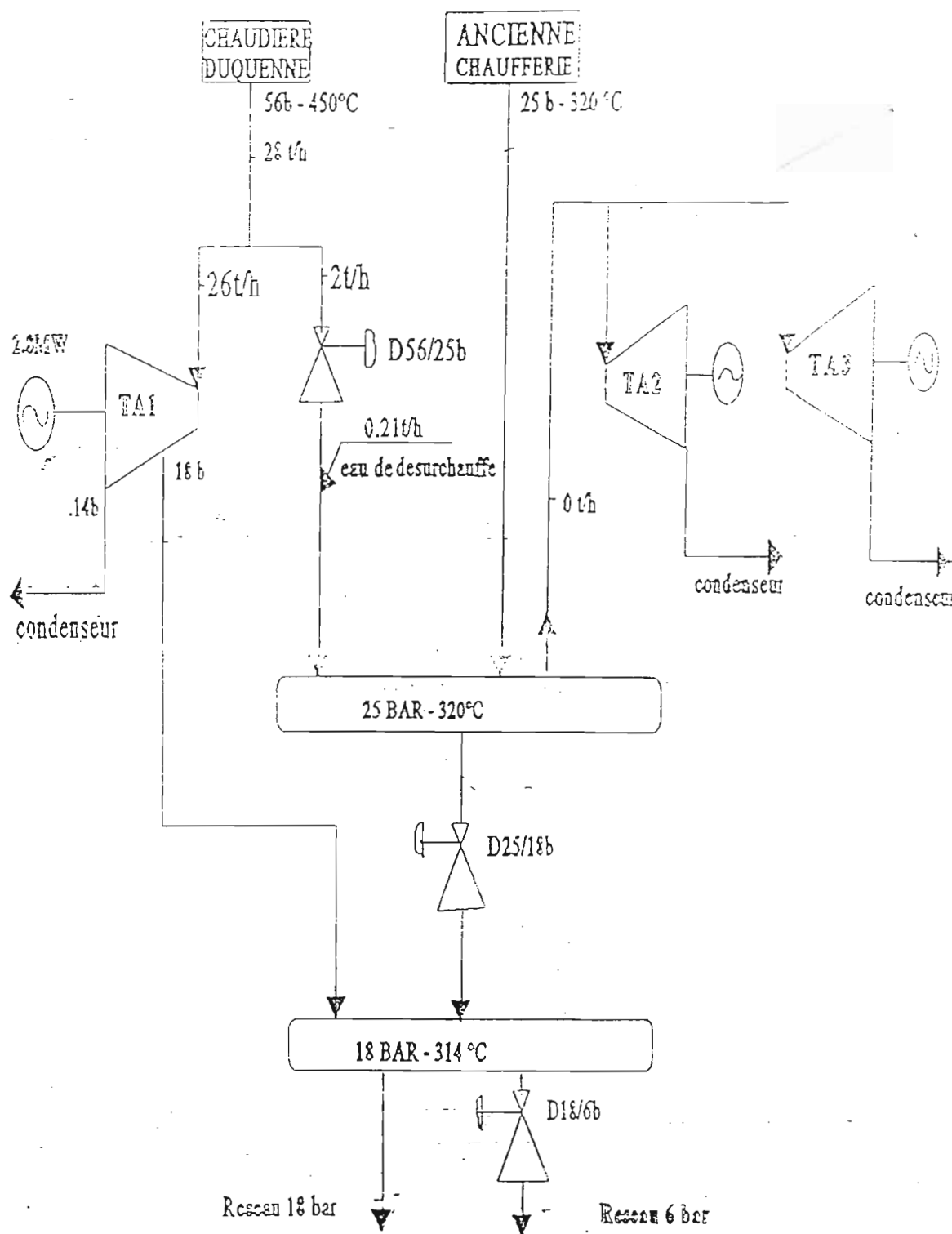


Figure 1 : Centrale thermique avant modification.

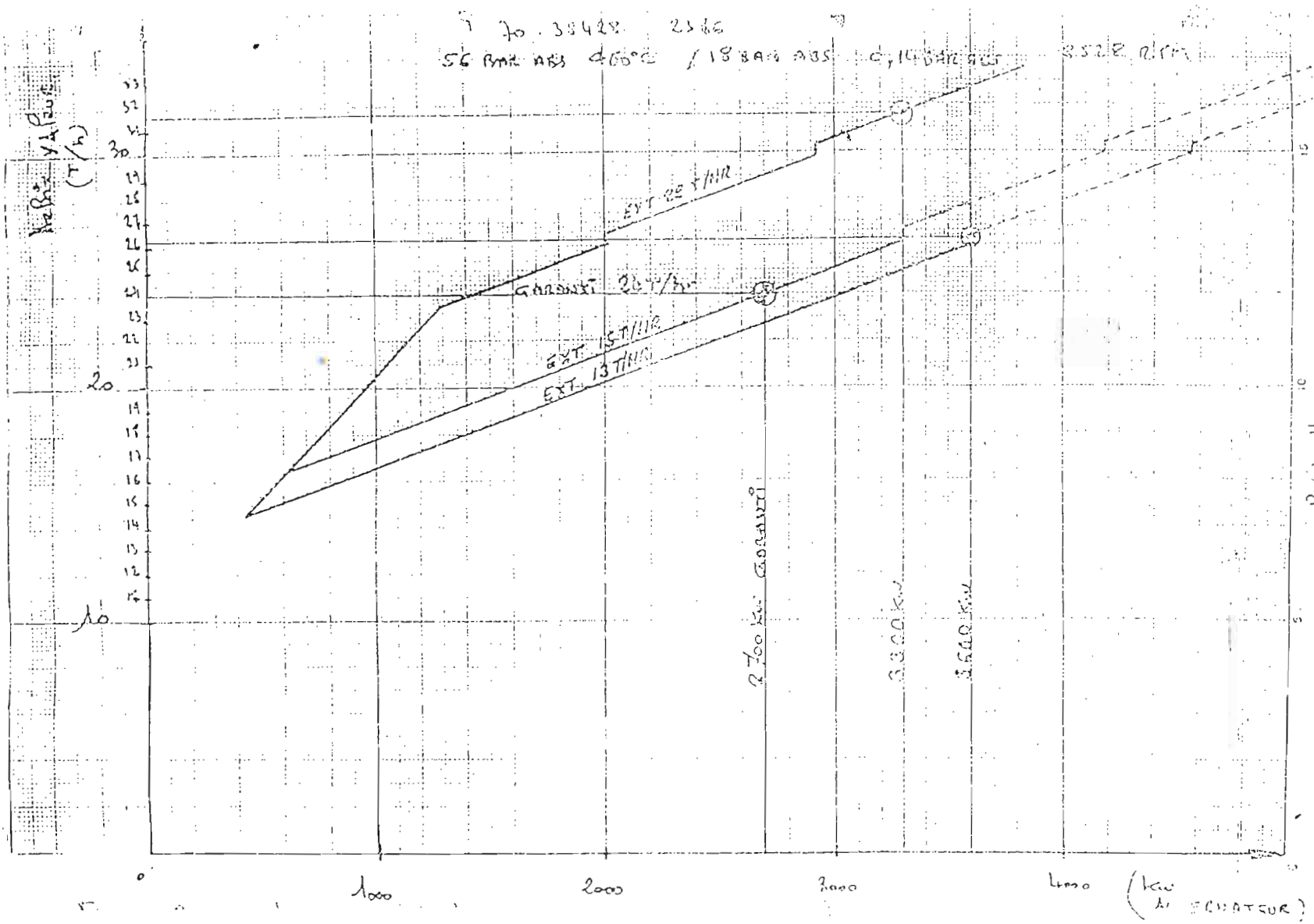


Figure 2 : Courbe caractéristique de la TAI.

B. CAS 2 : L'ACHAT D'UNE NOUVELLE CHAUDIERE EST ENVISAGE**1°) Caractéristiques de la nouvelle chaudière :**

Puissance : 25 t/h.

Vapeur : 56 bars.

Température : 450 °C.

Combustible : coque d'arachide ou de coton et fuel lourd.

Toute la vapeur produite par cette chaudière sera détendue au niveau de la vanne de détente.

2°) Calcul de la quantité de vapeur disponible après désurchauffe :

Nous partirons d'un débit de 23 t/h de la nouvelle chaudière, une température de 450 °C et une pression de 56 bars.

Calcul du débit d'eau de désurchauffe :

Pression amont vanne = 56 bars

Température = 450 °C

Enthalpie h_s = 3308.6 KJ/Kg

Pression à la sortie = 26 bars

Température = 320 °C

Enthalpie h_{det} = 3049.2 KJ/Kg

Eau de désurchauffe :

Pression de 70 bars

Température = 105 °C

Enthalpie h_{eau} = 448.1 KJ/Kg

$$M_s \times h_s + h_{eau} \times M_{eau} = (M_s + M_{eau}) \times h_{det}$$

$$M_{eau} = 25000 \times (3049.2 - 3308.6) / (448.1 - 3049.2)$$

$$M_{eau} = 2.493 \text{ t/h}$$

Soit un débit de 27.493 t/h turbinable au niveau de la TA II.

3°) Fonctionnement de TAI et de la chaudière DUQUENNE :

Pour le TAI ainsi que la chaudière DUQUENNE nous allons conserver le même fonctionnement que précédemment. Ainsi on a :

débit soutiré : 15 t/h.

débit détendu : 2 t/h.

4°) Détermination des nouveaux besoins en vapeur de la centrale :

Cette vapeur est essentiellement utilisée au niveau des thermaps et des éjecteurs pour le vide des condenseurs et au niveau du dégazeur.

Estimation de la consommation de vapeur de la centrale :

Les besoins en vapeur de la centrale se résument à ceux des éjecteurs au niveau des condenseurs , besoins estimés entre 0.5 à 1 t/h par condenseur. Nous considérerons la valeur de 1 t/h par condenseur(cas le plus défavorable).

Estimation de la consommation en vapeur de la chaufferie :

La consommation de vapeur de la chaufferie se résume à celui des thermaps et du dégazeur . Les purges sont estimées à 2 t/h pour la nouvelle chaudière.

Pour le dégazeur :

Les purges de la nouvelle chaudière sont estimées à 2t/h, ce qui donne un débit d'eau alimentaire de 25t/h, le dégazeur consomme 1.8t/h par 30t dégazé soit une consommation de 1.5t de vapeur pour les 25t/h.

Pour les thermaps :

Les purges de la nouvelle chaudière sont estimées à 2t/h ajoutées au 4t/h d'eau distillée perdue par l'élimination de l'ancienne chaufferie, nous imposent l'installation de deux distillateurs d'une capacité de 4t/h qui consomment 1t/h de vapeur chacune. Soit une consommation de vapeur de 3.5t/h induite par l'installation de la nouvelle chaudière.

5°) Estimation de la consommation en énergie électrique :

La nouvelle chaudière comportera :

une pompe alimentaire : 160 KW

un ventilateur de tirage : 160 KW

deux ventilateurs (secondaire et soufflage) : 2 x 45 KW

circuit d'alimentation : 10 KW

Soit un total de : 420 KW

6°) Contraintes à assurer pour assurer une bonne production avec l'installation de la nouvelle chaudière (Voir figure)

Production de vapeur de chauffe :

Fabrication : 13 t/h
6 Thermaps : 6 t/h
Dégazeur : 1.8 + 1.64
Chaufferie : 9.3 t/h
2 éjecteurs : 2 t/h
Total : 11.3 t/h

Soit un besoin total de $13 + 11.3 = 24.3$ t/h de vapeur de chauffe.

Production d'électricité :

$$P = 2.8 + 0.42 = 3.22 \text{ MW}$$

Calcul de la quantité de vapeur disponible pour la turbine TAIL:

Vapeur soutirée de la TAI : 15 t/h

Vapeur du qu - ^{mm} turbinée : 2 t/h

Vapeur nouvelle chaud : 25.3 t/h soit un total de 42.3 t/h de vapeur à 26 bars et 320° C.

Besoin centrale + chauff + fabric. : 24.3 t/h

donc il restera 18 t/h de vapeur à 26 bars et 320 °C. Voir figure 3.

7°) Quantité d'énergie disponible pour une fourniture externe :

La turbine TAIL consomme 6 Kg de vapeur par KWh produit soit une puissance de $16 \cdot 10^3$ = 3000 KW ou 3 MW.

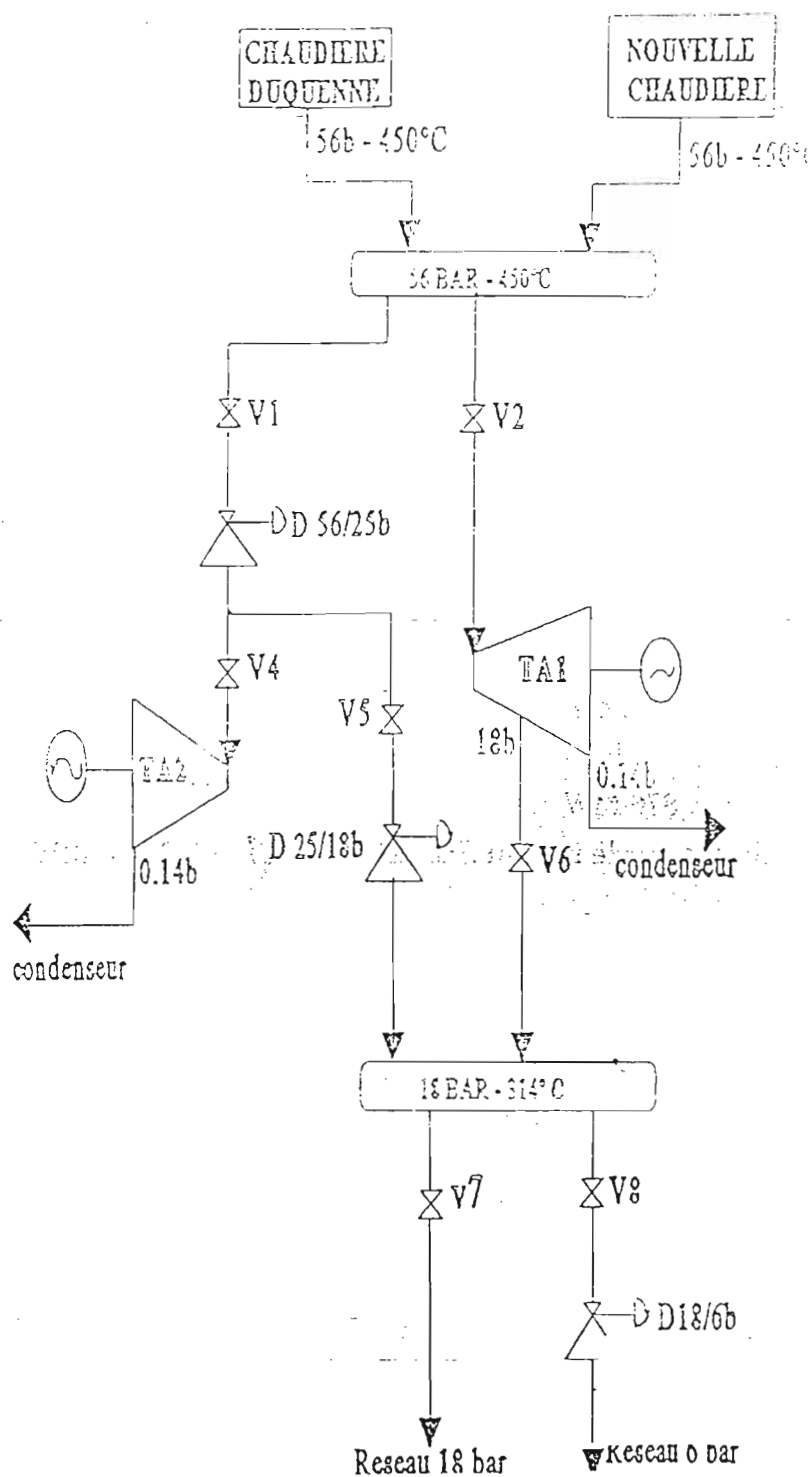


Figure 3 : Centrale thermique après modification.

8°) Besoins en coque et en fuel pour cette puissance :

Pour la chaudière Duquenne

Le rendement de la chaudière duquenne est pris égale à $\eta_{Duq} = 70,3\%$ valeur de projet de fin d'étude portant la centrale de la SONACOS Lyndiane.

Nous avons: $M_{cque} = E / (\eta \times Dq \times PCI)$

M_{cque} = Masse de coque par heure.

E_{Dq} = la quantité d'énergie fournie par la chaudière duquenne

PCI = Pouvoir caorifique inférieur de l'arachide

η_{Dq} = rendement de la chaudière Duquenne

M_{vp} = débit de vapeur produite

Entrée chaudière : $P_c = 56$ bars $t_e = 105^\circ$ $H_a = 444,08$ kg/kg

Sortie chaudière : $P_s = 56$ bars $T_s = 450^\circ$ C $h_s = 3305,4$ kg/kg

$E_{Dq} = M_{vp} (3305,4 - 444,08)$

$E_{Dq} = 2861,32 M_{vp}$

$M_{cque} = 2861,32 \times M_{vp} / (0,7 \times 4200 \times 4,1868)$

$M_{cque} = 2861,32 \times 2810^3 / (0,7 \times 4200 \times 4,1868)$

Par la nouvelle chaudière

Nous considérons que cette chaudière fonctionne à **23** t/h. Le rendement de la chaudière est pris à 0,8.

$M_{cque} = Enc / (\eta_{nc} \times PCI)$

$Enc = M_{vp} (h_s - h_e)$

$Enc = 2861,32 M_{vp}$

$M_{cque} = 2861,32 \times M_{vp} / (0,8 \times 4200 \times 4,1868)$

$M_{cque} = 4.6$ t/h

Les besoins total en coque en cas de fonctionnement des deux chaudières est égale à :

$$M_{cque} = 10,66 \text{ t/h}$$

$$M_{cque} = 255,84 \text{ t./j}$$

Les besoins fuel de la nouvelle chaudière

Pour les mêmes considérations que précédemment nous avons :

$$M_{fuel} = ENC / (\eta_{nc} \times PCI)$$

$$ENC = M_{vp} (h_s - h_e)$$

$$PCI = 9460 \text{ Kcal/kg}$$

Prix de la tonne : 96.000 FCFA

$$\text{Entrée chaudière : } P_c = 56 \text{ bars} \quad T_e = 105^\circ\text{C} \quad h_e = 444,08 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Sortie chaudière : } P_s = 5 \text{ bars} \quad T_s = 450^\circ \quad h_s = 3305,4 \text{ kJ/kg}$$

$$ENC = M_{vp} (3305,4 - 444,08)$$

$$ENC = 2861,32 M_{vp}$$

$$M_{fuel} = 2861,32 \times 2310^3 / 0,8 \times 9460 \times 4,1868$$

$$M_{fuel} = 2,078 \text{ t/h de fuel}$$

9°) Conclusion

De cette étude énergétique il ressort que la SONACOS dispose en permanence d'une puissance de 3MW pour une fourniture externe et ce avec l'achat d'une chaudière mixte de 25 t/h .

En prévision du relèvement du facteur de puissance à 0.95 en amont du réseau SENELEC, on se retrouve avec une puissance apparente de 3.159 MVA.

CHAPITRE 3 : ETUDE DE LA CONFIGURATION DU RESEAU A ADOPTER

Ce chapitre a pour objet la détermination des différentes configurations possibles pour transmettre la puissance de la SONACOS à la SENELEC.

Nous allons étudier les différentes configurations possibles avant de passer à une étude comparative qui nous permet de déterminer la configuration à adopter.

3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Avant d'entamer cette étude il est bon de faire une description de la zone du projet.

3.2 SOLUTION 1 :

Cette solution consiste principalement en la construction d'un seul poste qui remplira la fonction de transformation et d'interconnexion. Ce poste sera placé au niveau du croisement. (voir Figure 4).

3.2.1 Avantages :

Parmi les avantages de cette solution nous pouvons citer: conservation de la ligne de 2kV existante ainsi que des postes jardin et seccos (ce qui diminue considérablement les coûts d'installation), construction d'un poste unique.

3.2.2 Inconvénients :

Parmi les inconvénients de cette solution nous pouvons citer : la faiblesse de la puissance que l'on peut transmettre.

Si l'interconnexion est automatique, nous aurons besoin d'un système de transmission d'information ayant accès aux commandes du premier des groupes mis sur le réseau, ainsi que d'une télécommande pour les disjoncteurs.

3.2.3 Description du poste :

Ce poste sera constitué d'un sectionneur de mise à la terre, d'un sectionneur à l'entrée du poste, d'un jeu de barres principal sur lequel est mis le transformateur protégé par deux disjoncteurs, un en amont et un en aval, ce dernier étant utilisé comme disjoncteur de couplage allant vers le jeu de barres SENELEC qui est muni de deux interrupteurs, pour le départ Fatik et l'autre pour le départ Kaolack.

Un autre départ vers les logements jardin qui est muni de deux sectionneurs et d'un disjoncteur.

3.2.4 Faisabilité Technique :

La puissance à transmettre est de 3MW, la longueur de la ligne aérienne est 1,6 km Ligne en Almenec 54.6mm²

- calcul du moment électrique :

$$M = P \times l \quad M = 1,6 \times 3 \quad (M = 4,8 \text{ MW.km})$$

P : puissance à transmettre : longueur de la ligne

- calcul du moment qui engendre une chute de tension de 1% :

$$M_1 = \frac{U^2}{100 (R + L(\tan(\varphi)))}; U \text{ en kV, } M_1 \text{ en MW.Km}$$

$$M_1 = \frac{2^2}{100 (0.603 + 0.35 \times 0.5)}; R = 0.603 \, \Omega / \text{km} \quad L = 0.35 \, \Omega / \text{km}$$

$$M_1 = 0.0514 \text{ MW.Km.}$$

- calcul de la chute de tension engendrée par M :

$$U = M/M_1 \quad U = 4.8/0.0514 \quad U = 93.38\%$$

Ce résultat montre que la ligne 2kV ne peut transporter une puissance de 3MW.

3.2.6 Conclusion

Nous pouvons dire que cette solution n'est pas envisageable.

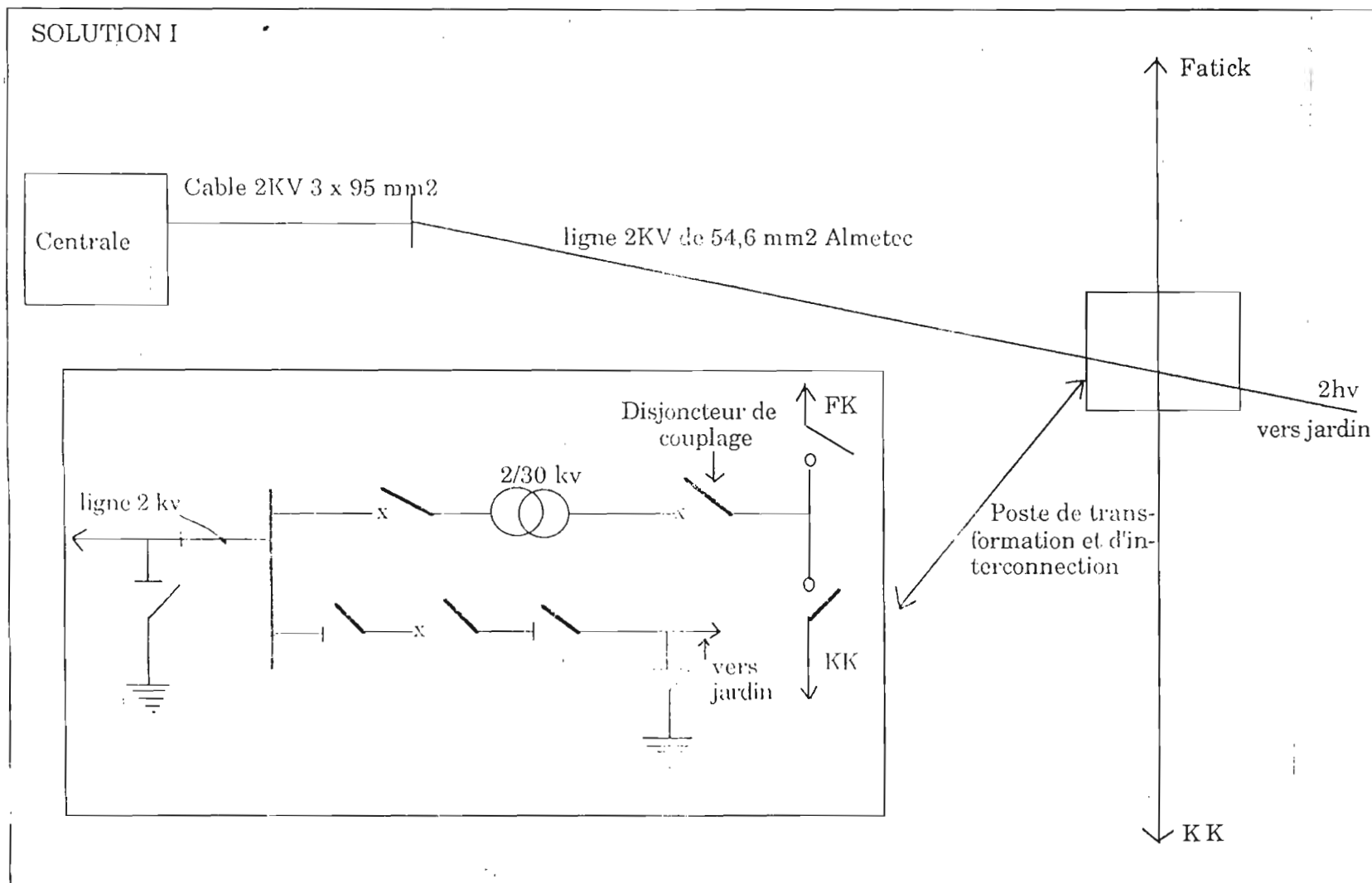


Figure 4 : Configuration de la Solution I.

3.3 SOLUTION 2 :

Elle consiste à l'installation du poste de transformation dans l'enceinte de l'usine et le poste d'interconnexion ~~en ce qui concerne~~ ^{au niveau du croc} le croisement (voir figure 5).

3.3.1 Avantages :

Parmi les avantages de cette solution nous pouvons citer: la conservation de la ligne existante, la puissance que l'on peut transférer beaucoup plus élevée, l'existence d'une alternative qui permet de conserver les postes du jardin et du secco. Cette alternative consiste en l'installation d'un transformateur abaisseur de 30kV /2kV au niveau du poste d'interconnexion, ce qui nous permet ainsi d'alimenter le départ vers le jardin du poste d'interconnexion en 2kV.

3.3.2 Inconvénients :

Parmi les inconvénients de cette solution nous pouvons citer: la construction de deux postes, l'existence de problèmes de transmission d'information lors de l'interconnexion possible. Ces problèmes sont identiques à ceux de la solution 1.

3.3.3 Description du poste :

Le poste de transformation est constitué d'un transformateur de puissance protégé par deux disjoncteurs, un en amont et un en aval et d'un sectionneur de mise à la terre.

Le poste d'interconnexion sera constitué d'un sectionneur de mise à la terre, d'un sectionneur à l'entrée d'un jeu de barres principal avec un départ lié à un disjoncteur de couplage qui dessert un jeu de barres secondaire sur lequel nous avons placé deux interrupteurs, l'un pour le départ Kaolack et l'autre pour le départ Fatick.

Un autre départ vers les postes seccos et le jardin muni de deux sectionneurs, d'un disjoncteur, d'un transformateur abaisseur 30kv/2kv avec son jeu de fusibles de protection.

3.3.4 Faisabilité technique :

- calcul des chutes de tension :

Le moment $M = 4.8Mw.km$

Ligne type Almelec 54.6mm²

- Calcul du moment qui engendre une chute de tension de 1% :

$$M_1 = \frac{U^2}{100 (R + L(\tan(\varphi)))} ; U \text{ en kV, } M_1 \text{ en MW.Km}$$

$$M_1 = 30^2 / 30 (0.603 + 0.35 \times 0.5) = 7.9 \text{ MW.Km}$$

- Calcul de la chute de tension engendrée par M :

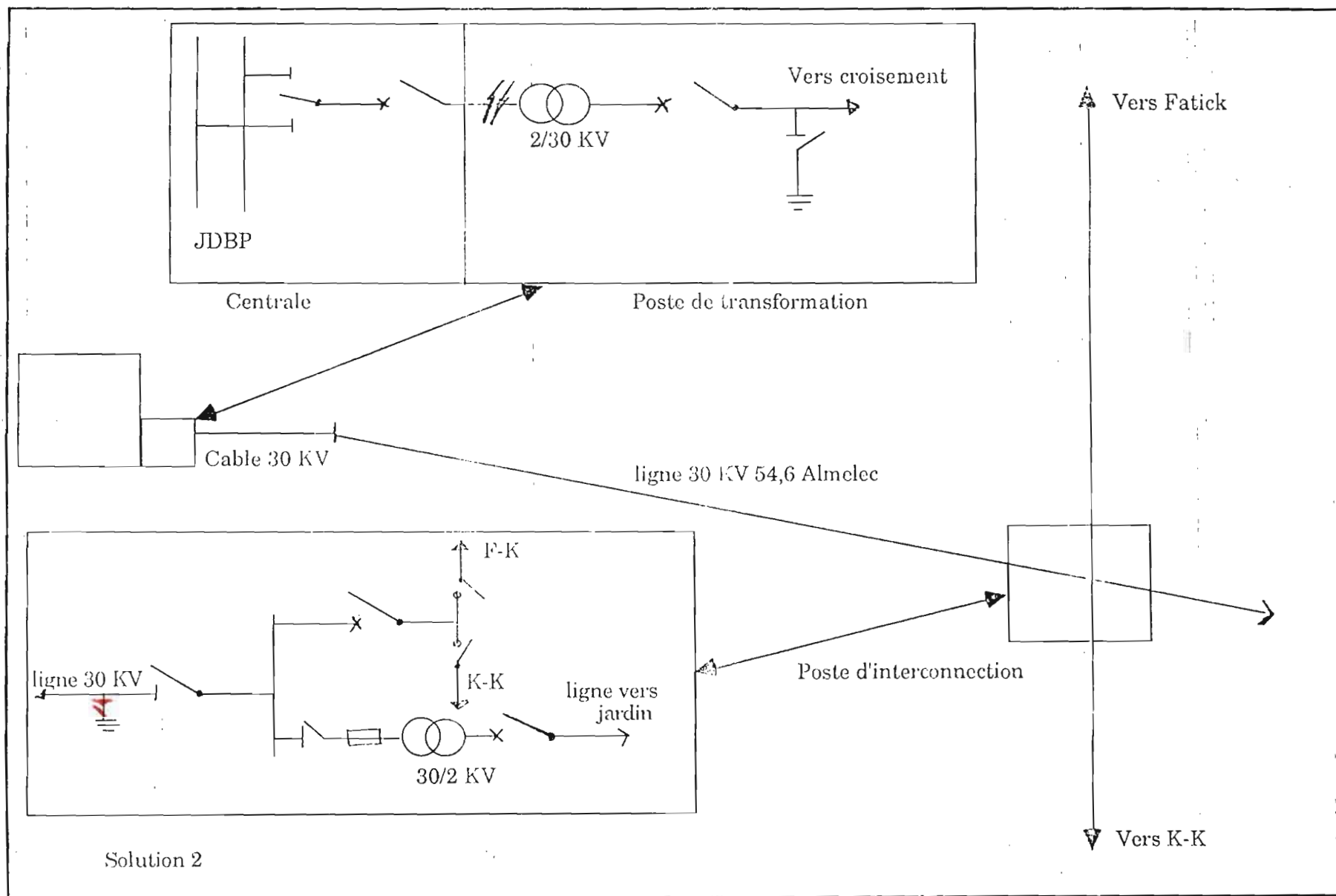
$$U = M/M_1 \quad U = 4.8/7.9 \quad U = 0.6 \%$$

De ce résultat nous tirons que les chutes de tension ne posent pas de problèmes, ce qui constitue un grand avantage lors de l'interconnexion.

▪ **Remarque :**

L'inconvénient dû à la nécessité d'un système d'information lors de l'interconnexion peut être évité en utilisant le disjoncteur en aval du transformateur comme disjoncteur d'interconnexion. Cette alternative s'accompagne d'une télécommande des disjoncteurs du poste d'interconnexion à partir de la centrale, ou nécessitera le déplacement d'une personne au niveau du poste d'interconnexion et une coupure momentanée des postes jardin et seccos.

Figure 5 : Configuration de la Solution II.



3.4 SOLUTION 3 :

Cette solution est conditionnée par la réalisation de la ligne 30kV desservant la NOVASEN, ligne qui est en stade de projet (voir figure 6).

Le poste de transformation et d'interconnexion sera placé à côté de la centrale. La ligne existante aura pour fonction d'alimenter les postes du jardin et du secco. On aura un départ en câble de la centrale vers le poste de la SENELEC.

3.4.1 Avantages :

Parmi les avantages de cette solution nous pouvons citer: la proximité de l'usine, la construction d'un poste unique et moins de matériel à acheter.

3.4.2 Description du poste :

Ce poste ressemble à celui décrit à la solution 2 à la différence qu'on a l'élimination des interrupteurs de départ vers le jardin, c'est le poste le plus simple.

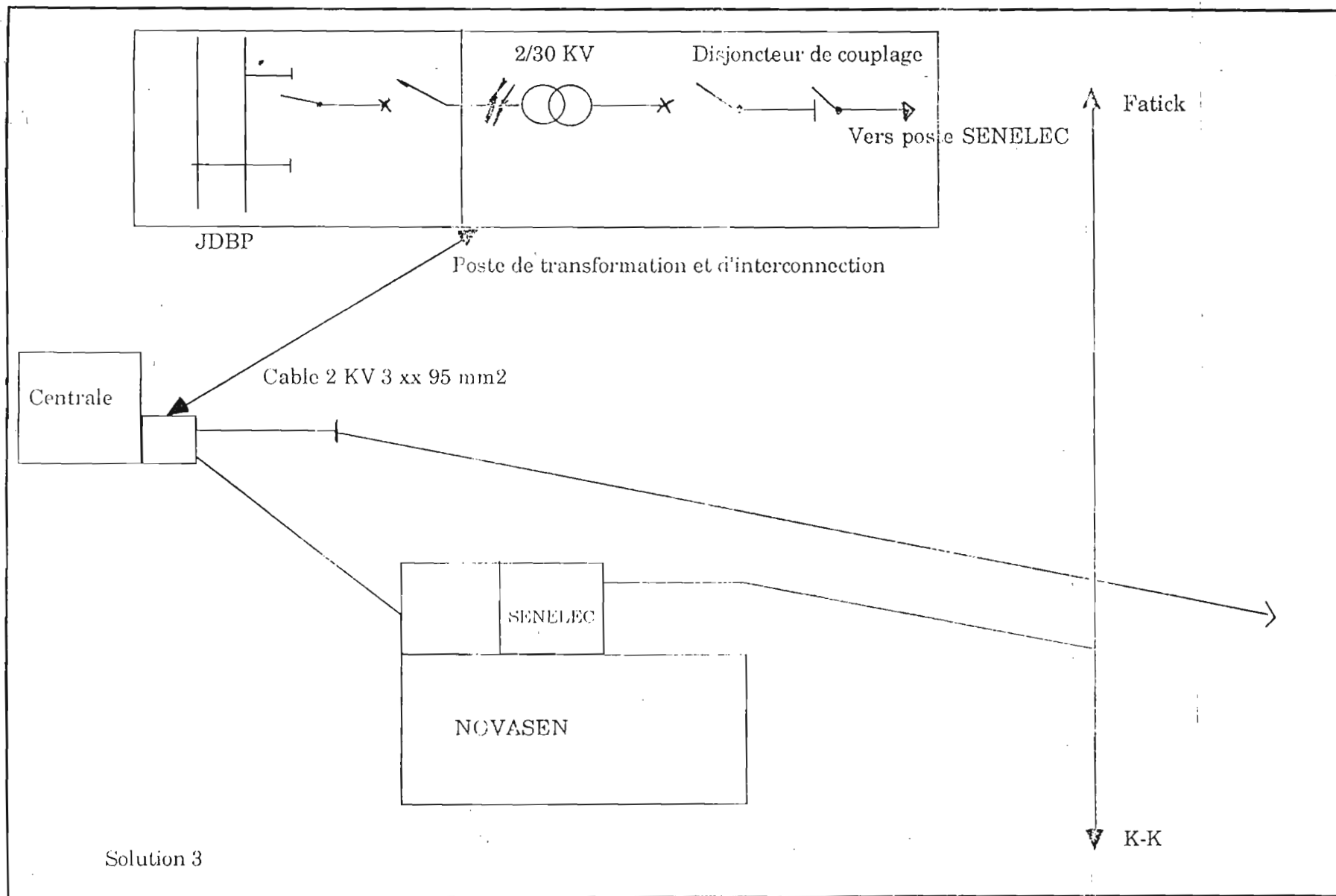
3.4.3 Faisabilité technique :

A priori rien ne s'oppose à cette construction, mais la seule contrainte est la réalisation du poste de la NOVASEN en plus de la ligne.

3.4.4 Conclusion :

Cette solution n'est pas envisageable du fait des relations tendues entre la SONACOS et la NOVASEN.

Figure 6 : Configuration de la Solution III.



3.5 SOLUTION 4

Elle consiste en l'installation d'une nouvelle ligne de 30 kV partant de l'enceinte de l'usine au croisement avec l'installation du poste d'interconnexion et de transformation dans l'enceinte de l'usine.

3.5.1 Avantages:

Parmi les avantages de cette solution nous pouvons citer: la proximité de centrale, la puissance que l'on peut faire transiter est beaucoup plus élevée et la simplicité de la solution en tant qu'étude et contrainte de fonctionnement.

3.5.2 Inconvénient :

l'installation d'une nouvelle ligne de 30kV.

3.5.3 Description du poste :

Il ressemble à la solution 3 à un sectionneur de mise la terre près.

Installation d'un poste de comptage et compensation au niveau du croisement.

3.5.4 Faisabilité Technique :

Même remarques qu'à la solution 3.

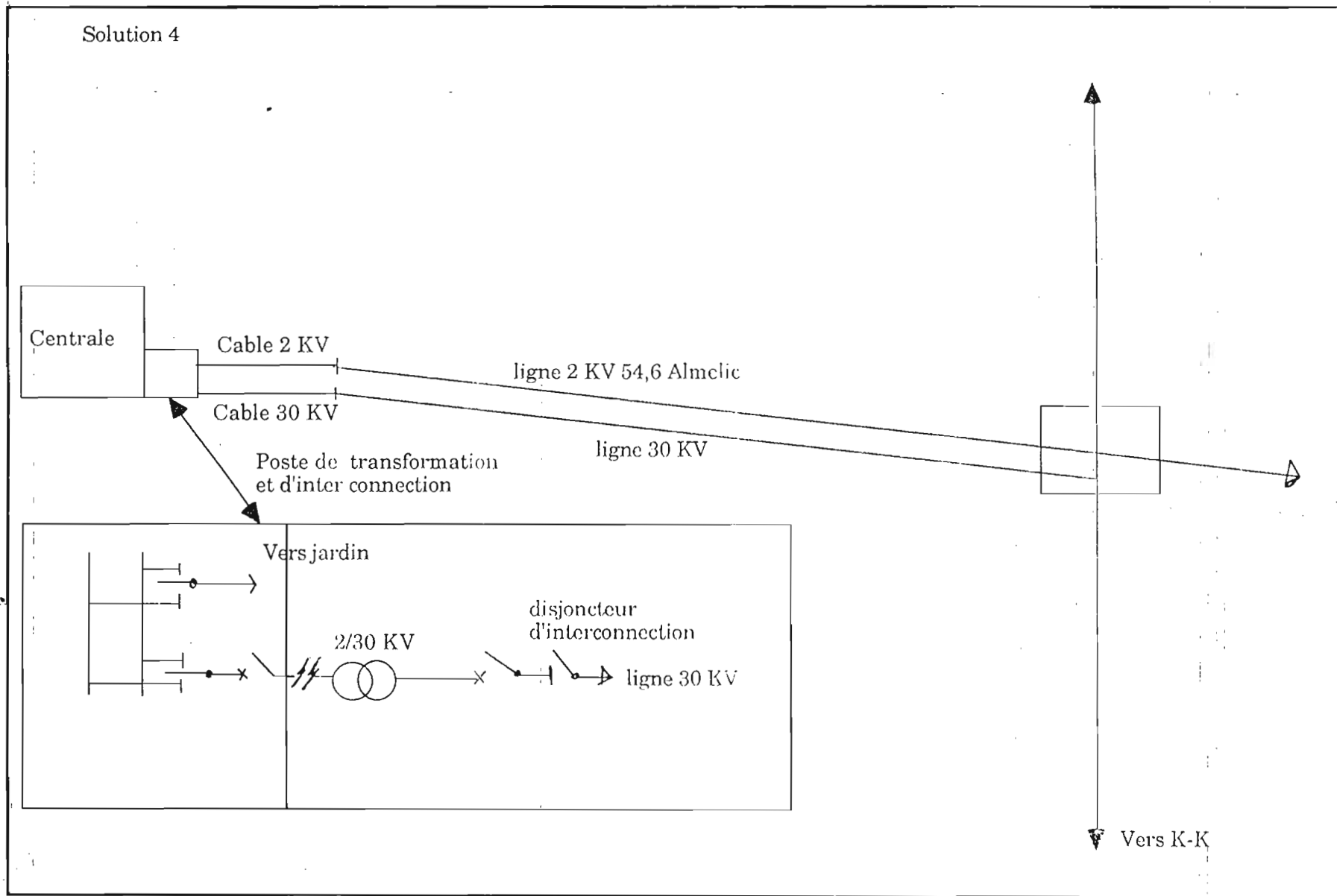


Figure 7 : Configuration de la Solution IV.

TABLEAU COMPARATIF DES SOLUTIONS**TABLEAU 2 :**

	Ligne	Postes	Disjoncteurs	transfos	Sectionneurs	Interrupteur	Personnel et autre
Solution 1	Ligne existante Niveau de tension <i>2 HV</i>	1 poste	3 disjoncteurs	1 sur P.	5 sectionneurs dont 2 MALT	2 interrupteurs	Nécessaire au niveau du poste
Solution 2	Ligne existante Niveau de tension 30kV	2 postes	3 disjoncteurs	1	6 sectionneurs dont 3 MALT	2 interrupteurs	Lors de l'intersection <i>intersection</i>
Solution 3	Pas de ligne , un câble de faible longueur	1 poste	2 disjoncteurs	1	2 sectionneurs		une télécommande
Solution 4	Nouvelle ligne de 30kV	<i>2</i> postes	2 disjoncteurs	1	4 sectionneurs dont 2 MALT	2 interrupteurs	Pas nécessaire

3.6. CONCLUSION :

De l'étude de la configuration externe, il ressort que la solution N° 1 est impossible du fait des chutes de tension, la solution 3 a été rejetée par la SONACOS du fait des relations tendues existant entre la NOVASEN et la SONACOS.

Donc notre étude comparative portera essentiellement sur les solutions 2 et 4.

CHAPITRE 4 : SOLUTION 2 : UTILISATION D'UNE LIGNE UNIQUE

A ETUDE DE LA CONFIGURATION DU RESEAU A ADOPTER :

Ce chapitre a pour objet l'étude de la disposition des moyens pour faire transiter la puissance de la centrale au croisement. Pour cela, nous allons d'abord étudier d'abord la configuration à l'intérieur de la centrale avant de passer à l'étude de la configuration externe.

4.1 CONFIGURATION INTERNE

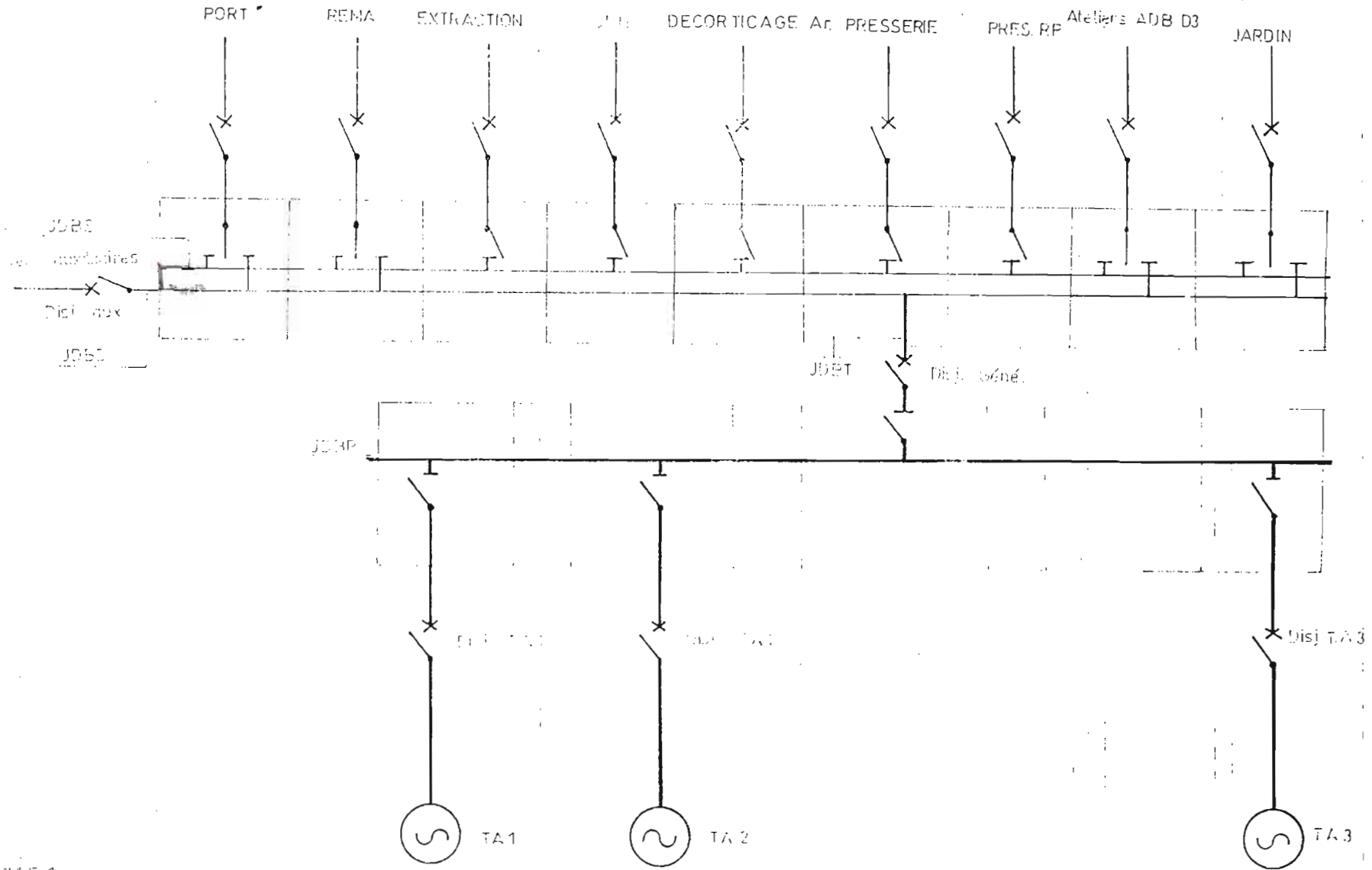
4.1.1 Brève présentation de l'existant :

Comme schématisé à la figure n° 8, en marche normale les trois turboalternateurs de la centrale déversent leur puissance sur le jeu de barres principal (JDBP) qui fait transiter cette puissance au niveau du jeu de barres des départs (JDBC) par l'intermédiaire du jeu de barres de transfert (JDBI) sur lequel est placé le disjoncteur général. Chaque départ est muni d'un disjoncteur de type DELL HP 313.

En période d'arrêt des turboalternateurs, la puissance est fournie par les groupes qui déversent leur puissance directement sur le jeu de barres des départs (JDBD) à travers le disjoncteur Daux, le disjoncteur général est en position ouverte.

En cas de fonctionnement du groupe de secours Renault de D3 : seuls les départs Port, REMA, Jardin sont alimentés. Ce qui explique la présence des sectionneurs à deux positions à verrouillage mécanique au niveau de ces départs et du jeu de barres de secours (JDBS) qui reçoit la puissance à travers le départ des Ateliers, ADB D3 qui fonctionne en arrivée de puissance.

Figure 8 : Etat actuel de la Centrale.



4.1.2 Configurations proposées :

4.1.2.1 Alternative1 (voir figure 9)

Elle est basée sur l'accouplement des deux turboalternateurs sur le réseau SENELEC avec possibilité de mettre l'un des turboalternateurs en marche et l'autre à l'arrêt. Le disjoncteur départ jardin sera utilisé comme disjoncteur de couplage SENELEC – SONACOS. Pour cela nous allons renforcer le tronçon du jeu de barres des départs se trouvant entre le JDBT et le départ jardin (ce renforcement ne sera effectué que dans le cas où la section du JDBD n'est pas conforme à la puissance que l'on veut faire transiter au niveau du départ jardin; calcul qui se fera lors du dimensionnement des équipements. Au changement du disjoncteur général et départ jardin (ceux qui existent leur ^{valeurs nominales} sont inférieurs à l'intensité correspondant à la puissance que l'on veut faire transiter).

4.1.2.1.1 Avantages

C'est une solution simple à réaliser et ne nécessite que le renforcement éventuel d'un jeu de barres, le ^{remplacement} renforcement de 2 disjoncteurs, l'achat de transformateurs de mesure (éventuellement l'utilisation des transformateurs de mesure qui se trouvent au niveau du comptage TA3).

La puissance qu'on peut mettre sur le réseau de la SENELEC est beaucoup plus élevée du fait de la présence des deux turboalternateurs sur le réseau.

4.1.2.1.2 Inconvénients

Le fait de mettre les deux turboalternateurs sur le réseau de la SENELEC (par conséquent tout le réseau de l'usine) présente un certain nombre de risque à savoir :

a) Le déclenchement de la centrale : ce cas peut se produire lorsque tout le réseau de la SENELEC n'est pas interconnecté c'est à dire que la centrale travaille seulement avec celle de Kahone. Un déclenchement au niveau de la centrale de Kahone, rapportera toute la puissance du réseau au niveau de la centrale de la SONACOS provoquant ainsi le déclenchement de cette dernière et l'arrêt de l'usine.

Figure 9 : Disposition des équipements dans l'alternative 1.

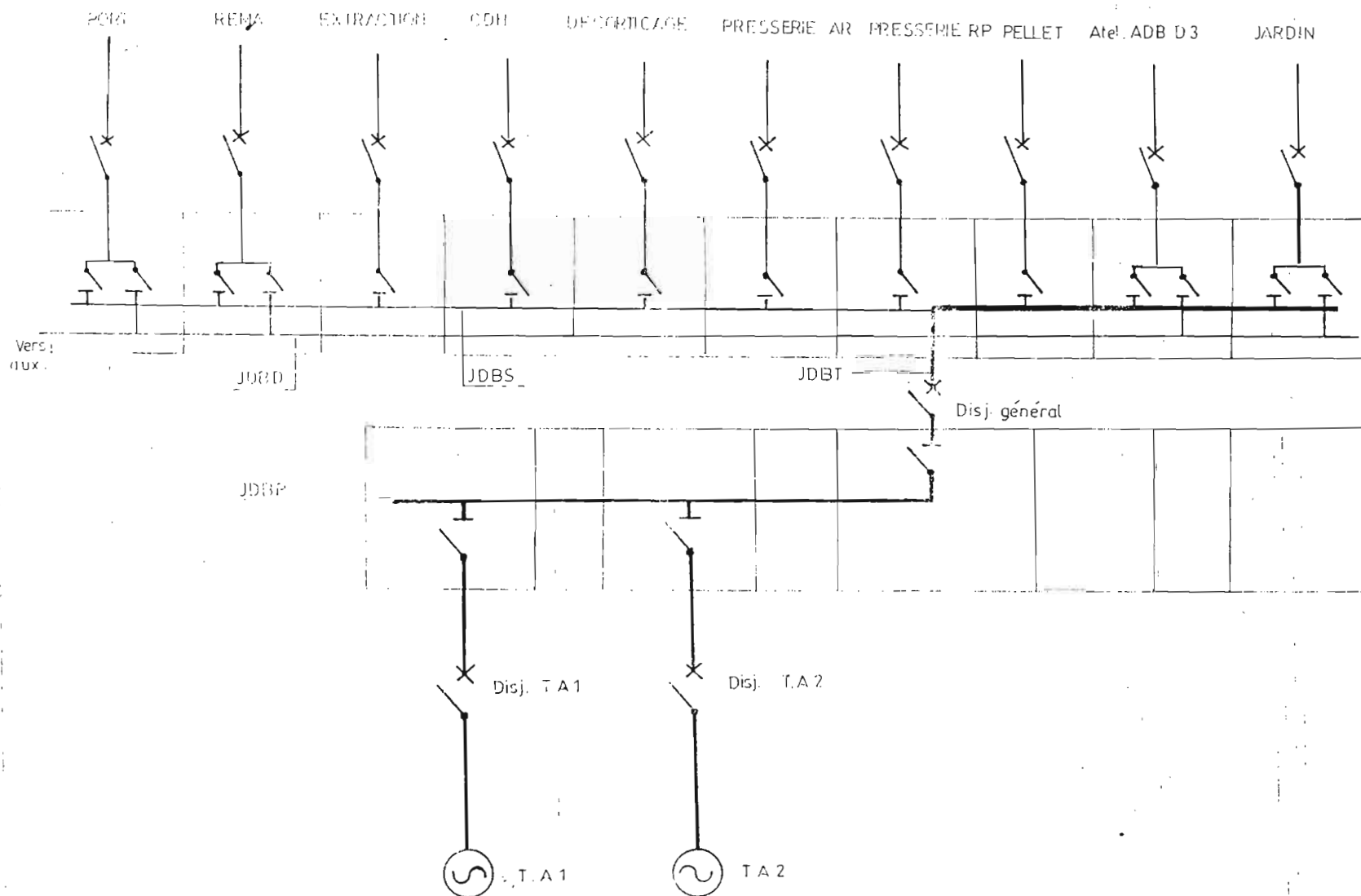


FIGURE 2

b) Toute surtension ou défaut sur le réseau de la SENELEC va affecter tout le réseau de la SONACOS.

c) Les variations de la fréquence du réseau de la SENELEC vont affecter celui de la SONACOS.

4.1.2.1.3 Matériel nécessaire pour l'exécution de cette solution

a) L'achat ou non d'un jeu de barres pour cette solution sera conditionné par la section du jeu de barres de départ existant et après calcul de la section nécessaire pour écouler la puissance nominale de 3.2 MVA.

b) Disjoncteur départ jardin : $I_n = 1.250 \text{ A}$ $U_n = 2\text{kV}$

Il est à noter que ce dernier est identique au disjoncteur général à remplacer.

c) Disjoncteur général : $I_n = 2500 \text{ A}$ $U_n = 2\text{kV}$ (général)

d) L'achat d'un sectionneur à deux positions à verrouillage mécanique.

$I_n = 1250 \text{ A}$ $U_n = 2\text{kV}$

4.1.2.1.4 Appareils de mesure et de synchronisation

a) Pour les appareils en amont du disjoncteur de couplage, nous allons utiliser les transformateurs de mesure qui existent au niveau comptage et de la protection TA3.

b) Pour les appareils en aval du disjoncteur de couplage nous allons acheter trois TP pour la synchronisation.

c) L'achat d'un wattmètre, d'un ampèremètre et d'un voltmètre pour le départ jardin.

d) Le wattmètre, l'ampèremètre et voltmètre seront branchés au niveau du TI et du TP en amont du disjoncteur.

e) Un synchrostat à fonctionnement manuel et automatique -

1.2.2 Alternative 2 (voir figure 10)

Cette solution nous permet d'avoir 3 modes de fonctionnement :

- a) TA1 et TA1 sur le réseau SENELEC.
- b) TA1 sur le réseau SONACOS et TA2 sur le réseau SENELEC.
- c) TA1 sur le réseau SENELEC et TA2 sur le réseau de la SONACOS.

Elle est basée sur l'installation d'un nouveau jeu de barres principal JDBP2 qui va alimenter le disjoncteur général, l'utilisation du jeu de barres principal existant JDBP1 pour l'alimentation du disjoncteur de couplage placé au niveau de la cellule disjoncteur TA3, l'installation de sectionneurs à deux positions à verrouillage mécanique après les disjoncteurs TA2 et TA1.

L'interrupteur I1 permet de coupler JDBP1 et JDBP2 ce qui a pour résultat de confondre le réseau SONACOS et SENELEC comme à la solution précédente.

1.2.2.1 Avantages

- a) Cette solution permet d'avoir plusieurs cas de figure.
- b) Un meilleur contrôle de la puissance livrée à la SENELEC.
- c) La mise à l'abri du réseau de la SONACOS contre les aléas du réseau de la SENELEC suivant le mode de fonctionnement choisit.

1.2.2.2 Inconvénients

- a) Plus de matériel à acheter.
- b) Présente les mêmes inconvénients que l'alternative 1 pour certain mode de fonctionnement (ex : le cas où l'interrupteur est fermé).
- c) Espace disponible est très petit pour placer le nouveau jeu de barres.

1.2.2.3 Matériel nécessaire pour l'exécution de cette solution

- a) un interrupteur.
- b) 02 jeux de barres.
- c) 03 sectionneurs à deux positions à verrouillage mécanique.
- d) 01 disjoncteur.

Figure 10 : Disposition des équipements dans l'alternative 2.

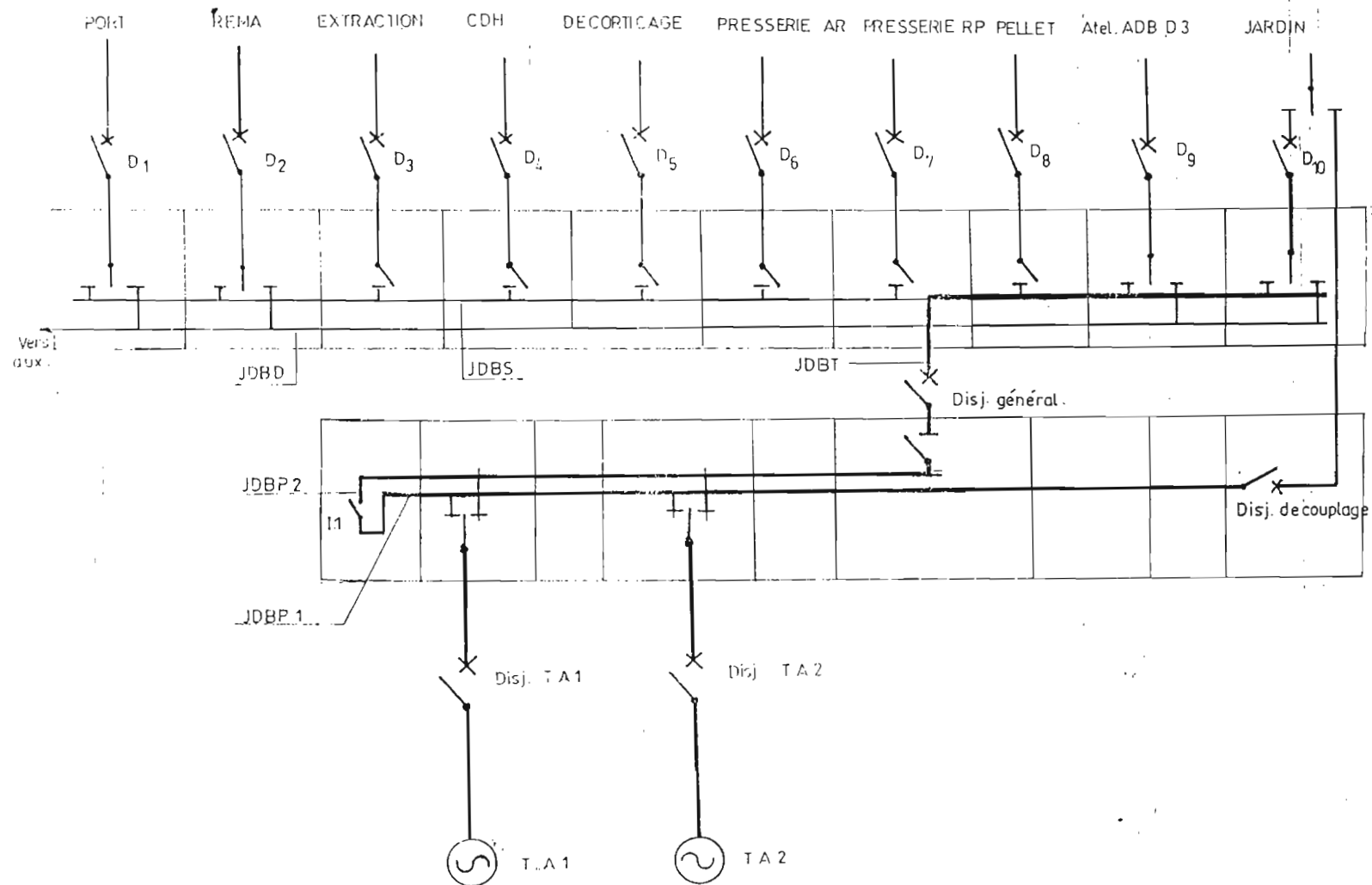


FIGURE 10 DISPOSITION DES EQUIPEMENTS DANS L'ALTERNATIVE 2

4.1.2.2.4 Appareils de mesure et de synchronisation

Pour les appareils en amont du disjoncteur de couplage nous allons ~~va~~ utiliser les transformateurs de mesure qui se trouvent au niveau du comptage et de la protection de la TA3.

Pour les appareils en aval, il faudra acheter 03 TP pour la synchronisation.

- a) Achat d'un wattmètre d'un ampèremètre et d'un voltmètre pour le départ jardin.

Le wattmètre, ampèremètre et le voltmètre seront branchés au niveau des TI et du TP en amont du disjoncteur ce qui permet d'avoir à tout moment la puissance transmise à la SENELEC.

- b) un synchrostat à fonctionnement manuel et automatique.

La comparaison des deux alternatives montre que la première est la plus facile à réaliser et présente un investissement moindre. Elle est la plus facile à exploiter (moins d'erreurs de manœuvre possibles).

Pour les inconvénients cités plus haut nous pouvons les éviter en mettant une protection adéquate. La puissance que l'on peut mettre sur le réseau est beaucoup plus élevée. L'encombrement du matériel de l'alternative 2 fait que son choix impliquera des travaux de génie civil au niveau de la centrale.

Après cette étude comparative notre choix s'est porté sur l'alternative N° 1 qui est la mieux indiquée et la moins coûteuse pour ce que nous voulons faire.

B CONFIGURATION EXTERNE

4.2 CHOIX DE LA POSITION DU POSTE E TRANSFORMATION

(voir figure 11)

A ce choix s'applique une contrainte principale, la disponibilité d'espace à proximité de la centrale. Du côté des départs sont placés les tankers de gas-oil. Ce qui rend impossible l'installation d'un poste sans déplacement des tankers. Vers l'intérieur de la centrale les poteaux qui supportent le premier étage où sont placés les turboalternateurs constituent des obstacles à la manutention du transformateur pour une installation du poste au niveau de la réserve avec la cellule de comptage TA3 comme nouveau issu de secours après le démantèlement de la TA3.

Au vu de cet ensemble de contraintes il se présente à nous deux solutions :

4.2.1 Installation du poste de transformation à proximité du bureau des archives

Le poste de transformation sera construit à proximité du bureau des archives avec la démolition d'une partie des archives. Ce qui permettra de faciliter la circulation des véhicules à proximité de la centrale. Cette solution nécessitera en outre l'installation d'un câble entre la centrale et le poste de transformation (distance 40m).

4.2.2 Installation du poste de transformation à la porte de l'usine

Elle ne présente pas de contrainte en ce qui concerne la disponibilité d'espace, mais nécessite un changement de câble entre la centrale et la ligne aérienne (distance de 560m). Le câble existant a une section de 95mm^2 et est dimensionné pour 30kV ayant un courant maximal $I_n = 285\text{A}$ or pour une puissance de 3,4 MVA (puissance SENELEC + puissance logements) nous avons un courant de $I_n = 981,495\text{A}$. qui est largement supérieur au courant admissible dans un câble de section 95mm^2 .

Une petite étude comparative montre que nous sommes en face d'une construction d'un même type de poste, mais la différence vient de la longueur des câbles à installer (40m pour le 1^{er} cas et 560 pour l'autre).

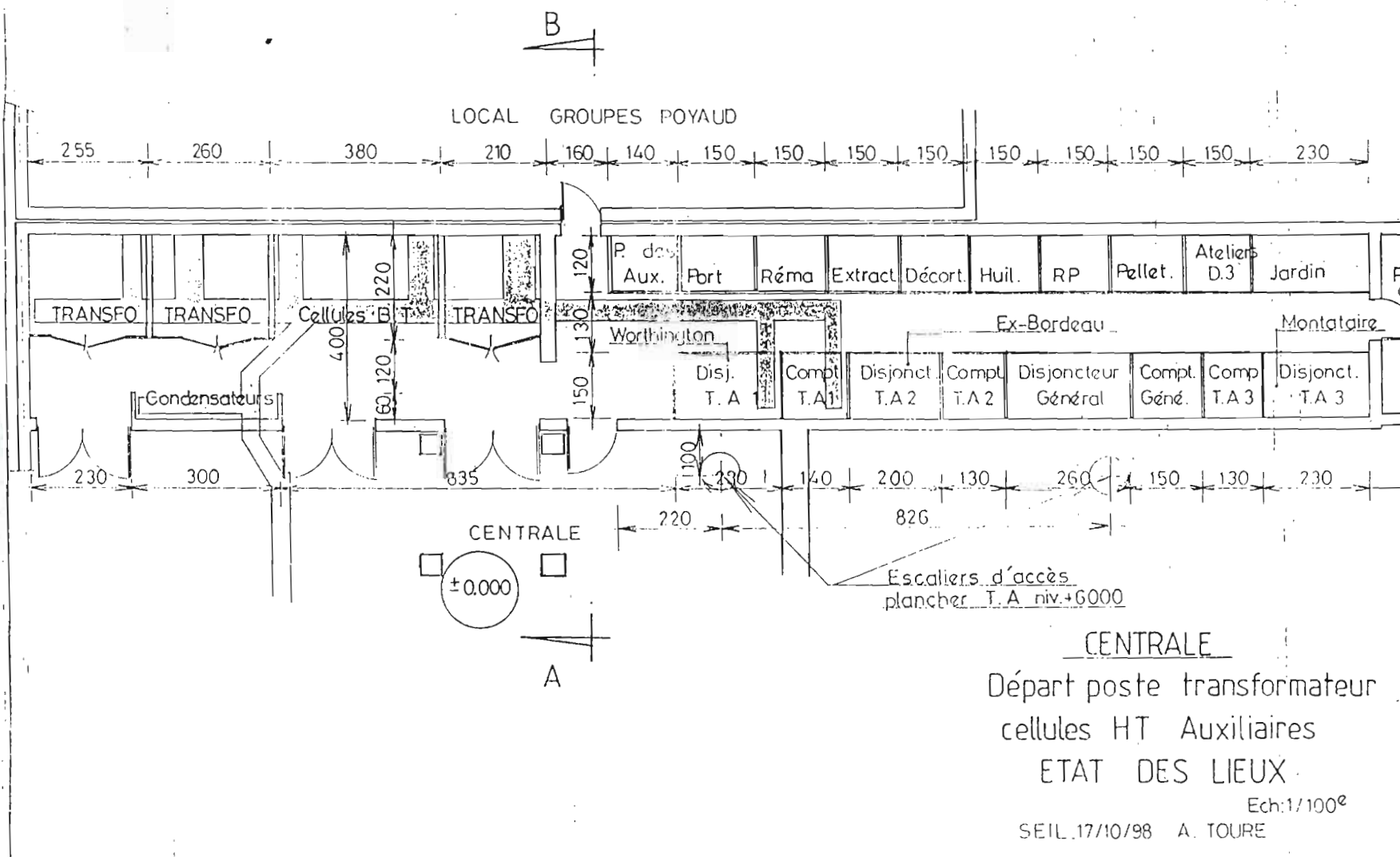


Figure 11 : Etat actuel du génie civil.

A cela s'ajoute le fait qu'il est déconseillé de faire transiter un courant de 1000 A ou plus sur une grande distance (notes courant est de 981, 495 A proche de 1000 A).

4.2.3 Conclusion

La solution adoptée est l'installation du poste près du bureau des archives. Cette solution permettra en outre de placer les relais et appareils de contrôle au niveau de la salle de contrôle des turboalternateurs.

4.3 CONFIGURATION DU POSTE DE TRANSFORMATION

Le poste est constitué d'une cellule transformateur, , d'une cellule disjoncteur et d' une cellule pour les transformateurs de mesures (voir fig12).

4.3.1 Choix de la position du poste croisement

Ce poste sera placé à côté du poteau de passage aerien-souterrain et sous la ligne SENELEC (voir figure5)

La construction de ce poste sera accompagnée de l'installation de deux poteaux type NV pour faire passer la ligne SENELEC en souterrain et attaquer directement le poste.

C DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS POSTES

4.4 EQUIPEMENTS DE LA CENTRALE

4.4.1 Dimensionnement des jeux de barres de la centrale

Le jeu de barres à renforcer a aussi pour fonction de conduire la puissance nécessaire aux départs pelletisation. Ateliers et le D3.

Le courant nominal est à 981,495 A

Notre choix se porte sur le jeu de barres type rectangulaire pour être en conformité avec ce qui existe au niveau de la centrale. Le tableau nous donne le courant admissible au niveau de jeu de barres.

Pour ce tableau nous voyons que pour conduire un courant de 981,495, il faut un jeu de barres rectangulaires 100/5, ce qui correspond à un courant admissible de 1200 A.

Les départs pelletisation et D3 sont pris en compte par le jeu existant, la longueur du jeu de barre est de 5m.

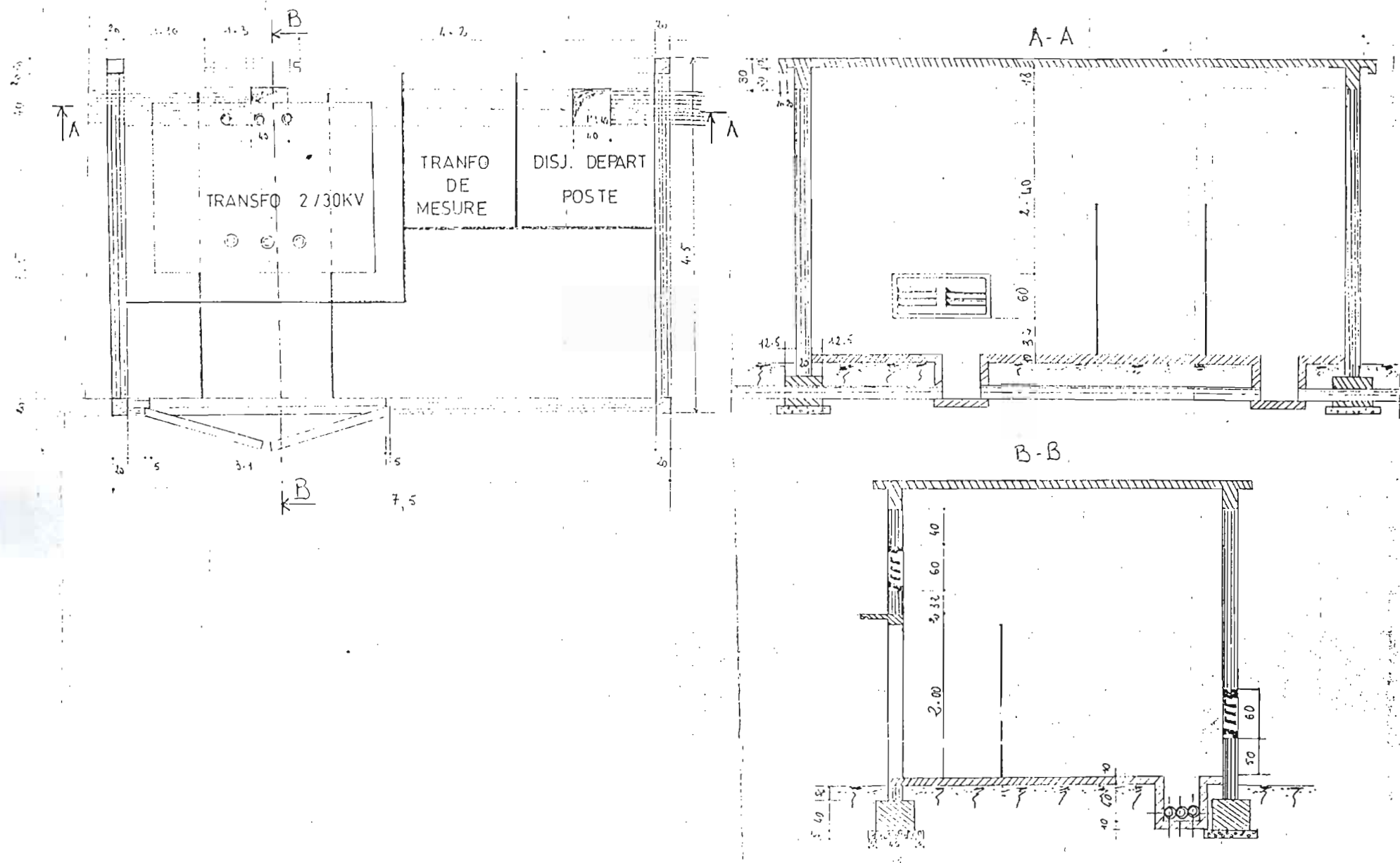


Figure 12 : Configuration du poste de transformation solution II.

SOLUTION 2
POSTE DE TRANSFORMATION

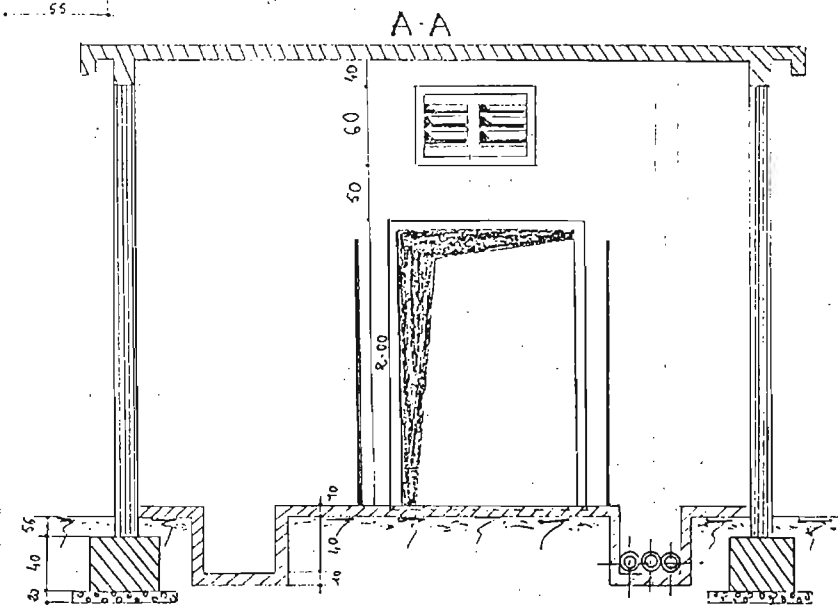
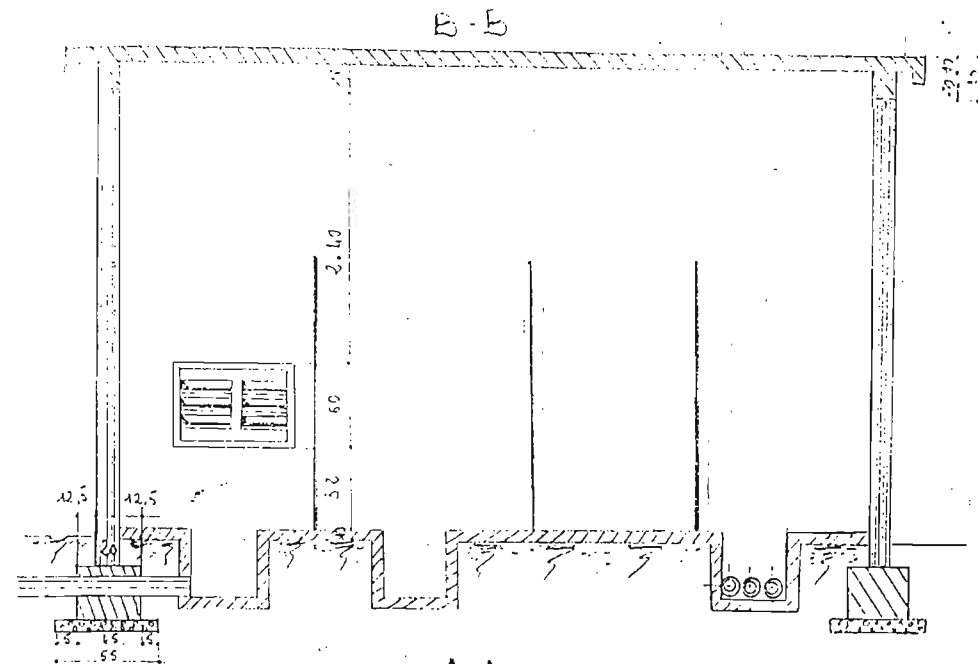
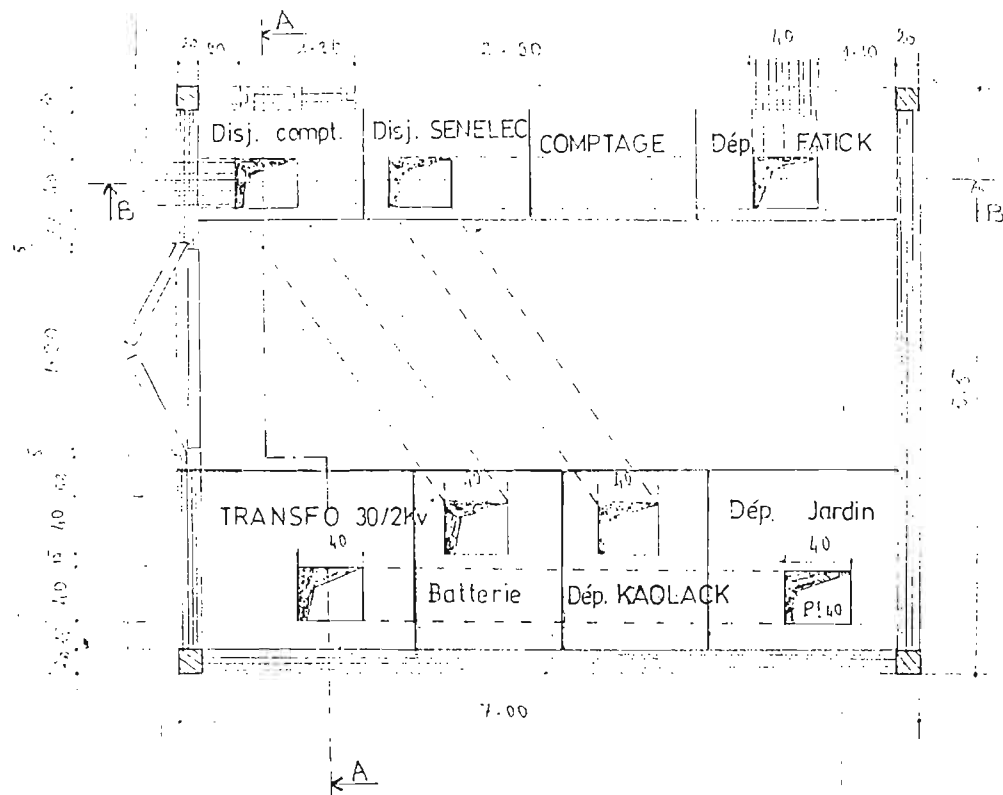


Figure 13 : Configuration du poste croisement.

SOLUTION 2
POSTE CROISEMENT

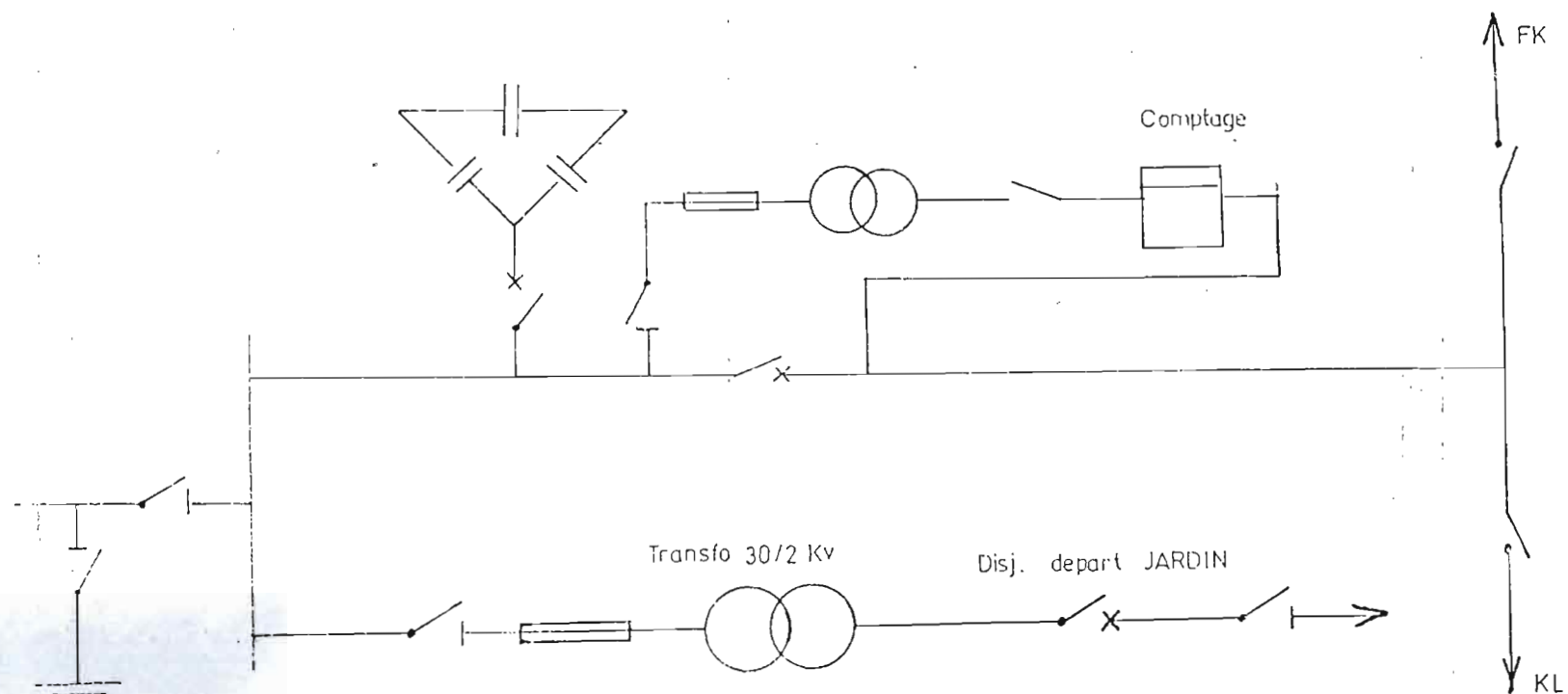


Figure 13' : Schéma électrique du poste de croisement.

4.4.2 Le disjoncteur départ jardin

C'est par ce disjoncteur que vont transiter la puissance livrée à la SENELEC et la puissance nécessaire aux logements Jardin. Il sert aussi de disjoncteur de couplage.

- caractéristiques du disjoncteur :

- Courant nominal : 1250 A (valeur normalisée la plus proche de 981.495 A).
- tension nominale : 7kV (cette valeur est la valeur standard existant pour les disjoncteurs)
(Lorsqu'on utilisera le disjoncteur à la tension de 2kV pour le courant nominal on aura comme résultat un fonctionnement du disjoncteur en dessous de sa puissance nominal et une augmentation de son pouvoir de coupure.)
- télécommande : le disjoncteur sera muni d'une télécommande pour la synchronisation.
- Déclenchement : à émission du courant
- disjoncteur tripolaire
- Dispositif de réarmement automatique
- Courant de court-circuit : il est fonction des génératrices I et II et sera calculer dans le chapitre calcul de défaut.
- Disjoncteur à SF6 : c'est les disjoncteurs les plus performants pour des tensions allant de 3 à 36kv et ce grâce à la rigidité électrique élevée du SF6, à sa très grande conductivité thermique aux températures atteintes par la périphérie de l'arc et au caractère très électronégatif du fluor.
- Les technologies utilisées pour la gamme de tension allant de 7 kV à 17,5 kV la coupure magnétique à air tournant.

4.4.3 Sectionneur à deux directions avec position médiane

Il joue le rôle de sectionneur d'aiguillage entre le JDBS. En marche normal des turboalternateurs on est en position JDB et en cas d'arrêt des turboalternateurs on bascule sur JBBS pour alimenter le jardin.

C'est un sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique type à couteau, ouverture, basculement par rotation avec position médiane cas sectionneur ouvert

Caractéristiques du sectionneur :

- courant nominal : 1250A
- tension nominale : 7 kv
- tension d'isolement : 20kv
- tension de tenuede choc : 60kv.

4.4.4 Transformateur de tension**-Pour la synchronisation**

Ces TP seront placé en aval du disjoncteur de couplage

Transformateurs de mesure

- Type de montage : montage intérieur
- Tension nominal : 2 kV
- Niveau d'isolement assigné : 10 kV
- Fréquence assignée : 50 hz
- Tension primaire assignée
- Tension secondaire assignée : 100 V
- Montage : entre phase
- Puissance de précision : 10 VA
- Classe de précision : 0,5 (utiliser pour les mesures industrielles)
- Facteur de tension assignée : 1,2
- Nombre de secondaire : 1 seul secondaire

4.5 DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS DU POSTE DE TRANSFORMATION

Ce poste est composée d'un transformateur de puissance d'un disjoncteur départ poste et d'un ensemble d'appareil de protection, d'un sectionneur de mise à la terre et d'un sectionneur départ poste.

4.5.1 Dimensionnement du transformateur

4.5.1.1 Puissance du transformateur

La puissance à fournir à la SENELEC est égale à 3MW à cette puissance il faut ajouter la puissance nécessaire aux postes secco et logement jardin, postes ayant une puissance installée de 500 KVA. Cependant la puissance maximale consommée au niveau des logements et secco et de 120 KW.

La puissance totale $3 + 0,12 = 3,12$ MW.

Étant donné qu'un transformateur fonctionne à son rendement maximum lorsqu'il fonctionne au alentour de 70% de sa puissance nominale ajouté à ce facteur le climat de Kaolack, il est préférable d'opter pour une puissance de 4MVA (puissance normalisé immédiatement supérieur à 3.5 MVA). Ce qui nous permet d'atteindre un bon rendement et d'éviter les déclenchements par échauffement.

4.5.1.2 Tensions nominales

Ces tensions nous sont imposées par la tension du réseau SENELEC qui est de 30 kV et la tension du réseau de la SONACOS qui est de 2 kV. Donc nous aurons une tension de 2 kV au primaire et de 30kV au secondaire.

4.5.1.3 Prise de réglage

Notre transformateur sera muni d'une prise de réglage pour compenser les chutes de tension en charge du transformateur et faciliter l'interconnexion. Notre choix se porte sur un réglage à plus ou moins 2,5% vu la longueur de la ligne.

4.5.1.4 Courant nominal

On déduit par simple calcul :

$$I_n = S_n / (\sqrt{3} \times U_n) \quad (\text{au primaire})$$

$$I_n = 4000 / (1.73 \times 2) \quad I_n = 1154.7 \text{ A}$$

II.1.5 Fréquence

Elle correspond à la fréquence du réseau de la SENELEC qui est de 50Hz.

4.5.1.6 Type de couplage

Le réseau de la SONACOS est un réseau à neutre isolé. Ajouter à cela le fait qu'on est en départ de centrale et que la puissance à transmettre est assez grande (de l'ordre du Mégawatt). Nous optons pour le couplage Yd11. Cette option est aussi motivée par le déséquilibre du réseau de la SENELEC alimentant principalement des charges à usage domestique.

4.5.1.7 Tension de court-circuit

Le choix de cette tension permet de limiter le courant de court-circuit maximal du transformateur. Pour une puissance de 4MVA, U_{cc} est égal à 7.15 %.

4.5.1.8 Niveau d'isolement

AC 30Kv on aura un niveau d'isolement de 36 kV conformément aux normes.

4.5.1.9 Raccordement

Nous choisissons le type passe-barre pour montage intérieur.

4.5.1.10 Diélectrique et technologie

Le choix de la technologie à utiliser est basé sur une étude technico-économique, sur la sécurité des personnes.

Pour la technologie et le diélectrique deux options s'offrent à nous :

a) Transformateurs de type sec enrobé : trihal

Présente beaucoup d'avantage au niveau de la protection contre les incendies (auto extincteur rapide, matériaux non toxiques).

Pas de présence de diélectrique donc moins d'entretien. ce type de transformateur est surtout utilisé au niveau des immeubles de grande hauteur et au niveau des milieux où une incendie aurait des conséquences très graves, l'un de ses inconvénients est que par rapport aux autres technologie c'est son coût élevé.

b) Transformateur de type immergé

Ce type de transformateur utilise généralement l'huile minérale comme diélectrique, huile qui est inflammable ce qui nécessite la prise de certaines précautions pour éviter les risques d'incendie. Pour ce type de transformateur on distingue deux types de technologies :

- **Etanche à remplissage totale (ERT)**

La technologie utilisée pour les transformateurs dont la puissance est inférieure ou égale à 10 MVA. Ce transformateur est caractérisé par son étanchéité ce qui permet d'éviter l'oxydation de l'huile par contact avec l'air. Cette technologie présente plusieurs avantages à savoir moins d'encombrement (pas assécheur d'air, pas de conservateur de liquide) et une réduction considérable de l'entretien qui se résume en une simple surveillance.

Les dilations du diélectrique sont compensées par une dilation de la cuve.

- **Respirants avec conservateur**

Sa technologie diffère de celui de l'ERT par le fait que la dilatation du diélectrique se fait dans un réservoir d'expansion placé au dessus de la cuve du transformateur. La surface du diélectrique peut être en contact direct avec l'air ambiant ou en être séparée par une paroi étendue en matière synthétique déformable. Dans tous les cas un assécheur d'air (avec un produit dessicateur) évite l'entrée d'humidité à l'intérieur du réservoir.

TABLEAU : 3 **Tableau de comparaison des techniques de transformateurs immergés**

Technologie	ERT	Respirant avec conservateur
Reprise d'humidité	Non	Oui
Absorption d'oxygène	Non	Oui
Oxydation du diélectrique	Non	Oui
Dégradation de l'isolement	Non	Oui
Maintenance	Faible	Oui
Entretien de l'assécheur	Non	Oui
Analyse de l'huile tous les	10 ans	3 ans

Il ressort de cette étude que sur le plan technologique il est préférable d'opter pour un transformateur immergé étanche à remplissage total.

4.5.1.11 Refroidissement :

Pour les transformateurs dont la puissance est inférieure à 10 MVA on utilise d'habitude un refroidissement ONAN : c'est à dire une circulation naturelle de l'huile et de l'air.

4.5.1.12 Protection

L'utilisation du bloc relais DGPT2 détection gaz pression température à 2 niveaux Température à 2 niveaux nous semble le plus adéquat.

Ce bloc relais nous permet de détecter les anomalies au sein du diélectrique liquide telles que : baisse de Niveau ou émission de gaz (bucholtz), élévation de pression ou de température et ferme un contact qui met hors tension le transformateur en cas d'apparition d'un de ces défauts précités.

4.5.2.2 Dimensionnement du disjoncteur aval transformateur

- tension nominale : 36kv
- courant nominal : 400 A
- déclenchement à émission de courant
- disjoncteur tripolaire
- dispositif de réarmement automatique
- pouvoir de coupure : (le calcul se fera au niveau chapitre calcul de défaut)
- Type de diélectrique : disjoncteur à SF6 plus performant pour la tension de 36kv
- Type de coupure : coupure par autocompression
-

4.5.3 Transformation de courant

4.5.3.1 TI Amont transformateur

- primaire

- tension nominal : 2 kV
- niveau isolement assignée : 10 kV
- fréquence assigné : 50 hz
- courant primaire assigné : 50 à 1250 A

- secondaire : type protection

- courant secondaire : 5 A
- puissance de précision : 8 VA (Alimentation relais)
- classe de précision : Protection différentielle du transfo 5P
- facteur limite de précision : 15

4.5.3.2 TI Aval transformateur

- Primaire

- Tension nominale : 30 kV
- Niveau d'isolement : 70 kV
- Fréquence assignée : 50 Hz
- Courant primaire assigné : 50 à 1250 A

- **Secondaire** : type de protection

- Courant secondaire : 5 A
- Puissance de précision : 20 VA (alimentation différentielle et un relais à maximum de courant).
- Classe de précision : protection différentielle 5P.
- Facteur limite de précision : 15.

4.5.4 Sectionneur de mise à la terre départ poste de transformation

Ce sectionneur nous permet d'écouler à la terre le courant contenu sur la ligne après coupure et d'assurer la protection des intervenants contre les fausses manœuvres au niveau du poste de croisement.

Caractéristiques :

Il doit être capable de conduire le courant de court-circuit au point d'installation. Il est muni des équipements suivants :

- d'un détecteur de tension
- d'un dispositif de verrouillage
- d'un dispositif de condamnation
- des consignes d'exploitation.

4.6 DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS DU POSTE DE CROISEMENT

4.6.1 Sectionneur de mise à la terre entrée poste

Il joue le même rôle que celui défini précédemment et sera placé à l'arrivée de la ligne croisement-usine.

Caractéristiques:

Il a les mêmes caractéristiques que celui défini précédemment.

4.6.2 Sectionneur arrivée de la ligne usine-croisement

Il a pour fonction d'isoler le poste de l'usine.

Caractéristiques

C'est un sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique type à couteau, ouverture basculant par rotation.

- Courant nominal : $I_n = 400 \text{ A}$
- Tension nominale : $U_n = 30 \text{ kV}$.
- Tension d'isolement : 70 kV (efficace pendant une minute).
- Tension de tenue aux ondes de chocs : 170 kV .

4.6.4 Jeu de barres de distribution de la puissance

La puissance à transmettre est de 3 MW soit un courant de 79 A la section du jeu de barres correspondant à cette intensité est de $30/4$ et a pour longueur de 5 m .

4.7 COMPENSATION

L'objet d'un système électrique est de fournir une puissance active. On voit donc, globalement, l'existence d'un facteur de puissance inférieur à l'unité entraîne des pertes d'efficacité du système, d'où l'intérêt de la compensation pour relever le facteur de puissance.

La SENELEC fournit à ses abonnés une certaine puissance réactive produite au sein de ses centrales. Toute fourniture par la SONACOS d'une puissance électrique implique une prise en charge d'une partie de la puissance réactive fournie par la SENELEC à ses abonnés.

4.7.1 Effet de la puissance réactive sur le réseau de la SONACOS

Le principal effet de puissance réactive est l'augmentation du courant circulant dans le réseau. Cette augmentation de courant induit un surdimensionnement de l'installation (transformateurs, disjoncteurs, câbles etc.), des pertes au niveau des différents appareils et des chutes de tension sur la ligne.

Cette puissance réactive non prise en compte par le comptage va être fournie par le turboalternateur après détente de la vapeur. Ce qui entraîne donc une perte d'énergie mécanique et une fatigue des turboalternateurs pour un résultat nul à la sortie.

En tenant compte de tout cela, il apparaît la nécessité d'installer une compensation pour diminuer sinon pour éliminer cette ensemble d'inconvénients.

4.7.2 Où installer la compensation ?

Par définition plus les compensateurs sont proches des utilisateurs de l'énergie réactive mieux c'est. Dans notre cas l'utilisateur est la SENELEC, donc plus on est près de la ligne de la SENELEC alors meilleure sera la compensation.

Notre réseau est doté d'équipements tels que des transformateurs, des câbles et des lignes. La compensation a aussi pour objet l'allégement de la charge de ces différents équipements. Cet alignement ne peut se faire que si les compensateurs sont installés en aval de ces équipements. On en déduit que le lieu le plus adéquat pour l'installation des compensateurs est le poste du croisement.

4.7.3 Choix du type de compensation

Notre choix se porte sur la compensation automatique (ou en gradin) au détriment de la compensation fixe à cause de la variation du facteur de puissance SENELEC et pour éviter d'avoir des surtensions au cas où le facteur puissance de notre réseau aurait à prendre la valeur 1. La compensation fixe est beaucoup plus adaptée pour les faibles puissances (par exemple des puissances réactives inférieures ou égales 15% de la puissance nominale du transformateur).

- Mode de compensation shunt.

Les condensateurs de puissance sont installés en dérivation sur le réseau comme précisé sur le schéma.

4.7.4 Dimensionnement des batteries de condensateurs

La puissance à fournir à la SENELEC est de 3MW, la puissance appelée par les seccos et les logements jardin est de 120kW soit une puissance totale de 3.12MW. Entre la centrale et le croisement, seul le transformateur a besoin de puissance réactive pour fonctionner et par définition un transformateur absorbe l'énergie réactive correspondant à environ 5 à 10% de l'énergie apparente qui y transite. Cette puissance sera produite par les turboalternateurs. Nous effectuerons notre dimensionnement avec la puissance réactive correspondant à 10% de la puissance apparente qui transite par le transformateur.

4.7.4.1 Calcul de la puissance effective qui transite par le transformateur

$$S = \sqrt{(p^2 + q^2)} \quad \text{avec } q = 0.15 \text{ MVAR.}$$

$$S = \sqrt{(p^2 + (0.1 \times 5)^2)} \quad \Leftrightarrow \quad S^2 = p^2 + (0.1 \times 5)^2 \quad \Leftrightarrow \quad S^2 - 0.015 = p^2$$

$$S^2 \times 0.99 = p^2 \quad \Leftrightarrow \quad S = \sqrt{p^2 / 0.99}$$

$$S = \sqrt{((3.12 \times 10^6) / 0.99)} = 3.136 \text{ MVA.}$$

Pour un facteur de puissance de :

$$F_p = p / S = 0.99$$

C'est un bon facteur de puissance mais qui présente un danger pour l'installation. Il risque de se produire souvent des surtensions qui sont néfastes pour le réseau. Il va falloir trouver un facteur de puissance qui nous permet de fournir la puissance réactive nécessaire au fonctionnement du transformateur et d'éviter les surtensions. La valeur de $F_p = 0.95$ semble bien indiquée.

4.7.4.2 La puissance réactive à fournir par les turboalternateurs

$$P = 3.12 \text{ MW} \quad F_p = 0.95 \quad \tan \Phi = \tan (\cos^{-1} (F_p)) \quad \tan \Phi = 0.33$$

$$\tan \Phi = Q/P \Rightarrow Q = P \times \tan \Phi = 3.12 \times 0.33 = 1.0296 \text{ MVAR}$$

qui est largement supérieur à ce dont le transformateur a besoin.

4.7.4.3 Calcul de la puissance réactive à fournir à la SENELEC

La SENELEC a un $\cos \Phi$ qui varie autour de 0.86. Avec le mode de fonctionnement défini précédemment les turboalternateurs de la centrale fournissent une puissance réactive de 1.03 MVAR.

$$F_p = 0.86 = P/S \quad \tan\Phi = Q_s/P_s \quad \tan\phi = \tan(\cos^{-1}\phi)$$

$$\tan\Phi = 0.59 \quad P_s = 3\text{MW (Puissance à fournir à la SENELEC)}.$$

Q_s = Puissance réactive à fournir à la SENELEC

$$0.59 = Q_s/P_s \quad Q_s = 3 \times 0.59 = 1.77\text{MVAR}$$

La puissance réactive fournie à la SENELEC : $Q_s = 1.77\text{MVAR}$.

4.7.4.4 La puissance réactive fournie par la batterie de condensateurs

$$Q_{\text{comp}} = Q_s - (Q_{\text{turbo}} - Q_{\text{transf}}) \\ = 1.77 - (1.03 - 0.328) = 0.74 \text{ MVAR.}$$

$$\text{soit } Q_{\text{comp}} = 1.068 \text{ MVAR} = 1068 \text{ kVAR.}$$

4.7.5 Caractéristiques des Batteries de condensateurs

4.7.5.1 Type de condensateurs

La continuité du service et le dimensionnement des équipements en amont du poste font que les condensateurs les plus adéquats sont les condensateurs monophasés avec fusibles internes. Chaque élément est protégé par un fusible. Dans ce cas, tout défaut d'un élément sera éliminé et le circuit défectueux isolé. Il s'en suit une faible variation de la capacité et non un déclenchement toute la batterie, qui aurait pour conséquence l'arrêt de la fourniture d'énergie.

4.7.5.2 Type de couplage des condensateurs

Le couplage en triangle est prévu pour les réseaux allant jusqu'à 12KV l'utilisation de ce type de couplage exclut dans notre cas reste alors l'utilisation du couplage en double. Ce type de batterie peut être utilisé pour tout type de réseaux jusqu'aux réseaux HT et ceci pour toutes puissances. La batterie est divisée en deux étoiles permettant de détecter un déséquilibre entre les deux neutres par un relais.

4.7.5.3 Nombre de condensateurs

La tension assignée aux condensateurs variant de 1 à 13,8Kv. Notre réseau étant un réseau de 30Kv, les condensateurs montés en étoile le condensateur de tension assigné 9.1 kV est le plus

adéquat. Pour ce faire nous allons mettre en série deux condensateurs par phase, ce qui donne pour valeur nominale de la tension par phase 18.2Kv et entre phase 31.52 kV ($18.2 \times \sqrt{3}$).

Le montage est en double le nombre de condensateur est 12, qui fait partie du nombre prescrit pour ce type de montage (6,9 ou 12).

La puissance à fournir pour un $FP = 0.86$ et 1068 KVAR ce qui donne une valeur de 61.66 KVAR par condensateur. Le minimum de puissance existant pour les condensateurs est 100 KVAR, $Un = 9.1$ kV monophasé avec fusible interne soit une puissance totale 1200 KVAR.

Il a été précédemment précisé que le facteur de puissance du réseau SENELEC fluctue. Nous allons déterminer jusqu'à quel point la batterie de 1200 KVAR pourra assurer le facteur de puissance de 0.95 du réseau amont.

$$Q_{\text{turbo}} = 1.03 \text{ MVAR}$$

$$Q_{\text{comp}} = 1.2 \text{ MVAR}$$

$$\text{Puissance active} = 3 \text{ MW}$$

$$\tan \varphi = Q_t/P$$

$$= (Q_{\text{turbo}} + Q_{\text{comp}})/P$$

$$= (1.03 + 1.2)/3$$

$$= 0.74. \quad \text{Ce qui donne un } F_p = 0.8.$$

Donc pour une variation du F_p de 1 SENELEC jusqu'à la valeur de 0.8. La batterie peut assurer la compensation sans que les turboalternateurs n'aient à fournir plus de 1.03 MVA, permettant de garder la valeur $F_p = 0.95$ en amont du poste croisement.

4.7.5.4 En résumé

- Type de condensateur : monophasé avec fusibles internes.
- Type de couplage : batterie en double étoile.
- Montage : intérieur et en cellule.
- Tension d'isolement maximale : 30kV
- Puissance condensateur : 100 kVAR
- Puissance batterie : 1200 kVAR
- Tension nominale par condensateur : 9.1 kV.
- Nombre de condensateur : 12.

4.7.6 Commande de la batterie de condensateurs

Les appareils utilisés sont définis selon les critères suivants : tension et courant assignés, courant d'enclenchement, pouvoir de coupure capacitif, pouvoir de fermeture.

- **Pouvoir de coupure capacitif**

Après la coupure de la batterie, il existe une tension de réamorçage égale à la différence entre la tension du réseau et la tension de charge de condensateurs. L'appareil de coupure devra être capable de s'opposer à ce réamorçage. Pour cela, nous dimensionnons l'appareil de coupure de façon à vérifier : $I_n = 1.43 I_n$ batterie.

- **Pouvoir de fermeture de l'appareil**

L'appareil devra supporter les courants d'enclenchement. On a :

$I_{fer} = I_{capa} \times (2 \times \sqrt{S_{cc}/Q})$ S_{cc} est la puissance de court-circuit en ce point et sera calculer au niveau du calcul des défauts.

- **Calcul du courant nominal de la batterie**

$$Q_{nominal} = 1200 \text{ kVAR} \quad I_{capa} = Q / (\sqrt{3} \times U)$$

$$I_{capa} = 1200 / (\sqrt{3} \times 30)$$

$$I_{capa} = 23 \text{ A.}$$

- Le courant nominal de l'appareil de commande : $I_n = 1.43 \times 23 = 33 \text{ A.}$
- La tension de service : 30 kV.
- Pouvoir de coupure : sera calculé au niveau du calcul des défauts.
- Pouvoir de fermeture : 194 A.
- Tension d'isolement : 36 kV.

4.7.7 Protection

Elle est assurée par un relais de déséquilibre détectant un courant circulant dans la liaison entre les deux neutres des étoiles. Le courant de déséquilibre est inférieur à 1A.

En plus de cette protection on aura une protection contre les surcharges par phase.

4.8 COMPTAGE

Le but principal de l'interconnexion des réseaux SONACOS et SENELEC est de fournir de l'énergie électrique à la SENELEC, l'installation de moyens qui permettent de mesurer la quantité fournie et indispensable. La cellule de comptage a pour fonction de mesurer la quantité d'énergie fournie à la SENELEC.

La cellule de comptage sera placée le plus près possible du réseau SENELEC. Ceci pour éviter que la SENELEC ait à supporter les pertes ligne, transformateur, etc. Donc le point le plus favorable se trouve être le poste croisement et la cellule comptage placée après la compensation.

4.7.1 Dimensionnement de la cellule

Elle sera constituée d'un compteur actif pour réseaux triphasés d'un compteur d'énergie réactive, des transformateurs de mesures ainsi que les protections des TT. Pour les transformateurs de mesures présentent les mêmes caractéristiques que ceux présentés au niveau de la protection mais sont de classe 0.5 et avec secondaire type mesure. Elles sont au nombre de 6 dont 3TT et 3TC. Pour la protection des TT on aura un jeu de fusibles.

La commande du compteur sera assurée un interrupteur.

4.8 DEPART VERS JARDIN

Ce départ a pour rôle, l'alimentation des postes jardin et secco. Ces postes sont dotés de transformateur 2kV/380 V, d'où la nécessité d'abaisser la tension au niveau poste de croisement à 2kV ou de changer les transformateurs des postes jardin et secco d'une puissance installée de 500 KVA ainsi que les appareils de protection qui vont avec ces transformateurs. L'appel de puissance maximal des logements jardin et secco est de 120 kW. En prenant en compte la compensation au niveau des postes jardin et secco, les conditions climatiques de Kaolack, un transformateur de 160 kVA nous semble être un choix optimal (puissance normalisée venant après 100 KVA et inférieur à 250 KVA).

4.8.1 Configuration du départ

Ce départ est constitué d'une cellule transformateur constituée par : un sectionneur, un jeu de fusibles et le transformateur. D'une cellule disjoncteur constituée par : un disjoncteur 2Kv et d'un sectionneur.

4.8.2 Dimensionnement des équipements

Avant de passer au dimensionnement il serait bon de connaître certaine valeur caractéristique de ce départ :

- Tension nominale : 30 KV
- Courant nominal : 2.3 A
- Tension nominale : 2KV
- Courant nominal : 34.64 A

a) Sectionneur amont transformateur

Il a les mêmes caractéristiques que le sectionneur arrivée poste du croisement.

b) Jeu de fusibles

Le transformateur à protéger est un transformateur de 160 KVA de courant nominal 3.079 qui va avec un fusible de 6.3 A (courant normalisé).

c) Transformateur

Caractéristique :

- Puissance nominale : 160 KVA

Tension nominale :

- primaire : 30 Kv
- secondaire : 2Kv
- Prise de réglage : 2.5%.
- Courant nominal : 46, 2%
- Fréquence : 50Hz
- Type de couplage : DynII (déséquilibre du réseau Aval transformateur, logement)
- Tension de court circuit : 4%
- Niveau d'isolement :

à 30 Kv : 36 Kv

à 2Kv : 3 Kv

- Raccordement : type passe-barre pour montage intérieur ;
- Transformateur type immergé à remplissage total (ERT)

- Refroidissement : type ONAN.
- Protection : DGPT2.

d) Disjoncteur tripolaire

- Tension nominale : 30 kV
- Courant nominal : 400 A
- Pouvoir de coupure : déterminer après calcul de défaut
- Déclenchement à émission de courant ;
- Dispositif à émission de courant ;
- Dispositif de réarmement automatique ;
- Type de diélectrique : disjoncteur à SF6 ;
- Type de coupure : coupure autocompression ;

e) Sectionneur

- Tension nominale : 30 kV
- Courant nominal : 400 A
- Tension d'isolement : 36 kV
- Tension de tenue aux ondes de choc : 170 kV
- Sectionneur à ouverture dans l'air.
- Type à couteau, ouverture basculement par rotation

CHAPITRE 5 : SOLUTION 4 : UTILISATION DE DEUX LIGNES SEPARÉES

A ETUDE DE LA CONFIGURATION A ADOPTER

5.1 CONFIGURATION INTERNE

Il se présente à nous deux alternatives à savoir l'utilisation du départ jardin comme départ SENELEC et logements jardin ou la construction d'un nouveau départ qui ne va alimenter que la SENELEC.

5.1.1 1^{er} cas Utilisation du départ jardin

Ce cas est identique à la première alternative présentée dans l'étude de la solution 2 conformément à la figure 9 présentée ci-dessus, à la différence que le disjoncteur départ jardin ne joue plus le rôle de couplage.

Les avantages et les inconvénients de ce cas sont les mêmes que ceux présentées précédemment.

5.1.2 2^{ème} cas : Construction d'un nouveau départ

Il est basé sur l'utilisation de la cellule disjoncteur TA3 comme départ SENELEC. Pour ce la il faut déplacer le tronçon du jeu de barres Principal qui alimente le turboalternateur 3 en aval du disjoncteur général. Nous allons installer au niveau de la cellule disjoncteur TA3 le disjoncteur de couplage SENELEC-SONACOS, et faire passer le câble départ SENELEC par le caniveau utilisé pour le départ jardin.

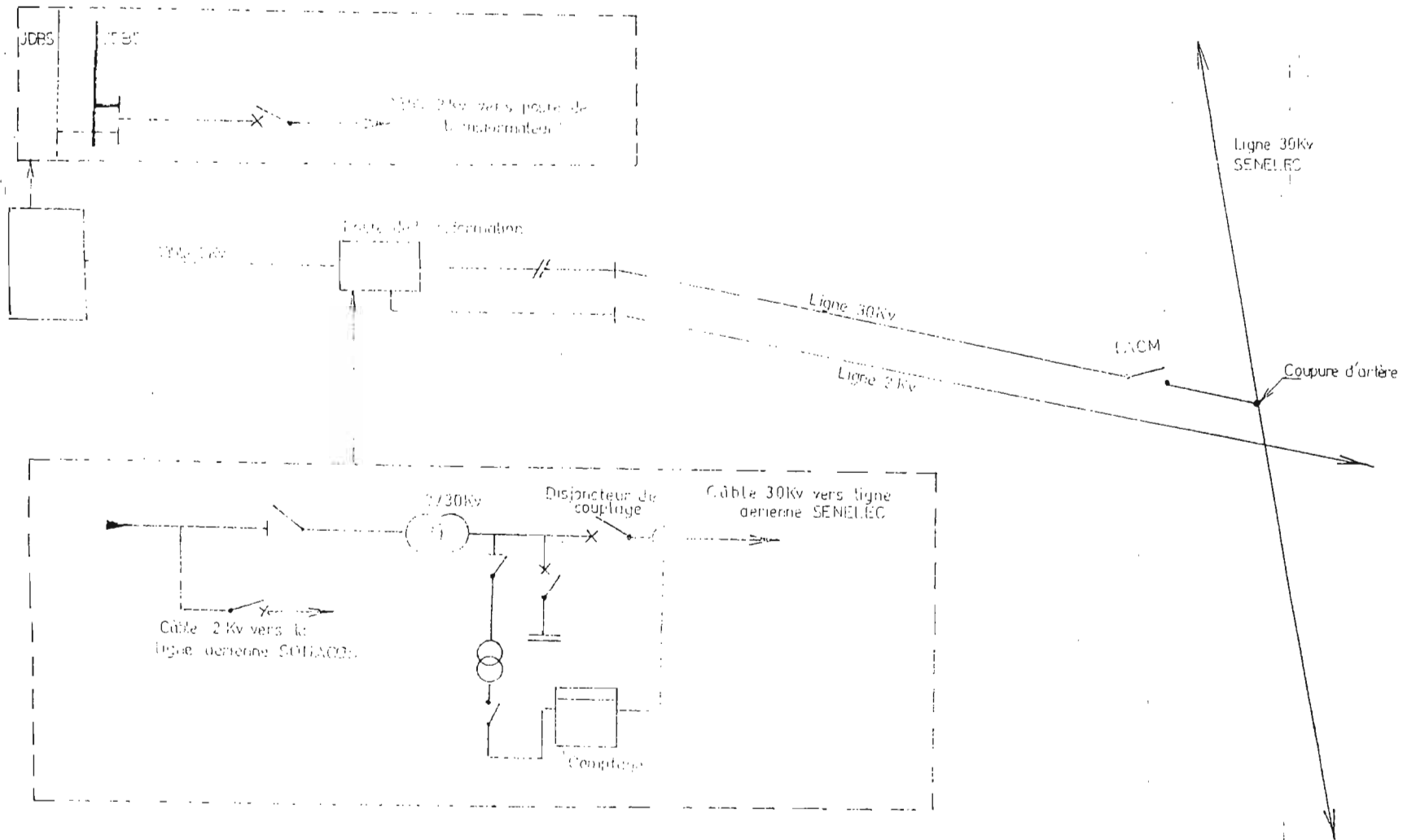
5.2 CONFIGURATION EXTERNE

Elle est conditionnée par la configuration Interne adoptée

5.2.1 1^{er} cas : Avec utilisation du départ jardin comme départ SENELEC

Ce cas est basé sur la construction d'un poste unique qui jouera le rôle de poste de transformation et d'interconnexion. Une coupure d'artère sera effectuée sur l'arrivée 2 KV du poste pour alimenter les logements jardin et secco avec la ligne existante. Au niveau du croisement une coupure d'artère sera effectuée au niveau de la ligne SENELEC avec un IACM avec la nouvelle ligne. Un câble de 2 kV sera installé entre le départ jardin et le poste de transformation. A partir du poste un câble d'une longueur de 520m sera installé jusqu'à la sortie de l'usine avant de passer en aérien sur la nouvelle ligne (voir figure 14).

Figure 14 : Disposition des équipements pour le 1^{er} cas.



a) Avantages

Parmi les avantages de ce cas on peut citer : la facilité d'exploitation, continuité de service au niveau des logements jardin assurée quelque soit le mode de fonctionnement envisager. L'investissement est moindre par rapport à l'utilisation de la ligne Unique.

b) Inconvénients

Parmi les inconvénients de ce cas nous pouvons citer : câble de longueur 520m à installer, utilisation du même disjoncteur pour départ jardin et SENELEC, la très forte puissance qui transite au niveau du câble reliant la centrale au poste de transformateur, la distance séparant le disjoncteur de couplage et la centrale.

5.2.2 2^{ème} cas : Avec la séparation complète des deux lignes

Cette solution est induite par la construction du départ SENELEC. Elle est basée sur l'installation d'un câble de 2KV entre la centrale et le poste de transformation. Un autre câble de 30KV sera installer entre le poste de transformation et la sortie aérienne de la nouvelle ligne. Qui sera branché en coupure d'artère sur la ligne SENELEC. (voir figure 15)

a) Avantages

Parmi les avantages de ce cas on peut citer : proximité du disjoncteur de couplage, les alimentations SENELEC et SONACOS n'ont aucune liaison ce qui permet d'assurer la continuité du service au niveau des logements jardin. L'investissement est moindre par rapport a la solution précédente .

b) Inconvénients

Installation de câble de 2Kv et 30 KV, aménagement d'un nouveau départ.

c) Matériel nécessaire à la réalisation de ces solutions

Au regard du tableau comparatif des deux solutions, il apparaît que le cas 2 est plus économique et présente plus d'avantage en ce qui concerne la facilité d'exploitation.

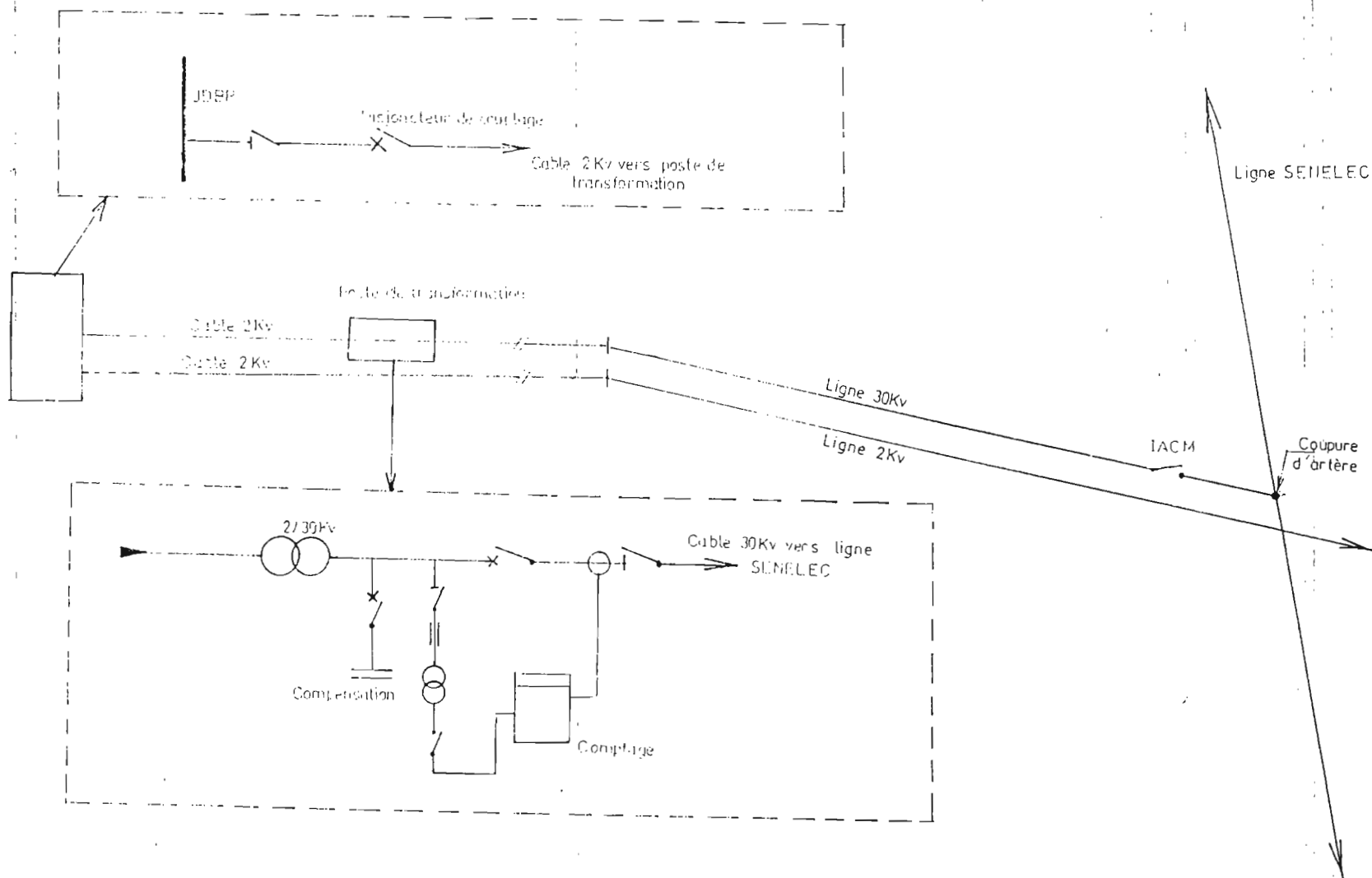
Figure 15 : Disposition des équipements pour le 2^{ème} cas.

TABLEAU 4

Tableau comparatif des solutions

Solution	Ligne à construire	Câbles	Poste à construire	Disjoncteur	Transformateur	Sectionneur	compensation	Jeu de barres
Cas 1	Ligne 30Kv sur 1.6 Km	Câble 2Kv sur 40m câble 30 Kv sur 520m	1 poste de transformation	2 disjoncteurs 30 Kv 1 disjoncteur de Kv	1 transformateur 2/30Kv	2 sectionneur 30 Kv 1 sectionneur à 2Kv sectionneur de mise à la terre.	1 batterie de condensateur à 30 Kv	5m de barres 100/5
Cas 2	Ligne de 30Kv sur 1.6Km	Câble 2Kv sur 40 m câblé 30Kv sur 520m	1poste de transformation	2 disjonteurs 30Kv 1 disjoncteur à 2Kv	1 transformateur 2/30Kv	1 sectionneur à 2Kv 1 sectionneur de mise à la terre	1 batterie de condensateur à 30Kv	

B DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS

5.B.1 CARACTERISTIQUES DU RESEAU

Avant d'entamer le dimensionnement des équipements, nous allons déterminer certaines grandeurs du réseau.

5.B.1.1 Puissance nominale

La puissance fournie à la SENELEC est de 3MW pour un facteur de puissance de 0.95 en amont du transformateur après compensation.

$$P = 3/0.95 \Rightarrow P = 3.158 \text{ MVA.}$$

En prenant en compte la consommation du transformateur en puissance réactive, on arrondit cette puissance à 3.2 MVA.

5.B.1.2 Tension nominale

En amont du transformateur : 2Kv

En aval du transformateur : 30Kv

Pour la tension de 2Kv

Niveau d'isolement : 3.6 Kv

Tenue à la fréquence industrielle : 10Kv

Tenue choc de foudre (Kv crête) : 40 Kv

Pour la tension de 30 Kv

Niveau d'isolement : 36Kv

Tenue à la fréquence industrielle (Kv crête) : 70Kv

Tenue choc de foudre (Kv crête) : 170 Kv

5.B.1.3 Courant nominal

à la tension de 2 Kv In= 982 A

à la tension de 30Kv In= 70 A

Fréquence : 50Hz

5.B.2 DIMENSIONNEMENT DES EQUIPEMENTS

5.B.2 .1 Sectionneur départ SENELEC

Il a pour fonction d'isoler le JDBP avec le disjoncteur de couplage lorsque le départ SENELEC n'est pas utilisé.

C'est un sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique type à couteau, ouverture basculement par rotation.

- Courant nominal : 1250 A (valeur normalisé existant après 800 A)
- Tension nominale : 7.2 KV (tension normalisée existant)
- Tension d'isolement : 20 KV
- Tenue à la fréquence industrielle (Kv 1min) : 20KV
- Tenue choc de foudre (Kv crête) : 60KV

Il est à noter que ce type de sectionneur existe au niveau des appareillages du TA3 et qu'il peut être récupérer.

5.B.2 .2 Disjoncteur départ SENELEC

Même chose qu'à la page 24 $I_n = 1250$ A.

5.B.2.3 Dimensionnement des TI et TP

a) Transformateur d'intensité

Leur nombre est de 4 pour la protection et 4 pour la mesure de puissance, leur caractéristique sont identiques à ce présentée à la page 24 $I_n = 1250$ A.

b) Transformateur de tension

Leur nombre est de 7 pour la synchronisation et les mesures de puissance, leur caractéristique sont identiques à ce présentée à la page 43.

5.B.2.4 Dimensionnement du câble

Le courant à faire transiter est de 924 A. Au regard du tableau des courants admissible dans les câbles en voit un câble de section 800 mm² avec fournit un courant de 990A pour un niveau d'isolement de 5,5 KV. Ce câble correspond à un câble en cuivre triplolaire à champ radial avec un isolant fait de caoutchouc butyle.

5.B.3 DIMENSIONNEMENT DU POSTE DE TRANSFORMATION

5.B.3.1 Choix de la position du poste

Pour les mêmes raisons qu'à la solution 2 le poste sera placé à côté du bureau des archives.

5.B.3.2 Configuration du poste de transformation

Le poste est constitué de 04 cellules. Une cellule de transformation, une cellule de compensation, une cellule disjoncteur et une cellule de comptage. Ces différentes cellules seront disposées comme montrées sur la figure 16.

5.B.3.3 Dimensionnement du transformateur

Puissance du transformateur

La puissance à fournir à la SENELEC est de 3 MW. En prévision d'un relèvement du cosφ en amont du comptage à une valeur de 0.95 la puissance qui transite au niveau du transformateur à pour valeur 3.158 MVA. En prenant en compte le fait qu'un transformateur fonctionne à son rendement maximum lorsqu'il fonctionne à 70% de sa puissance nominale ajouté à ce facteur le climat de Kaolack, l'inexistence d'une puissance normalisée entre 3.15MVA et 4MVA nous pousse à choisir comme puissance nominale la puissance de 4MVA

NB : Les caractéristiques du transformateur sont identiques à ceux qui ont été présentées à la solution 2 paragraphe dimensionnement du transformateur.

5.B.3.4 Disjoncteur Aval transformateur

Ce disjoncteur protège le réseau de la SONACOS contre les défauts qui proviennent de la ligne électrique (SONACOS-SENELEC) et du réseau SENELEC.

Caractéristiques

- Courant nominal : 400 A (qui est le minimum existant pour 30Kv)
- Tension nominale : 36Kv
- Déclenchement à émission de courant
- Disjoncteur tripolaire
- Dispositif de réarmement automatique
- Disjoncteur à SF6 (raisons données à la solution 2).
- Type de coupure : coupure par autocompression

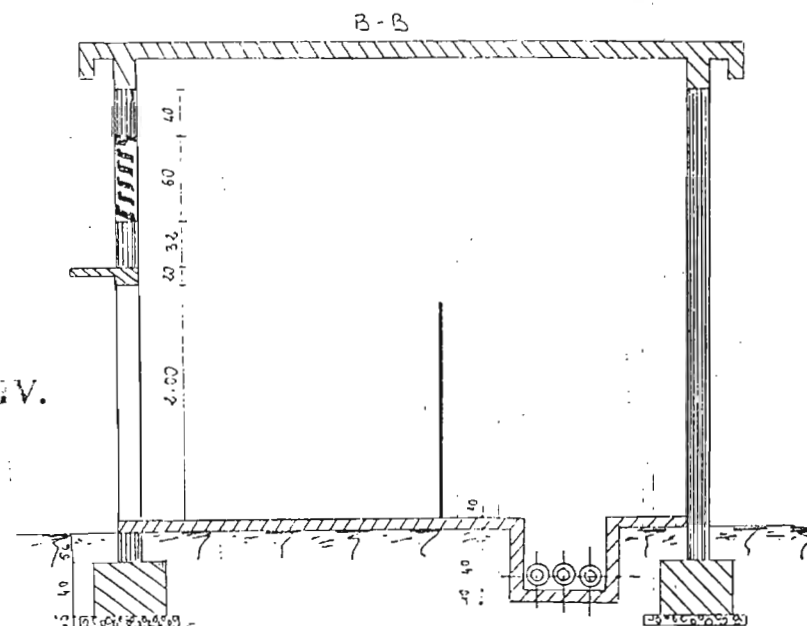
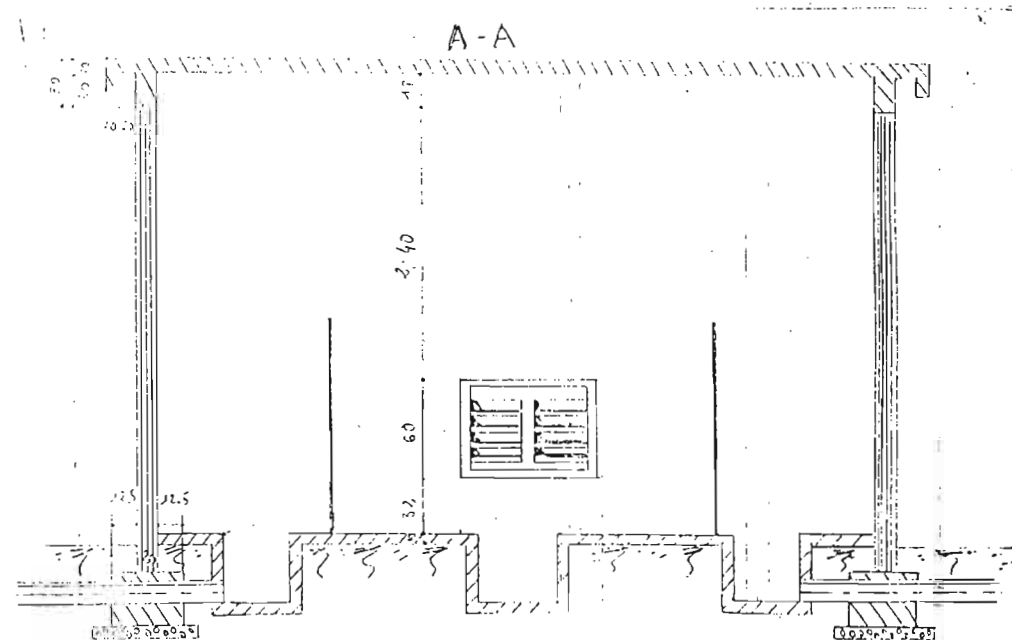
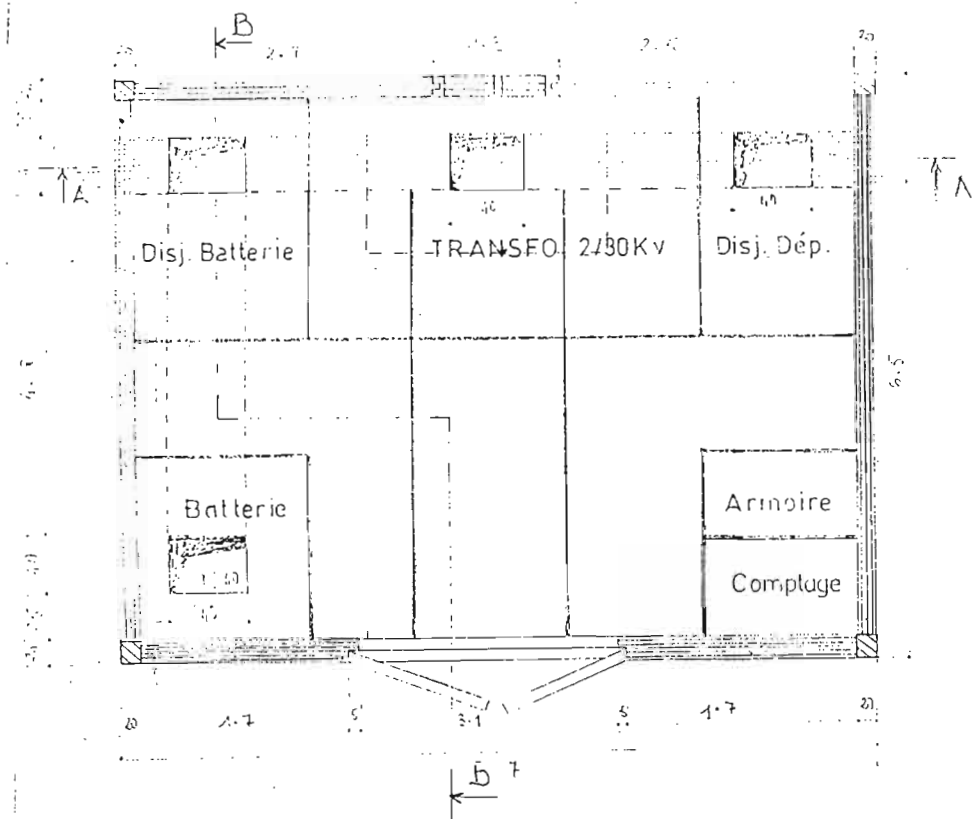


Figure 16 : Configuration du poste de transformation solution IV.

SOLUTION 4
POSTE DE TRANSFORMATION

5.B.3.5 Sectionneur de mise à la terre

Il sert de protection pour les intervenants au niveau du poste contre les fausses manoeuvres

5.B.3 .6 Sectionneur départ poste

Il permet d'isoler le réseau SENELEC du poste de transformation.

Caractéristiques :

- Sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique
- Type à couteau, ouverture basculement par rotation
- Courant nominal : 400 A
- Tension nominal à la fréquence industrielle (KV 1 min) : 70 Kv
- Tenue choc de foudre (Kv crête) : 170 kv.

5.B.3.7 Transformateurs de mesure

Ils sont au nombre de 10 répartis comme suit :

6 TI pour la protection du transformateur

4 TI pour la protection de la batterie de condensateur

- Du côté amont transformateur

Caractéristiques :

Primaire

- Tension nominal : 2Kv
- Niveau isolement assignée : 10 Kv
- Fréquence assignée : 50Hz
- Courant primaire assigné In : 1250 A

secondaire : type protection

- Courant secondaire : 5 A
- Puissance de précision : Alimentation relais 8 VA
- Classe de précision : Protection différentielle du transfo 5P
- Facteur limite de précision : 15

Pour les transformateurs de courant qui se trouvent en aval du transformateur

On a les mêmes caractéristiques sauf pour :

Courant nominal : 50 à 125 A

Tension nominale : 36 Kv

5.B.4. COMPENSATION

Il est identique à celui qui a été dimensionné à la solution 2 (même puissance à compenser, même tension). Nous allons rappeler les caractéristiques de cette compensation.

Caractéristiques :

- Type de condensateur : monophasé avec fusible interne
- Type de couplage : batterie en double étoile
- Montage : intérieur et en cellule.
- Tension d'isolement maximale: 36 Kv
- Puissance par condensateur : 100 Kvar
- Puissance Batterie : 1200 Kvar
- Tension nominale par condensateur : 9.1 Kv
- Nombre de condensateur : 12

Appareil de commande :

Un disjoncteur identique à celui de la batterie de compensation de la solution 2

5.B.5. COMPTAGE

Un comptage identique à celui de la solution 2 sera installé.

5.B.6. CÂBLE DE 30 Kv

Le courant a transporté est de 77 A

Nous allons dimensionner le câble pour une chute de tension de 1% calcul du moment :

$$M = P \times L = 3,8 \times 0,56 = 2,128$$

Pour une section de 22 mm² en cuivre on a $M1 = 9.2 \text{ MW KV}$ qui est supérieur à 1.68 MW.Km

Donc cette section suffit pour avoir une chute de tension de 1%. (cas cela (= 25 mm²))

Section du câble : 22 mm² tension d'isolement 30 Kv

5.B.7. LIGNE ÉLECTRIQUE

Notre ligne devra transiter une puissance de 3,8 MW sur une distance de 1.6 km. Ce qui fait un moment électrique de 6,08 Mw.Km. Conformément à la norme SENELEC nous allons utiliser une ligne en almélec. Pour une chute de tension de 1% la section 34mm² à un moment qui est égale 7.9 Mw.Km qui est supérieur à 6,08 Mw.KW. Au vue de ces résultats nous allons opter pour la section de 34.4mm² en Almelec.

Les supports utilisés seront en bois .

CHAPITRE 6 : CALCUL DES DÉFAUTS

Ce chapitre est un prélude au chapitre sur la protection et un complément pour le dimensionnement des équipements tel que les appareils de coupures. Il a pour objet principal le calcul des courants de court-circuit maximum et minimum. Le calcul des défauts est fait en différents points du réseau tel que montré sur les figures 17 et 18 correspondant aux différentes solutions.

A CALCUL DE DÉFAUTS POUR LA SOLUTION 2

6.A.1 CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DU DISJONCTEUR GÉNÉRAL

Nous sommes en présence de deux turboalternateurs qui fonctionnent en parallèle, le courant du court-circuit aux bornes du disjoncteur général est égal à la somme des courants de court-circuit de chaque générateur.

6.A.1.1 Courant de court-circuit triphasé

Le calcul des courants de court-circuit aux bornes des alternateurs se fera à l'aide de la réactance subtransitoire de ces groupes.

Pour la TA1 la valeur de la réactance subtransitoire a été obtenue grâce aux fiches techniques de la machine. Pour la TA2, faute de fiche technique la valeur de la réactance subtransitoire a été tirée du guide de l'ingénierie électrique qui pour les turboalternateurs donne une valeur de la réactance qui varie de 0.15 à 0.25 Pu. Notre choix se porte sur la valeur de 0,15 pu puisque cette valeur donne le courant de court-circuit le plus grand.

Nous allons passer à une modélisation des groupes et du jeu de barres.

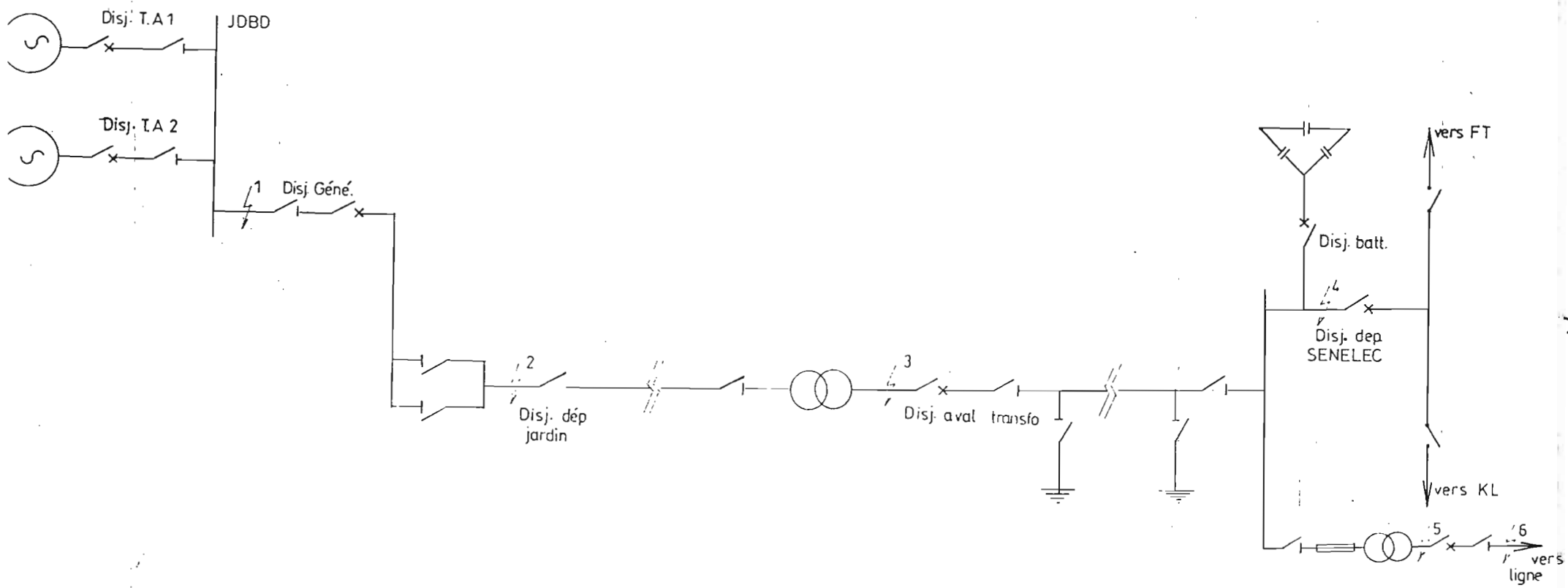
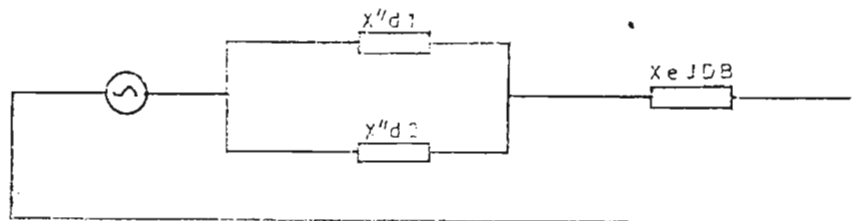
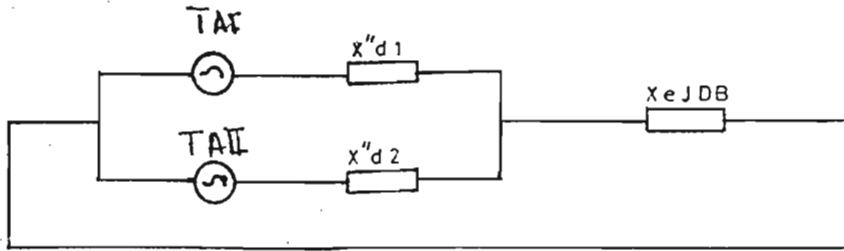
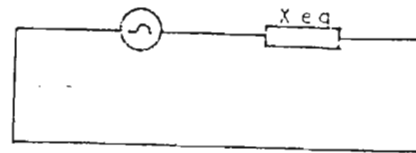


Figure 17 : Position des points de calcul des défauts Solution II.



- Puissance TAI : 4,5 MVA
- Tension nominale : 2,2KV
- Puissance TAI : 4 MVA
- Tension de base : 2 KV
- Puissance de base : 8,5 MVA

$$X''_{d1} = 0.3 \text{ Pu} , \quad X''_{d2} = 0.15 \text{ Pu} .$$



Rejet de la ligne de transmission entre les deux réseaux est de 8.3 m ; cette valeur est mesurée sur la figure N°11. La résistance d'un jeu de barres est de 0.15 mΩ/m (valeur tirée de « Électrotechnique et Normalisation »).

$$X_{eJDB} = 8.3 \times 0.15$$

$$X_{eJDB} = 1.245 \text{ m}\Omega$$

$$X_{eJDB} = 1.245 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Ramené au pu par rapport à la base :

$$X^*_{eJDB} = (1.245 \cdot 10^{-3} \times 8.5 \cdot 10^6) / (2 \cdot 10^3)^2 .$$

$$X^*_{eJDB} = 2.64 \cdot 10^{-3} \text{ pu} \quad (X^* \text{ valeur ramenée à la base})$$

$$X''^*_{d1} = 0.3 \times (2^2/4.5) \times (8.5/2^3) = 0.57 \text{ Pu} .$$

$$X''^*_{d2} = 0.15 \times (2^2/4.5) \times (8.5/2^3) = 0.32 \text{ Pu} .$$

- Calcul de Xeq :

$$X^*_{eq} = X^*_{eJDB} + (X''^*_{d1} \times X''^*_{d2}) / (X''^*_{d1} + X''^*_{d2})$$

$$X^*_{eq} = 2.64 + 0.2$$

$$X^*_{eq} = 0.2026 \text{ pu} .$$

$$E^*(b) = 2/2 = 1 .$$

- Calcul du courant de court circuit par rapport à la base :

$$I_{cc}^*{}_b = 1/0.2026$$

$$I_{cc}^*{}_b = 4.94 \text{ kA.}$$

- Le courant de court circuit réel :

$$I_{cc} = I_{cc}^* \times I_n = 4.94 \times 8.5/(2(3)) \\ = 12.12 \text{ kA.}$$

Le courant de court-circuit triphasé aux bornes du disjoncteur général est de 12,12 KA soit une puissance de court-circuit de :

$$P_{cc} = I_{cc} \times U_n \times \sqrt{3}$$

$$P_{cc} = 12.12 \times 2 \times \sqrt{3}$$

$$P_{cc} = 42 \text{ MVA.}$$

6.A.1.2 Courant de court-circuit biphasé :

Le calcul du courant court-circuit entre phase se fera à l'aide de la théorie des composantes symétriques qui nous permet de calculer le courant direct et inverse ; le courant homopolaire est nul du fait que le neutre des turboalternateurs est isolé e la terre.

La formule générale donnant le courant de court-circuit est de la forme suivante :

$$I_i = E/(X_{1eq} + X_{2eq})$$

X_{1eq} est la valeur de la réactance équivalente trouvée lors du calcul du courant de court-circuit triphasé.

X_{2eq} est la valeur de la réactance inverse équivalente du réseau obtenue en reprenant le raisonnement précédent mais avec les valeurs appropriées. Les valeurs des réactances des turboalternateurs ne sont pas disponibles au niveau de l'usine. Nous avons admis en approximation que $X_1 = X_2$ pour les turboalternateurs (tirer du guide de l'ingénierie électrique page 12 – 20) bien que en réalité X_2 soit plus faible que la réactance directe.

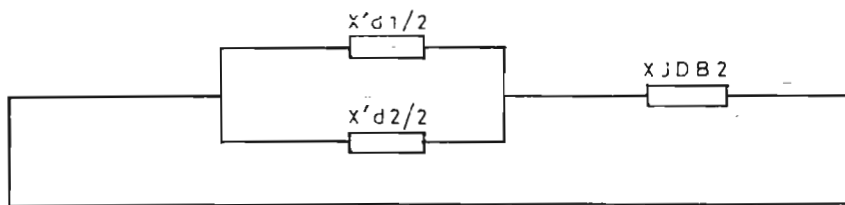
Pour la valeur de la réactance directe elle est prise égale à la réactance transitoire du groupe dans les calculs de courants de court-circuit.

Pour la réactance inverse des jeux de barres, elle ressemble à celle des lignes de transport par conséquent : $X_{1JDB} = X_{2JDB}$.

Au vu de ces considérations le circuit équivalent précédent reste valable aussi bien pour la réactance directe que la réactance inverse équivalente du circuit.

$$\text{Soit } X_{eq}^* = 0.2 + 2.64 \cdot 10^{-3} = 0.2026. \text{ pu}$$

$$E^*(b) = 2/2 = 1.$$



- Le courant de court-circuit par rapport à la base :

$$I_{ccb}^* = 1/(X_{eq1}^* \times X_{eq2}^*)$$

$$I_{ccb}^* = 1/(2 \times 0.2026)$$

$$I_{ccb}^* = 2.468 \text{ kA.}$$

- Le courant de court-circuit réel :

$$I_{cc} = I_{cc}^* \times I_n$$

$$I_{cc} = 2.468 \times 8.5/2\sqrt{3}$$

$$I_{cc} = 6.06 \text{ kA.}$$

Le courant de court-circuit entre deux phases aux bornes du disjoncteur général est : 6.06 kA.

Soit une puissance de court-circuit égale à : $P_{cc} = I_{cc} \times U_n \times \sqrt{3}$.

$$P_{cc} = 21 \text{ MVA.}$$

NB :

Le courant de court-circuit phase-terre n'a pas été calculé parce que le réseau est un réseau à neutre isolé de la terre.

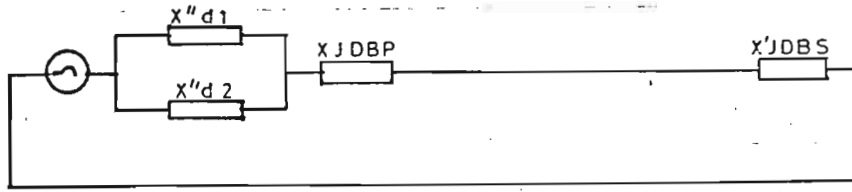
6.A.2 CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DU DISJONCTEUR DE DÉPART DU JARDIN

Entre le disjoncteur général et le départ du jardin, on a un jeu de barres de longueur 6.95m. La réactance correspondante est : $X'_{JDBD} = 6.95 \times 0.15 \cdot 10^{-3}$

$$= 1.043 \cdot 10^{-3} \cdot \Omega$$

6.A.2.1 Courant de court-circuit triphasé

Le circuit équivalent est le suivant :



X'_{JDB} ramené à la base :

$$X^{*'}_{JDB} = 1.043 \cdot 10^{-3} \times 8.5 \cdot 10^6 / (2 \cdot 10^3)^2$$

$$X^{*'}_{JDB} = 2.215 \cdot 10^{-3} \text{ Pu.}$$

- Le courant de court-circuit par rapport à la base :

$$X^*_{eq} = 0.2 + 2.64 \cdot 10^{-3} + 2.215 \cdot 10^{-3}$$

$$X^*_{eq} = 0.2049 \text{ Pu.}$$

$$I_{cc}^*{}_b = 1/0.2049$$

$$I_{cc}^*{}_b = 4.882 \text{ kA.}$$

- Le courant de court-circuit réel :

$$I_{cc} = I_{cc}^*{}_b \times I_n$$

$$I_{cc} = 4.882 \times 8.5 / (2\sqrt{3})$$

$$I_{cc} = 11.98 \text{ kA.}$$

- Le courant de court-circuit triphasé aux bornes du disjoncteur de départ du jardin :

$$I_{cc} = 11.98 \text{ kA.}$$

- Puissance de court-circuit :

$$P_{cc} = I_{cc} \times U_n \times \sqrt{3}$$

$$P_{cc} = 11.98 \times 2 \times \sqrt{3}$$

$$P_{cc} = 41.49 \text{ MVA.}$$

6.A.2.2 Courant de court-circuit biphasé

Par un raisonnement analogue à celui utilisé au niveau du disjoncteur général on a :

$$I^*_{ccb} = 1 / (X^*_{eq} + X^*_{eq})$$

$$I^*_{ccb} = 1 / (2 \times 0.2049)$$

$$I_{ccb}^* = 2.44 \text{ kA.}$$

- Le courant de court-circuit réel :

$$I_{cc} = I_{ccb}^* \times I_n$$

$$I_{cc} = 2.44 \times 8.5/2\sqrt{3}$$

$$I_{cc} = 5.988 \text{ kA.}$$

- Soit une puissance de court-circuit de :

$$P_{cc} = I_{cc} \times U_n \times \sqrt{3}$$

$$P_{cc} = 5.988 \times 2\sqrt{3}$$

$$P_{cc} = 20.74 \text{ MVA.}$$

6.A.3 CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DU

DISJONCTEUR AVAL TRANSFORMATEUR

Le disjoncteur de départ du jardin et le disjoncteur aval transformateur se trouve un câble section de 800mm² en T.C.N.R fait de P.I.M.S tension d'isolement 5.5 kV

T.C.N.R : tripolaire Entre à champ non radial.

P.I.M.S : papier imprégné de matière visqueuse.

Vérification de la tenue du câble choisit au I_{cc} : bornes disjoncteur départ jardin.

Annexe : on tire que la densité de courant admissible pendant une seconde est de

$$120 \text{ A/ mm}^2.$$

La section correspondant à $I_{cc} = 11,98 \text{ KA}$

$$S = 11.980 / 120 = 99,83 \text{ mm}^2 \text{ qui est très inférieur à } 800 \text{ mm}^2.$$

La longueur du câble est de 40m.

Pour les câbles la réactance est égale à 0,1 Ω / km.

La résistance est calculée à partir de :

$$R = (\rho_{cu} \times L) / S \quad \text{avec } \rho_{cu} = 0.0225 \Omega \text{ mm}^2/\text{m.}$$

$$R = (0,0225 \times 40) / 800$$

$$= 0,001125 \Omega$$

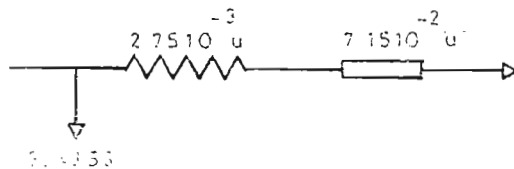
La réactance : $x_{\text{cable}} = 0.1 \times 0.04$

$$= 0.004 \Omega.$$

L'impédance du câble :

$$Z = \sqrt{(R^2 + x_{\text{cable}}^2)} = \sqrt{(0.004^2 + 0.001125^2)} = 0.0042 \Omega..$$

Modélisation du transformateur :



Avec : ΔP_{cc} : perte dans le cuivre.

U_n : tension nominale du transformateur.

S_n : Puissance nominale.

$U_{cc}\%$ étant la tension de court-circuit.

$$r_T = (\Delta P_{cc} \times U_n^2) / S_n^2.$$

$$x_T = (U_{cc}\% \times U_n^2) / (100 \times S_n),$$

On a un transformateur de 4MVA

ΔP_{cc} est sensiblement égale à la perte de puissance du transformateur à sa charge nominale.

$\Delta P_{cc} = 33 \text{ kW}$ pour un transformateur de 4 MVA.

ΔP_v : pertes de puissance dans le fer qui est sensiblement égale aux pertes de la marche à vide du transformateur

$$\Delta P_v = 5 \text{ kW.}$$

ΔQ_v : Puissance magnétisante du transformateur.

$$\Delta Q_v = (I_0\% \times S_n) / 100.$$

$I_0\%$: courant à vide du transformateur en % de I_n .

$$\Delta Q_v = (1.4 \times 4) / 100$$

$$\Delta Q_v = 56 \text{ kVAR.}$$

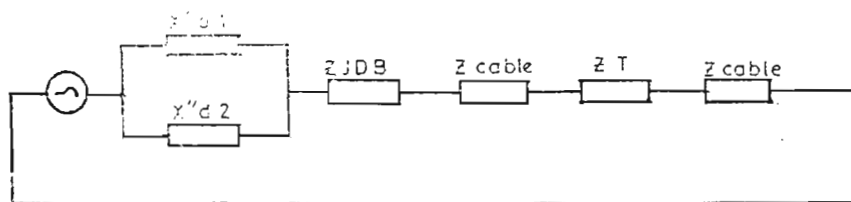
- Calcul de r_T et de x_T :

$$\begin{aligned} r_T &= (\Delta P_{cc} \times U_n^2) / 3 \times S_n^2 \\ &= 33 \times 10^3 \times (2 \times 10^3)^2 / 3 \times (4 \times 10^6)^2 \\ &= 0.00275 \Omega. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_T &= (I_{cc} \times U_n^2) / 100 \times S_n \\ &= 7.15 \times (2 \times 10^3)^2 / 100 \times 4 \\ &= 0.0715 \Omega. \end{aligned}$$

$$\text{D'où } Z_T = \sqrt{(0.00275)^2 + (0.0715)^2} = 0.0716 \Omega.$$

Le circuit équivalent :



- La valeur Z_{cable} ramené en Pu par rapport à la base de 8,5 MVA.

$$Z_b^* = 0.0042 \times 8.5 / 2^2.$$

$$Z_b^* = 0.009 \text{ pu.}$$

- Valeur de l'impédance du transformateur ramenée en Pu par rapport à la base de 8,5 MVA.

$$Z_T = 0.0716 \times 8.5 / 2^2$$

$$Z_T = 0.152 \text{ Pu.}$$

- L'impédance eu Pu équivalente du réseau.

$$Z_{eq} = (1/X_{d1} + 1/X_{d2})^{-1} + X_{eJDB} + X_{eJDB} + Z_{cable} + Z_T$$

$$Z_{eq} = 0.2 + 2.64 \cdot 10^{-3} + 2.215 \cdot 10^{-3} + 0.009 + 0.152$$

$$Z_{eq} = 0.366 \text{ Pu.}$$

- Le courant de court-circuit :

$$I_{cc}^*(b) = 1 / 0.366$$

$$I_{cc}^*(b) = 2.7322 \text{ kA.}$$

- Le courant de court-circuit réel :

$$I_{cc} = 2.73 \times 8.5 / 2(3)$$

$$I_{cc} = 6.7 \text{ kA.}$$

6.A.3.1 Calcul du courant de défaut biphasé

Le courant homopolaire reste nul en court circuit biphasé et pour le transformateur l'impédance de la séquence directe est égale à celui de la séquence inverse.

Ce qui donne pour résultat :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq}$$

$$I_{ccb}^* = 1 / (Z_{1eq}^* + Z_{2eq})$$

$$I_{ccb}^* = 1 / (2 \times 0.366)$$

$$I_{ccb}^* = 1.365 \text{ kA.}$$

- Le courant de court-circuit réel :

$$I_{cc} = 1.365 \times 8.5 / 2\sqrt{3}$$

$$I_{cc} = 3.35 \text{ kA.}$$

6.A.4 CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DU POSTE CROISEMENT

Entre le poste de transformation et le poste du croisement nous avons un câble de section 95mm² d'une longueur de 520mm. Une ligne aérienne en Almelec = 54, 6mm²d' une longueur de 1,6 Km.

Calcul l'impédance du câble :

Pour les câbles on a $x = 0,1 \Omega/\text{km}$

Pour le câble de section 95 mm^2 , on a $r = 0.217 \Omega/\text{km}$.

Soit pour le câble :

$$Z_T = \sqrt{((0.560)^2 \times (0.1^2 + 0.217^2))} = 0.560 \times \sqrt{(0.1^2 + 0.217^2)} = 0.134 \Omega.$$

Ramené par rapport à la base :

$$Z_{pu} = 0.134 \times 8.5 / (30)^2$$

$$Z_{pu} = 1.26 \cdot 10^{-3} \text{ pu.}$$

- Calcul de l'impédance de la ligne :

$$Z = 1.6 \times \sqrt{(0.603^2 + 0.35^2)}$$

$$= 1.12 \Omega.$$

Ramené par rapport à la base :

$$Z_{pu \text{ ligne}} = 1.12 \times 8.5 / (30)^2$$

- Calcul du courant de court-circuit :

La puissance de court-circuit au point désigné est :

$$P_{cc} = 8.5 / Z_{eq}$$

$$P_{cc} = 8.5 / (0.366 + 1.05 \cdot 10^{-2} + 5.5 \cdot 10^{-3})$$

$$P_{cc} = 22.25 \text{ MVA.}$$

Calcul de I_{cc}

$$I_{cc} = 22.25 / (30 \times \sqrt{3})$$

$$I_{cc} = 0.433 \text{ KA}$$

6.A.4 .1 Calcul du courant de court-circuit biphasé

Par une méthode analogue que celle utilisé au III. Nous voyons que seul une ligne et un câble se sont ajoutés au réseau. Or pour une ligne et un câble nous avons l'impédance inverse qui est égale à l'impédance directe.

nous avons :

$$I_{cc} = S_n / (Z_{eq} \times (3 \times U_n))$$

$$I_{cc} = 8.5 / (2 \times 0.382 \times 30 \times (3))$$

$$I_{cc} = 6 \text{ KA}$$

B CALCUL DES DÉFAUTS POUR LA SOLUTION 4

6.B.1 CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DU DISJONCTEUR GÉNÉRAL

La configuration amont disjoncteur général étant la même qu'à la solution 2 les résultats restent les mêmes. (Voir figure 16)

6.B.1.1 Courant circuit triphasé

$$I_{cc} = 12.12 \text{ KA} \quad P_{cc} = 42 \text{ MVA}$$

6.B.1.2 Courant de court-circuit biphasé

$$I_{cc} = 6.06 \text{ Ka} \quad P_{cc} = 21 \text{ MVA}$$

6.B.2 CALCUL DU COURANT DE COURT CIRCUIT AUX BORNES DU DISJONCTEUR DÉPART SENELEC

6.B.2.1 court circuit triphasé Courant de

La longueur du jeu de barres entre le disjoncteur général et le départ SENELEC est de 5.25 m

Soit une impédance de $X'_{JDBDs} = 5.25 \times 0.1510^{-3}$

$$X'_{JDBDs} = 7.87 \cdot 10^{-4} \Omega$$

X'_{JDBDs} ramené à la base

$$X'_{JDBDs} = 7.8710^{-4} \times 8.5/2^2$$

$$X'_{JDBDs} = 1.6710^{-3} \text{ pu}$$

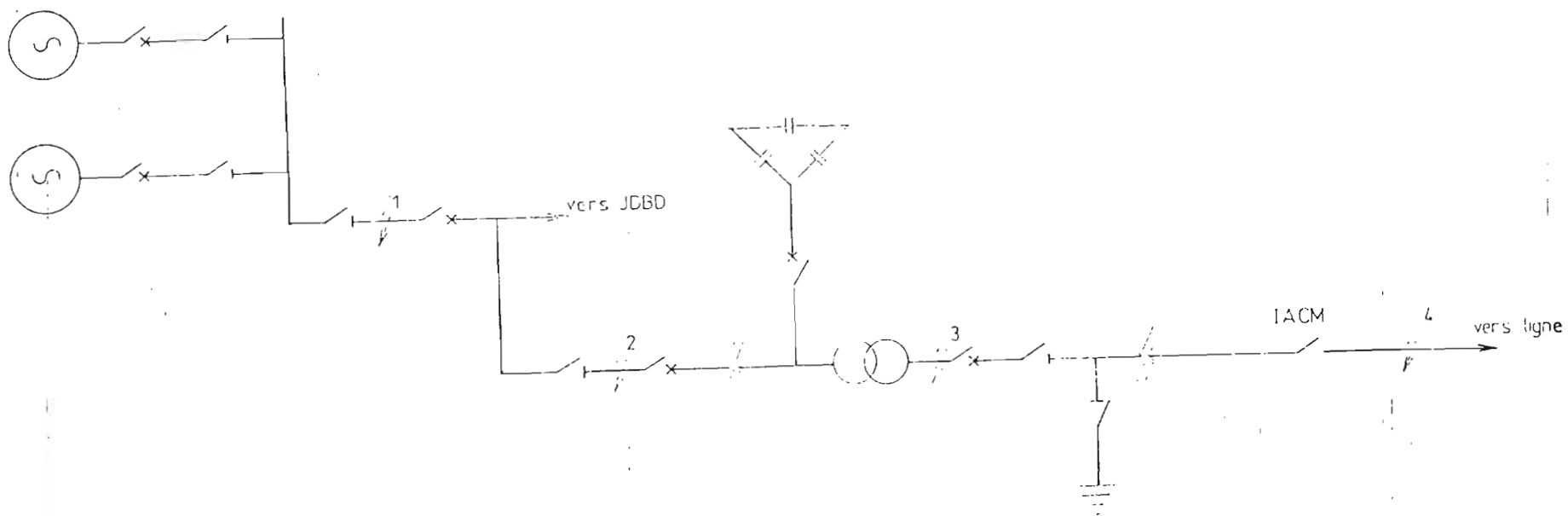
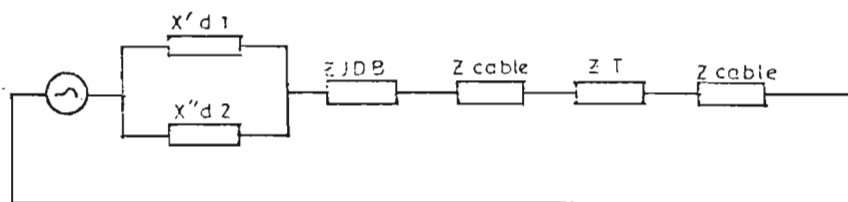


Figure 18 : Position des points de calcul des défauts Solution IV.

Le circuit équivalent



- Le courant de court circuit par rapport à la base

$$X_{eq} = 0.2 + 2.54 \cdot 10^{-3} + 1.67 \cdot 10^{-3} = 0.2040 \text{ pu}$$

$$I_{cc} = 1.04 \times 10^4 \text{ A}$$

- Le courant de court circuit réel

$$I_{cc}^* = I_{cc} \times I_n$$

$$I_{cc}^* = 4.895 \times 8.5 / (2 \times (3))$$

$$I_{cc}^* = 12 \text{ KA}$$

$$I_{cc} = 12 \text{ KA}$$

$$I_{cc} = 12 \text{ KA}$$

6.B.2.2 Calcul du courant de court-circuit biphasé

Nous avons $X^*_{cq1} = X^*_{eq2}$

$$I_{cc}^*b = 1 / (2 \times X^*_{eq1})$$

$$I_{cc}^*b = 1 / (2 \times 0.2043)$$

$$I_{cc}^*b = 2.447 \text{ KA}$$

- Le courant de court-circuit réel

$$I_{cc} = I_{ccb}^* \times I_n$$

$$I_{cc} = 2.447 \times 8.5 / 2\sqrt{3}$$

$$I_{cc} = 6 \text{ KA}$$

6.B.3_ CALCUL DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DU TRANSFORMATEUR

6.B.3.1 Calcul du courant de court-circuit triphasé

A l'impédance équivalente calculé au II. il faut ajouter l'impédance du câble (calculé à la solution 2)

$$Z_{eq} = 0.2043 + 0.009$$

$$Z_{eq} = 0.2133 \text{ pu}$$

$$I_{cc}^* = 1/0.2133$$

$$I_{cc}^* = 4.69 \text{ KA}$$

- Le courant de court circuit réel

$$I_{cc} \text{ réel} = 11.5 \text{ KA}$$

$$P_{cc} = 39.85 \text{ MVA}$$

6.B.3.2 Calcul du courant de court-circuit biphasé

Nous avons $X_{eq1} = X_{eq2}$

$$I_{cc}^{*b} = 1/\sqrt{2} \times X_{q1}$$

$$I_{cc}^{*b} = 1/\sqrt{2} \times 0.2133$$

$$I_{cc}^{*b} = 2.345$$

- Le courant de court circuit KA

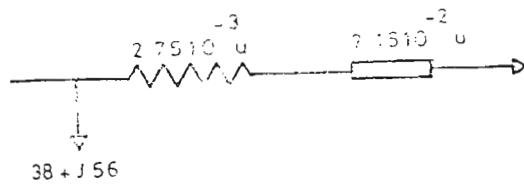
$$I_{cc} \text{ réel} = I_{cc}^* \times \sqrt{3}$$

$$I_{cc} \text{ réel} = 2.345 \times \sqrt{3} \times 2$$

$$I_{cc} \text{ réel} = 5.75 \text{ KA}$$

6.B.4 CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DU DISJONCTEUR AVAL TRANSFORMATEUR

Les caractéristiques du transformateur sont les mêmes que ceux calculées à la solution 2.



- Impédance du câble

$$Z_{\text{câbles}} = 0.009 \text{ pu}$$

- Impédance du transformateur

$$Z_T = 0.152 \text{ Pu}$$

- L'impédance équivalente du réseau

$$Z_{eq} = (1/X'd1 + 1/X'd2)^{-1} + X_e JDBP + X_e JDBDS + Z_{\text{câble}} + Z_T$$

$$Z_{eq} = 0.2 + 2.64 \cdot 10^{-3} + .67 \cdot 10^{-3} + 0.009 + 0.152$$

$$Z_{eq} = 0.365 \text{ pu}$$

- Le courant de court-circuit réel :

$$I_{cc} = I_{cc}^* \times I_n$$

$$I_{cc} = 2.74 \times 8.5 / (\sqrt{3} \times 2)$$

$$I_{cc} = 6.72 \text{ KA}$$

6.B.4.2 Calcul du court-circuit biphasé

Nous avons :

$$Z_{1eq} = Z_{2eq}$$

$$I_{cc}^* = I_{cc} \cdot 1 / 2 \times 0.336 = 1.366 \text{ kA}$$

$$I_{cc} \text{ réel} = I_{cc}^* \times \sqrt{n}$$

$$I_{cc} \text{ réel} = 1.366 \times 8.5 / \sqrt{3 \times 2}$$

$$I_{cc} \text{ réel} = 3.36 \text{ kA}$$

6.B.5. CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AUX BORNES DE L'INTERRUPTEUR AERIEN A COMMANDE MANUELLE

6.B.5 .1 Calcul du courant de court circuit triphasé

La ligne électrique a une section de 34.4, une longueur de 1.6 km.

Le câble a une section de 35mm², une longueur de 520m.

- Impédance du câble

$$\text{Nous avons } r = 1.2 \Omega / \text{km}$$

$$x = 0.1 \Omega / \text{km}$$

$$Z = 0.52 (0.1^2 + 1.2^2)$$

$$Z = 0.6^3 \Omega$$

- Impédance de la ligne : 34.4 Almelic

$$\text{Nous avons } r = 0.958 \Omega / \text{km}$$

$$x = 0.35 \Omega / \text{km}$$

$$Z = 1.6 (0.958^2 + 0.35^2)$$

$$Z = 1.632 \Omega$$

- Impédance par rapport à la base

$$Z_{\text{câble}} = 5.9510^{-3} \text{ pu}$$

$$Z_{\text{ligne}} = 1.5410^{-2} \text{ pu}$$

- Le courant de court circuit :

La puissance de court-circuit au point désigné

$$P_{cc} = 8.5 / Z_{cc}$$

$$P_{cc} = 8.5 / (0.366 + 1.5410^{-2} + 5.9510^{-3})$$

$$P_{cc} = 21.94 \text{ MVA}$$

6.B.5.2 Calcul du courant de court-circuit biphasé

Nous avons $Z_{1eq} = Z_{2eq}$

$$I_{cc} = S_n / (Z_{eq} \times \sqrt{3} \times 4)$$

$$I_{cc} = 8.5 / 2 \times 0.383 \times \sqrt{3} \times 30$$

$$I_{cc} = 0.21 \text{ kA}$$

TABLEAU 5 Tableau Récapitulatif des courants des défauts Solution 2

Point de calcul	Tension	Courant nominal	Pcc MVA	Icc 3 Ø KA	Icc biphasé (KA)	PDC
Disjoncteur général	2	24 54 A	42	12,12	6.06	20
Disjoncteur départ jardin	2	981.5	41,49	11.98	5.988	20
Disjoncteur Aval trans	30	76,98	23,2	6.7	3.35	20

TABLEAU 6 Tableau récapitulatif des courants de défaut Solution 4

Point de calcul	Tension	Courant nominal	Pcc MVA	Icc 3 phase kA	Ic biphasé (kA)	Pouvoir de coupure
Disjoncteur général	2	2454	42	12,12	6.06	20
Disjoncteur départ SENELEC	2	981.51	41,57	12	6	20
Disjoncteur Aval transfo	30	60.1	23,27	6.72	3.36	20
IACM	30	60	21.93	0.422	0.211	

CHAPITRE 7 : ETUDE DE LA PROTECTION DU RESEAU

A ETUDE DE LA PROTECTION SOLUTION 2 (Voir figure 19)

Le rôle joué par la protection dans un réseau est d'une importance capitale, car il permet :

- D'assurer la sécurité des personnes et des biens, préserver la stabilité du réseau et la continuité d'exploitation d'éviter la destruction partielle ou totale du réseau par élévation de température due au fonctionnement anormal des éléments du réseau, d'éviter les risques d'incendie.

- Il doit détecter les fonctionnements électriques anormaux dus :

- aux défauts d'isolement entre
 - un conducteur et la terre
 - deux conducteurs
 - trois conducteurs
 - aux surcharges prolongées
 - aux surtensions
 - aux déséquilibres

Le dimensionnement des protections se faisant d'aval en amont, nous allons commencer notre étude par le poste croisement

7.A.1 CHOIX DES PROTECTIONS DU POSTE CROISEMENT

La plus grande partie des relais de protection sera concentrée dans ce poste pour se protéger des défauts venant de la ligne SENELEC sans avoir à couper l'alimentation des jardins.

7.A.1 .1 Protection contre les surintensités et les surcharges

a) Départ SENELEC

La protection contre les surintensités est assurée par un relais à maximum de courant à temporisation indépendante, réglé à $2 I_n$ et à régler 0,1s.

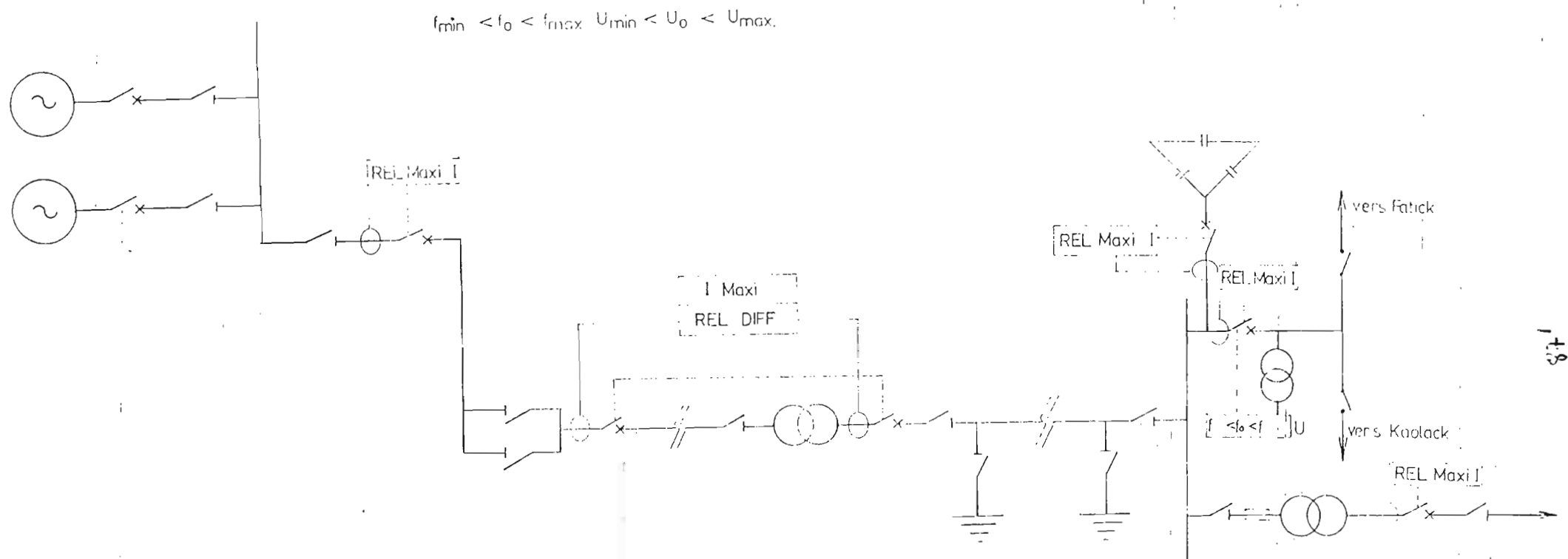


Figure 19 : Disposition des relais de protection Solution II.

La protection contre les surcharges est assurée par un relais de surcharge ampérimétrique à temps constant, réglé à $1.2 I_n$.

b) Départ jardin

La protection contre les surintensités est assurée par un relais à maximum de courant à temporisation indépendante réglé à $2I_n$ jardin et à 0,1s.

7.A.1.2 Protection contre le retour de Puissance

un relais à retour de puissance sera placé au niveau du départ SENELEC.

7.A.1. 3 Protection contre les variations de tension

Un relais de maxi tension réglée à $1.2 U_n$

Un relais de mini tension réglée à $0.8 U_n$

Des relais de protection contre les surtensions seront placés au niveau du départ SENELEC. Ces relais sont munis d'une temporisation permettant d'éviter les ouvertures intempestives.

7.A.1.4 Relais de maxi-mi fréquence

Il sera placé au niveau du départ SENELEC. Ce qui permet de protéger le réseau de l'usine contre l'effet d'avalanche que provoquerai la chute du réseau SENELEC. Ce relais nous permettra d'effectuer le délestage du réseau SENELEC en cas de surcharge réseau SONACOS.

7.A.2 PROTECTION DU POSTE DE TRANSFORMATION

7.A.2.1 Protection contre les surintensités et les surcharges

a) protection du câble et de la ligne

La protection à ce niveau est assurée par un relais à maximum de courant à temporisation indépendante le courant est réglé à $2 I_n$ et la temporisation est réglé à 0,3s ce qui permet d'avoir une sélectivité entre les disjoncteurs.

7.A.2.2 Protection du transformateur

En plus du relais DGTP2 du transformateur (protection contre les surcharges et défaut interne) nous allons installer un relais différentiel permettant de détecter tout défaut entre le disjoncteur départ jardin et le disjoncteur aval transformateur. Ce qui par la même occasion constitue une protection pour le câble de longueur 40m.

7.A.2.3 Protection contre les surtensions

Elle assurée par un relais maxi tension réglé à $1.2 U_n$

7.A.3 PROTECTION DU DÉPART JARDIN ET DU JDBP

7.A.3.1 Protection du départ jardin

Le départ jardin est protégé par le relais différentiel du poste de transformation qui va ouvrir le disjoncteur départ jardin lorsqu'il y a un défaut entre le départ jardin et le disjoncteur aval transformateur

7.A.3.2 Protection du JDBP

Le JDBP sera protégé contre les surintensités par un relais à maximum de courant réglé au courant de court-circuit biphasé. Ce qui donne un réglage de $2I_n$ en tenant compte des estimations dans les calculs temporiser à 0.6 s.

7.A.4 PROTECTION CONTRE LES PERTURBATIONS D'ORIGINE ATMOSPHÉRIQUES

La protection contre la foudre est assurée par des parafoudres placés au niveau du poteau sortie souterrain passage en aérien. 3 Parafoudres.

B ETUDE DE LA PROTECTION DE LA SOLUTION 4 (Voir figure 20)

7.B.1 PROTECTION DU POSTE DE TRANSFORMATION

La plus grande partie des protections se trouve concentrée dans ce poste unique.

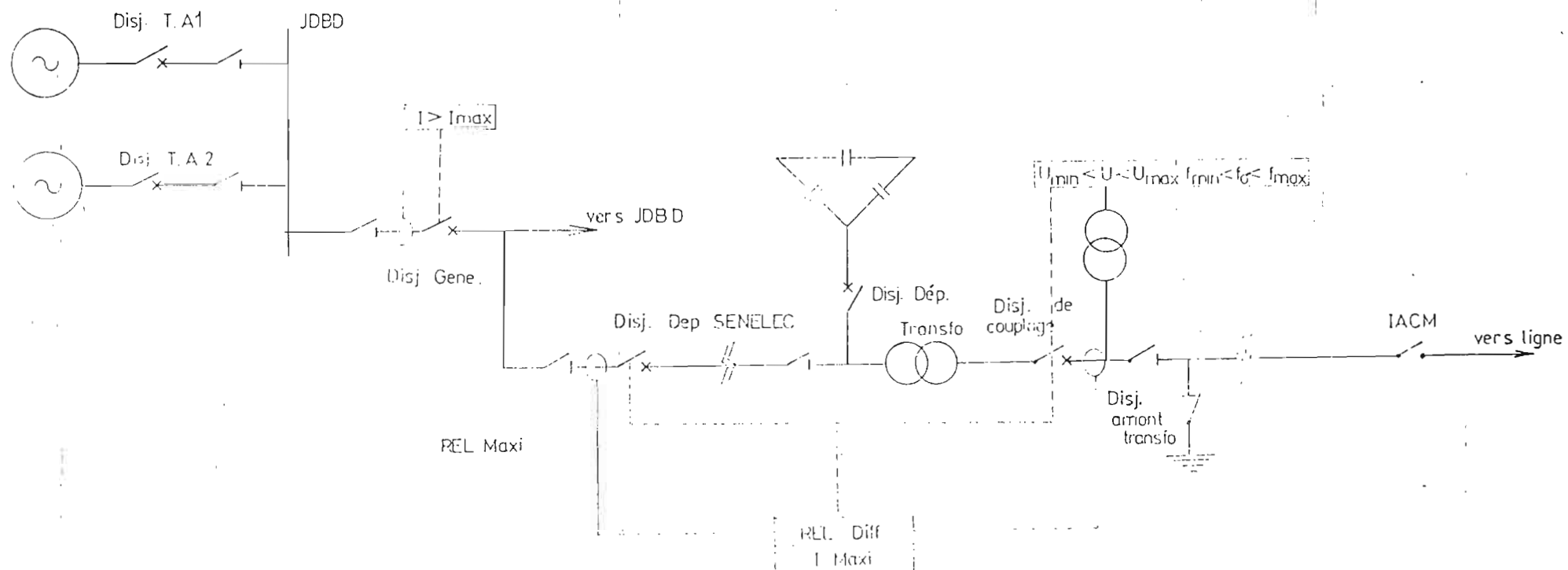


Figure 20 : Disposition des relais de protection solution IV.

7.B.1.1 Départ vers la ligne SENELEC

a) Protection contre les surintensités et les surcharges

La protection contre les surintensités est assurée par un relais à maximum de courant à temporisation indépendante le relais est réglé à $2I_n$ et à 0.1s.

La protection contre les surcharges sera assurée par les protections du transformateurs car la puissance que peut transporter la ligne est largement supérieure à la puissance du transformateur.

b) Protection contre les variations de tension

Des relais maxi et mini tension réglé à $1.2 U_n$ et $0.8 U_n$ seront placés au niveau du départ vers la ligne SENELEC. Ces relais seront temporisés pour éviter les ouvertures intempestives.

7.B.1.2 Relais de maxi-mini fréquence

Un relais maxi mini fréquence sera installé du départ SENELEC. Ce relais a pour fonction la protection du réseau usine contre l'effet d'avalanche provoqué par l'absence du réseau SENELEC. Ce relais permet d'éviter le déclenchement de la centrale en délestant la SENELEC.

7.B.1.2 Protection du transformateur

a) Protection contre les surcharges et les défauts internes

Elle est assurée par DGTP2 (voir dimensionnement du transformateur). Cette protection est renforcée par le relais différentiel qui nous permet de détecter tous défauts entre le départ SENELEC et le poste de transformation. Donc de protéger le câble entre la centrale et le poste d'une longueur de 40m.

7.B.2 PROTECTION DU DÉPART SENELEC

Le différentiel placé au niveau du poste de transformation va protéger le tronçon entre ce départ et le poste de transformation.

7.B.3 PROTECTION DU JDBP

Le JDBP est protégé contre les surintensités par un relais à maximum de courant réglé au courant de court-circuit biphase. ce qui donne un réglage de $2 I_n$ en tenant compte des approximations dans les calculs. La temporisation est réglée à 0.3s.

NB : On signale que le relais différentiel va commander les deux disjoncteurs (disjoncteur départ SENELEC et disjoncteur aval transformateur) ce qui permet d'éviter un retour de la puissance lorsqu'on a un défaut entre le départ et le poste.

CHAPITRE 8:

CALCUL ECONOMIQUE

La finalité de ce projet est la vente d'énergie électrique à la SENELEC d'où l'importance de ce chapitre. Il nous permet de déterminer le coût de la production du Kwh vendue à la SENELEC, l'investissement nécessaire, le délai de recouvrement.

8.1 .CALCUL DE L'INVESTISSEMENT NECESSAIRE

L'investissement nécessaire à ce projet pour être divisés en deux parties :

- **en matériels électriques**

Un détail de cette investissement est donné en annexe.

Pour la solution N°2

il s'élève à 98 770 226 F CFA montant comprenant la fourniture et la pose de ce matériel.

Pour la solution N°4

il s'élève à 83 548 153 F CFA montant comprenant la fourniture et la pose de ce matériel.

- **l'investissement en génie-civil**

Un détail de cet investissement est fourni en annexe.

Pour la solution N°2

il s'élève à 2 900 000 F CFA

Pour la solution N°4

il s'élève à 1 500 000

8.2 CALCUL DU COUT KWH PRODUIT A LA SONACOS

8.2.1 Présentation de la méthode SONACOS

Une première méthode de calcul nous a été proposée par la SONACOS.

Méthode qui consiste à déterminer simultanément le coût du Kwh et de la tonne de vapeur en utilisant le système d'équation suivant.

$$Y_1 = P_1 X_1 - Q_1 X_2$$

$$Y_2 = Q_2 X_2 - P_2 X_1$$

- Y1 étant le budget alloué à la production d'électricité
- Y2 étant le budget alloué à la production de la vapeur
- P1 la production d'électricité de la centrale
- Q1 la quantité de vapeur consommée pour produire cette électricité
- Q2 la quantité de vapeur produite par la chaufferie
- P2 la quantité d'électricité consommée par la chaufferie pour produire de la vapeur.

Nous pensons que l'utilisation de cette méthode ne permet pas de déterminer avec exactitude le coût de production du Kwh fournie à la SENELEC et ce pour deux raisons.

- cette méthode inclus dans le coût de production du Kwh, le coût du matériel acheté et non utilisé ou en stock
- le coût dépend directement du budget de la centrale qui varie suivant les années ce qui fait que le coût du Kwh varie du simple au double suivant les années.

Cette ensemble de raisons ont fait que nous nous sommes proposés de recalculer le coût du Kwh dans le paragraphe suivant.

8.2 2. Coût du Kilowattheure vendue à la SENELEC

Ce paragraphe permet de répondre à la question suivante : Quel est le coût du kilowattheure produit par la centrale pour une fourniture à la SENELEC.

Avant de répondre à cette question, il est bon d'apporter un certain nombre d'information liées directement à la production de cette énergie.

- En premier lieu nous noterons que la nouvelle chaudière sera achetée en remplacement de l'ancienne chaufferie et l'objet de cet achat est principalement la résolution du problème que constitue le déficit de vapeur de chauffe. Ce qui veut dire qu'avec ou sans interconnexion cet achat se fera.
Cependant il nous a été demandé de prendre en option le cas où la vente d'énergie électrique aurait à prendre en charge l'investissement de la chaudière.

- L'entretien de la nouvelle chaudière sera effectué avec ou sans vente d'énergie électrique. Donc les coûts d'entretiens de la nouvelle chaudière ne sont pas liés à la production d'énergie électrique destinée à la vente.
- La SONACOS aura à supporter les charges du personnel conducteur de la chaudière avec ou sans interconnexion.

Les coûts supportés par la SONACOS pour produire le Kwh fournie à la SENELEC sont :

- le coût de la coque d'arachide brûlée pour produire ce Kwh.
- Le coût de la vapeur consommée pour le condenseur de la TAIL
- Le coût d'entretien du turboalternateur

a) Avec l'utilisation de la coque d'arachide

Coût de la coque brûlée pour produire 1 Kwh

La chaudière consomme 4.6 t de coque pour produire les 25t/h de vapeur à une pression de 26 bars et 420° C (Vapeur désurchauffée). Le débit turbiné est égale à 18 T/h soit une consommation de 3.3 t/h de coque consommée pour produire les 3 MWh.

Donc la quantité de coque brûlée par KWh est égale à 1,1 Kg. Soit un coût de $1.1 \times 15 = 16,5$ F/KWh. Le coût de la coque dans le marché est égale à 15 F/kg.

Le coût de la condensation

Ces coûts sont induites par la vapeur consommée au niveau des éjecteurs du condenseur de la TAIL.

Le débit consommé par les éjecteurs de la centrale est estimée à 1 t/h.

Soit un coût de 1.384 F / kwh.

Le coût de l'entretien des turboalternateurs.

D'après les valeurs obtenues au niveau du contrôle interne de gestion le coût annuel d'entretien du turboalternateur hors investissement est égale en moyenne à 5 000 000 FCFA. soit un coût de 0,33 F/KWh

Tout ceci nous donne un coût total de 18,214 F/KWh

b) Avec l'utilisation du fuel lourd.

La chaudière consomme 2.078 de fuel pour produire les 25 t/h de vapeur à une pression de 26 bars et 420° (vapeur désurchauffée). Le débit turbiné est égale à 18 t/h soit une consommation de 1,5t/h de fuel pour produire 3Mwh.

La tonne de fuel coûte 96.00 F CFA soit pour un kilowattheure un coût de 96.000 F cfa x 1.5 / 3.000.

le coût de la condensation est égal à : 1,354 F.km.

Le coût des produits chimiques est égal à 0.042 F.kwh.

Le coût d'entretien du turbo-alternateur est égale à 2.38 F /kwh.

Soit un coût total de : 51.8 F / kwh.

A ce coût il serait difficile de vendre à la SENELEC étant donné que leur coût sortie centrale est égale à 42.35 F/KWh.

8.3 LE PRIX DE VENTE DE KWH

Ce prix a été déterminé en tenant compte du coût du kwh sortie centrale de Kahone. qui est une des centrales les plus performantes de l'avis de la direction de planification et production de la SENELEC. Le coût s'élève à 42.35 F Cfa par Kwh produit et ce sans le rendement du réseau de transport.

A ce coût il faudrait ajouter que le réseau de la SENELEC est un réseau interconnecté ce qui permettra de fournir de l'énergie jusqu'à Dakar et ses environs. A ces facteurs nous pouvons ajouter le projet d'électrification rurale qui va augmenter la demande en énergie dans les régions du centre. Cet ensemble de facteurs nous pousse à fixer notre prix de vente à minimum de 30 F CFA/ KWh et un maximum de 40 F/KWh. Valeurs qui sont en deçà de leur coût de production.

8.4 . EVALUATION DU PROJET

Les méthodes d'évaluations utilisées sont le délai de récupération du capital.

8.4 .1 Le délai de récupération interne.

Calcul de la DRC

- La puissance fournie est 3.000 kw.
- Le coût de Kwh est de 18.214 FCFA, le prix de vente de 40f/kwh.

$$\text{DRC} \times 3.000 \times (\text{Pv} - \text{C}) = \text{I}$$

I : est l'investissement nécessaire à ce projet

Pv : le prix de vente du KWh

C : le coût du KWh

Pour la solution 2

INVESTISSEMENT	COÛT DU KWh	PRIX DE VENTE	DRC	
101 726 266	18.241	30	120 jours	4 mois
101 726 266	18.241	35	85 jours	2 mois 25 jrs
101 726 266	18.241	40	64 jours	2 mois 4 jrs

Pour la solution 4

INVESTISSEMENT	COÛT DU KWh	PRIX DE VENTE	DRC	
85 048 153	18.241	30	101 jours	3 mois 11 jrs
85 048 153	18.241	35	71 jours	2 mois 11 jrs
85 048 153	18.241	40	55 jours	1 mois 25 jrs

En prenant en compte l'investissement de la nouvelle chaudière qui est égale à 3 500 000 000 F CFA.

Pour la solution 4

INVESTISSEMENT	COUT DU KWh	PRIX DE VENTE	DRC
3 585 048 153	18,241	30	20 ans 2 mois
3 585 048 153	18,241	35	14 ans 2 mois
3 585 048 153	18,241	40	10 ans 11 mois

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Au moment où, il est de plus en plus question d'économie d'énergie, de réduction des coûts de production et des importations en hydrocarbures, ce projet s'inscrit dans le cadre des solutions pouvant contribuer à l'atteinte de ces objectifs.

En effet, il est clair que le déficit énergétique auquel le Sénégal est confronté ne peut être résorbé par une intégration des différentes sources d'énergie existantes. Mais, cette intégration passe d'abord par une identification précise de ces sources d'énergie, ensuite par une étude de leur potentiel aussi bien du point de vue de la faisabilité technique que de la rentabilité économique de leur exploitation.

L'étude de la connexion du réseau électrique de la SEIL avec celui de la SENELEC effectuée s'inscrit dans cette démarche. Aussi, ressort – il de l'étude, une faisabilité technique quasi certaine de la connexion et une rentabilité au bout d'une courte période d'exploitation.

En plus, le projet comporte des avantages nombreux et variés, pouvant être appréciés sous plusieurs angles :

➤ Du point de l'entreprise :

- une génération de recettes provenant de la commercialisation du courant électrique à la SENELEC ;
- une optimisation dans l'utilisation des équipements de production. L'équipement est souvent sous utilisé.

➤ Pour le Sénégal :

- Une réduction du déficit énergétique ;
- Corrélativement à la réduction du déficit d'énergie, la suppression des manques à gagner des entreprises résultant des délestages ;
- Une amélioration de la balance des paiements par suite de la réduction des importations d'hydrocarbures ;

Afin d'optimiser l'exploitation, les actions suivantes devront être nécessairement mises en œuvres. Il s'agit de :

- a) la mise en place d'une nouvelle chaudière de 25tr/h. C'est une condition sine qua none pour envisager la distribution d'énergie.

- b) l'adoption de la solution 4 en raison son coût moindre du point de vue l'investissement et de la faisabilité technique sans contrainte particulière.
- c) la mise sur le réseau de groupes électrogènes qui constituent un potentiel non négligeable.
- d) le non recours au fuel pour l'option de vente de l'énergie en raison des coûts élevés.
- e) l'application des recommandations de l'audit énergétique effectué en 1995 pour réduire la charge électrique de l'usine et par conséquent vendre plus d'énergie.
- f) un contrôle et une remise à niveau permanent du rendement des chaudières pour éviter une augmentation du coût du Kw/h.
- g) une étude pour une détermination du coût réel du Kw/h et de la tonne de vapeur.

Bibliographie

Weedy : Electric Power Systems

Borel Lucien : Thermodynamique et énergétique.

Presse polytechnique et Universitaire Romande.

Encyclopédie : Technique de l'ingénierie

Wildi Théodore : Electrotechnique

Mr Ndiaye Diouf Ndiaye : Economie de l'ingénieur

Electra : guide l'ingénierie électrique des réseaux internes d'usines

Electrotechnique : Equipement de puissance

Catalogue merlin gerin MT : édition 1999

Guide de l'installation électrique

Cheikh Wade : Cours de réseau électrique

Philippe Rhinda : Installation électrique

Massamba THIOYE : thermodynamique appliquée

ANNEXES A

DEVIS DESCRIPTIF DU POSTE DE TRANSFORMATION III

- Fond de fouille : 1.10 m (Ff)
- Largeur de fouille 65 cm (Lf)
- Détermination du volume de fouille
- Longueur totale de la fouille (LTf)
- $LTf = 2 [700 + 2 (12,5 + 10)] + 2 [650 + 2 (12,5 + 10)]$

LTf = 2880 m soit

LTf = 28,80 m

- Volume de fouille

$$Vf = LTf \times lf \times Ff$$

$$Vf = 28,80 \times 0,60 \times 1,10 \Rightarrow Vf = 20,592 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume de béton de propreté (Vbp)

$$Vbp = LTbp \times 2bp \times hbp$$

Avec LTbp = longueur totale du béton de propreté

lbp = largeur du béton de propreté : 55 cm

hbp = hauteur du béton de propreté : 5 cm

$$LTbp = 2 [700 + 2(12,5 + 5)]$$

$$LTbp = 2840 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad LTbp = 28,40 \text{ m}$$

$$Vbp = 28,40 \times 0,55 \times 0,05 \Rightarrow Vbp = 0,781 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants du béton de propreté

$$1\text{m}^3 \Rightarrow \begin{cases} 800 \text{ L de gravier} \\ 400 \text{ L de sable} \\ 150 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

- Volume de gravier

$$Vgr = 800 \times 0,781 \Rightarrow Vgr = 624,8 \text{ L}$$

- Volume de sable

$$Vs = 400 \times 0,781 \Rightarrow Vs = 312,4 \text{ L}$$

- Poids de ciment

$$Pc = 150 \times 0,781 \Rightarrow Pc = 117,15 \text{ kg}$$

- Volume des semelles filantes (VSF)

$$Vsf = LTsf \times Lsf \times hsf$$

- Avec LTsf = Longueur totale des semelles filantes

Lsf = Largeur d'une semelle filante : 45 cm

Hsf = Hauteur semelle filante : 40 cm

$$LTsf = 2 [700 + (2 \times 12,5)]$$

DEVIS DESCRIPTIF DU POSTE DE TRANSFORMATION III

- Fond de fouille : 1.10 m (Ff)
- Largeur de fouille 65 cm (Lf)
- Détermination du volume de fouille
- Longueur totale de la fouille (LTf)
- $LTf = 2 [700 + 2 (12,5 + 10)] + 2 [650 + 2 (12,5 + 10)]$

$$LTf = 2880 \text{ m soit } LTf = 28,80 \text{ m}$$

- Volume de fouille

$$Vf = LTf \times lf \times Ff$$

$$Vf = 28,80 \times 0,60 \times 1,10 \Rightarrow Vf = 20,592 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume de béton de propreté (Vbp)

$$Vbp = LTbp \times 2bp \times hbp$$

Avec LTbp = longueur totale du béton de propreté

lbp = largeur du béton de propreté : 55 cm

hbp = hauteur du béton de propreté : 5 cm

$$LTbp = 2 [700 + 2(12,5 + 5)]$$

$$LTbp = 2840 \text{ cm soit } LTbp = 28,40 \text{ m}$$

$$Vbp = 28,40 \times 0,55 \times 0,05 \Rightarrow Vbp = 0,781 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants du béton de propreté

$$1\text{m}^3 \Rightarrow \begin{cases} 800 \text{ L de gravier} \\ 400 \text{ L de sable} \\ 150 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

- Volume de gravier

$$Vgr = 800 \times 0,781 \Rightarrow Vgr = 624,8 \text{ L}$$

- Volume de sable

$$Vs = 400 \times 0,781 \Rightarrow Vs = 312,4 \text{ L}$$

- Poids de ciment

$$Pc = 150 \times 0,781 \Rightarrow Pc = 117,15 \text{ kg}$$

- Volume des semelles filantes (VSF)

$$Vsf = LTsf \times Lsf \times hsf$$

- Avec LTsf = Longueur totale des semelles filantes

Lsf = Largeur d'une semelle filante : 45 cm

Hsf = Hauteur semelle filante : 40 cm

$$LTsf = 2 [700 + (2 \times 12,5)] + 2 [650 + (2 \times 12,5)]$$

$$LTsf = 2800 \text{ cm soit } LTsf = 28 \text{ m}$$

$$Vsf = 28 \times 0,45 \times 0,4 \Rightarrow Vsf = 5,04 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants des semelles

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 5,04 \Rightarrow V_{gr} = 4032 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$V_s = 400 \times 5,04 \Rightarrow V_s = 2016 \text{ l}$$

- Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 5,04 \Rightarrow P_c = 1764 \text{ kg}$$

- Calcul des poids des armatures des semelles filantes

On a 2 types

- Armatures de répartition (ϕ_8)
- Armatures porteurs (ϕ_{12})
- Soient : e : enrobage = 2,5 cm
 c : longueur d'un crochet 10ϕ
 $4'$ = espacement entre les armatures (14cm)

- Longueur des ϕ_8 suivant largeur

$$L_2\phi_8 = 2 [650 - 2 (20,5 + 12,5) + 24]$$

$$L_2\phi_8 = 2 [650 - 2 \times 12,5) + 2 \times 2,5]$$

$$L_2\phi_8 = 1178 \text{ cm}$$

- Nombre de ϕ_8 suivant la longueur

$$N_1 = 2 (LSF - 24/14 + 1)$$

$$N_1 = 2 (45 - 2 \times 2,5/14 + 1) \Rightarrow N_1 = 7,71 \text{ soit } N_1 = 8 (\phi_8)$$

- Nombre de ϕ_8 suivant la largeur

$$N_2 = 2 (45 - 2 \times 2,5/14 + 1) \Rightarrow N_2 = 7,71 \text{ soit } N_2 = 8 (\phi_8)$$

- Calcul de la longueur totale de ϕ_8

$$LT\phi_8 = N_1.L_1\phi_8 + N_2.L_2\phi_8$$

$$LT\phi_8 = 8 \times 1440 + 8 \times 1178 \Rightarrow LT \phi_8 = 20944 \text{ cm}$$

$$LT \phi_8 = 209,44 \text{ m}$$

- Longueur d'un ϕ_{12}

$$L\phi_{12} = (Lsf - 2E + 2)$$

$$L \phi_{12} = (45 - 2 \times 2,5 + 2 \times 10 \times 1,2) \Rightarrow L\phi_{12} = 64 \text{ cm}$$

- Nombre de ϕ_{12} suivant la longueur

$$N'_1 = 2 [(700 + 2 \times 12,5 - 2^e)/14 + 1]$$

$$N'_1 = 2 [(700 + 2 \times 12,5 - 2 \times 2,5)/14 + 1] \Rightarrow N'_1 = 105 (\phi_{12})$$

- Nombre de ϕ_{12} suivant la largeur

$$N'_2 = 2 [(650 - 2 (20,5 + 12,5) + 2^e)/14 + 1]$$

$$N'_2 = 2 [(650 - 2 (20,5 + 12,5) + 2 \times 2,5)/14 + 1] \Rightarrow N'_2 = 87 (\phi_{12})$$

- Nombre total de ϕ_{12}

$$N'_T = N'_1 + N'_2 \Rightarrow N'_T = 105 + 87 \Rightarrow N'_T = 192 (\phi_{12})$$

Calcul de la longueur totale de ϕ_{12}

$$L_T \phi_{12} = L \phi_{12} \times N'_T$$

$$L_T \phi_{12} = 64 \times 192 \Rightarrow L_T \phi_{12} = 12288 \text{ cm}$$

$$L_T \phi_{12} = 122,88 \text{ m}$$

- Calcul du nombre de briques pleines dans le mur de soubassement

- Surface occupée par les briques pleines avec joints suivant la longueur

$$Sbj_1 = 2 (7 - 0,225 \times 2) \times 0,56$$

Avec 0,225 m coté du poteau + enduit

0,56 m hauteur mur de soubassement

$$Sbj_1 = 7,336 \text{ m}^2$$

Suivant la largeur

$$Sbj_2 = 2 (6,5 - 2 \times 0,225) \times 0,56$$

$$Sbj_2 = 6,776$$

Surface totale occupée par les briques pleines + joints

$$Sbj_T = Sbj_1 + Sbj_2$$

$$Sbj_T = 7,336 + 6,776$$

$$Sbj_T = 14,112 \text{ m}^2$$

Ces briques sont des briques pleines de 20 x 20 x 40

- Nombre de briques pleines

Nbpl = 12,5 x Sbj_T (12,5) est le coefficient affecté à la surface de maçonnerie pour trouver le nombre de briques.

$$Nbpl = 12,5 \times 14,112$$

$$Nbpl = 176,4 \text{ soit } Nbpl = 177 \text{ briques}$$

- Calcul du nombre de sacs pour réaliser ces briques

$$1 \text{ sac} \Rightarrow 30 \text{ briques}$$

$$\text{Nombre sacs} = 177/30 \Rightarrow \text{Nombre sacs} = 5,9 \text{ soit } 6 \text{ sacs}$$

- Calcul de volume des joints

$$V_j = 0,034 \times Sbj_T \text{ (0,034 est le coefficient affecté à } Sbj_T \text{ pour trouver } V_j).$$

$$V_j = 0,034 \times 14,112$$

$$V_j = 0,479 \text{ m}^3$$

- Calcul des composants de poteaux avec HSP = 3,5 m

- Volume des 4 poteaux (poteau carré 20 x 20)

$$V_p = 4 (3,5 + 0,66) \times 0,2^2$$

$$V_p = 0,6656$$

- Calcul des différents des poteaux

1 m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,6656 \Rightarrow V_{gr} = 532,48 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,6656 \Rightarrow V_s = 266,24 \text{ l}$$

- Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,6656 \Rightarrow P_c = 232,96 \text{ kg}$$

- Longueur des armatures dans les poteaux (ϕ_{10} , ϕ_6)

H_p = Hauteur d'une barre dans un poteau

$$H_p = H_{SP} + 0,66 + h_{sf} - 2e + H_{\text{plancher}} + 2c$$

$$H_p = 3,5 + 0,66 + 0,4 - 2 \times 0,025 + 0,1 + 2 \times 10 \times 0,01$$

$$H_p = 4,81$$

- Longueur totale de ϕ_{10} utilisée pour les 4 poteaux avec $4\phi_{10}$ par poteau

$$L_{t\phi_{10}} = 4 \times 4 \times 4,81 \Rightarrow L_{t\phi_{10}} = 76,96 \text{ m}$$

- Calcul du nombre de cadre avec espacement de 18 cm entre cadre

$$N_c = (H_p - 2c / 0,18 + 1)$$

$$N_c = (4,81 - 2 \times 10 \times 0,01 / 0,18 + 1) \Rightarrow N_c = 27 \text{ cadres}$$

- Longueur totale des cadres (ϕ_6)

$$L_{t\phi_6} = 4 \times N_c \times [(4 \times (0,2 - 2e) + 2c]$$

$$L_{t\phi_6} = 4 \times 27 \times [(4 \times (0,2 - 2 \times 0,025) + 2 \times 10 \times 0,006]$$

$$L_{t\phi_6} = 77,76$$

- Calcul des constituants du chaînage (haut et bas)

- Volume du chaînage (20 x 20 x 25)

$$V_{ch} = 2 [2(7 \times 0,2 \times 0,025) + 2(6,5 - 2 \times 0,2) \times 0,2 \times 0,025]$$

$$V_{ch} = 0,262 \text{ m}^3$$

- Estimation des différents constituants des chaînages

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,262 \Rightarrow V_{gr} = 209,6 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,262 \Rightarrow V_s = 104,8 \text{ l}$$

- Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,262 \Rightarrow P_c = 91,7 \text{ kg}$$

- Longueur des armatures dans le chaînage (ϕ_{10} , ϕ_6)

$$L_{ch} = 8(7 - 2e + 2c + 6,5 - 2e + 2c) \times 2$$

$$L_{ch} = 2 \times 8(7 + 6,5 + 4c - 4e)$$

$$L_{ch} = 2 \times 8(7 + 6,5 + 4 \times 0,01 - 4 \times 0,025)$$

$$L_{ch} = 220,8 \text{ m de } \phi_{10}$$

Nombre de cadre (ϕ_6)

$$N_c = 2(2(7 - 2e/0,88 + 1) + 2(6,5 - 2 \times 0,2 - 2e/0,18 + 1))$$

$$N_c = 296,88 \text{ soit } N_c = 297 \text{ cadres}$$

- Longueur des cadres

$$L_c = N_c (2 \times (0,15 + 0,15) + 2e)$$

$$L_c = 297 (2 \times 0,3 + 2 \times 10 \times 0,006)$$

$$L_c = 213,84 \text{ m de } \phi_6$$

- Calcul des constituants du linteau de 4 m

- Volume du linteau de 15 x 15 x 400

$$V_l = 0,15 \times 0,15 \times 4$$

$$V_l = 0,09 \text{ m}^3$$

1 m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,09 \Rightarrow V_{gr} = 72 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,09 \Rightarrow V_s = 36 \text{ l}$$

- Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,09 \Rightarrow P_c = 31,5 \text{ kg}$$

Longueur totale des armatures dans le linteau (ϕ_{10}, ϕ_6)

$$L_{t\phi_{10}} = 4(4 - 2e)$$

$$L_{t\phi_{10}} = 4(4 - 2 \times 0,025) \Rightarrow L_{t\phi_{10}} = 15,8 \text{ m}$$

- Nombre de ϕ_6

$$N_{\phi_6} = 4 - 2e/0,18 + 1 \Rightarrow N_{\phi_6} = 4 - 2 \times 0,025/0,18 + 1$$

$$N_{\phi_6} = 21,94 \text{ soit } N_{\phi_6} = 22 \text{ cadres}$$

$$L_{t\phi_6} = N_{\phi_6} \cdot [4(0,15 - 2e) + 2C]$$

$$L_{t\phi_6} = 22 \cdot [4(0,15 - 2 \times 0,025) + 2 \times 10 \times 0,006]$$

$$L_{t\phi_6} = 11,44 \text{ m}$$

- Surface occupée par les baies (portes et fenêtres avec grille)

- Dimension de la porte : largeur 3,2 m - hauteur 2 m

- Dimension d'une fenêtre : largeur 1,3 m - hauteur 0,6 m

$$S_{baies} = 3,2 \times 2 + 2 \times 1,3 \times 0,6$$

$$S_{baies} = 7,96 \text{ m}^2$$

- Calcul de la surface occupée par les briques creuses avec joints (15 x 15 x 20 dimension des briques creuses)

$$S_{bj} = S_{t bj} - S_{baies}$$

$S_{t bj}$ = surface totale occupée par les briques creuses avec joints sans baies

$$S_{t bj} = (7 - 2 \times 0,2) \times H_{sp} \times 2 + (6,5 - 2 \times 0,2) \times h_{sp} \times 2$$

$$S_{t bj} = (7 - 0,4) \times 3,5 \times 2 + (6,5 - 0,4) \times 3,5 \times 2$$

$$Stbj = 88,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Donc } Sbj = 88,9 - 7,96$$

$$Sbj = 80,94 \text{ m}^2$$

- Nombre de briques creuses

$$Nbc = sbj \times 12,5$$

$$Nbc = 80,94 \times 1,5 \Rightarrow Nbc = 1011,75$$

Soit $Nbc = 1012$ briques creuses

- Nombre de sacs de ciment pour réaliser ces briques

$$1 \text{ sac} \Rightarrow 35 \text{ briques}$$

$$Nsac = 1012/35 \Rightarrow Nsac = 28,91 \text{ soit } Nsac = 29 \text{ sacs}$$

- Volume de joints

$$Vj = sbj \times 0,034$$

$$Vj = 80,94 \times 0,034 \Rightarrow Vj = 2,75 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants de la dalle

- Surface de la dalle (SD)

$$SD = [(7 - 2 \times 0,2) \times (6,5 - 2 \times 0,2) - 4 (0,4 \times 0,4)]$$

$$SD = 39,62 \text{ m}^2$$

- Volume de la dalle

$$VD = SD \times 0,1$$

$$VD = 39,62 \times 0,1 \Rightarrow VD = 3,962 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants de la dalle

$1 \text{ m}^3 \Rightarrow$	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$Vgr = 800 \times 3,962 \Rightarrow Vgr = 3169,6 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$Vs = 400 \times 3,962 \Rightarrow Vs = 1584,8 \text{ l}$$

- Poids de ciment

$$Pc = 350 \times 3,962 \Rightarrow Pc = 1386,7 \text{ kg}$$

- Volume de béton pour les regards (V_R)

$$V_R = 4 [(0,5 + 0,5 + 0,4) \times 0,1 \times 0,4]$$

$$V_R = 0,224 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants de ces regards

$1 \text{ m}^3 \Rightarrow$	800 l de gravier
	400 l de sable
	300 kg de ciment

- Volume de gravier
 $V_{gr} = 800 \times 0,224 \Rightarrow V_{gr} = 179,2 \text{ l}$

- Volume de sable
 $V_s = 400 \times 0,224 \Rightarrow V_s = 89,6 \text{ l}$

- Poids de ciment
 $P_c = 300 \times 0,224 \Rightarrow P_c = 67,2 \text{ kg}$

- Longueur des différents types d'armatures dans la dalle (ϕ_{10} et ϕ_8)

Longueur des fers sans enlever les regards

- fers porteurs (ϕ_{10}) avec espacement de 15 cm entre fers porteurs

$$L_{\phi_{10}} = N_{\phi_{10}} \times (6,5 - 2e)$$

$$N_{\phi_{10}} = (7 - 2e)/0,15 + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = 7 - 2 \times 0,025 / 0,15 + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = 47,33 \text{ soit } 48 \text{ fers de } \phi_{10}$$

$$L_{\phi_{10}} = 48 \times (6,5 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{\phi_{10}} = 309,6 \text{ m}$$

- fers de répartition (ϕ_8) avec 15 cm comme espacement

$$L_{\phi_8} = N_{\phi_8} \cdot (7 - 2e)$$

$$N_{\phi_8} = (6,5 - 2e)/0,15 + 1$$

$$N_{\phi_8} = (6,5 - 2 \times 0,025)/0,15 + 1$$

$$N_{\phi_8} = 44$$

$$L_{\phi_8} = 44 \cdot (7 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{\phi_8} = 305,8 \text{ m}$$

- Ferrailage sur les faces latérales des regards

- Calcul pour une face

$$L_{\phi_{10}} = N_{\phi_{10}} \times (0,6 - 2e)$$

$$N_{\phi_{10}} = (0,6 - 2e)/0,15 + 1 \Rightarrow N_{\phi_{10}} = (0,6 - 2 \times 0,025)/0,15 + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = 4,66 \text{ soit } 5 \text{ fers de } \phi_{10}$$

$$L_{\phi_{10}} = 5(0,6 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{\phi_{10}} = 2,75 \text{ m}$$

Donc pour le 4 regards on a

$$L_{\phi_{10}} = 4 \times 4 \times 2,75$$

$$L_{\phi_{10}} = 44 \text{ m}$$

Puisque les regards sont carrés et les espacements identiques dont on a $L_{\phi_8} = 44 \text{ m}$

- Calcul des différents constituants du plancher

- Volume des planchers

$$V_p = [(7 + 0,4) \times (6,5 + 0,4) \times 0,1]$$

$$V_p = 5,106 \text{ m}^3$$

- Calcul des constituants du plancher

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 5,106 \Rightarrow V_{gr} = 4084,8 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$V_s = 400 \times 5,106 \Rightarrow V_s = 2042,4 \text{ l}$$

- Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 5,106 \Rightarrow P_c = 1787,1 \text{ kg}$$

- Calcul des différentes longueurs d'armatures contenues dans le plancher

- Pour les ϕ_{10}

$$L_{t\phi_{10}} = N_{\phi_{10}} (6,5 + 2 \times 0,2 - 2e)$$

$$N_{\phi_{10}} = (7 + 2 \times 0,2 - 2 \times 0,025) / 0,15 + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = (7 + 2 \times 0,2 - 2 \times 0,025) / 0,15 + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = 50 \text{ fers de } \phi_{10}$$

$$L_{t\phi_{10}} = 50 (6,5 + 0,4 - 0,05)$$

$$L_{t\phi_{10}} = 342,5 \text{ m}$$

- Pour les ϕ_8

$$L_{t\phi_8} = N_{\phi_8} \cdot (7 + 2 \times 0,2 - 2e)$$

$$N_{\phi_8} = (6,5 + 0,4 - 2e) / 0,15 + 1 \Rightarrow N_{\phi_8} = 47 \text{ fers de } \phi_8$$

$$L_{t\phi_8} = 47 (7 + 0,4 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{t\phi_8} = 345,45 \text{ m}$$

- Calcul du volume des enduits extérieurs

- Hauteur des enduits extérieurs

$$H_{\text{enduits}} = H_{ch} + H_D + H_{sp}$$

$$H_{\text{enduits}} = 0,25 + 0,1 + 3,5 \Rightarrow H_{\text{enduits}} = 3,85 \text{ m}$$

- Surface de la face extérieure de la maçonnerie qui aura des enduits

$$SME = 2 (7 \times 3,85) + 2 (6,5 \times 3,85) - s \text{ baies}$$

$$SME = 2 (7 \times 3,85) + 2 (6,5 \times 3,85) - 7,96$$

$$SME = 95,99 \text{ m}^2$$

- Surface de la face intérieure de la maçonnerie qui aura des enduits avec la hauteur d'enduits égale à NSP

$$SMI = 2 ((HSP) \times (7 - 2 \times 0,2)) + 2 ((HSD) \times (6,5 - 2 \times 0,2)) - S \text{ baies}$$

$$SMI = 2 (3,5 \times (7 - 0,4)) + 2 (3,5 \times (6,5 - 0,4)) - 7,96$$

$$SMI = 80,94 \text{ m}^2$$

- Surface de la dalle et du plancher qui auront des enduits

$$SDP = (7 - 2 \times 0,2) \cdot (6,5 - 2 \times 0,2) + (16 \times 0,4 \times 0,5) + (7 \times 6,5)$$

$$SDP = 88,96 \text{ m}^2$$

- Surface totale de la maçonnerie qui aura des enduits

$$SRM = SME + SMI + 50p$$

$$STM = 95,99 + 80,94 + 88,96$$

$$STM = 265,89$$

- Volume des enduits

$$V_E = 0,024 \times STM \text{ (0,024 est le coefficient affecté à STM pour avoir } V_E)$$

$$V_E = 0,024 \times 265,89 \Rightarrow V_E = 6,381 \text{ m}^3$$

- Volume total de mortier pour les joints et enduits

$$V_{tje} = V_E + V_j + V_j$$

$$V_{tje} = 6,381 + 0,479 + 2,75$$

$$V_{tje} = 9,610 \text{ m}^3$$

- Volume total de gravier pour réaliser l'ouvrage

$$V_{tgr} = 624,8 + 4032 + 532,48 + 209,6 + 72 + 3169,6 + 179,2 + 4084,8$$

$$V_{tgr} = 12904,48 \text{ l} \quad \text{soit} \quad V_{tgr} = 12,904 \text{ m}^3$$

- Volume de sable pour réaliser les briques pleines

$$30 \text{ briques pleines} \Rightarrow 60 \text{ l de sable}$$

$$\text{donc } V_{sp} = 177 \times 60/30 \Rightarrow V_{sp} = 354 \text{ l}$$

- Volume de sable pour réaliser les briques creuses

$$35 \text{ briques creuses} \Rightarrow 120 \text{ l de sable}$$

$$V_{sc} = 1012 \times 120/30 \Rightarrow V_{sc} = 4048 \text{ l}$$

- Volume de sable pour le mortier (enduits + joints)

- Le dosage du mortier est de 1 m^3 de sable pour 400 kg de ciment

$$V_{sm} = 1 \text{ m}^3 \times V_{tje}$$

$$V_{sm} = 1 \text{ m}^3 \times 9,610 \Rightarrow V_{sm} = 9,610 \text{ m}^3$$

- Volume total de sable pour réaliser l'ouvrage

$$V_{ts} = 312,4 + 2016 + 266,24 + 104,8 + 36 + 1584,8 + 89,6 + 2042,4 + V_{sp} + V_{sc} + V_{sm}$$

$$V_{ts} = 6452,24 + 354 + 4048 + 9610$$

$$V_{ts} = 20464,24 \text{ l} \quad \text{soit} \quad V_{ts} = 20,464 \text{ m}^3$$

- Poids de ciment contenu dans le mortier

$$P_{cm} = 400 \times V_{tje}$$

$$P_{cm} = 400 \times 9,610 \Rightarrow P_{cm} = 3844 \text{ kg}$$

- Poids de ciment pour réaliser les briques

$P_{cb} = (6 + 29) \times 50$ car on a 6 sacs pour les briques pleines et 29 sacs pour les briques creuses et ces sacs pèsent 50 kg

$$P_{cb} = 1750 \text{ kg}$$

- Poids total de ciment pour réaliser l'ouvrage

$$P_{tc} = 117,15 + 1764 + 232,96 + 91,7 + 31,5 + 1386,7 + 67,2 + 1787,1 + P_{cm} + P_{cb}$$

$$P_{tc} = 5478,31 + 3844 + 1750$$

$$P_{tc} = 11072,31 \text{ kg} \quad \text{soit} \quad P_{tc} = 11,072 \text{ T}$$

- Longueur totale de ϕ_{12} pour réaliser l'ouvrage

$$L'_{t\phi_{12}} = 122,88 \text{ m}$$

- Poids total de ϕ_{12} pour réaliser l'ouvrage

$$P_{t\phi_{12}} = L'_{t\phi_{12}} \times 100/108$$

$$P_{t\phi_{12}} = 122,8 \times 100/108 \Rightarrow P_{t\phi_{12}} = 113,704 \text{ kg}$$

Soit $Pt \phi_{12} = 0,114 \text{ T}$ qui équivaut à

- Longueur totale de ϕ_{10} pour réaliser l'ouvrage
 $L't\phi_{10} = 76,96 + 15,8 + 309,6 + 44 + 342,5 + 220,8$
 $L't\phi_{10} = 1009,66$

- Poids total de ϕ_{10} pour réaliser l'ouvrage
 $L't\phi_{10} = L't\phi_{10} \times 100/156$
 $L't\phi_{10} 1009,66 \times 100/156 \Rightarrow L't\phi_{10} 647,218 \text{ kg}$
Soit $L't\phi_{10} = 0,647 \text{ t}$ qui équivaut à

- Longueur totale de ϕ_8 pour réaliser l'ouvrage
 $L't\phi_8 = 209,44 + 305,8 + 345,45 + 44$
 $L't\phi_8 = 904,69 \text{ m}$

- Poids total de ϕ_8 pour réaliser l'ouvrage
 $P't\phi_8 = L't\phi_8 \times 100/240$
 $P't\phi_8 = 904,69 \times 100/240 \Rightarrow P't\phi_8 = 376,954 \text{ kg}$
Soit $P't\phi_8 = 0,377$ qui équivaut à

- Longueur totale de ϕ_6 pour réaliser l'ouvrage
 $L't\phi_6 = 77,76 + 213,84 + 11,44 \Rightarrow L't\phi_6 303,04 \text{ m}$

- Poids total de ϕ_6 pour réaliser l'ouvrage
 $P't\phi_6 = L't\phi_6 \times 100/408$
 $P't\phi_6 = 303,04 \times 100/408 \Rightarrow P't\phi_6 = 74,274 \text{ kg}$
Soit $P't\phi_6 = 0,074 \text{ t}$ qui équivaut à

- Pour le fil de fer pour réaliser l'ouvrage
- $Pf.f = 2\% \text{ PTA}$ (PTA poids total des armatures : $\phi_{12}, \phi_{10}, \phi_8, \phi_6$)
- $Pff = 2\% (113,704 + 647,218 + 376,954 + 74,274)$
- $Pff = 24,243 \text{ kg}$

- Volume de terre de remblais contre fondation

$Vrcf = 0,85 \times V_f$
 $Vrcf = 0,85 \times 20,592$
 $Vrcf = 17,5032$

NB : La peinture n'est pas tenue en compte

Tableau récapitulatif des matériaux

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix total
Terre à enlever	m ³	20,592	2 150	44 272,8
Terre de remblais	m ³	17,5032	1 550	27 129,96
Gravier	m ³	12,904	7 500	96 780
Sable	m ³	20,464	2 500	51 160
Ciment	T	11,072	55 000	608 960
Fer ϕ_{12}	T	0,114	330 000	37 620
Fer ϕ_{10}	T	0,647	270 000	174 620
Fer ϕ_8	T	0,377	270 000	101 790
Fer ϕ_6	T	0,074	270 000	19 980
Fil de fer	Kg	24,243	750	18 182,25
Poite	PC	2	78 732	157 464
Ouverture (grille)	PC	2	30 000	60 000
TOTAL				1 398 030 F

Total affecté d'un coefficient de 10% par mesure de sécurité : 1 537 850 F

DEVIS DESCRIPTIF ET ESTIMATIF DU POSTE DE TRANSFORMATION II.

- Fond de fouille : 1.10 m (Ff)
 - Largeur de la fouille 65 cm (lf)
 - Détermination du volume des fouilles
 - Longueur totale de la fouille (ltf)
- $L_{tf} = 2 [700 + 2 (12,5 + 10)] + 2 [550 + 2 (12,5 + 10)]$
 $L_{tf} = 2680 \text{ cm}$ soit $L_{tf} = 26,8 \text{ m}$

- Volume de fouille

$$V_f = L_{tf} \times l_f \times F_f$$

$$V_f = 26,8 \times 0,65 \times 1,10 \quad \Rightarrow \quad V_f = 19,162 \text{ m}^3$$

- Détermination du volume de béton de propreté (Vbp)

$$V_{bp} = L_{tbp} \times l_{bp} \times h_{bp}$$

Avec L_{tbp} = Longueur total du béton de propreté

l_{bp} = largeur du béton de propreté : 55 cm

h_{bp} = Hauteur du béton de propreté : 5 cm

$$L_{tbp} = 2[700 + 2(12,5 + 5)] + 2[550 + 2(12,5 + 5)]$$

$$L_{tbp} = 2640 \text{ cm} \text{ soit } L_{tbp} = 26,4 \text{ m}$$

$$V_{bp} = 26,4 \times 0,55 \times 0,05 \quad \Rightarrow \quad V_{bp} = 0,726 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants du béton de propreté

1 m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	150 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,726 \quad \Rightarrow \quad V_{gr} = 580,8 \text{ l}$$

- Volume de sabme

$$V_s = 400 \times 0,726 \quad \Rightarrow \quad P_c = 108,9 \text{ kg}$$

- Volume des semelles filantes (VSF)

$$V_{sf} = L_{tsf} \times l_{sf} \times h_{sf}$$

Avec : L_{tsf} : Longueur totale des semelles filantes

l_{sf} : largeur d'une semelle filantes : 45 cm

h_{sf} = hauteur semelle filantes : 40 cm

$$L_{tsf} = 2[700 + (2 \times 12,5)] + [550 + (2 \times 12,5)]$$

$$L_{tsf} = 2600 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad l_{sf} = 26 \text{ m}$$

$$V_{sf} = 26 \times 0,45 \times 0,4 \quad \Rightarrow \quad V_{sf} = 4,68 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants des semelles

1 m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 4.68 \Rightarrow V_{gr} = 3744 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$V_s = 400 \times 4.68 \Rightarrow V_s = 1872 \text{ l}$$

- Volume de ciment

$$P_c = 350 \times 4.68 \Rightarrow P_c = 1638 \text{ kg}$$

- Détermination du poids des armatures des semelles filantes

On a 2 types d'armatures

- Armatures de répartition (ϕ_8)

- Armatures porteurs (ϕ_8)

Soient : e : enrobage = 2,5 cm

c = longueur d'un crochet = 10ϕ

e' = espacement entre les armatures (14 cm)

- Longueur des ϕ_8 suivant la longueur

$$L_1\phi_8 = 2 [700 + (2 \times 12,5) - 2e]$$

$$L_1\phi_8 = 2 [700 + (2 \times 12,5) - 2 \times 2,5]$$

$$L_1\phi_8 = 1440 \text{ cm}$$

- Longueur des ϕ_8 suivant la largeur

$$L_2\phi_8 = 2[550 - 2(20,5 + 12,5) + 2e]$$

$$L_2\phi_8 = 2[550 - 2(20,5 + 12,5) + 2 \times 2,5]$$

$$L_2\phi_8 = 978 \text{ cm}$$

- Nombre de ϕ_8 suivant la longueur

$$N_1 = 2[(l_{sf} - 2e)/14 + 1]$$

$$N_1 = 2(45 - 2 \times 2,5/14 + 1) \Rightarrow N_1 = 7,71 \text{ soit } N_1 = 8 (\phi_8)$$

- Nombre de ϕ_8 suivant la largeur

$$N_2 = 2(45 - 2 \times 2,5)/14 + 1 \Rightarrow N_2 = 7,71 \text{ soit } N_2 = 8 (\phi_8)$$

- Calcul de la longueur totale de ϕ_8

$$L_t\phi_8 = N_1 \cdot L_1\phi_8 + N_2 \cdot L_2\phi_8$$

$$L_t\phi_8 = 8 \times 1440 + 8 \times 978 \Rightarrow L_t\phi_8 = 17832 \text{ cm}$$

$$\text{Soit } L_t\phi_8 = 178,32 \text{ m}$$

- Longueur d'un ϕ_{12}

$$L\phi_{12} = (45 - 2e + 2c)$$

$$L\phi_{12} = (45 - 2 \times 2,5 + 2 \times 10 \times 1,2)$$

$$L\phi_{12} = 64 \text{ cm}$$

- Nombre de ϕ_{12} suivant la longueur

$$N'_1 = 2[(700 + 2 \times 12,5 - 2e)/14 + 1]$$

$$N'_1 = 2[(700 + 2 \times 12,5 - 2 \times 2,5)/14 + 1] \Rightarrow N'_1 = 105 (\phi_{12})$$

- Nombre de ϕ_{12} suivant la largeur

$$N'_2 = 2[(550 - 2(20,5 + 12,5) + 2e)/14 + 1]$$

$$N'_2 = 2[(550 - 2(20,5 + 12,5) + 2 \times 2,5)/14 + 1] \Rightarrow N'_2 = 72 (\phi_{12})$$

Nombre total de ϕ_{12}

$$N'_T = N'_1 + N'_2 \Rightarrow N'_T = 105 + 72 \Rightarrow N'_T = 177 (\phi_{12})$$

- Calcul de la longueur totale de ϕ_{12}

$$L_t\phi_{12} = L\phi_{12} \times N'_T$$

$$L_t\phi_{12} = 64 \times 177 \Rightarrow L_t\phi_{12} = 11328 \text{ cm}$$

Soit $L_{\phi 12}$ 113,28 m

- Calcul du nombre de briques pleines dans le mur de soubassement
- Surface occupée pour les briques pleines avec joints suivant la longueur

$$S_{bj1} = 2(7 - 2 \times 0,225) \times 0,56$$

Avec 0,225 coté du poteau + enduit

0,56 hauteur mur de soubassement

$$S_{bj1} = 7,336 \text{ m}$$

- Suivant la largeur

$$S_{bj2} = 2(5,5 - 2 \times 0,225) \times 0,56$$

$$S_{bj2} = 5,656 \text{ m}^2$$

- Surface totale occupée par les briques pleines + joints

$$S_{bjt} = S_{bj1} + S_{bj2}$$

$$S_{bjt} = 7,336 + 5,656$$

$$S_{bjt} = 12,992 \text{ m}^2$$

Ces briques sont des briques pleines de 20 x 20 x 40

- Nombre de briques pleines

$$Nbpl = S_{bjt} \times 12,5 \quad (12,5 \text{ affecté à } S_{bjt} \text{ pour trouver } Nbpl)$$

$$Nbpl = 12,992 \times 12,5 \Rightarrow Nbpl = 162,4 \text{ soit } 163 \text{ briques}$$

- Calcul de nombre de sac pour fabriquer ces briques

$$1 \text{ sac} \Rightarrow 30 \text{ briques}$$

$$Nb \text{re Sacs} = 163/30 \Rightarrow Nbre \text{ sacs} = 5,43 \text{ soit } 6 \text{ sacs}$$

- Calcul du volume des joints

$$V_j = 0,034 \times S_{bjt}$$

$$V_j = 0,034 \times 12,992 \Rightarrow V_j = 0,442 \text{ m}^3$$

- Détermination des composants des poteaux avec HSP = 3,5 m

- Volume des 4 poteaux (poteau carré 20 x 20)

$$V_p = 4(hsp + 0,66) \times 0,2^2$$

$$V_p = 4(3,5 + 0,66) \times 0,2^2 \Rightarrow V_p = 0,6656 \text{ m}^3$$

- Calcul des différents constituants des poteaux

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

- Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,6656 \Rightarrow V_{gr} = 532,48 \text{ l}$$

- Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,6656$$

$$V_s = 266,24 \text{ l}$$

- Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,6656$$

$$P_c = 232,96 \text{ kg}$$

- Longueur des armatures dans les poteaux (ϕ_{10} et ϕ_6)

H_p = hauteur d'une barre dans un poteau

$$H_p = H_{SP} + 0,66 + H_{SF} - 2e + H_{\text{plancher}} + 2c$$

$$H_p = 3,5 + 0,66 + 0,4 - 2 \times 0,025 + 0,1 + 2 \times 10 \times 0,01$$

$$H_p = 4,81 \text{ m}$$

Longueur totale de ϕ_{10} utilisée pour les 4 poteaux avec 4 ϕ_{10} par poteau

$$L_t(\phi_{10}) = 4 \times 4 \times 4,81 \Rightarrow L_t(\phi_{10}) = 76,96 \text{ m}$$

- Calcul du nombre de cadre avec espacement de 18 cm entre cadre

$$N_c = H_p - 2c/0,18 + 1$$

$$N_c = 4,81 - 2 \times 10 \times 0,01/0,18 + 1 \Rightarrow N_c = 27 \text{ cadres}$$

- Longueur totale des cadres (ϕ_6)

$$L_t\phi_6 = 4 \times N_c \times [(4 \times (0,2 - 2e) + 2c]$$

$$L_t\phi_6 = 4 \times 27 \times [(4 \times (0,2 - 2 \times 0,025) + 2 \times 10 \times 0,006]$$

$$L_t\phi_6 = 77,76 \text{ m}$$

- Calcul des constituants de chaînage (haut et bas)

- Volume du chaînage

$$V_{ch} = 2[2(7 \times 0,2 \times 0,025) + 2((5,5 - 2 \times 0,2) \times 0,2 \times 0,025)]$$

$$V_{ch} = 0,242 \text{ m}^3$$

- Estimation des différents constituants des chaînages

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,242 \Rightarrow V_{gr} = 193,6 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,242 \Rightarrow V_s = 96,8 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,242 \Rightarrow P_c = 84,7 \text{ kg}$$

- Longueur des armatures dans les chaînage (ϕ_{10} et ϕ_6)

$$L_{ch} = 8(7 - 2e + 2c + 5,5 - 2e + 2c) \times 2$$

$$L_{ch} : 2 \times 8(7 + 5,5 + 4c - 4e)$$

$$L_{ch} = 2 \times 8(7 + 5,5 + 4 \times 10 \times 0,01 - 4 \times 0,025)$$

$$L_{ch} = 204,8 \text{ m de } \phi_{10}$$

Nombre de cadre ϕ_6

$$N_c = 2(2(7 - 2e)/0,18 + 1) + 2(5,5 - 2 \times 0,2 - 2e/0,18 + 1)) \quad e = 0,025 \text{ m}$$

$$N_c = 274,6 \text{ soit } N_c = 275 \text{ cadres}$$

Longueur des cadres

$$L_c = N_c(2 \times (0,15 + 0,15) + 2c)$$

$$L_c = 275(2 \times 0,3 + 2 \times 10 \times 0,006)$$

$$L_c = 198 \text{ m de } \phi_6$$

- Calcul des constituants du linteau de 3m

- Volume du linteau de $15 \times 15 \times 300$

$$V_l = 0,15 \times 0,15 \times 3$$

$$V_l = 0,0675 \text{ m}^3$$

$1 \text{ m}^3 \Rightarrow$	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,0675 \Rightarrow V_{gr} = 54 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,0675 \Rightarrow V_s = 27 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,0675 \Rightarrow P_c = 23,625 \text{ kg}$$

- Longueur des armatures dans le linteau (ϕ_{10} ; ϕ_6)

$$L_{t\phi_{10}} = 4 \times (3 - 2e)$$

$$L_{t\phi_{10}} = 4 \times (3 - 2 \times 0,025) \Rightarrow L_{t\phi_{10}} = 11,8$$

Nombre de ϕ_6

$$N_{\phi_6} = (3 - 24)/0,18 + 1$$

$$N_{\phi_6} = (3 - 2 \times 0,025)/0,18 + 1 \Rightarrow N_{\phi_6} = 17,38 \text{ soit } 18 \text{ cadres}$$

$$L_{t\phi_6} = N_{\phi_6} \times [4(0,15 - 24) + 2e]$$

$$L_{t\phi_6} = 18 [4 \times (0,15 - 2 \times 0,025) + 2 \times 10 \times 0,016]$$

$$L_{t\phi_6} = 9,36 \text{ m}$$

- Calcul de la surface occupée par les baies (portes, fenêtre à grille)

Porte : 2 m largeur et 2 m hauteur

Fenêtre : largeur 1,3 m et 0,6 m hauteur

$$S_{baies} = 2 \times 2 + 2 \times 1,3 \times 0,6$$

$$S_{baies} = 5,56 \text{ m}^2$$

- Calcul de la surface occupée par les briques creuses avec joints

$$S_{bj} = S_{tj} - S_{baies}$$

Avec S_{tj} = surface totale occupée par les briques avec joints sans baies

$$S_{tj} = (7 - 2 \times 0,2) \times H_{sp} \times 2 + (5,5 - 2 \times 0,2) \times H_{sp} \times 2$$

$$S_{tj} = (7 - 0,4) \times 3,5 \times 2 + (5,5 - 0,4) \times 3,5 \times 2$$

$$S_{tj} = 81,9 \text{ m}^2$$

$$\text{Donc } S_{bj} = 81,9 - 5,56$$

$$S_{bj} = 76,34 \text{ m}^2$$

Nombre de briques creuses N_{bc}

$$N_{bc} = S_{bj} \times 12,5$$

$$N_{bc} = 76,34 \times 12,5$$

$$N_{bc} = 954,25 \text{ soit } 955 \text{ briques creuses}$$

- Nombre de sacs de ciment pour réaliser ces briques

$$1 \text{ sac } \Rightarrow 35 \text{ briques}$$

$$N_{sac} = 955/35 \Rightarrow N_{sac} = 27,28 \text{ soit } 28 \text{ sacs de ciment}$$

- Volume des joints

$$V_j = S_{bj} \times 0,034$$

$$V_j = 76,34 \times 0,034 \Rightarrow V_j = 2,595 \text{ m}^3$$

- Détermination des différents constituants de la dalle

- Surface de la dalle SD

$$SD = [(7 - 2 \times 0,2) \times (5,5 - 2 \times 0,2) - 7(0,4 \times 0,4)]$$

$$SD = 34,79 \text{ m}^2$$

- Volume de la dalle (épaisseur 10 cm)

$$VD = SD \times 0,1$$

$$VD = 34,79 \times 0,1 \Rightarrow VD = 3,478 \text{ m}^3$$

- Estimation des différents constituants de cette dalle

Pour

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 3,478 \Rightarrow V_{gr} = 2782,4 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 3,478 \Rightarrow V_s = 1391,2 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 3,478 \Rightarrow P_c = 1217,3 \text{ kg}$$

- Volume de béton pour les regards (Vr)

$$V_r = 7[(0,5 + 0,5 + 0,4) \times 0,1 \times 0,4]$$

$$V_r = 0,392 \text{ m}^3$$

- Estimation des différents constituants de ces regards

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	300 kg de ciment

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,392 \Rightarrow V_{gr} = 313,6 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,392 \Rightarrow V_s = 156,8 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 300 \times 0,92 \Rightarrow P_c = 117,6 \text{ kg}$$

- Longueur des différents types d'armatures dans la dalle (ϕ_{10} et ϕ_6)

Longueur des fers sans enlever les regards

Fers porteurs (ϕ_{10}) avec un espacement de 15 cm entre fers porteurs

$$L_{\phi_{10}} = N_{\phi_{10}} \times (5,5 - 2e)$$

$$N_{\phi_{10}} = (7 - 2e)/0,15 + 1$$

$$N\phi_{10} = (7 - 2 \times 0,025)/0,15 + 1$$

$$N\phi_{10} = 47,33 \text{ soit } 48 \text{ fers de } \phi_{10}$$

$$Lq\phi_{10} = 48 \times (5,5 - 2 \times 0,025)$$

$$Lt\phi_{10} = 261,6 \text{ m}$$

- fers de répartition (ϕ_8) avec 15 cm comme espacement

$$Lt\phi_8 = N\phi_8 \times (7 - 2e)$$

$$N\phi_8 = (5,5 - 2e)/0,15 + 1$$

$$N\phi_8 = (5,5 - 2 \times 0,025)/0,15 + 1$$

$$N\phi_8 = 37,33 \text{ soit } 34 \text{ fers de } \phi_8$$

$$Lt\phi_8 = 34 \times (7 - 2 \times 0,025)$$

$$Lt\phi_8 = 236,3$$

- ferrailage sur les faces latérales des regards

- calcul pour une face

$$L\phi_{10} = N\phi_{10} \times (0,6 - 2e)$$

$$N\phi_{10} = (0,6 - 2e)/0,15 + 1 \Rightarrow N\phi_{10} = (0,6 - 2 \times 0,025)/0,15 + 1$$

$$N\phi_{10} = 4,66 \text{ soit } 5 \text{ fers de } \phi_{10}$$

$$L\phi_{10} = 5(0,6 - 2 \times 0,025)$$

$$L\phi_{10} = 2,75 \text{ m}$$

Donc pour les 7 regards on a

$$Lt\phi_{10} = 2,75 \times 28$$

$$Lt\phi_{10} = 77 \text{ m}$$

Puisque les regards sont carrés et les espacements sont les mêmes

$$\text{Donc } Lt\phi_8 = 77 \text{ m}$$

- Détermination des différents constituants du plancher

Volume du plancher

$$V_p = [(7 + 0,4) \times (5,5 + 0,4) \times 0,1]$$

$$V_p = 4,366 \text{ m}^3$$

- Estimation des constituants du plancher pour

1m ³ =>	800 l de gravier
	400 l de sable
	350 kg de ciment

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 4,366 \Rightarrow V_{gr} = 3492,8 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 4,366 \Rightarrow V_s = 1746,4 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 4,366 \Rightarrow P_c = 1528,1 \text{ kg}$$

- Détermination des différentes longueurs d'armature contenues dans le plancher (ϕ_{10} ; ϕ_8)

Pour les ϕ_{10}

$$Lt\phi_{10} = N\phi_{10} (5,5 + 2 \times 0,2 - 2e)$$

$$N\phi_{10} = (7 + 2 \times 0,2 - 2e)/0,15 + 1$$

$$N\phi_{10} = (7 + 0,4 - 0,05)/0,15 + 1$$

$$N\phi_{10} = 50 \text{ fers de } \phi_{10}$$

$$Lt \phi_{10} = 50 (5,5 + 0,4 - 0,05)$$

$$Lt \phi_{10} = 292,5 \text{ m}$$

. Pour les ϕ_8

$$Lt \phi_8 = N \phi_8 (5,5 + 2 + 0,2 - 2e)$$

$$N \phi_8 = \frac{(5,5 + 0,4 - 2e)}{0,15} + 1$$

$$N \phi_8 = \frac{(5,5 + 0,4 - 0,05)}{0,15} + 1$$

$$N \phi_8 = 40 \text{ fers } \phi_8$$

$$Lt \phi_8 = 40 (7 + 0,4 - 0,05)$$

$$Lt \phi_8 = 294 \text{ m}$$

- Calcul du volume des enduits extérieurs

- Hauteur des enduits extérieurs

$$H \text{ enduits} = H_{ch} + H_D + H_{SP}$$

$$H \text{ enduits} = 0,25 + 0,1 = 0,35 \Rightarrow H \text{ enduits} = 3,85 \text{ m}$$

- Surface de la face extérieures de la maçonnerie qui aura des enduits

$$SME = 2 (7 \times 3,85) + 2 (5,5 \times 3,85) \text{ 5 baies}$$

$$SME = 2 (7 \times 3,85) + 2 (5,5 \times 3,85) \text{ 5,56 baies}$$

$$SME = 90,69 \text{ m}^2$$

- Surface de la face intérieure de la maçonnerie qui aura des enduits avec hauteur d'enduits intérieurs égale à NSP

$$SMI = 2 (7 - 2 \times 0,2) \times H_{SP} + 2 (5,5 - 2 \times 0,2) \times H_{SP} - 5 \text{ baies}$$

$$SMI = 2 (6,6 \times 3,5) + 2 (5,1 \times 3,5) - 5,56$$

$$SMI = 76,34 \text{ m}^2$$

- Surface de la dalle et du plancher qui auront des enduits

$$SDP = (7,2 \times 0,2) \times (5,5 - 2 \times 0,2) + 528 \times 0,4 \times 0,5 + (7 \times 5,5)$$

$$SDP = 77,76 \text{ m}^2$$

- Surface totale de la maçonnerie qui aura des enduits (STM)

$$STM = SME + SMI + SDP$$

$$STM = 90,69 + 76,34 + 77,76$$

$$STM = 244,79 \text{ m}^2$$

- Volume des enduits

$$VE = 0,024 \times STM$$

$$VE = 0,024 \times 244,79 \Rightarrow VE = 5,875 \text{ m}^3$$

- Volume total de mortier pour les joints et enduits

$$V_{TJE} = V_E + V_J + V_J$$

$$V_{TJE} = 5,875 + 0,442 + 2,595$$

$$V_{TJE} = 8,912 \text{ m}^3$$

- Volume total de gravier pour réaliser l'ouvrage

$$V_{tgr} = 580,8 + 3744 + 532,48 + 193,6 + 54 + 2782,4 + 313,6 + 3492,8$$

$$V_{tgr} = 11693,68 \text{ l} \text{ soit } V_{tgr} = 11,70 \text{ m}^3$$

- Volume de sable pour réaliser les briques pleines

$$30 \text{ briques pleines} \Rightarrow 60 \text{ l de sable}$$

$$\text{donc } V_{sp} = 163 \times 60/30 \Rightarrow V_{sp} = 326 \text{ l}$$

- Volume de sable pour réaliser les briques creuses

$$35 \text{ briques creuses} \Rightarrow 120 \text{ l de sable}$$

$$V_{sc} = 955 \times 120/30 \Rightarrow V_{sc} = 3820 \text{ l}$$

- Volume de sable pour le mortier (enduits + joints)

$V_{sm} = 1 \text{ m}^3 \times V_{tje}$ car le dosage donne pour 1 m^3 de sable
400 kg de ciment pour le dosage d'un mortier

$$V_{sm} = 1 \text{ m}^3 \times 8,912$$

$$V_{sm} = 8,912 \text{ m}^3$$

- Volume de sable pour réaliser l'ouvrage

$$V_{ts} = 290,4 + 1872 + 266,24 + 96,8 + 27 + 1391,2 + 156,8 + 1746,4 + V_{sp} + V_{sc} + V_{sm}$$

$$V_{ts} = 5846,84 + 326 + 3820 + 8912$$

$$V_{ts} = 18904,84 \quad \text{soit} \quad V_{ts} = 18,90 \text{ m}^3$$

- Poids de ciment contenu dans le mortier

$$P_{cm} = 400 \times V_{tje}$$

$$P_{cm} = 400 \times 8,912$$

$$P_{cm} = 3564,8 \text{ kg}$$

- Poids de ciment pour réaliser les briques

- $P_{cb} = (6 + 28) \times 50$ car nous avons 6 sacs pour réaliser les briques pleines et 28 sacs pour les briques creuses et chaque sac contient 50 kg de ciment

$$P_{cb} = 1700 \text{ kg}$$

- Poids total de ciment pour réaliser l'ouvrage

$$P_{tc} = 108,9 + 1638 + 232,96 + 84,7 + 23,625 + 1217,3 + 1528,1 + 117,6 + P_{cm} + P_{cb}$$

$$P_{tc} = 4951,185 + 3564,8 + 1700$$

$$P_{tc} = 10215,985 \text{ kg soit } P_{tc} = 10,216 \text{ T}$$

- Longueur totale de ϕ_{12} pour réaliser l'ouvrage

$$L't\phi_{12} = 113,28 \text{ m}$$

- Poids total de ϕ_{12} pour réaliser l'ouvrage

$$P_{t\phi_{12}} = L't\phi_{12} \times 100/108$$

$$P_{t\phi_{12}} = 113,28 \times 100/108$$

$$\text{Soit } P_{t\phi_{12}} = 0,105 \text{ T qui équivaut à}$$

- Longueur de ϕ_{10} pour réaliser l'ouvrage

$$L't\phi_{10} = 76,96 + 261,6 + 77 + 292,5 + 204,8 + 11,8$$

$$L't\phi_{10} = 924,66 \text{ m}$$

- Poids total de ϕ_{10} pour réaliser l'ouvrage

$$P_{t\phi_{10}} = L't\phi_{10} \times 100/156$$

$$P_{t\phi_{10}} = 924,66 \times 100/156$$

$$P_{t\phi_{10}} = 592,73 \text{ kg} \quad \text{soit } P_{t\phi_{10}} = 0,60 \text{ T}$$

Qui équivaut à

- Longueur totale de ϕ_8 pour réaliser l'ouvrage

$$L't\phi_8 = 178,32 + 236,3 + 294 + 77$$

$$L't\phi_8 = 785,62 \text{ m}$$

- Poids total de ϕ_8 pour réaliser l'ouvrage

$$P_{t\phi_8} = L't\phi_8 \times 100/240$$

$$P_{t\phi_8} = 785,62 \times 100/240$$

$$P_{t\phi_8} = 327 \text{ kg} \quad \text{soit } P_{t\phi_8} = 0,327 \text{ T}$$

Qui équivaut à

- Longueur totale de ϕ_6 pour réaliser l'ouvrage

$$L't\phi_6 = 77,76 + 198 + 9,36$$

$$L't\phi_6 = 285,12 \text{ m}$$

- Poids total de ϕ_6 pour réaliser l'ouvrage

$$Pt \phi_6 = L' t \phi_6 \times 100/408$$

$$Pt \phi_6 = 285,12 \times 100/408$$

$$Pt \phi_6 = 69,88 \text{ kg} \quad \text{soit} \quad Pt \phi_6 = 0,070 \text{ T}$$

Qui équivaut à

- Poids de fil de fer pour réaliser l'ouvrage

P.f.f. = 2 % PTA avec PTA : poids total des armatures (ϕ_{12} , ϕ_{10} , ϕ_8 , ϕ_6)

$$Pff = 2\% (104,88 + 592,73 + 327,34 + 69,88)$$

$$Pff = 21,8 \text{ 966 kg}$$

- Volume de terre de remblais contre fondation

$$V_{RCF} = 0,85 \times V_f$$

$$V_{RCF} = 0,85 \times 19,162$$

$$V_{RCF} = 16,288 \text{ m}^3$$

N.B : La peinture n'est pas tenue en compte

Tableau récapitulatif des matériaux

Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix total
Terre à enlever	m ³	19,162	2 150	41 198,3
Terre de remblais	m ³	16,288	1 550	25 246,4
Gravier	m ³	11,70	7 500	87 750
Sable	m ³	18,90	2 500	47 250
Ciment	T	10,216	55 000	561 880
Fer ϕ_{12}	T	0,105	330 000	34 650
Fer ϕ_{10}	T	0,60	270 000	162 000
Fer ϕ_8	T	0,327	270 000	88 290
Fer ϕ_6	T	0,070	270 000	18 900
Fil de fer	Kg	21,86	750	16 422
Poite	PC	2	78 732	157 464
Ouverture (grille)	PC	2	30 000	60 000
TOTAL				1 301 055 F

Total affecté d'un coefficient de 10% par mesure de sécurité : 1 431 165 F

Devis descriptif et estimatif de la pose de transformation I

①

fond de feuille : 110 cm (F_f)

+ Longueur de la feuille 65 cm (l_f)

Détermination du volume des feuilles

Longueur de la feuille (L_f)

$$L_f = 2[750 + 125 + 5 + 5 + 125 + 5 + 5] + 2[450 + 2(125 + 5 + 5)]$$

$$L_f = 2580 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad L_f = 25,80 \text{ m}$$

Volume de feuille (V_f)

$$V_f = L_f \times l_f \times F_f$$

$$V_f = 25,80 \times 0,65 \times 1,10 \quad \Rightarrow \quad V_f = 18,447 \text{ m}^3$$

Devis du volume de béton de propreté (V_{bp})

$$V_{bp} = L_{bp} \times l_{bp} \times h_{bp}$$

largeur du béton de propreté (l_{bp}) : 55 cm

hauteur du béton de propreté (h_{bp}) : 5 cm

L_{bp} : Longueur du béton de propreté

$$L_{bp} = 2[750 + 2(125 + 5)] + 2[450 + 2(125 + 5)]$$

$$L_{bp} = 2540 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad L_{bp} = 25,40 \text{ m}$$

$$V_{bp} = 25,40 \times 0,55 \times 0,05 \quad \Rightarrow \quad V_{bp} = 0,6985 \text{ m}^3$$

Détermination du volume des différents constituants du béton de propreté

Composition du béton de propreté en m^3

$$1 \text{ m}^3 \text{ contient } \begin{cases} 800 \text{ e de gravier} \\ 400 \text{ e de sable} \\ 150 \text{ kg de sable} \end{cases}$$

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,6974 \quad \Rightarrow \quad V_{gr} = 557,92 \text{ e}$$

+ Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,6974 \Rightarrow V_s = 278,96 \text{ l}$$

+ Poids de ciment

$$P_c = 150 \times 0,6974 \Rightarrow P_c = 104,61 \text{ kg}$$

- Volume des semelles filantes (V_{SF})

$$V_{SF} = L_{SF} \times l_{SF} \times h_{SF}$$

L_{SF} : longueur semelle filante

l_{SF} : largeur semelle filante : 45 cm

h_{SF} : hauteur semelle filante : 40 cm

$$L_{SF} = 2[750 + (2 \times 12,5)] + 2[450 + (2 \times 12,5)]$$

$$L_{SF} = 2496 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad L_{SF} = 24,96 \text{ m}$$

$$V_{SF} = 24,96 \times 0,45 \times 0,4 \Rightarrow V_{SF} = 4,4928 \text{ m}^3$$

- Détermination du volume et de la quantité des différents constituants des semelles filantes

• Composition de la semelle filante au m^3

$$1 \text{ m}^3 \text{ contient } \begin{cases} 800 \text{ l de gravier} \\ 400 \text{ l de sable} \\ 350 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

• Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 4,4928 \Rightarrow V_{gr} = 3594,24 \text{ l}$$

• Volume de sable

$$V_s = 400 \times 4,4928 \Rightarrow V_s = 1797,12 \text{ l}$$

• Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 4,4928 \Rightarrow P_c = 1572,48 \text{ kg}$$

- Détermination de la longueur des armatures des semelles filantes

On a deux types d'armatures :

• les armatures de répartition ($\phi 8$)

• les armatures porteurs ($\phi 12$)

- Volume de sable pour réaliser les briques pleines
30 briques pleines $\rightarrow$ 60 l de sable

$$\text{Donc } V_{S_1} = \frac{126 \times 60}{30}$$

$$V_{S_1} = 252 \text{ l}$$

- Volume de sable pour réaliser les briques creuses
35 briques creuses $\rightarrow$ 120 l de sable

$$\text{Donc } V_{S_2} = \frac{881 \times 120}{35}$$

$$V_{S_2} = 3020,575 \text{ l}$$

- Quantité de ciment dans le mortier

$$P_{cm} = 400 \times 7,8$$

$$P_{cm} = 3120 \text{ kg}$$

- Volume de sable dans le mortier

$$V_{sm} = 1 \text{ m}^3 \times 8,081 = 8,081 \text{ m}^3$$

- Poids des ϕ_{12}

$$P_{\phi_{12}} = \frac{L_{T\phi_{12}} \times 100}{108}$$

$$P_{\phi_{12}} = \frac{109,44 \times 100}{108}$$

$$\Rightarrow P_{\phi_{12}} = 101,33 \text{ kg soit } 0,10133 \text{ T}$$

qui équivaut à 10 barres

- Poids de ϕ_{10}

$$P_{\phi_{10}} = \frac{L_{T\phi_{10}} \times 100}{156}$$

$$P_{\phi_{10}} = \frac{800,41 \times 100}{156}$$

$$\Rightarrow P_{\phi_{10}} = 513,08 \text{ kg}$$

$$\text{soit } P_{\phi_{10}} = 0,51308 \text{ T qui}$$

équivaut à 67 barres

- Volume total de gravier pour réaliser l'ouvrage ⑦

$$V_{Tgr} = 557,92 + 3594,24 + 532,48 + 185,6 + 72 + 2303,2 + 89,6 + 3096$$

$$V_{Tgr} = 10431 \text{ l soit } V_{Tgr} = 10,43 \text{ m}^3$$

- Volume total de sable pour réaliser l'ouvrage sans la quantité de ^{sable} contenu dans les joints et les enduits

$$V_{TS} = 278,96 + 1797,12 + 266,24 + 92,8 + 36 + 1151,6 + 44,8 + 1548,4$$

$$V_{TS} = 5215,92 \text{ l soit } V_{TS} = 5,216 \text{ m}^3$$

- Poids total de ciment sans la quantité de ciment contenue dans le mortier

$$P_{TC} = 104,61 + 1572,48 + 232,96 + 81,2 + 31,5 + 1007,65 + 33,6 + 1354,85$$

$$P_{TC} = 4418,185 \text{ kg soit } P_{TC} = 4,42 \text{ Tonnes}$$

- Longueur totale de ϕ_{12}

$$L_{T\phi_{12}} = 109,44 \text{ m}$$

- Longueur total de ϕ_{10}

$$L_{T\phi_{10}} = 76,96 + 196,8 + 15,8 + 226,95 + 22 + 261,9$$

$$L_{T\phi_{10}} = 800,41 \text{ m}$$

- Longueur total de ϕ_8

$$L_{T\phi_8} = 180,72 + 230,95 + 22 + 266,9$$

$$L_{T\phi_8} = 700,57 \text{ m}$$

- Longueur total de ϕ_6

$$L_{T\phi_6} = 77,76 + 154,08 + 11,44$$

$$L_{T\phi_6} = 243,28 \text{ m}$$

- Poids des fils de fils de fer

$$P_{ff} = 2\% \times P_{TA} \text{ avec } P_{TA} : \text{poids total armatures}$$

$$P_{ff} = 2\% \times (108,8 + 800,41 + 700,57 + 243,28) \rightarrow P_{ff} = 37,06 \text{ kg}$$

Enduits : $3,85 \text{ m}$

Surface de la face de maçonnerie extérieures (SME) qui aura des enduits

$$S_{ME} : 2(7,5 \times 3,85) + 2(4,5 \times 3,85) - 5 \text{ baies}$$

$$S_{ME} = 2(7,5 \times 3,85) + 2(4,5 \times 3,85) - 7,96$$

$$S_{ME} : 84,44 \text{ m}^2$$

Surface de la face de maçonnerie de murs intérieurs qui aura des enduits

$$S_{MI} : 2((7,5 - 2 \times 0,2) \times 4,5) + 2((4,5 - 2 \times 0,2) \times 11,5) - 5 \text{ baies}$$

$$S_{MI} : 2(7,1 \times 3,5) + 2(4,1 \times 3,5) - 7,96$$

$$S_{MI} : 70,44 \text{ m}^2$$

Surface de la dalle et du plancher qui auront des enduits

$$S_{DP} : 2(7,5 - 2 \times 0,2) \times (4,5 - 2 \times 0,2) + (8 \times 0,4 \times 0,5) + (7,5 \times 4,5)$$

$$S_{DP} : 64,46 \text{ m}^2$$

Surface totale de maçonnerie (STM)

$$STM = S_{ME} + S_{MI} + S_{DP}$$

$$STM = 84,44 + 70,44 + 64,46$$

$$STM : 219,34 \text{ m}^2$$

Volume des Enduits

$$V_E = 0,024 \times 219,34$$

$$V_E = 5,264 \text{ m}^3$$

Volume total de mortier pour les joints et enduits

$$V_{Taj} = V_E + V_J + V_J$$

$$V_{Taj} = 5,264 + 2,395 + 0,422$$

$$V_{Taj} = 8,081 \text{ m}^3$$

- Détermination des différentes longueurs d'armatures contenues dans le plancher (7)

• Pour les ϕ_{10}

$$L_{\phi_{10}} = N_{\phi_{10}} \times (4,5 + 2 \times 0,2 - 2c)$$

$$N_{\phi_{10}} = \frac{(7,5 + 2 \times 0,2 - 2c)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = \frac{(7,5 + 0,4 - 0,05)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = 53,33 \text{ barres mit } 54 \text{ barres de } \phi_{10}$$

$$L_{\phi_{10}} = 54 (4,5 + 0,4 - 0,05)$$

$$L_{\phi_{10}} = 261,9 \text{ m}$$

• Pour les ϕ_8

$$L_{\phi_8} = N_{\phi_8} \times (7,5 + 2 \times 0,2 - 2c)$$

$$N_{\phi_8} = \frac{(4,5 + 0,4 - 2c)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_8} = \frac{(4,5 + 0,4 - 0,05)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_8} = 33,33 \text{ barres mit } 34 \text{ barres de } \phi_8$$

$$L_{\phi_8} = 34 (7,5 + 0,4 - 0,05)$$

$$L_{\phi_8} = 266,9 \text{ m}$$

- Volume des enduits extérieurs

Hauteur occupée par les enduits

$$H_{\text{enduits}} = H_{ch} + H + H_{SP}$$

$$H_{\text{enduits}} = 0,25 + 0,1 + 3,5$$

$$N_{\phi_{10}} = \frac{(0,6 - 2 \times 0,025)}{0,15} + 1 \Rightarrow N_{\phi_{10}} = \frac{(0,6 - 2 \times 0,025)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = 4,66 \text{ soit } 5 \text{ barres de } \phi_{10}$$

$$L_{\phi_{10}} = 5(0,6 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{\phi_{10}} = 2,75 \text{ m}$$

soit sur les deux regards on a

$$L_{T\phi_{10}} = 2,75 \times 8$$

$$L_{T\phi_{10}} = 22 \text{ m}$$

Puisque les regards sont carrés et les espacements sont les mêmes

$$\text{donc } L_{T\phi_8} = 22 \text{ m}$$

- Détermination des différents constituants du plancher

Volume du plancher

$$V_p = [(7,5 + 0,4) \times (4,5 + 0,4) \times 0,1]$$

$$V_p = 3,871 \text{ m}^3$$

Estimation des constituants du plancher

$$\text{Pour } 1 \text{ m}^3 \text{ on a } \begin{cases} 800 \text{ l de gravier} \\ 400 \text{ l de sable} \\ 350 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 3,871 \Rightarrow V_s = 1548,4 \text{ l}$$

Volume de gravier

$$V_g = 800 \times 3,871 \Rightarrow V_g = 3096,8 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 3,871 \Rightarrow P_c = 1354,85 \text{ kg}$$

- Longueur des différents types d'armatures intervenant dans la réalisation de la dalle (ϕ_{10} et ϕ_8)

• Longueur des fers sans enlever les regards

• fer poutres (ϕ_{10}) avec un espacement de 15 cm entre fers

$$L_{\phi_{10}} = N_{\phi_{10}} \times (4,5 - 2e)$$

$$N_{\phi_{10}} = \frac{(7,5 - 2e)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = \frac{(7,5 - 2 \times 0,025)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_{10}} = 50,66 \text{ soit } 51 \text{ barres poutres}$$

$$L_{\phi_{10}} = 51 \times (4,5 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{\phi_{10}} = 226,55 \text{ m}$$

• fer de répartition (ϕ_8) avec 15 cm comme espacement

$$L_{\phi_8} = N_{\phi_8} \times (7,5 - 2e)$$

$$N_{\phi_8} = \frac{(4,5 - 2e)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_8} = \frac{(4,5 - 2 \times 0,025)}{0,15} + 1$$

$$N_{\phi_8} = 30,66 \text{ soit } 31 \text{ barres de répartition}$$

$$L_{\phi_8} = 31 \times (7,5 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{\phi_8} = 230,95 \text{ m}$$

• ferrailage sur les faces latérales des regards (8 faces)
calcul pour une face

$$L_{\phi_{10}} = N_{\phi_{10}} \times (0,5 - 2e)$$

Volume de la dalle (épaisseur 10 cm)

$$V_d = S_d \times 0,1$$

$$V_d = 28,79 \times 0,1 \Rightarrow V_d = 2,879 \text{ m}^3$$

Estimation des différents constituants de cette dalle.

$$\text{Pour } 1 \text{ m}^3 \text{ de béton on a } \begin{cases} 350 \text{ kg de ciment} \\ 800 \text{ l de gravier} \\ 400 \text{ l de sable} \end{cases}$$

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 2,879 \Rightarrow V_{gr} = 2303,2 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 2,879 \Rightarrow V_s = 1151,6 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 2,879 \Rightarrow P_c = 1007,65 \text{ kg}$$

Volume de béton pour les regards (V_R)

$$V_R = 2[(0,5 + 0,5 + 0,4) \times 0,1 \times 0,4]$$

$$V_R = 0,112 \text{ m}^3$$

Estimation des différents constituants de ces regards

$$1 \text{ m}^3 \text{ contenant } \begin{cases} 800 \text{ l de gravier} \\ 400 \text{ l de sable} \\ 300 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,112 \Rightarrow V_{gr} = 89,6 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,112 \Rightarrow V_s = 44,8 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 300 \times 0,112 \Rightarrow P_c = 33,6 \text{ kg}$$

- Détermination de la surface occupée par les briques creuses avec joints (S_{bj})

$$S_{bj} = S_{Tbj} - S_{baies}$$

avec S_{Tbj} = surface totale occupée par les briques sans baies

$$S_{Tbj} = (7,5 - 2 \times 0,2) \times HSP \times 2 + (4,5 - 2 \times 0,2) \times HSP \times 2$$

$$S_{Tbj} = (7,5 - 0,4) \times 3,5 \times 2 + (4,5 - 0,4) \times 3,5 \times 2$$

$$S_{Tbj} = 78,4 \text{ m}^2$$

$$\text{donc } S_{bj} = 78,4 - 7,96$$

$$S_{bj} = 70,44 \text{ m}^2$$

Nombre d'aggrs creuses N_{bc}

$$N_{bc} = S_{bj} \times 12,5$$

$$N_{bc} = 70,44 \times 12,5$$

$$N_{bc} = 880,5 \text{ soit}$$

881 briques creuses

- Nombre de sacs de ciment pour réaliser ces briques

1 sac $\rightarrow$ 35 briques

$$N_{sac} = \frac{881}{35}$$

$$N_{sac} = 25,17 \text{ soit}$$

$$N_{sac} = 26 \text{ sacs}$$

- Volume des joints

$$V_j = S_{bj} \times 0,034$$

$$V_j = 70,44 \times 0,034 \Rightarrow V_j = 2,395 \text{ m}^3$$

- Détermination des différents constituants de la dalle
surface de la dalle S_D

$$S_D = [(7,5 - 2 \times 0,2) \times (4,5 - 2 \times 0,2) - 2(0,4 \times 0,4)]$$

$$S_D = 28,79 \text{ m}^2$$

calcul des constituants du linteau de 4m

volume du linteau $15 \times 15 \times 400$

$$V_l = 0,15 \times 0,15 \times 4$$

$$V_l = 0,09 \text{ m}^3$$

$$\text{Pour } 1 \text{ m}^3 \text{ on a } \begin{cases} 800 \text{ l de gravier} \\ 400 \text{ l de sable} \\ 350 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,09 = 72 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,09 = 36 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,09 = 31,5 \text{ kg}$$

Longueur des armatures dans le linteau (ϕ_{10} ; ϕ_6)

$$L_{\phi_{10}} = 4 \times (4 - 2 \times 0,025)$$

$$L_{\phi_{10}} = 4 \times (4 - 2 \times 0,025) = 15,8 \text{ m}$$

$$N_{\phi_6} = \frac{(4 - 2 \times 0,025)}{0,18} + 1$$

$$N_{\phi_6} = 21,94 \text{ soit } N_{\phi_6} = 22 \text{ cadres}$$

$$L_{\phi_6} = N_{\phi_6} \times [4(0,15 - 2 \times 0,025) + 2 \times 0,006]$$

$$L_{\phi_6} = 22 \times [4(0,15 - 2 \times 0,025) + 2 \times 10 \times 0,006]$$

$$L_{\phi_6} = 11,44 \text{ m}$$

surface occupée par les baies (portes et fenêtre avec grille)

dimension de la porte : largeur 3,2m hauteur 2m

dimension d'une fenêtre : largeur 1,3m hauteur 0,6m

$$S_{baies} = 3,2 \times 2 + 2 \times 1,3 \times 0,6$$

$$S_{baies} = 7,96 \text{ m}^2$$

$$L_c = 77,76 \text{ m}$$

④

$$L_{\phi_6} = 77,76 \text{ m}$$

- Détermination des constituants du chaînage (haut et bas)
Volume du chaînage

$$V_{ch} = 2 \left[2(7,5 \times 0,2 \times 0,25) + 2((4,5 - 2 \times 0,2) \times 0,2 \times 0,025) \right]$$

$$V_{ch} = 0,232 \text{ m}^3$$

- Estimation des différents constituants des chaînages

$$\text{Par } 1 \text{ m}^3 \text{ ma} \begin{cases} 800 \text{ l de gravier} \\ 400 \text{ l de sable} \\ 350 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,232 = 185,6 \text{ l}$$

Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,232 = 92,8 \text{ l}$$

Poids de ciment

$$P_c = 350 \times 0,232 = 81,2 \text{ kg}$$

- Longueur des armatures dans les chaînages (ϕ_{10} et ϕ_6)

$$L_{ch} = 2(7,5 - 2e + 2c + 4,5 - 2e + 2c)$$

$$L_{ch} = 2 \times 8(7,5 + 4,5 - 4 \times 0,025 + 4 \times 10 \times 0,01)$$

$$L_{ch} = 196,8 \text{ m de } \phi_{10}$$

$$N_c = 2 \times \left(2 \left(\frac{7,5 - 2e}{0,18} + 1 \right) + 2 \left(\frac{4,5 - 2 \times 0,2 - 2e}{0,18} + 1 \right) \right)$$

$$N_c = 213,55 \text{ soit } 214 \text{ cadres}$$

$$L_c = (2 \times (0,15 + 0,15) + 2c) N_c$$

$$L_c = (2 \times 0,3 + 2 \times 10 \times 0,006) 214$$

$$L_c = 154,08 \text{ m de } \phi_6$$

• Détermination des différents constituants du poteau

Pour

$$1 \text{ m}^3 \text{ on a } \begin{cases} 800 \text{ l de gravier} \\ 400 \text{ l de sable} \\ 350 \text{ kg de ciment} \end{cases}$$

+ Volume de gravier

$$V_{gr} = 800 \times 0,6656$$

$$V_{gr} = 532,48 \text{ l}$$

+ Volume de sable

$$V_s = 400 \times 0,6656$$

$$V_s = 266,24 \text{ l}$$

+ Quantité de ciment

$$P_c = 350 \times 0,6656$$

$$P_c = 232,96 \text{ kg}$$

Longueur des armatures dans les poteaux. ($\phi 10$)

H_p = hauteur de l'armature d'un poteau

$$H_p = H_{SP} + H_{SD} + h_{SF} - 2c + H_{planche} + 2c$$

$$= 3,5 + 0,66 + 0,4 - 2 \times 0,025 + 0,1 + 2 \times 10 \times 0,01$$

$$p = 4,81 \text{ m}$$

Longueur totale des barres utilisées (4 fers par poteau et on a 4 poteaux)

$$L_{TP} = 4 \times 4 \times 4,81 \Rightarrow L_{TP} = 76,96 \text{ m}$$

Nombre de cadres (avec 18 cm d'espacement entre cadres) pour 1 poteau

$$N_c = \frac{H_p - 2c}{0,18} + 1 \Rightarrow N_c = \frac{4,81 - 2 \times 10 \times 0,01}{0,18} + 1$$

$$N_c = 26,61 \text{ soit } N_c = 27 \text{ cadres}$$

Longueur totale de fer pour réaliser les cadres

$$L_c = 4 \times N_c \times [2 \times (0,2 - 2c) + 2c]$$

$$L_c = 4 \times 27 \times [2 \times (0,2 - 2 \times 0,025) + 2 \times 10 \times 0,01]$$

suivant la largeur

$$S_{bj_2} = 2(4,5 - 2 \times 0,225) \times 0,56$$

$$S_{bj_2} = 4,536 \text{ m}^2$$

- Surface totale des briques avec joints inclus

$$S_{bjT} = S_{bj_1} + S_{bj_2}$$

$$S_{bjT} = 7,896 + 4,536$$

$$S_{bjT} = 12,432 \text{ m}^2$$

les briques sont des briques pleines de $20 \times 20 \times 40$

- Nombre de briques pleines

$$Nb_{pl} = \frac{12,432}{0,23 \times 0,43}$$

$$\Rightarrow Nb_{pl} = 125,70 \text{ soit } 126 \text{ briques}$$

Nombre de sac de ciment pour fabriquer les briques pleines

$$1 \text{ sac} \longrightarrow 25 \text{ briques}$$

$$Nb_{\text{sac}} : \frac{126}{25} = 5,04 \Rightarrow 5 \text{ sacs pour réaliser ces briques}$$

Pour une surface de maçonnerie donnée on a un volume de joints qui correspond à 0,034 multiplié par cette surface

- Volume des joints

$$V_j = S_{bjT} \times 0,034$$

$$V_j = 12,432 \times 0,034 \Rightarrow V_j = 0,422 \text{ m}^3$$

- Détermination des composants des poteaux
hauteur sous plafond : 3,5 m (HSP) et hauteur de 0,66 en dessus de la dalle (HSD)

- Volume des 4 poteaux

$$V_p = 4 \times (HSP + HSD) \times 0,2^2$$

$$V_p = 4 \times (3,5 + 0,66) \times 0,2^2 \Rightarrow V_p = 0,6656 \text{ m}^3$$

Donc $L_{RT} = 180,72 \text{ m}$

- Longueur des armatures de poteaux (L_p)

$$L_p = (45 - 2e + 2c)$$

$$L_p = (45 - 2 \times 2,5 + 2 \times 10 \times 1,2) \Rightarrow L_p = 64 \text{ cm}$$

Nombre de barres de poteaux suivant la longueur

$$N'_1 = 2 \left[\left(\frac{750 + 2 \times 12,5 - 2e}{14} \right) + 1 \right] \Rightarrow N'_1 = 113 \text{ barres}$$

- Nombre de barres poteaux suivant la largeur

$$N'_2 = 2 \left[\left(\frac{450 - 2(20,5 + 12,5) + 2e}{14} \right) + 1 \right]$$

$$N'_2 = 2 \left[\left(\frac{450 - 2(20,5 + 12,5) + 2 \times 2,5}{14} \right) + 1 \right] \Rightarrow N'_2 = 58 \text{ barres}$$

Nombre total de barres poteaux (N'_T)

$$N'_T = N'_1 + N'_2$$

$$N'_T = 113 + 58 \Rightarrow N_T = 171 \text{ barres}$$

Donc la longueur totale des armatures poteaux est de

$$L_{PT} = L_p \times N'_T$$

$$L_{PT} = 64 \times 171 \Rightarrow$$

$$L_{PT} = 10944 \text{ cm} \quad \text{soit} \quad L_{PT} = 109,44 \text{ m}$$

- Détermination du nombre de briques pleines dans le mur de subassement.

+ Surface occupée par les briques avec les joints inclus (S_{bj}) suivant la longueur

$$(S_{bj}) = 2(7,5 - 2 \times 0,225) \times 0,56 \quad \text{avec} \quad 0,225 = 0,2 \text{ côté du poteau et } 0,025 \text{ enduit}$$

0,56 hauteur mur de subassement

$$S_{bj} = 7,836 \text{ m}^2$$

Soient : a : enrobage = 2,5 cm

c : longueur d'un crochet = 10ϕ

e' : espacement entre 2 armatures (14 cm)

Longueur des armatures de répartition suivant la longueur (L_{R1})

$$L_{R1} = 2 [750 + 2 \times 12,5 - 2a]$$

$$L_{R1} = 2 [750 + 2 \times 12,5 - 2 \times 2,5] \Rightarrow L_{R1} = 1540 \text{ cm}$$

Longueur totale suivant la longueur (L_{PT1})

$$L_{RT1} = L_{R1} + 2 \times 10\phi$$

$$L_{RT1} = 1540 + 10 \times 0,8 \times 2 \Rightarrow L_{PT1} = 1466 \text{ cm}$$

Longueur des armatures poteaux suivant la largeur (L_{P2})

$$L_{P2} = 2 [450 - (20,5 + 12,5) \times 2 + 2a]$$

$$L_{P2} = 2 [450 - 2(20,5 + 12,5) + 2 \times 2,5]$$

$$L_{P2} = 777 \text{ cm}$$

Longueur totale suivant la largeur (L_{RT2})

$$L_{RT2} = L_{P2} + 2 \times 10\phi$$

$$L_{RT2} = 793 \text{ cm}$$

$$L_{RT2} = 777 + 10 \times 0,8 \times 2 \Rightarrow$$

Nombre d'armatures de répartition suivant la longueur et la largeur (N_1) : suivant la longueur

$$N_1 = 2 \left(\frac{L_{SF} - 2a}{14} + 1 \right)$$

$$N_1 = 2 \left(1 + \frac{45 - 2 \times 2,5}{14} \right) \Rightarrow N_1 = 7,71 \text{ soit } N_1 = 8 \text{ barres}$$

N_2 : suivant la largeur

$$N_2 = 2 \left(1 + \frac{45 - 2 \times 2,5}{14} \right) \Rightarrow N_2 = 7,71 \text{ soit } N_2 = 8 \text{ barres}$$

Détermination de la longueur totale des armatures réparties

$$L_{RT} = N_1 \times L_{RT1} + N_2 \times L_{RT2}$$

$$L_{RT} = (8 \times 1466 + 8 \times 793) \Rightarrow L_{RT} = 18072 \text{ cm}$$

Poids des ϕ_8

$$P_{\phi_8} = \frac{L_T \phi_8 \times 100}{240}$$

$$P_{\phi_8} = \frac{700,57 \times 100}{240} \Rightarrow P_{\phi_8} = 291,90 \text{ kg soit } 0,29190 \text{ T}$$

qui équivaut à 59 barres

Poids des ϕ_6

$$P_{\phi_6} = \frac{L_T \phi_6 \times 100}{408}$$

$$P_{\phi_6} = \frac{243,26 \times 100}{408} \Rightarrow P_{\phi_6} = 59,63 \text{ kg soit } 0,05963 \text{ tonnes}$$

qui équivaut à 21 barres

Poids de fil de fer

$$P_{f.f} = 2\% \cdot PTA \text{ avec } PTA \text{ poids total d'armatures}$$

$$P_{f.f} = 2\% \cdot (100,74 + 513,08 + 291,90 + 59,63)$$

$$P_{f.f} = 19,307 \text{ kg}$$

Volume total de sable pour réaliser tout l'ouvrage

$$V'_{TS} = V_{TS} + V_{S_1} + V_{S_2} + V_{Sm}$$

$$V'_{TS} = 5,216 + 0,252 + 3,02 + 8,081 \Rightarrow V'_{TS} = 16,569 \text{ m}^3$$

Poids total de ciment pour réaliser tout l'ouvrage

$$L_{TC} = P_{TC} + P_{cm} + (7 + 26) \times 50$$

$$L_{TC} = 4418,185 + 3120 + 1650$$

$$L_{TC} = 9188,185 \text{ soit } P'_{TC} = 9,20 \text{ tonnes}$$

Volume de terre de remblais contre fondation

$$V_{RCF} = 0,85 \times V_f \Rightarrow V_{RCF} = 0,85 \times 18,447$$

$$V_{RCF} = 15,680$$

NB: La peinture n'est pas tenue en compte

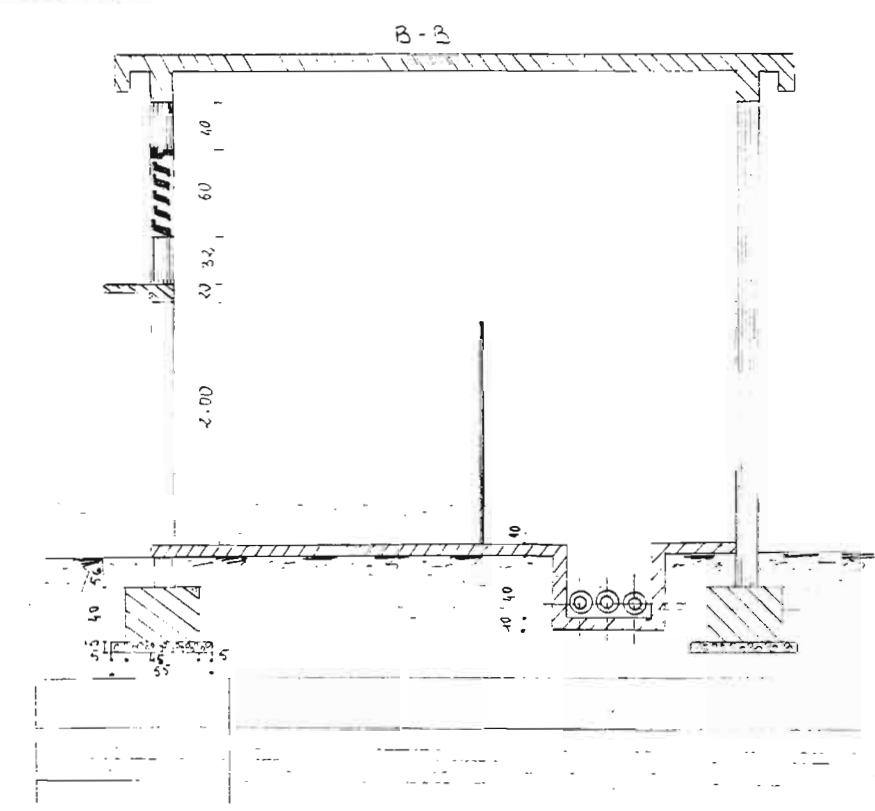
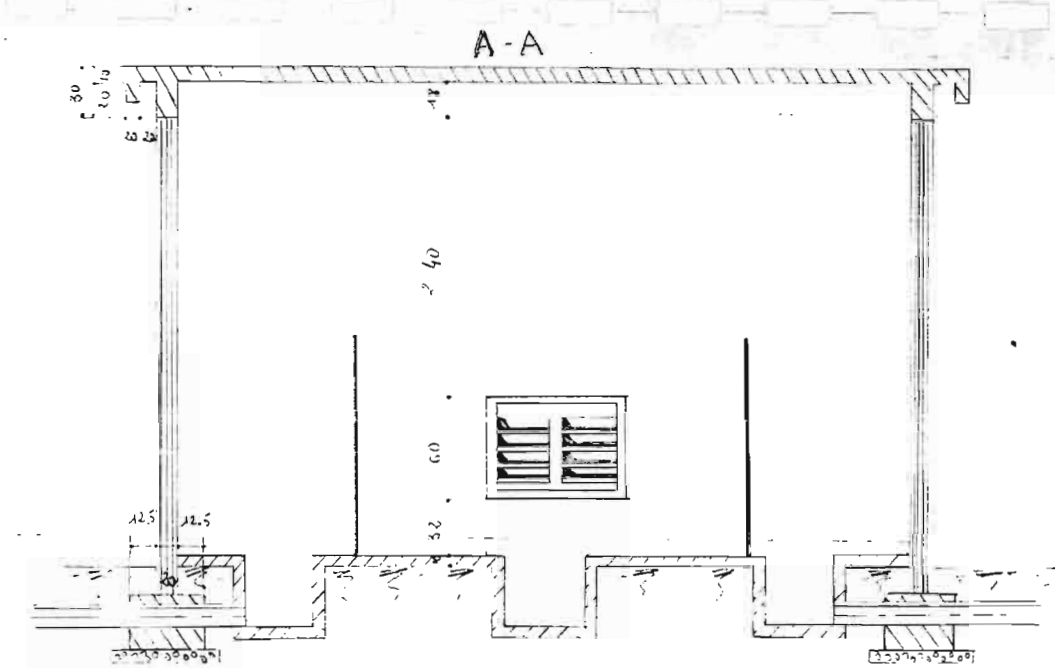
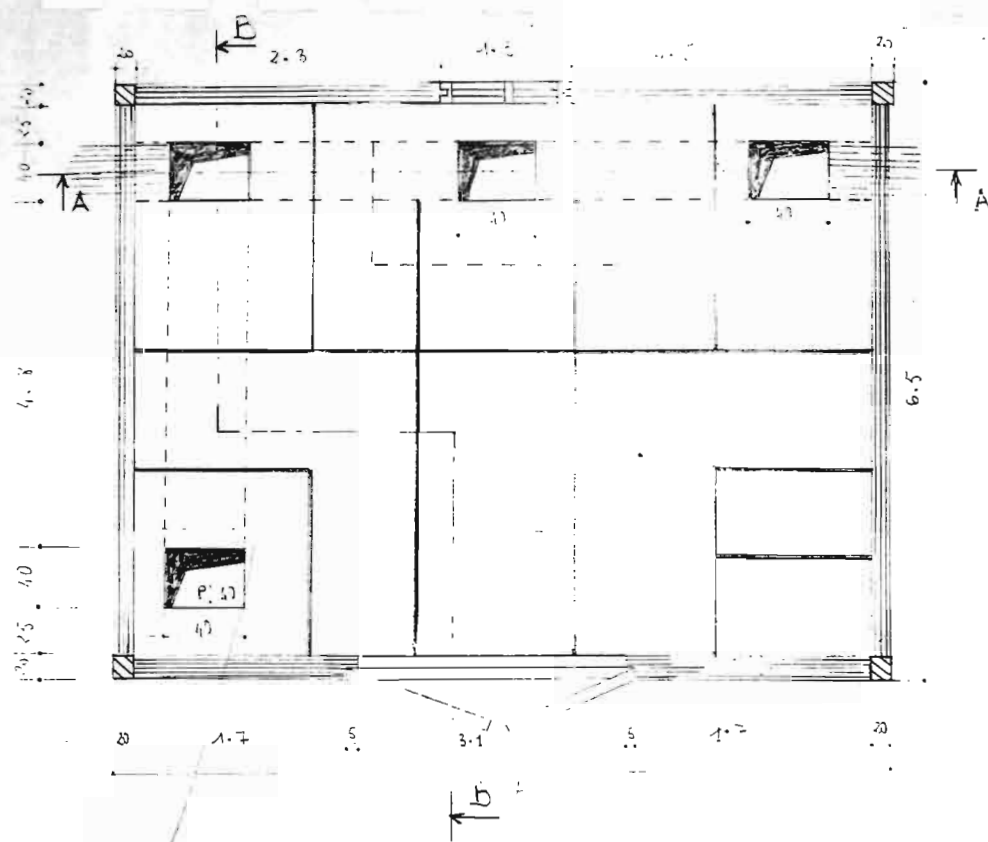
Tableau Récapitulatif - des matériaux

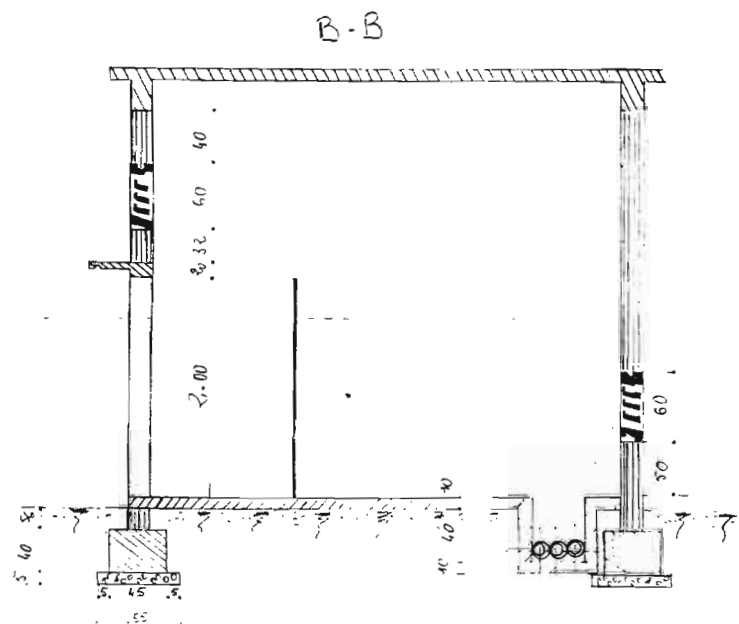
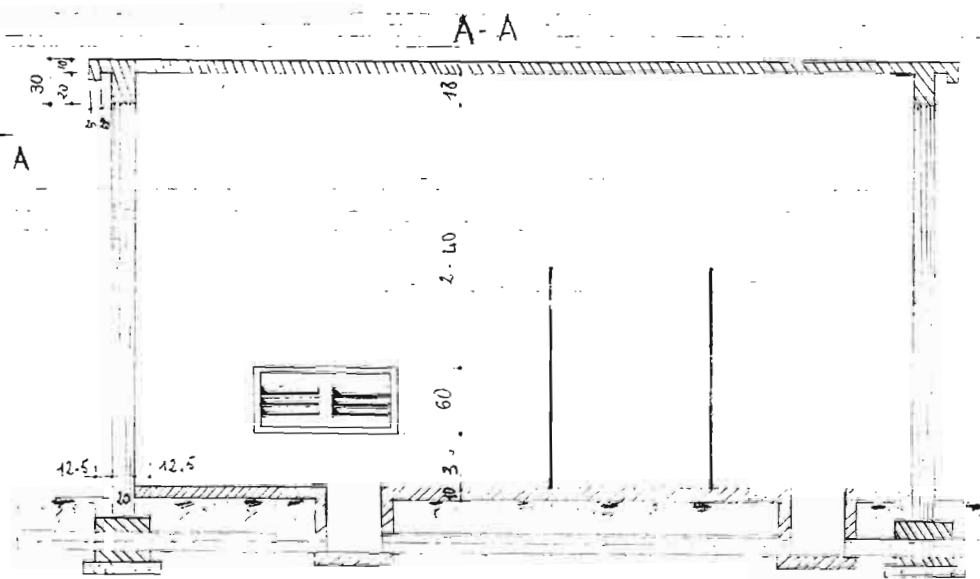
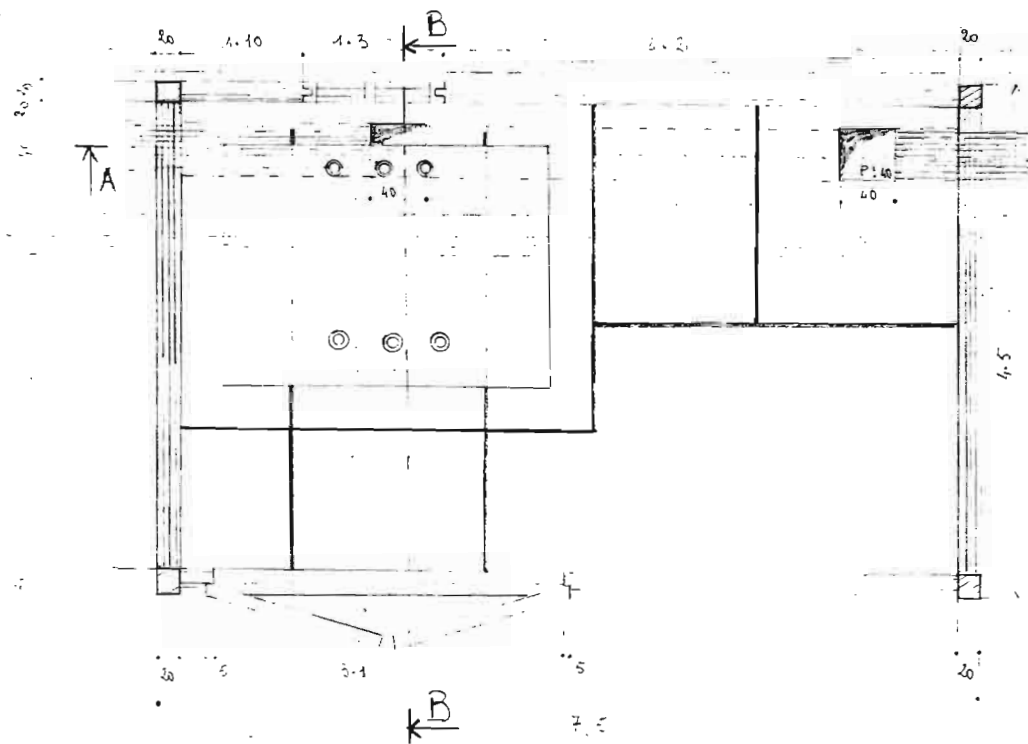
Designation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Terre à enlever	m ³	18,447	2150	39661,05
Grosier	m ³	10,43	7500	78225
Sable	m ³	16,569	2500	41422,5
Ciment	T	3,20	55 000	506 000
fer ϕ_{12}	T	0,40133	330 000	33438,9
fer ϕ_{10}	T	0,51308	270 000	138531,6
fer ϕ_8	T	0,29190	270 000	78813
fer ϕ_6	T	0,05983	270 000	16100,1
fil de fer	kg	19,307	750	14480,25
Pate	Pc	2	78732	157464
Ouverture (grilles)	Pc	2	30000	60000
Terre de Remblais	m ³	15,680	1550	24303,9

Total = 1188445 F

Total affecté d'un coefficient de 10% par mesure de
:

1307290 F





ANNEXES 3

Table 13-4

Copper conductors of rectangular cross-section in indoor installations. Ambient temperature 35 °C. Conductor temperature 65 °C. Conductor width vertical: clearance between conductors equal to conductor thickness; with alternating current, clearance between phases > 0.8 x phase centre-line distance

Width x thickness	Cross-section	Weight ¹⁾ kg/m	Material ²⁾	Continuous current in A a.c. up to 60 Hz								Continuous current in A d.c. and a.c. 16 Hz																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				painted				bare				painted				bare																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				no. of conductors				no. of conductors				no. of conductors				no. of conductors																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
mm	mm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

¹⁾ Calculated for a density of 8.9 kg dm³

²⁾ Minimum clearance.

³⁾ Material: E-Cu or other material to DIN 40 500 Sheet 3, preferred semi-finished material. Flat bars with rounded edges to DIN 46 430 Selection sheet 3.

Continued on next page

Table 13-4 (continued)

Copper conductors of rectangular cross-section in indoor installations. Ambient temperature 35 °C. Conductor temperature 65 °C. Conductor width vertical: clearance between conductors equal to conductor thickness; with alternating current, clearance between phases > 0.8 x phase centre-line distance.

Width x thickness	Cross-section	Weight ¹⁾ kg/m	Material ²⁾	Continuous current in A a c up to 60 Hz								Continuous current in A d c and a c 16% Hz											
				painted				bare				painted				bare							
				no. of conductors				no. of conductors				no. of conductors				no. of conductors							
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
				50²¹ 50²¹																			
mm	mm ²	kg/m																					
50 x 5	249	2.22	E-Cu F 37	697	1 140	1 330	2 010	583	994	1 240	1 920	733	1 170	1 370		588	1 020	1 300					
50 x 10	499	4.44	E-Cu F 30	1 020	1 720	2 320	2 950	852	1 510	2 040	2 600	1 050	1 830	2 360		975	1 610	2 220					
60 x 5	299	2.66	E-Cu F 30	826	1 330	1 510	2 310	688	1 150	1 440	2 210	836	1 370	1 580	2 060	556	1 190	1 500	1 970				
60 x 10	599	5.33	E-Cu F 30	1 160	1 960	2 610	3 290	985	1 720	2 300	2 900	1 230	2 130	2 720	3 580	1 200	1 870	2 570	3 390				
80 x 5	399	3.55	E-Cu F 30	1 070	1 680	1 830	2 830	885	1 450	1 750	2 720	1 090	1 770	1 990	2 570	922	1 530	1 890	2 460				
80 x 10	799	7.11	E-Cu F 30	1 500	2 410	3 170	3 930	1 240	2 110	2 790	3 450	1 550	2 730	3 420	4 450	1 310	2 380	3 240	4 280				
100 x 5	499	4.44	E-Cu F 30	1 300	2 010	2 150	3 300	1 080	1 730	2 050	3 190	1 340	2 160	2 380	3 080	1 110	1 810	2 270	2 960				
100 x 10	988	8.89	E-Cu F 30	1 810	2 850	3 720	4 530	1 490	2 480	3 250	3 980	1 840	3 310	4 100	5 210	1 500	2 890	3 900	5 150				
120 x 10	1 200	10.7	E-Cu F 30	2 110	3 280	4 270	5 130	1 740	2 860	3 740	4 500	2 300	3 900	4 780	5 250	1 890	3 390	4 580	6 010				
160 x 10	1 600	14.2	E-Cu F 30	2 700	4 130	5 360	6 320	2 220	3 590	4 680	5 530	3 110	5 060	6 150	8 010	2 410	4 400	5 860	7 710				
200 x 10	2 000	17.8	E-Cu F 30	3 250	4 970	6 430	7 490	2 680	4 310	5 610	6 540	3 720	5 220	7 460	9 730	3 540	5 390	7 150	9 390				

¹⁾ Calculated for a density of 8.9 kg dm³

²⁾ Minimum clearance.

³⁾ Material: E-Cu or other material to DIN 40 500 Sheet 3, preferred semi-finished material. Flat bars with rounded edges to DIN 46 430 Selection sheet 3.

SONACOS EI LYNDIANE
CENTRALE THERMIQUE

CARACTERISTIQUES TURBO -- ALTERNATEURS

	TA II	TA I	
MARQUE	B B C	WORTHINGTON	
TYPE	D 24 A	2 S B 6	
N° DE SERIE	P 1194	B I 057479	
PUISSANCE	3000 KW	3815 KW	
PRESSION ADMISSION	26 BARS	56 BARS	
PRESSION ECHAPPEMENT	0,100 BARS ABS	0,100 BARS ABS	
VITESSE	3000 T / MN	8500 T / MN	
ANNEE	1945	1982	
HUILE UTILISEE	SHELL TURBO T 68	TURBELF 68	
CAPACITE	1600 LITRES	2000 LITRES	
FAMILLE	VAPEUR	VAPEUR	
REDUCTEUR	NON	OUI	
UTILISATION	ALTERNEE	ALTERNEE	
ENTREPRISE	SONACOS LYNDIANE	SONACOS LYNDIANE	
DATE INSTALLATION	1959	1983	
PERIODICITE VIDANGE	APPOINT +ANALYSE	APPOINT +ANALYSE	

SONACOS EI LYNDIANE
ENTRALE THERMIQUE

GROUPE ELECTROGENE DEUTZ

MOTEUR

TYPE: BA 12 M 528

N° 5872458 ANNEE 1978 750 T/MN 1340 1340KVA

ALTERNATEUR

TYPE D K B L r 565 / 08 DEA 434

N° 78 470 005 400VOLTS 1940 AMPERES 1345 KVA

COS PHI 0,8 750 T/MN 50 HERTZ AGE 220/380 VOLTS

SONACOS E I LYNDIANE CENTRALE THERMIQUE

GROUPE ELECTROGENE RENAULT

MOTEUR

TYPE: LRP 27 - N° 206
FAMILLE 2029
MOTEUR M I D R O 6354 O Z
N° SERIE 1930 H L
MODELE 03

ALTERNATEUR

TYPE L S A 461 108 A C T / R
N° 80606 / 01
FREQUENCE 50 HERTZ 224 KW 280 KVA
AMPERAGE 404 A 1500 T / mm
TRIPHASE
MASSE 880 KG
SERVICE CONTINU

SONACOS E ! LYNDIANE CENTRALE THERMIQUE

GROUPE ELECTROGENE WARTSILLA (POYAUD 1)

MOTEUR

TYPE: S D R G 25 V 12 S 5 D

N° MOTEUR 21197

N° COMMANDE 295534

PUISSANCE 700 KW

VITESSE 1500 T / mm

ANNEE 1994

ALTERNATEUR

TYPE L S A 50 S 4

N° 162514 -1 IP 21

FREQUENCE 50 HERTZ 640 KW 800 KVA

VITESSE 1500 T / mm

TRIPHASE ETOILE 240 VOLT 1924 A

SERVICE CONTINU

ISOLATION C L - H

REGULATION R 221 DATE 10 / 94

EHAUFFEMENT 125°K 40 °C

ROULEMENTS

COTE ENTRAINEMENT 6226 C3

COTE OPPOSE 6226 C3

PERIODICITE GRAISSAGE 3000 HEURES

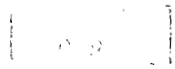
TYPE GRAISSE SHELL ALVANIA G 3

QUANTITE 50G

EXITATION

R B S

FICHE TECHNIQUE

Tension nominale			400	V	Schéma		Stator 93 K Rotor 103 K
Courant nominal			75	A	Couplage des enroulements		
Vitesse nominale			1450	tr/min	Schéma de montage		
Nombre de pôles			4		Capacité de charge		400
Vitesse de rotation			1450	tr/min	Tension d'isolement		600
Tension d'isolement			600	V	Tension de service		400
Classe d'isolation			F		Température maximale		120
Méthode de refroidissement			IC		Méthode de refroidissement		IC
Degré de protection			IP54		Durée de construction		1000

CHIFFRE 1800

Valeur maximale de
inverse de conductivité

Angle de couple

Réactants { synchro
 { stat.
 { anti-

Conductivité
de temps { stat.
 { anti-

Conductivité
de cc { stat.
 { anti-

Facteur de correction
R.F.F.

Résistance d'air de

Chiffre de correction

Heat exchanger

(T/h)

20

10

70.38428 2566
56 BAR ABS 405°C / 18 BAR ABS 0.14 BAR ABS 852.8 RPM

EXT 22 T/HR

COOLANT 24 T/HR

EXT 15 T/HR

EXT 13 T/HR

2700 kW COOLANT

3300 kW

3600 kW

1000

2000

3000

4000

(kW GENERATOR)

ANNEXES C

SONACOS E I LYNDIANE
CENTRALE THERMIQUE

DATE 27 02 1998

N° 042

TABLEAU DE BORD MARCHE SUR TURBO-ALTERNATEUR

TURBO ALTERNATEUR N°		1																					
VA	PRESSION Admission	56	U	I	P	Exitation		Consommations				Vites	COS	AUXILL		Consom Vap		Cons ELECT					
P	PRESSION Extraction		KV	KA	KW	Uv	Ia	KWH		KVARH		T/mn	PHI	Ia	U v	Centrale	Fabrica	Centrale	Fabricat	Sces g	novas		
E	PRESSION Echappement	0,8	2	1	2500	14,5	15,5	2814	3482	718794	719314												
U	Temperature Admission	420		0,84	2600	12	14	66800		52000		8500	0,85		127	502	298	16017	43174	5650	1960		
R	Temperature Condensats	65																					
LU	Pression Huile Graissage	6,6	GROUPES ELECTROGENES DIESEL																				
BR	Pression Huile Regulation	1,8												STOCK COQUES VIDES				Consommat C		Produc HB			
I	Pression Huile Filtre	Entree	7											SECCO 1		SECCO 2		MAG	Duquen	Anc ch	Arach	Coton	
FI	de butee	Sortie	6,6											800 Tonnes		0		450	133,335	15	294,19	19,632	
CA	T° Huile Refrigerant	Entree																					
TI	T° Huile Refrigerant	Sortie	62	POSTES TRANSFORMATEURS																			
O	Temperature Palier Admission	80		Auxillaires									Atelie	Pell	Detox	Comp	Raffina	jardin	Atelier	NOVASEN		Sonag	
N	Temperature Palier Echap	76		Cen	Chau	Port	Dec	Pres	rema	Ext	CDH	coton							sce g	380Vo	220V		
Redu	Temperature G V cote turbine	72	cpt jo			68649	129912	73577	62039	339976	52341	63233	194113	71421	161544	430350		736068	75174	55583	993410		
	Temperature PV cote turbine	65	cptvei			68391	129847	73539	62025	339400	52323	63144	193643	71176	160993	430291		735901	75012	55549	993408		
teur	Temperature PV cote altern	72	Kwh	5339	10678	2580	6500	7600	1400	5760	180	8900	5875	3063	3306	590	1380	1670	1620	340	20		
Alter	Temperature Palier cote acc	68	Tvap	335	167			90		131		53	8	11		5							
na	Temperature Palier cote opose	70																					
teur	Temperature ALTERNATEUR	88																					
Con	T° Eau de mer entree	34	ANALYSE DES EAUX																				
dens	T° Eau de mer sortie	35	DUQUENNE					Baches		Condensat		CL THERMAPS											
Ref	T° Eau entree	39	PH	TA	TAC	CL	TH	PH	CL	PH	CL	1	2	3	4								
Atm	T° Eau sortie	36	10,86	9,46	19,46	4,69	0	6,82	0,85	6,76	0,85	0,85	0,85	1,97	0,85								
Ref	T° Eau entree	36																					
Huile	T° Eau sortie	39																					
Ouve	ADMISSION	20	CALCUL DE RENDEMENT																				
Clap	EXTRACTION		Consommation combustible/ tonnes HB										0,47										
Bent	Vibrations Palier Admission	36	Consommation Vapeur/ tonnes HB										0,95										
	Vibrations Palier Echap	38	Consommation electricite fabrication/ tonnes HB										138										
Nova	Deplacement Axial	42	PRODUCTION TOTALE DE VAPEUR										800										
TEMPERATURE AMBIANTE		46																					

	Produc	Cons
Forage1		Arr
Forage3		Def
Therm 1		"
Therm 2		"
Therm 3		"
Therm 4		"
Conden		354
Bache		Default
Retour F		91
Vap, ch		"
Ch App		73

STOCK COQUES VIDES			Consommat C		Produc HB		
SECCO 1	SECCO 2	MAG	Duquen	Anc ch	Arach	Coton	
800 Tonnes	0	450	133,335	15	294,19	19,632	

	Produc	Cons
Forage1		Arr
Forage3		Def
Therm 1		"
Therm 2		"
Therm 3		"
Therm 4		"
Conden		354
Bache		Default
Retour F		91
Vap, ch		"
Ch App		73

LE CHER DE CENTRALE

SONACOS E I LYNDIANE

CENTRALE THERMIQUE

DATE 02 03 1998

N° 045

TABLEAU DE BORD MARCHE SUR TURBO-ALTERNATEUR

TURBO ALTERNATEUR N°		1																		
VA	PRESSION Admission	56	U	I	P	Exitation		Consommations		Vites	COS	AUXILL		Consom Vap		Cons ELECT				
P	PRESSION Extraction		KV	KA	KW	Uv	Ia	KWH	KVARH	T/mn	PHI	Ia	U v	Centrale	Fabrica	Centrale	Fabricat	Sces g	NOVAS	
E	PRESSION Echappement	0,9	2	1,05	2900	14	15,5	4770	5436	720304	720822									
U	Temperature Admission	430		0,95	2800	11,5	14,5	66600	51800	8500	0,85		127	505	270	13225	45646	5730	2000	
R	Temperature Condensats	64																		
LU	Presslon Huile Graissage	6,5	GROUPES ELECTROGENES DIESEL																	
BR	Presslon Huile Regulation	1,8																		
I	Presslon Huile Filtre	Entree	7																	
FI	de butee	Sortie	6,5																	
CA	T° Huile Refrigerant	Entree																		
TI	T° Huile Refrigerant	Sortie	62	POSTES TRANSFORMATEURS																
O	Temperature Palier Admission	80		Auxillaires																
N	Temperature Palier Echap	78		Cen	Chau	Port	Dec	Pres	rema	Ext	CDH	Atelie	Pell	Detox	Comp	Raffina	jardin	Atelier	NOVASEN	
												coton						sce g	380Vol 220V	
Redu	Temperature G V cote turbine	72	cpt jo			69258	130086	73689	62071	341641	52366	63533	195479	72082	163265	430529		736570	75535	
	Temperature PV cote turbine	65	cptvei			69012	130024	73649	62056	341047	52357	63428	194986	71832	162642	430465		736385	75369	
teur	Temperature PV cote altern	73	Kwh	4408	8816,3	2460	6200	8000	1500	5940	90	10500	6163	2875	3738	640	1380	1850	1660	
Alter	Temperature Palier cote acc	68	Tvap	352	153			81		117		49	7	11		5				
na	Temperature Palier cote opose	70																		
teur	Temperature ALTERNATEUR	90																		
Con	T° Eau de mer entree	34																		
dens	T° eau de mer sortie	36																		
Ref	T° Eau entree	40																		
Atm	T° eau sortie	37																		
Ref	T° Eau entree	37																		
Huile	T° eau sortie	40																		
Ouve	ADMISSION	20																		
Clap	EXTRACTION																			
Bent	Vibrations Palier Admission	35																		
	Vibrations Palier Echap	35																		
Neva	Deplacement Axial	42																		
TEMPERATURE AMBIANTE			44																	

ANALYSE DES EAUX												
DUQUENNE					Baches		Condensat		CL THERMAPS			
PH	TA	TAC	CL	tH	PH	CL	PH	CL	1	2	3	4
10,76	7,73	16,26	3,75	0	7,37	0,56	7,22	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56

CALCUL DE RENDEMENT	
Consommation combustible/ tonnes HB	0,56
Consommation Vapeur/ tonnes HB	0,98
Consommation electricite fabrication/ tonnes HB	165
PRODUCTION TOTALE DE VAPEUR	775

	Produc	Cons
Forage1		Arret
Forage3		Default
Therm 1		"
Therm 2		"
Therm 3		"
Therm.4		"
Conden		352
Bache		Default
Retour F		100
Vap, ch		Default
Ch App		86

	Produc	Cons
Forage1		Arret
Forage3		Default
Therm 1		"
Therm 2		"
Therm 3		"
Therm 4		"
Conden		352
Bache		Default
Retour F		100
Vap, ch		Default
Ch App		86

LE CHEF DE CENTRALE

SONACOS E I LYNDIANE
CENTRALE THERMIQUE

DATE 08 03 1998

N° O51

TABLEAU DE BORD MARCHE SUR TURBO-ALTERNATEUR

TURBO ALTERNATEUR N°		1
VA	PRESSION Admission	56
P	PRESSION Extraction	
E	PRESSION Echappement	0,8
U	Temperature Admission	420
R	Temperature Condensats	66
LU	Pression Huile Graissage	6,9
BR	Pression Huile Regulation	1,8
I	Pression Huile Filtre	Entree 7
FI	de butee	Sortie 6,9
CA	T° Huile Refrigerant	Entree
TI	T° Huile Refrigerant	Sortie 60
O	Temperature Palier Admission	78
N	Temperature Palier Echapp	76
Redu	Temperature G V cote turbine	72
	Temperature PV cote turbine	65
teur	Temperature PV cote altern	72
Alter	Temperature Palier cote acc	66
na	Temperature Palier cote opose	68
teur	Temperature ALTERNATEUR	74
Con	T° Eau de mer entree	32
dens	T° eau de mer sortie	38
Ref	T° Eau entree	38
Atm	T° eau sortie	36
Ref	T° Eau entree	36
Huile	T° eau sortie	38
Ouv	ADMISSION	21
Clap	EXTRACTION	
Bent	Vibrations Palier Admission	33
	Vibrations Palier Echapp	34
Neva	Deplacement Axial	42
TEMPERATURE AMBIANTE		44

U	I	P	Exitation		Consommations				Vites	COS	AUXILL		Consom Vap		Cons ELECT			
KV	KA	KW	Uv	Ia	KWH		KVARH		T/mn	PHI	Ia	Uv	Centrale	Fabrica	Centrale	Fabricat	Sces g	novas
2	0,95	2600	13	14,5	8505	9093	723132	723546		331								
	0,58	2150	10,5	12	58800		41400		8500	0,85		127	492	287	17666	36315	4500	320

GROUPES ELECTROGENES DIESEL									

STOCK COQUES VIDES			Consommat C		Produc HB	
SECCO 1	SECCO 2	MAG	Duquen	Anc ch	Arach	Coton
1210 Tonnes	0	580	128,52	20	287,29	14,177

POSTES TRANSFORMATEURS																	
Auxiliaires			Port		Dec	Pres	rema	Ext	CDH	Atelie	Pell	Detox	Comp	Raffina	jardin	Atelier	NOVASEN
Cen	Chau									coton						sce g	380Vo 220V
cpt jo			70480	130407	73907	62139	344836	52630	64062	197766	72583	166084	430818			737444	76010
cptvei			70309	130349	73866	62132	344292	52398	63991	197377	72523	165987	430762			737306	76000
Kwh	5889	11777	1710	5800	8200	700	5440	2320	7100	4863	750	582	560	1380	1380	100	220
Tvap	352	140			89		127		53	11			7				

ANALYSE DES EAUX													
DUQUENNE					Baches		Condensat		CL THERMAPS				
PH	TA	TAC	CL	IH	PH	CL	PH	CL	1	2	3	4	
10,68	7,2	1502	3,05	0	8,18	0,56	8,76	0,56	0,56	1,13		0,56	

CALCUL DE RENDEMENT		
Consommation combustible/ tonnes HB		0,49
Consommation Vapeur/ tonnes HB		0,95
Consommation electricite fabrication/ tonnes HB		120
PRODUCTION TOTALE DE VAPEUR		779

	Produc	Cons
Forage1		Arret
Forage3		Default
Therm 1		"
Therm 2		"
Therm 3		"
Therm 4		"
Conden		340
Bache		Default
Retour F		94
Vap, ch		Default
Ch App		50

OBSERVATIONS

LE CHEF DE CENTRALE

SONACOS E I LYNDIANE
CENTRALE THERMIQUE

DATE 17 03 1998

N° 060

TABLEAU DE BORD MARCHÉ SUR TURBO-ALTERNATEUR

TURBO ALTERNATEUR N° 1			U	I	P	Excitation		Consommations				Vitesse	COS	AUXILL		Consom Vap		Cons ELECT				
VA	PRESSION Admission	56	KV	KA	KW	Uv	Ia	KWH		KVARH		T/mn	PHI	Ia	Uv	Centrale	Fabricat	Centrale	Fabricat	Sces g	novas	
P	PRESSION Extraction		2	0,95	2700	13	14	12545	13189	726028	726477		0,85		127							
E	PRESSION Echappement	0,8		0,85	2500	11	13	64400		44900		8500				514	266	17727	38743	6110	1820	
U	Temperature Admission	420																				
R	Temperature Condensats	64																				
LU	Pression Huile Graissage	6,9	GROUPES ELECTROGENES DIESEL										STOCK COQUES VIDES				Consommat C		Produc HB			
BR	Pression Huile Regulation	1,8												SECCO 1	SECCO 2	MAG	Duquen	Anc ch	Arach	Coton		
I	Pression Huile Filtre	Entree 7																				
FI	de butee	Sortie 6,9																				
CA	T° Huile Refrigerant	Entree																				
TI	T° Huile Refrigerant	Sortie 62																				
O	Temperature Palier Admission	80	POSTES TRANSFORMATEURS																			
N	Temperature Palier Echap	78	Auxiliaires		Port	Decort.	Presserie	rema	Extrac	CDH	Atelier	Pellet	Detox	Comp	Raffina	jardin	Atelier	NOVASSEN		Sonag		
Reduc	Temperature G V cote turbine	73	Centr.		Chauff.						coton						sce g	380Vo	220V			
	Temperature PV cote turbine	66	cpt jour		72573	130788	74149	62247	348746	54554	64614	200198	72955	167148	431034		738755	77191	56074	993456		
teur	Temperature PV cote altern	73	cptveille		72270	130729	74110	62233	348188	54549	64528	199793	72890	166590	431015		738588	77034	56046	993453		
Alter	Temperature Palier cote acc	68	Kwh	5909	11818	3030	5900	7800	1400	5580	50	8600	5063	812,5	3348	190	1380	1670	1570	280	30	
na	Temperature Palier cote opose	70		343	171			81		123		53	9									
teur	Temperature ALTERNATEUR	84																				
Con	T° Eau de mer entree	34	ANALYSE DES EAUX																			
dens	T° eau de mer sortie	38	DUQUENNE				Baches		Condensat		CL THERMAPS								Produc	Cons		
Ref	T° Eau entree	40	PH	TA	TAC	CL	TH	PH	CL	PH	CL	1	2	3	4					Forage1	Arret	
Atm	T° eau sortie	37	10,92	9,73	19,73	4,22	0	8,26	0,56	8,64	0,56	0,56		0,56	0,85					Forage3	Default	
Ref	T° Eau entree	37																				
Huile	T° eau sortie	40																				
Ouver	ADMISSION	19																				
Clapet	EXTRACTION																					
Bently	Vibrations Palier Admission	32																				
	Vibrations Palier Echap	34																				
Nevad	Deplacement Axial	42																				
	Temperature Ambiante	43																				
			CALCUL DE RENDEMENT																			
			Consommation combustible/ tonnes HB														0,563					
			Consommation Vapeur/ tonnes HB														1,039					
			Consommation electricite fabrication/ tonnes HB														151,4					
			PRODUCTION TOTALE VAPEUR JOUR														780					

OBSERVATIONS

TABLEAU BORD

LE CHEF DE CENTRALE

Page 28

SONACOS
E.I. LYNDIANE

CENTRALE ELECTRIQUE

MARCHE CENTRALE ELECTRIQUE

FEUILLE DE CONTROLE

N° 25

DU 10-02-97
N° 0025

VAPEUR	TURBO - ALTERNATEUR N°		1
	PRESSION ADMISSION		56
	PRESSION EXTRACTION		-
	PRESSION ECHAPPEMENT		0,85
	TEMPERATURE ADMISSION		460
LUBRIFICATION	TEMPERATURE CONDENSATS		65
	PRESSION HUILE GRAISSAGE		6,9
	PRESSION HUILE REGULATION		1,8
	PRESSION HUILE FILTRE BUTEE	E	7
	PRESSION HUILE FILTRE BUTEE	S	6,9
REDUCT.	TO HUILE REFRIGERANT <i>Clapet Extr</i>		-
	TO HUILE REFRIGERANT	E	-
	TO HUILE REFRIGERANT	S	59
	TO SORTIE PALIER ADMISSION		78
	TO SORTIE PALIER MILIEU <i>Clapet Admin</i>		20
ALTERN.	TO SORTIE PALIER ECHAPPEMENT		77
	TO PALIER G.V. COTE ALTERNATEUR		72
	TO PALIER P.V. COTE TURBINE		65
	TO PALIER P.V. COTE ACCOUPLEMENT		72
	TO PALIER COTE ACCOUPLEMENT		67
E A U	TO PALIER COTE OPPOSE ACCOUPLEMENT		69
	TO ALTERNATEUR		78
	CONDENSEURS	E	36
	CONDENSEURS	S	36
	REFRIGERANT ATMOSPHERIQUE	E	39
BENT NEVADA	REFRIGERANT ATMOSPHERIQUE	S	37
	REFRIGERANT HUILE	E	37
	REFRIGERANT HUILE	S	33
	TO AMBIANTE		42
	VIBRATIONS PALIER ADMISSION		42
	VIBRATIONS PALIER ECHAPPEMENT		30
	DEPLACEMENT AXIAL		40

TURBO - ALTERNATEUR N°										AUXILIAIRES C.C.		Consom. Vapeur	
I KA	KV	P MW	EXITATION			COMPTEURS		VITESSE tr/mn	COS φ	I A	U V	CENTRALE	FABRICATION
			U	V	A	KWh	K varh						
0,9 0,75	2	2700	12	13,5	65000	37600	3500	0,85			127	52	272
		2,400	10	12,5	2625	1566							21,708

DEPARTS MT									
PORT	REMA	EXTR.	DECORT.	PRESSERIE RAFFINAGE	PRESSERIE RP	PELLET.	ATELIER	JARDIN	AUXIL.
A	A	A	A	A	A	A	A	A	KA
35	50	80	85	220	120	220	50	28	-
20	20	60	70	140	100	100	40	40	-

POSTES TRANSFOS																				
B.T.	AUX.		PORT	DECORTICAGE			PESSEUR	H.M.A	EXTRACT.	C.D.H	ATELIERS COTON		PELLETISATION			RAFFINAGE	JARDIN	AT	220	380
	C	H		C	1	2					3	1	2	Pell	Ball					
I																				
A																				
KWh	11010	5505	2250	6300			1400	1400	5590	60	8500	5163	2375	2228	830	1580	1470	2040		
To °C	142	373								147	147		8	13						

COMPTEURS E A U	PPRODUCTION FORAGE	1	
	PRODUCTION FORAGE	3	
	PRODUCTION THERMAP		
	CONDENSEUR TURBINE		366
	BACHE DESAERATRICE		85
	RETOUR FABRICATION		
	EAU APPOINT		73

HEURES DE MARCHE			
THERMAP 1	24		
THERMAP 2	24		
THERMAP 3	24		
THERMAP 4	24		

OBSERVATIONS

VISA CHEF CENTRALE

[Signature]

SONACOS
E.T. LYNDIANE

SERVICE CENTRALE ELECTRIQUE

RELEVES DE QUART CHAUDIERE DUQUENNE

DU 10-02-86

COQUES ARACHIDE

COTON

CHEFS
DE
QUART

06H-14H D. Bieuf
14H-22H Moussa SALL
22H-06H Ousmane FALL

REPRISE			EXCEDENTS		RECEPTIONS ENTER	
SECCO 1					JOUR	
SECCO 2					CUMUL	
MAGASIN						

HEURES	PRESSIONS				DEBITS		TEMPERATURES								NIVEAUX		VITESSES		R . C . M					COMPT EAU aliment
	VAPEUR	VAPEUR detendue	BACHE aliment.	REF.PPE aliment.	VAPEUR	AIR	VAPEUR	VAPEUR detendue	FUMEEES AV.ECO	FUMEEES AP.ECO	BACHE aliment.	EAU AP.ECO 1	EAU AP.ECO 2	BALLON	BACHE aliment.	alimen- tateurs	GRILLE	CHARGE	Soufflage	TIRAGE	NIVEAU	OXIGENE		
7	56	15		70	27	16	490	250	430	244	100			-40	3/4	25		21	21	61	41			
9	56	15		70	26	17	420	240	435	244	100			-41	3/4	26		21	20	72	42			
11	56	15		70	25	18	425	240	430	230	100			-42	3/4	22		21	19	54	43			
13	56	15		70	23	17	430	230	436	230	100			-42	3/4	25		17	18	52	31			
15	56	15	230	70	24	16	430	230	434	231	103			-43	3/4	24		18	19	53	31			
17	56	15	-	70	24	16	432	220	434	229	97			-45	3/4	23		20	19	56	37			
19	56	15	-	70	26	17	430	220	432	228	100			-51	3/4	33		21	20	54	43			
21	56	15	50	70	21	17	432	220	436	231	100			-39	3/4	24		16	21	53	31			
23	56	15		70	23	17	400	220	430	231	100			-41	3/4	17		17	21	56	33			
01	56	15		70	24	17	405	220	431	217	100			-43	3/4	22		20	21	52	40			
03	56	15		70	26	17	400	220	430	230	100			-45	3/4	24		20	21	59	31			
05	56	15		70	26	17	400	220	431	230	100			-44	3/4	23		20	21	60	31			

ANALYSES DES EAUX

QUART	EAUX DE CHAUDIERE								EAUX BACHE ALIMENTAIRE						DISTILLATEURS								TURBO		PURGE
	TH	PH	TA	TAC	SILICE	P ₂ O ₅	SULFITE V404	NACL	TH	PH	TA	TAC	SULFITE	NACL	PH				NACL				NACL	PH	ouverture %
															I	II	III	IV	I	II	III	IV			
06		10,74	3,60	16	7	135,80	25,60	2,82		6,53				0,56	5,90	5,68	5,85	5,52	0,56	9,85	9,85	1,13	9,46	6,81	
14																									
22	0	10,51	11,60	21,20	11	1133,80	16	2,82																	30%
22																									
06	C	11,11	12,80	23,20	15,00	267,60	19,20	2,82																	30%

OBSERVATIONS

6/14 Ramonage Complet de 8h50 à 9h35

de 16h50 à 17h30 Ramonage Complet.

20h26 Ramonage Complet : 20h45 à 21h30

Visa du Chef
de Centrale :

ANNEXES D

Besoins en matériel du poste de croisement Solution 2

Désignation	Caractéristiques	Quantité	Unité	Prix
Sectionneur de mise à la terre	Un = 35 kV courant écoulé à la terre 20 kA	1	u	1 500 000
Sectionneur arrivé poste croisement + sectionneur départ jardin	In = 400 A Un = 36kV sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique à couteau ouverture par rotation	2	u	1 500 000
JDB poste du croisement	Barre rectangulaire en cuivre 30/4	15	mp	175 000
Disjoncteur départ SENELEC + disjoncteur batterie de condensateur	In = 400 A Un = kV pdc = 20 kA Diélectrique SF6 à coupure par autocompression	2	u	4 795 015
Interrupteur départ Kaolack et Fatick	In = 400 A Un = 36 kV	2	u	2 640 000
Protection transformateur départ vers secco et jardin	Poste fusible + fusible MT calibre In = u.6A Un = 36kV Protection transformateur 160 kVA	1	u	5 004 120
Transformateur départ jardin	Sn : 160 KVA 30/2 kV prise de réglage $\pm 2.5\%$; yd11 Ucc = 4%, type ERT	1	u	2 968 515
Sectionneur départ jardin	In = 400 A Un = 7.2 kV sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique à couteau. Ouverture par rotation	1	u	1 500 000

Besoins en matériel de la solution 2**Au niveau de la centrale**

Désignation	Caractéristiques	Quantité	Unité	Prix
Disjoncteur général	In = 2500 A Un = 7.2 kV Pdc = 20 kA Diélectrique SF6 coupure par arc tournant	1	u	4312776
Disjoncteur départ jardin	In = 1250 A Un = 7 kV Pdc = 20 kA Diélectrique SF6 coupure par arc tournant	1	u	5264820
Sectionneur à deux directions avec position médiane départ jardin	In = 1250 A Un = 7.2 kV coupure dans l'air atmosphérique, basculement du couteau par rotation	1	u	2350000
Jeu de barres (renforcement JDBD)	Cuivre type 100/5 In 1200 A	5	ml	100000
Transformateur de tension + protection TP (pour la synchronisation)	Tension primaire assignée : 2kV Tension secondaire assignée : 100V Classe de pression 0.5	03	u	950000
Câble départ jardin jusqu'au poste	Câble en PVC 3 x 240 mm ² en cuivre 3.2/3.2 kV	120	ml	1780000

Désignation	Caractéristiques	Quantité	Unité	Prix
Transformateur de tension pour le comptage et la protection (relais maxi-mini tension)	Tension primaire assignée = 30 kV Tension secondaire assignée = 100V classe de précision 0.5 et 5p pour la protection	3 de 3	u	1 747 680
Transformateur de courant	Un = 30 kV In = 100 A Courant au secondaire 5 A Classe 5P puissance 8 VA	6	u	950 000
Batterie de condensateur pour la compensation	12 condensateurs tension 9.1 kV 100 Kvar chacun + appareillage de commande et protection	1	u	2 079 000
Disjoncteur protection Batterie	In = 400 A Un = 36 Ku Diélectrique SF6 coupure par auto compression	1	u	4 764 870
Transformateur de courant protection batterie	Un = 30 kV In = 100 A courant au secondaire 5A classe 5p puissance 8 VA	3	u	950 000

Besoins en matériel du poste de transformation Solution 2

Désignation	Caractéristiques	Quantité	Unité	Prix
Sectionneur arrivé poste de transformation	In = 1250 A Un = 7.32 kV Sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique à couteau ouverture basculement par rotation	1	4	1 750 000
Transformation de puissance	Sn : 4MVA 2/30 kV réversible prise de réglage à $\pm 2.5\%$ couplage Yd11 - ucc = 7.15/ type ERT avec DGTP2 pour protection	1	u	15 000 000
Disjoncteur départ poste de transformation	In = 400 A Un = 36kV – Pdc = 20 kA Diélectrique SF6 à coupure par auto-compression	1	u	4795015
Transformation de courant pour le relais différentielle	Un = 2kV In = 1250 A courant au secondaire 5A Classe de 5P pour T1 de protection : Puissance 8VA	03	u	875 000
Sectionneur départ poste de transformation	In = 400 A Un = 36kV sectionneurs à ouverture dans l'air atmosphérique à couteau ouverture par rotation.	1	u	1 500 000
Sectionneur de mise à la terre	Un : 36kV courant pouvant être écouler à la terre de 20 kA			1 500 000
Câble de commande	Câble en cuivre de section 2.5 mm ² isolant en PVC	150	ml	45 000

ANNEXES E

Besoins en matériel du poste de transformation**Solution 4**

Désignation	Caractéristiques	Quantité	Unité	Prix
Sectionneur arrivé poste de transformateur	In = 1250 A Un = 7.2 Sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique à couteau ouverture basculement par rotation	1	u	1 750 000
Transformateur de puissance	Sn = 4MVA 2/30 kV réversible prix de réglage à $\pm 2.5\%$; couplage yd11 Ucc = 7.15% ; type ERT avec DGTP2 pour protection	1	u	15 000 000
Disjoncteur départ poste de transformation	In = 400 A Un = 36kV Pdc = 20 kA Diélectrique SF6 à coupure par autocompression	1	u	4 794 900
Transformateur de courant pour la protection différentielle	Un = 2kV In = 1250 A courant au secondaire SA classe de 5 V pour TI de protection Puissance 8Va	03	u	950 000
Sectionneur départ poste de transformation	In = 400 A Un = 36 kV sectionneur à ouverture dans l'air atmosphérique à couteau ouverture par rotation	1	u	1 500 000
Sectionneur de mise à la terre	Un = 36 kV Courant pouvant être écouler à la terre de 20 kA	1	u	1 500 000
Câble de commande	Câble en cuivre de section 2.5 mm ² isolant au PVC	150	ml	45 000

Besoins en matériel au niveau de la centrale**Solution 4**

Désignation	Caractéristiques	Quantité	Unité	Prix
Disjoncteur général	In = 2500 A Un = 7.2 kV Pdc = 20 Ka Diélectrique SF6 Coupure par arc tournant	1	U	5 850 075
Disjoncteur départ SENELEC	In = 1250 A Un = 7.2 kV Pdc = 20 KA Diélectrique SF6 coupure par arc tournant	1	U	4 680 060
Sectionneur à départ SENELEC	In = 1250 A Un = 7.2 kV Coupure dans l'air atmosphérique basculement du couteau par rotation	1	u	Récupérer
Transformateur de tension Tp pour la synchronisation	Tension primaire assignée : 2kV Tension secondaire assignée : 100 Classe précision 0.5	03	u	1 747 680
Câble départ SENELEC jusqu'au poste	Câble PVC 3 x 240mm ² en cuivre 3.2/3.2 kV	120	ml	1 780 000

Désignation	Caractéristiques	Quantité	Unité	Prix
Transformateur de tension pour le comptage et la protection	Tension primaire assignée = 30 kV Tension secondaire assignée = 100 V Classe de précision 0.5 et 5p pour la protection	3 pour la mesure 3 pour la protection	u	
Transformateur de courant	Un = 30kV In = 100 A Courant au secondaire 5 A Classe 5P puissance 8VA	6	4	950 000
Batterie de condensateur pour la composition	12 condensateurs tension 9.1 kV = 100 Kvar + appareillage de commande et protection	1	u	2 079 000
Disjoncteur protection batterie	In = 400 A Un = 36 kV Diélectrique SF6 coupure par autocompression	1	u	4 764 878
Transformateur d'intensité pour le disjoncteur Batterie de condensateur	Un = 30 kV In = 100 A Courant au secondaire 5A classe 5P puissance 8VA	3	u	950 000
Câble entre le poste et la ligne aérienne	Câble identique à celui existant 3 x 35mm ² 18/30kV	520	mp	1 461 200
Ligne aérienne	Almelec 34,4	1,6	Km	16 000 000