

UNIVERSITE D'ALGER

22/75

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

red

DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE



PROJET DE FIN D'ETUDES

INSTALLATIONS ELECTRIQUES A HAUTE TENSION
D'UNE CENTRALE THERMO-ELECTRIQUE
APPLICATION A LA CENTRALE D'ALGER PORT



Proposé par :

Mr L. PREDA

Docteur Ingénieur

Professeur à l'E.N.P.

Etudié par :

Mr RABIA Mahieddine

PROMOTION 1975

[-] MES PARENTS

oooooooooooo

Je tiens à assurer mon promoteur M^r.L. PREDA
de ma profonde reconnaissance pour ses explications
trés claires des points essentiels de ce projet.

QUE tous les professeurs qui ont contribué
à ma formation trouvent ici mes vifs remerciements.

Je remercie également le personnel de la
SONELGAZ pour tous les renseignements qu'il a
bien voulu me donner .

S O M M A I R E

oooooooooooooooooooo

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : Généralités sur les postes électriques	3
I.1 Définitions	3
I.2 Elements constitutifs d'un poste à H.T.....	3
I.3 Criteres de choix d'un schéma.....	16
I.4 Poste électrique d'ALger port	17
CHAPITRE II : Les court-circuits	25
II.1 Généralités	25
II.2 Système de grandeurs réduites	27
CH APITRE III : Calcul des courants de court-circuit.....	29
1 ^{ère} variante	33
2 ^e Variante	42
3 ^e Variante	50
CHAPITRE IV : Dimensionnement des jeux de barres	55
IV.1 Détermination de la section	56
IV.2 Vérification de la stabilité électrodynamique.....	62
IV.3 Vérification aux effets thermiques	77
CHAPITRE V : Choix de l'appareillage	83
V.1 Les disjoncteurs	83
V.2 Les sectionneurs	90
CONCLUSION	91

INTRODUCTION

oooooooooooooooooooo

Le développement rapide de la consommation d'énergie électrique de la région d'Alger et de l'ensemble de l'Algérie ainsi que la vétusté du matériel des centrales thermiques d'Alger port et d'Alger Hamma (datant des années 30) ont conduit SONELGAZ à installer en 1958 deux nouvelles tranches de puissance unitaire 60 KW.

L'étude des installations électriques à haute tension de cette nouvelle centrale thermo-électrique d'ALger port comprend quatre Parties:

- Choix du schéma du poste H.T.
- Calcul des courants de court-circuit.
- Dimensionnement des jeux de barres et les vérifications aux efforts électrodynamiques et thermiques.
- Choix de l'appareillage.

Dans ce projet nous nous intéresserons uniquement au court-circuit triphasé, qui représente le cas le plus dangereux même s'il se produit à des fréquences plus réduites que les deux autres (biphasé et monophasé) et au calcul des courants de court-circuit aux points les plus importants du schéma pour les trois variantes d'alimentation du défaut en énergie électrique:

- 1^{ère} variante : exploitation normale
- 2^e variante : un seul générateur d'Alger port en service
- 3^e variante : les deux générateurs d'Alger port hors service

Nous établirons dans un premier temps les valeurs maximales des courants de court-circuit qui nous permettent de procéder à un choix judicieux des appareils de coupure et de vérifier les barres aux efforts électrodynamiques et thermiques. et dans un second temps, les valeurs minimales des courants de court-circuit qui servent à la protection par relais, cette dernière ne fait pas partie de notre étude.

C H A P I T R E I

oooooooooooooooooooooooooooo

GENERALITES SUR LES POSTES ELECTRIQUES H.T

I.1 DEFINITIONS :

Un réseau de transport d'énergie se présente en général sous la forme d'un "maillage" de lignes à haute tension de 60 à 400 KV qui couvre l'ensemble du territoire donné et dont les noeuds sont constitués par les postes électriques.

Ces postes se divisent en trois catégories, suivant les fonctions qu'ils assurent.

- a) POSTES D'AIGUILLAGE : qui assurent la connexion des différentes lignes de même tension (HT ou THT).
- b) POSTES DE TRANSFORMATION : qui assurent la liaison entre les différents postes d'aiguillage, par l'intermédiaire des transformateurs.
- c) POSTES ELEVATEURS DE CENTRALES : qui assurent l'évacuation de l'énergie produite par les centrales sur un réseau de tension donnée.

Comme notre étude se limitera au poste élévateur d'une centrale, on va présenter les éléments constitutifs d'un tel poste.

I.2. ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN POSTE A HAUTE TENSION :

Les circuits électriques d'un poste se composent de deux grandes catégories: les circuits principaux et secondaires.
*Les circuits principaux sont les circuits parcourus par l'énergie électrique qui circule des générateurs aux consommateurs.

Ces circuits comprennent:

Des générateurs, des transformateurs, des disjoncteurs, des sectionneurs, des selfs, des fusibles de moyenne tension, des transformateurs de courant et de tension, des jeux de barres, des appareils de protection contre les surtensions.

*Les circuits secondaires sont les appareils et les installations pour la commande, la signalisation, mesure, contrôle etc... tous ces circuits secondaires fonctionnent à basse tension, ils ne font pas partie de notre étude.

-Les disjoncteurs: sont des appareils de commutation en charge et sont utilisés pour effectuer des manoeuvres en régime normal et pour déconnecter les circuits électriques avariés.

La commande de ces appareils est électrique ou pneumatique, elle peut être locale ou à distance, manuelle ou automatique.

-Les sectionneurs: sont des appareils avec lesquels on réalise la séparation visible des circuits ou éléments de circuits, de manière à assurer la sécurité du personnel chargé de l'entretien du matériel.

La commande des sectionneurs peut être locale ou à distance.

-Les selfs : sont des inductances montées dans les circuits de lignes ou sur les barres collectrices pour diminuer le courant de court-circuit et éviter l'augmentation de la tension résiduelle en régime d'avarie.

-Les fusibles : sont utilisés pour la protection des transformateurs de tension.

-Les transformateurs de mesure de tension et de courant : sont raccordés aux circuits principaux et servent à l'alimentation des circuits secondaires.

Les jeux de barres:

Sont les noeuds des circuits principaux et servent à la réception et à la distribution de l'énergie électrique.

Ces jeux de barres constituent la partie la plus importante du poste.

Tous ces circuits principaux peuvent être groupés en :

- Les circuits de lignes
- Les circuits des générateurs
- Les circuits des transformateurs
- Les barres collectrices.

I.21 LES CIRCUITS DE LIGNE, DES GENERATEURS ET LES TRANSFORMATEUR

I.211 Les circuits de lignes

Ils se composent de deux parties:

- Une première partie qui regroupe les équipements de contrôle de protection et d'isolement du circuit électrique : transformateurs de mesures de tension et de courant, disjoncteurs sectionneurs d'isolement et de mise à la terre de la ligne.
- Une deuxième partie : l'aiguillage qui permet de connecter la tête de travée à chacun des jeux de barres. Cette dernière partie ne comporte que des sectionneurs à l'aide desquels sont effectués les manoeuvres de raccordement désirées.

Dans les circuits de lignes on utilise en général 1- 1,5 ou 2 disjoncteurs suivant l'importance de la ligne, le circuit de ligne le plus utilisé est le suivant:

a) Circuit de ligne avec un disjoncteur

Considérons un système de barres auquel est relié un circuit de ligne par l'intermédiaire des sectionneurs de barres (Sb1 et Sb2), qui comprend aussi un disjoncteur, un transformateur de courant (Tc), une self simple, un sectionneur de ligne et sectionneur de mise à la terre (St).

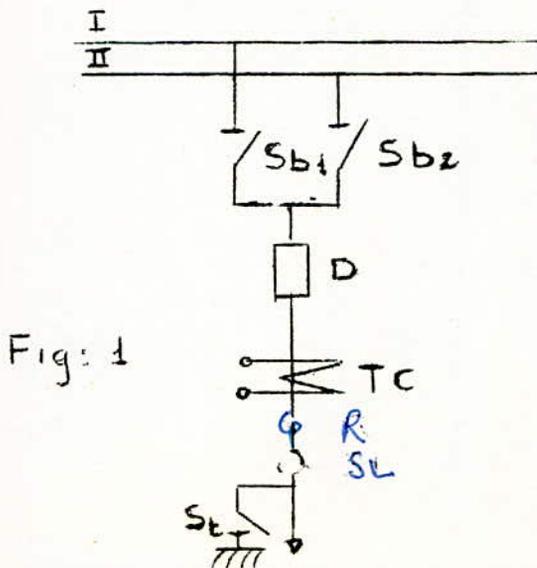


Fig: 1

Le disjoncteur D sert à coupler et à découpler le circuit en régime normal et aussi en régime de court-circuit.

Les sectionneurs de barres et de ligne doivent être montés de part et d'autre du disjoncteur pour qu'ils montrent d'une façon visible si le

Circuit est fermé ou ouvert en cas de réparation de la ligne. Et cela même si la ligne est radiale, il faut ouvrir le sectionneur de ligne pour prévenir l'apparition en sens inverse d'une tension accidentelle.

Pour éviter l'apparition en sens inverse d'une tension lors des travaux on place un sectionneur de mise à la terre après le sectionneur de ligne, et il ne doit être fermé que si le sectionneur de ligne est ouvert.

En général, la manoeuvre des sectionneurs se fait quand le disjoncteur est ouvert. Cependant dans le cas d'installation avec deux systèmes de barres, ils peuvent être manoeuvrés avec le disjoncteur fermé pour faire passer le circuit de ligne d'un système à un autre. En effet si Sb1 est fermé et Sb2 ouvert; on ferme Sb2 puis on ouvre Sb1 cette manoeuvre est possible puisque les deux côtés du sectionneur sont à la même tension.

La self simple est une bobine sans fer, montée en série dans le circuit, comme elle est parcourue par la totalité du courant sa section doit être égale à la section du circuit principal afin que les pertes d'énergie et de tension en régime normal soient réduites.

Lorsque l'impédance équivalente des câbles souterrains est plus faible que celle d'une ligne aérienne, on place sur ces câbles souterrains des selfs de façon à réduire le courant de court-circuit.

La self de ligne peut être montée en amont ou en aval du disjoncteur.

Dans le premier cas (Fig a) le disjoncteur doit interrompre les courants de court-circuit qui sont limités par cette bobine mais il présente un inconvénient quand on découple le circuit car à l'ouverture du sectionneur de barres on découple en même temps la self et s'il y a un défaut, le sectionneur est ouvert en charge ce qui provoque une avarie.

Par contre dans le deuxième cas à l'ouverture du disjoncteur la self est découplée. Mais il présente aussi un inconvénient quand il y a un court-circuit entre le disjoncteur et la bobine ce qui nécessite un disjoncteur plus grand que dans le 1^{er} cas mais l'expérience a montré que la probabilité d'apparition d'un défaut entre le disjoncteur et la bobine est très faible

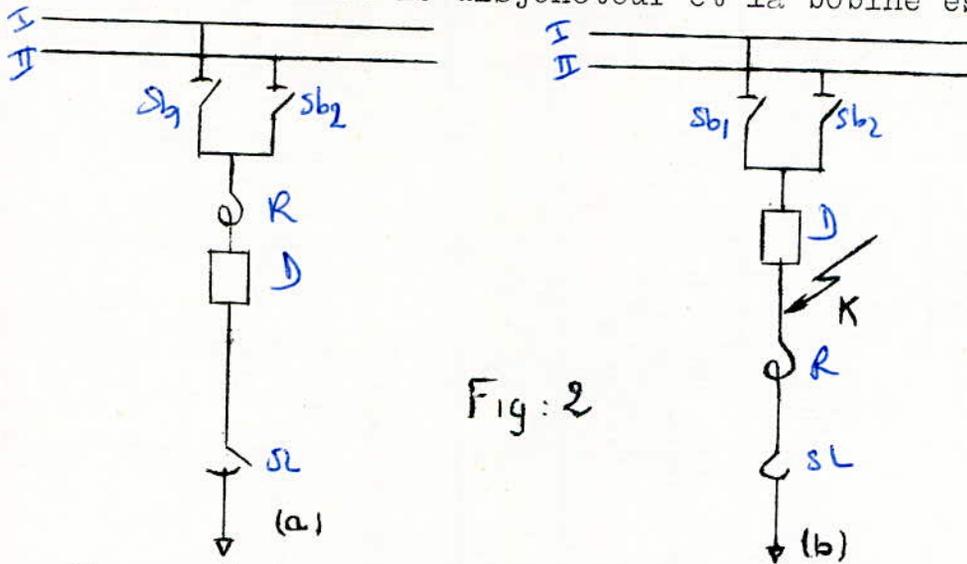


Fig: 2

Dans certains cas, pour réduire le prix de l'installation de distribution, on utilise le schéma suivant Avec un disjoncteur et une self pour deux circuits

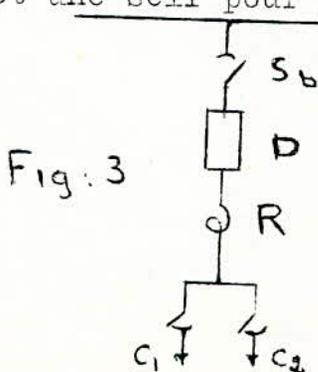


Fig: 3

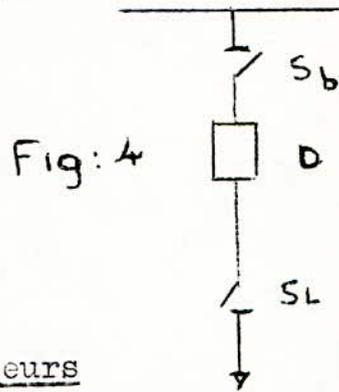
Le transformateur de courant est monté dans les circuits de ligne en aval du disjoncteur.

Lorsque le circuit est constitué de lignes aériennes on ne monte pas la

self puisque la réactance de ligne est assez grande.

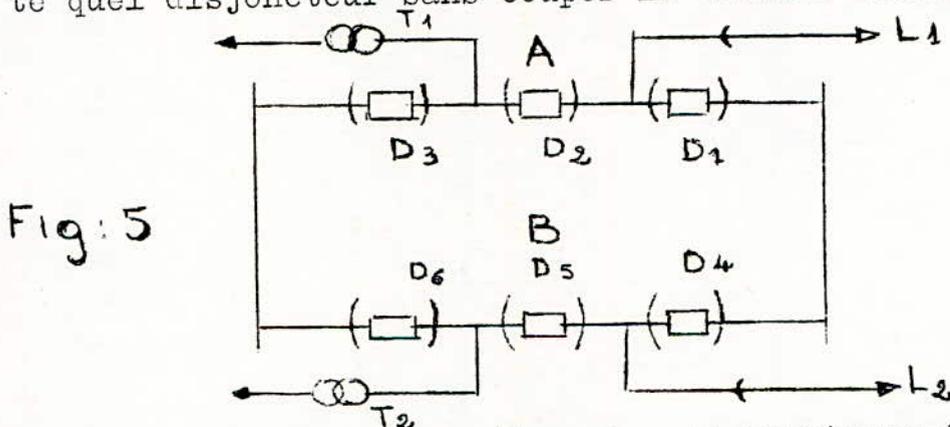
Lorsque la centrale électrique est petite et les consommateurs ne sont pas d'une grande importance, on utilise un seul jeu de barres. Dans ce cas, on peut se passer du sectionneur de mise à la terre.

Les circuits de ligne avec un seul disjoncteur sont économiques mais ils n'assurent pas un fonctionnement continu.



b) Circuit de ligne avec 1,5 disjoncteurs

L'avantage de ces circuits c'est qu'on peut ouvrir n'importe quel disjoncteur sans couper le circuit extérieur.



-En situation normale (tous les disjoncteurs fermés) on ne perd aucune ligne en cas de défaut de jeu de barres.

-La souplesse est réduite du fait qu'en exploitation normale tous les disjoncteurs sont fermés.

-Les disjoncteurs D_3, D_1, D_6, D_4 doivent être d'intensité nominale double de celle du disjoncteur D_2 et D_5 car ils doivent pouvoir alimenter deux lignes.

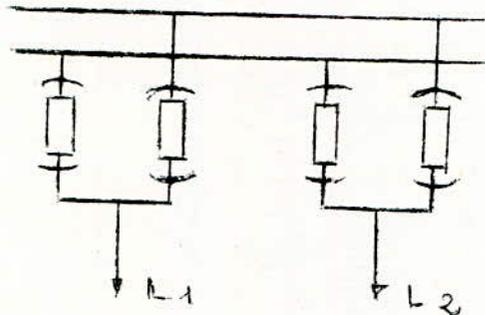
Lorsque on raccorde à une ramification telle que A deux circuits de même nature (2 transformateurs ou 2 lignes) la sécurité diminue. L'inconvénient de cette installation est d'être chère.

c) Circuits de lignes avec deux disjoncteurs

Ces circuits présentent une sécurité très grande puisque on peut manoeuvrer les sectionneurs d'une branche lorsque le disjoncteur correspondant est ouvert et ceci sans interrompre le circuit qui est alors alimenté par l'autre branche.

L'inconvénient de cette installation est d'être chère .

Ces circuits ne sont pas utilisés dans la pratique sauf aux points très important des systèmes élethroénergétiques.

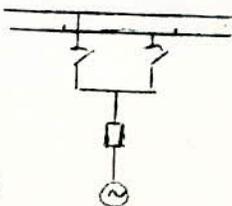


Ce schéma a 2 jeux de barres normaux dont l'aiguillage sur chacun d'eux est réalisé par un disjoncteur. Il permet d'éviter la cellule de couplage et de disposer d'un disjoncteur de réserve par départ.

-Du point de vue sécurité: tous les disjoncteurs sont fermés un défaut sur un jeu de barres exige l'ouverture de tous les disjoncteurs raccordés à ce jeu de barres, mais tous les départs restent en service sur l'autre jeu de barres.

-Du point de vue souplesse: au contraire un seul disjoncteur par départ est fermé.

I.212 LES CIRCUITS DES GENERATEURS



On peut utiliser un seul disjoncteur dans le circuit de générateur comme l'indique la figure 6.

Fig 6

En général on ne monte pas de sectionneur entre le générateur et le disjoncteur car lorsque ce dernier est ouvert le générateur ne débite pas. Ce sectionneur devient nécessaire si le générateur ^{alimente} les services propres.

Sur le circuit de générateur on n'utilise pas de self car en régime normale celle ci entrainerait des grandes chutes de tension et donc des variations trop grandes de la tension lors des variations normales de charge.

Si une sécurité plus grande est nécessaire pour le circuit de générateur on utilise alors 2 disjoncteurs comme l'indique la figure 7.

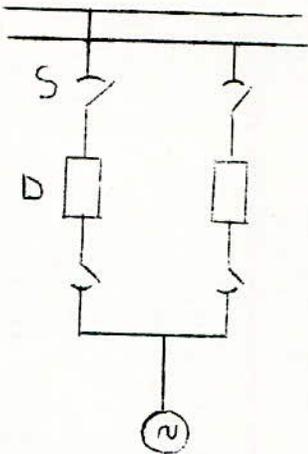


Fig: 7

Si la centrale se trouve à une grande distance du consommateur on utilise beaucoup le système bloc-générateur-transformateur (Fig 8) qui ne possède pas de barres et souvent pas de disjoncteur à la sortie du générateur.

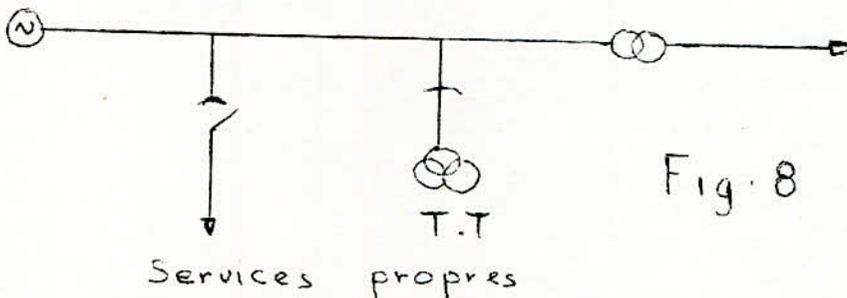


Fig. 8

I.213 Les circuits de transformateurs

IL diffèrent des circuits de ligne par la suppression:

- Du sectionneur d'isolement dont la fonction de coupure visible est assuré par les sectionneurs de barres.

I.122 LES JEUX DE BARRES

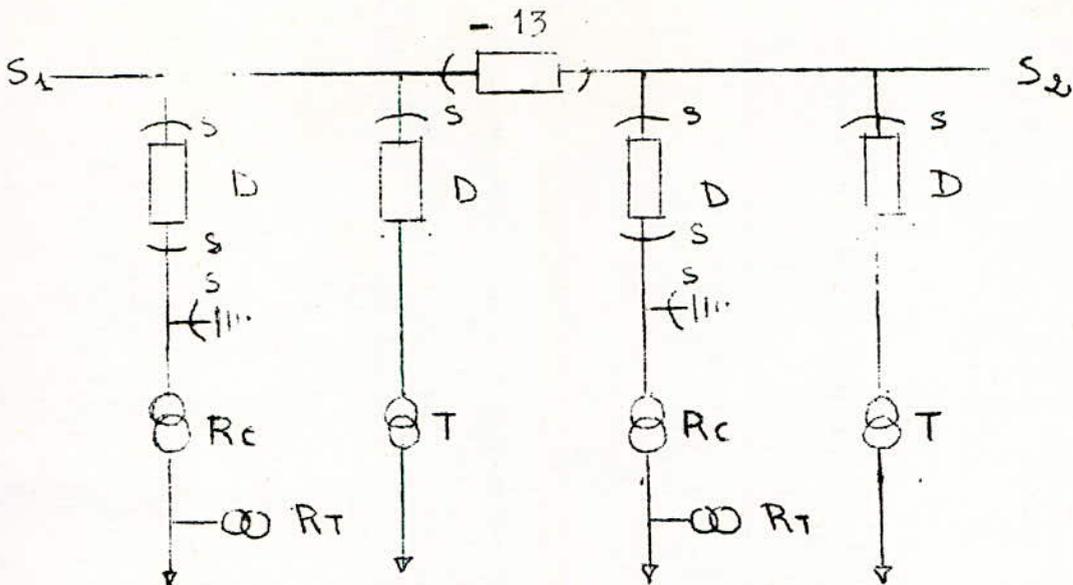
Chaque jeu de barres est un circuit triphasé qui régné sur toute la longueur du poste et auquel peuvent être raccordés tous les transformateurs du poste et toutes les lignes à même tension qui y aboutissent, il peut être découpé en tronçons par un ou plusieurs sectionnements.

On utilise un, deux ou trois jeux de barres suivant l'importance des circuits principaux.

I.221 Schéma à un jeu de barres normal

C'est le schéma le plus simple qui puisse être rencontré, mais il présente de sérieux inconvénients lorsque la continuité du service doit être assuré en toute circonstances, en effet:

- Un incident sur le jeu de barres ou l'entretien de celui-ci entraîne la mise hors tension de tout le poste.
- Un incident dans une cellule ou l'entretien d'un des éléments de cette cellule entraîne l'indisponibilité du départ correspondant.
- Ce schéma ne permet pas l'alimentation séparée de groupes de départs par des sources différentes. Cependant on peut améliorer ce schéma par l'installation d'un sectionnement longitudinal à l'aide d'un disjoncteur et de deux sectionneurs ce qui donne deux sections S1 et S2 .



D : Disjoncteurs

S : Sectionneurs

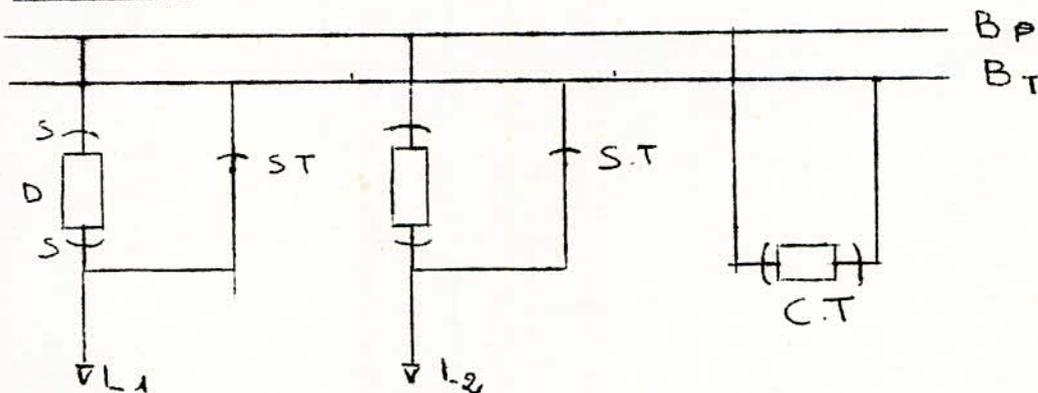
R_c : Réducteurs de courant

T : Transformateurs

R_t : Réducteurs de tension

Bien que ce schéma ne permette aucune souplesse d'exploitation il est utilisé souvent dans les postes éleveurs des centrales, lorsque le nombre des départs vers le réseau est faible. La sécurité étant réduite dans le schéma à 1 seul jeu de barres on utilise souvent une barre supplémentaire qui porte le nom de barre de transfert.

I.222 Schéma à 1 jeu de barres normal et un jeu de barres de transfert



B.P. : Barre principale

B.T. : Barre de transfert

S.T. : Sectionneur de transfert

C.T. : Couplage de transfert

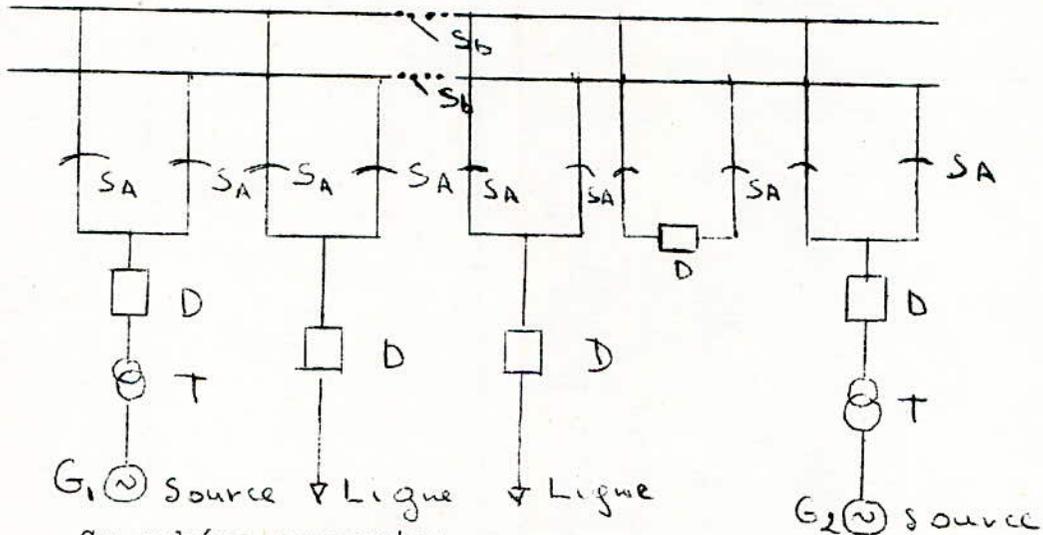
Ce schéma est assez intéressant car il permet de raccorder sans délai, au jeu de barres, un départ dont le matériel de la cellule est défaillant, par l'intermédiaire de la cellule de transfert qui est composée d'un disjoncteur et deux sectionneur.

Du point de vue de la souplesse de l'exploitation, il présente tous les inconvénients du schéma précédent.

L'intérêt de ce schéma réside dans la possibilité d'entretenir très facilement les disjoncteurs des cellules sans interrompre le service.

I.223 Schéma à 2 jeux de barres et un disjoncteur par départ

C'est le schéma le plus utilisé pour des tensions élevées.



Ce schéma comporte:

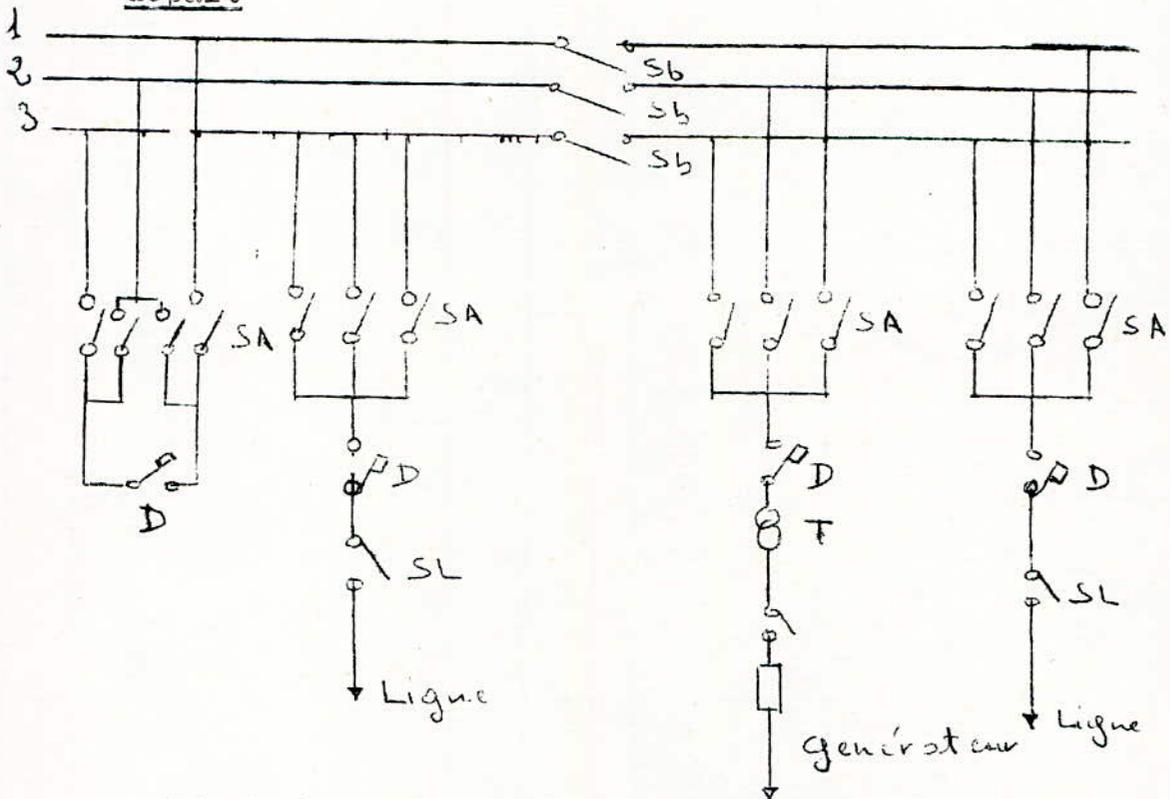
- 2 jeux de barres normaux qui, peuvent être mis en parallèle par un disjoncteur de couplage.
- 2 sectionneurs d'aiguillage de départ. (S.A).
- 1 cellule de couplage.

Ce schéma permet:

- La continuité du service dans le cas d'indisponibilité de l'un d'entre eux.
- La marche en réseau séparé avec combinaison quelconque des départs.

- L'utilisation éventuelle de la cellule de couplage pour dépanner un départ dont le disjoncteur est défectueux (après shuntage de ce dernier).
- La mise en parallèle aisée de groupes de départs au moyen du disjoncteur de couplage.

I.224 Schéma à 3 jeux de barres normales et un disjoncteur par départ



L'existence du 3^e jeu de barres permet l'entretien sans réduction de la souplesse en effet:

- Il remplace l'un des 2 premiers jeux de barres en cas d'indisponibilité.
- Il est utilisé en jeu de barres de transfert en cas d'indisponibilité d'un disjoncteur: remplacé alors par un disjoncteur de couplage (après shuntage de ce dernier).

Ce schéma est utilisé uniquement dans les grands postes.

I.3 CRITERES DE CHOIX D'UN SCHEMA

Le choix d'un schéma est fonction des critères suivants:

- Sécurité générale d'exploitation du réseau.
- Souplesse d'exploitation.
- Elimination des défauts par l'ouverture d'un nombre réduit de disjoncteurs.
- Simplicité des manoeuvres d'exploitation.
- Coût des ouvrages.

Le schéma remplissant presque tous ces critères est le schéma à deux jeux de barres et un disjoncteur par départ.

C'est ce type de schéma qui est utilisé à la centrale d'Alger-port qu'on va étudier en détail.

I.4 POSTE D'ALGER-PORT (60 KV)

I.41 Présentation de la centrale d'Alger-port

Le développement rapide de la consommation d'énergie électrique de la région algérienne et de l'ensemble de l'Algérie a conduit E.G.A. à installer en 1958 deux nouvelles tranches de puissance unitaire 60 KW.

Cette nouvelle centrale d'Alger-port a été construite dans la cour de l'ancienne centrale et occupe un terrain de deux hectares.

Le générateur de vapeur peut brûler du gaz de Hassi-R'Mel et du fuel lourd simultanément ou indépendamment. La marche normale permanente est au gaz naturel. En cas de manque de gaz naturel la chaudière peut brûler du fuel domestique en secours immédiat avant d'être passée au fuel lourd.

L'eau d'appoint est obtenue par distillation de l'eau de ville préalablement adoucie dans une station de traitement.

I.42 Eléments constitutifs d'une tranche

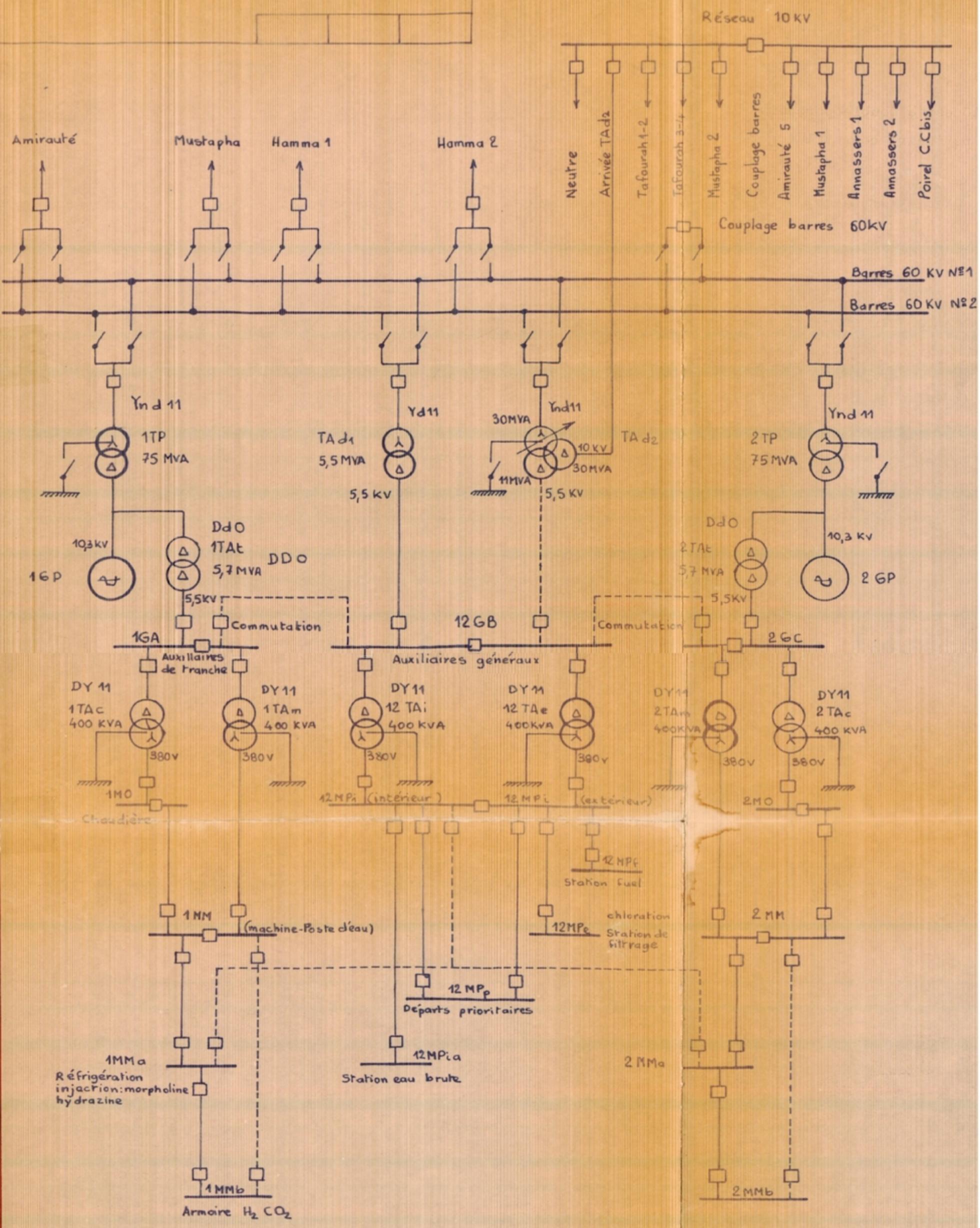
- La chaudière de construction BABCOCK et WILCOX timbrée à 107 bars à circulation naturelle et chambre de combustion en dépression, a une capacité maximale de production de 250 tonnes par heure en pointe. La vaporisation continue pour la pleine charge du groupe turbo-alternateur est 230 T/h .

Les caractéristiques de la vapeur produite à l'entrée de la turbine sont: pression 88bars, Température 540°C.

- La turbine de construction SCHNEIDER combinée à action et à réaction, à double flux d'échappement, comporte deux corps:

* Un corps HP composé d'une roue double à action de 26 étages et d'un tambour d'équilibrage.

CENTRALE THERMIQUE D'ALGER PORT
SCHEMA UNIFILAIRE



— Alimentation normale
- - - Alimentation secours

* Un corps BP comportant 2 fois 8 étages à réaction.

Les soutirages sont au nombre de six (4 sur corps HP et 2 sur corps BP).

- Le condenseur de construction SFAC est à double parcours nettoyable. Il utilise l'eau de mer portuaire comme fluide réfrigérant.

- Le poste d'eau : L'eau d'extraction aspirée dans le puits du condenseur par une motopompe (SULZER) plein bébit verticale à vitesse constante parcourt successivement :

* Les réfrigérants d'été.

* Les réfrigérants d'hydrogène (installés dans la carcasse de l'alternateur).

* Les réchauffeurs BP.

De la bêche alimentaire qui constitue une réserve d'eau en charge, les pompes alimentaires refoulent celle-ci à travers les réchauffeurs HP.

A la sortie du poste de réchauffage HP la température de l'eau d'alimentation est de 240°C à pleine charge.

- L'alternateur de construction SW a les caractéristiques suivantes :

Puissance apparente	75 MVA
Facteur de puissance	0,8
Tension de service	10300 V
Vitesse de rotation	3000 tr/mn
Fréquence	50 Hz
Courant par phase	4200 A

Réactance surtransitoire $X_d'' = 19,8 \%$

Il est réfrigéré par l'hydrogène jusqu'à une pression de 2 bars

- Excitation : l'ensemble d'excitation disposé en bout d'arbre de l'alternateur se compose de :

- * un réducteur 3000/1000 tr/mn à engrenage.
- * une génératrice à courant continu, excitation shunt, tournant à 1000 tr/mn.
- * un survolteur-dévolteur tournant à 3000 tr/mn inséré dans le circuit d'excitation shunt de l'excitatrice.
- * un alternateur auxiliaire à aimants permanents pour l'alimentation du régulateur de tension.

- Transformateur principal:

L'énergie produite par la centrale alimente le réseau 60 KV de la région algéroise en passant par un transformateur triphasé triangle étoile à neutre sorti de construction SW de type; extérieur avec conservateur sous azote est isolé dans l'huile. Son circuit magnétique est refroidi par circulation d'huile forcée, cette huile étant elle même réfrigérée par l'eau de mer. Les caractéristiques de ce transformateur sont les suivantes:

Puissance nominale en service continu	75 MVA
Tension nominale de l'enroulement primaire	10,3 KV
Tension nominale de l'enroulement secondaire à vide	66 KV
Tension de court-circuit	$U_{cc} = 9,7 \%$
Fréquence	50 Hz
Diélectrique	Huile

- Le transformateur auxiliaire de tranche de construction SW

Puissance 5,5 MVA à refroidissement par circulation naturelle de l'huile dans radiateurs.

Tension primaire secondaire	10,3/5,7
Tension de court-circuit	7,6 %
Diélectrique	Huile

- Transformateur d'auxiliaires généraux et de démarrage Tad₁ (SW). Son refroidissement est par circulation naturelle dans radiateurs

Puissance	5,5 MVA
Tension primaire secondaire	63/5,7 KV
Tension de court-circuit	7,6 %
Diélectrique	Huile

- Transformateur de démarrage et auxiliaires généraux Tad₂ (SW)

Type : 1 enroulement primaire 63000 V

2 enroulements secondaires 5700 et 11000 V

Puissance: 11 MVA pour rapport 63/5,7 KV

30 MVA pour rapport 63/11 KV

Tension de court-circuit 20,4 % pour rapport 63/5,7
12,5 % pour rapport 63/11

Diélectrique Huile

- Transformateurs auxiliaires (SW)

Nombre 6

Puissance 400 KVA

Tension primaire secondaire 5,5/0,38 V

Diélectrique Pyrolène

Les fonctions de contrôle commande signalisation et protection de la centrale sont alimentées par une distribution en courant continu 115 V à partir de 3 batteries alcaline au cadmium-nickel de 100 A.H.

Le poste HT 60 KV est équipé de deux jeux de barres installés au 1^o et au 2^o étage du poste. Les sectionneurs d'aiguillage rotatifs et les disjoncteurs pneumatiques sont du type extérieur et de construction MERLIN GERIN.

Dans cette centrale d'Alger-port nous allons nous intéresser aux installations électriques HT sot les circuits principaux.

I.43 Circuits principaux

Le schéma électrique utilisé au poste HT 60 KV d'Alger-Port est le schéma à 2 jeux de barres et un disjoncteur par départ. En régime normal les 2 jeux de barres ainsi que les deux générateurs sont en service. La liaison avec le système énergétique se fait par les départs Hamma I et Hamma II mais en régime normal un seul départ est en service et l'autre de réserve. Les 2 jeux de barres sont mis en parallèle par l'intermédiaire du disjoncteur de couplage transversal, ce dernier est constamment dans l'état fermé.

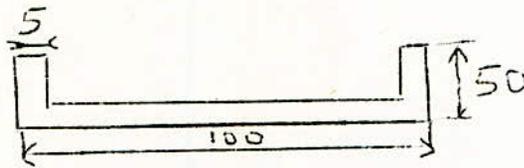
Dans le cas d'une avarie ou d'un entretien sur l'un des deux jeux de barres, les deux générateurs et les départs sont branchés sur l'autre jeu de barres.

Ce poste HT d'Alger -port comporte 5 départs:

- Départ Hamma.
- Départ Amirauté.
- Départ Mustapha.
- Départ Tad₁ (Transformateur d'auxiliaires généraux et de démarrage).
- Départ Tad₂ (Transformateur de démarrage et auxiliaires généraux ainsi que l'alimentation dun réseau 10 KV de la ville d'Alger).
- Jeu de barres 60 KV

Les 2 jeux de barres sont en cuivre, dimensionnés pour $I_n = 3000 \text{ A}$ et $I_{cc} = 25\ 000 \text{ A}$.

Chaque phase est constituée de 2 profilés en U: 100x50x5



Ces barres reposent sur des isolateurs du type colonne avec un isolement de 72,5 KV.

L'entre-axes des isolateurs supports d'une même phase est de 2,75 m correspondant à la moitié du pas d'une cellule.

longueur totale d'une barre: $2,75 \times 10 = 27,5$ m

Distance entre deux phases : 1,80 m

Les 2 jeux de barres sont coulissants avec point fixe à mi-longueur.

Les profilés sont fixés sur les isolateurs supports par des serres, les barres de dérivation sont tubulaires et la liaison avec les barres principales se fait par un raccord de dimension 60 x 70 .

DISJONCTEURS TYPE PMR 63-8 & PMR 63-16

Designation	U _n en KV	I _n en A	Pouvoir de coupure KA	Régime de fonctionnement	
AM	60	800	24	240 A	25 MVA
MU	"	"	"	"	"
Tad ₁	"	"	"	53 A	5,5 MVA
Tad ₂	"	"	"	290 A	30 MVA
Couplage	"	"	23	720 A	75 MVA
Hanna I	"	"	"	"	"
Hanna II	"	"	"	"	"
Réserve	"	"	"	"	"
G1	"	"	"	"	"
G ₂	"	"	"	"	"

S E C T I O N N E U R S

Désignation	U_n en KV	I_n en A	Régime de fonctionnement
AM	60	800	240 A
MU	"	"	"
Tad ₁	"	"	53 A
Tad ₂	"	"	290 A
Couplage	"	1600	720 A
Hanna I	"	"	"
Hanna II	"	"	"
Réserve	"	"	"
G ₁	"	"	"
G ₂	"	"	"

C H A P I T R E . I I

oooooooooooooooooooooooooooo

LES COURT-CIRCUITS

II.1 GENERALITES :

La fréquence d'apparition de court-circuits dépend du type de court-circuit.

- le court-circuit monophasé: 65% des cas.
- le court-circuit biphasé: 30% dont 20% des cas avec mis à la terre.
- le court-circuit triphasé: 5% des cas.

Les court-circuits monophasés et biphasés quoique statistiquement les plus nombreux, dans la majorité des cas sont les moins dangereux, car le courant de court-circuit non symétrique est limité par le traitement du neutre.

Quant aux court-circuits triphasés, quoique ont une fréquence plus réduite, dans la majorité des cas sont les plus dangereux.

Dans notre étude on se basera sur le calcul du courant de court-circuit triphasé pour la vérification des installations aux efforts électrodynamiques et thermiques.

Si le système est avec le neutre isolé il est suffisant de calculer le courant de déclenchement correspondant au court-circuit triphasé, car pour les autres types de court-circuits, il sera plus petit.

Dans la majorité des cas, les phénomènes transitoires dus aux court-circuits ont un caractère complexe dépendant de la structure du système électromagnétique et l'étude exacte devient un peu délicate, c'est pour cela on utilise diverses hypothèses simplificatrices.

- Les circuits magnétiques sont non saturés, on peut considérer alors des schémas linéaires.
- Les courants de magnétisation des transformateurs et autotransformateurs sont négligeables.
- Les résistances sont négligeables devant les réactances ce qui nous donne un déphasage de $\varphi_k = \pi/2$ entre la tension et le courant, on peut faire alors l'addition des courants comme en courant continu.

La dernière hypothèse n'est pas valable pour les lignes aériennes et câbles.

II.2 SYSTEME DE GRANDEURS REDUITES :

Pour simplifier le calcul des courants de court-circuit dans les circuits principaux des installations électriques on utilise des grandeurs reduites.

La grandeur reduite d'une grandeur physique est un nombre qui s'obtient en divisant cette grandeur par une autre de même nature choisie comme valeur de mesure et nommée valeur de base. une valeur réduite est sans dimension.

En général les deux grandeurs de base à choisir sont:

- puissance de base S_b .
- tension de base U_b .

les grandeurs de base I_b et Z_b en découlent

$$S_b^* = S/S_b \quad ; \quad U_b^* = U/U_b \quad ; \quad I_b^* = I/I_b \quad ; \quad Z_b^* = Z/Z_b = Z \cdot S_b / U_b^2$$

En négligeant les resistances on aura:

$$X_b^* = X/X_b = X \cdot S_b / U_b^2$$

généralement , on donne les grandeurs nominales. on prend alors les grandeurs nominales comme grandeurs de base.

Le passage d'un systeme de grandeurs reduites à un autre se fait de la manière suivante:

$$S_{b1}^* = S/S_{b1} \quad \text{et} \quad S_{b2}^* = S/S_{b2} \quad S = S_{b1}^* \cdot S_{b1} = S_{b2}^* \cdot S_{b2}$$

$$\text{donc} \quad S_{b2}^* = S_{b1}^* \cdot S_{b1} / S_{b2} \quad ; \quad U_{b2}^* = U_{b1}^* \cdot U_{b1} / U_{b2}$$

$$I_{b2}^* = I_{b1}^* \cdot I_{b1} / I_{b2} \quad ; \quad Z_{b2}^* = Z_{b1}^* \cdot z_{b1} / Z_{b2} = Z_{b1}^* \left(\frac{U_{b1}^2 \cdot S_{b2}}{U_{b2}^2 \cdot S_{b1}} \right)$$

Si on choisit la tension de base égale à la tension nominale on aura :

$$Z_b^* = Z_n^* \cdot S_b / S_n$$

- pour les generateurs :

on connaît les reactances surtransitoires directes X''_{dn}

$$\text{soit} \quad X''_{dn} = X''_{dn} \cdot S_b / S_n .$$

- Pour les transformateurs:

la tension de court-circuit est donnée en %

$$U_{cc}\% = 100 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot Z_{cc}}{U_n} = 100 \cdot \frac{S_n \cdot Z_{cc}}{U_n^2}$$

$$X_{cc} \neq Z_{cc} = \frac{U_{cc}\% \cdot U_n^2}{100 \cdot S_n}$$

- Pour un système de grande puissance, cas du système énergétique.

$$S_{se}^* = S_b / S_{ccse}$$

avec S_{ccse} = la puissance de court-circuit du système énergétique qui nous a été fournie par les services de la SONEGAS .

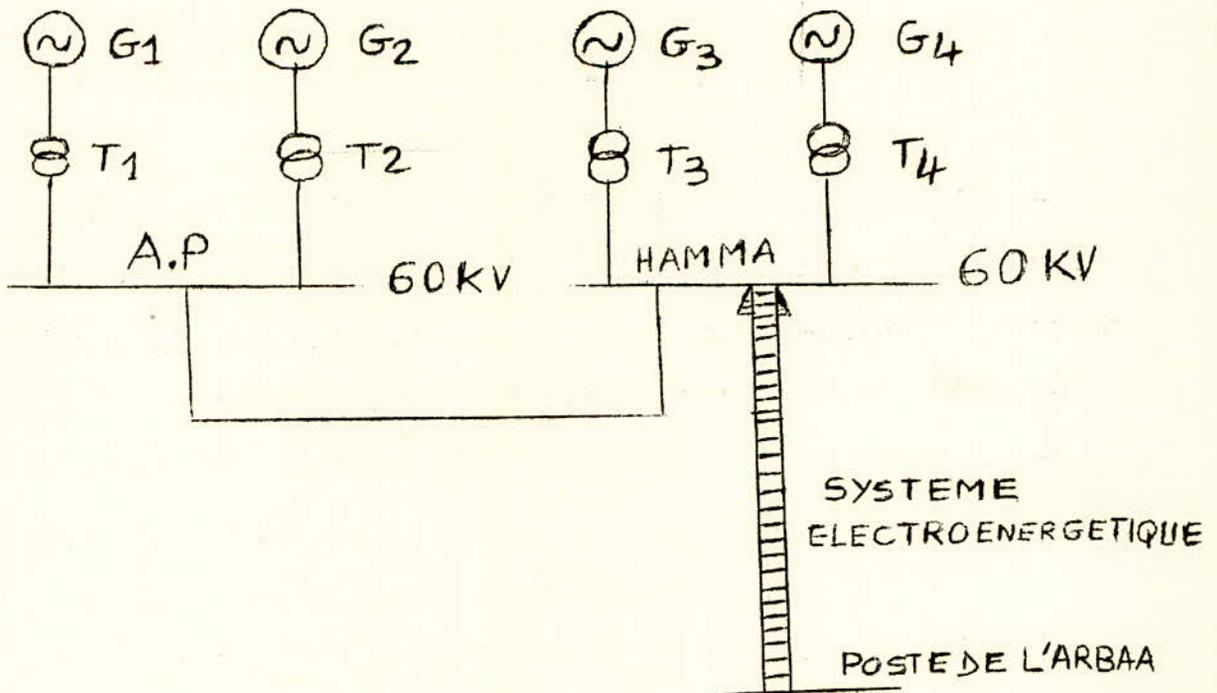
C H A P I T R E III
oooooooooooooooooooooooooooo

CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT

Quand un court-circuit apparait en un point de l'installation, il y a un très grand appel d'énergie en ce point.

L'énergie qui alimente ce point de court-circuit provient en grande partie des groupes turbogenerateurs qui se trouvent à proximité du défaut et une partie du système énergétique national.

La centrale du Hamma ne fait pas partie du système énergétique car elle se trouve près de la centrale d'ALGER PORT autrement dit le système électroénergétique sera formé par toutes les autres sources alimentant le défaut par l'intermédiaire du poste de l'ARBAA.



METHODE DE CALCUL :

Pour calculer les courants de court-circuit en un point du système, on ramène le schéma général, par une série de transfigurations successives à une forme finale simple qui nous permet la détermination de la reactance équivalente totale (X_{Σ}).

On détermine ensuite la grandeur réduite de la composante périodique du courant de court-circuit à l'instant initial ($t=0$), qui s'appelle aussi composante surtransitoire I'' cette composante surtransitoire réduite est donnée par:

$$I''^* = E''^* / X_{\Sigma}^*$$

avec E''^* : tension surtransitoire du générateur en grandeur réduite.

X_{Σ}^* : reactance équivalente en grandeur réduite.

Dans le calcul pratique la tension surtransitoire E'' du générateur peut être considérée égale à $E'' = 1,1 \cdot U_n$ avec U_n : tension nominale du générateur .

en prenant $U_b = U_n$ La tension surtransitoire réduite devient

$$\underline{E''^* = 1,1 \cdot U_n / U_b = 1,1}$$

On tire facilement le courant surtransitoire réduite :

$$I''^* = E''^* / X_{\Sigma}^* = 1,1 / X_{\Sigma}^*$$

On calculera les courants surtransitoire réduits dans chaque branche du schéma considéré. On passera ensuite aux grandeurs réelles par la formule suivante :

$$I_j'' = I_j''^* \cdot I_b \quad I_b : \text{courant de base.}$$

I_j'' : courant surtransitoire réel dans la branche j.

$I_j''^*$: courant surtransitoire réduit dans la branche j.

- Grandeurs réduites des différents éléments du schéma:

-transformateurs :

la reactance est égale à la tension de court-circuit en %

$$X_{t1} = X_{t2} = 9,7\% = 0,097$$

$$\text{donc } X^* = X \cdot S_b / S_n = 0,097 \cdot 100 / 75 = 0,129$$

les deux transformateurs t_1 et t_2 sont identiques

$$X_{t1}^* = X_{t2}^* = 0,129$$

$$X_{t3} = 5,9\% = 0,059$$

$$X_{t4} = 7,76\% = 0,0776$$

en grandeurs réduites :

$$X_{t3}^* = 0,059 \cdot 100 / 25 = 0,236$$

$$X_{t4}^* = 0,0776 \cdot 100 / 25 = 0,310$$

- alternateurs :

$$X''_{g1} = X''_{g2} = 19,8\% = 0,198$$

$$X''_{g3} = X''_{g4} = 27,6\% = 0,276$$

en grandeurs réduites :

$$X''_g^* = X''_g \cdot S_b / S_{ng}$$

$$X''_{g1}^* = X''_{g2}^* = 0,198 \cdot 100 / 75 = 0,264$$

$$X''_{g3}^* = X''_{g4}^* = 0,276 \cdot 100 / 23 = 1,2$$

- système énergétique :

$$X_{se}^* = S_b / S_{cc}$$

- liaison Alger Hamma :

$$X_1^* = X_1 \cdot S_b / U_b^2 = 0,0067 \cdot 100 / (10,3)^2 = 0,0063$$

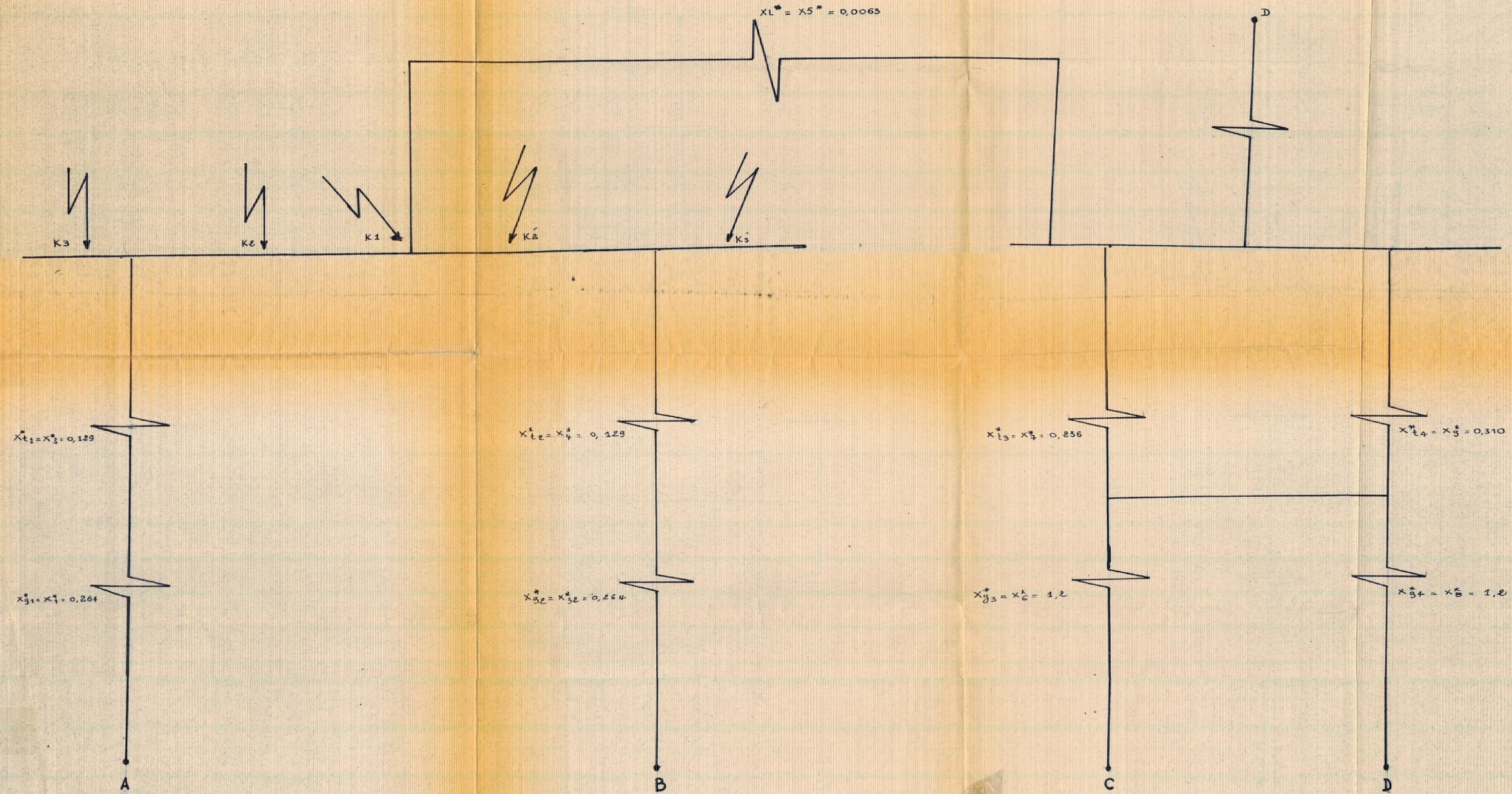
$$\text{avec } X_1 = 0,0067$$

- Toutes ces grandeurs réduites ont été calculées avec

les grandeurs de base suivantes: $S_b = 100 \text{ MVA}$, $U_b = 10,3 \text{ KV}$

on en déduit $I_b = S_b / (\sqrt{3} \cdot U_b) = 100 / (\sqrt{3} \cdot 10,3) = 5,6 \text{ KA}$

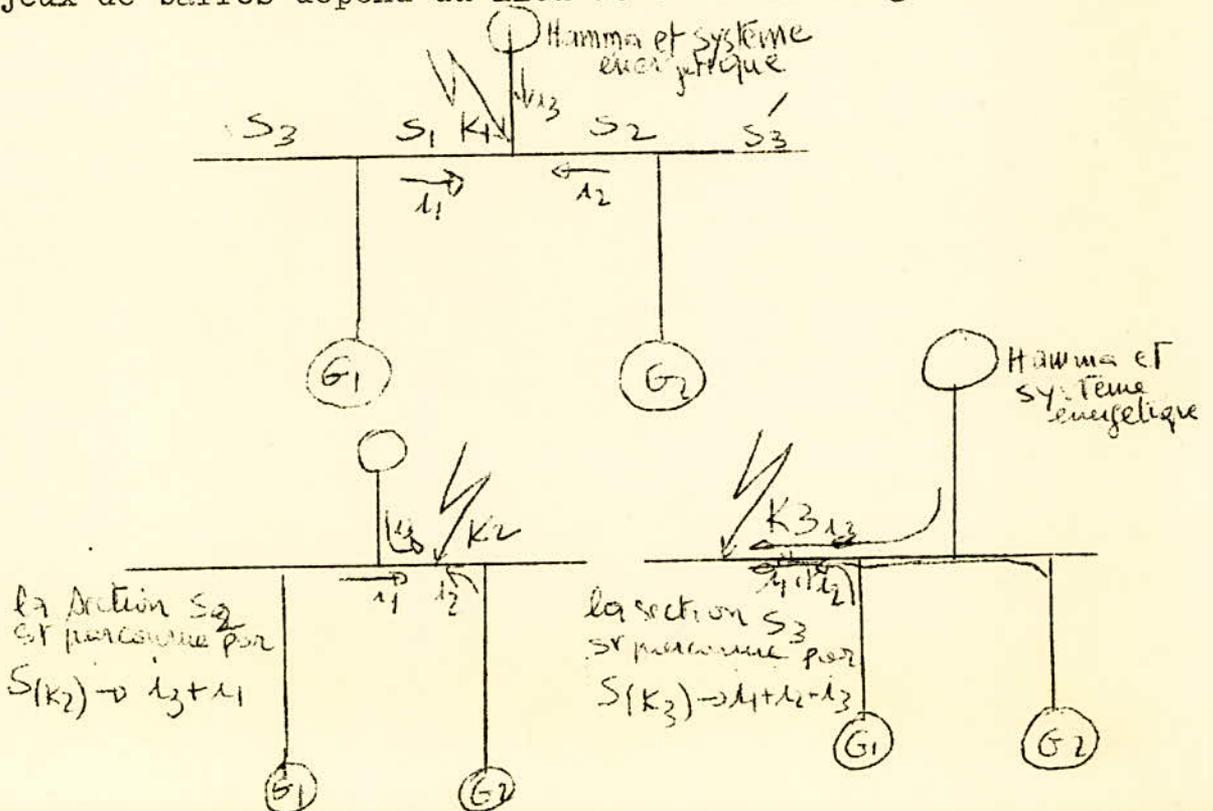
SCHEMA GENERAL



Dans le calcul des courants de court-circuit on considérera trois variantes d'alimentation du point de court-circuit:

- 1^{ère} variante : les deux turbo-générateurs d'Alger port en service ainsi que les groupes du Hamma avec système énergétique connecté et déconnecté.
- 2^e variante : un seul turbo-générateur d'Alger port en service, les groupes du Hamma étant toujours en service avec système énergétique connecté et déconnecté.
- 3^e variante : les deux turbo-générateurs d'Alger port hors service, les groupes du Hamma étant toujours en service avec système énergétique connecté et déconnecté.

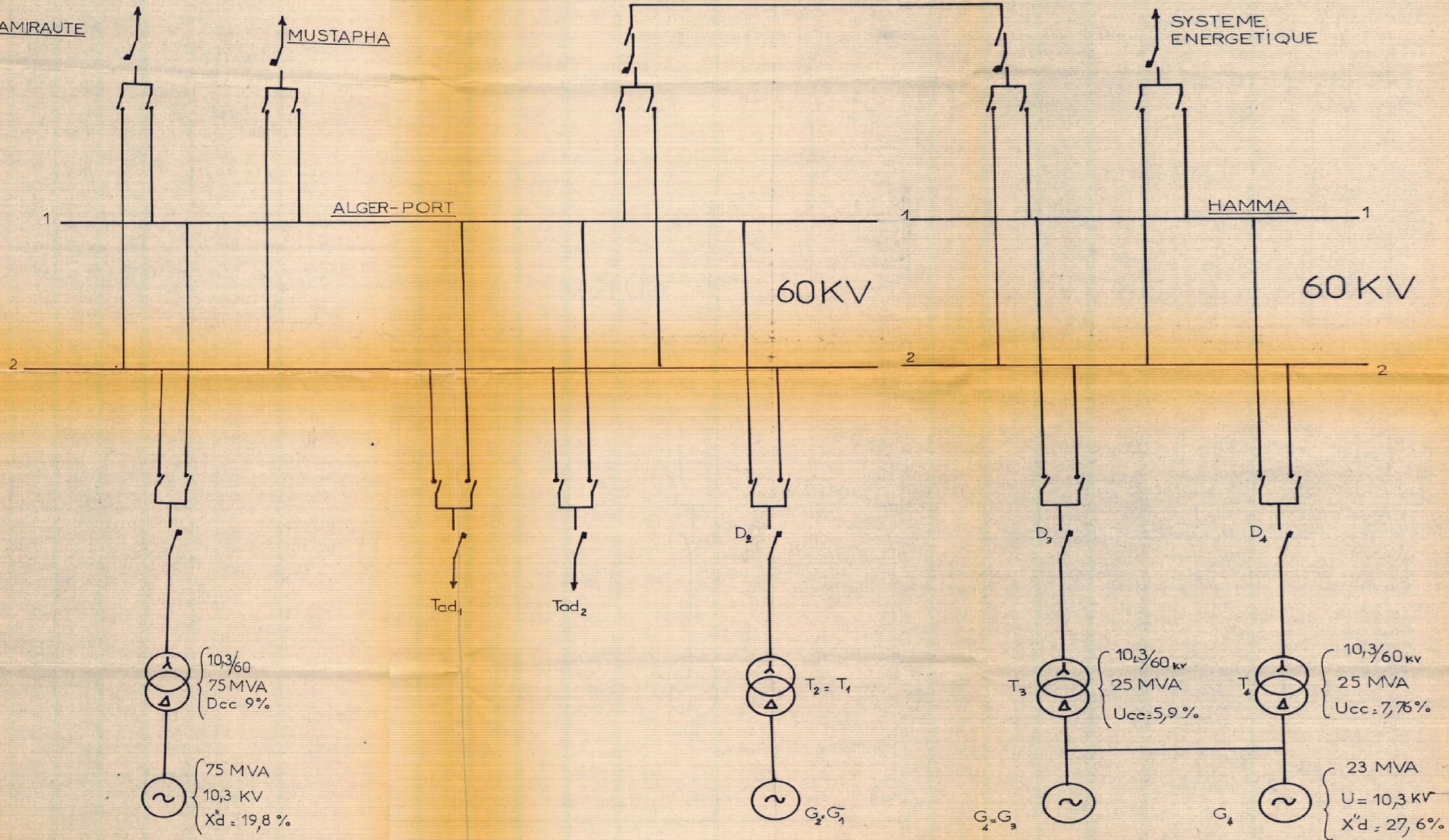
La circulation des courants de court-circuit dans les jeux de barres dépend du lieu de C^t-C^t le long des barres.



EXPLOITATION NORMALE

32 - B

1 VARIANTE,
LES 2 TURBO-GENERATEURS
d'ALGER PORT EN SERVICE



CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT AU POINT K₁:

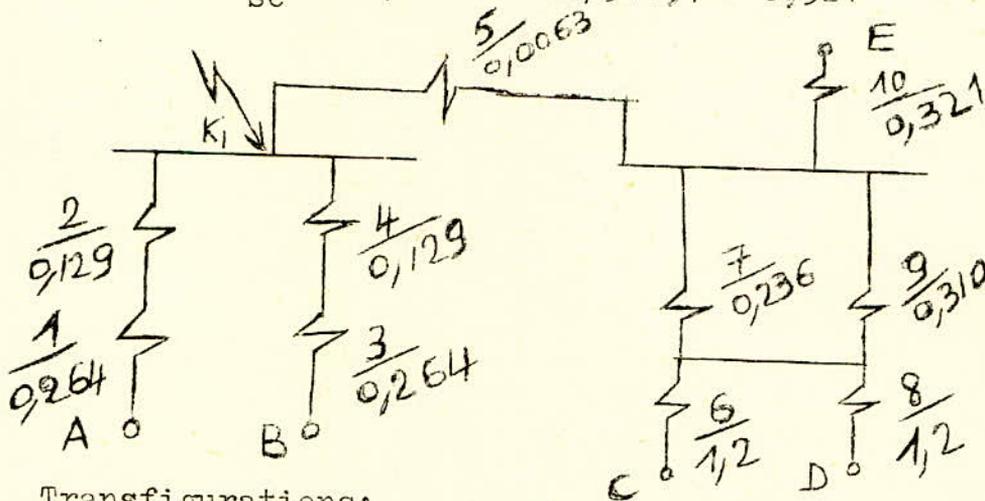
PREMIERE VARIANTE : les deux turbogénérateurs d'Alger port en service.

a) Puissance de court-circuit du système énergétique maximum:

- détermination de la reactance du système énergétique

$$S_{cc}^{max} = 311,4 \text{ MVA (donnée par SONELGAZ)}$$

$$d'où X_{se}^* = S_b / S_{cc} = 100 / 311,4 = 0,321$$



Transfigurations:

$$\text{On pose } X_{11}^* = X_1^* + X_2^* = 0,264 + 0,129 = 0,393$$

$$X_{12}^* = X_3^* + X_4^* = 0,393$$

En reliant A et B nous aurons $X_{11}^* // X_{12}^*$

soit X_{13}^* la réactance équivalente réduite de ces branches

$$X_{13}^* = X_{11}^* / 2 = 0,393 / 2 = 0,196$$

de même en reliant C et D nous aurons $X_6^* // X_8^*$

soit X_{14}^* la réactance équivalente réduite

$$X_{14}^* = X_6^* / 2 = 1,2 / 2 = 0,6$$

X_{15}^* : réactance équivalente des branches X_7^* et X_9^*

$$X_{15}^* = \frac{X_7^* \cdot X_9^*}{X_7^* + X_9^*} = \frac{0,236 \cdot 0,310}{0,236 + 0,310} = 0,134$$

Le schéma 2 devient

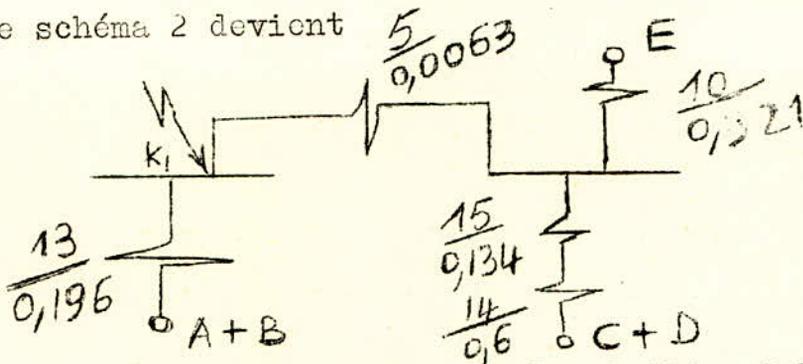


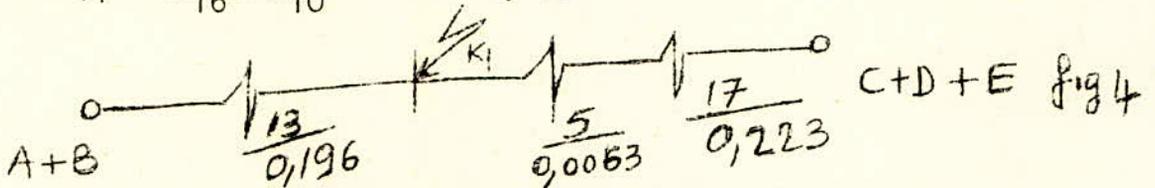
Fig 3

On pose $X_{16}^* = X_{14}^* + X_{15}^* = 0,6 + 0,134 = 0,734$

groupons (C+D) et E

nous obtenons $X_{16}^* // X_{10}^*$, soit X_{17}^* la réactance équivalente

$$X_{17}^* = \frac{X_{16}^* \cdot X_{10}^*}{X_{16}^* + X_{10}^*} = \frac{0,734 \cdot 0,321}{1,055} = 0,223$$



On pose $X_{18}^* = X_5^* + X_{17}^* = 0,0063 + 0,223 = 0,229$

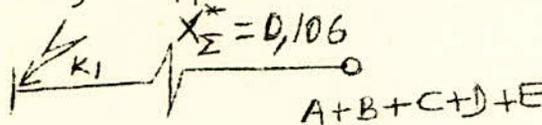


Fig 5

En reliant (A+B) et (C+D+E) nous aurons $X_{13}^* // X_{18}^*$

soit X_{Σ}^* la réactance équivalente en grandeur réduite

$$X_{\Sigma}^* = \frac{X_{13}^* \cdot X_{18}^*}{X_{13}^* + X_{18}^*} = \frac{0,196 \cdot 0,229}{0,425} = 0,106$$

On tire le courant de court-circuit surtransitoire en grandeur réduite:

$$I_k^{**} = E^{**} / X_{\Sigma}^* = 1,1 / 0,106 = 10,377$$

-Détermination des courants surtransitoires réduits dans les différentes branches.

on a $X_{13}^* \cdot I_{13}^{**} = X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{**}$

$$I_{13}^{**} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{**}}{X_{13}^*} = \frac{0,106 \cdot 10,377}{0,196} = 5,612$$

$$I_{11}^{**} = I_{12}^{**} = I_{13}^{**} / 2 = 5,612 / 2 = 2,806$$

courant surtransitoire réduit donné par G_1 et G_2

$$I_{g1}^{**} = I_{g2}^{**} = 2,806$$

- courant surtransitoire réduit traversant t_1 et t_2 côté 10,3 KV

$$I''_{t1} = I''_{t2} = 2,806$$

- dans la branche 18

$$X_{18}^* \cdot I''_{18} = X_{\Sigma}^* \cdot I''_k$$

$$I''_{18} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I''_k}{X_{18}^*} = \frac{0,106 \cdot 10,377}{0,229} = 4,804$$

- dans les branches 5 et 17

$$I''_5 = I''_{17} = I''_{18} = 4,804$$

- dans la branche 16

$$X_{16}^* \cdot I''_{16} = X_{17}^* \cdot I''_{17}$$

$$I''_{16} = \frac{X_{17}^* \cdot I''_{17}}{X_{16}^*} = \frac{0,223 \cdot 4,804}{0,734} = 1,459$$

- dans les branches 14 et 15

$$I''_{14} = I''_{15} = I''_{16} = 1,459$$

- courant surtransitoire réduit donné par le système énergétique

$$X_{10}^* \cdot I''_{10} = X_{17}^* \cdot I''_{17}$$

$$I''_{se} = I''_{10} = \frac{X_{17}^* \cdot I''_{17}}{X_{10}^*} = \frac{0,223 \cdot 4,804}{0,321} = 3,337$$

- courant surtransitoire réduit traversant t_3 et t_4 (côté 10.3 KV)

$$X_7^* \cdot I''_7 = X_{15}^* \cdot I''_{15}$$

$$I''_{t3} = I''_7 = \frac{X_{15}^* \cdot I''_{15}}{X_7^*} = \frac{0,134 \cdot 1,459}{0,236} = 0,828$$

de même on tire $I''_{t4} = I''_9 = 0,630$

- courant surtransitoire réduit donné par G_3 et G_4

$$I''_{g3} = I''_{g4} = 0,729$$

- Détermination des courants surtransitoires réels

dans les différentes branches:

- courant donné par G_1 et G_2

$$I''_{g1} = I''_{g2} = I''_g \cdot I_b = 2,806 \cdot 5,6 = 15,713 \text{ KA}$$

- courant traversant t_1 et t_2 (côté 10,3 KV)

$$I''_{t1} = I''_{t2} = 15,713 \text{ KA}$$

courant traversant t_1 et t_2 (côté 60 KV)

$$I''_{t1} = I''_{t2} = I''_t \cdot 10,3/60 = 2,697 \text{ KA}$$

- courant réel dans la branche 5

$$I''_5 = I''_5^* \cdot I_b = 4,804 \cdot 5,6 = 26,902 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I''_5 = I''_5 \cdot 10,3/60 = 26,902 \cdot 10,3/60 = 4,618 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant réel donné par le système énergétique

$$I''_{se} = I''_{se}^* \cdot I_b = 3,337 \cdot 5,6 = 18,687 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ kv})$$

$$I''_{se} = I''_{se} \cdot 10,3/60 = 18,687 \cdot 10,3/60 = 3,208 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant réel traversant t_3 et t_4

$$I''_{t3} = I''_{t3}^* \cdot I_b = 0,828 \cdot 5,6 = 4,636 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I''_{t3} = I''_{t3} \cdot 10,3/60 = 0,795 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

$$I''_{t4} = I''_{t4}^* \cdot I_b = 0,630 \cdot 5,6 = 3,528 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I''_{t4} = I''_{t4} \cdot 10,3/60 = 0,605 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

-courant réel donné par G_3 et G_4

$$I''_{g3} = I''_{g4} = I''_g^* \cdot I_b = 0,729 \cdot 5,6 = 4,082 \text{ KA}$$

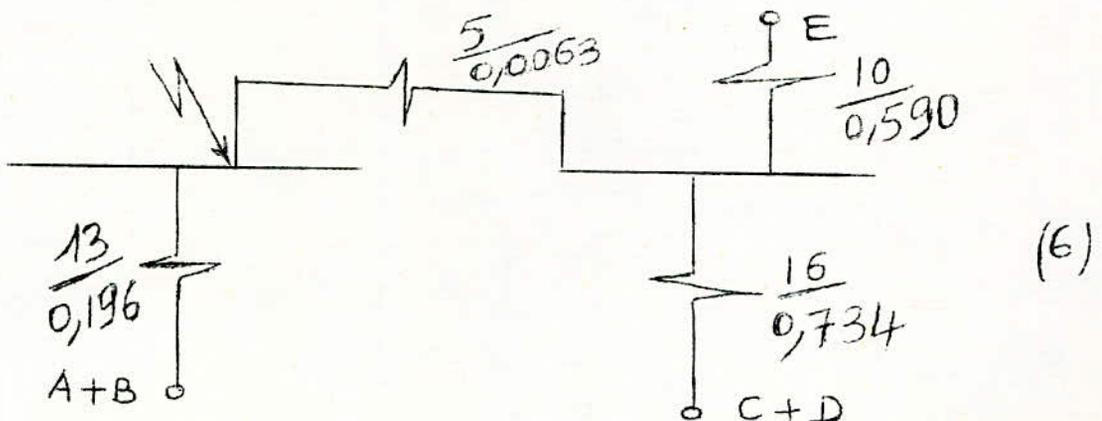
b) Puissance du système énergétique minimum :

-Détermination de la réactance du système énergétique en grandeur réduite.

$$S_{cc \text{ min}} = 169,4 \text{ MVA} \quad (\text{donnée par SONEGAS})$$

$$X_{se}^* = S_b / S_{cc} = 100 / 169,4 = 0,590$$

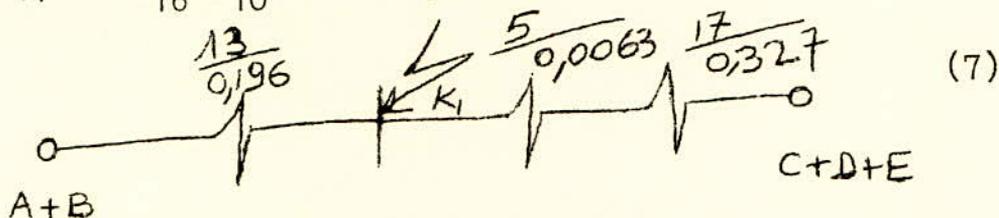
le schéma 3 devient



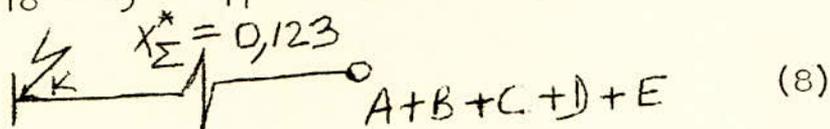
En reliant (C+D) et E nous aurons $X_{10}^* // X_{16}^*$

soit X_{17}^* la réactance réduite équivalente de ces branches

$$X_{17}^* = \frac{X_{16}^* \cdot X_{10}^*}{X_{16}^* + X_{10}^*} = \frac{0,734 \cdot 0,590}{1,324} = 0,327$$



On pose $X_{18}^* = X_5^* + X_{17}^* = 0,0063 + 0,327 = 0,333$



En reliant (A+B) et (C+D+E) nous aurons deux branches en parallèles, soit X_{Σ}^* la réactance équivalente réduite

$$X_{\Sigma}^* = \frac{X_{13}^* \cdot X_{18}^*}{X_{13}^* + X_{18}^*} = \frac{0,196 \cdot 0,333}{0,529} = 0,123$$

- Calcul du courant de $C^t - C^t$ surtransitoire réduit

$$I_k^{''*} = E^{''*} / X_{\Sigma}^* = 1,1 / 0,123 = 8,943$$

- Détermination des courants surtransitoires dans les différentes branches :

- dans la branche 18

$$X_{18}^* \cdot I_{18}^{''*} = X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}$$

on tire $I_{18}^{''*} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}}{X_{18}^*} = \frac{0,123 \cdot 8,943}{0,333} = 3,303$

- dans la branche 13

$$X_{13}^* \cdot I_{13}^{''*} = X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}$$

on tire $I_{13}^{''*} = 5,612$

- dans les branches 11 et 12

$$I_{11}^{''*} = I_{12}^{''*} = 2,806$$

- courant réduit donné par G_1 et G_2

$$I_{g1}''^* = I_{g2}''^* = 2,806$$

- courant réduit traversant t_1 et t_2

$$I_{t1}''^* = I_{t2}''^* = 2,806$$

- dans les branches 5 et 17

$$I_5''^* = I_{17}''^* = I_{18}''^* = 3,303$$

- courant réduit donné par le système énergétique

$$X_{10}^* \cdot I_{10}''^* = X_{17}^* \cdot I_{17}''^* \\ I_{10}''^* = I_{sc}''^* = \frac{X_{17}^* \cdot I_{17}''^*}{X_{10}^*} = \frac{0,327 \cdot 3,303}{0,590} = 1,830$$

- dans la branche 16

$$X_{16}^* \cdot I_{16}''^* = X_{17}^* \cdot I_{17}''^*$$

$$\text{on tire } I_{16}''^* = 1,471$$

- dans les branches 14 et 15

$$I_{14}''^* = I_{15}''^* = I_{16}''^* = 1,471$$

- courant réduit traversant t_3 et t_4

$$X_7^* \cdot I_7''^* = X_{15}^* \cdot I_{15}''^* \\ I_{t3}''^* = I_7''^* = \frac{X_{15}^* \cdot I_{15}''^*}{X_7^*} = \frac{0,134 \cdot 1,471}{0,236} = 0,835$$

$$I_{t4}''^* = I_9''^* = 0,635$$

- courant réduit donné par G_3 et G_4

$$I_{g3}''^* = I_{g4}''^* = I_6''^* = I_8''^* = I''^*/2 = 1,471/2 = 0,735$$

Détermination des courants surtransitoires réels dans les différentes branches:

- courant réel donné par G_1 et G_2

$$I_{g1}'' = I_{g2}'' = I_g'' \cdot I_b = 2,806 \cdot 5,6 = 15,713 \text{ KA}$$

- courant réel traversant t_1 et t_2

$$I_{t1}'' = I_{t2}'' = 15,713 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t1}'' = I_{t2}'' = 2,697 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

- courant réel dans la branche 5

$$I_5'' = I_5'' \cdot I_b = 3,303 \cdot 5,6 = 18,496 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I_5'' = 3,175 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant réel dans les branches 17 et 18

$$I_{17}'' = I_{18}'' = I_5'' = 18,496 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I_{17}'' = I_{18}'' = I_5'' = 3,175 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant réel donné par le S.E

$$I_{se}'' = I_{10}'' = I_{10}'' \cdot I_b = 1,830 \cdot 5,6 = 10,248 \text{ KA} \quad (10,3)$$

$$I_{se}'' = 1,759 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant réel traversant t_3 et t_4

$$I_{t3}'' = I_7'' = I_7'' \cdot I_b = 0,835 \cdot 5,6 = 4,676 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t3}'' = 0,802 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

$$I_{t4}'' = I_9'' = I_9'' \cdot I = 0,635 \cdot 5,6 = 3,556 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

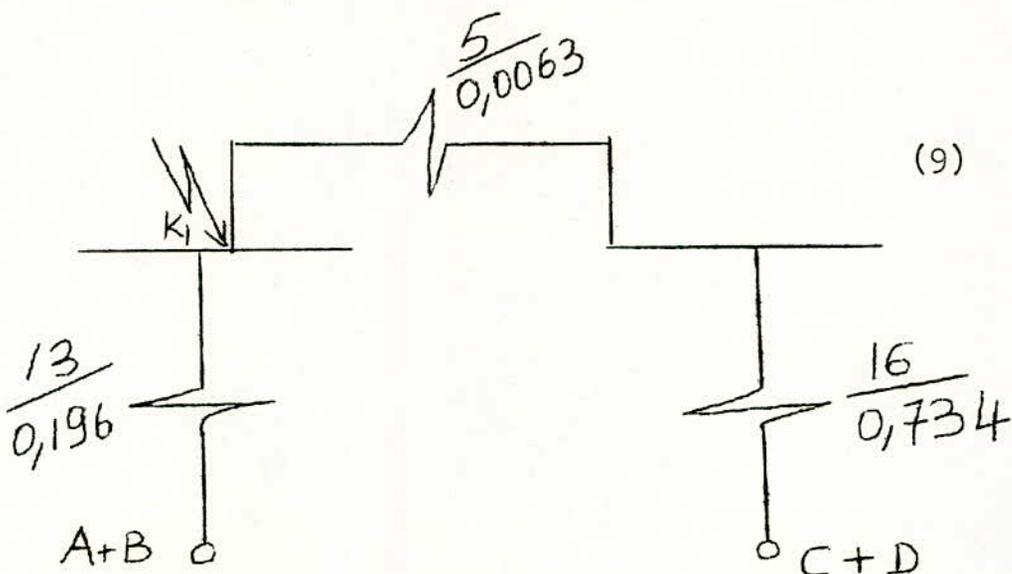
$$I_{t4}'' = 0,610 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant réel donné par G_3 et G_4

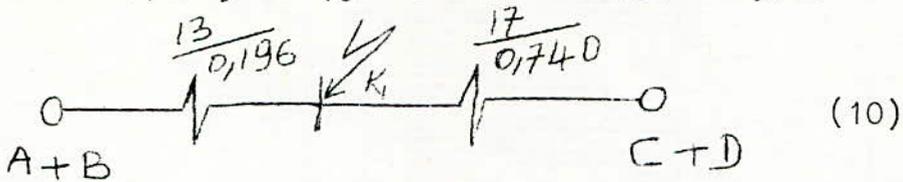
$$I_{g3}'' = I_{g4}'' = I_g'' \cdot I_b = 0,735 \cdot 5,6 = 4,116 \text{ KA}$$

c) Système énergétique déconnecté ($S_{se}=0$)

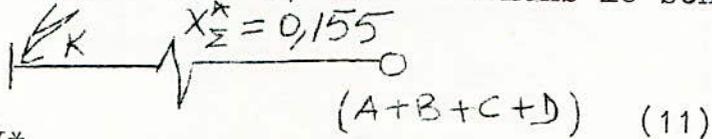
le schéma 3 devient



On pose $X_{17}^* = X_5^* + X_{16}^* = 0,0063 + 0,734 = 0,740$



En reliant (A+B) et (C+D) nous obtenons le schéma suivant



$$X_{\Sigma}^* = \frac{X_{13}^* X_{17}^*}{X_{13}^* + X_{17}^*} = \frac{0,196 \cdot 0,740}{0,936} = 0,155$$

- Calcul du courant de $C^t - C^t$ surtransitoire réduit:

$$I_k^{''*} = E^{''*} / X_{\Sigma}^* = 1,1 / 0,155 = 7,096$$

Détermination des courants surtransitoires dans les différentes branches :

- dans la branche 13

$$X_{13}^* \cdot I_{13}^{''*} = X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}$$

on tire
$$I_{13}^{''*} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}}{X_{13}^*} = \frac{0,155 \cdot 7,096}{0,196} = 5,612$$

on aura comme précédemment :

$$I_{11}^{''*} = I_{12}^{''*} = I_{t1}^{''*} = I_{t2}^{''*} = I_{g1}^{''*} = I_{g2}^{''*} = 2,806$$

- courant réduit dans la branche 17

$$X_{17}^* \cdot I_{17}^{''*} = X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}$$

$$I_{17}^{''*} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}}{X_{17}^*} = \frac{0,155 \cdot 7,096}{0,740} = 1,486$$

- dans les branches 5 et 16

$$I_5^{''*} = I_{16}^{''*} = I_{17}^{''*} = 1,486$$

- dans les branches 14 et 15

$$I_{14}^{''*} = I_{15}^{''*} = I_{16}^{''*} = 1,486$$

- courant réduit traversant t_3 et t_4

$$X_7^* \cdot I_{t3}^{''*} = X_{15}^* \cdot I_{15}^{''*}$$

$$I_{t3}^{''*} = I_7^{''*} = \frac{X_{15}^* \cdot I_{15}^{''*}}{X_7^*} = \frac{0,134 \cdot 1,486}{0,236} = 0,843$$

De même on a $X_9^* \cdot I_9^{**} = X_{15}^* \cdot I_{15}^{**}$

$$I_{t4}^{**} = I_9^{**} = \frac{X_{15}^* \cdot I_{15}^{**}}{X_9^*} = \frac{0,134 \cdot 1,486}{0,310} = 0,642$$

- courant réduit donné par G_3 et G_4

$$I_{g3}^{**} = I_{g4}^{**} = I_{14}^{**}/2 = 1,486/2 = 0,743$$

Détermination des courants surtransitoires réels

dans les différentes branches:

-courant réel donné par G_1 et G_2

$$I_{g1}^{**} = I_{g2}^{**} = 15,713 \text{ KA}$$

- courant réel traversant t_1 et t_2

$$I_{t1}^{**} = I_{t2}^{**} = 15,713 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t1}^{**} = I_{t2}^{**} = 2,697 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

-Courant réel dans la branche 5

$$I_5^{**} = I_5^{**} \cdot I_b = 1,486 \cdot 5,6 = 8,321 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I^{**} = 1,428 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

-Courant réel traversant t_3 et t_4

$$I_{t3}^{**} = I_7^{**} = I_7^{**} \cdot I_b = 0,843 \cdot 5,6 = 4,720 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

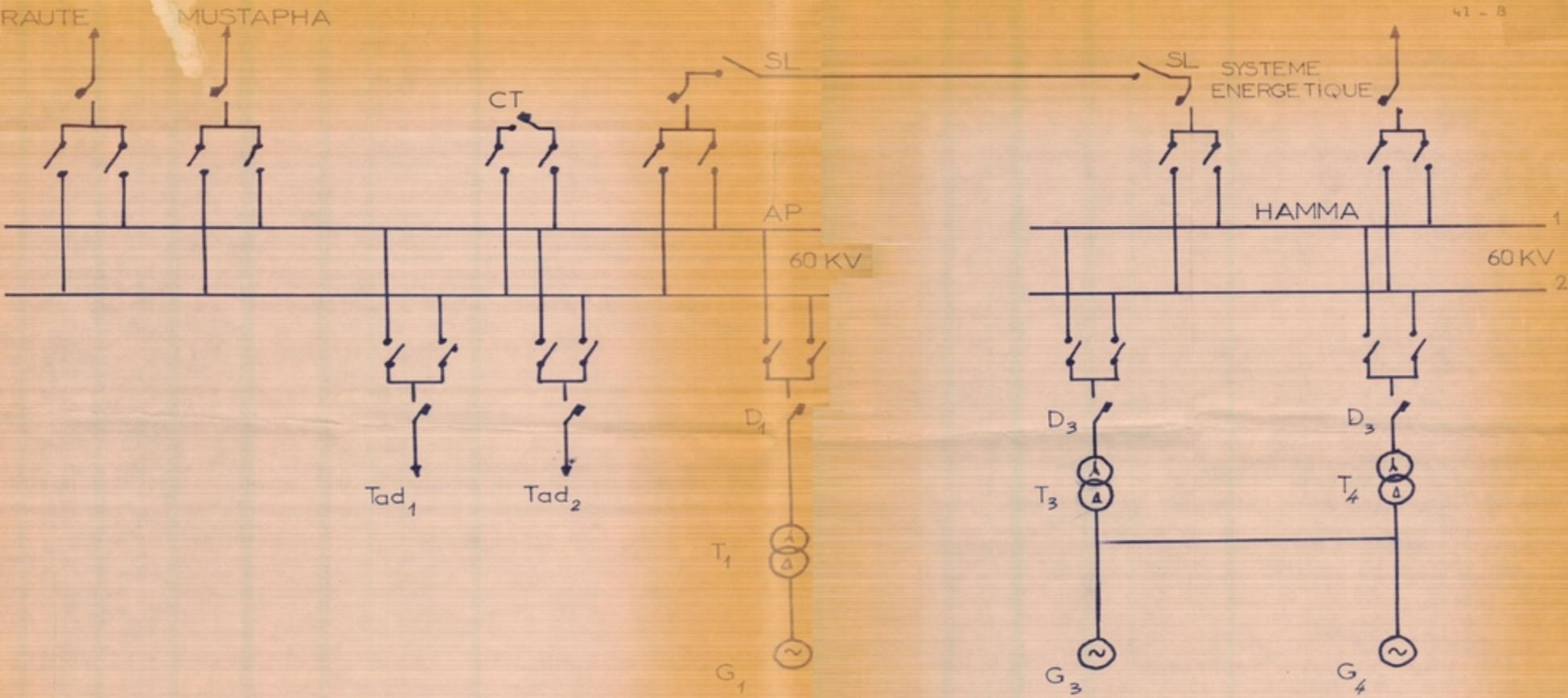
$$I_{t3}^{**} = 0,810 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

$$I_{t4}^{**} = I_9^{**} = I_9^{**} \cdot I_b = 0,642 \cdot 5,6 = 3,595 \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t4}^{**} = 0,617 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

-Courant réel donné par G_3 et G_4

$$I_{g3}^{**} = I_{g4}^{**} = I_g^{**} \cdot I_b = 0,743 \cdot 5,6 = 4,160 \text{ KA}$$



2^{me} VARIANTE : UN SEUL TURBO GENERATEUR
D'ALGER PORT EN SERVICE

DEUXIEME VARIANTE : un seul turbogénérateur d'Alger-
port en service .

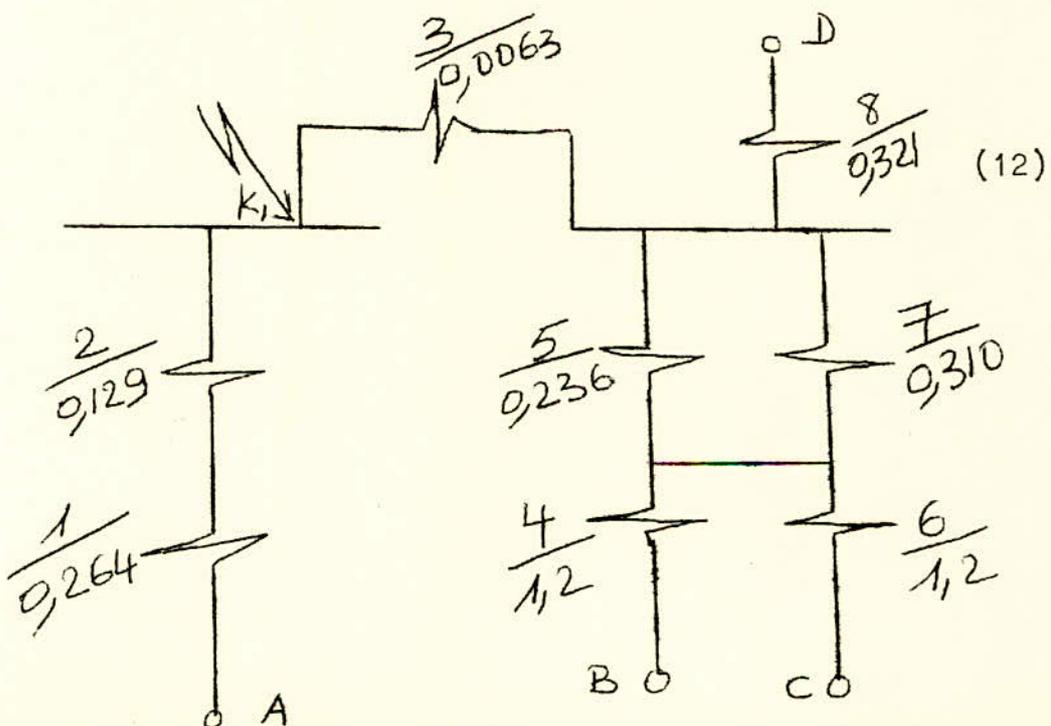
On calcul le courant de court-circuit au point K_1
lorsque un des deux générateurs d'Alger port est en
service et l'autre en réparation.

Dans ce cas le court-circuit est alimenté par le générateur
d'Alger port, les deux générateurs du Hamma et le système
énergétique .

Comme dans la premiere variante, on étudiera les trois
cas suivants:

- Puissance du système énergétique maximum
- " " " " minimum
- " " " " nulle

a) Puissance de C^t-C^t du système énergétique maximum:
le schéma 1 devient



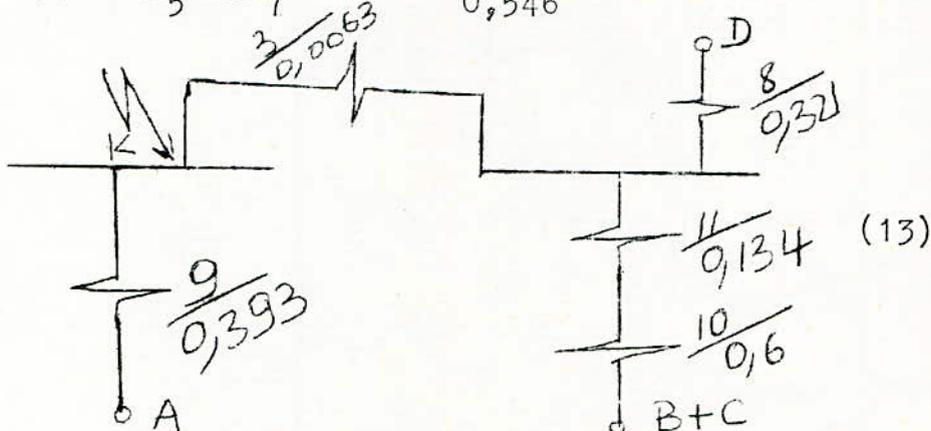
On pose $X_9^* = X_1^* + X_2^* = 0,264 + 0,129 = 0,393$

goupons B et C ----- $X_4^* // X_6^*$

$$X_{10}^* = X_4^*/2 = 1,2/2 = 0,6 \quad (X_4^* = X_6^*)$$

de même $\frac{X_5^* // X_7^*}{X_5^* \cdot X_7^*}$

$$X_{11}^* = \frac{X_5^* // X_7^*}{X_5^* + X_7^*} = \frac{0,236 \cdot 0,310}{0,546} = 0,134$$



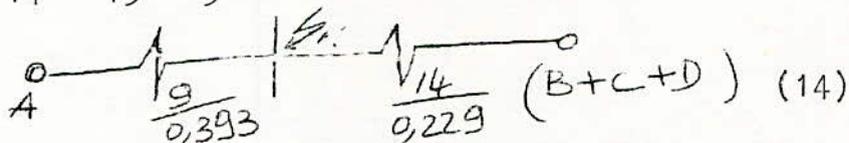
On pose $X_{12}^* = X_{10}^* + X_{11}^* = 0,6 + 0,134 = 0,734$

en reliant (B+C) et D nous aurons $X_{12}^* // X_8^*$

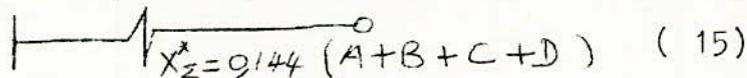
soit X_{13}^* la reactance équivalente réduite des branches 12 et 8

$$X_{13}^* = \frac{X_8^* \cdot X_{12}^*}{X_8^* + X_{12}^*} = \frac{0,734 \cdot 0,321}{1,025} = 0,223$$

$$X_{14}^* = X_{13}^* + X_3^* = 0,223 + 0,0063 = 0,229$$



en reliant A et (B+C +D) nous obtenons le schéma suivant



soit X_{Σ}^* la reactance réduite totale

$$X_{\Sigma}^* = \frac{X_9^* \cdot X_{14}^*}{X_9^* + X_{14}^*} = \frac{0,393 \cdot 0,229}{0,622} = 0,144$$

- Calcul du courant surtransitoire réduit :

$$I''^* = E''^*/X_{\Sigma}^* = 1,1/0,144 = 7,638$$

Détermination des courants surtransitoires réduits dans les différentes branches :

- courant réduit dans la branche 9

$$\text{On a } X_9^* \cdot I_9^{**} = X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{**}$$

$$I_9^{**} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{**}}{X_9^*} = \frac{0,144 \cdot 7,638}{0,393} = 2,798$$

- courant réduit dans la branche 14

$$I_{14}^{**} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{**}}{X_{14}^*} = \frac{0,144 \cdot 7,638}{0,229} = 4,804$$

- courant réduit donné par G_1 et qui traverse t_1

$$I_{g1}^{**} = I_{t1}^{**} = I_9^{**} = 2,798$$

- courant réduit dans les branches 13 et 3

$$I_{14}^{**} = I_{13}^{**} = I_3^{**} = 4,804$$

- courant réduit donné par le système énergétique

$$I_8^{**} \cdot X_8^* = X_{13}^* \cdot I_{13}^{**}$$

$$\text{on tire } I_{se}^{**} = I_8^{**} = \frac{X_{13}^* \cdot I_{13}^{**}}{X_8^*} = \frac{0,223 \cdot 4,804}{0,321} = 3,337$$

- courant réduit dans la branche 12

$$I_{12}^{**} = \frac{X_{13}^* \cdot I_{13}^{**}}{X_{12}^*} = \frac{0,223 \cdot 4,804}{0,734} = 1,459$$

- courant réduit dans les branches 10 et 11

$$I_{10}^{**} = I_{11}^{**} = I_{12}^{**} = 1,459$$

- courant traversant t_3 et t_4

$$I_{t3}^{**} = I_5^{**} = \frac{X_{11}^* \cdot I_{11}^{**}}{X_5^*} = \frac{0,134 \cdot 1,459}{0,236} = 0,828$$

$$\text{de même } I_{t4}^{**} = I_7^{**} = \frac{X_{11}^* \cdot I_{11}^{**}}{X_7^*} = \frac{0,134 \cdot 1,459}{0,310} = 0,630$$

- courant réduit donné par G_3 et G_4

$$I_4^{**} = I_6^{**} = I_{10}^{**}/2 = 1,459/2 = 0,729$$

$$\text{soit } I_{g3}^{**} = I_{g4}^{**} = 0,729$$

Détermination des courants surtransitoires réels dans les différentes branches :

- courant réel donné par G_1

$$I_{g1}^{\prime} = I_{g1}^{**} \cdot I_b = 2,798 \cdot 5,6 = 15,668 \text{ KA}$$

- courant réel traversant t_1

$$I''_{t_1} = I''_{t_1}^* \cdot I_b = 2,798 \cdot 5,6 = 15,668 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I''_{t_1} = 2,689 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

-courant réduit dans la branche 3

$$I''_3 = I''_3^* \cdot I_b = 4,804 \cdot 5,6 = 26,902 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I'' = 4,618 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

-courant réel donné par le système énergétique

$$I''_{se} = I''_{se}^* \cdot I_b = 3,337 \cdot 5,6 = 18,687 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ kv})$$

$$I''_{se} = 3,208 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

-courant réel traversant t_3 et t_4

$$I''_{t_3} = I''_{t_3}^* \cdot I_b = 0,828 \cdot 5,6 = 4,636 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I''_{t_3} = 0,795 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

$$I''_{t_4} = I''_{t_4}^* \cdot I_b = 0,630 \cdot 5,6 = 3,528 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

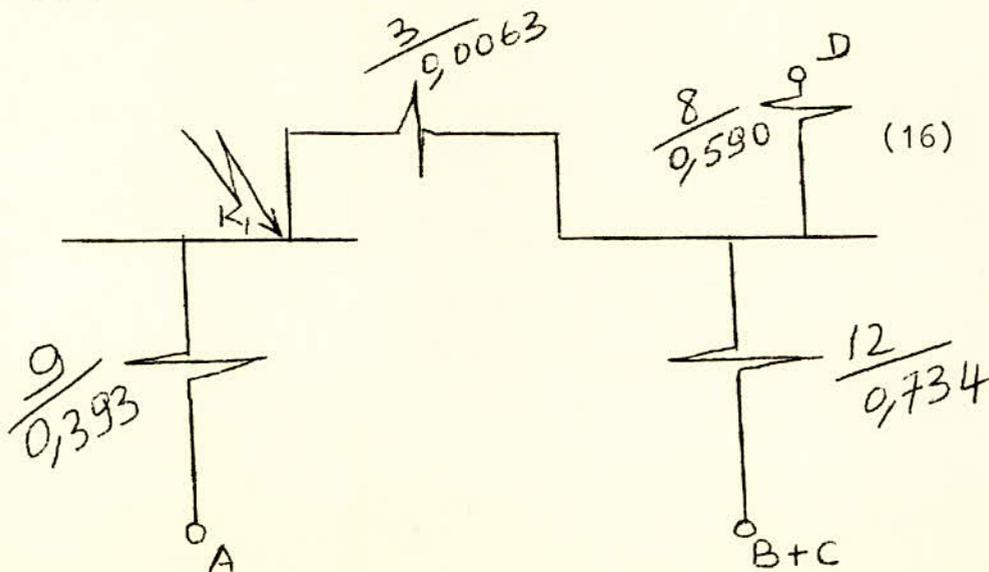
$$I''_{t_4} = 0,605 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

-courant réel donné par G_3 et G_4

$$I''_{g_3} = I''_{g_4} = I''_g^* \cdot I_b = 0,729 \cdot 5,6 = 4,082 \text{ KA}$$

b) Puissance de C^t-C^t du système énergétique minimum

le schéma 13 devient

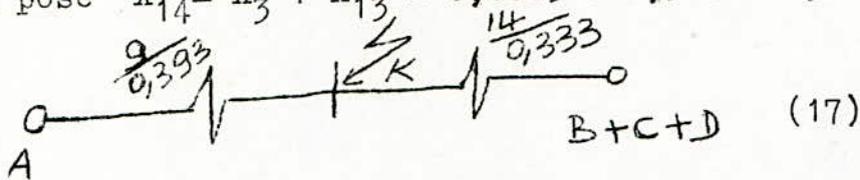


En reliant (B+C) et D nous obtenons $X_{12}^* // X_8^*$

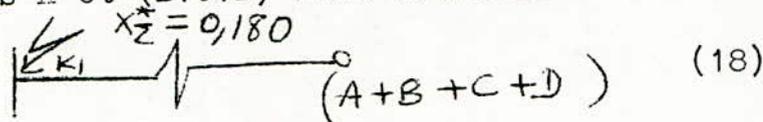
soit X_{13}^* la réactance réduite équivalente des branches 12 et 8

$$X_{13}^* = \frac{X_{12}^* \cdot X_8^*}{X_{12}^* + X_8^*} = \frac{0,734 \cdot 0,590}{1,324} = 0,327$$

On pose $X_{14}^* = X_3^* + X_{13}^* = 0,0063 + 0,327 = 0,333$



groupons A et (B+C+D) nous obtenons le schéma suivant



soit X_{Σ}^* la réactance réduite équivalente totale

$$X_{\Sigma}^* = \frac{X_9^* \cdot X_{14}^*}{X_9^* + X_{14}^*} = \frac{0,393 \cdot 0,333}{0,726} = 0,180$$

- Courant de $C^t - C^t$ surtransitoire réduit en K_1

$$I_k^{''*} = E^{''*} / X_{\Sigma}^* = 1,1 / 0,180 = 6,111$$

Détermination des courants surtransitoires réduits

dans les différentes branches:

- dans la branche 14

$$X_{14}^* \cdot I_{14}^{''*} = X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}$$

$$I_{14}^{''*} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}}{X_{14}^*} = \frac{0,180 \cdot 6,111}{0,333} = 3,303$$

- dans la branche 9

$$I_9^{''*} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}}{X_9^*} = \frac{0,180 \cdot 6,111}{0,393} = 2,798$$

- courant réduit donné par G_1 et qui

$$I_{g1}^{''*} = I_{t1}^{''*} = I_9^{''*} = 2,798$$

- courant réduit dans les branches 3 et 13

$$I_3^{''*} = I_{13}^{''*} = I_{14}^{''*} = 3,303$$

- courant réduit donné par le système énergétique

$$I_8^{''*} \cdot X_8^* = I_{13}^{''*} \cdot X_{13}^*$$

$$I_{sc}^{''*} = I_8^{''*} = \frac{I_{13}^{''*} \cdot X_{13}^*}{X_8^*} = \frac{0,327 \cdot 3,303}{0,590} = 1,830$$

-courant réduit dans la branche 12

$$I_{12}''^* \cdot X_{12}^* = I_{13}''^* \cdot X_{13}^* \\ I_{12}''^* = \frac{I_{13}''^* \cdot X_{13}^*}{X_{12}^*} = \frac{0,327 \cdot 3,303}{0,734} = 1,471$$

-courant réduit dans les branches 10 et 11

$$I_{10}''^* = I_{11}''^* = I_{12}''^* = 1,471$$

-courant réduit traversant t_3 et t_4

$$X_5^* \cdot I_5''^* = X_{11}^* \cdot I_{11}''^* \\ I_{t_3}''^* = I_5''^* = \frac{X_{11}^* \cdot I_{11}''^*}{X_5^*} = \frac{0,134 \cdot 1,471}{0,236} = 0,835$$

de même on tire $I_{t_4}''^*$

$$I_{t_4}''^* = I_7''^* = 0,635$$

-courant réduit donné par G_3 et G_4

$$I_{g_3}''^* = I_{g_4}''^* = I_{10}''^*/2 = 1,471/2 = 0,735$$

Détermination des courants réels surtransitoires

dans les différentes branches:

-courant réel donné par G_1

$$I_{g_1}'' = I_{g_1}''^* \cdot I_b = 2,798 \cdot 5,6 = 15,668 \text{ KA}$$

-courant réel traversant t_1

$$I_{t_1}'' = I_{t_1}''^* \cdot I_b = 2,798 \cdot 5,6 = 15,668 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t_1}'' = 2,689 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

-courant réel dans la branche 3

$$I_3'' = I_3''^* \cdot I_b = 3,303 \cdot 5,6 = 18,496 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I_3'' = 3,175 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

-courant réel donné par le système énergétique

$$I_{se}'' = I_8'' = I_8''^* \cdot I_b = 1,830 \cdot 5,6 = 10,248 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I_{se}'' = 1,759 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

-courant réel donné par G_3 et G_4

$$I_{g_3}'' = I_{g_4}'' = I_{g_3}''^* \cdot I_b = 0,735 \cdot 5,6 = 4,116 \text{ KA}$$

-courant réel traversant t_3 et t_4

$$I''_{t_3} = I''_{t_3}^* \cdot I_b = 0,835 \cdot 5,6 = 4,676 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

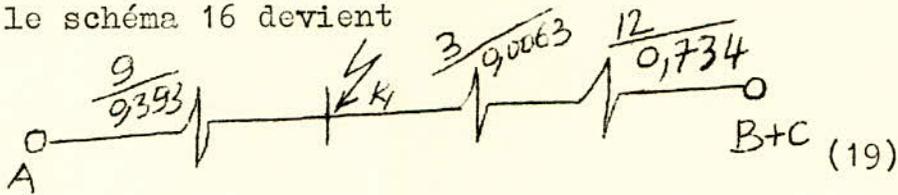
$$I''_{t_3} = 0,802 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

$$I''_{t_4} = I''_{t_4}^* \cdot I_b = 0,635 \cdot 5,6 = 3,556 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

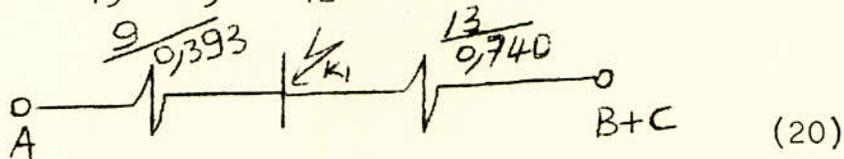
$$I''_{t_4} = 0,610 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

c) Puissance de C^t-C^t du système énergétique nulle

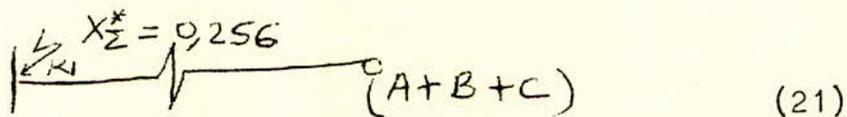
le schéma 16 devient



on pose $X_{13}^* = X_3^* + X_{12}^* = 0,0063 + 0,734 = 0,740$



en reliant A et (B+C) nous obtenons le schéma suivant



$$\text{soit } X_{\Sigma}^* = \frac{X_9^* \cdot X_{13}^*}{X_9^* + X_{13}^*} = \frac{0,393 \cdot 0,740}{1,133} = 0,256$$

-Courant de C^t-C^t surtransitoire réduit:

$$I''^* = E''^* / X_{\Sigma}^* = 1,1 / 0,256 = 4,296$$

Determination des courants surtransitoire réduits

dans les différentes branches:

-courant réduit dans la branche 13

$$X_{13}^* \cdot I''_{13}^* = X_{\Sigma}^* \cdot I''_k^*$$

$$I''_{13}^* = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I''_k^*}{X_{13}^*} = \frac{0,256 \cdot 4,296}{0,740} = 1,486$$

-courant réduit dans la branche 9

$$I_9^{''*} = \frac{X_{\Sigma}^* \cdot I_k^{''*}}{X_9^*} = \frac{0,256 \cdot 4,296}{0,393} = 2,798$$

-courant réduit donné par G_1 et traversant t_1

$$I_{g1}^{''*} = I_{t1}^{''*} = I_9^{''*} = 2,798$$

-courant réduit dans les branches 3 et 12

$$I_3^{''*} = I_{12}^{''*} = I_{13}^{''*} = 1,486$$

-courant réduit dans les branches 10 et 11

$$I_{10}^{''*} = I_{11}^{''*} = I_{12}^{''*} = 1,486$$

-courant réduit traversant t_3 et t_4

$$X_5^* \cdot I_5^{''*} = X_{11}^* \cdot I_{11}^{''*}$$

$$I_{t3}^{''*} = I_5^{''*} = \frac{X_{11}^* \cdot I_{11}^{''*}}{X_5^*} = \frac{0,134 \cdot 1,486}{0,236} = 0,843$$

$$I_{t4}^{''*} = I_7^{''*} = \frac{X_{11}^* \cdot I_{11}^{''*}}{X_7^*} = \frac{0,134 \cdot 1,486}{0,310} = 0,642$$

-courant réduit donné par G_3 et G_4

$$I_{g3}^{''*} = I_{g4}^{''*} = I_{10}^{''*}/2 = 1,486/2 = 0,743$$

Détermination des courants surtransitoires réel dans les différentes branches:

-courant réel donné par G_1

$$I_{g1}'' = I_{g1}^{''*} \cdot I_b = 2,798 \cdot 5,6 = 15,668 \text{ KA}$$

-courant réel traversant t_1

$$I_{t1}'' = I_{t1}^{''*} \cdot I_b = 2,798 \cdot 5,6 = 15,668 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t1}'' = 2,689 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

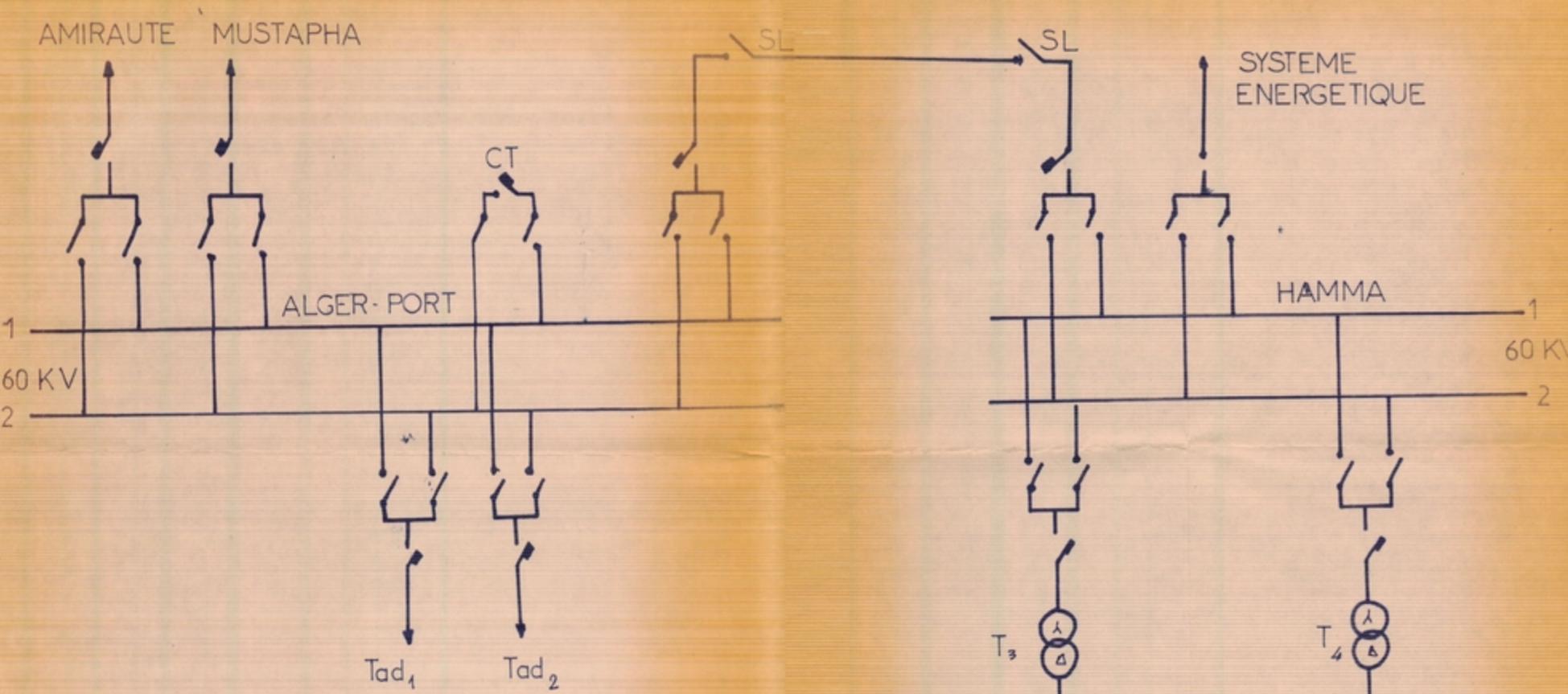
-courant réel dans la branche 3

$$I_3'' = I_3^{''*} \cdot I_b = 1,486 \cdot 5,6 = 8,321 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_3'' = 1,428 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

-courant réel donné par G_3 et G_4

$$I_{g3}'' = I_{g4}'' = I_{g3}^{''*} \cdot I_b = 0,743 \cdot 5,6 = 4,160 \text{ KA}$$



3^{me} VARIANTE : LES TURBO-GENERATEURS
D'ALGER PORT HORS SERVICE.

-courant réel traversant t_3 et t_4 .

$$I''_{t3} = I''_{t3}^* \cdot I_p = 0,843 \cdot 5,6 = 4,720 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I''_{t3} = 0,810 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

$$I''_{t4} = I''_{t4}^* \cdot I_p = 0,642 \cdot 5,6 = 3,595 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I''_{t4} = 0,617 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

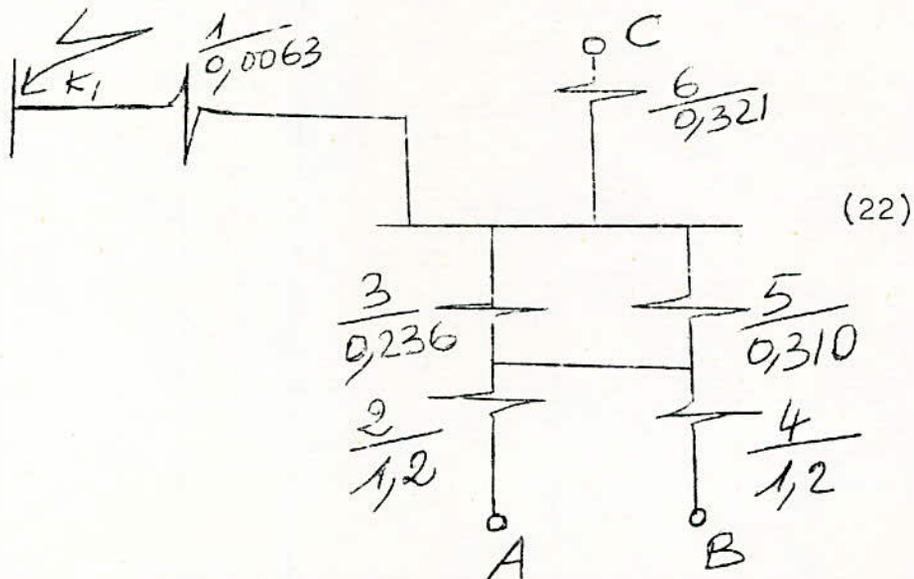
TROISIEME VARIANTE Les deux turbo-générateurs d'Alger-ports hors service.

On étudie maintenant le cas où les deux générateurs d'Alger-ports sont en réparation, tous les départs du poste 60 KV seront alors alimentés à partir des groupes du Hamme et du système énergétique.

On considérera comme dans les cas précédents, la puissance du système énergétique maximum, minimum et nulle, pour chaque puissance on calculera le courant de court-circuit symétrique au point K_1 ainsi que dans les branches.

a) Puissance de $\bar{C} \sim \bar{C}$ du système énergétique maximum:

Le schéma 1 devient

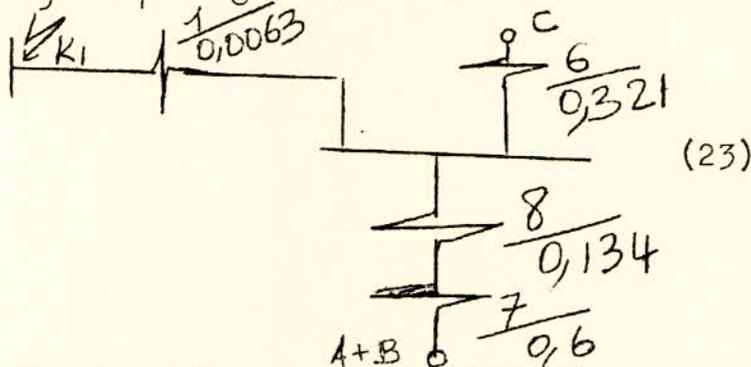


Groupons A et B ----- X_2^*/X_4^* et X_3^*/X_5^*

$$X_7^* = X_2^*/2 = 1,2/2 = 0,6 \quad \text{car} \quad X_2^* = X_4^*$$

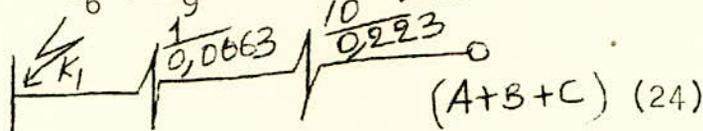
$$\text{et} \quad X_8^* = \frac{X_3^* \cdot X_5^*}{X_3^* + X_5^*} = \frac{0,236 \cdot 0,310}{0,546} = 0,134$$

$$\text{On pose} \quad X_9^* = X_7^* + X_8^* = 0,6 + 0,134 = 0,734$$

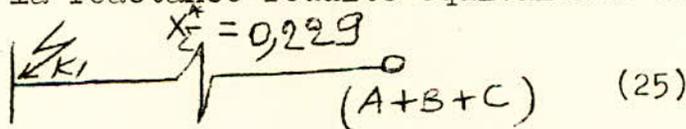


groupons (A+B) et C ----- X_6^*/X_9^*

$$X_{10}^* = \frac{X_6^* \cdot X_9^*}{X_6^* + X_9^*} = \frac{0,321 \cdot 0,734}{1,055} = 0,223$$



soit X^* la réactance réduite équivalente totale



$$X_{\Sigma}^* = X_1^* + X_{10}^* = 0,0063 + 0,223 = 0,229$$

- Courant de $C^t - C^t$ surtransitoire réduit au point K_1

$$I_k^{''*} = E^{''*} / X_{\Sigma}^* = 1,1 / 0,229 = 4,803$$

Détermination des courants surtransitoires réduits

dans les différentes branches:

- courant réduit dans les branches 1 et 10

$$I_1^{''*} = I_{10}^{''*} = I_k^{''*} = 4,803$$

- courant réduit dans les branches 6 et 9

$$I_6^{''*} \cdot X_6^* = I_{10}^{''*} \cdot X_{10}^* \quad \text{-----} \quad I_6^{''*} = \frac{X_{10}^* \cdot I_{10}^{''*}}{X_6^*} = \frac{0,223 \cdot 4,803}{0,321} = 3,336$$

de la même façon on tire $I_9^{''*} = 1,459$

- Courant réduit dans les branches 7 et 8

$$I_7^{''*} = I_8^{''*} = I_9^{''*} = 1,459$$

- Courant réduit traversant t_3 et t_4

$$I_{t_3}^{''*} = I_3^{''*} = \frac{I_8^{''*} \cdot X_8^*}{X_3^*} = \frac{0,134 \cdot 1,459}{0,236} = 0,828$$

on tire de la même façon $I_{t_4}^{''*} = 0,630$

- Courant réduit donné par G_3 et G_4

$$I_{g_3}^{''*} = I_{g_4}^{''*} = I_7^{''*}/2 = 1,459/2 = 0,729$$

Détermination des courants surtransitoires réels

au point K_1 et dans les différentes branches:

- au point K_1

$$I_k'' = I_k^{''*} \cdot I_b = 4,803 \cdot 5,6 = 26,896 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

$$I_k'' = 4,617 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- dans les branches 1 et 10

$$I_1'' = I_{10}'' = I_k'' = 26,896 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ kv})$$

$$I_1'' = I_{10}'' = I_k'' = 4,617 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant traversant t_3 et t_4

$$I_{t_3}'' = I_3'' = I_3^{''*} \cdot I_b = 0,828 \cdot 5,6 = 4,636 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t_3}'' = 0,795 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

$$I_{t_4}'' = I_5'' = I_5^{''*} \cdot I_b = 0,630 \cdot 5,6 = 3,528 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_{t_4}'' = 0,605 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

- courant réel donné par le système énergétique

$$I_{sc}'' = I_6'' = I_6^{''*} \cdot I_b = 3,336 \cdot 5,6 = 18,681 \text{ KA} \quad (10,3 \text{ KV})$$

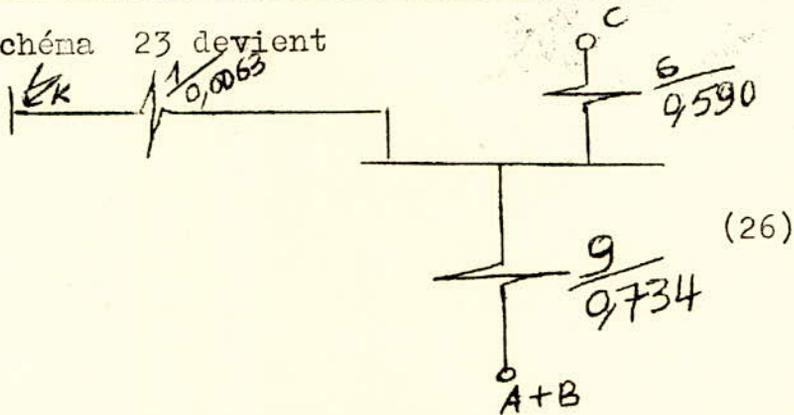
$$I_{sc}'' = 3,206 \text{ KA} \quad (60 \text{ KV})$$

- courant réel donné par G_3 et G_4

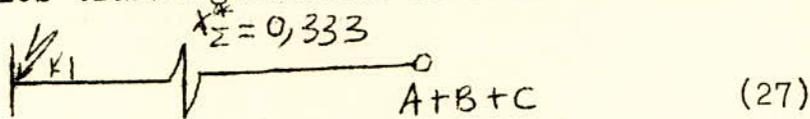
$$I_{g_3}'' = I_{g_4}'' = I_g^{''*} \cdot I_b = 0,729 \cdot 5,6 = 4,082 \text{ KA}$$

b) Puissance de C^t-C^t du système énergétique minimum:

Le schéma 23 devient



Après les transfigurations on obtient le schéma suivant



la réactance réduite équivalente totale est égale à

$$X_{\Sigma}^* = 0,333$$

- Courant de C^t-C^t surtransitoire réduit au point K_1

$$I_K^{''*} = E^{''*}/X_{\Sigma}^* = 1,1/0,333 = 3,303$$

Détermination des courants réduits dans les différentes branches

ces courants réduits sont déterminés comme précédemment

$$I_1^{''*} = I_{10}^{''*} = 3,303 \quad ; \quad I_{se}^{''*} = I_6^{''*} = 1,830$$

$$I_7^{''*} = I_8^{''*} = I_9^{''*} = 1,471$$

$$I_{t3}^{''*} = I_3^{''*} = 0,835 \quad ; \quad I_{T4}^{''*} = I_5^{''*} = 0,635 \quad ; \quad I_{g3}^{''*} = I_{g4}^{''*} = 0,735$$

Détermination des courants réels au point K_1 et dans les différentes branches:

- au point K_1 : $I_K'' = I_K^{''*} \cdot I_b = 3,303 \cdot 5,6 = 18,496 \text{ KA (10,3 KV)}$

$$I_K'' = 3,175 \text{ KA (60 KV)}$$

- dans les branches: $I_1'' = I_{10}'' = 18,496 \text{ KA (10,3 KV)}$

$$I_7'' = I_{10}'' = 3,175 \text{ KA (60 KV)}$$

- courant traversant t_3 et t_4 : $I_{t3}'' = 4,676 \text{ KA}$; $I_{t4}'' = 3,556 \text{ KA (10,3 KV)}$

(côté 60 KV) $I_{t3}'' = 0,802 \text{ KA}$; $I_{t4}'' = 0,610 \text{ KA}$

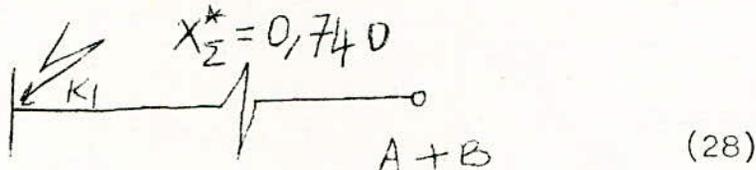
- $I_{se}'' = 10,248 \text{ KA (10,3 kv)}$ et $I_{se}'' = 1,759 \text{ KA (60 KV)}$

$$I_{g3}'' = I_{g4}'' = 4,116 \text{ KA}$$

c) Puissance de C^t-C^t du système énergétique nulle:

On se propose de déterminer le courant de court-circuit au point K_1 ainsi que dans les différentes branches du schéma, lorsque le système énergétique est déconnecté et les deux groupes d'Alger-port en réparation.

Le schéma 26 devient



la réactance réduite équivalente totale est égale à

$$X_{\Sigma}^* = X_1^* + X_2^* = 0,0063 + 0,734 = 0,740$$

-Courant de C^t-C^t surtransitoire réduit au point K_1

$$I_k^{''*} = E^{''*} / X_{\Sigma}^* = 1,1 / 0,740 = 1,486$$

Détermination des courants surtransitoires réduits dans

les différentes branches:

-dans les branches 1, 9, 7 et 8

$$I_1^{''*} = I_9^{''*} = I_7^{''*} = I_8^{''*} = I_k^{''*} = 1,486$$

-courant traversant t_3 et t_4

$$I_{t_3}^{''*} = 0,843 \quad ; \quad I_{t_4}^{''*} = 0,642$$

-courant donné par G_3 et G_4

$$I_{g_3}^{''*} = I_{g_4}^{''*} = 0,743$$

Détermination des courants surtransitoires réels au point K_1 .

et dans les différentes branches:

-au point K_1 : $I_k'' = I_k^{''*} \cdot I_b = 1,486 \cdot 5,6 = 8,321 \text{ KA}$ (10,3 KV)
 $I_k'' = 1,428 \text{ KA}$ (60 KV)

-courant traversant t_3 et t_4 :

$$I_{t_3}'' = 4,720 \text{ KA}; \quad I_{t_4}'' = 3,595 \text{ KA} \text{ (côté 10,3 KV)}$$

$$I_{t_3}'' = 0,810 \text{ KA}; \quad I_{t_4}'' = 0,617 \text{ KA} \text{ (côté 60 KV)}$$

-courant donné par G_3 et G_4 : $I_{g_3}'' = I_{g_4}'' = 4,160 \text{ KA}$

TABLEAU DES RESULTATS I_{cc} EN KA

54-B

Variantes	LES 2 ALTERNATEURS A.P EN SERVICE									UN SEUL ALTERNATEUR A.P EN SERVICE									LES 2 ALTERNATEURS A.P HORS SERVICE											
Points.CC	K ₁			K ₂			K ₃ , K ₃ '			K ₁			K ₂			K ₃ , K ₃ '			K ₁			K ₂			K ₃ , K ₃ '					
Puissance du système énergétique	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}	P _{max}	P _{min}	P _{nulle}
Jeu de barre Alger	S ₁	2,697	2,697	2,697	7,315	5,870	4,125	7,315	5,870	4,125	-	-	-	7,307	5,864	4,117	7,307	5,864	4,117	-	-	-	4,617	3,175	1,428	4,617	3,175	1,428		
S ₂	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
S ₃ , S ₃ '	-	-	-	-	-	-	10,012	8,569	6,822	-	-	-	-	-	-	7,307	5,864	4,117	-	-	-	-	-	-	4,617	3,175	1,428			
I _{cc} tot	10,012	8,569	6,822	10,012	8,569	6,822	10,012	8,569	6,822	7,307	5,864	4,117	7,307	5,864	4,117	7,307	5,864	4,117	4,617	3,175	1,428	4,617	3,175	1,428	4,617	3,175	1,428			
Jeu de barre Hamma	4,618	3,175	1,428	4,618	3,175	1,428	4,618	3,175	1,428	4,618	3,175	1,428	4,618	3,175	1,428	4,618	3,175	1,428	4,617	4,617	4,617	4,617	4,617	4,617	4,617	4,617	4,617	4,617	4,617	
kv Transf.	103	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
60	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	2,689	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
kv Tr.f.2	103	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
60	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
kv Tr.f.3	103	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720	4,636	4,676	4,720		
60	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810	0,795	0,802	0,810			
kv Tr.f.4	103	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595	3,528	3,556	3,595		
60	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617	0,605	0,610	0,617			
Générate.1	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668	15,668												
Générate.2	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713	15,713																					
Générate.3	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160			
Générate.4	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,116	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160	4,082	4,116	4,160			
S.E	3,208	1,759		3,208	1,759		3,208	1,759		3,208	1,759		3,208	1,759		3,208	1,759		3,206	1,759		3,206	1,759		3,206	1,759				

DIMENSIONNEMENT DES JEUX DE BARRES

Le dimensionnement consiste dans la détermination de la section des barres en fonction du courant admissible qui y circule.

La circulation du courant le long des barres collectrices dépend de l'emplacement des cellules.

Pour chaque disposition des circuits correspond un maximum de courant dans un tronçon. on étudiera toutes les dispositions possibles pour retenir celle qui donne le plus petit des maximums. on utilisera ensuite les tableaux qui donnent la section des barres en fonction des courants admissibles à une température inférieure à 70°C. les valeurs des sections sont indiquées pour une température du milieu ambiant égale à 25°C. cette température correspond bien à notre cas.

D'autre part la section trouvée doit vérifier les conditions des efforts électrodynamiques et thermiques.

Notre poste haute tension de la centrale ALGER PORT est du type intérieur, on choisira des barres rectangulaires, c'est la forme ^{plus} la utilisée .

Pour déterminer la section de la barre on doit calculer tout d'abord les courants nominaux de tous les départs et arrivées du poste.

IV.I DETERMINATION DE LA SECTION :

IV.I.1 Répartition de la charge sur les jeux de barres

I.1.1 Calcul des courants nominaux :

Aux barres collectrices 60 KV sont raccordés 2 générateurs identiques G_1 et G_2 et 5 départs dont les caractéristiques sont les suivantes :

a) Générateurs:

$$I_{g1} = I_{g2} = 720 \text{ A}$$

b) Départs:

- Amirauté : Puissance max demandée 25 MVA

$$\text{d'où } I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 60} = 240 \text{ A}$$

- Mustapha : Puissance max demandée 25 MVA

$$\text{d'où } I_n = 240 \text{ A}$$

- Hamma : Puissance max transitée 64 MVA

$$\text{d'où } I_n = 617 \text{ A}$$

- Tad₁ : Puissance max demandée 5,5 MVA

$$\text{d'où } I_n = 53 \text{ A}$$

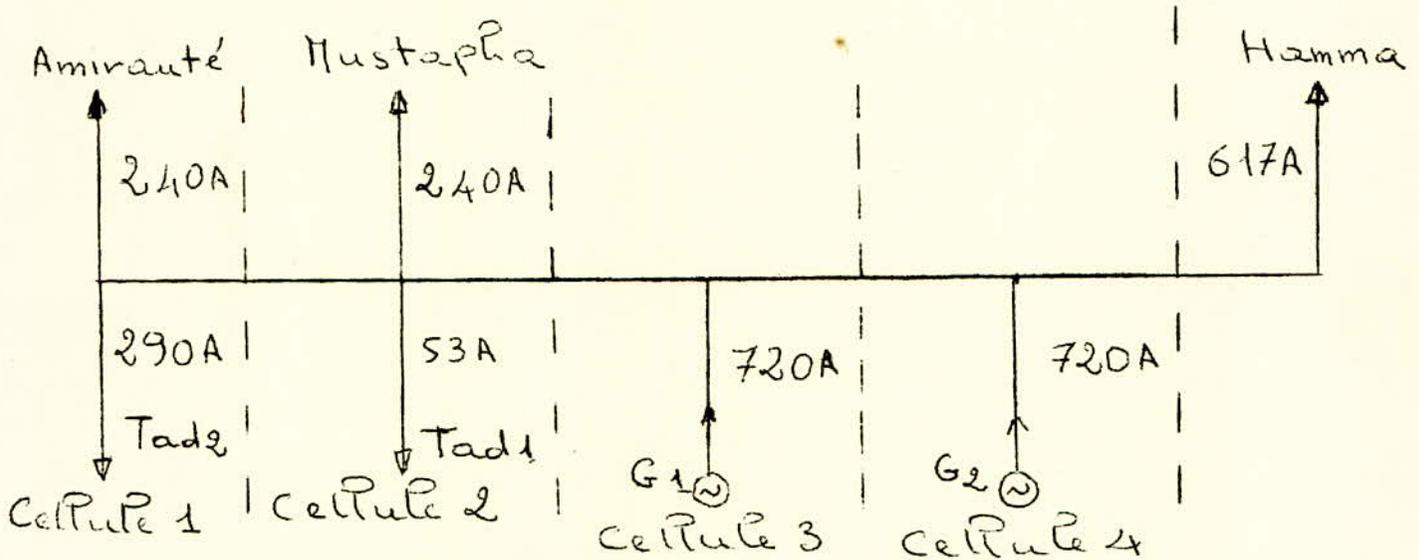
- Tad₂ : Puissance max demandée 30 MVA

$$\text{d'où } I_n = 290 \text{ A}$$

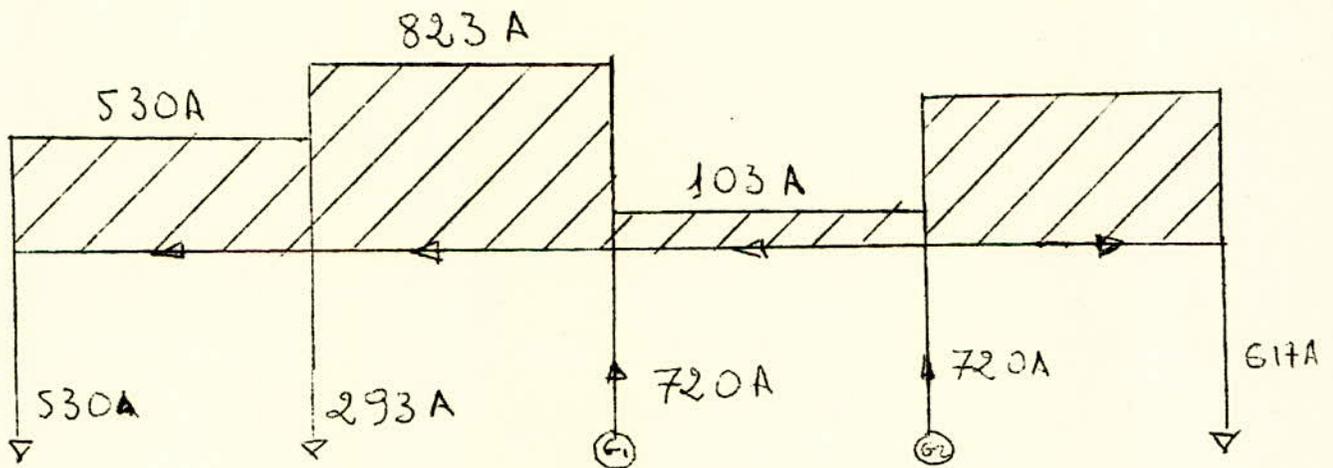
Après avoir trouvé les différents I_n , nous allons étudier les dispositions possibles pour les cellules afin de trouver celle qui donnera le min des max .

I.1.2. Differentes dispositions des cellules:

-Disposition A

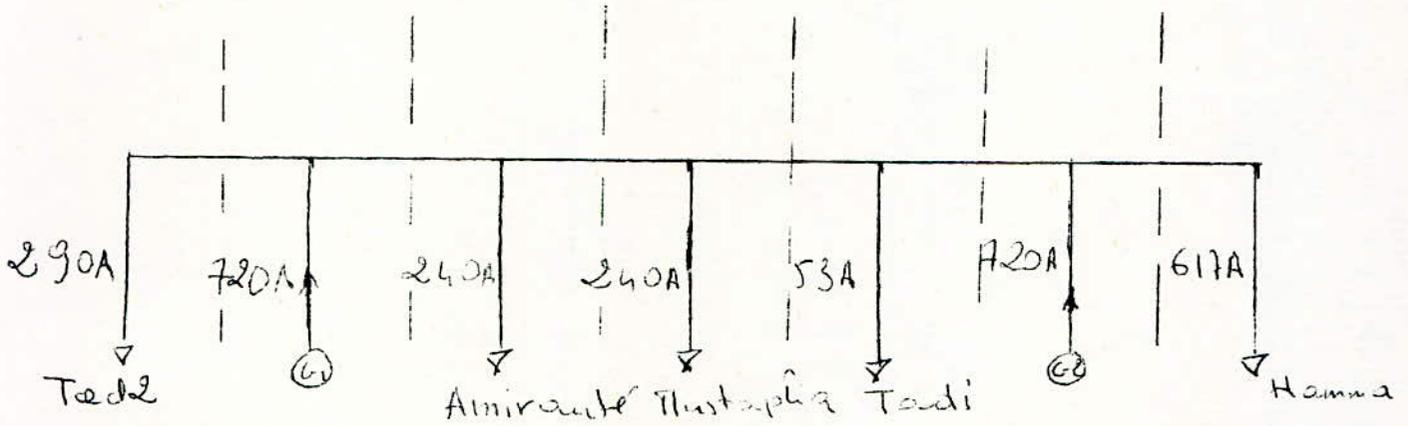


La repartition de charge correspondant à cette disposition est la suivante:

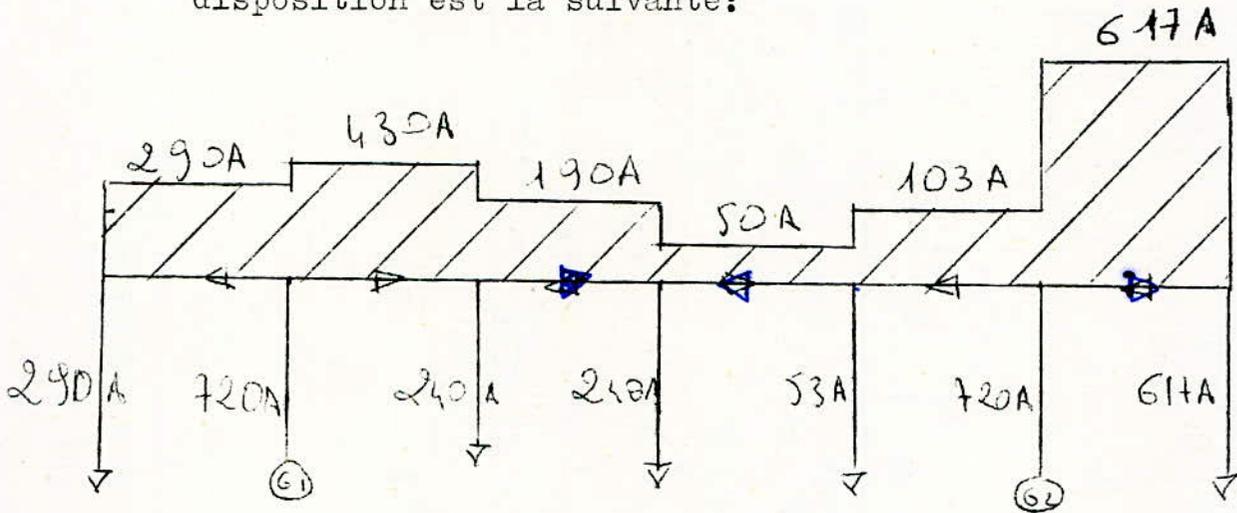


Le maximum de courant qui passe dans un tronçon pour cette disposition est de 823 A .

- Disposition B

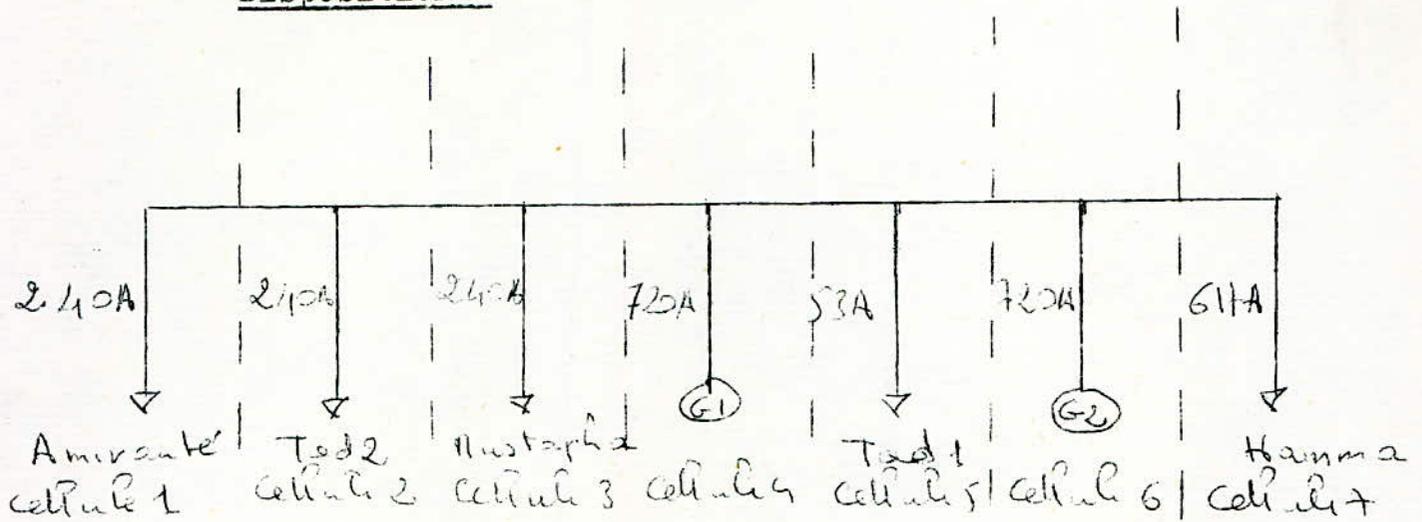


La repartition de charge correspondante à cette disposition est la suivante:

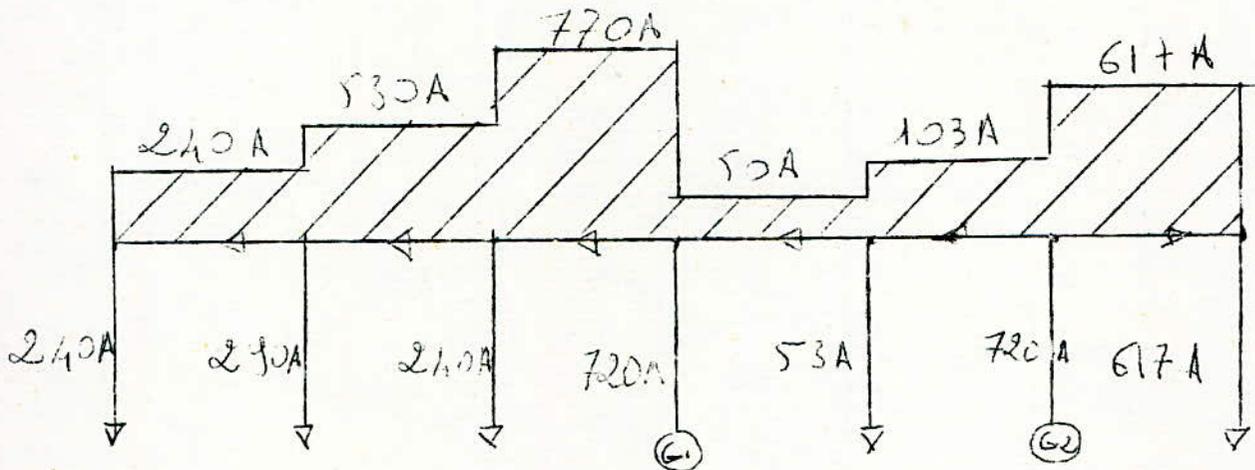


Le maximum de courant qui passe dans un tronçon pour cette disposition est de 617 A .

Disposition C

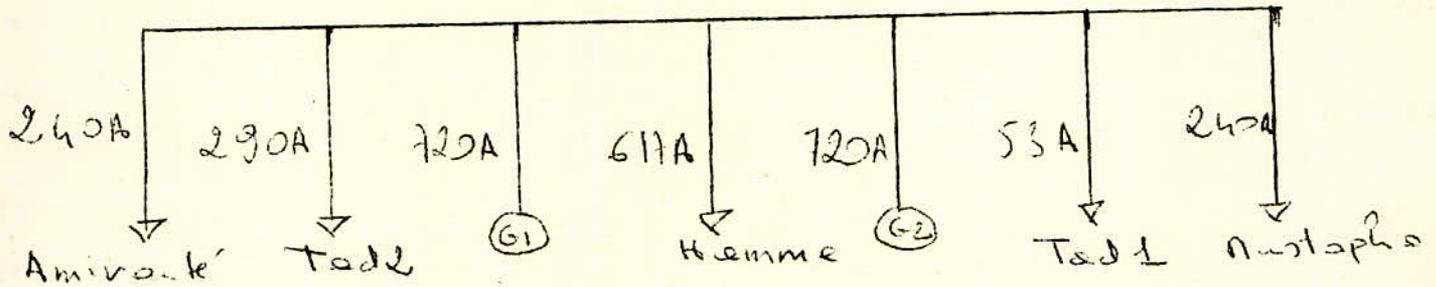


La repartition de charge correspondante à cette disposition est la suivante:

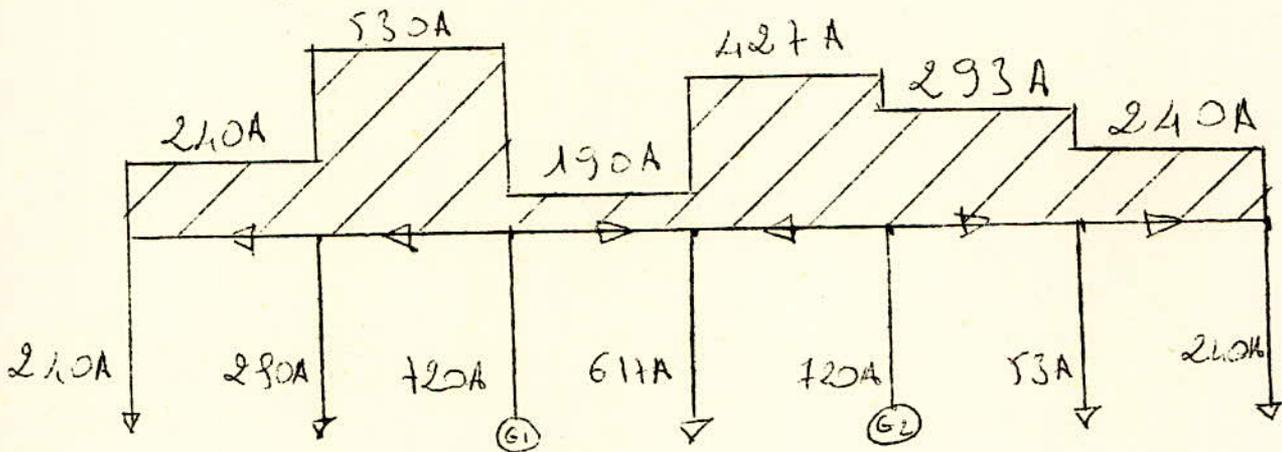


Le maximum de courant qui passe dans un tronçon pour cette disposition est de 770 A.

-Disposition D

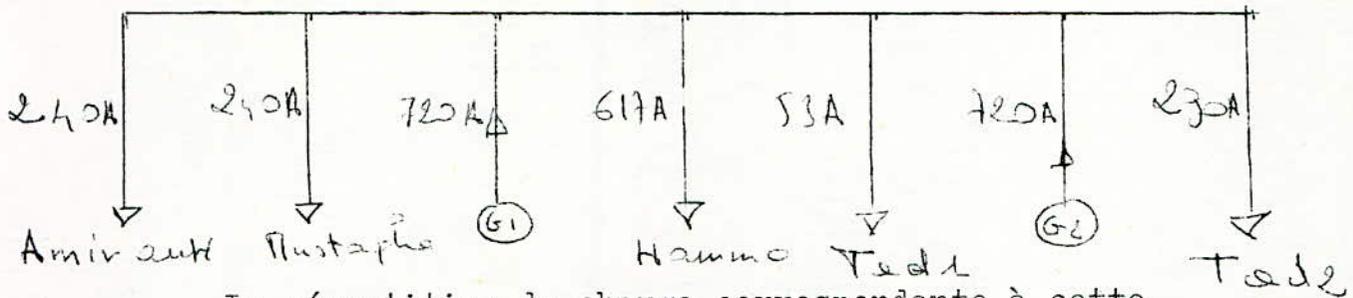


La repartition de charge correspondante à cette disposition est la suivante:

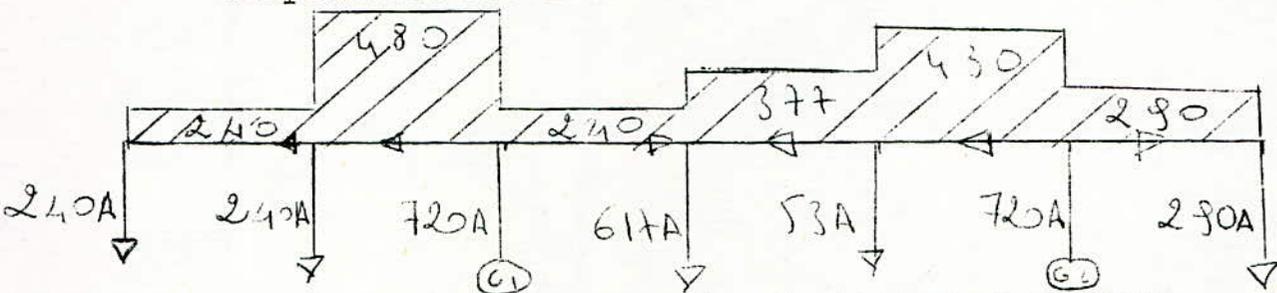


Le maximum de courant qui passe dans tronçon pour cette disposition est de 530 A .

- Disposition E



La répartition de charge correspondante à cette disposition est la suivante:



Le maximum de courant qui passe dans tronçon pour cette disposition est de 480 A .

ce courant est inférieur au courant nominal du départ Hamma donc cette disposition E est éliminée.

Nous retiendrons la disposition B, car elle donne le minimum des maximums des courants dans les tronçons et pour cette disposition B tous les courants nominaux des départs sont inférieurs au courant circulant dans les barres principales.

I.2 Détermination de la section des barres:

Le courant étant de 617 A , nous prenons un courant normalisé de 1025 A.

On tire alors les dimensions correspondantes pour une barre élémentaire d'après le tableau donnant la section en fonction du courant admissible.

Largeur: 60 mm épaisseur: 5 mm
d'où une section de 300 mm²

I adm à t < 70°C

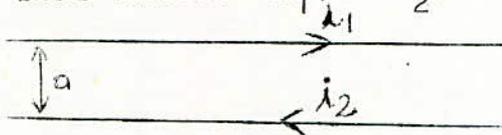
Largeur en mm	épaisseur en mm	section en mm ²	I adm en A Pour une barre élémentaire en Cu
15	3	45	210
20		60	275
25		75	340
30		90	405
30	4	120	475
40		160	625
40	5	200	700
50		250	860
60		300	1025
50	6	300	955
60		360	1125
80		480	1480
100		600	1810
60	8	480	1320
80		640	1690
100		800	2080
120		960	2400
60	10	600	1475
80		800	1900
100		1000	2310
120		1200	2650

IV.2. VERIFICATION A LA STABILITE ELECTRODYNAMIQUE

2.1. Calcul de la force de choc (f_2 choc):

2.1.1. Etablissement de la force de choc:

Considerons deux barres paralleles traversées par des courants en sens inverse i_1 et i_2 .



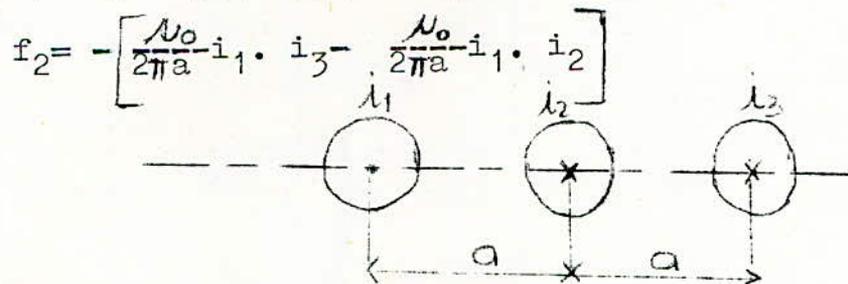
La force électrique par unité de longueur s'exerçant sur les barres est donnée par la formule suivante:

$$f = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_1 \cdot i_2$$

où μ_0 est la perméabilité de l'air et a : la distance entre les barres .

Pour les circuits triphasés dont les barres sont paralleles et dans un même plan, les forces qui s'exercent sur les barres sont:

$$f_1 = f_3 = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_1 \cdot i_2 + \frac{\mu_0}{2\pi 2a} i_1 \cdot i_3$$



Où f_1, f_2, f_3 représentent les forces électrodynamiques entre les conducteurs 1, 2, 3 parcourus par des courants i_1, i_2, i_3 . f_1 représente la force exercée par les conducteurs 2 et 3 sur le conducteur 1.

f_2 représente la force exercée par les conducteurs 1 et 3 sur le conducteur 2 .

f_3 représente la force exercée par les conducteurs 1 et 2 et par symétrie égale à f_1 .

- Equations des courants en regime normal:

$$i_1 = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$$

$$i_2 = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi - \frac{2\pi}{3})$$

$$i_3 = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi - \frac{4\pi}{3})$$

avec α dephasage entre U et l'axe des temps

φ dephasage entre U ET I .

considerons le cas particulier où $\alpha - \varphi = 0$

on a alors $i_1 = I_m \sin(\omega t)$; $i_2 = I_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$

$$i_3 = I_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) .$$

en remplaçant ces courants dans les expressions des forces nous aurons:

$$f_1 = f_3 = \frac{N_0}{2\pi a} I_m^2 \sin \omega t \left[\sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + \frac{1}{2} \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) \right]$$

$$f_2 = - \frac{N_0}{2\pi a} I_m^2 \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \left[\sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) - \sin \omega t \right]$$

Les valeurs extrêmes de ces forces sont obtenues en annulant les dérivées premières.

$$f_{1\max} = f_{3\max} = 0,81 \frac{N_0}{2\pi a} I_m^2$$

$$\text{et } f_{2\max} = 0,87 \frac{N_0}{2\pi a} I_m^2$$

La plus grande force (f_2) est appliquée sur la barre du milieu.

On se propose de calculer cette force pour avoir la sollicitation max.

- Equations des courants en regime transitoire:

$$i_1 = I_{pm} \left[\sin(\omega t + \psi) - \exp(-t/T_a) \cdot \sin \psi \right]$$

$$i_2 = I_{pm} \cdot \sin \left[\omega t + \psi - \frac{2\pi}{3} \right] - \exp(-t/T_a) \cdot \sin \left(\psi - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$i_3 = I_{pm} \left[\sin \left(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{3} \right) - \exp(-t/T_a) \cdot \sin \left(\psi - \frac{4\pi}{3} \right) \right]$$

en remplaçant I_{pm} par $\sqrt{2} \cdot I''$ où I'' représente le courant surtransitoire efficace, la force f_2 devient:

$$f_2 = - \frac{N_0}{2\pi a} \cdot 2 \cdot I''^2 \left[\sin \left(\omega t + \psi - \frac{2\pi}{3} \right) - \exp(-t/T_a) \cdot \sin \left(\psi - \frac{2\pi}{3} \right) - \left\{ \begin{array}{l} \sin \left(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{3} \right) - \sin(\omega t + \psi) - \exp(-t/T_a) \left[\sin \left(\psi - \frac{4\pi}{3} \right) - \sin \psi \right] \end{array} \right\} \right]$$

Après transformations et simplifications nous obtenons

$$f_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} 2I''^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \left[\sin(2\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}) - 2\exp(-t/T_a) \sin(\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}) + \exp(-t/T_a) \sin(2\psi - \frac{\pi}{3}) \right]$$

La force f_2 se compose de:

- un facteur constant k , $k = \frac{\mu_0}{2\pi a} 2I''^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$
- une composante periodique de frequence $2f$ et d'amplitude constante.
- une composante periodique de frequence f , amortie.
- une composante aperiodique amortie, de frequence nulle.

- Conditions pour avoir $|f_2|$ max:

$$\sin(2\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}) = -1$$

$$\text{soit } 2\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3} = -\frac{3\pi}{2}$$

$$\sin(\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}) = 1$$

$$\text{soit } \omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{2}$$

de ces deux équations on tire

$$\psi = -\frac{\pi}{12} \quad \text{et } t = 0,01 \text{ sec.}$$

on vérifie bien que le terme de frequence nulle de f_2 est maximum pour $\psi = -\frac{\pi}{12}$

- Determination de α dans le cas inductif:

on a par définition $\alpha = \psi + \varphi_K$

$$\varphi_K = -\frac{\pi}{2} \quad \text{déphasage entre tension et courant dans le cas inductif pur.}$$

On tire la force électrodynamique de choc:

$$f_{2\max}(t=0,01\text{sec}, \psi = -\frac{\pi}{12}) = 0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} 2I''^2 (1 + \exp(-\frac{0,01}{T_a}))^2$$

$$\text{on pose } K_{\text{choc}} = 1 + \exp(-0,01/T_a)$$

$$\text{d'où } \boxed{f_{2\text{choc}} = 0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} K_{\text{choc}}^2 \cdot 2I''^2}$$

on prend generalement $K_{\text{choc}} = 1,8$

2.1.2 Application:

$$f_{2\text{choc}} = 0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} K_{\text{choc}}^2 \cdot 2I''^2$$

on prend $a = 1\text{m}$

a : distance entre les axes de deux barres voisines.

$$I''_{cc} = 10,012 \text{ KA}$$

I''_{cc} : courant surtransitoire trouvé au chap III, lors d'un court-circuit sur les jeux de barres 60 KV

$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$$

$$\text{d'où } f_{2\text{choc}} = \frac{0,87 \cdot 4\pi 10^{-7} \cdot (1,8)^2 \cdot 2(10,012)^2 10^6}{2 \cdot \pi}$$

$f_{2\text{choc}} = 113 \text{ N/m}$

IV.2.2 EFFORTS STATIQUES

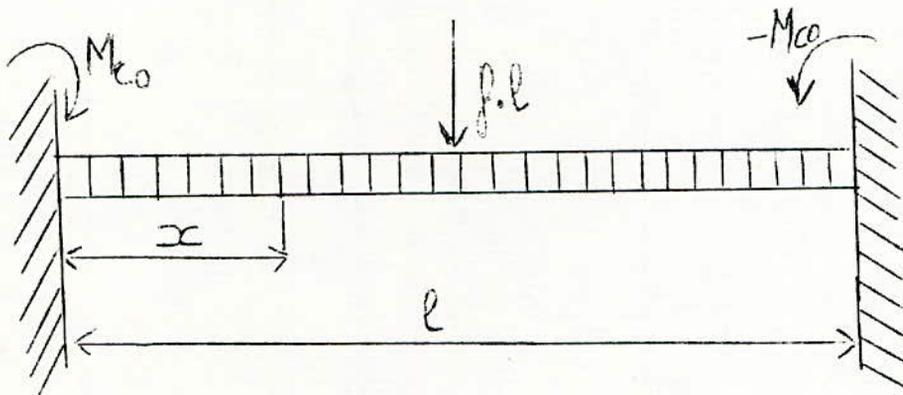
IV.2.2.1 Calcul du moment de courbure maximum:

On se propose de déterminer la valeur de l'effort statique maximum dans les deux cas suivants:

- barre double encastrement
- barre avec appuis aux extrémités

Dans les deux cas on supposera que la charge est uniformément répartie dans la portion de barre considérée.

a) barre double encastrement:



On a $M_c(x) = M_{c0} + (f \cdot l/2) \cdot x - f \cdot x^2/2$
pour $x = l/2$

Nous aurons

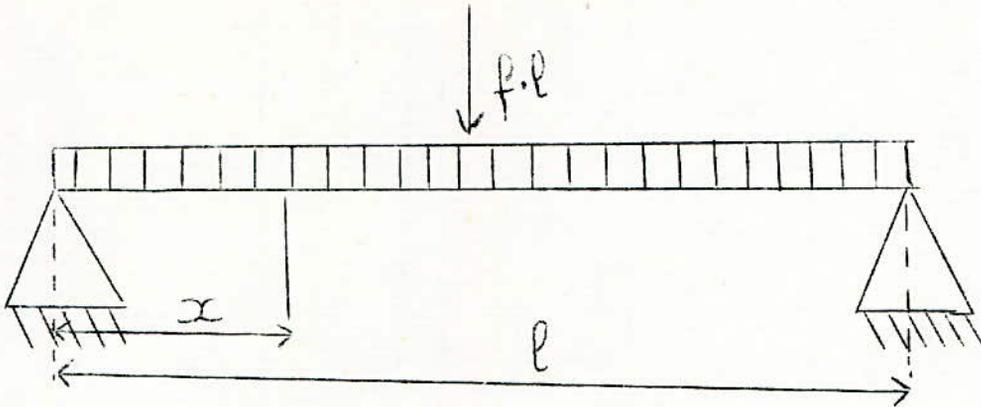
$$M_c(l/2) = M_{c0} + f \cdot l^2/2$$

donc le moment de courbure au milieu de barre est

$$\underline{M_{c \max} = f \cdot l^2/24}$$

avec moment initial $M_{c0} = - f \cdot l^2/12$

b) barre avec appuis aux extremités:



Dans ce cas on a :

$$M_c(x) = (f \cdot l/2) \cdot x - f \cdot x^2/2$$

au milieu de la barre ($x=l/2$) nous aurons

$$M_c(l/2) = f \cdot l^2/8$$

soit un moment de courbure de:

$$\underline{M_{c \max} = f \cdot l^2/8}$$

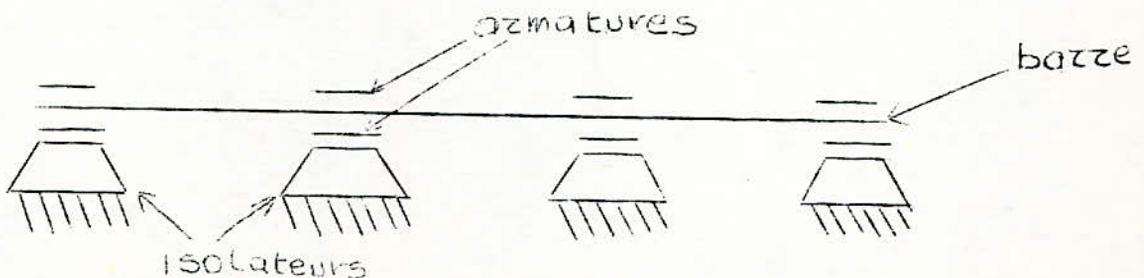
c) Cas pratique:

some
dans la pratique la n'a ni double appui ,ni double encastrement.

dans ce cas on prend une valeur moyenne pour le moment de courbure

$$M_{c \max} = 1/2(M_{c \max}(\text{double encast}) + M_{c \max}(\text{double appui}))$$

$$\text{d'où } \underline{M_{c \max} = f \cdot l^2/10}$$



La barre est en général coulissante avec un point fixe.

d) Contraintes:

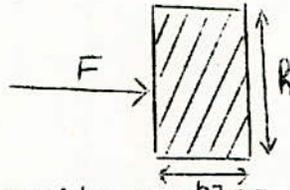
La sollicitation maximum est donnée par la formule suivante:

$$\sigma_{c \max \text{stat}} = \frac{Mc \max}{W} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

W = module de résistance de la section de la barre .

- détermination du module de résistance pour une barre rectangulaire

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (\text{cm}^3)$$



On vérifiera ensuite que les inégalités $\sigma_{\max} < \sigma_{adm} < \sigma_c$ sont satisfaisantes pour le σ_{\max} calculé.

σ_{adm} = contrainte admissible

σ_c = contrainte limite d'élasticité

donc pour que la barre résiste on doit avoir toujours

$$\sigma_{\max \text{ stat}} < \sigma_c$$

Pour éviter les déformations de barre on prendra un coefficient de sécurité entre 1,5 et 2

soit $\frac{\sigma_c}{\sigma_{\max}} = 1,5 \text{ à } 2$

σ_c pour le cuivre = 2400 kgf/cm²

$$\sigma_{c \max} = \frac{2400}{1,5} = 1600 \text{ kgf/cm}^2$$

σ_c pour l'aluminium = 700 kgf/cm²

V.2.2.2 APPLICATION :

Le moment statique est déterminé par la formule suivante:

$$M_{c\text{stat}} = f.l^2/10 \quad ; \quad \text{avec } f = \rho.S = 2,67 \text{ kgf/m}$$

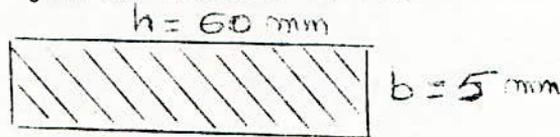
en choisissant une longueur de 4 m entre deux isolateurs supports consécutifs nous aurons

$$M_{c\text{stat}} = f.l^2/10 = \frac{2,67 \cdot (4)^2}{10} = 4,272 \text{ kgf.M}$$

$$\text{soit } M_{c\text{stat}} = 427,2 \text{ kgf.cm}$$

Calcul du module de résistance de la barre :

$S = 300 \text{ mm}^2$ (d'après la répartition de la charge sur le jeu de barres 60 KV)



Le module de résistance est donné par la formule suivante:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,5 \cdot (6)^2}{6} = 3 \text{ cm}^3$$

On en déduit la sollicitation maximum

$$\sigma_{\text{stat max}} = M_{c\text{stat}}/W = 427,2/3 = 142,4 \text{ kgf/cm}^2$$

$\sigma_{\text{stat max}}$ est inférieure à $\sigma_{c\text{max}}$ (1600 kgf/cm^2) donc la condition des efforts statiques est vérifiée.

IV.2.3 EFFORTS DYNAMIQUES

2.3.1 Calcul de la fréquence propre de la barre:

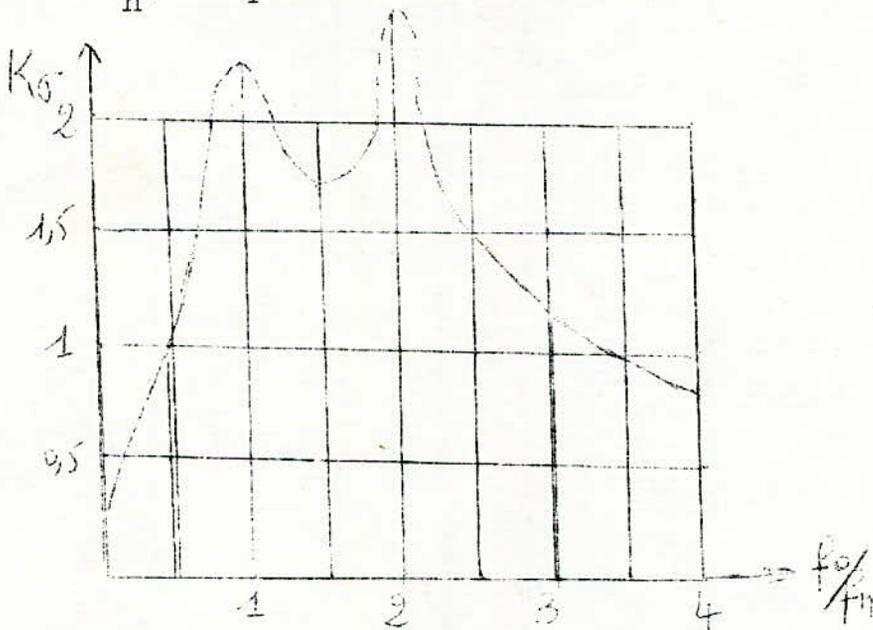
Lors d'un court-circuit les barres sont soumises à des sollicitations électrodynamiques complexes, cependant on peut calculer approximativement la sollicitation dynamique maximum à partir de la sollicitation statique maximum.

$$\sigma_{\text{maxdyn}} = K_{\delta} \sigma_{\text{maxstat}}$$

où K_{δ} est fonction du rapport f_0/f_n

f_0 : fréquence propre de la barre

f_n : fréquence nominale du réseau



On a vu que la force de choc ($f_{2\text{choc}}$) a trois composantes:

- deux composantes périodiques: l'une de fréquence f , amortie avec T_a et l'autre de fréquence $2f$, non amortie.
- une composante aperiodique ($f=0$), amortie avec $T_a/2$.

Pour éviter le phénomène de résonance, il faut que la fréquence de la barre f_0 soit différente de $2f$ et f .

pour cela il suffit de modifier la longueur de la barre entre deux isolateurs supports consécutifs, car la fréquence

propre d' un materiau dépend de sa nature, de la section et de la longueur entre deux isolateurs consécutifs.

D'après la courbe précédente le phénomène de resonance est éliminé lorsque le rapport f_0/f_n se trouve dans l'un des deux intervalles suivants:

$$0 < f_0/f_n < 0,5 \quad \text{et} \quad 3 < f_0/f_n < 4$$

-La frequence de la barre est donnée par la formule suivante

$$f_0 = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{3}{4 \cdot l^2} \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot q}}$$

$C_1 = 1$ pour une barre simple.

l = longueur de la barre entre deux isolateurs consécutifs.

E = module d' élasticité

$$E_{cu} = 13000 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$E_{al} = 7000 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

J = moment d' inertie de la barre

ρ = densité volumique $\rho_{cu} = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kgf/m}^3$

$$\rho_{al} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kgf/m}^3$$

q = section de la barre en m^2

C_2 = coefficient tenant compte de l'influence des barres dérivations rigides ou élastiques.

ce coefficient est donné par les formules suivantes:

-Barres derivations rigides:

$$C_{2r} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{64} \frac{J_r l^3}{J l^3}}{1 + 0,6 \frac{q_{dr} \cdot l_{dr}}{q \cdot l}}}$$

l = longueur de la barre collectrice entre deux isolateurs supports consécutifs.

l_{dr} = longueur de la barre derivation rigide.

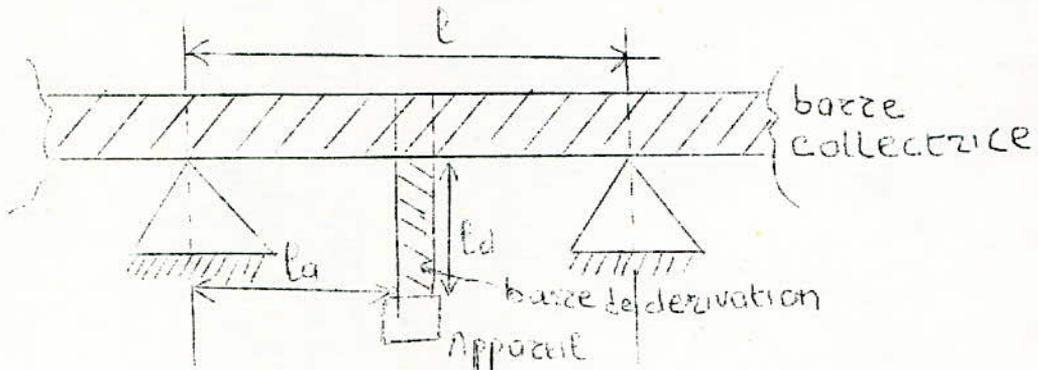
q_{dr} = section de la barre derivation rigide.

q = section de la barre collectrice.

J_r = moment d'inertie de la barre derivation rigide.

J = moment d'inertie de la barre collectrice.

μ_e est un coefficient de non uniformité qui peut être déterminé à l'aide de la courbe donnant en fonction de l_a/l



- Barres derivations élastiques:

$$C_{2e} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \frac{J_{de} (l_d)^3}{J_e l_a^3} \mu_e}{1 + \frac{q_{de}}{q_e} \cdot \frac{l_d}{l} \mu_e}}$$

l = longueur de la barre collectrice entre deux isolateurs supports consécutifs.

l_{de} = longueur de la barre dérivation élastique.

J_{de} = moment d'inertie de la barre dérivation élastique.

q_{de} = section de la barre dérivation élastique.

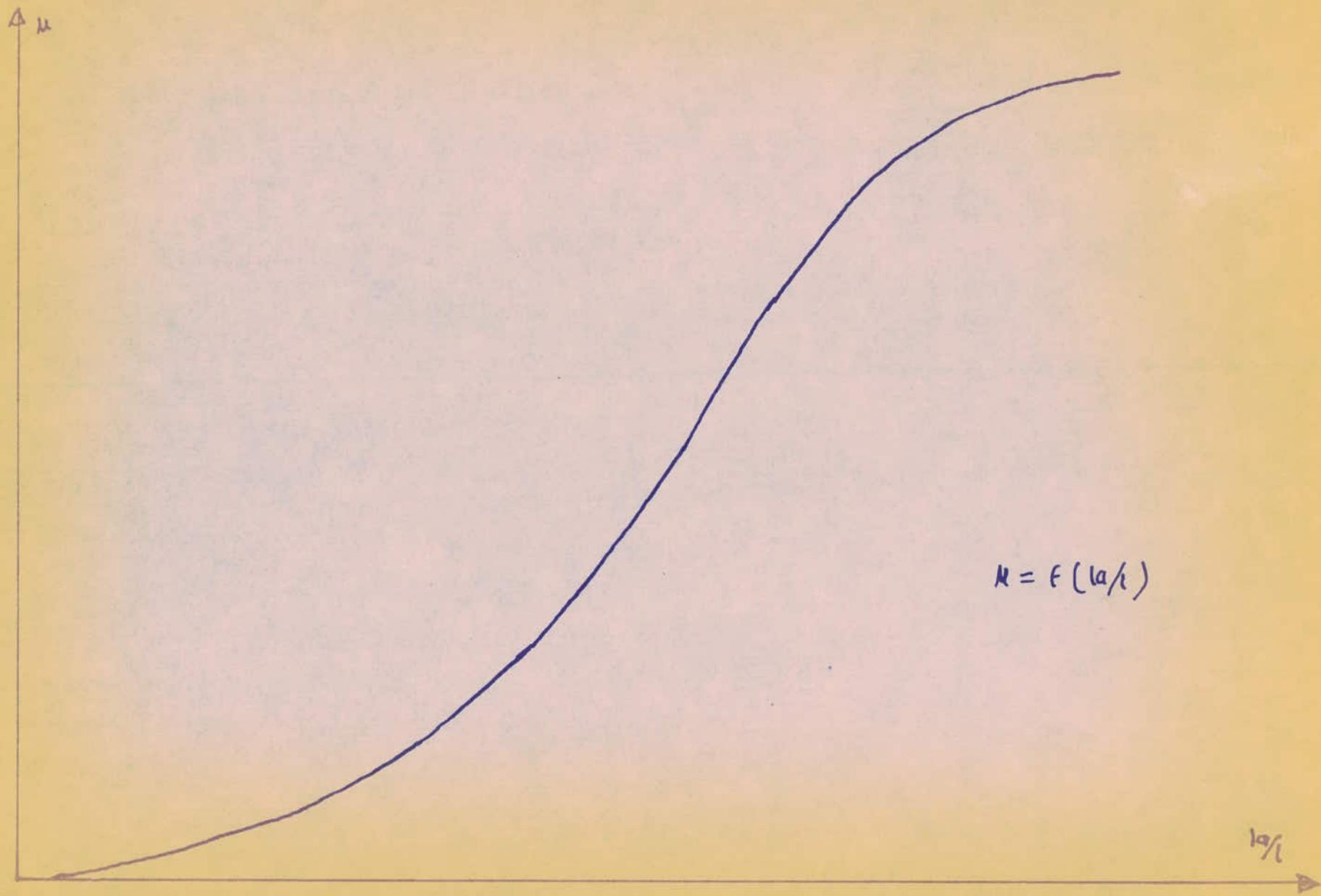
μ_e est donné par la courbe $\mu_e = f(l_a/l)$.

- Choix des barres derivations/

On choisit des barres derivations rigides, lorsque le moment d'inertie de la barre de dérivation est approximativement égal au moment d'inertie de la barre collectrice et $l_d \leq 0,6 l$.

ou encore, lorsque le moment d'inertie de la barre de dérivation est inférieur au moment d'inertie de la barre collectrice et $l_d \leq 0,3 l$.

Dans tous les autres cas on choisit des barres de dérivation élastiques.



IV.2.3.2 APPLICATION :

- Détermination des sections des barres de dérivation:

On détermine la section de chaque barre de dérivation à l'aide du courant admissible, en utilisant le tableau donnant S en fonction de Iadm dans les tubes en cuivre.

* Liaison des générateurs G₁ ET G₂:

On a $I_{ng1} = I_{ng2} = 720 \text{ A}$

soit une valeur normalisée de 750 A

à ce courant correspond une section de 254,5 mm²

* Départs MUSTAPHA et AMIRAUTE :

$I_{nMUS} = I_{nAM} = 240 \text{ A}$

soit un courant normalisé de 400 A

à ce courant correspond une section de 113,1 mm²

* Départ HAMMA :

$I_n = 617 \text{ A}$

soit un courant normalisé de 750 A

à ce courant correspond une section de 254,5 mm²

* Liaison du transformateur Tad₁ :

$I_n = 53 \text{ A}$

soit un courant normalisé de 400 A

à ce courant correspond une section de 113,1 mm²

* Liaison du transformateur Tad₂ :

$I_n = 290 \text{ A}$

soit un courant normalisé de 400 A

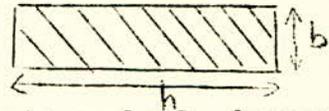
à ce courant correspond une section de 113,1 mm²

-Calcul de la fréquence propre f_0 pour chaque barre de dérivation:

* Caractéristiques de la barre principale:

$l = 4 \text{ m}$ (longueur entre deux isolateurs consécutifs)

moment d'inertie : $J = \frac{h \cdot b^3}{12}$



connaissons les dimensions de la section de la barre

on peut tirer le moment d'inertie

$$q = h \cdot b = 300 \text{ mm}^2 \longrightarrow J = 625 \text{ mm}^4$$

* Caractéristiques de la barre de dérivation :

On prend une longueur approximative de $l_d = 3 \text{ m}$ pour toutes les barres de dérivation.

Le moment d'inertie des barres tubulaires est donné en fonction de la section dans le tableau 3

* Le facteur de non symétrie μ_e est donné par la courbe

$$\mu_e = f(l_a/l)$$

où l_a : distance entre la barre de dérivation et l'isolateur le plus proche, on prend une longueur approximative de $l_a = 1 \text{ m}$

$$\text{d'où } l_a/l = 0,25 \longrightarrow \mu_e = 0,4$$

On choisira des barres de dérivation élastiques car les conditions d'utilisation des barres rigides ne sont pas remplies.

Calcul de f_0 pour les liaisons des générateurs G_1 , G_2 et du départ Hamma:

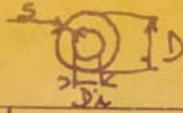
Pour ces trois liaisons la section est la même $q = 254,5 \text{ mm}^2$

et un moment d'inertie de 23500 mm^4

(la valeur du moment d'inertie est donné en fonction de la section. d'après le tableau relevé du catalogue spécial: matériel pour poste SIEMENS)

74 b

INTENSITE MAX DANS LES TUBES EN CUIVRE



D	Di	s	section s en mm ²	Courant ~ en regime Permanente basses frequ. A	Moment d'inertie J en cm ⁴
20	16	2	113,1	400	0,463
	14	3	160,2	500	0,597
	12	4	201	550	0,684
30	26	2	175,9	620	1,75
	24	3	254,5	750	2,35
	22	4	326,7	800	2,83
50	44	3	443	1200	12,28
	42	4	578,1	1400	15,40
	40	5	706,9	1500	18,11
60	54	3	537,2	1400	21,9
	52	4	703,7	1600	27,7
	50	5	863,9	1800	32,9

En utilisant la formule donnant C_2 pour une barre de dérivation élastique nous aurons:

$$C_{2e} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{J \cdot d_e \left(\frac{e}{e_{2e}}\right)^3}{J \left(\frac{e}{e_{2e}}\right)^3} \mu e}{1 + \frac{q \cdot d_e \cdot e \cdot d_e}{9 \cdot e} \mu e}} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{23500 \left(\frac{4}{3}\right)^3}{625 \left(\frac{4}{3}\right)^3} \cdot 0,4}{1 + \frac{254,5 \cdot 3 \cdot 0,4}{300 \cdot 4}}}$$
$$C_{2e} = 1,6$$

la fréquence propre f_0 correspondante est:

$$f_0 = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{3}{4 \cdot 1^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot q}} = 1 \cdot 1,6 \cdot \frac{3}{4 \cdot 4^2} \sqrt{\frac{13000 \cdot 625}{8,9 \cdot 10^3 \cdot 300}}$$
$$f_0 = 0,04 \text{ Hz}$$

Calcul de f_0 pour les liaisons: Mustapha, Amirauté, Tad₁ et Tad₂

Ces 4 départs ont la même section $q = 113,1 \text{ mm}^2$ et un moment d'inertie de $J = 4630 \text{ mm}^4$

$$C_{2e} = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{4630 \left(\frac{4}{3}\right)^3}{625 \left(\frac{4}{3}\right)^3} \cdot 0,4}{1 + \frac{113,1 \cdot 3 \cdot 0,4}{300 \cdot 4}}}$$
$$C_{2e} = 1,13$$

la fréquence propre correspondante est:

$$f_0 = 1 \cdot 1,13 \cdot \frac{3}{4 \cdot 4^2} \cdot \sqrt{\frac{13000 \cdot 625}{8,9 \cdot 10^3 \cdot 300}}$$
$$f_0 = 0,03 \text{ Hz}$$

-Vérification de la condition des efforts dynamiques:

la sollicitation max dynamique étant donnée par
la formule $\sigma_{\text{dyn.max}} = K_{\sigma} \cdot \sigma_{\text{stat.max}}$

où K_{σ} est déterminé à l'aide de la courbe

$$K_{\sigma} = \Psi(f_0/f_n)$$

$$f_0/f_n = 0,04/50 = 8 \cdot 10^{-4}$$

Ce rapport est très faible ce qui nous donne
un K_{σ} très petit (d'après la courbe)

La condition des efforts dynamiques est bien vérifiée

car $\sigma_{\text{dyn.max}} < \sigma_{\text{stat.max}}$

et le phénomène de résonance est éliminé dans
tous les cas.

IV.3. VERIFICATION AUX EFFETS THERMIQUES

Les éléments d'une installation électrique s'échauffent pendant le régime de court-circuit, car la valeur du courant peut atteindre des valeurs considérables 10 à 15 fois le courant nominal et il faut que les éléments résistent à cet effet thermique.

L'échauffement d'un conducteur homogène est donné par:

$$P \cdot dt = C \cdot M \cdot d\tau + \lambda S \tau dt \quad (1)$$

P = puissance d'échauffement

M = masse du conducteur

C = chaleur spécifique

S = surface latérale du conducteur

λ = coefficient de transmission de la chaleur vers le milieu ambiant.

τ = échauffement du conducteur par rapport au milieu ambiant.

Le premier terme $C \cdot M \cdot d\tau$ représente la chaleur emmagasinée dans le conducteur et le deuxième terme $\lambda S \cdot \tau dt$ représente la chaleur transmise au milieu ambiant, ce dernier terme est en général négligeable du fait que dt est très petit lors d'un court-circuit.

l'expression (1) devient

$$P \cdot dt = C \cdot M \cdot d\tau$$

$$\text{ou encore } Ri^2 dt = C \cdot M \cdot d\tau \quad (2)$$

On peut faire l'approximation suivante $d\tau = d\theta$ car la chaleur est proportionnelle à la température.

R étant la resistance du conducteur

$$\text{on } R = R_0(1 + \alpha \theta) \quad (3)$$

$$C = C_0(1 + \beta \theta)$$

$$\text{et } R_0 = \rho_0 \frac{L}{S} \quad \begin{array}{l} L: \text{longueur du conducteur} \\ S: \text{section du conducteur} \end{array}$$

$$M = \gamma L.S$$

on remplace R et C dans (2)

$$i^2 R_0(1 + \alpha \theta) dt = C_0(1 + \beta \theta) M d\theta$$

en remplaçant R_0 et M

$$i^2 \rho_0 (1 + \alpha \theta) \frac{L}{S} dt = C_0(1 + \beta \theta) \gamma L.S. d\theta \quad (4)$$

$$\frac{1}{S^2} \cdot i^2 dt = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \left(\frac{1 + \beta \theta}{1 + \alpha \theta} \right) d\theta \quad (5)$$

en integrant le premier membre de cette équation

differentielle (5) entre les instants $t=0$ correspondant

au temps initial de court-circuit et t correspondant

au temps de court-circuit.

et le deuxieme membre on l'integre entre les températures

θ_i correspondant à la temperature initiale du conducteur

et θ_f correspondant à la temperature finale du conducteur.

$$\frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{1 + \beta \theta}{1 + \alpha \theta} d\theta \quad (6)$$

l'integration du deuxieme membre nous donne

$$\frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{1 + \beta \theta}{1 + \alpha \theta} d\theta = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \log(1 + \alpha \theta) + \frac{\beta}{\alpha} \theta \right] - \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \log(1 + \alpha \theta_i) + \frac{\beta}{\alpha} \theta_i \right]$$

$$\text{On pose } A(\theta) = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \log(1 + \alpha \theta) + \frac{\beta}{\alpha} \theta \right] \quad (7)$$

On aura

$$A(\theta_f) = \frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt + A(\theta_i) \quad (8)$$

C'est la relation (8) qui nous permet de vérifier la section de la barre aux effets thermiques.

$A(\theta)$ et $\int_0^t i^2 dt$ sont connus et θ_f est déterminée à partir du graphe $A(\theta) = f(\theta)$.

-Calcul de l'intégrale $\int_0^t i^2 dt$:

Nous savons que le courant a deux composantes, l'une périodique et l'autre aperiodique

$$i = i_p + i_a$$

On décompose cette intégrale

$$\int_0^t i^2 dt = \int_0^t (i_p + i_a)^2 dt = \int_0^t i_p^2 dt + \int_0^t i_a^2 dt + \int_0^t 2i_p \cdot i_a dt$$

la dernière intégrale étant négligeable par rapport aux deux premières.

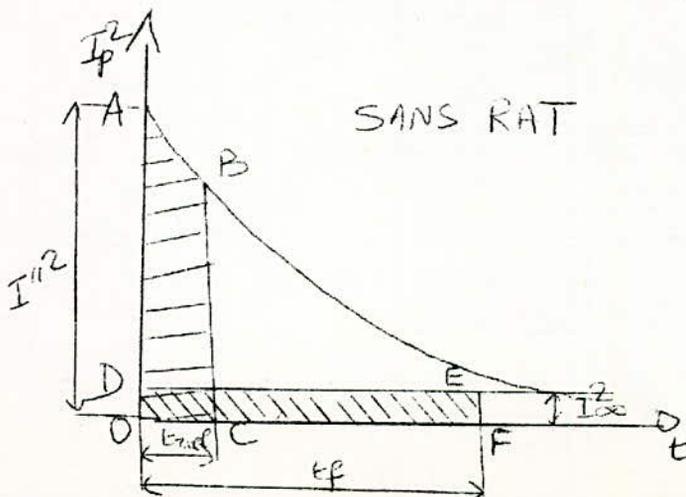
$$\text{soit } \int_0^t i^2 dt = \int_0^t i_p^2 dt + \int_0^t i_a^2 dt$$

les intégrales ci-dessus sont déterminées à l'aide des diagrammes, avec le temps fictif.

- Détermination du temps fictif :

Le temps fictif (t_f) est le temps qui pour un conducteur parcouru par un courant périodique stabilisé de court-circuit donne la même quantité de chaleur que s'il est parcouru par un courant normal de court-circuit.

- temps fictif périodique (t_{fp}) :

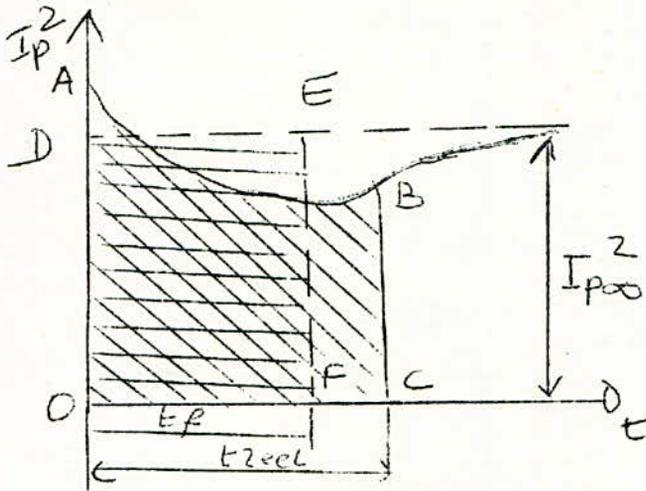


$$i_p^2 dt = S(OABC)$$

Cette aire est proportionnelle à la chaleur dégagée d'où on détermine une surface (ODEF), tel que (ODEF) = (OABC) réelle
 $OC = t =$ durée de court-circuit
 $OF = t_f =$ temps fictif.

quand il n'y a pas de R.A.T (régulateur automatique de tension) le temps fictif est supérieur au temps réel ($t_f > t$)

- Cas où il y a un R.A.T



Dans ce cas t_f réel

et le diagramme nous donne

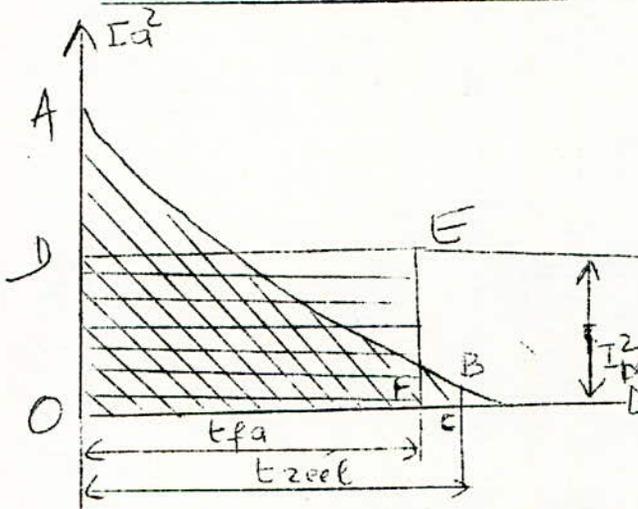
$$I_{p\infty}^2 \cdot t_{fp} = \int_0^t I_p^2 dt$$

le temps fictif périodique est donné par la courbe

$$t_{fp} = f(\beta)$$

$$\text{avec } \beta = I''/I$$

- Temps fictif aperiodique:



OC = temps réel

OF = t_{fa} = temps fictif aperiodique $t_{fa} < t_{réel}$

$$S(ODEF) = S(OABC)$$

de la même façon que précédemment on peut écrire

$$I_{a\infty}^2 t_{fa} = \int_0^t I_a^2 dt$$

- Détermination du temps fictif aperiodique (t_{fa}):

$$\text{on a } i_a = \sqrt{2} I'' \exp(-t/T_a)$$

$$t_{fa} = -\frac{1}{I_{a\infty}^2} \int_0^t ((\sqrt{2} I'' \exp(-t/T_a))^2 dt = 2(I''/I_{a\infty})^2 \int_0^t \exp(-2t/T_a) dt$$

$$\text{comme } \beta = I''/I_{a\infty} \text{ donc } t_{fa} = \beta^2 T_a (1 - \exp(-2t/T_a))$$

La constante de temps $T_a = L/R$ est égale à 0,05 et $t = 0,25$ s

soit $\exp(-2t/T_a) = 1/\exp(10) \approx 0$

$$\text{on obtient } t_{fa} = \beta^2 T_a \quad (9)$$

$$\int_0^t i^2 dt = \int_0^t I_p^2 dt + \int_0^t I_a^2 dt = I_{p\infty}^2 t_{fp} + I_{a\infty}^2 t_{fa} = I_{p\infty}^2 (t_{fp} + t_{fa})$$

$$\text{comme } t_{fp} + t_{fa} = t_f \text{ donc } \int_0^t i^2 dt = I_{p\infty}^2 t_f$$

$$\text{l'expression (8) devient } A(\theta_f) = A(\theta_i) + \frac{I_{p\infty}^2 t_f}{S^2}$$

En regime normal de fonctionnement, la température limite pour le cuivre est de 70°C.

pendant le court-circuit la température des barres ne doit pas dépasser 250°C.

Application :

- Calcul des courants de durée I_{cc}

on a $I_{\infty} = \lambda I_{gn}$ où λ est donné par la courbe

$$\lambda = f(X_d, I_g''/I_n)$$

$$I_{g1}'' = I_{g2}'' = 15,713 \text{ KA} \quad (\text{d'après chap III})$$

$$I_{gn} = 4,2 \text{ KA}$$

$$I_g''/I_n = \frac{15,713}{4,2} = 3,74 \rightarrow \lambda_{g1} = \lambda_{g2} = 1,85$$

$$I_{ccg}^{\infty} = \lambda I_{gn} = 1,85 \cdot 4,2 = 7,77 \text{ KA} \quad (\text{côté } 10,3 \text{ KV})$$

$$I_{ccg}^{\infty} = 7,77 \cdot 10,3/60 = 1,33 \text{ KA} \quad (\text{côté } 60 \text{ KV})$$

Pour avoir le λ du système énergétique il faut considérer le λ de chaque générateur, mais ceci est très difficile car on connaît pas les caractéristiques de ces générateurs. on fait une approximation en prenant

$$\lambda_{\text{moy}} = 1,85 \quad \text{pour les turbogénérateurs}$$

$$\lambda_{\text{moy}} = 3 \quad \text{pour les hydrogénérateurs}$$

$$\text{soit } \lambda_{s.e. \text{ moy}} = 2,4$$

$$I_{cc \text{ se}}^{\infty} = \lambda_{sc} \cdot I_{nsc} = 2,4 \cdot 0,617 = 1,48 \text{ KA}$$

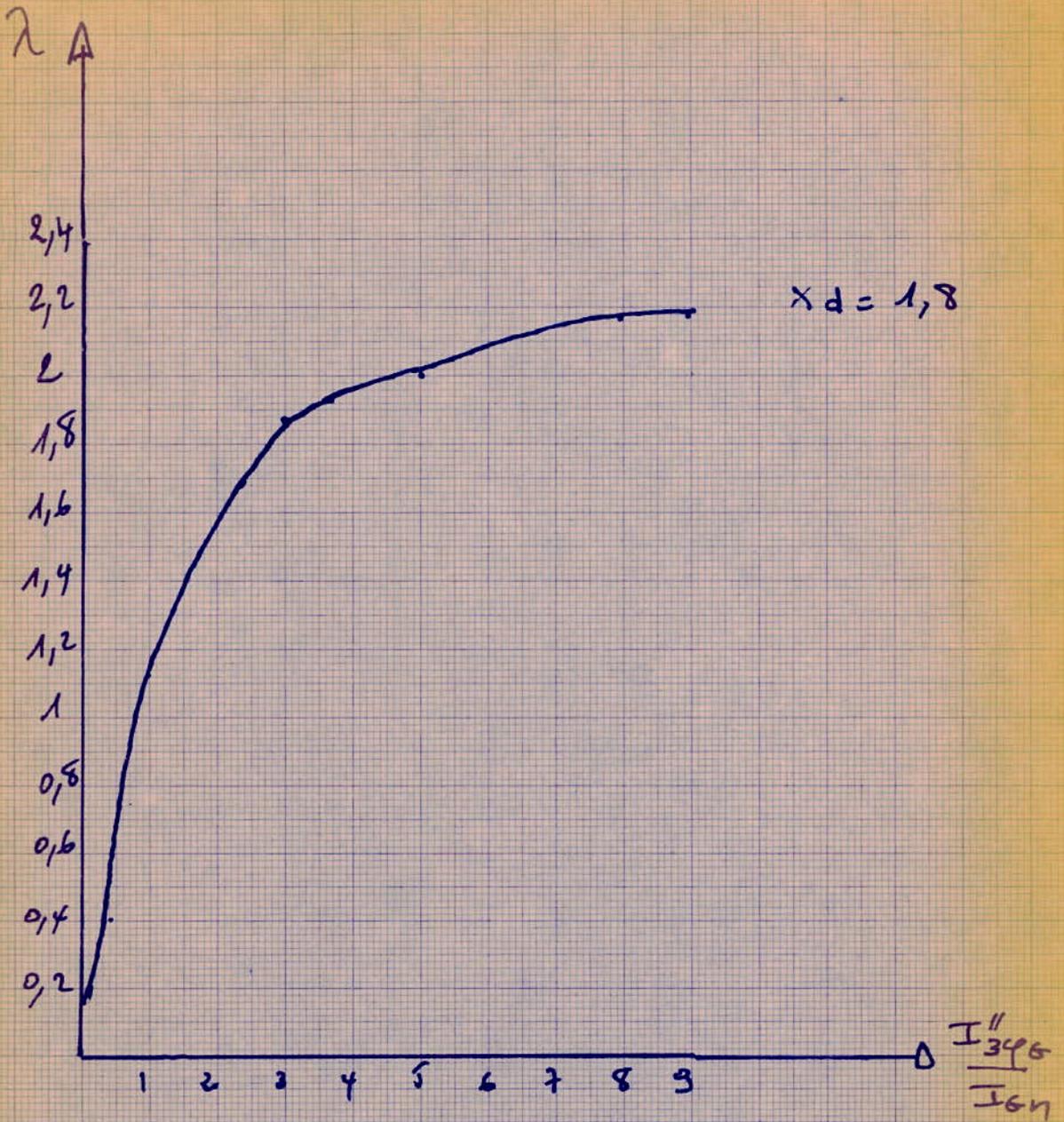
$$\text{avec } I_{nsc} = 0,617 \text{ KA}$$

$$I_{cc \text{ sb}}^{\infty} = 2I_{cc \text{ G}}^{\infty} + I_{cc \text{ se}}^{\infty} = 1,33 \cdot 2 + 1,48 = 4,14 \text{ KA} .$$

- Calcul de β

$$\beta = I''/I_{\infty} = \frac{10,012}{4,14} = 2,4$$

81-B



- Détermination de t_{fp} à l'aide de la courbe $t_{fp} = f(\beta, t)$
pour $\beta = 2,4$ et $t = 0,25s$ on a $t_{fp} = 0,8 s$

- t_{fa} est déterminé par la formule suivante:

$$t_{fa} = \beta^2 Ta = (2,4)^2 \cdot 0,05 = \underline{0,28 s}$$

$$\text{d'où } t_f = t_{fp} + t_{fa} = 0,8 + 0,28 = 1,08 s$$

$$A(\theta_f) - A(\theta_i) = \frac{I_c^2 \cdot t_f}{s^2}$$

$$\text{ou encore } \sqrt{A(\theta_f) - A(\theta_i)} = \frac{I_c}{s} \sqrt{t_f}$$

$$\frac{I_c}{s} \sqrt{t_f} = \frac{4,14 \cdot 10^3}{300 \cdot 10^{-6}} \sqrt{1,08} = 14,3 \cdot 10^6$$

$$\text{soit } A(\theta_f) - A(\theta_i) = 3,78 \cdot 10^3$$

La température initiale étant de $70^\circ C$ ce qui donne

$$A(\theta_i) = 1,2 \cdot 10^4 \text{ d'après la courbe } \theta_c^\circ = f[A(\theta)]$$

$$A(\theta_f) = 1,2 \cdot 10^4 + 3,78 \cdot 10^3 = 1,578 \cdot 10^4$$

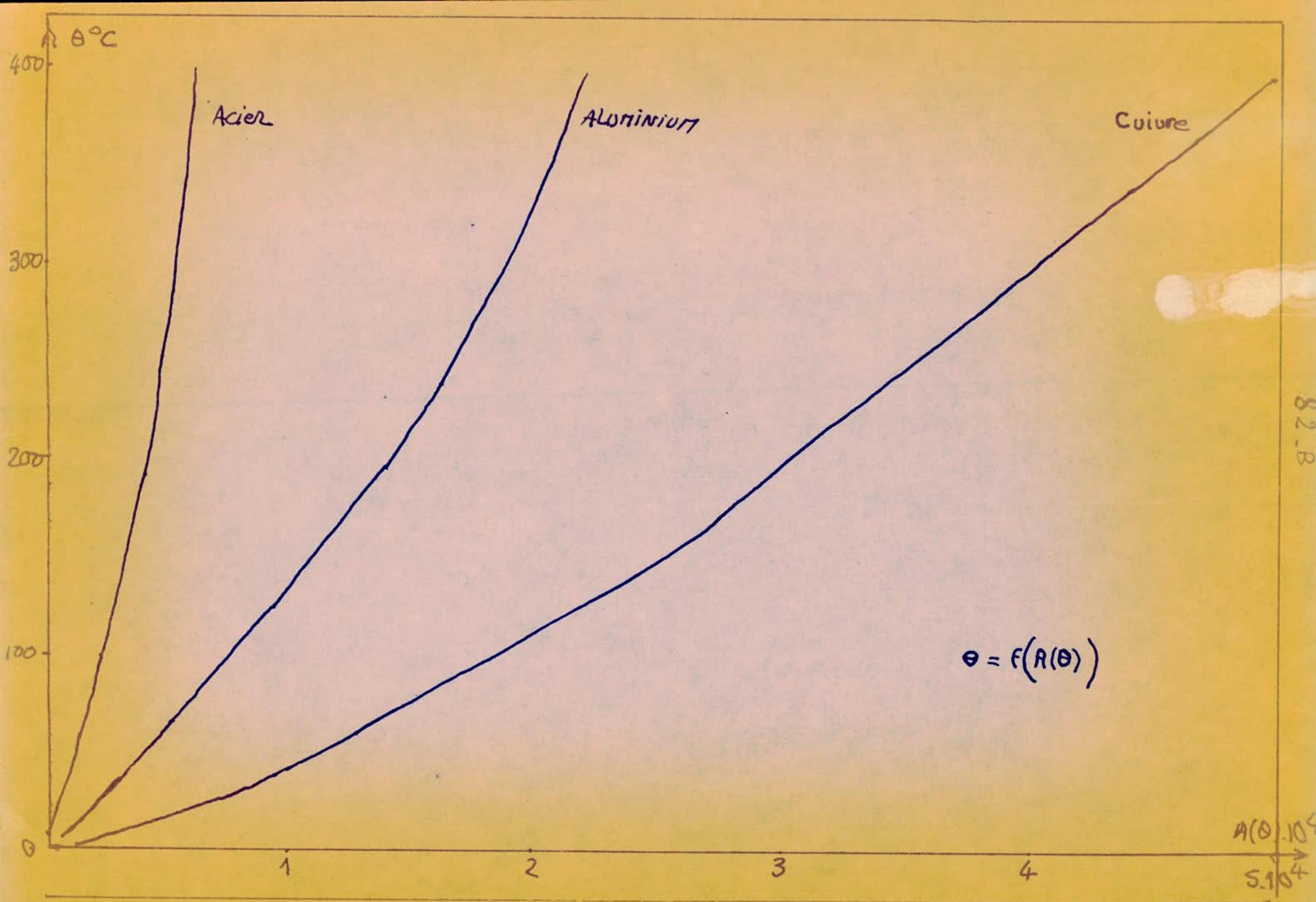
on tire d'après la courbe

$$\underline{\theta_f = 90^\circ C}$$

Cette valeur de la température vérifie la condition

$$\theta_f < 250^\circ C$$

donc la section choisie pour les jeux de barres
vérifie les conditions des effets thermiques.



82.B

$R(\theta) \cdot 10^4$
 \uparrow
 $5 \cdot 10^4$

CHOIX DE L'APPAREILLAGE

V .1 Les disjoncteurs :

Un disjoncteur est choisi à l'aide des caractéristiques suivantes :

- tension nominale
- courant nominal
- courant de coupure ou puissance de coupure
- type d'installation (interieure ou exterieure)

La tension nominale du disjoncteur doit être la même que celle du systeme où est placé ce disjoncteur.

Le courant nominal du disjoncteur doit être toujours supérieur au courant de charge maximum du circuit considéré.

Le courant de coupure doit être plus grand que la valeur efficace du courant de court-circuit au moment où commence la separation des contacts du disjoncteur.

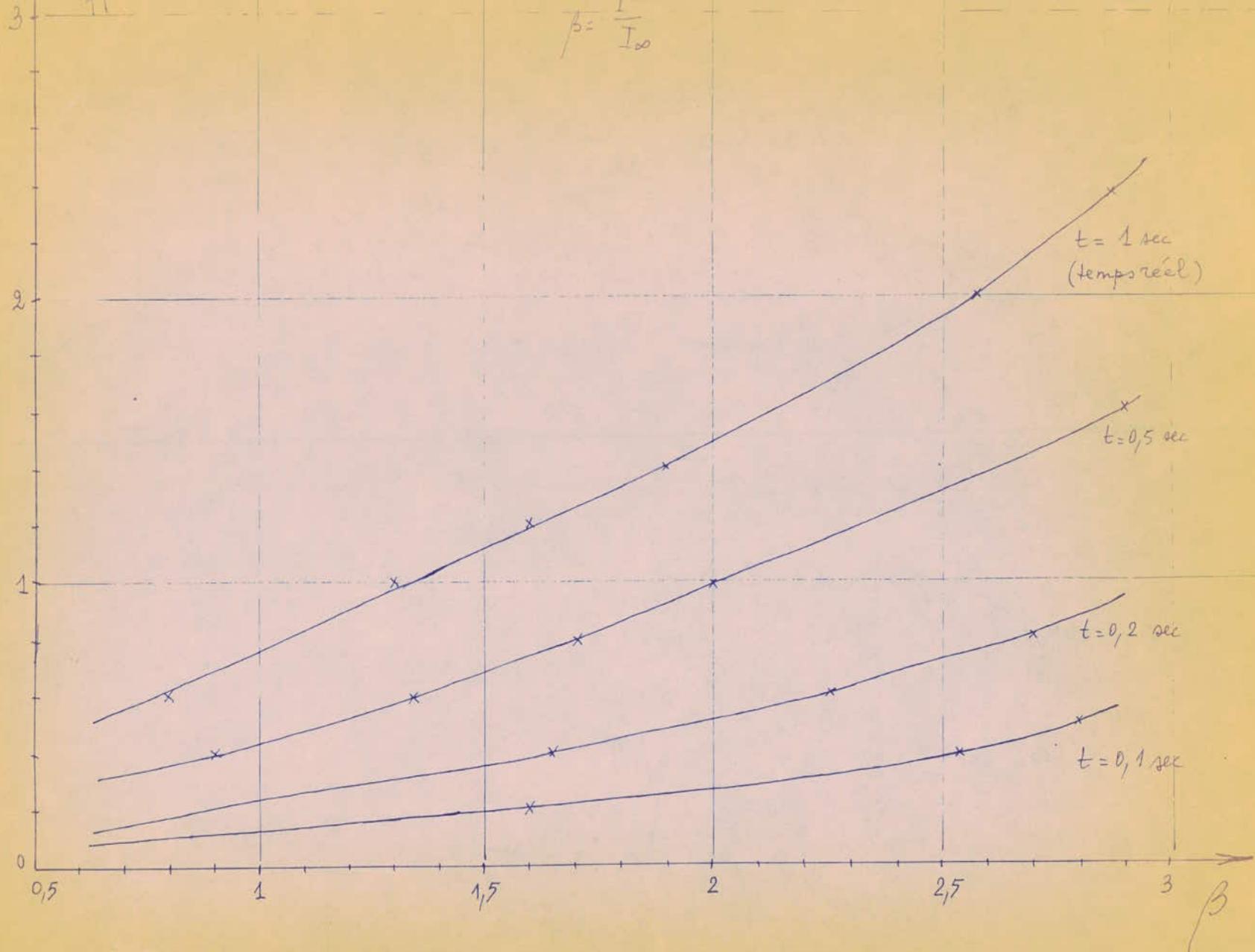
Les deux grandeurs qui interviennent dans le pouvoir de coupure sont:

- la tension de rétablissement
- le courant de court-circuit

La tension de rétablissement est la valeur efficace de la tension à la fréquence de régime (50p/s) qui réapparaît dans le circuit après extinction finale des arcs sur tous les poles .

Lors d'un court-circuit le disjoncteur doit coupé:

- le courant synetrique: valeur efficace de la composante alternative du courant de court-circuit.



- le courant total ou asymétrique: valeur efficace de l'ensemble des composantes, alternative et exponentielle. généralement l'ouverture du disjoncteur se fait à $t=0,2$ s par ^{avant} au moment de la production du court-circuit, dans ces conditions on peut considérer seulement la composante périodique du courant de court-circuit puisque la composante apériodique est bien amortie. par contre si nous utiliserons des disjoncteurs plus rapides, le moment de déclenchement doit être déterminé exactement et dans ce cas on tient compte de la composante apériodique du courant de court-circuit.

- Si on a un système avec neutre isolé il est suffisant de calculer le courant de déclenchement correspondant au court-circuit triphasé, car le courant de déclenchement du court-circuit biphasé est plus petit.

- Si on a un système avec neutre mis à la terre on doit calculer les courants de déclenchement des court-circuits biphasé et monophasé en plus du courant de déclenchement du court-circuit triphasé.

Le disjoncteur doit résister à n'importe quel courant de court-circuit symétrique ou non. dans la plupart des installations électriques le neutre ^{est} mis à la terre _{pas} donc il est suffisant de calculer le courant de court-circuit triphasé.

- Installation des disjoncteurs:

les principes d'installation des disjoncteurs diffèrent considérablement suivant le type de disjoncteur.

-Disjoncteurs à grand ou à faible volume d'huile

-Disjoncteurs pneumatiques

Les premiers assurent une coupure très rapide de l'arc, ce qui est très important pour la réalisation de la stabilité de fonctionnement des grands réseaux au moyen de la protection selective, mais ils présentent l'inconvénient de nécessiter une vérification de l'huile après un certain nombre d'heures de fonctionnement et de contenir de l'huile qui, même en quantité réduite, demeure une cause possible d'incendies, en cas d'emploi à l'intérieur. c'est pour cela il est recommandable de placer les disjoncteurs à l'extérieur de la salle où se trouvent les jeux de barres et le reste de l'appareillage, de manière à éviter les répercussion que pourrait avoir une explosion éventuelle de disjoncteur.

Les disjoncteurs les plus utilisés à l'intérieur des bâtiments sont les disjoncteurs pneumatiques, ces derniers présentent en effet l'avantage de supprimer tout danger d'incendie.

Notre installation est du type intérieur, on utilisera des disjoncteurs pneumatiques avec une installation centrale de production d'air comprimé.

- l'utilisation des selfs de barres à la tension des générateurs a pour but la diminution des courants de court-circuit ce qui nous donne la possibilité de choisir des disjoncteurs avec une puissance de coupure plus faible.

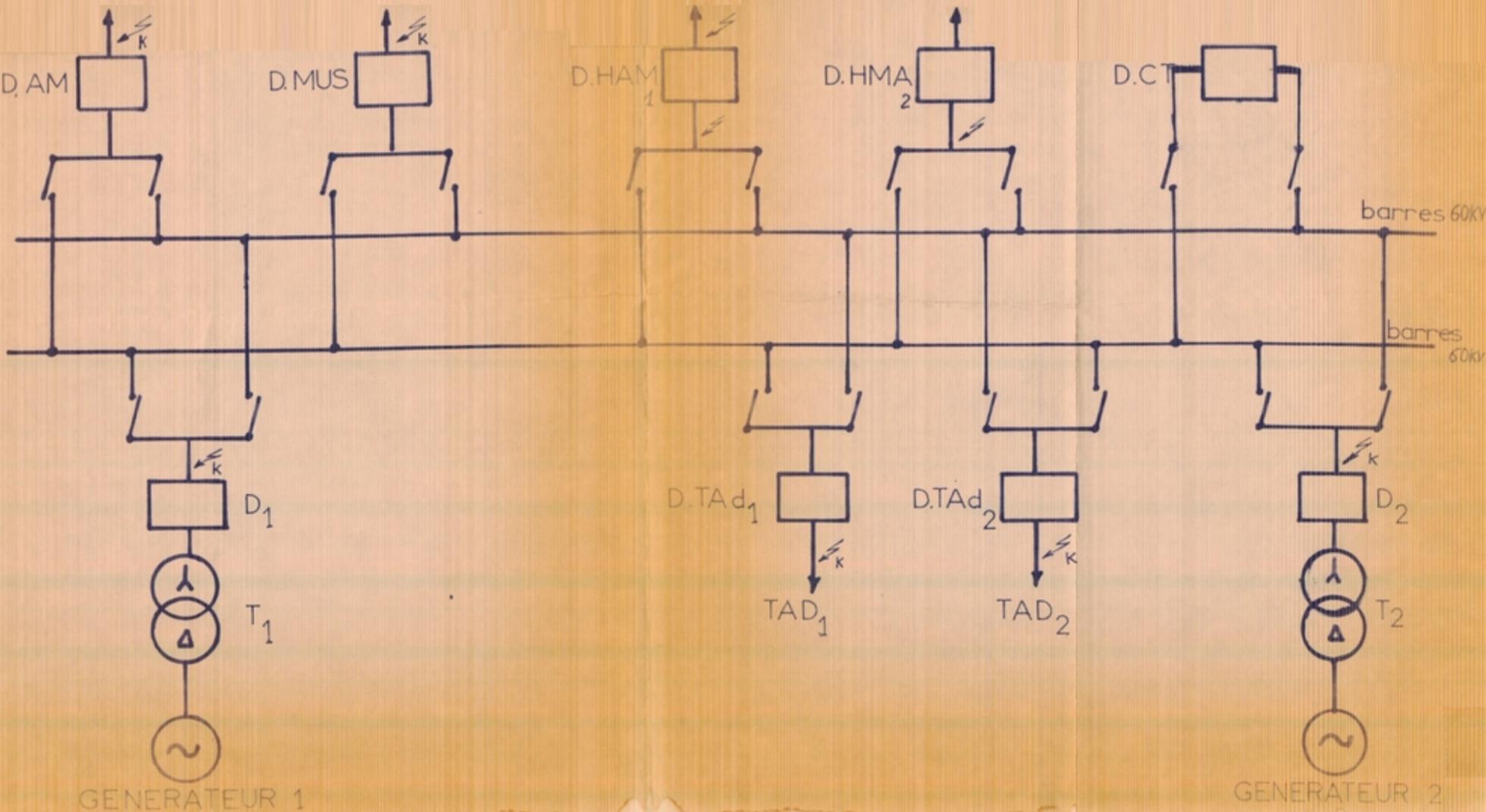
AMIRAUTE

MUSTAPHA

HAMMA 1

HAMMA 2

COUPLAGE barres 60 KV



Application :

- Détermination de toutes les caractéristiques des différents disjoncteurs du schéma :

1) Disjoncteurs D_1 et D_2

a) tension nominale: $U_n = 60$ KV

b) courant nominal : $I_n = 720$ A

c) courant de coupure:

le courant de déclenchement d'un disjoncteur est donné par la formule suivante:

$$I_d = I_{\text{max}} \cdot \mu \quad \text{où} \quad \mu = \psi(I_g''/I_{gn}, t_d)$$

I_g'' = courant de court-circuit surtransitoire donné par le générateur.

I_{gn} = courant nominal du générateur.

t_d = temps de déclenchement du disjoncteur.

$$I_{g1}'' = I_{g2}'' = 15,713 \text{ KA}$$

$$I_{gn1} = I_{gn2} = 4,2 \text{ KA}$$

$$t_d = 0,25 \text{ s}$$

$$I_{g1}''/I_{gn1} = \frac{15,713}{4,2} = 3,74$$

à ce rapport correspond un $\mu = 0,78$ d'après la courbe $\mu = \psi(I_g''/I_{gn}, t_d)$

Le courant de court-circuit max ($t=0$):

$$I_{cc}''_{\text{max}} = 2,697 \text{ KA}$$

$$\text{On tire } I_d = 2,697 \cdot 0,78 = 2,103 \text{ KA}$$

On augmente ce courant I_d de 20% pour une question de sécurité.

$$\text{soit } I_{\text{coup}} = 2,103 + 0,420 = 2,523 \text{ KA}$$

$$\underline{I_c = 2,5 \text{ KA}}$$

2) Disjoncteur du Hamma (système énergétique) Dham:

a) tension nominale $U_n = 60 \text{ KV}$

b) courant nominal $I_n = 617 \text{ A}$

c) courant de coupure :

Le système énergétique étant formé d'un certain nombre de générateurs et la reactance surtransitoire de chaque générateur est variable en fonction du temps.

Pour avoir la reactance surtransitoire du système énergétique il faut considérer toutes les variations des reactances en fonction du temps des générateurs.

Dans notre calcul on supposera que le courant de court-circuit surtransitoire diminue de 20% ^{avant} au de 0,25 s.

ce qui donne une valeur approximative du coefficient

$$\text{soit } \mu = 0,80$$

le courant surtransitoire de court-circuit ($t=0$):

-pour un court-circuit sur les jeux de barres 60 KV

$$I''_{cc \text{ max}} = 4,618 \text{ KA}$$

-pour un court-circuit en aval du disjoncteur

$$I''_{cc \text{ max}} = 5,394 \text{ KA}$$

on prend cette dernière valeur pour calculer I_d

$$I_d = I''_{cc \text{ max}} \cdot \mu = 5,394 \cdot 0,80 = 4,32 \text{ KA}$$

on augmente la valeur de I_d de 20% (pour une question de sécurité)

$$\text{soit } \underline{I_c = 5,2 \text{ KA}}$$

3) Disjoncteurs: D.AM; D.MUS; D.Tad₁; D.Tad₂

Ces 4 disjoncteurs sont parcourus par le courant de court-circuit surtransitoire total lors d'un court-circuit en aval puisque tous les departs sont passifs.

donc $I''_{cc} = 2I''_{ccg} + I''_{ccHam} = 2.2,697 + 4,618 = 10,012$ KA
ce courant diminue de 20% au de $t = 0,25$ s

ce qui donne $I_d = 8$ KA

En augmentant cette valeur de I_d de 25% nous aurons

$$I_c = 10 \text{ KA}$$

4) Disjoncteur D.CT (couplage transversal)

Supposons que les deux générateurs d'ALGER PORT et HAMMA soient reliés au jeu de barre 1 et il se produit un défaut sur le jeu de barre 2, le disjoncteur de couplage est alors traversé par la totalité des courants de court-circuit des différentes sources.

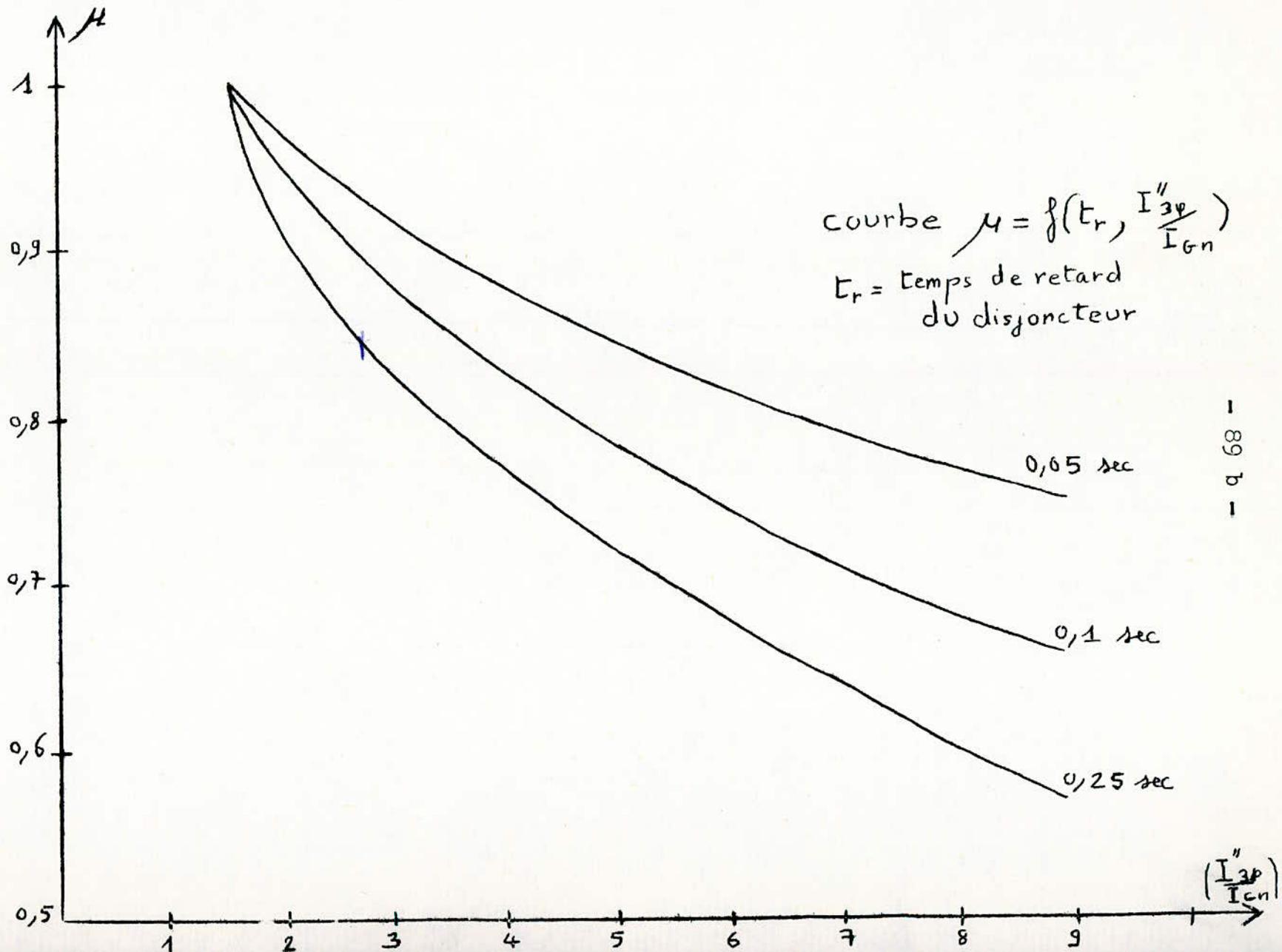
On détermine le courant de coupure de ce disjoncteur comme précédemment.

soit $I_c = 10$ KA

Choix des disjoncteurs

Tableau récapitulatif

Désignation	Un en KV	I coupure en KA	P. de coupure	I normalisé en A
AM	60	10	1040 MVA	400
MUS	"	"	" u	"
Tad ₁ u	"	"	"	200
Tad ₂	"	"	"	400
Couplage	"	"	"	1600
HAMMA I et II	"	5,2	540 MVA	800
G ₁	"	2,5	260 MVA	800
G ₂	"	"	"	"



V.2 Les sectionneurs :

Ils sont choisis à l'aide des caractéristiques suivantes:

- tension nominale
- courant nominal
- type d'installation (intérieur ou extérieur)

Désignation	Un en KV	I normalisé en A	type d'ins- tallation
AM	60	400	intérieur
MUS	"	"	"
Tad ₁	"	200	"
Tad ₂	"	400	"
Couplage	"	1600	"
HAMMA I et II	"	800	"
G ₁	"	"	"
G ₂	"	"	"

CONCLUSION
oooooooooooo

Les installations électriques à haute tension de l'actuelle centrale thermo-électrique d'Alger port sont surdimensionnées en effet:

- Les barres installées sont dimensionnées pour un courant nominal de 3000 A alors que le courant n'est que de 1025 A (voir chap IV).
- Les disjoncteurs sont trop grands ,leurs pouvoirs de coupure étant multipliés par un coefficient assez élevé ce qui revient cher.
- Les sectionneurs sont un peu grands.

Les installations existantes peuvent supporter une puissance de 3 fois celle installée actuellement.

Dans notre étude on n'a pas considéré de défaut entre le générateur et le transformateur principal car les bornes de sortie du stator sont en général reliées directement au transformateur principal par des barres placées dans des gaines coaxiales.