

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

ETUDE D'UN POSTE

220 / 60 / 30 kv

Proposé par :

Mr. CHOULAK

Responsable

à la SONELGAZ

Etudié par :

Ahmed AMIEUR

Abdelkrim DJOUHRI

Dirigé par :

Mr KOURGLI

PROMOTION : Juin 1985

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique
»O«

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Projet de Fin d'Etudes

en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

THEME

ETUDE D'UN POSTE

220 / 60 / 30 kv

Proposé par :

Mr. CHOULAK

Responsable à la SONELGAZ

Etudié par :

Ahmed AMIEUR

Abdelkrim DJOUHRI

Dirigé par :

Mr KOURGLI

Promotion Juin 1985

Promoteur : Pr. K O U R G L I

Titre : Etude d'un poste 220/60/30 KV

Résumé : Notre projet a pour objet l'étude d'un poste d'inter-connexion. On présentera en premier le schéma général de l'ouvrage respectant les conditions techniques relatives à la construction des postes. On procédera ensuite à un calcul de court-circuit duquel dépend le choix des équipements électriques du poste et enfin on a proposé les différentes protections nécessaires au bon fonctionnement de celui-ci.

Title : Study of a transformer station 220/60 /30 KV

Summary : The objective of this scheme is the study of an inter-connection transformer station. First w'll présent the work , having regard for techniques. Conditions of accomplishment. Second we make the short-circuit composition from wich dépendes the choice of electrical equipments. Finally we have proposed the protections for dépendability.

العنوان : دراسة مركز 220 / 60 / 30 كلف .
 ملخص : يتمرر مشروعنا لدارة محطة ارتباط . لسقد وضعنا المخطط الاساسي الحام للمركز
 أخذين بعين الاعتبار القواعد الاساسية التوجيهية لتحقيقه تعرضنا بصدق
 ذلك لحساب الدارة القصيرة الذي سمح لنا باختيار حكيم للتجهيزات
 الكهربائية . وفي الاخير اقترحنا اجهزة لحماية هذه الاخير .

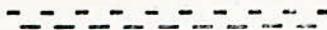
-oOo- REMERCIEMENTS -oOo-

Nous exprimons nos plus vifs remerciements et notre sincère reconnaissance à MM. K O U R G L I, M. C H O U L A K pour leur aide précieuse.

Nous remercions également tous les professeurs qui ont contribué à notre formation.

On ne saura comment remercier MM. C H A O U C H , et A R F O U N I ainsi que tous les agents de l'équipe K.D.L.P. de la SONELGAZ pour la précieuse aide morale et matérielle qu'il nous ont prêtée.





A mon père
A ma mère
A ma grande mère
A mes frères et soeurs.
A toute ma famille.
A tous mes amis,

Je dédie ce humble travail

Abdelkrim

A mon père Aïssa
A ma mère
A mon oncle Ali
A mes frères et soeurs
A tous mes amis

Je dédie ce modeste travail

Ahmed

PARTIE TRES HAUTE TENSION (220 KV)

- 3 lignes (TILRHEMT , BERROUACHIA ; M'SILA)
- 2 jeux de barre de puissance de court-circuit $S_{cc} = 7\ 500\ MVA$
- 2 transformateurs de puissance 80 MVA
- 1 coupleur

PARTIE HAUTE TENSION (60 KV)

- 2 arrivées
- 2 2 lignes (HASSI BAHADAH , LACHOUAT)
- 2 clients
- 2 jeux de barres de puissance de court-circuit $S_{cc} = 2\ 500\ MVA.$
- 2 transformateurs de puissance 40 MVA
- 1 compteur

PARTIE MOYENNE TENSION

- ± 2 cellules arriées
- 16 cellules départs
- 1 jeux de barre connecté par un disjoncteur.

CARACTERISTIQUES DES TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

Transformateur de puissance 80 MVA

- Puissance 80/80/26/66 MVA
- Tensions nominales 220/63/11 KV
- Couplage $\Delta/\Delta/\Delta$

Tension de court-circuit

- $U_{cc} (220/63) = 12\ \%$
- $U_{cc} (220/11) = 10\ \%$
- $U_{cc} (63/11) = 8\ \%$

Puissance de court-circuit

- $P_{cc} (220/63) = 270\ LW$
- $P_{cc} (220/11) = 100\ KV$
- $P_{cc} (63/11) = 95\ KW$

Transformateur de puissance 40 MVA

- Puissance 40 MVA
- Tensions nominales 60/31,5 KV
- Couplage Δ/Δ
- Tension de court-circuit $U_{cc} = 12\ \%$
- Puissance de court-circuit $P_{cc} = 175\ KW$

Distance des lignes

DJELFA	-	M'SILA	-	=	167	Kn
"	-	BERROUACHIA		=	180	Kn
"	-	TILRHEMT		=	204	Kn
"	-	LACHOUAT		=	112,53	Kn
"	-	HASSI BAH BAH		=	78	Kn

- I N T R O D U C T I O N -

Actuellement, l'énergie électrique occupe une place de choix dans le développement économique et industriel.

L'évolution d'un pays est directement liée à la consommation d'énergie par habitant ; c'est un élément déterminant du niveau de vie.

Un centre de consommation n'est pas relié par une seule ligne à une seule centrale capable de lui fournir la puissance maximale nécessaire. Un tel système serait fragile en cas de défaillance des moyens de production ou de la ligne. On ne pourrait y remédier qu'en installant une puissance de secours et en doublant la liaison de raccordement. D'où l'intérêt d'un réseau maillé d'interconnexion, reliant centres de production et centres de consommation.

L'ALGERIE qui entrevoit son développement National par celui de ses différentes régions , a déjà son réseau Nord complètement interconnecté, pour ce qui est du Sud, on procède à son interconnexion progressive.

/)/ous proposons comme objectif l'étude de la Conception du poste de D J E L F A qui permettra :

- La liaison entre le réseau Nord et une Partie du réseau Sud avoisinant.
- le soulagement de la Centrale de H A S S I - R' M E L en ce moment très sollicitée.
- La connexion de celle-ci avec la future centrale de T I L R H E M T.

C H A P I T R E I

PRESENTATION DU POSTE

Le poste se compose d'un certain nombre d'éléments appelés cellules ou travées, groupées en fonction d'un schéma déterminé (schéma unifilaire Planches 1-2-3).

Leur installation (Plan de masse ; Planche 4) doit répondre à un certain nombre de conditions qui réagissent sur la tenue et la fiabilité de l'ouvrage, son Exploitation , ses possibilités d'entretien, d'évolution, d'extension liées à la sécurité du personnel d'intervention, son coût.

I.1/ Lignes T.H.T et H.T.

. Lignes en 220 KV : Le poste de DJELFA reçoit 3 lignes en 220 KV, l'une d'entre elles provient directement de la centrale de M'SILA, l'autre de BERROUAGHIA et la 3eme provient de la centrale de TILRHENT.

. Lignes 60 KV : Le poste est le point de départ de 4 lignes 60 KV, deux d'entre elles, venant de LAGHOUAT et HASSI-BAHBAH, les 2 autres approvisionneront en Energie la future zone industrielle de DJELFA.

I.2/ Disposition du poste

. Conception Générale : Il y a trois tensions différentes, d'où trois zones géographiquement distinctes, une par tension, chacune d'elles ayant ses jeux de barres en propre. Les liaisons entre jeux de barres, à travers des transformateurs, permettent les échanges d'énergie entre reseaux à tensions différentes, à cet effet deux transformateurs 220/63/11 KV permettent la jonction entre les reseaux 220 et 60 KV et assurent en même temps les besoins en energie des services auxiliaires du poste.

Deux autres transformateurs 60/315KV desservent le poste de répartition 30 KV par le biais de deux câbles souterrains.

I.3/ Consistance des Postes :

. Poste 220 KV :

Cette partie s'articule autour de deux jeux de barres dont la disposition est du type (à phases associées) elle comporte :

- * 4 travées lignes, dont une en reserve. Chacune comporte :
 - 3 diviseurs capacitifs de tension
 - 3 transformateurs de courant (à 3 enroulements)
 - 3 circuits bouchons
 - 1 sectionneur de mise à la terre de la ligne.
 - 1 sectionneur de ligne
 - 1 disjoncteur de ligne
 - 2 sectionneurs d'aiguillage
- * 2 travées transformateurs comportant chacune :
 - 1 transformateur de puissance à 3 enroulements
 - 2 sectionneurs d'aiguillage
 - 1 disjoncteur
 - 1 parafoudre
 - 3 buschings

La jonction avec le poste 60 KV s'effectue par câble souterrain par l'intermédiaire d'un sectionneur de liaison et d'une boîte à câbles.

- * 1 travée couplage comportant :
 - 2 sectionneurs d'aiguillage
 - 1 disjoncteur
 - 3 transformateurs de courants

. Poste 60 KV : Comme pour le poste 220 KV cette partie s'articule autour de deux jeux de barres du type omnibus ; il comporte :

- * 5 travées lignes dont une en reserve et 2 départs clients. Chaque travée comporte :
 - 3 diviseurs de tension (Inductifs)
 - 3 transformateurs de courant (à 2 roulements)
 - 1 circuit bouchons sur la phase médiane
(les départs clients ne comportent pas de circuit bouchon)
 - 1 sectionneur de mise à la terre de la ligne.
 - 1 sectionneur de ligne
 - 1 disjoncteur de ligne
 - 2 sectionneurs d'aiguillage

* 1 travée couplage
de même consistance que celle du poste 220 KV sauf qu'elle ne comporte pas de T.C.

* 2 travées "Arrivée transfo" , chacune comportant :

- 1 boîte à câble
- 3 transformateurs de tension (inductifs)
- 3 transformateurs de courant (à 2 enroulements)
- 1 sectionneur de ligne
- 1 disjoncteur
- 2 sectionneurs d'aiguillage

* 2 travées "départ transfo", chacune comportant :

- 2 sectionneurs d'aiguillage
- 1 disjoncteur
- 1 transformateur de puissance à 2 enroulements
- 3 buschings

La jonction avec le poste 30 KV s'effectue par câble souterrain par l'intermédiaire d'un sectionneur de liaison et d'une boîte à câbles.
• Poste 30 KV : Il est du type "préfabriqué intérieur" et comporte un jeu de barres sectionné ; 2 cellules arrivées et 16 cellules départs réparties uniformément.

I.4/ Installations annexes :

Elles comportent tous les ouvrages communs nécessaires dans le cadre général du poste. Elles comprennent :

a) le bâtiment de commande : il comporte

- la salle de commande regroupant les équipements de commande, contrôle et signalisations des installations de haute tension.
- la salle de l'unité des services auxiliaires qui abrite les installations des services auxiliaires.
- les installations de télécommunications et leur atelier d'énergie (Batterie 48 V et redresseur)
- la salle du groupe de secours
- les locaux de service : bureaux, chambre pour l'agent de garde, sanitaire, atelier, etc...

- b) les bâtiments de relai : comportant les objectifs de protection et de mesure des postes haute tension ; chaque bâtiment regroupe les dispositifs de deux travées adjacentes.
- c) les maisons d'habitation :
- d) les clôtures : qui délimitent le poste et assurent la protection des installations et les réseaux généraux d'accès et circulation.

I.5/ Règles de normalisation et de coordination pour l'installation des postes.

- Introduction : Lors de la conception d'un poste, il est indispensable que toutes les mesures soient prises pour éviter que des contournements ou des amorçages ne se produisent en un point quelconque de l'installation. Il en résulte des distances minimales à observer entre pièces sous tension et masse d'un part et entre pièces sous tensions de phases différentes.

Ces distances sont fonction de la configuration des pièces à installer.

I.5.1/ Distance minimale entre parties sous tension et masse :

Ces distances correspondent aux distances d'amorçage (0%) augmentées de (10%) pour tenir compte d'une sécurité par rapport aux conditions limites de non amorçage.

En certains points particuliers des installations telles que croisements de connexions, les distances doivent être précisément mesurées.

I.5.2/ Distances minimales entre parties sous tension :

Ces distances sont celles définies ci-dessus valables entre pièces sous-tension et masse augmentées de 15%.

I.5.3/ Distances pratiques :

Les distances ainsi définies s'entendent entre pièces sous tension et non entre axes des appareils. La dissymétrie de certains appareils leurs gabarits et leurs géométries particulières nécessitent une attention particulière. Leurs implantations doivent être regardées dans chaque cas compte tenu de leurs dimensions et formes.

D'autres considérations entrent également en ligne de compte lors de l'étude de l'installation. Il s'agit essentiellement des balancements des connexions souples sous l'effet du vent, des mouvements consécutifs aux efforts électrodynamiques engendrés par les forts courants de court-circuit, de l'effet couronne qui à partir de l'échelon de tension 245 KV conduit dans certains cas à un accroissement des distances entre phases.

I.5.4/ Distances de sécurité :

Les distances déterminées selon les considérations précisées ci-dessous correspondent aux conditions de fonctionnement de l'ouvrage. La nécessité pour le personnel d'exploitation et d'entretien de pouvoir circuler et intervenir dans le cadre défini de ses attributions en n'importe quel point du poste, et en toutes circonstances a conduit à définir d'autres distances dites de sécurité.

Distance minimale entre le sol et les parties sous tension :

En absence de grillage cette distance est de :

$$2,3m + 0,0075 U_1$$

U_1 étant en KV la tension nominale d'isolement du matériel pour l'échelon de tension considéré.

La distance ainsi déterminée ne vise que la circulation du personnel elle s'entend à minima entre le niveau de circulation à l'endroit considéré et la partie inférieure des pièces nues sous tension.

Les conditions d'exploitation et d'entretien des ouvrages ont conduit par ailleurs à la définition des distances minimales au sol suivantes applicables en toutes tensions :

- 2,25m à partir de la base de la jupe inférieure des isolateurs.
 - 2,25m plus la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré à partir du point sous tension le plus bas. Cette valeur ne doit pas être inférieure à 3,00 m
- s'agissant là des règles de sécurité c'est la plus sévère de ces deux conditions qui sera retenue.

Distances de travail :

Elles sont comptées horizontalement et verticalement entre parties sous tension, elles résultent de l'application des expressions suivantes :

(./.)

Horizontalement :

1,75m plus la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré avec comme pour les distances au sol un minimum de 3,00m.

Verticalement :

1,25m plus la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré.

• Manutention :

La largeur des passages qui servent à la manutention du matériel à proximité des parties sous tension de l'installation est déterminée par la largeur du gabarit maximal susceptible d'être occupé par ce matériel à laquelle est ajoutée de part et d'autre une distance masse. Il est entendu que la largeur du gabarit maximal comprend celle du matériel augmentée de la latitude de déplacement du véhicule transporteur.

On notera enfin que l'altitude à laquelle doit être conduit l'ouvrage influe sur les distances citées, en effet, les valeurs indiquées sont valables jusqu'à 1000m. Au delà et jusqu'à 3000 mètres, les distances doivent être majorées de 1,25 pour cent par 1000 mètres.

DISTANCES D'INSTALLATION DE L'APPAREILLAGE DES POSTES ET DES CONNEXIONS DE RACCORDEMENT

Tension Nominale		Tension de tenue au choc Uc (KV)	Distance d'amorçage 0 % cm	Distance minimale		Distance de sécurité		
Du réseau (KV. off)	d'isolement Un choc Uc (KV) crête			à la masse (cm)	entre phases et en opposition de phases (cm)	minimale Sousconnexion (cm)	De travail	
							Horizontale (cm)	dessus du plan de travail
5,5	7,2	60	9	10	12	Minimum de 300 en l'absence de grillage ou d'écran.	Minimum de 300	Minimum de 300
10	12	75	12	13	15			
15	17,5	95	16	18	21			
	23	95	16	18	21			
20	24	125	20	22	25			
30	36	170	30	33	38			
45	52	250	48	53	61			
63	72,5	325	63	70	80			
90	100	380	73	83	95			
150	170	650	138	152	175			
225	245	900	196	216	250	308	327	341
380	420	1550	330	350	400	377	391	475
						445	527	
						575		

C H A P I T R E I I

COURANTS DE COURT-CIRCUIT

INTRODUCTION :

Un court-circuit est une fermeture brusque du Circuit sur une impédance beaucoup plus faible que celle des récepteurs alimentés , en régime normal. Pratiquement ce n'est que l'impédance se trouvant entre les sources et le point de court-circuit.

Le court-circuit est l'un des défauts qui affectent le plus le réseau électrique.

Origines des défauts : Elles peuvent être internes ou externes, et sont dues essentiellement à des causes :

- Electriques
- Mécaniques
- Atmosphères
- Fausses manœuvres.

Conséquences des défauts : Ces défauts ont des effets négatifs et engendrent des dégâts matériels très importants qui sont surtout dus à :

- Effet joule
- Effet électrodynamiques
- Effet d'induction
- Pertes de synchronisme etc...

II. IMPORTANCE DU CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT :

La connaissance des courants (ou puissance) de court-circuit dans les réseaux de transport est nécessaire vu qu'elle permet :

- Le dimensionnement des jeux de barres.
- Le dimensionnement des disjoncteurs et des transformateurs de courant.
- Le Dimensionnement convenable des prises de terre
- Le réglage des différentes protections.
- La prévision des troubles éventuels induits sur les autres lignes ou sur le réseau de télécommunications.

II.2 CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT :

Le calcul exact du courant de c-c en un point du réseau est en général très compliqué. En pratique dans les réseaux à haute et en partie à moyenne tension et, à fin de simplifier le calcul il est admis d'appliquer les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Les circuits magnétiques sont non saturés.
- Les courants de magnétisation des transformateurs sont négligeables.
- Les capacités des lignes sont négligeables.
- La résistance de l'arc due au court-circuit est négligeable.

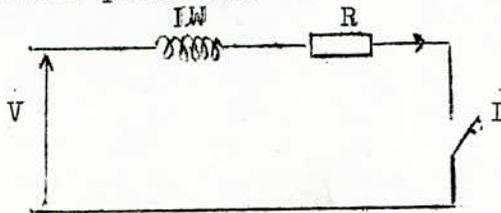
Les court-circuits se produisant dans les réseaux sont rarement triphasés symétriques, pour 100 défauts constatés on relève en moyenne.

- 70 % de défauts monophasés
- 25 % de défauts diphasés
- 5 % de défauts triphasés.

Le calcul du courant de court-circuit triphasés, malgré leur faible probabilité d'apparition représente un élément essentiel dans le choix des équipements électriques du poste.

II.3 ETUDE DU COURT-CIRCUIT TRIPHASE

Soit le circuit monophasé alimenté par une source de tension sinusoïdale infiniment puissante.



La tension de source : $V = V_m \sin(\omega t + \psi)$

où : V_m : Valeur maximale

ψ : angle de phase au moment de la fermeture du disjoncteur D. Le bilan des tensions dans le circuit après la fermeture du disjoncteur D. est le suivant.

$$V_m (\omega t + \psi) = L \frac{di}{dt} + Ri.$$

La solution de cette équation est :

$$i = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \sin(\omega t + \psi - \varphi) - \sin(\psi - \varphi) e^{-\frac{R}{L} t}$$

où φ : angle de court-circuit tel que : $\tan(\varphi) = \frac{L\omega}{R}$

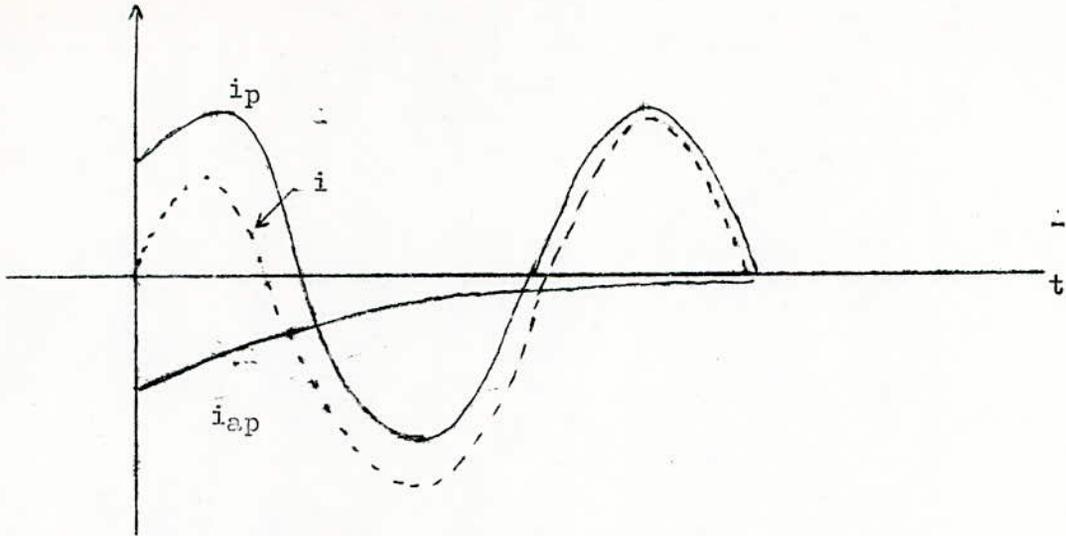
$I_{pm} = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}$ amplitude de la composante périodique

Le courant i se compose en une composante périodique i_p et une composante apériodique i_{ap} :

$$i_p = I_{pm} \sin(\omega t + \psi - \varphi)$$

$$i_{ap} = -I_{pm} \sin(\psi - \varphi) e^{-\frac{R}{L} t}$$

REPRESENTATION GRAPHIQUE



II. 4 UTILISATION DES COMPOSANTES SYMETRIQUES POUR LE CALCUL DE COURANTS DE COURT-CIRCUIT :

Soit un système triphasé quelconque de tensions simples V_1, V_2, V_3 par exemple. On peut considérer ce système comme la superposition de 3 systèmes équilibrés :

- l'un direct
- l'autre inverse
- le troisième homopolaire :

$$\begin{aligned} V_1 &= V_d + V_i + V_o \\ V_2 &= a^2 V_d + a V_i + V_o \quad (1) \quad \text{avec } a = e^{-j \frac{2\pi}{3}} \\ V_3 &= a V_d + a^2 V_i + V_o \end{aligned}$$

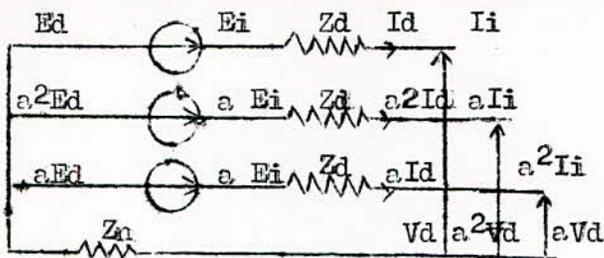
Le système direct est : $V_d, a^2 V_d, a V_d$
 Le système inverse est : $V_i, a V_i, a^2 V_i$
 Le système homopolaire est : V_o, V_o, V_o

Les trois vecteurs V_d, V_i, V_o sont appelés composantes ou coordonnées symétriques du système réel, V_1, V_2, V_3 .

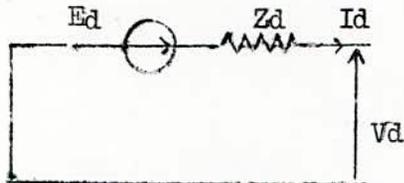
Les composantes sont définies par la transformation de Fortescue :

$$\left. \begin{aligned} V_d &= \frac{1}{3} (V_1 + a V_2 + a^2 V_3) \\ V_i &= \frac{1}{3} (V_1 + a^2 V_2 + a V_3) \\ V_o &= \frac{1}{3} (V_1 + V_2 + V_3) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

SCHEMA TRIPHASE POUR LES COMPOSANTES DIRECTE ET INVERSE



SCHEMA MONOPHASE



SCHEMA DE LA COMPOSANTE HOMOPOLAIRE

Schéma Triphasé :

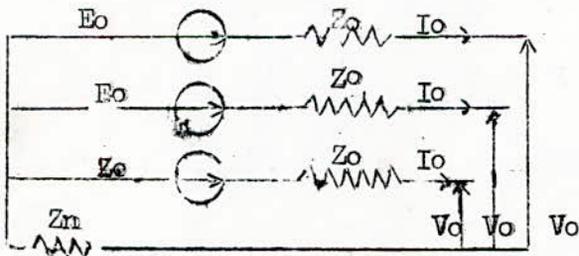
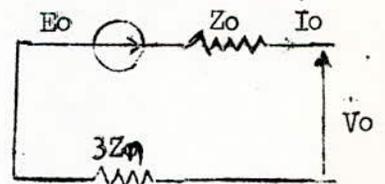


Schéma Monophasé



La loi d'Ohm appliquée au circuit donne :

$$\begin{aligned} E_d &= V_d + Z_d I_d \\ E_i &= V_i + Z_i I_i \\ E_o &= V_o + Z_o I_o \end{aligned}$$

L'alternation d'après sa constitution ne peut induire qu'un système de f.c.m direct, on a alors :

$$\begin{aligned} E_d &= V_d + Z_d I_d \\ 0 &= V_i + Z_i I_i \\ 0 &= V_o + Z_o I_o \end{aligned}$$

Comme on est dans le cas d'un court circuit triphasé on a :

$$V_1 = V_2 = V_3 = 0$$

d'après le système (1) et (3) on obtient :

$$V_d = V_i = 0$$

d'ou : $E_d = Z_d I_d$; $I_{cc} = I_d = \frac{E_d}{Z_d}$

Généralement on prend $E_h = 1,1 U_n$ du fait que la tension au point de court-circuit peut être supérieure à la tension nominale du réseau, comme on néglige la résistance et qu'on ne tient compte que des réactances. On obtient ainsi une valeur approchée par excès du courant de court-circuit symétrique.

$$d'où \quad I_{cc} = \frac{1,1 U_n}{\sqrt{3} \times X_d}$$

C'est donc l'impédance directe qui intervient dans les calculs.

II. 5 COURANT DE CHOC

Le courant de choc est par définition la valeur maximale du courant de court-circuit symétrique (composante périodique + composante apériodique.)

On a

$$i = i_p + i_{ap}$$

$$i_p = I_{pm} \sin \left(\omega t + \psi - \varphi \right)$$

$$i_{ap} = -I_{pm} \sin \left(\psi - \varphi \right) e^{-\frac{R}{L} t}$$

$$\text{à l'instant } t = 0 \quad i_p(0) = -i_{ap}(0)$$

$i_p(0)$ et $i_{ap}(0)$ sont maximales pour : $\psi - \varphi = \pm \frac{\pi}{2}$
dans ce cas. :

$$i = I_{pm} \left[\sin \left(\omega t \pm \frac{\pi}{2} \right) - \sin \left(\pm \frac{\pi}{2} \right) e^{-\frac{R}{L} t} \right]$$

$$i = \pm I_{pm} \left(\cos \omega t - e^{-\frac{R}{L} t} \right)$$

$$i = i_{ch} \quad \text{quant } \cos(\omega t) = -1 \quad \text{c.a.d.} \quad \omega t = \pi$$

$$d'où \quad t = \frac{\pi}{\omega} = \frac{\pi}{2 \pi f} = 0,01 \text{ s} \quad (f = 50 \text{ Hz})$$

en posant $T_1 = \frac{X_{vu}}{\omega R_{vu}}$; constante de temps

$$i_{pm} = I_{peff} \cdot \sqrt{2} = I_u \sqrt{2}$$

On a finalement :

$$i_{ch} = \sqrt{2} I_{cc} \left(1 + e^{-0,01/T_1} \right) = \sqrt{2} \cdot I_{cc} \cdot K_{ch}$$

$$\text{avec } : K_{ch} = \left(1 + e^{-0,01/T_1} \right)$$

K_{ch} : Coefficient de choc.

II. 6 ELEMENTS DE BASE DEC CALCUL

Impédance ramenée au niveau de tension Ux

Pour le calcul du courant de court-circuiton un point déterminé il faut ramener toutes les impédances à un niveau de tension Ux et cela à fin de pouvoir utiliser la notion d'impédance Série et parallèle

$$Z_r = Z_x \frac{U_x}{U}$$

Z_r : impédance ramenée au niveau de tension Ux

Z_x : impédance au niveau de tension U

Grandeur réduite

La grandeur réduite d'une grandeur physique donnée est le rapport de cette dernière par une autre grandeur physique de même nature , qui a été choisie arbitrairement comme référence et appelée "grandeur de base "

Choix des grandeurs de bases

On choisit généralement comme grandeur de base la puissance de base : S_b et la tension de base U_b . On en déduit :

- Le courant de base : $I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} U_b}$

- L'impédance de base : $Z_b = \frac{U_b^2}{S_b}$

Les grandeurs réduites des différents éléments du réseau sont alors :

$$S^* = \frac{S}{S_b} \quad U^* = \frac{U}{U_b} \quad ; \quad I^* = \frac{I}{I_b} \quad X^* = \frac{X}{Z_b} \quad R^* = \frac{R}{Z_b}$$

Réseau actif :

$$X_{RA}^* = \frac{1,1 U_n^2}{S_{cc}} \times \frac{1}{Z_b}$$

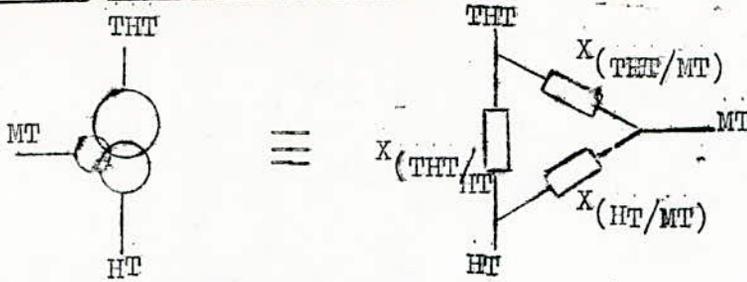
S_{cc} : Puissance de ec sur J.d. b

Transformateurs à deux enroulements

$$X^* \approx Z^* = \frac{U_{cc} (\%)^2}{100} \frac{U_n^2}{S_n} \frac{1}{Z_b}$$

$$R_T^* = \frac{\Delta P_{cc} (Kw)}{1000} \frac{U_n^2}{S_n^2} \frac{1}{Z_b}$$

Transformat à 3 enroulements :



$$X^{**} (THT / HT) = \frac{U_{cc} (THT / HT) (\%)^2}{100} \cdot \frac{Un^2}{Sn^2} \cdot \frac{1}{Zb}$$

$$X^{**} (THT / MT) = \frac{U_{cc} (THT / MT) (\%)^2}{100} \cdot \frac{Un^2}{Sn^2} \cdot \frac{1}{Zb}$$

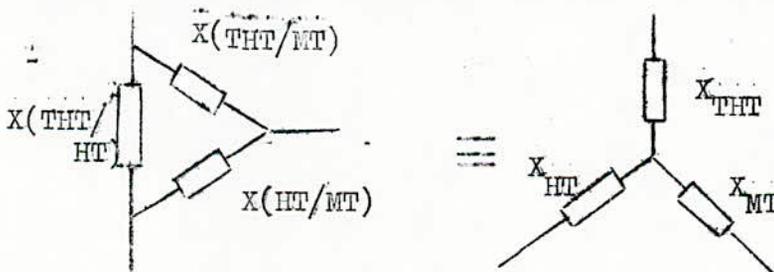
$$X^{**} (HT / MT) = \frac{100 (HT / MT) (\%)^2}{U_{cc}} \cdot \frac{Un^2}{Sn^2} \cdot \frac{1}{Zb}$$

$$R^* (THT / HT) = \frac{(THT / HT) (kw)}{1000} \left(\frac{Un}{Sn} \right)^2 \cdot \frac{1}{Zb}$$

$$R^* (THT / MT) = \frac{(THT / MT) (kw)}{1000} \left(\frac{Un}{Sn} \right)^2 \cdot \frac{1}{Zb}$$

$$R^* (HT / MT) = \frac{(HT / MT) (kw)}{1000} \left(\frac{Un}{Sn} \right)^2 \cdot \frac{1}{Zb}$$

On peut passer d'un schéma en triangle à un schéma en étoile équivalent



avec

$$X (THT/HT) = X^{**} (THT) + X^{**} (HT)$$

$$X^{**} (THT / MT) = X^{**} (THT) + X^{**} (MT)$$

$$X^{**} (HT / MT) = X^{**} (HT) + X^{**} (MT)$$

La résolution du système donne :

$$X^{**} (THT) = \frac{1}{2} (X^{**} (THT / HT) + X^{**} (THT / MT) - X^{**} (HT / MT))$$

$$X^{**} (HT) = \frac{1}{2} (X^{**} (THT / HT) + X^{**} (HT / MT) - X^{**} (THT / MT))$$

$$X^{**} (MT) = \frac{1}{2} (X^{**} (THT / MT) + X^{**} (HT / MT) - X^{**} (THT / HT))$$

On a les mêmes formules pour les résistances. :

II. 7 APPLICATIONS

Grandeur de base

On a choisi : $U_b = 220 \text{ kV}$
 $S_b = 80 \text{ MVA}$

d'où $I_b = \frac{80}{\sqrt{3} \cdot 220}$ $X_b = \frac{(220)^2}{80}$
 $I_b = 0,21 \text{ kA}$
 $X_b = 605$

Réseaux actifs

$$X^*_{RA1} = \frac{1,1 (220)}{7500} \frac{1}{605} \quad X^*_{RA1} = 0,012 \text{ Pu}$$

$$X^*_{RA2} = \frac{1,1 (60)^2}{2700} \frac{1}{605} \times \left(\frac{220}{63}\right)^2, \quad X^*_{RA2} = 0,032 \text{ Pu}$$

TRANSFORMATEURS :

à 2 enroulements :

$$X^*_T = \frac{12}{100} \frac{(60)^2}{40} \left(\frac{220}{63}\right)^2 \frac{1}{605} \quad X^*_T = 0,218 \text{ Pu}$$

$$R^*_T = \frac{175}{1000} \frac{(60)^2}{(40)^2} \left(\frac{220}{63}\right)^2 \frac{1}{605} \quad R^*_T = 0,008 \text{ pu}$$

à 3 enroulements

$$X^*(220/63) = \frac{12}{100} \frac{(220)^2}{80} \frac{1}{605} \quad X^*(220/63) = 0,12 \text{ Pu}$$

$$X^*(220/11) = \frac{10}{100} \frac{(220)^2}{26,66} \frac{1}{605} \quad X^*(220/11) = 0,3 \text{ Pu}$$

$$X^*(63/11) = \frac{8}{100} \frac{(220)^2}{26,66} \frac{1}{605} \quad X^*(63/11) = 0,24 \text{ Pu}$$

$$R^*(220/63) = \frac{270}{1000} \frac{(220)^2}{80} \frac{1}{605} \quad R^*(220/63) = 0,003 \text{ Pu}$$

$$R^*(220/11) = \frac{100}{1000} \frac{(220)^2}{26,66} \frac{1}{605} \quad R^*(220/11) = 0,0113 \text{ Pu}$$

$$R^*(63/11) = \frac{95}{1000} \frac{(220)^2}{26,66} \frac{1}{605} \quad R^*(63/11) = 0,0107 \text{ Pu}$$

$$X^*_{220} = 0,09 \text{ Pu}$$

$$X^*_{63} = 0,02 \text{ Pu}$$

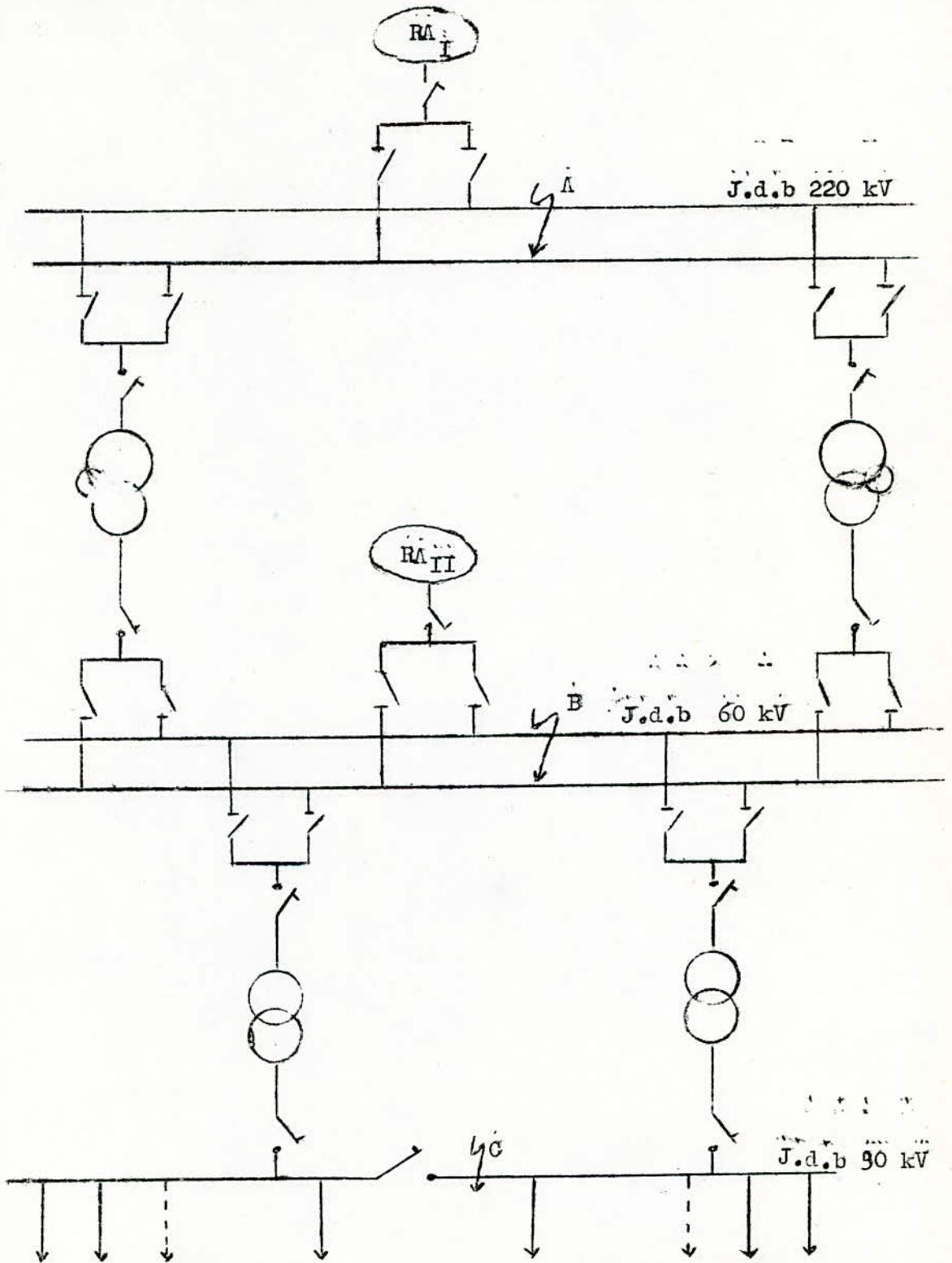
$$X^*_{11} = 0,21 \text{ Pu}$$

$$R^*_{220} = 0,002 \text{ Pu}$$

$$R^*_{63} = 0,0014 \text{ Pu}$$

$$R^*_{11} = 0,0093 \text{ Pu}$$

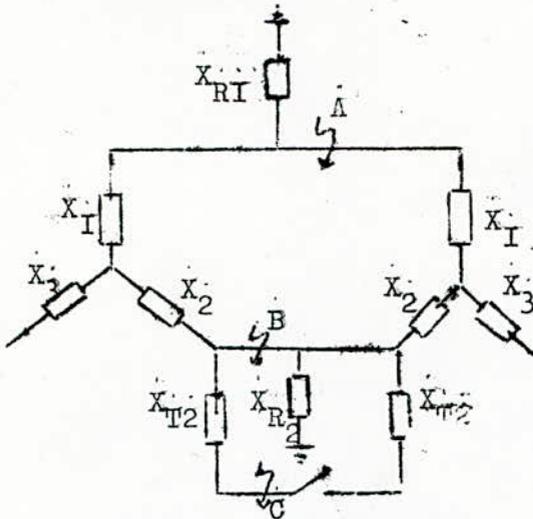
SCHEMA GLOBAL DU POSTE



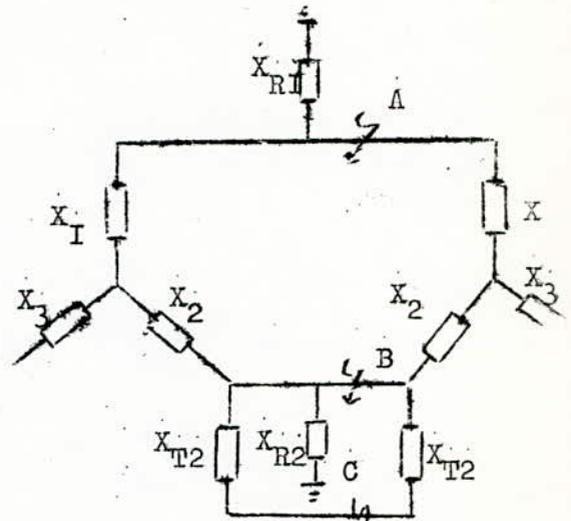
On s'est intéressé au calcul des courants de court-circuit aux points A, B et C dans tous les cas qui peuvent se présenter .

Schéma équivalent monophasé :

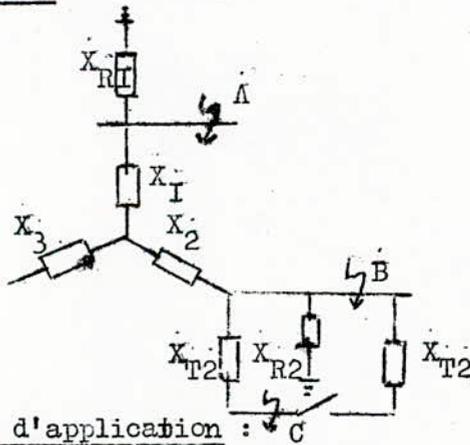
1er Cas



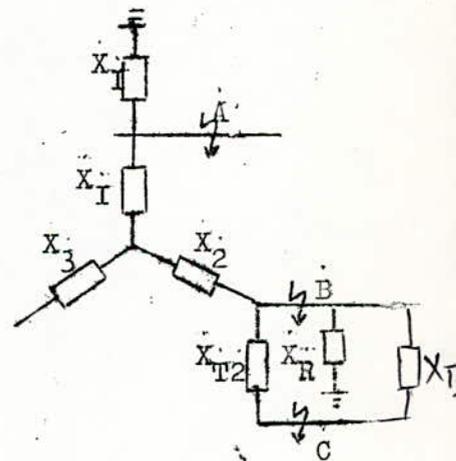
2ème Cas



3ème Cas



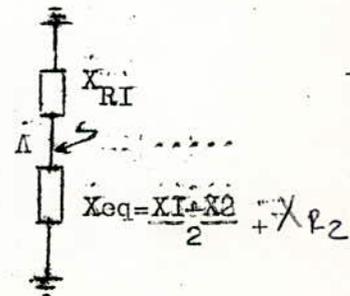
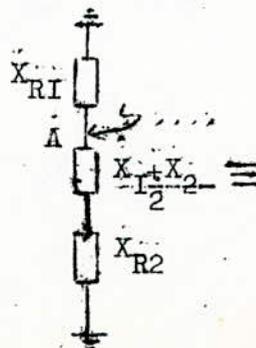
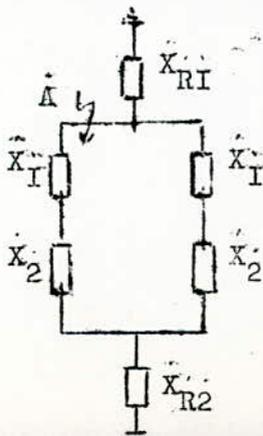
4ème Cas



Exemple d'application :

1er Cas : Court-circuit au point A

Schéma équivalent :



Soit X_{vu} : La réactance . Vu du point de court-circuit :

$$X_{vu} = \frac{(X_{oq} \cdot X_R)}{X_{oq} + X_R}$$

Application :

On a $I_{cc}^* = 1,1$, $I_{cc} = I_{cc}^* \cdot I_b$

$$I_{cc} = \frac{1,1}{X^*_{vu}}$$

$$X^*_{cq} = \frac{0,09 + 0,03}{2} + 0,032$$

$$X^*_{oq} = 0,092 \cdot P_u$$

$$X^*_{vu} = \frac{0,092 \cdot 0,012}{0,092 + 0,012}$$

$$X^*_{vu} = 0,0106 \text{ P.u}$$

$$I_{cc}^* = \frac{1,1}{0,0106}$$

$$I_{cc}^* = 103,77 \cdot P_{su}$$

$$I_{cc} = 103,77 \cdot 0,21 = 21,79 \text{ KA}$$

Calcul des courants dans les branches

$$I_{xR1} = \frac{X_{cq}}{X_{R1} + X_{cq}} \cdot I_{cc} = \frac{0,092}{(0,092 + 0,012)} \cdot 21,79 \text{ KA}$$

$$I_{xR1} = 19,28 \text{ KA}$$

$$I_{xoq} = 21,79 - 19,28 = 2,51 \text{ KA}$$

$$I_{x1} = \frac{I_{xoq}}{2} = \frac{2,51}{2} = 1,26 \text{ KA}$$

$$I'_{x2} = 1,26 \text{ KA} \quad I_{x2} = 1,26 \cdot \left(\frac{820}{63}\right) = 4,4 \text{ KA}$$

$$I'_{xR2} = I_{xoq} = 2,51 \quad I_{xR2} = 2,51 \cdot \frac{220}{63} = 8,77 \text{ KA}$$

On procède de la manière pour les différents cas possibles restants et nous ne retiendront que les valeurs les plus élevées dans chaque branche. Les sont consignés dans le tableau suivant (Tableau D)

Court -circuit en A

	RAI	(HT) TR ₁₂	(HT) TR ₁₂	RA2	(HT) TR ₃₄	(MT) TR ₃₄	A
U(KV)	220	220	60	60	60	30	220
1 ^{er} Cas Icc/	19,28	1,26	4,4	8,77	-	-	21,79
2 ^e Cas Icc/(KA)	19,28	1,26	4,4	8,77	-	-	21,79
3 ^e Cas Icc(KA)	19,29	1,52	5,31	5,31	-	-	20,81
4 ^e Cas Icc(KA)	19,29	1,52	5,31	5,31	-	-	20,81

Court-circuit en B

	RAI	(HT) TR ₁₂	(HT) TR ₁₂	RAII	(HT) TR ₃₄	MT TR ₃₄	B
U(KV)	220	220	60	60	60	30	60
1 Cas Icc(KA)	3,21	1,61	5,62	25,21	-	-	36,42
2 cas Icc(KA)	3,21	1,61	5,62	25,21	-	-	36,42
3 cas Icc(KA)	1,75	1,75	6,11	25,21	-	-	31,32
4 cas Icc(KA)	1,75	1,75	6,11	25,21	-	-	31,32

Court-circuit en C

	RAI	(HT) TR ₁₂	(HT) TR ₁₂	RAI	(HT) TR ₃₄	(MT) TR ₃₄	C
U(KV)	220	220	60	60	60	30	30
1 cas Icc(KA)	0,3	0,15	0,52	2,3	3,35	6,39	6,39
2 cas Icc(KA)	0,54	0,27	0,94	4,26	3,07	5,85	11,7
3 cas Icc(KA)	0,185	0,185	0,646	2,67	3,32	6,32	6,32
4 cas Icc(KA)	0,33	0,33	1,15	4,82	3	5,72	11,44

TABLEAU RECAPITULATIF DES COURANTS LES PLUS ELEVES :

	RA 1	(THT) TR 12	(HT) TR 12	RA 2	(HT) TR 34	(MT) TR 34	A	B	C
U(Kv)	220	220	60	60	60	30	220	60	30
I _{cc} (KA)	19,29	1,75	6,11	25,21	3,35	6,39	21,79	36,42	11,7

(TABLEAU ...)

Calcul du courant de choc :

$$I_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I_{cc}$$

$$K_{ch} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}$$

avec $T_a = \frac{X_{vu}}{R_{vu}}$

Résultats : WR_{vu}

X_{vu} : Résistance vue du point de cc

: résistance " " " "

I_{cc} : Courant de CC symétrique.

	RA ₁	(THT) TR ₁₂	(HT) TR ₁₂	RA ₂	(HT) TR 34	(MT) TR 34	A	B	C
T _a (S)	0,010	0,024	0,024	0,042	0,095	0,095	0,020	0,042	0,106
K _{ch}	1,38	1,66	1,66	1,79	1,90	1,90	1,60	1,79	1,91
I _{cc} (KA)	19,29	1,75	6,11	25,21	3,35	6,39	21,79	36,42	11,7
I _{ch} (KA)	37,65	4,11	14,34	63,82	9,	17,17	49,31	92,2	31,6

CHOIX DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES HAUTE TENSION DU POSTE

A. DIMENSIONNEMENT DES JEUX DE BARRES

Introduction :

Les jeux de barres des installations électriques jouent un rôle tout à fait vital puisqu'ils servent à établir les connexions entre les arrivées et les départs dans un poste. Ils doivent être réalisés avec le plus grand soin surtout lorsqu'il s'agit de fortes intensités.

III.1/ Dimensionnement des J.d.b.

En général les conducteurs des J.d.b; sont dimensionnés en fonction de l'intensité maximale du courant de service et du type d'installation.

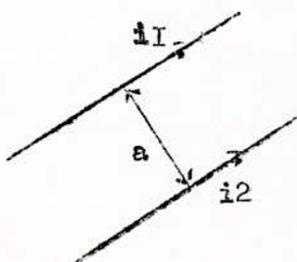
Les matériaux couramment utilisés dans la construction des postes sont :

- L'A.G.S. (alliage d'aluminium - magnésium - silicium) pour les installations extérieures.
- le cuivre pour les installations intérieures.

Les sections de jeux de barres choisies sont vérifiées aux contraintes auxquelles elles sont soumises dans les conditions de fonctionnement les plus critiques.

III.2/ Efforts Electrodynamiques

L'intensité de la force électrodynamique qui varie avec l'intensité de courant, peut avoir un caractère permanent et un caractère de choc. Les forces dues aux courants de chocs sont les plus importantes elles sont donc prédéterminantes pour le dimensionnement des conducteurs et les supports.



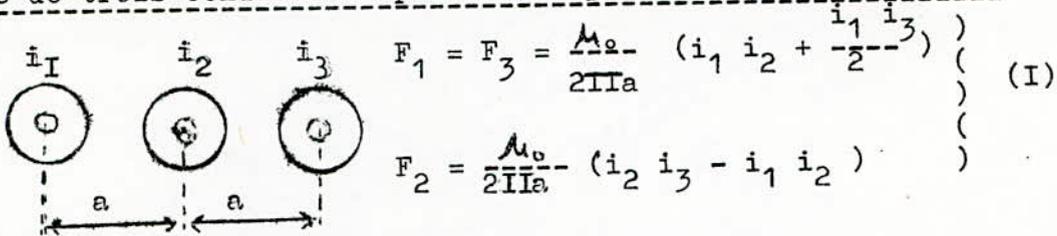
Soient deux conducteurs parallèles traversés par deux courants i_1 et i_2 .

La force électrique par unité de longueur qui s'exerce sur les conducteurs est :

$$f = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_1 i_2 \quad \text{où } \mu_0 : \text{perméabilité de l'air}$$

a : distance entre conducteurs

Cas de trois conducteurs parallèles placés dans un même plan :



- F_1 : force exercée par les conducteurs 2 et 3 sur le conducteur 1
- F_2 : force exercée par les conducteurs 1 et 3 sur le conducteur 2
- F_3 : force exercée par les conducteurs 1 et 2 sur le conducteur 3

En régime normal les courants appliqués sont :

$$i_1 = I_{\max} \sin(\omega t + \alpha - \varphi) \quad \alpha : \text{déphasage entre la tension et l'axe du temps.}$$

$$i_2 = I_{\max} \sin(\omega t + \alpha - \varphi - 2\pi/3) \quad \varphi : \text{déphasage entre le courant et tension}$$

$$i_3 = I_{\max} \sin(\omega t + \alpha - \varphi - 4\pi/3)$$

en remplaçant i_1 , i_2 et i_3 par leurs valeurs dans le système (I) et en dérivant les expressions de F_1 et F_2 nous obtenons les forces maximales.

$$F_{1\max} = 0,8 \frac{\mu_0}{2\pi a} I_{\max}^2$$

$$F_{2\max} = -0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} I_{\max}^2$$

On constate que la barre la plus sollicitée par les forces électrodynamiques est celle du milieu. On se propose de déterminer l'intensité maximale de cette force dans le cas du régime d'avarie.

Dans ce cas les courants appliqués sont :

$$i_1 = I_{p\max} \left[\sin(\omega t + \varphi) - \sin(\varphi) e^{-t/Ta} \right]$$

$$i_2 = I_{p\max} \left[\sin(\omega t + \varphi - 2\pi/3) - \sin(\varphi - 2\pi/3) e^{-t/Ta} \right]$$

$$i_3 = I_{p\max} \left[\sin(\omega t + \varphi - 4\pi/3) - \sin(\varphi - 4\pi/3) e^{-t/Ta} \right]$$

$$F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} 2 I_{cc}^2 \left[\sin(2\omega t + 2\varphi - \pi/3) - 2 e^{-t/Ta} \sin(\omega t + 2\varphi - \pi/3) + e^{-2t/Ta} \sin(2\varphi - \pi/3) \right]$$

où I_{cc} : courant de court-circuit sur le jeu de barre.

nous constatons que F_2 a trois composantes :

- composante périodique de fréquence $2f$
- composante périodique amortie de fréquence f .
- composante périodique amortie.

la force F_2 sera maximale pour

$$t = 0,01 \text{ s et } \psi = -\pi/12$$

alors

$$F_{2 \max} = \frac{\mu_0}{2 \pi a} I_{cc}^2 \sqrt{3} (1 + e^{-0,01/Ta})^2$$

$$\text{or } 1 + e^{-0,01/Ta} = K_{ch}$$

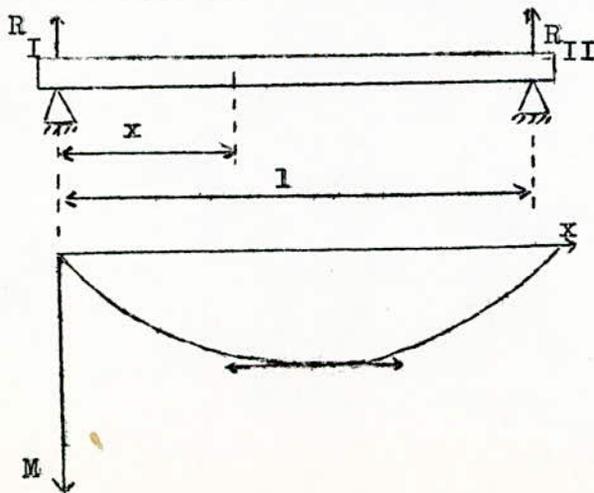
$$\text{d'où } F_{2 \max} = 0,87 \frac{\mu_0}{2 \pi a} K_{ch}^2 I_{cc}^2$$

$$\text{finalement } F_{2 \max} = 0,87 \frac{\mu_0}{2 \pi a} I_{ch}^2$$

A.3/ Efforts statiques :

On calculera les contraintes mécaniques en considérant les barres comme étant des poutres travaillant à la flexion, posées sur des appuis et soumises à une charge uniformément répartie. La portée à considérer est celle comprise entre les supports.

Calcul du moment de flexion maximal.



soit une poutre de longueur l reposant sur deux appuis, et supportant une charge uniformément répartie.

$$R_1 = R_2 = F_2 \cdot \frac{l}{2}$$

cas de deux appuis simples aux extrémités :

L'expression du moment de flexion en un point x de la poutre :

$$M_f(x) = R_1 x - F_2 \frac{x}{2} = F_2 \frac{1}{2} x - F_2 \frac{x^2}{2}$$

le moment est maximal au point $x = \frac{1}{2}$:

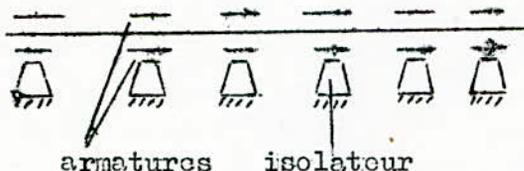
$$M_{fmax} = F_2 \frac{1^2}{8}$$

Cas de deux encastrements aux extrémités :

le moment maximal est :

$$M_{fmax} = F_2 \frac{1^2}{12}$$

Application à la barre :



On est dans un cas intermédiaire vu que l'on a ni appuis simple ni encastrement. On considère un moment de flexion maximal moyen.

$$M_{fmax} = \frac{F_2 l^2}{10}$$

La sollicitation maximale est donnée par

$$\max_{st} = \frac{M_{tmax}}{w} \quad \text{avec } w : \text{ module de résistance de la section de la barre.}$$

Pour que la barre conserve ses caractéristiques mécaniques, sa sollicitation statique maximale doit vérifier l'inégalité :

$$\sigma_{max st} \leq \sigma_{adm} \quad \sigma_{adm} : \text{ contrainte admissible du matériel.}$$

A.4/ Efforts dynamiques

On a déjà vu que la force électrodynamique maximale a trois composantes dont deux composantes périodiques (l'une amortie de fréquence f, l'autre non amortie de fréquence 2 f) et une composante aperiodique.

Pour éviter le phénomène de résonance qui s'accompagne d'efforts pulsatoires pouvant solliciter exagérément les barres et leur dispositif de fixation, il faut que la fréquence propre de la barre f_o soit différente de $2f$ et de f .

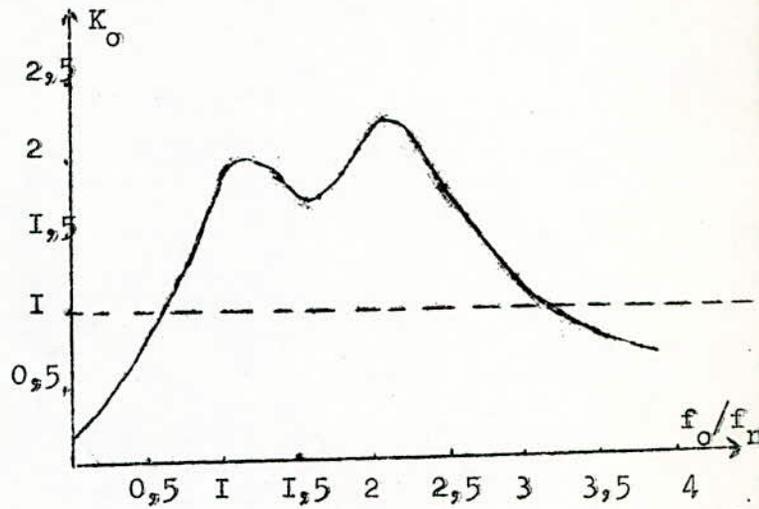
la sollicitation maximale est donnée par :

$$\sigma_{\max \text{ dyn}} = K_o \sigma_{\max \text{ st}}$$

$$\text{où } K_o = f \left(\frac{f_o}{f_n} \right)$$

avec : f_o : fréquence propre de la barre

f_n : fréquence nominale du réseau



On a une bonne sollicitation dynamique dans le cas où $0 < K_o < 1$ c'est à dire

$$0 < \frac{f_o}{f_n} < 0,5 \quad \text{ou} \quad 3,4 < \frac{f_o}{f_n} < 4$$

Calcul de f_o :

Elle est donnée par la formule suivante :

$$f_o = C_1 C_2 \frac{3}{4 l^2} \sqrt{\frac{E J}{f S}}$$

l : distance entre deux isolateurs

E : module d'élasticité

f : densité volumique du matériau de la barre

S : section de la barre

J : moment d'inertie de la barre

C_1 : 1 pour une barre simple

C_2 : coefficient tenant compte des barres de dérivations

A.5./ Effets thermiques :

Lors du régime normal de fonctionnement les jeux de barres se trouvent

à une température initiale θ_i . Lorsqu'un court-circuit apparaît, ces barres sont exposées à un suréchauffement qui conduit à une augmentation $\Delta\theta$ de leurs températures qui dépend de la durée du court-circuit. Pour que les barres résistent aux effets thermiques, il faut que la valeur finale θ_f de ces barres ne dépasse pas une valeur limite qui est la température admissible du matériau constituant.

Pour les barres en AGS $\theta_{adm} = 200^\circ\text{C}$

Pour les barres en Cu $\theta_{adm} = 250^\circ\text{C}$

A.6/ Applications

A.6.1/ Détermination des sections des J.d.b.

Exemple de calcul pour le J.d.b. 220 KV

Le courant nominal :

$$I_n = \frac{25_n}{\sqrt{3} U_n} = \frac{2.80}{\sqrt{3} 220} \quad I_n = 0,42 \text{ KA}$$

le courant admissible

$$I_{adm} = 1,25 I_n \quad I_{adm} = 0,525 \text{ KA}$$

La section du J.d.b. est tubulaire en AGS est donnée par le tableau (en connaissant le courant admissible.

$$S = 707 \text{ mm}^2 \quad \text{avec } D_{ex} = 50 \text{ mm} ; D_{in} = 40 \text{ mm}$$

la section du J.d.b. 60KV est tubulaire en AGS est donnée par le tableau

la section du J.d.b. 30KV est rectangulaire en Cu est donnée par le tabl

	J.d.b. 220KV	J.d.b. 60KV	J.d.b. 30KV
S (mm ²)	707	864	300mm ²

A.6.2/ Calcul des efforts électrodynamiques

$$F_2 = 0,87 \cdot \frac{\mu_0}{2\pi a} I_{ch}^2$$

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

a = distance entre barres

TABLEAU (I)

Caractéristiques et conditions d'emploi tubes en A.G.S (Cahier de charges SONELGAS)

Diamètres tubes (mm) Din / Dex.	Masse au Mètre linéaire (KF)	Section (MM)	Moment d'inertie (CM 4)	Moment de résistance (cm 3)	Intensité admissible $s_t = 40^{\circ} C$ (A)
21/25	0,39	144,5	0,963	0,77	304
26/30	0,475	176	1,734	1,156	368
22/30	0,883	327	2,826	1,884	505
40/50	1,91	707	18,08	7,23	950
50/60	2,33	864	32,88	10,96	1160
60/70	2,76	1021	54,14	15,47	1360
70/80	3,18	1178	83,05	20,76	1560
80/90	3,40	1340	121	27	1760
90/100	4,03	1492	168,5	33,70	1960
104/120	7,65	2800	443	74	2950

TABLEAU (II)

- Caracteristiques des barres simple en cuivre (cahier de charges SONEGAZ)

Longueur (mm)	épaisseur (mm)	Section (mm)	barre élémentaire en cu courant admissible (A)
15	3	45	210
20	3	60	275
25	3	75	340
30	3	90	405
30	4	120	475
40	4	160	625
40	5	200	700
50	5	250	860
60	5	300	1025
50	6	300	955
60	6	360	1125
80	6	480	1480
100	6	600	1810
60	8	480	1320
80	8	640	1690
100	8	800	2080
120	8	960	2400
60	10	600	1475
80	10	800	1900
100	10	1000	2310
120	10	1200	2650

	J.d.b.220KV	J.d.b.60KV	J.d.b.30KV
a(m)	3,8	1,5	0,39
I _{ch} (A)	49,31.10 ³	92,2.10 ³	31,6.10 ³
F ² kgf/m	11,35	100,52	45,41

A.6.3/ Vérification des efforts statiques :

Jeux de barre 220 KV

. Moment de flexion maximal :

$$M_{fmax} = \frac{F_2 l^2}{10} \quad l : \text{distance entre appuis}$$

$$= \frac{11,35 \cdot (15)^2}{10} = 255,36 \text{ hgf-m}$$

$$M_{fmax} = 25536 \text{ kgf - cm}$$

- sollicitation statique maximale :

$$\sigma_{max st} = \frac{M_{fmax}}{W} \quad W : \text{module de résistance de la section de la barre.}$$

Pour la section 707 mm², W = 7,23 cm³, $\sigma_{max st} = \frac{25536}{7,23} = 3532 \text{ kgf/cm}^2$

σ_{adm} pour l'AGS = 1700 kgf/cm²

On remarque que la section choisie ne convient pas.

Pour la section 1021 mm² W = 15,47 cm³, $\sigma_{max} = 1651 \text{ kgf/cm}^2$
cette section résiste aux efforts statiques.

Jeu de barre 60 KV

l = 6,5 m M_{fmax} = 42470 kgf - cm

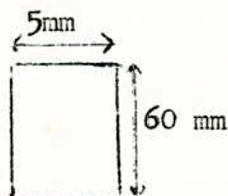
Pour S = 864 mm² W = 10,96 cm³ $\sigma_{max st} = 3875 \text{ kgf/cm}^2$

Pour S = 1340 mm² W = 27 cm³ $\sigma_{max st} = 1573 \text{ kgf/cm}^2$

jeux de barre 30 KV :

$$l = 1,4 \text{ m} \quad M_{fmax} = 890 \text{ kgf} \cdot \text{Cm}$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{5 \cdot (60)^2}{6} = 3000 \text{ mm}^3$$



$$\text{Pour } S = 300 \text{ mm}^2 \quad W = 3 \text{ cm}^3 \quad \sigma_{max st} = 297 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} \text{ pour le cuivre} = 2400 \text{ kgf/cm}^2$$

A.6.4/ Vérification aux efforts dynamiques

La fréquence propre de la barre :

$$f_o = C_1 C_2 \frac{3}{4 l^2} \sqrt{\frac{E J}{f S}} \quad f_n = 50 \text{ Hz}$$

J.d.b. 220 KV

$$l = 15 \text{ m}$$

$$E = 7000 \text{ kg/mm}^2$$

$$S = 1021 \text{ mm}^2$$

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

$$C_1 = 1$$

$$C_2 = 1$$

$$f_o = 0,123 \text{ hz}$$

$$\frac{f_o}{f_n} = 0,0025$$

J.d.b. 60KV

$$l = 6,5 \text{ m}$$

$$E = 7000 \text{ kg/mm}^2$$

$$S = 1340 \text{ mm}^2$$

$$AGS = 2,7 \text{ kgf/m}^3$$

$$C_1 = 1$$

$$C_2 = 1$$

$$f_o = 0,85 \text{ hz}$$

$$\frac{f_o}{f_n} = 0,017$$

J.d.b. 30 KV

$$l = 1,4$$

$$E = 13000 \text{ kg/mm}^2$$

$$S = 300 \text{ mm}^2$$

$$cu = 8890 \text{ kgf/m}^3$$

$$C_1 = 1$$

$$C_2 = 1$$

$$f_o = 8,02 \text{ Hz}$$

$$\frac{f_o}{f_n} = 0,16$$

Les sections choisies vérifient la condition : $0 < \frac{f_o}{f_n} < 0,5$

A.7/ Vérification aux effets thermiques :

jeux de barres 220 KV et 60KV

L'échauffement du jeu de barre dépend de la durée du court-circuit donc du temps de déclenchement du disjoncteur qui est en général de l'ordre de 0,2 s, mais nous supposons le cas défavorable où le défaut persiste

jusqu'à l'intervention de la protection de réserve. Ce qui correspond à un temps d'action d'une seconde.

Pour les tubes en AGS, l'échauffement maximal lors du régime normal est ($\theta_i = 60^\circ\text{C}$). Les courbes de la figure I donne les échauffements en fonction de l'intensité efficace de court-circuit d'une durée d'une seconde. La température maximale est obtenue en ajoutant à cet échauffement la température permanente maximale.

J.d.b. 220 KV

$$\left. \begin{array}{l} I_{cc} = 21,79 \text{ kA} \\ \text{Din / Dex} = 60/70 \end{array} \right\} \theta = 7,1^\circ\text{C}$$

la température finale :

$$\theta_f = \theta + \theta_i = 7,1 + 60^\circ\text{C} = 67,1^\circ\text{C}$$

J.d.b. 60KV

$$\left. \begin{array}{l} I_{cc} = 36,42 \text{ KA} \\ \text{Din/Dex} = 80/90 \end{array} \right\} \theta = 12,4^\circ\text{C}$$

$$\theta_f = 60 + 12,4 = 72,4^\circ\text{C}$$

les jeux de barres choisis vérifient bien la condition :

$$\theta_f \leq \theta_{adm} = 200^\circ\text{C}$$

Jeu de barre 30KV

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

$$Pdt = CM dZ + \lambda S Z dt \quad (1)$$

où

\dot{P} : Puissance d'échauffement

C : chaleur spécifique du matériau

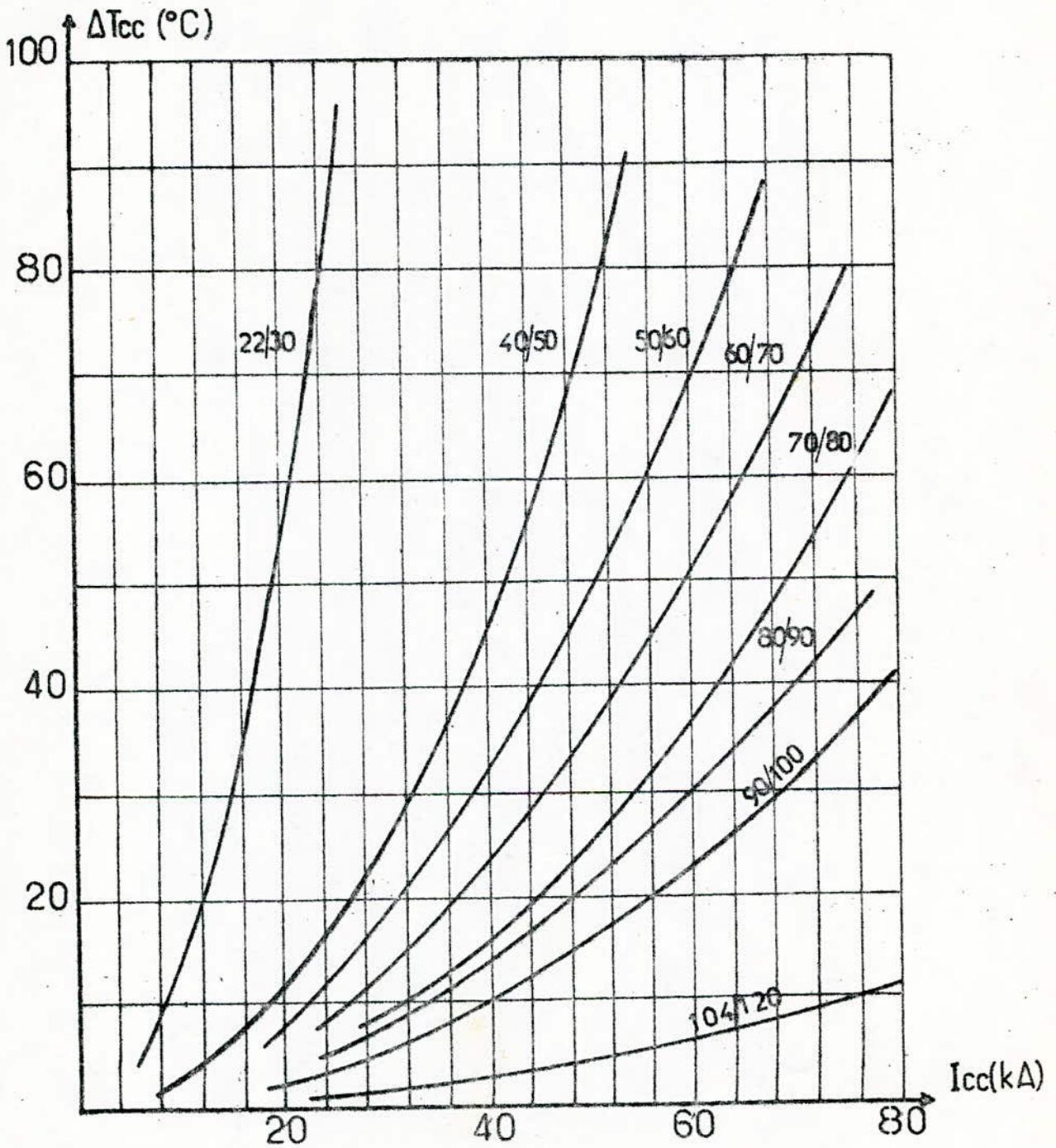
M : Masse du conducteur

S : Surface latérale du conducteur (ou d'échange)

λ : coefficient de transmission de la chaleur vers le milieu ambiant

Z : élévation de la température du conducteur par rapport au milieu ambiant.

- le terme $CM dZ$ représente la chaleur emmagasinée dans le conducteur.
- le terme $\lambda S Z dt$ représente la chaleur transmise au milieu ambiant pendant le temps t . Ce terme est négligeable devant le premier du fait que dt est très petit.



Echauffement Pendant Un Court-Circuit D'une Seconde
Des Tubes En Alliage D'aluminium Magnésium Silicium (AGS/L)
(Fig-III-1.)

l'expression (1) devient :

$$P dt = CM d\zeta$$

$$P = Ri^2 \text{ soit } Ri^2 dt = CM d\zeta \quad (2)$$

$$R = R_0 (1 + \alpha \theta) ; \quad R_0 = \rho_0 \frac{l}{S} \quad \rho_0 : \text{résistivité du matériau}$$

$$C = C_0 (1 + \beta \theta) ; \quad M = \gamma l S \quad \gamma : \text{masse volumique}$$

l'expression (2) devient :

$$i^2 \rho_0 (1 + \alpha \theta) \frac{l}{S} dt = C_0 (1 + \beta \theta) \gamma l S d\zeta \quad (3)$$

En considérant :

t = 0 : temps initial du court-circuit

t : durée du court-circuit

θ_i : température initiale du conducteur

θ_f : température finale du conducteur

$$\text{On a : } \frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{1 + \beta \theta}{1 + \alpha \theta} d\theta$$

Après intégration on trouve :

$$\frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \text{Log}(1 + \alpha \theta_f) + \frac{\beta}{\alpha} \theta_f \right] - \left[\frac{(\alpha - \beta)}{\alpha^2} \text{Log}(1 + \alpha \theta_i) + \frac{\beta}{\alpha} \theta_i \right] \quad (4)$$

$$\text{En posant } A(\theta) = \frac{C_0 \gamma}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - \beta}{\alpha^2} \text{Log}(1 + \alpha \theta) + \frac{\beta}{\alpha} \theta \right]$$

l'expression (4) devient :

$$A(\theta_f) = \frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt + A(\theta_i) \quad (5)$$

Connaissant les valeurs de $\frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt$ et θ_i , on peut déterminer la valeur de θ_f vu que l'on dispose de la courbe $\theta = f [A(\theta)]$ (fig. III 3) pour le cuivre.

Détermination de la valeur de $\frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt$

On a $i = i_p + i_{ap}$

$$\int_0^t i^2 dt = \int_0^t (i_p + i_{ap})^2 dt = \int_0^t i_p^2 dt + \int_0^t i_{ap}^2 dt + 2 \int_0^t i_p i_{ap} dt$$

En négligeant la quantité $2 \int_0^t i_p i_{ap} dt$ devant les deux autres.

On obtient :

$$\int_0^t i^2 dt = \int_0^t i_p^2 dt + \int_0^t i_{ap}^2 dt$$

Pour le calcul de $\int_0^t i_p^2 dt$ et $\int_0^t i_{ap}^2 dt$, on utilise la notion de temps fictif.

Par définition : Le temps fictif est le temps pendant lequel l'échauffement produit par un courant périodique ou apériodique, est le même que celui produit par un courant normal de court-circuit I_∞

On a alors :

$$\int_0^t i_p^2 dt = I_\infty^2 t_{fp} \quad \text{et} \quad \int_0^t i_{ap}^2 dt = I_\infty^2 t_{fap}$$

détermination de t_{fp}

Le temps fictif périodique peut être déterminée à l'aide d'une courbe donnant t_{fp} en fonction de la durée du court-circuit et du rapport :

$$\beta = \frac{I_{cc}}{I_\infty} \quad (\text{fig. III 2})$$

détermination de t_{fap}

On a : $i_{ap} = \sqrt{2} I_{cc} e^{-t/Ta}$

$$t_{fap} = \frac{1}{I_\infty^2} \int_0^t i_{ap}^2 dt = \frac{1}{I_\infty^2} \int_0^t (\sqrt{2} I_{cc} e^{-t/Ta})^2 dt$$

$$\beta = \frac{I_{cc}}{I_\infty} \quad \text{d'où} \quad t_{fap} = \beta^2 Ta (1 - e^{-2t/Ta})$$

$$\int_0^t i^2 dt = I_\infty^2 t_{fp} + I_\infty^2 t_{fap} = I_\infty^2 (t_{fp} + t_{fap})$$

$$t_{fp} + t_{fap} = t_f$$

d'où finalement : $A(\theta_f) = A(\theta_i) + \frac{I_\infty^2}{S^2} t_f$

Application :

Calcul de t_{fp} :

t_{fp} est donné par la courbe $t_{fa} = f(\beta, t)$; $\beta = \frac{I_{cc}}{I_{\infty}}$

considérant qu'au bout d'un temps infini le courant de court-circuit diminue de 10% de sa valeur :

$$d'où I_{\infty} = 0,9 I_{cc} \quad \beta = 1,1$$

$$t = 0,2 \text{ s} \quad \left. \vphantom{t} \right\} t_{fp} = 0,28 \text{ s} \\ = 1,1$$

Calcul de t_{fap}

$$t_{fap} = \beta^2 Ta (1 - e^{-2t/Ta})$$

Pour $t = 0,2 \text{ s}$, $Ta = 0,105 \text{ s}$; $e^{-2 \cdot 0,2/0,105} \approx 0$

$$d'où t_{fap} \approx \beta^2 Ta = (1,1)^2 \cdot 0,105 = 0,127 \text{ s}$$

$$t_f = t_{fp} + t_{fap} = 0,28 + 0,127 = 0,41 \text{ s}$$

Calcul de A (θ_f)

$$A(\theta_f) = A(\theta_i) + \frac{I_{\infty}^2}{S^2} t_f$$

$$\theta_i = 70^{\circ}\text{C} \quad A(\theta_i) = 1,2 \cdot 10^4$$

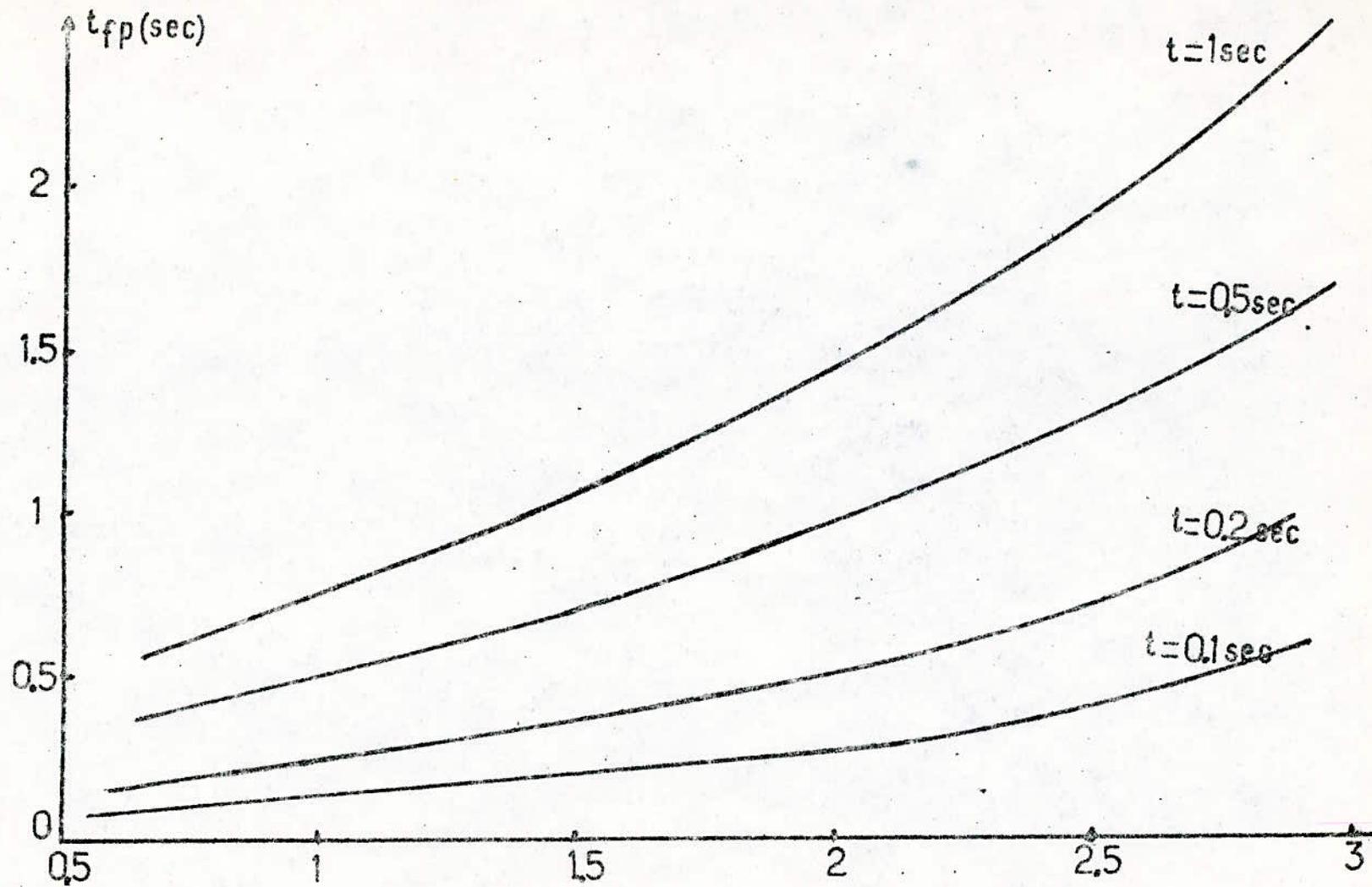
$$A(\theta_f) = 1,2 \cdot 10^4 + \left(\frac{0,9 \times 11,7 \cdot 10^3}{300} \right)^2 0,41 = 1,25 \cdot 10^4$$

$$A(\theta_f) = 1,25 \cdot 10^4 \quad \theta_f = 75^{\circ}\text{C}$$

La section choisie vérifie la condition : $\theta_f \leq \theta_{ad} = 250^{\circ}\text{C}$

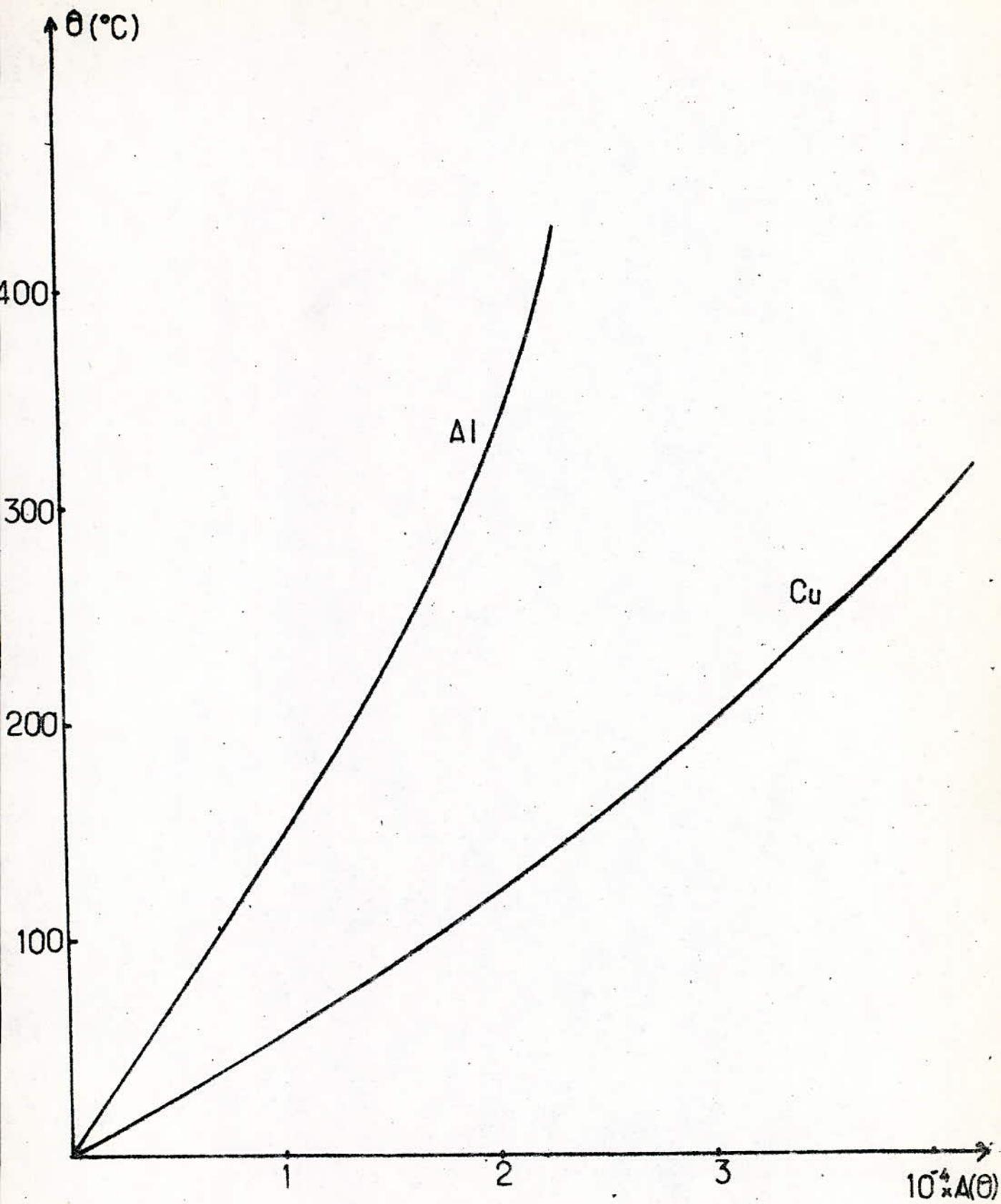
les sections définitives :

J.d.b. 220KV	$S = 1021 \text{mm}^2$ Din/Dex = 60 / 70 mm
J.d.b. 60KV	$S = 1340 \text{mm}^2$ Din/Dex = 80/90 mm
J.d.b. 30KV	$S = 300 \text{mm}^2$ h = 60mm b = 5mm



Courbes Donnant t_{fp} En.Fonction De β (Avec $\beta = \frac{I_{cc}}{I_{\infty}}$)

(Fig-III-2)



Courbes De $\theta = f[A(\theta)]$

(Fig.III-3.)

B. CHOIX D'APPAREILLAGE
=====

Introduction :

Pour un bon fonctionnement du poste, il est nécessaire de choisir convenablement les différents appareils qui font partie des éléments constructifs du poste et qui permet l'obtention de la mesure et la sécurité souhaitée.

B.1/Disjoncteur

Le disjoncteur est un appareil capable d'établir, de supporter et de couper des courants de service ou établir et de couper automatiquement, dans des conditions prédéterminées des courants anormalement élevés tels que des courants de court-circuit : les grandeurs caractéristiques principales d'un disjoncteur sont :

* tension nominale : elle correspond à la tension nominale où est placé le disjoncteur.

* courant nominal : il doit être plus grand que le courant maximal qui passe par le disjoncteur.

* Type d'installation : intérieure ou extérieure.

* Pouvoir de coupure nominal : c'est le courant de court-circuit le plus élevé que le disjoncteur doit être capable d'interrompre dans les conditions d'emploi et de fonctionnement fixées il est donné par :

$$I_{\text{coup}} = K_{\text{coup}} I_{\text{cc}}$$

I_{cc} : courant de C.C.

$$K_{\text{coup}} : f \left(t_{\text{coup}}, \frac{I_{\text{cc}}}{\sum I_n} \right)$$

où t_{coup} : temps de coupure du disjoncteur

$\sum I_n$: somme des courants nominaux des générateurs du réseau.

Le coefficient K_{coup} ne peut être déterminé qu'en connaissant les courants nominaux des générateurs or ces derniers sont inconnus, on considèrera alors le cas le plus défavorable qui correspond à $K_{\text{coup}} = 1$.

TABLEAU RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES DISJONCTEURS CHOISIS

TRAVEE	U_n (KV)	I_n (A) service	I_n (A) normalis.	I_{coup} (kA) calculé	I_{coup} (kA) normalis.
LIGNE(220KV)	220	420	800	19,29	20
COUPLAGE(220KV)	220	1260	1600	21,79	25
DEP. TRANSFO.(220KV)	220	210	400	1,75	6,3
ARRIV. TRANSFO.(60KV)	60	770	800	6,11	6,3
LIGNE (60KV)	60	385	400	25,21	31,5
COUPLAGE (60KV)	60	1540	1600	36,42	40
DEP. TRANSFO.(60KV)	60	385	400	3,35	6,3
ARRIV. CELLULE(30KV)	30	770	800	6,39	8
J.d.b.(30KV)	30	770	800	11,7	12,5
CELLULE DEPART.(30KV)	30	96,3	400	6,39	8

B.2/ Sectionneur

Le sectionneur est un appareil destiné à isoler une partie de circuit et pour donner une coupure visible dans l'air. Son pouvoir de coupure est pratiquement nul. Il ne doit jamais être manoeuvré sous charge. Il faut donc prévoir des verrouillages empêchant la manoeuvre lorsqu'un courant passe ou pourrait passer.

Les principes caractéristiques d'un sectionneur sont :

- * la tension nominale
- * le courant nominal
- * le type d'installation

TABLEAU RECAPITULATIF DES SECTIONNEURS CHOISIS

TRAVEE	Un (KV)	In (A) service	In (A) normalisé
Ligne (220KV)	220	420	800
Couplage (220KV)	220	1260	1600
Dep.transfo.(220KV)	220	210	400
Arriv.transfo.(60KV)	60	770	800
Ligne (60KV)	60	385	400
Couplage (60KV)	60	1540	1600
Dep.transfo.(60KV)	60	385	400
Cellule Arriv.(30KV)	30	770	800

B.3/ Transformateurs de mesure

Les transformateurs de mesure remplissent une fonction importante dans les installations de production et de distribution de l'énergie, les phénomènes se produisant dans le réseau doivent être exactement mesurés et transmis à l'enroulement secondaire des appareils raccordés et ce aussi bien en service normal qu'en cas de perturbation.

B.3.1/ Transformateur de courant (T.C.)

Un transformateur de courant est un transformateur de mesure dans lequel le courant secondaire est pratiquement proportionnel au courant primaire et en phase avec celui-ci.

La construction des transformateurs de courant diffère en fonction de leur destination. Ils peuvent présenter un ou plusieurs enroulements secondaires.

Un transformateur à trois enroulements secondaires possède

un noyau de mesure est constitué de tôles facilement saturable et cela vu que les appareils qui y sont raccordés ne peuvent résister aux forts courants, tandis que le noyau de protection a une saturation tardive afin d'assurer le fonctionnement du dispositif de protection en cas de défaut.

Les principales caractéristiques d'un transformateur de courant sont :

- * la tension nominale
- * le rapport de transformation nominale
- * la puissance de précision
- * la classe de précision
- * le facteur de sécurité F_s
- * le facteur limite de précision

• Pour le choix d'un T.C il y a lieu de prendre en considération l'intensité maximale du courant de C.C à l'endroit du montage de celui-ci.

Facteur de sécurité : Il caractérise le comportement du noyau de mesure dans le domaine des surintensités. Selon la définition c'est le multiple du courant nominal pour lequel l'erreur de courant F_i atteint la valeur admissible 10% c'est à dire la valeur pour laquelle le noyau est saturé

$$\text{avec } F_i = \frac{I_2 K_n - I_1}{I_1} \cdot 100 \%$$

K_n : rapport de transformation nominal

I_1 et I_2 : courants primaire et secondaire du T.C

Facteur limite de précision : Il caractérise le comportement du noyau de protection du T.C dans le domaine des surintensités. Conformément à la définition, c'est le multiple de courant nominal pour lequel l'erreur composée ϵ_c atteint la valeur admissible, c'est à dire à partir duquel la saturation peut commencer.

$$\text{où } \epsilon_c = \frac{100}{I_1} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_2 - i_1)^2 dt} \quad [\%]$$

T : durée d'une période

I_1 : valeur efficace du courant primaire (enA)

i_1 et i_2 : valeurs instantanées des courants primaires et secondaires

K_n : rapport de transformation.

Puissance de précision : C'est la puissance apparente que le T.C peut fournir au côté secondaire, pour le courant nominal et la charge maximale admissible qui respecte la classe de précision.

Application :

T.C. ligne 220 KV

Pour la détermination de la puissance de précision on doit tenir compte de la consommation des appareils alimentés et des pertes dans la filerie.

Enroulement mesure :

Tableau des différents appareils de mesure et leurs consommations

Appareils	nombre	consommation (VA)
compteurs d'énergie	4	12
Wallmètre enregistreur	1	3
Varemètre enregistreur	1	3
Ampèremètre	1	3
capteur pour télémesure	1	2
TOTAL		23

On choisit un enroulement de mesure du TC de puissance = 45 VA l'excédent de puissance représente les pertes dans la filerie = 45 - 23 = 22 VA
Calcul de section de la filerie :

$$\left. \begin{array}{l} KI^2 = 22 \text{ VA} \\ I = 5A \end{array} \right\} == R = 0,88$$

l : longueur de la filerie du TC aux appareils se trouvant dans le bâtiment de commande.

$$l = 2 (l_{TC - BR} + l_{BR - BC})$$

$$\begin{aligned} l_{TC-BR} &= 79 \text{ m} \\ l_{SR-TC} &= 119 \text{ m} \end{aligned} \quad \left(\begin{array}{l} \text{====} \\ \text{====} \end{array} \right. \quad l = 390 \text{ m}$$

On choisit une filerie en cuivre : $\rho = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2/\text{m}$

$$S = \frac{l}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{390}{0,88} = 7,98 \text{ mm}^2$$

la section normalisée : $S_{\text{nor}} = 10 \text{ mm}^2$

Enroulement protection principale :

Appareils de protection et leurs consommations

Appareil	consommation (VA)
Protect. Prin.	4
Protect. compl.	16
Local. de défaut	1
Réenclencheur	10
!Total : 31	

On choisit un TC d'enroulement protection de puissance = 45 VA

Pertes dans la filerie = 45 - 31 = 14 VA

section de la filerie :

$$\left. \begin{aligned} RI^2 &= 14 \text{ VA} \\ I &= 5 \text{ A} \end{aligned} \right\} R = 0,56 \Omega$$

longueur de la filerie = $l = 2 (l_{TC} - BR) = 2.76 = 152 \text{ m}$

$$S = \frac{l}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{152}{0,56} = 4,89 \text{ mm}^2$$

On prend une section normalisée de : $S_{nor} = 6 \text{ mm}^2$

Enroulement protection de reserve

Appareils de protection et leurs consommations :

Appareil	consommation
Protection de reserve	4
Protection défaillance disjoncteur	4,5
Protection différentielle barre	0,3
TOTAL : 8,8	

On choisit un enroulement de puissance = 30 VA

Après calcul, on prend une section normalisée de $S_{no} = 4 \text{ mm}^2$

Un calcul similaire nous permet de dimensionner les autres TC et leurs fileries.

TABLEAU RECAPITULATIF DES TRANSFORMATEURS DE COURANT CHOISIS :

Travée	Enroulement	Dimen de la filerie		caractéristiques du TC			
		long(m)	sec(mm ²)	Sn(VA)	Clas.prec.	Rapp.transf.	Iccmax(kA)
ligne (220KV)	Mes	390	10	45	0,5Fs 5	300-600/5-5	38
	Pr 1	152	6	45	5P 20		
	Pr 2	152	4	30	5 P 20		
Busching du transfo à 3 enr.	Pr(220KV)	58	2,5	30	5P 15	150-300/5	5
	Pr(60KV)	58	2,5	15	5P 15	450-900/5	15
	Pr()	58	2,5	15	5P 15	450-900/5	19
couplage 220KV	Pr	112	6	10	5P 10	850-1700/5	50
Arrivée transfo. 60KV	Mes	296	10	30	0,5Fs 5	450-900/5-5	15
	Pr	58	4	10	5P 10		
ligne (60KV)	Mes	290	10	30	0,5Fs 5	250-500/5-5	64
	Pr	96	6	45	5P 20		
Busching transf. 2 enr.	Pr(60KV)	26	2,5	15	5P 15	250-500/5	9
	Pr(30KV)	26	2,5	15	5P 15	450-900/5	18
Arrivée transfo. 30KV	Mes	226	6	30	0,5Fs 5	450-900/5-5	18
	Pr	26	2,5	10	5 P 10		
cell. dép. 30KV	Pr	84	4	30	5P 10	75-150/5	32

B.3.2/ Transformateur de tension (T.T.)

Un transformateur de tension est un transformateur de mesure dans lequel la tension secondaire est pratiquement proportionnelle à la tension primaire et en phase avec celui-ci.

Un transformateur de tension est principalement caractérisé par :

- * le rapport de transformation nominal
- * la puissance de précision
- * la classe de précision

Application

Les transformateurs couramment utilisés dans les postes sont des transformateurs à tension simple au secondaire

$$V = \frac{100}{3} = 57,7 \text{ V}$$

TT LIGNE 220 KV

Appareils raccordés au TT et leurs consommations

Appareils placés dans le bâtiment de relayage (BR)

Appareils placés dans le bâtiment de commande (BC)

Appareil	consommation (VA)
Compteurs d'énergie 4 x 5 = 20	20
capteur pour télémessure	2
Protection de réserve	15
Protection principale	15
Protection complémentaire	7
Localisateur de défaut	1
Réenclencheur	10
total:	70

Appareil	consommation (VA)
Wattmètre enregistreur	2
Varmètre enregistreur	2
Voltmètre	7
Voltmètre différentiel	7
Synchronoscope	22
fréquence mètre (FS)	3
fréquence mètre (FM)	3
total:	46

consommations totales = 70 + 46 = 116 VA

On choisit un TT de puissance = 150 VA

Détermination des sections de filerie :

a) section de la filerie (T.T. - BR)

longueur de la filerie (TT - BR) = 79 m

Consommation des appareils = 70 VA

On admet une chute de tension dans la filerie de 0,1 % de la tension secondaire du TT qui est égale à 100 V.

$$\text{d'où } U_2 = 0,1 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{S_2}{3 U_2} = \frac{70}{3 \cdot 100} = 0,404 \text{ A}$$

$$U_2 = 3 R I_2 \implies R = \frac{U_2}{3 I_2} = \frac{0,1}{3 \cdot 0,404} = 0,143 \Omega$$

On choisit une filerie en cuivre : $\rho = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2/\text{m}$

section de la filerie est donc

$$S = \frac{\rho \cdot l}{R} = \frac{1,8 \cdot 10^{-2}}{0,143} = 9,94 \text{ mm}^2$$

La section normalisée : $S_{\text{nor}} = 10 \text{ mm}^2$

b) Section de la filerie (BR - BC)

longueur de la filerie (BR - BC) = 119 m

consommation des appareils = 46 VA

la chute de tension $U_2 = 0,1 \text{ V}$

dans ce cas $U_2' = 100 - 0,1 = 99,9 \text{ V}$

$$I_2' = \frac{S_2'}{3 U_2'} = \frac{46}{3 \cdot 99,9} = 0,266 \text{ A}$$

$$R = \frac{U_2}{3 I_2} = \frac{0,1}{3 \cdot 0,266} = 0,217 \Omega$$

la section est alors : $S = \frac{\rho \cdot l}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \frac{119}{0,217} = 9,87 \text{ mm}^2$

la section normalisée : $S_{\text{nor}} = 10 \text{ mm}^2$

Par le même procédé de calcul on choisit les autres TT et les fileries correspondantes.

Tableau récapitulatif des transformateurs de tension choisis.

T.T	Dimensions de la filerie				caractéristiques du TT		
	longueur(m)		section (mm ²)		Puiss.de précision VA	Rapp. transf.	classe de précia.
	TT-BR	BR-BC	TT-BR	BR-BC			
ligne (220KV)	79	119	10	10	150	$\frac{220}{3} / \frac{0,1}{3}$	0,5
J.d.b.(220 KV)	32	122	2,5	10	75	"	1
ligne (60KV)	53	97	6	10	100	$\frac{60}{3} / \frac{0,1}{3}$	0,5
J.d.b.(60KV)	23	57	2,5	4	50		1
Arriv. transfo. (60KV)	10	69	2,5	6	75		0,5
J.d.b.(30KV)	21		2,5		50	$\frac{30}{3} / \frac{0,1}{3}$	0,5

C. CHOIX DES ISOLATEURS

Les connexions qui relient entre-elles les bornes des différents appareils, doivent être supportées par des isolateurs lorsque leur nature ou leur longueur ne leur permettent pas de résister par leur propre rigidité aux efforts auxquels elles sont soumises.

La composition de ces isolateurs doit évidemment permettre de satisfaire aux niveaux d'isolement adoptés pour chaque échelon de tension.

Pour le poste on distingue deux principaux types d'isolateurs :

a) chaines d'isolateurs :

Les connexions en câble tendu sont isolées des masses sur lesquelles elles sont ancrées au moyen de chaînes d'isolateurs formées d'un nombre déterminé d'éléments isolants s'articulant entre eux de manière à constituer un ensemble souple sur lequel ne s'exercent que des efforts de traction.

b) Isolateurs rigides :

Les connexions rigides ou celles non tendues sont supportées par des isolateurs rigides. Il en existe deux modèles :

- les isolateurs à jupe
- les colonnes à fût massif

Les colonnes à fût massif sont les plus utilisées, elles peuvent être composées d'un ou de plusieurs éléments de longueur et diamètre variables.

Choix des isolateurs

Pour chaque échelon de tension la composition des chaînes d'isolateurs ou des colonnes support isolantes est susceptible de variations selon que les installations se trouvent ou non situées dans une zone particulièrement exposée à la foudre, aux condensations ou à la pollution des surfaces isolantes.

Dans notre choix on a considéré une ligne de fuite spécifique de 30cm/m.

Isolateurs suspendus

On a choisi des isolateurs en verre trempé du type "capot et tige"

Pour le poste 220 KV.

Caractéristiques de l'isolateur :

- Diamètre : 280 mm
- Pas : 146 mm

- Tension de tenue au choc : 120 KV
- Tension de tenue à fréquence industrielle :
 - . à sec : 80 KV
 - . sous pluie : 45 KV
- Longueur de la ligne de fuite (Le) : 445 mm
- Poids approximatif : 5,7 kg
- Effort mécanique garanti : 12 tonnes

- longueur de fuite totale de la chaîne :

$$L_{ft} = 3.220 = 660 \text{ mm}$$

Nombre d'éléments = $\frac{\text{longueur de fuite totale de la chaîne}}{\text{longueur de fuite d'un élément de la chaîne}}$

$$n = \frac{L_{ft}}{L_e} = \frac{660}{44,5} = 14,83$$

On prend $n = 15$ éléments.

Pour le poste 60 KV

- caractéristiques de l'isolateur :
 - Diamètre : 254 mm
 - Pas : 130mm
 - Tension de tenue au choc :
 - . à sec : 72 KV
 - . sous pluie : 45 KV
 - Tension de tenue à fréquence industrielle :
 - . à sec : 66 KV
 - . sous pluie : 40 KV
- Longueur de la ligne de fuite (Le) : 286 mm
- Poids approximatif : 4,3 kg
- Effort mécanique garanti : 10 tonnes

- Longueur de fuite totale de la chaîne :

$$L_{ft} = 3.60 = 180 \text{ cm}$$

d'où $n = \frac{180}{28,6} = 6,29$

on prend $n = 7$ éléments

- Colonnes support :

Les colonnes support choisies sont du type à fût massif à ailettes, supportant les jeux de barres qui sont une partie vitale du réseau. On ne pourrait savoir avec exactitude les efforts réels auxquels sont soumis les colonnes.

On a choisi des colonnes de type renforcé, extérieur..

- Colonne supportant le J.d.b 220 KV

Caractéristiques des colonnes

- tension nominale d'isolement : 245 KV
- hauteur : 2286 mm
- tension de tenue à fréquence industrielle :
 - . à sec : 600 KV
 - . sous pluie : 510 KV
- Tension de tenue sous onde de choc : 1050 KV
- nombre d'éléments par colonne = 3 éléments
- ligne de fuite totale = 4240 mm
- Effort de rupture à la flexion : 350 Kg
- Effort de rupture à la traction : 14000 Kg
- Effort de rupture à la torsion : 1000 Kg.m

- Colonne supportant le J.d;b; 60 KV

Caractéristiques des colonnes :

- tension nominale d'isolement : 72,5 KV
- hauteur : 740 mm
- tension de tenue à fréquence industrielle.
 - . à sec : 220 KV
 - . sous pluie : 180 KV
- tension de tenue sous onde de choc : 325 KV
- nombre d'éléments par colonne : 3 éléments
- ligne de fuite totale = 1240 mm
- Effort de rupture à la flexion : 550 Kg
- Effort de rupture à la traction : 9000
- Effort de rupture à la torsion : 550 Kg.m

D. CHOIX DES CONNEXIONS

D.1/ Câbles souterrains :

Dans notre poste on distingue deux types de câbles, les câbles HT reliant les postes 220 et 60 KV à travers les transformateurs à 3 roulements et les câbles MT assurant la liaison entre les postes 60 et 30 KV.

D.1.1/ Choix des câbles

a) Câble MT

Le câble choisi est à âme en aluminium isolé en PRC (Polyéthylène recuit chimiquement). Sa section est déterminée de telle manière qu'elle vérifie la condition.

$$S \geq \frac{I_{cc}}{\delta}$$

où I_{cc} : courant de court-circuit en (A)
 δ : densité de courant en (A/mm²)

la densité de courant est donnée pour une durée de surcharge de 1 seconde $\delta = 91 \text{ A/mm}^2$

Détermination de la section :

$$\frac{I_{cc}}{\delta} = \frac{6390}{91} = 70,21 \text{ mm}^2$$

On prend une section normalisée de $S = 95 \text{ mm}^2$

Le câble choisi est unipolaire de section par phase de 95 mm^2

b) Câble HT

Le câble choisi dans ce cas est à âme en cuivre à isolation en papier imprégné de matière non migrante "le polyisobutylène."

Présentant une gaine d'étanchéité en plomb et une gaine extérieure en P.VC

Ce type de câble est largement utilisé sur le réseau 63 KV.

Tableau des caractéristiques des modèles les plus utilisés de tension spécifiée 36/63 KV

! section ! nominale ! c 32-012 ! (mm ²)	! diamètre ! extérieur ! (mm)	! Intensité ! (A)	! Intensité ! c;c; durée 1s ! (K A)
! 1 x 95	! 49	! 257	! 9,3
! 120	! 51	! 297	! 12,1
! 150	! 53	! 338	! 15,3
! 185	! 55	! 374	! 18,5
! 240	! 58	! 435	! 24,5
! 300	! 60	! 488	! 30,7
! 400	! 64	! 552	! 39,3
! 500	! 68	! 620	! 51
! 630	! 72	! 676	! 64

On a retenu pour notre poste une section normalisée

$$S_{nor} = 240 \text{ mm}^2$$

Nombre de câble par phase = 2

Courant nominal = $435 \times 2 = 870 \text{ A}$

D.2/ Connexions tendues

La section des conducteurs du point de vue échauffement est déterminée en admettant que ceux ci peuvent supporter de façon quasi-permanente une surcharge de 25 % par rapport aux valeurs d'intensités admises normalement. Du point de vue résistance aux effets électrodynamiques les conducteurs possèdent une grande résistance due à leur élasticité.

A partir de l'échelon de tension 150 KV et indépendamment de la considération des intensités traversantes, il est nécessaire d'utiliser des conducteurs de diamètre extérieur suffisant pour que la tension critique d'apparition d'effet couronne soit supérieure à la tension du réseau.

D.2.1/ Détermination des sections

Compte tenu des faibles portées dans le poste on utilise des câbles en Almelec qui présente une très large marge de sécurité vis à vis des efforts exercés.

La section est donnée en fonction du courant admissible par le tableau au :

Poste 220 KV (Travée transfo)

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} U_n} = \frac{80}{\sqrt{3} 220} = 0,21 \text{ KA} \quad I_n = 210 \text{ A}$$

$$I_{ad} = 1,25 I_n = 1,25 \cdot 210 = 262,5 \text{ A}$$

d'après le tableau : $S = 93,3 \text{ mm}^2$

Cependant on prend une section $S = 570 \text{ mm}^2$ pour éviter l'apparition de l'effet couronne.

Par la même méthode de calcul on choisit les sections restantes.

Les sections des câbles choisies sont :

Pour le poste 220 KV

Pour le poste 60 KV

Travée	section mm ²
ligne	570
Transfo	570
couplage	1144

Travée	section mm ²
ligne	288
Départ transfo	288
Arrivée transfo	851
couplage	1144

CARACTERISTIQUES DES CABLES HOMOGENES EN ALMELEC

Module d'élasticité $E = 5\ 890\ \text{da N/mm}^2$ Coefficient de dilatation linéaire $\alpha = 23.10^{-6}$

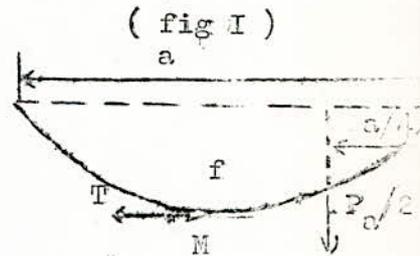
Section Nominale (mm ²)	Constitution du câble (nb de fils x D ou mm)	Diamètre extérieur (mm)	Masse (Kg / m)	Effort de rupture (d · N)	Résistance électrique (Ω/KM)	Intensité admissible (A)
93,3	19 x 2,5	12,5	0,258	2 700	0,357	270
117	19 x 2,8	14	0,324	3 400	0,285	315
148,1	19 x 3,15	15,75	0,410	4 300	0,225	365
288	37 x 3,15	22,05	0,799	8 200	0,107	550
366	37 x 3,55	24,85	1,016	10 400	0,0912	630
408	37 x 3,75	26,25	1,140	11 800	0,0813	700
475	61 x 3,15	28,35	1,324	13 050	0,0706	725
570	61 x 3,45	31,00	1,590	15 850	0,0588	840
604	61 x 3,55	31,09	1,685	16 600	0,0556	860
851	91 x 3,65	37,09	2,370	25 000	0,0393	1150
1144	91 x 4	44	3,180	33 350	0,0294	1600

D.2.2/ Calcul des connexions tendues aux efforts statiques

Le but du calcul est de connaître les valeurs de tractions et de la flèche des conducteurs aériens tendus entre deux charpentes, en vue de déterminer leurs conditions de réglage, lors de leurs mise en place ainsi que la structure des supports concernés et celles de leurs massifs de fondation.

Equation du conducteur suspendu de deux point

Considérons un conducteur supposé parfaitement souple et suspendu en deux points situés sur une horizontale à une distance a appelée "portée" au point milieu M , il existe une flèche f . Soit P le poids par unité de longueur du



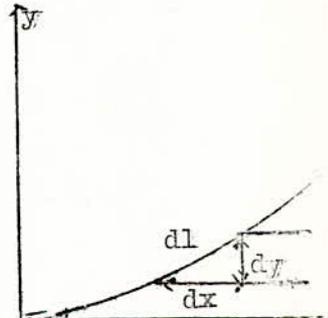
conducteur. T l'effort agissant perpendiculairement à la section droite du conducteur au point M_0 . On démontre en mécanique que la courbe formée par le conducteur équilibré sous l'action de son poids est une chaînette.

Dans la pratique pour de faible portée (notre cas) on peut prendre $\widehat{OM} = \frac{a}{2}$

Si on considère le tronçon de conducteur d'une demi-portée, exprimé l'égalité par rapport au point O des moments des deux forces qui agissent sur le tronçon : le poids, environ égal à $\frac{P}{2}$ dont le point d'application est en $\frac{a}{4}$ et l'effort T au point M .

Nous obtenons : $T \cdot f = \frac{P}{2} \cdot \frac{a}{4}$ d'où $f = \frac{Pa^2}{8T}$

Il s'ensuit que pour une portée donnée et un conducteur d'un poids donné la flèche sera inversement proportionnelle à l'effort exercé sur le conducteur. Cet effort étant limité par les propriétés mécaniques du métal. Il y aura dès lors un minimum en dessous duquel on ne pourra descendre pour la flèche.



(fig II)

De la relation (1) nous déduirons l'équation de la courbe prise par le conducteur. Reportons en M l'origine des coordonnées et remplaçons $\frac{a}{2}$ par X ainsi que f par y nous obtenons : $y = \frac{P}{2T} X^2$ (2)

C'est l'équation d'une parabole.

Calcul de la longueur du conducteur

En se basant sur le diagramme de la (fig II) et sur l'équation de la courbe nous pourrons écrire :

$$dL = \sqrt{dx^2 + dy^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx$$

or $\frac{dy}{dx} = \frac{P}{T} x$ d'où $dL = \sqrt{1 + \frac{P^2 x^2}{T^2}} \cdot dx$

$$dL = \sqrt{\left(\frac{P^2 x^2}{2T^2} + 1\right)^2 - \left(\frac{P^2 x^2}{2T^2}\right)^2} \cdot dx$$

en pratique $Px \ll T$ $dL \approx \left(1 + \frac{P^2 x^2}{2T^2}\right) dx$

$$L = \int_{-a/2}^{+a/2} dL = \int_{-a/2}^{+a/2} \left(1 + \frac{P^2 x^2}{2T^2}\right) dx = a \left(1 + \frac{P^2 a^2}{24T^2}\right)$$

d'autre part l'équation (1) donne :

$$f^2 = \frac{P^2}{64T^2} a^4 \quad \text{d'où} \quad \frac{P^2 a^2}{24T^2} a^2 = \frac{64 f^2}{24T^2}$$

et par suite $L = a \left(1 + \frac{8f^2}{3a^2}\right)$

Calcul des effets des variations d'état physique du conducteur.

L'expression (1) nous donne la relation qui s'établit au moment de la pose du conducteur entre l'effort exercé sur le conducteur et le flèche prise par ce dernier, une fois ces conditions réalisées diverses phénomènes peuvent venir modifier l'état physique du conducteur. Il faut donc calculer les effets de modification d'état physique afin de s'assurer qu'à aucun moment la tension n'atteindra des valeurs dangereuses pour la solidité mécanique du conducteur ou que la flèche ne prendra une importance exagérée.

Parmi les facteurs influants, nous pouvons considérer :

- une modification de P provenant par exemple d'une surcharge due au givre ou d'une action du vent.
- une variation de ^{la} température t exerce une influence immédiate sur les tensions mécaniques.

a) Coefficient de surcharge

On suppose que les charges résultant du givre (s'il y a lieu) sont uniformément réparties sur le conducteur. L'action du vent sur une portée est supposée uniforme et horizontale de sorte qu'on peut la considérer avec celle du poids du conducteur majorée de la surcharge due au givre (s'il y a lieu).

soit P : le poids propre du conducteur

P_g : la surcharge due au givre

P_v : la poussée du vent

On pourra conserver les expressions précédentes en remplaçant P par :

$$P_t = \sqrt{(P + P_g)^2 + P_v^2} \quad (\text{voir fig. III})$$

On définira le coefficient de la surcharge m comme rapport de la force totale P_t s'exerçant sur 1 mètre de longueur de fil à son poids P .

$$\text{soit } m = \frac{P_t}{P} = \frac{\sqrt{(P+P_g)^2 + P_v^2}}{P}$$

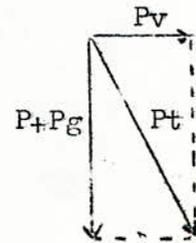


fig. III

Dans les conditions le conducteur prend une forme parabolique dans un plan incliné

$$\left(\text{tg } \delta = \frac{P_v}{P+P_g} \right)$$

Les formules précédentes permettent aussi de calculer la flèche f prise par le conducteur dans le plan et de la comparer à celle obtenue verticalement en cas du vent nul.

b) Equation de variations d'état physique

Supposons que notre conducteur passe d'un état initial défini par :

θ_i : température

T_i : tension

L_i : longueur du conducteur

P_i : poids propre du conducteur

m_i : coefficient de surcharge

à un état final défini par :

θ_f , T_f , L_f , P_f , et m_f

La variation de la température θ donne lieu à une variation de longueur

$$\Delta L_{\theta} = L_i (\theta_f - \theta_i) \alpha$$

où α : coefficient de dilatation du métal.

L'allongement thermique du conducteur modifie sa tension T_i à une tension T_f ; la variation de la tension donne lieu à une seconde variation de longueur.

$$\Delta L_T = L_i (T_f - T_i) \frac{1}{E}$$

où E : module d'élasticité du métal

Il en résulte un allongement total de la longueur :

$$L_f - L_i = L_i \left[(\theta_f - \theta_i) \alpha + \frac{T_f - T_i}{E} \right] \quad (5)$$

La combinaison de (3) et (5) nous donne :

$$L_i \left[(\theta_f - \theta_i) \alpha + \frac{T_f - T_i}{E} \right] = \frac{a^3}{24} \left[\left(\frac{m_f P_f}{T_f} \right)^2 - \left(\frac{m_i P_i}{T_i} \right)^2 \right]$$

en admettant l'approximation $L_i = a$

$$(\theta_f - \theta_i) \alpha + \frac{T_f - T_i}{E} = \frac{a^2}{24} \left[\left(\frac{m_f P_f}{T_f} \right)^2 - \left(\frac{m_i P_i}{T_i} \right)^2 \right]$$

c'est l'équation des variations d'état physique.

Supposons qu'un groupe de valeurs initiales m_i, P_i, T_i, θ_i est donné si le conducteur passe à un état pour lequel on connaît trois valeurs P_f, m_f, θ_f , la quatrième (T_f) sera déterminée par l'équation (6')

$$T_f^3 = T_f^2 \left[(\theta_f - \theta_i) \alpha E + \frac{a^2 E}{24} \left(\frac{m_i P_i}{T_i} \right)^2 - T_i \right] = \frac{E a^2}{24} (m_f P_f)^2$$

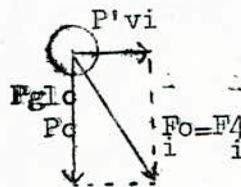
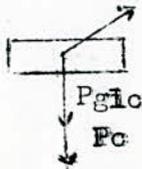
Calcul des connexions tendues du poste

Elles sont soumises à différentes contraintes dues au poids du câble aux efforts provoqués par le vent, la température, et le givre.

Les différentes forces appliquées sont :

- poids linéaire du conducteur P (daN/m)
- surcharge due au givre Pg (daN/m)
- Vent sur conducteur Pn (daN/m²)
- poids de la chaîne complète Pc (daN)
- poids d'un raccord Pr (daN)
- efforts dus aux dérivations et chaînes F_{ik}

Détermination des efforts dus aux chaînes :



D'après le diagramme on a :

$$F_{i0} = F_{i4} = \sqrt{(Pc + Pg lc)^2 + P'_{vi}{}^2}$$

où P' _{vi} : vent sur chaîne, Hypothèse 1

F_{i0} : effort de la chaîne 1

F_{i4} : effort de la chaîne 2

l_c : longueur de la chaîne

Détermination des efforts dus aux dérivations :

$$F_{ik} = \sqrt{(Pr + (P + Pg) l_k)^2 + (D P_{vi} l_k)^2}$$

- où :
- Pr : poids d'un raccord
 - P : poids du conducteur /m
 - Pg : surcharge due au givre /m
 - D : diamètre du conducteur
 - P_{vi} : vent sur conducteur, hypothèse 1
 - l_k : longueur de la dérivation

Détermination de la longueur de dérivation l_k :

Elle est donnée par la formule suivante :

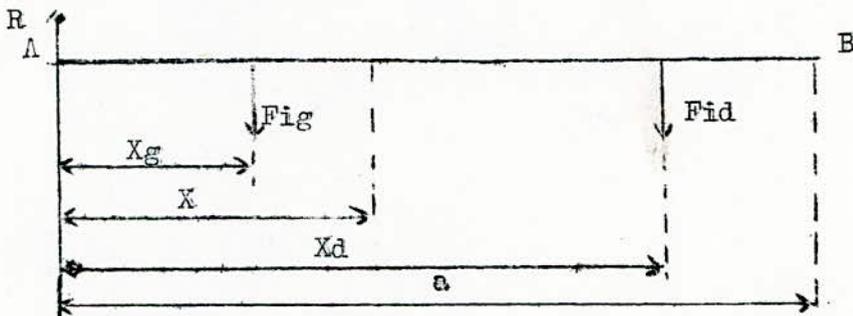
$$l_k = \left[y_K - \frac{K}{25} x_k \left(1 - \frac{x_k}{a} \right) \right] \lambda$$

où :

- l_k : longueur de la dérivation K
- y_k : ordonné de la dérivation K
- X_k : abscisse de la dérivation K
- a : portée de la connexion
- K : coefficient de flèche
- λ : tient compte du fait que la dérivation est partiellement supportée par l'appareil raccordé il est généralement pris égal à 1

Moment en x dû à toutes les charges

Soit un schéma simplifié d'une tendue :



a) Moment en X dû à la charge linéique uniforme réelle :

La charge linéique uniforme réelle est :

$$P_i = (P + P_g)^2 + (D P_{vi})^2$$

La réaction d'appui au point A due à cette charge :

$$R_i' = P_i \frac{a}{2}$$

le moment en X est :

$$\begin{aligned} M_1'(x) &= R_i' x - (P_i \frac{x}{2}) x \\ &= P_i \frac{a}{2} x - P_i \frac{x^2}{2} \end{aligned}$$

b) Moment en X dû aux charges localisées

Fig : effort à gauche de X dûs aux charges localisées

Fid : effort à droite de X dûs aux charges localisées

La réaction d'appui au point A due aux charges localisées :

$$R''_i = \frac{F_{ik}(a - X_k)}{a}$$

le moment en X est :

$$M''_i(x) = R''_i x - \sum F_{ig} (x - x_g)$$

$$M''_i(x) = \frac{F_{ik}(a - X_k)}{a} x - \sum F_{ig} (x - x_g)$$

Remplaçant F_{ig} par $(F_{ik} - F_{id})$; on obtient

$$M''_i(x) = \left[\sum F_{id} - \frac{\sum F_{ik} x_k}{a} \right] x + \sum F_{ig} x_g$$

le moment total en X :

$$M_i(x) = M'_i(x) + M''_i(x) \\ = -P_i \frac{x^2}{2} + \left[P_i \frac{a}{2} + \sum F_{id} - \frac{F_{ik} x_k}{a} \right] x + \sum F_{ig} x_g$$

le moment est maximal quand $\frac{d M_i(x)}{dx} = 0$

d'où

$$x_{imax} = \frac{a}{2} + \frac{F_{id}}{P_i} + \frac{F_{ik} x_k}{P_i a}$$

$$M_{imax} = M_i(x_{imax})$$

Poids fictif du conducteur q_i

Pour faciliter le problème du calcul, on assimile la connexion réelle avec ses forces linéiques uniformes et ses charges localisées à une connexion fictive de même portée et ne subissant qu'une force linéique uniforme. Cette dernière donne le même moment résultant maximal que les charges réparties et localisées réelles.

$$q_i = \frac{8 M_{imax}}{a^2} \quad \text{où } a : \text{ portée de la connexion}$$

Efforts transmis par les conducteurs au charpentes

a/ Efforts transmis par les tendues

En considérant les moments des efforts verticaux appliquées par rapport au point B , on aura :

$$V_{iA} = (P + Pg) \frac{a}{2} + (Pc + Pg lc) + \sum Pr + (P + Pg) \sum l_k - \frac{\sum Pr \cdot X_k + (P + Pg) \sum l_k X_k}{a}$$

Et en considérant les moments des efforts horizontaux appliqués par rapport au point B : On aura :

$$H_{iA} = D p_{vi} \frac{a}{2} + P'_{vi} + D P_{vi} \sum l_k - \frac{D P_{vi} \sum l_k X_k}{a}$$

Par le même raisonnement par rapport au point A on trouve les efforts transmis à la deuxième charpente (point B)

$$V_{iB} = (P + Pg) \frac{a}{2} + (Pc + Pg lc) + \frac{\sum Pr X_k + (P + Pg) \sum l_k X_k}{a}$$

$$H_{iB} = D P_{vi} \frac{a}{2} + P'_{vi} + \frac{D P_{vi} \sum l_k X_k}{a}$$

b/ Efforts transmis par le câble de garde

l'effort vertical :

$$V_{iA} = V_{iB} = (P' + Pg) \frac{a}{2} \quad \text{où } P' : \text{ poids linéaire du câble de garde}$$

l'effort horizontal

$$H_{iA} = H_{iB} = D' P_{vi} \frac{a}{2} \quad \begin{array}{l} D' : \text{ diamètre du câble} \\ P_{vi} : \text{ vent sur câble} \end{array}$$

Application

Le calcul consiste à déterminer la tension mécanique des conducteurs de chaque tendue, ainsi que leurs flèches, et les efforts transmis aux charpentes par ces derniers pour les différents hypothèses climatiques. Le calcul de la tension mécanique des différentes hypothèses dépend surtout de la tension mécanique l'hypothèses E (d'été) choisie , comme étant hypothèse de base.

$$\text{d'où } T_e = \frac{12,5 q_e a}{K} \quad \text{avec } q_e : \text{ poids fictif uniforme HYP.E}$$

a : portée de la connexion

K : coefficient de flèche

pour pouvoir pallier aux charges d'endommagement des conducteurs

- les tensions calculées doivent vérifier les conditions suivantes :

$$\text{Hypothèse A } T_A < \frac{\text{charge de rupture}}{3}$$

$$\text{Hypothèse B } T_B < \frac{\text{charge de rupture}}{3}$$

$$\text{Hypothèse G } T_G < \frac{\text{charge de rupture}}{1,75}$$

tels que 3 et 1,75 sont des coefficients de sécurité utilisés

Pour le poste 220 KV

désignation	T.ligne	T. transfo	T. couplage
section	570	570	1144
effort de rupture (daN)	15850	15850	1144
$T_A = T_B <$ (daN)	5283,33	5283,33	11.116,67
$T_G <$ (daN)	9057,14	9057,14	19057,14

Pour le poste 60 KV

Désignation	T ligne	T.D transfo	T.A transfo	T.coupl.
section	288	288	851	1144
Effort de rupture (daN)	8200	8200	25000	33350
$T_A = T_B <$ (daN)	2733,33	2733,33	8333,33	11116,67
$T_G <$ (daN)	4685,11	4685,11	14285,71	19057,14

DONNEES DES TENDUES DE CHAQUE TRAVEE

Posto 220 KV

Désignation	Nota- tion	Valeur			UNITE
		T.Ligno	T.Transfo.	T.Couplage	
Diamètre du câble	D	31	31	44	mm
Section du "	S	570	570	1144	mm ²
Poids lin "	P	1,56	1,56	3,12	da N/m
Poids du records	Pr	0,98	0,98	1,23	da N/m
Module d'élastic.	E	5890			Da N/mm ²
Coeff.de dilat.	α	$23 \cdot 10^{-6}$			°C - 1

Posto 60 KV

Désignation	Nota- tion	Valeur				UNITE
		T.Ligno	T.D.Transf.	T.A Transf	T.Couplage	
Diamètre câble	D	22,05	22,05	37,09	44	mm
Section "	S	280	288	851	1144	mm ²
Poids lin "	P	0,78	0,78	2,32	3,12	da N/m
Poids du Records	Pr	0,75	0,75	1,15	1,23	daN/
Module d'élást.	E	5 890				da N/mm ²
Coeff. de Dilat.	α	$23 \cdot 10^{-6}$				°C-1

DONNEES COMMUNES A TOUTES LES TENDUES DU POSTE

Désignation	Notation	Valeur		Unité
		Poste(220 KV)	Poste (60 KV)	
Surch.Duc au grè. P3		4	4	Da N/m
Vent Gond Hyp A PVA		72	72	da N/m
" " "Hyp B PVB		18	18	"
" " "Hyp.C PVG		72	72	"
" "Chaine hypA PVA		19,9	7,96	da N
" " Hyp.B PVB		4,9	1,96	"
" " " Hyp.C PVA		19,9	7,96	
Post.d'une Comp. Pc		83,9	29,5	da N
Long. " " Lc		2,2	0,93	M
Pomp. Hyp.E OE		50	50	°C
" Hyp.A OA		30	30	"
" Hyp.B OB		10	10	"
" Hyp.G OG		10	10	"
Coef. de flèche K		3	3	% de a

DONNÉES COMMUNES A TOUTES LES HYPOTHESES CLIMATIQUES

Poste 220 Ky

Désignation	Notation	Valeur			Unité
		T.Ligne	T;Transf.	T.Couplage	
Dist.Vert.Dériv.1	Y1	7,3	7	10,1	m
" " " 2	Y2	7,3	7,3		"
" " " 3	Y3	7,3	7,3	7,3	"
Abs. du milieu Ch	X0	1,5	1,5	1,5	"
" " " 2	X4	45,5	45,5	45,5	"
Abs. de la Dér. 1	X1	4,3	4	3,6	"
" " " 2	X2	4,3	42,6		"
" " " 3	X3	42,4	42,6	43,9	"
Long de la dériv.1	L1	6,83	6,56	09,76	"
" " " 2	L2	6,83	6,82		"
" " " 3	L3	6,9	6,82	6,95	"
Portée de la Conn.	e	47	47	47	"

Poste 60 /XV

DESIGNATION	Notation	Valeur				Unité
		T.Ligne	T.D transf.	T.A Transf.	T.Couplage	
Dist.Vert.Dériv.1	Y1	2,4	4,5	4,5		m
" " " 2	Y2	2,4	2,4	2,4	4,1	"
" " " 3	Y3	4,5	2,4	2,4	3,5	"
Abs. du milieu Ch	Y0	0,7	0,7	0,7	0,7	"
" " " 2	X4	22,3	22,3	22,3	22,3	"
Abs.de la dériv.1	X1	1,4	1,4	1,4		"
" " " 2	X2	21,8	1,4	1,4	1,4	"
" " " 3	X3	21,8	21,8	21,8	21,8	"
Long.de la déri.	L1	2,24	4,34	4,34		"
" " " 2	L2	2,26	2,24	2,24	3,94	"
" " " 3	L3	4,36	2,26	2,26	3,36	"
Portée de la conn	e	23,	23	23	23	"

Valours calculés des tensions et des flèches des tendus du poste (60 KV)

pour les différents hypothèses climatiques .

HYPATHESE : E

HYPOTHESE : A

note	VALEUR				unité
	T. ligne	t.A.tr	T.coupl	T.D.tr	
F0=F4	29,5	29,5	29,5	29,5	DAN
F1	2,5	4,14	11,22	-	"
F2	2,51	2,5	6,35	13,52	"
F3	4,14	2,51	6,39	11,71	"
X _{max}	11,75	11,15	11,18	11,43	m
M _{max}	77,99	79,43	190,84	243,45	daN/m
q _é	1,18	1,19	2,89	3,68	daN/m
T _é	113,08	114,04	276,06	352,67	daN
f _{max}	3/8 a = 0,69				m

note	VALEUR				unité
	T. ligne	T.D.tr	T.A.tr	t.coupl	
F0=F4	30,56	30,56	30,56	30,56	daN
F1	4,35	8,05	16,35	-	"
F2	4,39	4,39	4,35	9,83	"
F3	8,05	4,39	8,89	15,82	"
X _{max}	11,72	11,20	11,20	11,43	m
M _{max}	148,98	149,8	281,90	344,77	daN/m
q _é	2,25	2,27	4,26	5,21	daN/m
T _é	239,76	241,93	454,39	554,93	daN
f _{max}	0,62	0,62	0,62	0,62	m

HYPOTHESE B

HYPOTHESE G

note	VALEUR				unité
	T. ligne	T.D.tr	T.A.tr	T. coupl	
F0=F4	29,57	29,57	29,57	29,57	daN
F1	2,65	4,49	11,61	-	"
F2	2,67	2,65	6,53	13,81	"
F3	4,49	2,67	6,57	12,02	"
X _{max}	11,74	11,16	11,19	11,43	m
M _{max}	1,29	1,29	2,99	3,79	daN/m
q _é	85,04	85,49	197,49	250,53	daN/m
T _é	189,6	189,62	439,43	557,92	daN
f _{max}	0,45	0,45	0,45	0,45	m

note	VALEUR				unité
	T. ligne	T.D.tr	T.A.tr	T.coupl	
F0=F4	34,16	34,16	34,16	34,16	daN
F1	12	22,58	30,95	-	"
F2	12,1	12	16,49	31,83	"
F3	22,68	12,1	16,63	27,31	"
X _{max}	11,72	11,21	11,21	11,43	m
M _{max}	38	388,86	524,99	577,70	daN/m
q _é	5,85	5,88	7,91	8,74	daN/m
T _é	859,53	864,44	1162,54	1284,29	daN
f _{max}	0,45	0,45	0,45	0,45	m

Valeurs calculés des tensions et des flèches des tendues du poste(220 KV)
 pour les différentes hypothèses climatiques. :

HYPOTHESE /E

HYPOTHESE A

note	VALEURS			unité
	T LIGNE	T.transf	t.coup.	
F ₀ =F ₄	83,9	83,9	83,9	da
F1	11,63	11,21	31,49	"
F2	11,63	11,62	-	"
F3	11,74	11,62	22,91	"
X _{i max}	22,71	24,28	23,21	m
M _{i max}	628,15	630,59	1079,7	da
q _i	2,27	2,28	3,91	DAN
Ti	444,54	446,5	765,75	da
	3% a = 1,41 m			m

note	VALEURS			unit
	T. ligne	T. transf	T.couplage	
F ₀ =F ₄	86,23	86,23	86,23	daN
F1	19,18	18,44	44	"
F2	19,18	19,15	-	"
F3	19,37	19,15	31,78	"
X _{i max}	22,76	24,24	23,21	m
M _{i max}	998,41	1002,4	1486,84	daN.m
q _i	3,62	3,63	5,38	daN/m
Ti	788,26	790,56	1172,25	daN
f _{i max}	1,27	1,27	1,27	m

HYPOTHESE B

HYPOTHESE G

note	VALEUR			unit
	T. ligne	T. transf	T. coupl	
F ₀ =F ₄	84	84	84	daN
F1	12,24	11,8	32,42	"
F2	12,24	12,23	-	"
F3	12,36	12,23	23,57	"
X _{i max}	22,72	24,27	23,21	m
M _{i max}	659,82	662,38	1110,11	daN.m
q _i	2,39	2,4	4,02	daN/m
Ti	717,99	720,99	1207,68	daN
f _{i max}	0,92	0,92	0,92	m

Note	VALEUR			unit
	T.ligne	T.transf	T.coup	
F ₀ =F ₄	94,8	94	94,8	"
F1	41,83	40,21	76,72	"
F2	41,83	41,77	-	"
F3	42,25	41,77	55,29	daN
X _{i max}	22,76	24,23	23,21	m
M _{i max}	2053,35	2062	2517,32	daN.m
q _i	7,44	7,47	9,12	daN/m
Ti	2234,35	2243,64	2739,89	daN
f _{i max}	0,92	0,92	0,92	m

- les flèches ne doivent en aucun cas dépasser 3% de la portée de la connexion

$$T_i f_{imax} = M_{imax} \quad f_{imax} = \frac{M_{imax}}{T_i} \leq 3\%$$

Pour le poste 220 KV

la portée = 47 m

$$f_{imax} = \frac{3 \times 47}{100} = 1,41 \text{ m}$$

Pour le poste 60 KV

la portée = 23 m

$$f_{imax} = \frac{3 \times 23}{100} = 0,69 \text{ m}$$

D'après les valeurs obtenues de T_i et f_{imax} , on remarque que les deux conditions sont vérifiées pour toutes les tendues du poste et dans les différentes hypothèses climatiques.

Efforts transmis par les conducteurs aux charpentes

Les efforts déterminés sont appliqués sur la charpente en différents points repartis.

Pour les tendues c'est en trois points ; tandis que pour le câble de garde deux points seulement aux extrémités :

Pour le poste 220 KV

Efforts transmis par les tendues (Hypothèse G)

travee	V_A (daN)	V_B (daN)	H_A (daN)	H_B (daN)
ligne	297,16	266,82	101,26	89,33
transfo	264,91	297,06	101,19	88,60
couplage	329,51	312,77	124,18	117,27

Efforts transmis par câble de garde (Hypothèse G)

section du câble = 94 mm²

poids linéaire = 0,386 kg/m = 0,379 daN/m

Diamètre = 10,94 mm²

$$V_A = V_B = 103 \text{ daN}$$

$$H_A = H_B = 18,61 \text{ daN}$$

Pour le poste 60 KV

Efforts transmis par les tendues (Hypothèse G)

Travee	V_A	V_B	H_A	H_B
ligne	103,88	123,5	30,16	36,46
D.transfo	122,94	104,35	36,28	30,31
A. transfo	151,12	126,4	56,65	46,38
Couplage	147,2	143,92	56,67	55,24

Efforts transmis par câble de garde

même câble de garde du poste 220 KV

$$V_A = V_B = 50,4 \text{ daN}$$

$$H_A = H_B = 9,1 \text{ daN}$$

D.3 Connexions de travées

Les connexions de travées sont celles reliant les jeux de barres au sectionneurs d'aiguillage. Elles sont en tube A G S leurs dimensions diffèrent d'une travée à une autre et correspondent aux tendues dans chaque travée.

Poste 220 KV

Poste 60 KV

travée	D_{in}/D_{ex} (mm)
ligne	60 / 70
transfo	60 / 70
couplage	60 / 70 70 / 80

travée	D_{in}/D_{ext} (mm)
ligne	30 / 40
D.transfo	30 / 40
A. transfo	50 / 40
couplage	80 / 90

C H A P I T R E IV

EQUIPEMENTS BASSE TENSION DU POSTE

L'équipement électrique basse tension du poste est constitué, pour l'essentiel, des matériels et circuits électriques de commande et de contrôle des installations haute tension, ainsi que l'ensemble des services auxiliaires nécessaires qui leur est associés.

Les premiers permettent soit en intervenant automatiquement, soit en renseignant les exploitants avec précision, d'influer par la manoeuvre ou la modification du comportement des matériels haute tension sur la structure du réseau en fonction des conditions d'exploitation ou des perturbations pouvant survenir sur celui-ci.

Les seconds fournissent sous diverses formes l'énergie nécessaire au contrôle et aux manoeuvres des divers matériels qui équipent le poste.

IV. 1/ Installations de commande et de contrôle :

Les installations de commande et de contrôle comprennent :

- les organes de commande d'ouverture de fermeture de mise en marche et d'arrêt du matériel du poste.
- Les différents dispositifs de signalisation (voyants, enregistreurs, sonneries, klaxons... etc) destinés à renseigner l'exploitant sur les modifications survenues dans l'installation haute tension par suite du fonctionnement des protections et des manoeuvres automatiques.
- Les relais de la protection destinés à éliminer automatiquement les portions du réseau sur lesquelles surviennent les incidents.
- Les installations du comptage.
- Les équipements destinés à renseigner à tout instant l'exploitant sur les caractéristiques et grandeurs électriques du réseau (appareils indicateurs de tension de courant et de fréquence)
- Les câbles et connexions basse tension qui relient les divers éléments désignés ci-dessus à l'appareillage haute tension et aux sources des services auxiliaires.

Les principes généraux d'installation des matériels de commande et de contrôle sont établis en se référant conventionnellement à la notion de "tranche électrique".

IV.1.1/ Notions de tranche :

Une tranche électrique est conventionnellement constituée par l'ensemble des matériels haute et basse tension relatifs à une fraction déterminée du poste. Elle doit pouvoir être isolée totalement du reste des autres installations, et ses limites sont définies de telle ; cet isolement ne compromet pas le fonctionnement et le contrôle des installations haute et basse tension qui restent en service.

Une tranche électrique comprend :

- la tranche H.T : constituée par l'ensemble du matériel et des circuits électriques THT, HT ou MT de la fraction du schéma considéré. Dans notre cas on considère une travée.
- la tranche BT : Constituée par l'ensemble des équipements basse tension relatifs à la commande et au contrôle d'une travée, tranche au niveau de laquelle on distingue du point de vue de l'installation du matériel.
- la tranche de commande : constituée par la partie intéressée du tableau de commande.
- la tranche de contrôle : constituée par la partie intéressée des châssis supportant les matériels de comptage et de contrôle.

A cet ensemble de tranches distinctes, il faut ajouter une tranche basse tension commune dénommée "tranche générale" qui comporte le matériel à la formation et au contrôle des circuits à courant continu alimentant les diverses autres tranches du poste.

Cette dernière tranche se décompose en deux parties :

- une partie contrôle général
- une partie information qui comprend pour l'essentiel les enregistreurs de manoeuvre et de signalisation et les enregistreurs oscillométriques.

Remarque : Le principe général énoncé implique que toute tranche puisse être isolée de toutes les sources d'alimentation haute et basse tension, qui lui sont raccordées afin d'assurer la sécurité du personnel et faciliter la recherche des défauts éventuels.

- Pour la partie haute tension de la tranche (matériels et circuits HT) ce sont les sectionneurs qui permettent de consigner une tranche.

- Pour la partie basse tension (tranche de commande et tranche de contrôle) l'isolement électrique est assuré au moyen d'un interrupteur de consignation de tranche (I.C.T) cadennassable. Les signali^{sations}ssues de la tranche sont par ailleurs coupées par un interrupteur particulier (I.C.S.)

IV.1.2./ Emplacement des matériels de commande et de contrôle.

Bâtiment de relayage (B.R)

Les tranches de contrôle sont situées à proximité de l'appareillage extérieur (HT ou THT) concerné, et disposé dans des bâtiments élémentaires de relayage où sont rassemblés les équipements relatifs à deux cellules.

Les circuits basse tension émanant des coffrets de raccordement des appareils haute tension situés dans chaque cellule sont dirigés en tranchée, puis en caniveaux vers le (BR) où ils aboutissent sur les châssis de la tranche de contrôle concernée. De ces châssis repartent alors, dans un caniveau collecteur, l'ensemble des circuits de commande et de signalisation qui aboutissent dans la tranche de commande située dans le bâtiment de commande.

Bâtiment de commande (B.C)

Appelé quelque fois bâtiment industriel. Il regroupe :

- la salle de commande.
- la salle des installations de télécommunications
- la salle des services auxiliaires
- les locaux de service : bureaux, chambre pour l'agent intérimaire de garde, sanitaire, ateliers etc...

Le bâtiment est placé, orienté de telle façon que l'exploitant puisse avoir une vue d'ensemble sur le poste.

Salle de commande :

Elle regroupent les équipements de commande, contrôle et signalisation des installations à haute tension, elle abrite à ce titre :

- un tableau de commande
- un tableau d'information
- une table de quart

Tableau de commande (Planche N°11)

Le tableau de commande se présente sous forme d'une mosaïque réalisée par la juxtaposition de carreaux élémentaires.

Il comprend :

- le schéma synoptique du poste avec les commutateurs servant à commander l'appareillage haute tension avec, une représentation "ouvert" ou "fermée" des sectionneurs et des disjoncteurs.
- la commande est à signalisation lumineuse permettant à l'exploitant de connaître, grâce à un code de couleurs très simple l'état des différents circuits ainsi que la position des appareils qui y sont insérés.

Tableau d'information :

Il est composé de :

- l'oscilloperturbographe : c'est un enregistreur doté de mémoire qui permet de connaître sous forme d'un diagramme enregistré sur papier, les circonstances et l'évolution d'un incident d'origine quelconque, pourvu que l'information soit traduite en grandeurs électriques. A chaque incident, et seulement au moment de celui-ci l'oscilloperturbographe délivre une bande d'enregistrement directement exploitable et reproductible donnant l'évolution des grandeurs caractéristiques ainsi que le temps de fonctionnement des relais de protection ou de commande des disjoncteurs. L'enregistrement débute environ une demi-seconde avant l'incident, grâce à la mémoire de l'appareil, et il se termine au bout d'un temps réglé à l'avance.
- L'enregistreur de manoeuvre et de signalisation (E.M.S.) : Il permet à l'exploitant d'être informé immédiatement de tous les événements nouveaux apparaissant dans l'installation. Les événements pris en compte peuvent être soit des phénomènes normaux tels que des manoeuvres de sectionneurs ou de disjoncteurs, soit de phénomènes anormaux tels que des alarmes ou des défauts révélés par le fonctionnement des protections. Il permet le contrôle permanent de 60 événements distincts.

IV.2 / Services auxiliaires :

L'exploitation du poste nécessite de disposer de différentes formes d'énergie en vue d'assurer les fonctions de commande, de signalisation et

de transmission des forces motrices d'éclairage, de chauffage etc... liées de près ou de loin à la conduite des réseaux HT.

Les services auxiliaires regroupent les installations de "production" et de distribution de cette énergie constituée par :

- du courant alternatif à basse tension
- du courant continu

IV.2.1/ Services assurés par les auxiliaires

a) services auxiliaires normaux ou "reseau"

Ce sont tous les circuits dont la perte bien que gênante ne compromet pas dans l'immédiat l'exploitation de l'installation.

Ils comprennent :

- les circuits de chauffage et prise de courant de bâtiment.
- les alimentations des aérorefrigérants des transformateurs de puissance
- le jeu de barre secours
- les équipements télécommandes
- l'électrification des villas

Les services auxiliaires normaux sont alimentés en courant alternatif à partir du réseau.

b) services auxiliaires principaux ou secours

Ce sont les circuits qui peuvent admettre un temps de coupure réduit mais dont la défaillance prolongée est susceptible de provoquer des perturbations sérieuses dans l'exploitation du poste. Ils comprennent :

- l'éclairage du bâtiment d'unité auxiliaire
- l'éclairage du bâtiment de commande
- l'éclairage du bâtiment de relayage
- l'éclairage du poste extérieur
- l'alimentation du tableau synoptique
- les dispositifs de recharge des batteries 127 V et 48 V.

Ces services sont alimentés en courant alternatif soit en situation normale à partir du réseau soit en cas de défaillance de cette source principale, par un groupe électrogène dont la mise en route est assurée automatiquement.

c) services auxiliaires essentiels

Ce sont les circuits qui doivent demeurer alimentés en toutes circonstances de manière à permettre d'assurer les fonctions nécessaires pour la sécurité des ouvrages. Ils comprennent :

- les circuits de commande et de contrôle
- l'éclairage secours (réduit)
- les régulateurs des transformateurs de puissance
- les équipements de télécommunication

Ils sont alimentés en courant continu par une batterie d'accumulateurs associée à un redresseur 127 V.

Les équipements télécommunication sont alimentés par une batterie 48 V associée à un redresseur.

d) Services auxiliaires continu secours

Ils doivent demeurer alimentés en toutes circonstances, ils assurent les fonctions nécessaires pour la sécurité du poste 220 KV.

Ils comprennent :

- l'antenne commande secours poste 220 KV

Ils sont alimentés par une batterie d'accumulateur associée à un redresseur 127 V indépendante de la première.

IV.2.2./ Unité de services auxiliaires (Planche N°12)

a) composition de l'unité

L'unité de services auxiliaires comporte :

- une source à courant alternatif réseau : constitué par deux transformateurs MT/380/220V disposés dans le poste extérieur auprès des transformateurs de puissance sur lesquels ils sont raccordés.

En exploitation normale un seul transformateur assure l'alimentation de l'unité, le deuxième reste en réserve.

- une source à courant alternatif secours : composée d'un groupe électrogène et de ses accessoires.
- 3 redresseurs 127 V dont un en réserve
- 2 batteries d'accumulateurs 127 V
- 1 batterie d'accumulateurs 48 V

- tableau général de distribution des circuits à courant continu et à courant alternatif.

b) Dimensionnement des sources de l'unité

* Transformateur MT/380/220V (TSA)

Détermination de la puissance du TSA

Consommation en alternatif

S. Auxiliaires normaux	puissance (KVA)	S. Auxiliaires principaux	puissance (KVA)
Aéroréfrigérant TR _{1.2}	9,9	Redresseur 127 V	2 x 10,5
Aéroréfrigérant TR _{3.4.}	2 x 3,52	Redresseur 48 V	6,5
Redresseur groupe de secours	0,5	Reserves équipées	9
Ch et Pc Bt Auxil.	25	Eclairage Bt Auxil.	2
Ch et Pc Bt Commande	30	Eclairage Bt commande	4
Ch et Pc Bt Relayage	34	Eclairage Bt Relayage	1,2
Reserves équipés	9	Eclairage du poste extérieur	10
Villas	3 x 20	Alimentation tableau synoptique	2
TOTAL :	174,44(KVA)	TOTAL :	55,7(KVA)

La puissance totale transitée par le TSA = 175,44 + 55,7 = 231,44 (KVA)

On choisi donc des transformateurs de puissance nominale

$$S_n = 250 \text{ KVA}$$

* Groupe électrogène : Il doit assurer l'alimentation des auxiliaires secourus en cas de défaillance de J.d;b. réseau.

- La puissance demandée par les auxiliaires secourus étant de 55,7 KVA.

On choisit un groupe électrogène dont les caractéristiques sont les suivantes :

- un moteur diésel comportant :

- un démarrage électrique par batterie (avec chargeur spécial situé près du groupe)

- Un alternateur triphasé 380/220V auto-excité de puissance nominale $S_n = 60 \text{ KVA}$

* Batterie 127 V

La batterie d'accumulateurs 127 V est prévue pour fonctionnement en floating avec un redresseur. Elle doit assurer le secours dans les conditions suivantes :

- manque de courant alternatif
- panne du groupe de secours

Elle doit fournir le courant permanent absorbé par les installations pour une durée de 4 heures d'autres parts, elle doit également fournir le courant de pointe absorbé occasionnellement au moment de manoeuvre des appareils à haute tension pour une durée d'environ 2 heures.

Dimensionnement de la batterie

Bilan de puissance

Recepteur	consomm. en permanente (W)	consomm. de pointe (W)
Reserves équipées	250	1500
Eclairage secours réduit	300	300
Formation $\pm S$	50	50
Régleurs TR 1.2	889	2286
Régleurs TR 3.4	889	2286
Boucle FM Poste 220 KV	127	1524
Boucle FM Poste 60 KV	127	1524
Boucle FM Poste 30 KV	127	1524
Boucle de commande poste 220 KV	127	508
Boucle de commande poste 60 KV	127	508
Boucle de commande poste 30 KV	127	508
TOTAL	3140	12518

- Courant permanent absorbé par l'installation

$$I_c = \frac{\text{Puissance permanente}}{\text{tension de la batterie}} = \frac{3140}{127} = 24,72 \text{ A}$$

courant de pointe

$$I_p = \frac{\text{Puissance de pointe}}{\text{tension de la batterie}} = \frac{12518}{127} = 98,57 \text{ A}$$

La batterie 127 V doit fournir le courant permanent I_c et le courant de pointe I_p successivement pour des durées de 4 heures et 2 heures environ.

- Capacité permanente :

$$Q_c = 4I_c = 4.24,72 = 98,9 \text{ A.h}$$

- Capacité de pointe :

$$Q_p = 2.I_p = 2.98,57 = 197,1 \text{ Ah}$$

On considère une capacité de 200 A.h

- Caractéristiques et nombre d'éléments de la batterie :

- type : semi-fixe au plomb

$$\text{- nombre d'éléments} = \frac{127}{2,19} = 58 \text{ éléments}$$

où 2,19 KV/éléments : est la tension délivrée par élément.

* Batterie 48 V

Bilan de puissance

Recepteur	consomm. (W) en permanente	consomm. (W) de pointe
Tranche générale	96	480
Armoire H.F poste 220 KV	144	288
Armoire H.F poste 60 KV	332	664
Armoire interphonie	48	144
Télécontrôle	768	768
Capteurs	192	192
Téléprotection	168	168
TOTAL	1748	2704

- courant permanent :

$$I_c = \frac{1748}{48} = 36,42 \text{ A}$$

- courant de pointe :

$$I_p = \frac{2704}{48} = 56,33 \text{ A}$$

- Capacité permanente :

$$Q_c = 4I_c = 4 \times 36,42 = 145,7$$

- Capacité de pointe :

$$Q_p = 2 I_p = 2 \cdot 56,33 = 112,7$$

On prend une batterie de capacité 150 Ah

Caractéristiques et nombre d'élément de la batterie

type semi-fixe au plomb

$$\text{nombre d'élément} = \frac{48}{2,19} = 21 \text{ éléments}$$

PROTECTION DU POSTE

Introduction :

Les dispositifs de protection jouent un rôle de premier ordre dans le fonctionnement du poste. Ils provoquent un processus capable de supprimer une contrainte anormale constatée. Ces processus se classent en deux types :

- a) Processus de coupure : La coupure du réseau entre la source d'énergie et la partie du réseau en défaut, supprime les contraintes dues au passage du courant de défaut.

Les protections dans ce cas sont les équipements fonctionnant en basse tension, utilisés pour mesurer différentes grandeurs (caractérisant un défaut ou un régime anormal dans le circuit à haute tension) et pour engendrer des ordres permettant d'éliminer, provisoirement ou définitivement la zone du réseau qui est en défaut. C'est les relais.

- b) Processus de shuntage passager :

Un shuntage passager en un point du réseau annule la tension en ce point dans le but d'empêcher une surtension transitoire de se propager plus loin ; rôle attribué aux éclateurs et aux parafoudres.

Les défauts survenus au poste, peuvent être causés par :

- les surcharges ou surintensités s'établissant relativement lentement par suite de l'accroissement exagéré du nombre, et de la puissance des récepteurs branchés sur le poste.
- les décharges atmosphériques (coup de foudre)
- les court-circuits ou surintensités brusques provenant d'un contact accidentel entre des conducteurs à des potentiels différents.

V.1/ Protection des lignes :

Dans les réseaux de transport d'énergie électrique, les lignes revêtent une importance capitale. Aussi, doit-on leur assurer un système de protection très efficace, fiable et sélectif.

V.1.1/ Protection des lignes 220KV

Cette protection est constituée par :

a) Protection principale :

La protection principale des lignes est assurée par une protection de distance : c'est un système complexe qui garantit une protection sélective, quasi-parfaite. dûe au fait qu'elle effectue une véritable mesure de la distance qui la sépare du défaut, et ce par la mesure de l'impédance Z ou la réactance X de la ligne qui sépare le relais du court-circuit. Elle permet le déclenchement du disjoncteur en un temps dépendant de l'éloignement du défaut. Ce temps est fixé par une caractéristique temps distance en gradins.

La protection effectue alors différentes mesures à des temps différents appelés "stades". Ils sont généralement en nombre de trois :

1er stade : Il couvre 80% de la ligne. Le temps de déclenchement est théoriquement instantané.

2eme stade : Celui-ci couvre 120% de la longueur totale de la ligne. Ce qui permet la détection des défauts en dehors de sa zone de surveillance et peut en conséquence pallier à une défaillance de la protection située en aval. Le temps de déclenchement est de (0,2 à 1,5) secondes.

3eme stade : La protection effectue alors une mesure correspondante à une longueur maximale qu'elle peut surveiller (en général 140%). Le temps de déclenchement est de l'ordre de (0,25 à 3) secondes.

Constitution de la protection de distance :

La protection de distance la plus économique est celle de : SCHLUMBERGER (R XAP), elle est constituée des éléments suivants :

- 3 relais de mise en route à Min.Z (R M Z)
- 1 relais de mesure à Min.X (R M X)
- 1 relais directionnel de puissance (R D W)
- 1 relais de courant homopolaire (R.B.A.)
- Des relais intermédiaires pour la commutation, le changement de stade, le déclenchement etc...

Fonctionnement de la protection de distance

Dès l'apparition d'un défaut quelconque dans la zone de surveillance le dispositif sélecteur de phases :

- 1°/ Détecte le défaut
- 2°/ Provoque la commutation convenable du circuit d'alimentation des relais de mesure R M X et R D W
- 3°/ Met en route la chaîne de déclenchement et le dispositif de changement de stade.

Les dispositifs d'anti-pompage et d'alimentation Voltmétriques peuvent éliminer la dernière fonction.

Le relais de déclenchement n'est autorisé à fonctionner que si après la mise en route, le relais directionnel et le relais de réactance ferment leurs contacts (déclenchement du 1er et 2e stade).

Réglage de la protection de distance

Les relais étant reliés au réseau à l'aide de TC et des TT

Soit K_V le rapport des TT : $K_V = \frac{V_{HT}}{V_{BT}}$

Soit K_I le rapport des TC : $K_I = \frac{I_{HT}}{I_{BT}}$

Soit K_Z le rapport du réducteur d'impédance $K_Z = \frac{Z_{HT}}{Z_{BT}}$

$$\text{or } Z_{HT} = \frac{V_{HT}}{I_{HT}} \text{ et } Z_{BT} = \frac{V_{BT}}{I_{BT}}$$

$$K_Z = \frac{K_V}{K_I}$$

1er stade : On effectue un réglage correspondant à 80% de la longueur de la ligne

$$X_1 = 80\% X_{BT}$$

2e stade : Il correspond à 120% de la longueur totale de la ligne

$$X_2 = 120\% X_{BT}$$

3e stade : Il correspond à 140% de la longueur totale de la ligne

$$X_3 = 140\% X_{BT}$$

Le relais anti-pompage sera réglé à

$$X_{AP} = 1,5 \cdot X_3$$

Réglage du coefficient de terre :

$$K_0 = \frac{X_0 - X_d}{3 X_d} \quad \text{avec } X_0, X_d : \text{réactances homopolaire et directe de la ligne.}$$

La valeur exacte de K_0 est déterminée soit par le calcul soit par des mesures réelles.

Dans notre cas on prendra une valeur moyenne $K_0 = 0,7$

b) Protection complémentaire :

. Protection directionnelle de terre

Cette protection est destinée à jouer le rôle de protection complémentaire de la protection de distance pour des défauts résistants dont cette dernière est plus ou moins insensible .

Elle doit être sensible à des défauts sans toute fois gêner le fonctionnement normal de la protection. Elle est temporisée par sa mise sous tension retardée de l'élément directionnel.

Cette protection est basée sur la grandeur est la direction de la puissance homopolaire en chaque point d'un reseau dont le neutre est mis à la terre, directement ou à travers une faible impédance. Elle repose sur l'emploi de relais directionnels de puissance homopolaire composée. La temporisation de cette protection est choisie de telle façon que l'on ait : $T_2 < T_R < T_3$

où T_2 , T_3 : sont les temporisations du 2ème et 3ème stade de la protection principale.

c) Protection de réserve

C'est une protection de distance à minimum d'impédance analogue à la protection principale, elle est temporisée de manière à laisser en priorité agir les autres protections.

d) Protection défaillance disjoncteur

Elle est assurée par un relais à maximum d'intensité qui agit dans le cas d'un défaut de commande du disjoncteur ligne, son temps d'action est fixé supérieur à celui de la protection de réserve.

e) Réenlencheur

Les statistiques d'incidents sur les reseaux de lignes aériennes à haute tension, ont montré que la plupart des défauts sont monophasés à l'origine et qu'ils évoluent en défauts polyphasés que très rarement grâce à la rapidité d'intervention des protections.

D'autre part ces défauts sont plus souvent fugitifs et l'isolement de la ligne redevient généralement normal après la coupure de l'arc de défaut.

Dans ces conditions apparait l'utilité d'un réenlencheur associé à la protection de distance qui permet : soit le déclenchement de la seule phase en défaut soit le déclenchement triphasés pour les défauts polyphasés et le réenlencheur monophasé ou triphasé après un temps réglable permettant l'extinction de l'arc.

Ordre de réenclenchement :

réenclenchement monophasé : Le retard de l'ordre de réenclenchement pour un défaut monophasé est réglable de 0,25 à 5 secondes.

réenclenchement triphasé : Le réenclenchement triphasé est asservi à un dispositif de contrôle de tension qui permet soit le renvoi de la tension sur la ligne hors tension soit le rebouclage sur un ligne dont l'autre extrémité a été remise sous tension. Le retard de l'ordre de réenclenchement pour ce type de défaut est égal à la temporisation propre de réenclenchement augmentée de la temporisation de contrôle de tension.

f) Localisation de défauts :

Il permet de localiser à l'aide de deux grandeurs (courant, tension) les défauts fugitifs ou permanents qui affectent la ligne.

Le localisateur de défauts est installé sur une seule extrémité de la ligne, il est composé de deux ensembles :

- un ensemble de mesures analogiques
- un ensemble de diviseurs numériques

le boîtier (LD) est installé sur le châssis de relayage.

V.1.2/ Protection des lignes 60 KV

Cette protection est composée :

- d'une protection principale
- d'une protection complémentaire
- d'une protection de secours
- d'un localisateur de défauts
- d'un réenclencheur

Protection de secours :

Cette protection est composée de 3 relais à maximum d'intensité à temps constant, et associés à un relais temporisé. Elle est utilisée pour contrôler les courants de phase, et pour mesurer toute surintensité significative d'un défaut, et pour donner les ordres de déclenchement nécessaires à la sauvegarde de l'installation.

Cette protection n'agit qu'en cas de défaillance des protections principale et complémentaire. La temporisation de cette protection est choisie de manière à laisser agir en priorité les protections principale et complémentaire.

V.1.3/ Application aux réglages

Réglage de la protection de distance (principale)

Ligne 220 KV

Exemple : ligne 220 KV de M'SILA

$$\text{Rapport des TT : } K_V = \frac{220.000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{(\sqrt{3})}$$

$$\text{Rapport des TC : } K_I = 600 / 5$$

$$\text{Rapport du réducteur d'impédance : } K_Z = \frac{K_V}{K_I} = 18,33$$

Caractéristique de la ligne :

Longueur = 167 Km

Réactance kilométrique = 0,42 Ω /km

Réactance de la ligne par phase = 0,42 x 1,67 = 70,14 Ω

Réactance de la ligne ramenée au côté BT = $\frac{70,14}{18,33} = 3,83 \Omega$

Réglages des relais :

1er stade :

$$X_1 = 80\% X_{BT} = 0,8 \cdot 3,83 = 3,06 \Omega$$

2e stade :

$$X_2 = 120\% X_{BT} = 1,2 \cdot 3,83 = 4,6 \Omega$$

3e stade :

$$X_3 = 140\% X_{BT} = 1,4 \cdot 3,83 = 5,36 \Omega$$

relais anti-pompage :

- le réglage généralement adopté est celui de la valeur du (3e stade) multiplié par 1,5

$$X_{AP} = 1,5 X_3 = 1,5 \cdot 5,36 = 8,04 \Omega$$

Par le même procédé de calcul on règle les relais des autres lignes

Tableau récapitulatif du réglage de la protection principale des différentes lignes :

	Ligne	longue (km)	K_Z	$X_{/B}$ (Ω)	1e stade (Ω)	2e stade (Ω)	3e stade (Ω)	K_0
P O 220 S KV	M'SILA	167	18,33	3,83	3,06	4,60	5,36	1,7
	BERROUA- GHIA	180	"	4,12	3,30	4,94	5,77	"
T E	TILRHEMT	204	"	4,67	3,74	5,6	6,54	"
P 60 O KV	LAGHOUAT	112,53	22	2,15	1,72	2,58	3,01	"
S	HASSI- BAHBAH	78	"	1,49	1,19	1,79	2,08	"
T E	CLIENT 1	-	"	-	-	-	-	"
	CLIENT 2	-	"	-	-	-	-	"

V.2/ Protection des transformateurs

V.2.1/ Protection des transformateurs à 2 enroulements

Elle est assurée par :

- Une protection Principale
- Une protection de surcharge thermique
- Une protection à maximum d'intensité
- Une protection différentielle
- Une protection masse-cuve
- Un détecteur de terre resistance
- Un détecteur de courant homopolaire

a) Protection Principale :

Elle est assurée par les protections propres au transformateurs, et montées par le Constructeur, il s'agit essentiellement de la protection BUCHHOLZ et la protection thermostat.

• Protection BUCHHOLZ :

C'est une protection Universellement employée contre les défauts à l'intérieur de la cuve, pour les transformateurs dans l'huile. Elle est basée sur le fait que tout défaut interne dans un transformateur, provoque immédiatement un dégagement gazeux, d'importance variable dû à la décomposition des isolants solides et liquides sous l'action de la chaleur, et spécialement de l'étincelle ou de l'arc électrique. La protection est basée sur la détection de ces gazs qui, en jonction de la quantité et de la vitesse de ces dégagements gazeux, donne le signal d'alarme ou le déclenchement.

• Protection thermométrique de cuve :

Elle est destinée surtout à déceler une anomalie de refroidissement de la cuve (Arrêt du dispositif de ventilation ou de circulation de l'huile).

l'élément de mesure peut être :

- Un thermomètre
- Un thermostat

avec chacun des contacts réglables, donnant l'alarme quant à la température de l'huile atteint $75^{\circ}\text{C} = \text{C}$ et le déclenchement pour 80°C .

b) Protection de surcharge thermique :

Les surcharges causent la détérioration rapide des enroulements du transformateur. Pour la protection du transformateur on utilise un relais thermique.

C'est un relais thermique secondaire servant à la protection contre les surcharges des différentes parties des installations électriques (transfo, câble, machine...)

Il est caractérisé par son grand pouvoir d'adaptation à l'objet à protéger, et ce par un choix judicieux de la constante de temps thermique du relais ($T = 20\text{--}110\text{mn}$).

Ce relais est équipé d'un relais à maximum d'intensité qui fonctionne instantanément une fois son réglage dépassé, ou temporisé en lui associant un relais de temps.

c) Protection à maximum de courant :

Elle comporte trois(3) relais à maximum d'intensité à temps constant associés à un relais temporisé.

Cette protection est prévue sur tous les enroulements du transformateur.

d) Protection différentielle :

Elle est basée sur le fait qu'en régime normal les courants primaires et secondaires, ont des modules proportionnels et un déphasage défini.

Les courants prélevés par des transformateurs de courants et, opposés à travers des transformateurs auxiliaires qui rattrappent les rapports de transformation et les déphasages sont alors sensiblement en équilibre. Tout défaut interne détruit cet équilibre. Ce qui entraîne un ordre de mise hors service.

Relais différentiel

Le relais utilisé est du type différentiel à pourcentage sensible non pas à la différence des courants primaires et secondaires I_1 et I_2

mais au rapport
$$\frac{I_1 - I_2}{\frac{I_1 + I_2}{2}}$$

e) Protection masse-Cuve :

Ce mode de protection consiste à relier la cuve du transformateur à une prise de terre à travers un transformateur d'isolement actionnant un relais ampèremétrique instantané. La prise de terre dans notre cas est la terre générale du poste.

Tout contournement de la cuve du transformateur ou tout contournement d'une borne de traversée donne lieu à un courant de défaut qui se dirige vers la terre, si la jonction entre la cuve et la prise de terre du poste est peu résistante la totalité du courant de défaut l'empruntera pour rejoindre la terre. Le transformateur d'isolement actionne le relais ampèremétrique, et on détectera le courant de défaut.

V.2.2/ Protection des transformateurs à 3 enroulements

La protection est la même que pour les transformateurs à deux enroulements. Elle est renforcée par une protection défaillance disjoncteur. Les transformateurs à 3 enroulements ne disposent ni de détecteur de courant homopolaire ni de détecteur de terre résistante.

V.3/ Protection des jeux de barres 220 KV

Vu l'importance du jeu de barres 220 KV et son intérêt vital dans la chaîne de transport de l'énergie électrique il est protégé.

La protection du jeu de barres 220 KV est du type différentielle ampère-métrique stabilisée.

Cette protection consiste en la mesure de la somme des courants dans les liaisons raccordées au jeu de barres à protéger, somme évidemment nulle en l'absence de défaut.

V.4/Protection des départs 30 KV

La protection de chaque départ est assurée par 2 relais à maximum d'intensité et d'un réenclencheur réglable de 0,25 à 5 secondes.

V.5/ Protection du poste contre les surtensions :

Vis à vis des mesures de protection, les surtensions peuvent être classées en deux catégories.

- Les surtensions acceptables sans protection ce sont celles dites de régime, il s'agit essentiellement des élévations momentanées de la tension alternative, à fréquence industrielle, dues à des réactions de matériel, à des défauts phase-terre, ou aux deux combinés. Le matériel doit pouvoir les supporter sans aucune protection, sous réserve cependant, de prendre quelques dispositions pour en diminuer l'amplitude et la fréquence d'apparition.

- Les surtensions exigeant un dispositif de protection : il s'agit des surtensions, dues à des manoeuvres d'exploitation, ou à des coups de foudre de plus brève durée mais de plus forte amplitude que les précédentes. Elles doivent être éliminées dès que leur amplitude atteint une valeur fixée, chose inférieure à celle qui se présenterait un réel danger pour l'installation.

V.5.1/ Moyens de protection utilisés :

Le seul moyen d'éliminer les surtensions, une fois qu'elles sont produites est de permettre leur écoulement à la terre sur une partie de l'installation prévue en conséquence, rôle dévolu aux parafoudres et éclateurs.

Eclateurs de traversée pour les transformateurs de puissance :

Les éclateurs de traversée, pour les transformateurs de puissance sont montés par le constructeur. Nous donnons ci-dessous les caractéristiques.

(./..)

Transformateurs à trois enroulements 220/63/11 KV

Bornes de traversées	220KV	63KV	11KV
Tension de tenue au choc	1050	325	95
Tension de tenue à 50 H _Z	460	140	38
Eclateur réglé à (mm)	1210	400	85

La valeur de crête de la tension d'amorçage des éclateurs n'étant pas donné. Nous prendrons en considération la tension de crête d'amorçage donnée pour les éclateurs à tiges, de traversée pour transformateurs de puissance.

Tension nominale d'isolement (KV)	245
distance de réglage des éclateurs (cm)	120
Valeur de crête de la tension d'amorçage (KV)	à fréquence Industrielle 560 sous choc 850

Transformateurs à 2 enroulements 60/31,5 KV

Bornes de traversées	60KV	31,5KV
Tension de tenue au choc	325	170
tension de tenue à 50 HZ (KV)	140	70
Eclateur réglé à: (mm)	400	220

Eclateurs de protection sur chaines d'isolateurs :

Ces éclateurs sont montés sur les chaines d'isolateurs d'encrage des conducteurs des arrivées lignes, leur rôle, est de protéger le poste contre les

surtensions se produisant sur les lignes, et qui sont véhiculées par celle-ci.

Les éclateurs utilisés sont du type à "tiges", leur écartement fixe la tension d'amorçage correspondant au niveau de protection.

Les réglages sont donnés en fonction des tensions nominales par le tableau suivant :

INSTALLATION		ECLATEURS		
tension nominale (KV)	tension de tenue aux chocs de foudre (KV)	distance de réglage (cm)	Valeur de crête de la tension d'amorçage aux chocs (KV)	
			de foudre	à fréquence industrielle
60	325	28	250	160
220	1050	90	660	460

Parafoudre :

Le caractère aléatoire de l'amorçage des éclateurs augmente avec la distance d'écartement, il est nécessaire pour la protection du matériel d'utiliser le parafoudre en très haute tension.

Le parafoudre est un appareil électrique, destiné à protéger le matériel électrique, en limitant les surtensions transitoires élevées, imputées à ce matériel par les coups de foudre. Le type le plus répandu est celui à résistance variable. Il remédie de manière efficace aux défauts, et se compose d'une résistance en série avec un éclateur, cette insertion en lieu, lorsqu'un courant I_p traverse le parafoudre, une tension résiduelle

$$U_R = R I_p$$

Cette résistance est faite d'une substance à caractéristique non linéaire telle que sa résistivité diminue à intensité croissante, jusqu'à devenir très faible, pour les courants intenses.

Un parafoudre est caractérisé par :

- (1) la tension nominale : c'est la tension maximale d'utilisation.

- (2) la tension efficace d'amorçage à 50H_z
- (3) la tension instantanée d'amorçage : c'est la valeur de crête de l'onde normale (1,2/50) à laquelle le parafoudre s'amorçe avec certitude.

Caractéristiques du parafoudre choisies :

tension nominale (KV)	252
tension d'amorçage (KV) à fréquence industrielle	378
tension d'amorçage au (KV) choc de foudre (1,2/50)	570

V.5.2/ Reseau général de terre : (planche n°14)

C'est l'appellation donnée à l'ensemble formé par les terres de protection et de service, ainsi que le filet de garde, et les dispositifs mettant la mise à la terre pour travaux.

Terre de service :

Ces terres sont constituées par la mise à la terre des conducteurs de l'installation principale.

Terres de protection :

Les mises à la terre des protections sont constituées pour l'essentiel, par le réseau de conducteurs, nus, enterrés, auxquels sont reliés, d'une manière permanente les bâtis, masses métalliques, et ferrures diverses de l'installation.

Ces dispositions assurent la protection des personnes contre l'électrocution.

Câbles de garde

La protection du poste contre les coups de foudre directs, est assurée par un ensemble de câbles de garde et, raccordés ainsi que ceux des

arrivant au poste au reseau général de terre de celui-ci ; assurant ainsi la protection des cellules.

Les conducteurs qui constituent le filet de garde du poste, sont des câbles en ALMELEC-ACIER, de section 94mm^2 .

Pour tenir compte des règles déterminant la zone de protection, les conducteurs sont disposés à des hauteurs assurant une protection adéquate des conducteurs de phases.

Réalisation du reseau souterrain :

Conditions de réalisation :

- le réseau est constitué de mailles reliant sans interruption de conducteur les charpentes, les rails ou toute autre pièce métallique du poste accessible.
- Les bornes de terre des appareils de mesure sont reliés au reseau de terre.
- les conducteurs de terre sont protégés contre les dégradations mécaniques et chimiques.
- les connexions entre les conducteurs du reseau et les pièces métalliques, sont exécutées de manière à éviter toute détérioration.
- le raccordement d'un appareil à la terre s'effectue au moins par un câble formant une boucle ininterrompue.
- les conducteurs du reseau de terre sont enfouis à une profondeur de 80cm, laissant une distance de 30cm entre ceux-ci et la filerie basse tension enfouie à 50cm de profondeur, afin de ne pas compromettre la résistance de la prise de terre, et pour ne pas que la filerie chauffe.

Caractéristiques des conducteurs de terre

Les conducteurs sont des câbles nus en cuivre, le choix de celui-ci est fondé sur le fait que le cuivre présente un bon comportement à la corrosion, une bonne tenue mécanique, une faible résistivité même aux fréquences élevées et, une bonne qualité des contacts électriques.

Section des conducteurs :

La section des conducteurs du reseau de terre, dépend de la résistance de la prise de terre qui dépend à son tour, de la résistivité du sol.

Cependant, les courants maximaux de court-circuit que doivent pouvoir écouler les reseaux de terre sont classés em 4 catégories. Le tableau ci-dessous, indique les sections des câbles de terre en cuivre correspondant à chacune de ces catégories.

$I_{cc \text{ eff}}$ (KV)	20	31,5	40	63
inférieur ou égal				
S (mm ²)	75,5	116	147	181,6

dans notre cas :

$$I_{cc} = 36,42 \text{ A}$$

On choisi : $\underline{\underline{S = 147 \text{mm}^2}}$

- C O N C L U S I O N -

L'étude d'un poste est très vaste, elle fait appel à beaucoup de spécialités de l'architecture à l'électricité.

De nos jours où tant d'activités utilisent l'électricité, la fiabilité est un impératif absolu, la connaissance de ces paramètres avec exactitude ne peuvent être connues qu'à partir d'observations.

Un choix judicieux de l'appareillage ne peut être bien fait qu'avec expérience.

La méthode utilisée pour le dimensionnement des jeux de barres n'est pas très rigoureuse. Un meilleur choix ne peut être fait qu'à l'aide de programmes spéciaux.

- I N D E X D E S P L A N C H E S -

- (1) Schema unifilaire du poste 220 kV.
- (2) Schema unifilaire du poste 60 kV .
- (3) Schema unifilaire du poste 30 kV.
- (4) Plan de masse.
- (5) Coupes electriques du poste 220 kV.
- (6) Coupes electriques du poste 60 kV.
- (7) Vue en plan equipements du poste 220 kV.
- (8) Vue en plan equipements du poste 60 kV.
- (9) Schema bloc mesures .
- (10) Cellule départ poste 30 kV.
- (11) Vue face avant du tableau de commande du poste.
- (12) Schema unifilaire des services auxilliaires.
- (13) Schema bloc protection.
- (14) Réseau général de terre .
- (15) Développe alternatif de la tranche TC -- TT (ligne 220 kV).
- (16) Développe altrnatif de la tranche protection (lignes 220 kV).
- (17) Développe alternatif de la tranche mesure. (ligne 220 kV)



- A B L E D E S /) /) A T I E R E S -

Pages.

Introduction.....	1
CHAPITRE I. PRESENTATION DU POSTE	
1. Lignes THT et HT.....	2
2. Disposition du poste.....	2
3. Consistance des postes.....	3
4. Installations annexes	4
5. Règles de normalisation et de coordination pour l'installation des postes.....	5
CHAPITRE II. COURANT DE COURT-CIRCUIT.	
1. Importance du calcul des courants de court-circuit....	9
2. Calcul des courants de court-circuit.....	9
3. Etude du court-circuit triphasé.....	10
4. Utilisation des composantes symétriques pour le calcul des courants de court-circuit.....	11
5. Courant de choc	13
6. Eléments de base de calcul.....	14
7. Applications.....	16
CHAPITRE III. CHOIX DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES HAUTE TENSION DU POSTE.	
A. Dimensionnement des jeux de barres.....	22
B. Choix d'appareillage.....	39
C. Choix des isolateurs.....	50
D. Choix des connexions.....	53
CHAPITRE IV. EQUIPEMENT BASSE TENSION DU POSTE	
1. Installation de commande et de contrôle.....	73
2. Services assurés par les auxiliaires.....	77

CHAPITRE V. PROTECTION DU POSTE

1. Protection des lignes.....	83
2. Protection des transformateurs.....	90
3. Protection des jeux de barres 220 KV.....	92
4. Protection départ 30KV	93
5. Protection du poste contre les surtensions.....	95
6. Réalisation du reseau souterrain.....	97

<u>C O N C L U S I O N</u> :.....	99
-----------------------------------	----

B I B L I O G R A P H I E

Cahier de charge (SONELGAZ édition 75)

Revue BROWN BOVERS (B B C)

Technologie des postes (SIDLER)

Catalogue fils et câbles

Projets de fin d'études

Installations électriques à Haute et basse tension (A.MAUDUIT)

Cours d'électrotechnique (E.GILLON)