

UNIVERSITE D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT ELECTROTECHNIQUE

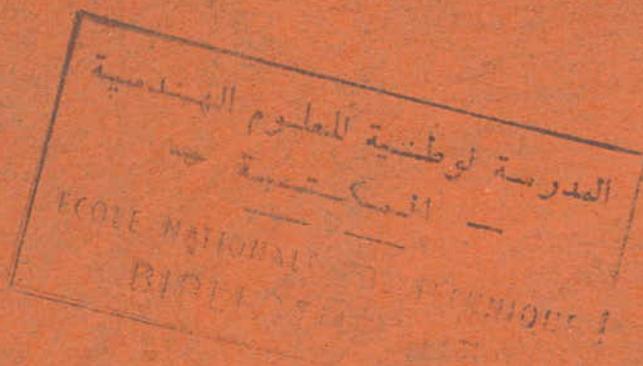
15/75

led

THESE DE FIN D'ETUDES



**CIRCUITS PRINCIPAUX
ELECTRIQUES EN HAUTE TENSION
D'UNE CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE**
(Application à la Centrale de Darguinah)



Sujet proposé par :
M^r PREDA

Etudié par :
M^r KARAALI

- PROMOTION 1970 - 75 -

UNIVERSITE D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
Département Electrotechnique

Thèse de fin d'études

Circuits principaux électriques
en HT d'une centrale hydro-
-électrique

(Application à la centrale de Darguinah)

sujet propose par : étudié par
M^r PREDA M^r KARAALI

— PROMOTION 1970-75 —

— REMERCIEMENTS —

ous tenons énormément à présenter nos très vifs et sincères remerciements
notre promoteur M^r PREDA qui nous a guidés en mettant à notre disposi-
ion son savoir, son aide matérielle et son dévouement pour la réalisation
u présent mémoire. Par la même occasion, nous nous permettons de remercier
ous les professeurs qui ont contribué à notre formation, ainsi qu'à tout
e personnel de la centrale de Darguinah pour leur gentillesse et l'apport
onsidérable en documentation. Sans oublier également tous les camarades
our leurs subtiles suggestions.

---- KARAALI ----

----- P L A N -----

Introduction	1
Chapitre I	
I.1. Système des grandeurs réduites	
I.2. Eléments essentiels d'un courant de C-C	
I.3. Calcul du courant de court-circuit	
I.3.1. Hypothèse de la variation générale	
I.3.2. " " séparée	
Chapitre II	
II.1. Efforts électrodynamiques	
II.2. " thermiques	
Chapitre III	16
III.1. Présentation de la centrale	16
III.2. Détermination de S_{cc} de la centrale	17
III.2.1. S_{ccmin}	
III.2.2. S_{ccmax}	
III.3. DÉTERMINATION DES COURANTS DE C-C	22
III.3.1. Lieu du point de C-C K_7	
III.3.2. " " " K_1	
III.3.3. " " " K_2	
III.3.4. " " " K_3	
III.3.5. " " " K_4	
III.3.6. " " " K_5	
III.3.7. " " " K_6	
Chapitre IV	44

IV.1.Critères de dimensionnement	44
IV.2.Répartition de la charge sur le jeu de barre de 150kV	
IV.3. " " " " DE 60KV	50
IV.4. " " " " de "o KV	54
IV.5.Détermination des sections	57
Capitre V	59
V.1.Vérification de la stabilité électrodynamique	59
V.2.Application à la centrale	62
Chapitre VI	68
VI.1.Détermination des courants de C-C permanents	68
VI.2.Vérification aux effets thermiques	70
Chapitre VII	74
VII.1.Choix des disjoncteurs	74
VII.2.Choix des sectionneurs	77
Conclusion	80

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

Les besoins mondiaux en énergie, ont conduit depuis le début du siècle, physiciens et ingénieurs à élaborer des techniques pour la production de celle - ci, en s'appuyant sur le critère que toute énergie ne quitte une forme que pour réapparaître sous une autre forme. Ainsi, leurs recherches axées sur le principe que l'énergie est indestructible, ils ont pu mettre en place différents processus de transformation de l'énergie motrice, thermique, atomique ou hydraulique.

Cette dernière forme d'énergie fait l'objet de notre étude et nous permet de condenser dans ce projet, le processus de transformation d'une part, et les organes nécessaires pour la réalisation d'une centrale hydro-électrique d'autre part. Donc, l'étude peut s'adresser aussi bien au technicien qu'à l'ouvrier spécialisé en la matière et les quelques notions mathématiques auxquelles nous avons fait appel n'ont pour objet que de compléter et d'expliquer les notions techniques indispensables.

Ainsi, nous avons pensé faire une description sommaire de l'ensemble et considérer l'apport énergétique disponible à l'utilisation.

Ceci permettra effectivement la compréhension de l'étude qui se limite en réalité au calcul des circuits principaux électriques en haute tension de la centrale en question. Nous avons fait intervenir quelques circuits en moyenne tension qui ont une influence remarquable sur l'exploitation.

Le tableau ^{Suivant} précédent dresse effectivement toutes les caractéristiques du complexe, qui pourront intéresser d'autres élèves pour la suite de notre travail qui se limite à la partie électrique principale dans les hypothèses suivantes:

- Nous nous sommes penchés sur le calcul du courant de court-circuit triphasé seulement car malgré sa faible probabilité de se produire, présente l'élément essentiel dans l'étude en vertu des conséquences désastreuses qu'il peut engendrer.
- Ainsi dans le calcul qui précédera, nous avons considéré que:
 - 1°) les circuits magnétiques sont insaturés, autrement dit tous les schémas sont linéaires.
 - 2°) les courants de magnétisation des transformateurs sont négligeables.
 - 3°) les capacités des lignes de liaison sont nulles.
 - 4°) les résistances de tous les éléments sont négligeables, autrement dit: le déphasage entre le courant et la tension est proche de 90 °.
 - 5°) pour les machines synchrones, on ne considère que leur réactance sur transitoire X''_d
 - 6°) pour les transformateurs on suppose que les réactances directes, inverse et de court-circuit peuvent être calculées d'après la relation suivante: $X_d = X_i = \frac{U_{cc} [\%] U_n^2}{100 S_n}$
avec $U_{cc} [\%] = X [\%]$

7°) pour les lignes, on considère que la réactance se calcule d'après la relation suivante:

$$X = 0,1445 \log \frac{D_m \text{ moy}}{r} + 0,0157$$

$$D_m \text{ moy} = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}$$

avec D = distance entre les conducteurs (en cm)

r = rayon d'un conducteur (en cm)

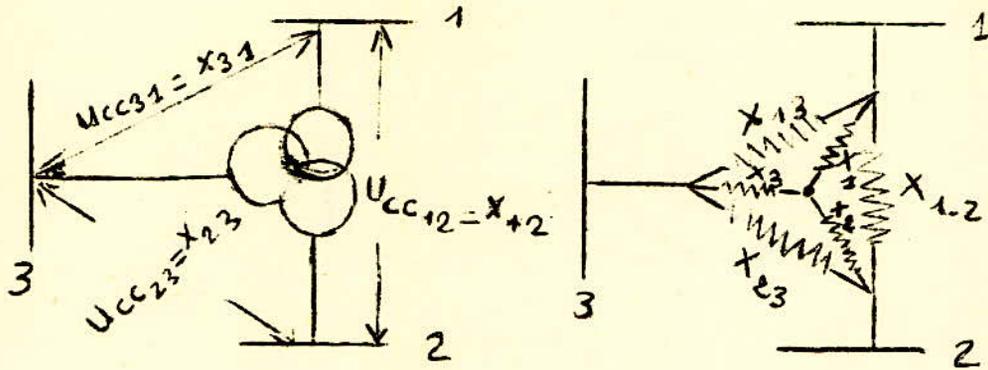
8°) pour les transformateurs avec un enroulement tertiaire on essaie de déterminer approximativement les réactances en appliquant le principe suivant:

— Caractéristiques générales —

PUISSANCE TOTALE INSTALLEE 72 Mw

PRODUCTION ANNUELLE MOYENNE 160.000.000 kwh

BARRAGES			USINES		
DARGUINAH			DARGUINAH		
	Chabet el Akra	Ahrzerouftis		AGRIOUN	Ahrzerouftis
Capacité de la retenue	900.000 m ³	225.000 m ³	Production annuelle	150.000000 Kwh	10.000000 Kwh
Type du barrage	Voûte de 52m de rayon	Voûte de 38m de rayon	chute - brute	377 m	171 m
Hauteur	35 m	30 m	Débit maximum	21,2 m ³ /s	3,8 m ³ /s
Longueur en crête	110 m	60 m	conduite forcées	2 conduites ∅ = 1,65 m	1 conduite ∅ = 1,20 m
Bassin versant	(652+11) km ²	44 km ²	Type de turbines	PELTON	FRANCIS
PLUVIOMETRIE MOYENNE 1100 m ³ /m			Nombre de groupes	2	1
			Vitesse de Rotation	3,75 T/mn	750 T/mn
DIAMETRE	galerie d'amenée	restitution s	Puissance Unitaire	33 Mw	5,2 Mw
	agrioun	Ahrzerouftis			
	3m(fer à cheval)	2,1(fer à cheval)			
LONGUEUR	8370	1956			
		3,4 m(fer à cheval)			
		1658			



Avec : $X_1 = \frac{X_{12} + X_{13} - X_{23}}{2}$

$$X_2 = \frac{X_{12} + X_{23} - X_{13}}{2}$$

$$X_3 = \frac{X_{13} + X_{23} - X_{12}}{2}$$

La désymétrie d'un système électrique est généralement provoquée par des défauts originaires pour la majeure partie des court-circuits fugitifs ou réels. Les premiers sont effectivement moindres en conséquences que les seconds qui se présentent de la façon suivante:

- Les court-circuits monophasés..... 65%
- Les courts-circuits biphasés avec terre 20%
- Les courts-circuits sans terre 10%
- Les courts-circuits triphasés..... 5%

En analysant ces données statistiques relatives aux régimes asymétriques dûs aux courts-circuit nous admettons que: Le court-circuit triphasé conserve la symétrie mais très dangereux en conséquences qui peuvent être prévues au préalable.

1. Système des grandeurs réduites/

La complexité du calcul du courant de court-circuit dans les installations électriques en H T, a nécessité l'introduction des grandeurs réduites définies de la sorte.

Sb et Ub : puissance et tension de base prises arbitrairement en général, pour Sb, on choisit 1000 M V A ou 100 M V A alors que pour la tension, on choisit une valeur tableau suivant:

Tableau des valeurs moyennes de la tension en K v .

0,23	0,4	0,525	3,15	6,3	10,5	13,8	15,75	18	20	37	115	154	230	330	400	500
------	-----	-------	------	-----	------	------	-------	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Pour les autres grandeurs, on les déduit des formules suivantes:

$$S_b = \sqrt{3} U_b \cdot I_b \Rightarrow I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3} U_b}$$

$$U_b = \sqrt{3} Z_b \cdot I_b \Rightarrow Z_b = \frac{U_b}{\sqrt{3} I_b} = \frac{\sqrt{3} U_b^2}{3 I_b U_b} = \frac{\sqrt{3} U_b^2}{\sqrt{3} S_b} = \frac{U_b^2}{S_b}$$

A la différence, les grandeurs absolues, les grandeurs réduites se notent avec une étoile définie de la façon suivante:

$$S_b^* = \frac{S}{S_b} ; I_b^* = \frac{I}{I_b}$$

$$U_b^* = \frac{U}{U_b} ; Z_b^* = \frac{Z}{Z_b}$$

En considérant les grandeurs nominales des éléments électriques nous pouvons en déduire d'autres relations.

- Générateurs : $X_g^* = X_{ng} \cdot \frac{S_b}{S_{ng}}$

- Transformateurs : $X_{tr}^* = X_{cc} \cdot \frac{S_b}{S_{ntr}}$ avec $X_{cc} = U_{cc} \cdot [\%]$

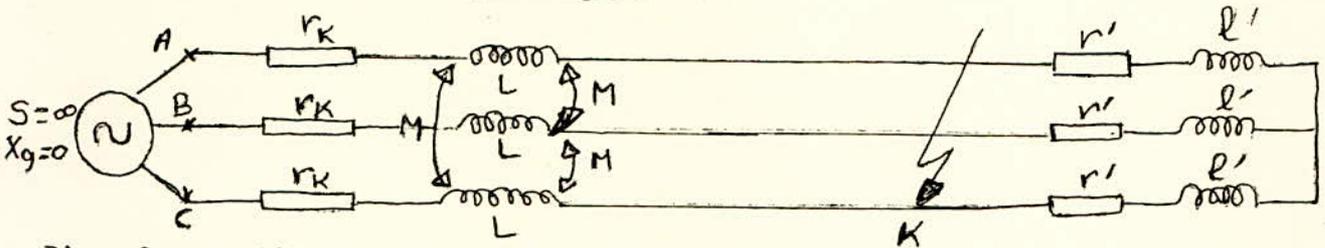
- Bobines : $X_{bo}^* = X_n^* \cdot \frac{I_b}{I_n} \cdot \frac{U_n}{U_b}$

- Lignes et câbles : $X^* = X \cdot l \cdot \frac{S_b}{U_b^2}$ avec X = réactance en km
 l = longueur.

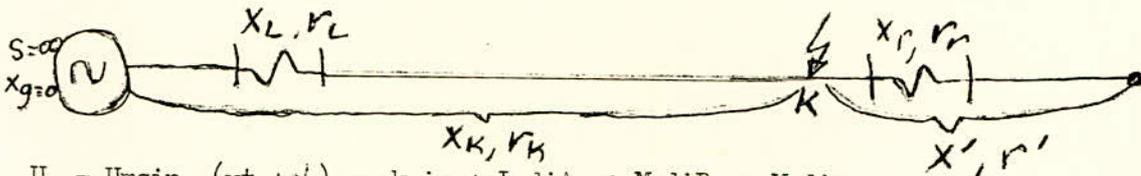
II. 2- Éléments essentiels d'un courant de court-circuit/

II. 2. 1 . Composantes périodiques et apériodiques du courant de C . C

Considérons un système triphasé équilibré alimenté par une source infinie et un point de court-circuit à 1 distance quelconque .



D'une façon unifilaire on a :



$$U_A = U_m \sin(\omega t + \alpha) = r_k i_A + L \frac{di_A}{dt} + M \frac{di_B}{dt} + M \frac{di_C}{dt}$$

$$U_B = U_m \sin(\omega t + \alpha - 2\pi/3) = r_k i_B + L \frac{di_B}{dt} + M \frac{di_C}{dt} + M \frac{di_A}{dt}$$

$$U_C = U_m \sin(\omega t + \alpha - 4\pi/3) = r_k i_C + L \frac{di_C}{dt} + M \frac{di_A}{dt} + M \frac{di_B}{dt}$$

D'autre part, on a :

$$i_A = i_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$$

$$i_B = i_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi - 2\pi/3) \quad \text{avec } i_A + i_B + i_C = 0$$

$$i_C = i_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi - 4\pi/3)$$

En appliquant la relation - 2 - pour les différentes tensions on aura :

$$U_A = r_k i_A + (L - M) \frac{di_A}{dt}$$

$$U_B = r_k i_B + (L - M) \frac{di_B}{dt} \quad \text{Posons } L - M = L_k$$

$$U_C = r_k i_C + (L - M) \frac{di_C}{dt}$$

D'une façon générale $\Rightarrow U = r_k i + L_k \frac{di}{dt}$

La résolution de cette équation différentielle conduit au résultat :

$$i_k = I_{km} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) + C e^{-t/Ta}$$

avec $Ta = \frac{L_k}{r_k} = \frac{X_k}{\omega \cdot r_k} \quad \varphi_k = \arctg \frac{X_k}{r_k}$

On remarque donc que le courant de court-circuit est composé de deux termes.

- Un terme périodique : $I_{kp} = I_{km} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k)$

- Un terme apériodique : $i_{ka} = C e^{-t/Ta}$

Avec certaines cpnditions:

+ t = 0 $\Rightarrow i_k = i_{normal}$ car au moment où apparait le défaut, une augmentation brusque est impossible de même $C = i_{a0} =$ composante apériodique à t = 0

$$i_k = I_{pm} \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) + i_{a0} e^{-t/Ta} \quad \text{avec } I_{pm} = I_{km}$$

et $i_{a0} = f(I_m, I_{pm}, \alpha, \varphi)$

II. 2.2 : Coefficients de choc.

Définition : $i_{choc} = KI_{pm}$ avec $K \in \mathbb{R}, 2\pi$ $i_{choc} = iK$

actuellement : $\frac{Xk}{rk} \neq 15 \div 20 \Rightarrow Ta = 0,045 \text{ sec.} \Rightarrow K_{choc} = 1,8$

Donc pour un circuit considéré, on pourra déterminer grossièrement la composante périodique du courant de C.C.

Réellement, il existe des courbes de calcul donnant $K = f\left(\frac{X}{r}\right)$

- Soit $\alpha_t = e^{-t/Ta} = f(Ta)$

II. 2.3: Constante du temps

Pour un système complexe, on a :

$$Ta = \frac{\sum_{i=1}^n Lki}{\sum_{i=1}^n rki}$$

Avec $\sum_{i=1}^n Lki$ = somme des inductances du système

$\sum_{i=1}^n rki$ = somme des résistances du système

Par analogie on définit alors la composante apériodique totale :

$$i_a = \sum_{k=1}^n i_{ak} e^{-t/Tak}$$

Généralement, on utilise la relation approximative

$$i_a = i_{a0} e^{-t/tae}$$

équivalentes

Avec $Tae = \frac{Xe}{\omega \cdot re}$ avec Xe être respectivement réactance et résistance du système.

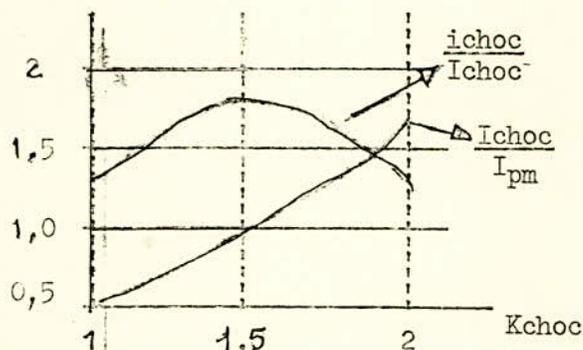
D'un point de vue pratique, on ne considère que les valeurs extrêmes. Ainsi on considère que

$$IK = I_{choc} = \sqrt{I_{pm}^2 + I_a^2} \text{ pour } t = 0,01s$$

Valeurs maximales seulement : \Rightarrow on a établi les courbes :

$$\frac{i_{choc}}{I_{choc}} = f(K_{choc})$$

$$\frac{I_{choc}}{I_{pm}} = f(K_{choc})$$



II. 3. Calcul du courant de court-circuit / générale

II. 3. 1: Hypothèse de la variation séparée

On suppose une variation générale de tout le système, c'est à dire on considère un schéma équivalent dont on essaie d'évaluer approximativement la réactance équivalente des différentes branches. Pour cela, la méthode consiste à :

- Faire d'abord une transfiguration ^{du} d'un schéma général considéré en un schéma équivalent et s pour le calcul de la réactance équivalente réduite que l'on note : X_e^*

- Ensuite à l'aide des courbes de calcul $I_{pcct}^* = f(X_C^*)$, on détermine la composante périodique du courant de court-circuit triphasé après avoir calculé au préalable X_C^* que l'on appelle la réactance de calcul réduite. Elle se déduit de la relation suivante :

$$X_C^* = X_e^* \cdot \frac{S_{ne}}{S_b} \quad (\text{voir courbes})$$

Avec $S_{ne} = \sum_{i=1}^{i=p} S_{ni}$

S_b = Puissance de base choisie arbitrairement.

D'autre part, S_{ni} = puissance nominale du générateur i^{eme} du système qui alimente le point de court-circuit.

Une fois, en possession de ces caractéristiques fondamentales, nous pourrons par la suite en déduire facilement la composante périodique du courant de court-circuit d'après les relations suivantes :

$I_{pcct} = I_{pcct}^* \cdot I_{ne}$ avec un calcul effectué au préalable au niveau du courant total du système.

$$I_{ne} = \sum_{i=1}^{i=p} I_{ni} \quad \text{avec} \quad I_{ni} = \frac{S_{ni}}{\sqrt{3} U_b} \quad \text{relatif au générateur } i.$$

$$\Rightarrow I_{ne} = \sum_{i=1}^{i=p} \frac{S_{ni}}{\sqrt{3} U_b} = \frac{1}{\sqrt{3} U_b} \cdot \sum_{i=1}^{i=p} S_{ni} = \frac{1}{\sqrt{3} U_b} \cdot S_{ne}$$

En analysant cette méthode, on constate qu'elle est assez pénible mais elle présente un avantage qui consiste à déterminer la puissance de court-circuit d'un système pris isolément d'un ensemble énergétique.

II. 3. 2. Hypothèse de la variation séparée.

Dans ce cas, on considère que les sources d'alimentation ont des conditions différentes vis à vis du point de court-circuit. La méthode consiste d'abord à associer les sources d'alimentations en des groupes approximativement identiques et chacun d'eux doit contenir les éléments suivants :

- Générateurs des mêmes caractéristiques doivent être situés à des distances relativement égales par rapport à un point de référence que l'on attribue généralement au point de court-circuit.
- Les sources d'énergie de type identique et différent doivent être séparés par des grandes réactances; mais dans la condition suivante: $X_C^* > 1$
- Les générateurs de type identique se trouvant sur des branches indépendantes, doivent être reliés au point référentiel .

Exposition de la méthode de calcul

-Transformation du schéma général en un schéma de calcul dans lequel des différents éléments seront représentés par leur réactance réduite. Par des transfigurations possibles, on ramène le schéma de calcul en un autre, le plus simple possible, qui nous permet par la suite de calculer la réactance réduite équivalente : X_e^* .

On introduit ensuite les coefficients de distribution qui sont d'une importance capitale pour la connaissance de la contribution en énergie de toutes les branches, au point référentiel. On définit d'abord $C_e = 1$ et par la transfiguration inverse, on déterminera les différents C_{gi} en appliquant la 2^{ème} loi de Kirchhoff. $C_e = \sum C_{gi}$
 C_{gi} = coefficient de distribution de la branche génératrice i^{ème}
 Une fois que l'on a ces grandeurs, on pourra par la même occasion évaluer les réactances de calcul des différentes sources en appliquant la relation suivante :

$$X_{cgi}^* = X_e^* \cdot I_{ni} / C_i \cdot I_b = X_c^* \cdot S_{ni} / C_i \cdot S_b$$

Sachant notamment que :

S_{ni} = puissance nominale de la i^{ème} source.

S_b = " de base.

U_{ni} = tension nominale de la i^{ème} source /

U_b = " de base

$C_i = C_{gi}$ = coefficient de distribution de la i^{ème} source

La connaissance des différentes X_{cgi}^* nous permet d'évaluer graphiquement I_{pcti}

Remarque: Si $X_{cgi}^* > 3 \Rightarrow$ le courant de C-C dans la i^{ème} branche ne s'amortit pas et la mesure peut être connue selon la relation suivante ; $I_{pi} = I_i^* = I_{oci} = I_b / X_{bi}^*$. En définitif, le courant de C-C périodique est évalué suivant la relation suivante :

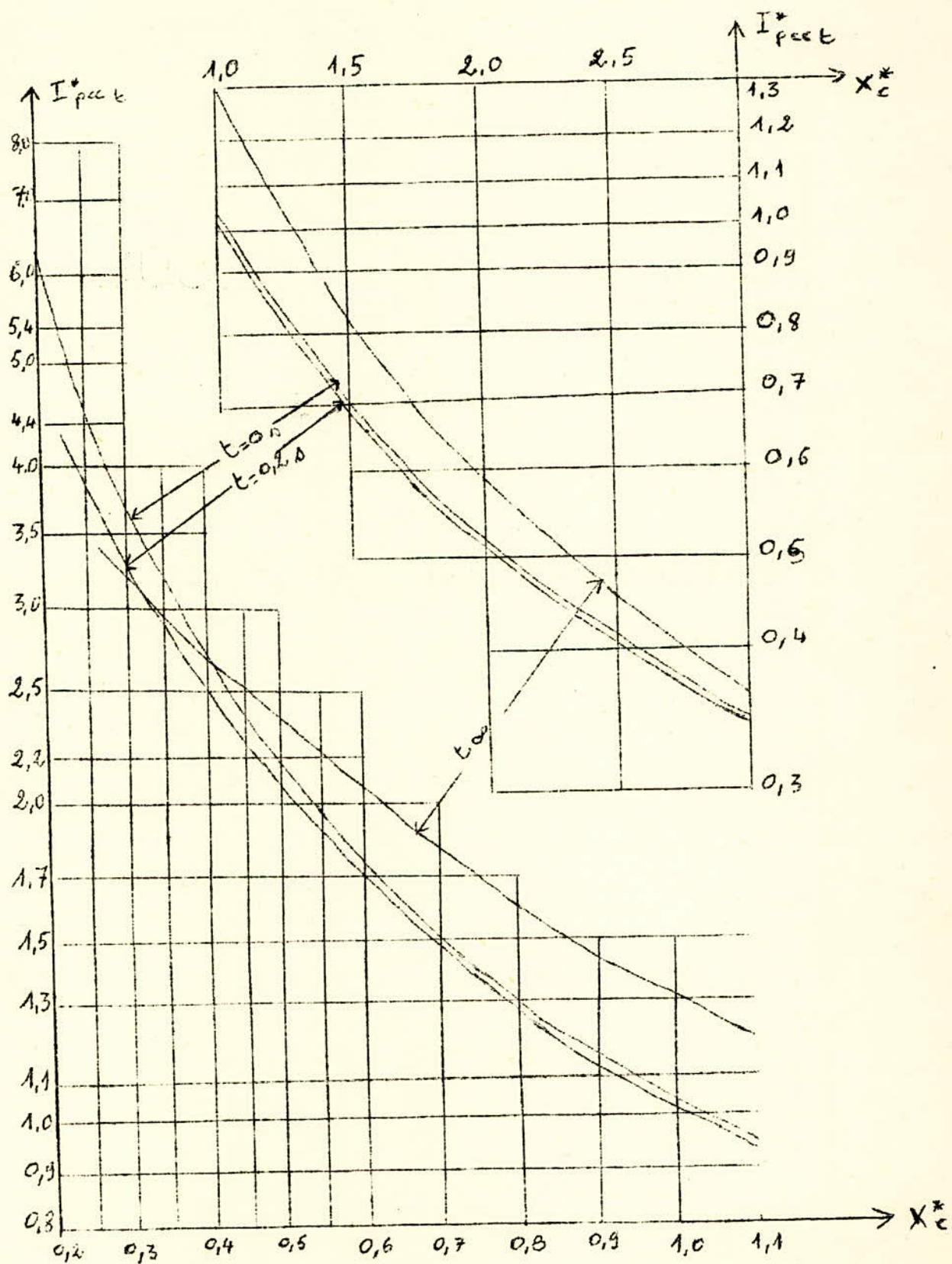
$$I_{pct} = I_{pct1} \cdot I_{n1} + \dots + I_{pctp} \cdot I_{np}$$

$$I_{pct} = \sum I_{pcti} \cdot I_{ni}$$

Sachant que le calcul de I_{ni} doit être effectué au préalable :

$$I_{ni} = S_{ni} / \sqrt{3} \cdot U_b$$

Pour la détermination des courants de CC de chaque branche, on multiplie I_{kcc} par C_i de la branche correspondante : $I_{ki} = C_i \cdot I_{kcc}$



COURBES de CALCUL

pour des

HYDROGENERATEURS

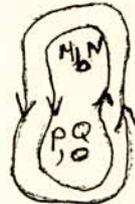
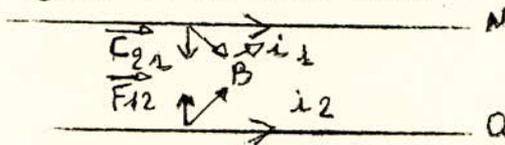
avec

R. A. T

II.1. Efforts électrodynamiques

II.1.1. Aspect physique

On considère deux conducteurs de même section, de même longueur et disposés parallèlement l'un à l'autre. On les fait traverser par des courants égaux et de même sens :

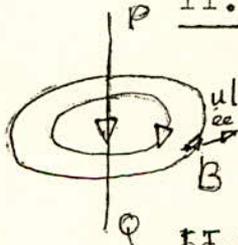


On remarque que l'induction due à MN est perpendiculaire au plan défini par les deux conducteurs. Ainsi, cette induction est à l'origine de la force créée par MN sur PQ (d'après la loi de Laplace).

Le phénomène est réciproque si l'on considère PQ vis à vis de MN. En vertu de la règle des trois doigts, on en déduit facilement que les forces F_{12} et F_{21} sont égales et attractives. Par conséquent, si les conducteurs étaient parcourus par des courants inverses, on observerait le même phénomène mais de sens répulsif.

II.1.2. Mise en équation de l'aspect physique

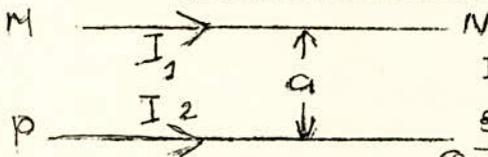
II.1.2.1. Induction créée par un fil rectiligne indéfini



Le théorème d'Ampère nous permet de calculer la circulation du vecteur \vec{B} le long de la courbe fermée constituée par une circonférence de rayon a ;

$$C_B = \mu_0 \cdot I = B \cdot 2\pi a \Rightarrow B = \mu_0 \cdot I / 2\pi \cdot a$$

II.1.2.2. Application à deux fils parallèles indéfinis



La force exercée par MN sur l'unité de longueur de PQ est ; $\vec{F} = \vec{B} \wedge I_2 \cdot \vec{l}$

où $\vec{u} = \vec{l}/l$ vecteur unitaire du vecteur MN

Algébriquement $F = B \cdot I_2 \cdot l \cdot \sin(\pi/2) = B \cdot I_2 = \mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 / 2\pi a$

où μ_0 est la perméabilité du milieu considéré

II.1.3. Application au courant alternatif

II.1.3.1 Monophasé: $F = \mu_0 i_1 \cdot i_2 / 2\pi a$ avec i_1 et i_2 les valeurs instantanées du courant

$i = i_1 = i_2 = i_m \sin \omega t \Rightarrow$

$F = \mu_0 \cdot i_m^2 \sin^2 \omega t / 2\pi a = \mu_0 \cdot i_m^2 (1 - \cos 2\omega t) / 4\pi a$

Posons $i_1 = i_2 = i_m \sin \omega t$

$$F = \frac{\mu_0 i_m^2}{2\pi a} \cdot \sin^2 \omega t = \frac{\mu_0 i_m^2}{2\pi a} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t \right)$$

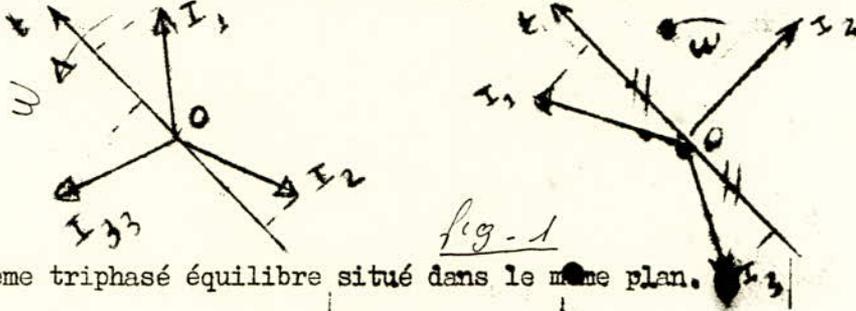
La force électrodynamique, de deux conducteurs disposés parallèlement et traversés par le même courant alternatif, se décompose en deux parties :

- Une composante constante $F_c = \frac{\mu_0 i_m^2}{4\pi a}$

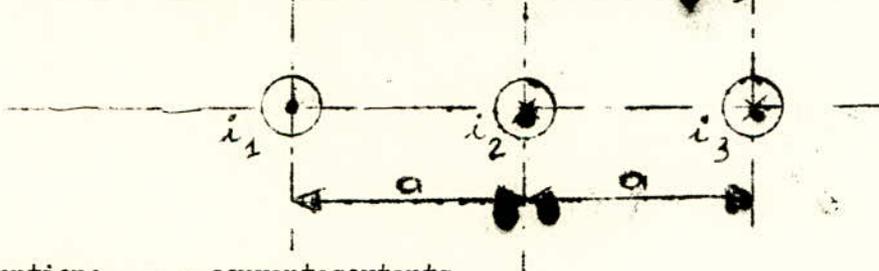
- une composante périodique de fréquence double: $F_p = \frac{\mu_0 i_m^2}{4\pi a} \cos 2\omega t \Rightarrow \vec{F} = \vec{F}_c + \vec{F}_p$

II.1.3.2. Triphasé.

Remarque: Dans un système triphasé équilibré, deux courants instantanés ont le même sens, alors que le troisième a le sens contraire. A la limite deux opposés et égaux et le troisième nul. (fig1)



Soit un système triphasé équilibré situé dans le même plan.



Convention: . = courants sortants
 X = courants rentrants
 efforts répulsifs positifs
 e efforts attractifs négatifs

Pour le système on a: $i_1 = i_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$
 $i_2 = i_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi - 2/3)$
 $i_3 = i_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi - 4/3)$

Pour éviter un calcul en combrante, considérons que $\alpha - \varphi = 0 \Rightarrow \alpha = \varphi$

c'est à dire qu'il n'y a aucun déphasage entre le courant et l'axe d'origine.

$$\Rightarrow \vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} \Rightarrow F_1 = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_1 i_2 + \frac{\mu_0}{4\pi a} i_1 i_3 = F_{12} + F_{13}$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_2 i_1 - \frac{\mu_0}{2\pi a} i_2 i_3 = F_{21} - F_{23}$$

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32} \Rightarrow F_3 = \frac{\mu_0}{4\pi a} i_3 i_1 - \frac{\mu_0}{2\pi a} i_3 i_2 = F_{31} - F_{32}$$

M

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} \\ + F_{21} & F_{22} & - F_{23} \\ F_{31} & - F_{23} & F_{33} \end{bmatrix} \quad \text{avec} \quad \begin{aligned} F_{ij} &= 0 \iff i = j \\ F_{ij} &= F_{ji} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & F_{12} & F_{13} \\ + F_{21} & 0 & - F_{23} \\ F_{31} & - F_{23} & 0 \end{bmatrix}$$

EFFORT MAXIMAL

$$F_{1\max} = F_3 \max = 0,81 \frac{\mu_0}{2\pi a} i^2 \max$$

$$F_2 \max = 0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} i^2 \max$$

Après un calcul de dérivées partielles relatives à F_1, F_2 et F_3 .

Analyse des résultats: La barre du milieu est donc le siège du Plus grand effort électro-dynamique car elle se trouve à distance égale des deux autres et l'influence de deux courants est plus importante.

II.1.3.3. Détermination de la force de choc.

- Courant de choc : on avait défini au préalable que $i_k = \text{imp} \sin(\omega t + \alpha - \phi_k) + i_{ao} e^{-t/Ta}$ avec $i_{pm} = I_{km}$

$$i_{ao} = f(I_n, I_{pm}, \alpha, \phi)$$

Pour $I_m = 0 \implies$ Système Fonctionnant à vide.

$\alpha - \phi_k = \psi$ on aura:

$$i_1 = i_{pm} (\sin(\omega t + \psi) - e^{-t/Ta} \sin \psi)$$

$$i_2 = i_{pm} (\sin(\omega t + \psi - 2\pi/3) - e^{-t/Ta} \sin(\psi - 2\pi/3))$$

$$i_3 = i_{pm} (\sin(\omega t + \psi - 4\pi/3) - e^{-t/Ta} \sin(\psi - 4\pi/3))$$

$$i_{pm} = \sqrt{2} I'' \quad \text{avec} \quad I'' = \text{valeur efficace du courant de C.C.}$$

- Effort de choc maximal: c'est à dire, on applique la loi du courant de choc à la force électrodynamique de la 2^{ème} barre.

$$\implies F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} \cdot 2I''^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \left[\sin(\omega t + 2\psi - \pi/3) - 2e^{-t/Ta} \sin(\omega t + 2\psi - \pi/3) + e^{-t/2Ta} \sin(2\psi - \pi/3) \right]$$

Donc F_2 est composée :

* d'une constante = A

* Composante périodique de fréquence double non amortie = C_{p2}

* Composante périodique de simple fréquence mais amortie = C_{pa1}

* Composante apériodique amortie = C_{apa}

$$\implies F_2 = A (C_{p2} + C_{pa1} + C_{apa})$$

$$\text{pour } \psi = -\pi/12, t = 0,01 \text{ s.} \implies F_2 \longrightarrow F_2 \max.$$

$$F_2 \max = -0,87 \frac{M_0}{2\pi a} \cdot 2I''^2 (1 + e^{-0,01/Ta})^2$$

comme $1 - e^{-0,01/Ta} = K_{choc} =$

$$F_2 \max = -0,87 \cdot K^2_{choc} \cdot \frac{M_0}{2\pi a} \cdot 2I''^2 = -0,87 K^2_{choc} \frac{M_0}{2\pi a} \cdot i^2 \max$$

II.2. Efforts thermiques.

La détermination de la section d'un conducteur est très importante car une section adéquate élimine les effets thermiques qui peuvent être à l'origine de certaines perturbations.

II.2.1. Mise en équation de la chaleur.

On se base sur le principe thermodynamique que la chaleur se compose en deux parties:

- chaleur emmagasinée dans l'élément.
- chaleur échangée avec le milieu environnant.

m = masse de l'élément

c = chaleur spécifique de l'élément considéré

$dr = T_i - T_a = d\theta$ = différence de température entre l'élément et le milieu environnant.

λ = coefficient de transmission de chaleur.

S = surface totale.

dt = différence de temps.

Selon Joule, la chaleur dégagée par un conducteur traversé par un courant:

Q est de forme $Q = Ri^2 dt$

R = résistance du conducteur

i = courant

dt = différence de temps

En vertu du principe de la conservation de l'énergie:

$$Q = Q_c + Q_t \implies Ri^2 dt = mcd\theta + \lambda S d\theta dt.$$

Or $\lambda S d\theta dt$ = quantité d'énergie échangée avec le milieu environnant est négligeable devant les autres grandeurs : \implies

$$Ri^2 dt = mcd\theta$$

II.2.2. Détermination des grandeurs utiles.

$$pdt = mcd\theta = Ri^2 dt \text{ avec } R = R_0 (1 + \alpha\theta). \quad R_0 = \rho_0 \frac{l}{S}$$

$m = \sigma l, S$, $C = C_0 (1 + \beta\theta)$ avec θ = une température envisagée qui, en réalité, se déduit $d\theta = d\theta$.

$$\implies \sigma l, S \cdot C_0 (1 + \beta\theta) \cdot d\theta = \rho_0 \frac{l}{S} (1 + \alpha\theta) i^2 dt.$$

$$\frac{\sigma C_0}{\rho_0} \frac{(1 + \beta\theta)}{(1 + \alpha\theta)} \cdot d\theta = \frac{1}{S^2} \cdot i^2 dt$$

$$\implies \frac{\sigma C_0}{\rho_0} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{1 + \beta\theta}{1 + \alpha\theta} d\theta = \frac{1}{S^2} \int_0^t i^2 dt$$

En effectuant le changement de variable $1 + \alpha\theta = U \implies d\theta = \frac{1}{\alpha} \cdot dU.$

$$= \frac{\sigma \cdot Co}{\rho_0} \int_0^T \frac{u^{f-1}}{U^{i-1}} \cdot \left[\frac{\alpha - B}{\alpha^2} \cdot \frac{du}{U} + \frac{B}{\alpha^2} du \right] = \frac{1}{s^2} \int_0^T i^2 dt$$

$$\frac{\sigma Co}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - B}{\alpha^2} \frac{\text{Log}(1 + \alpha(\theta_f)) + \frac{B}{\alpha^2} (1 + \alpha(\theta_f))}{A(\theta_f)} \right] - \frac{\sigma Co}{\rho_0} \left[\frac{\alpha - B}{\alpha^2} \frac{\text{Log}(1 + \alpha(\theta_i)) + \frac{B}{\alpha^2} (1 + \alpha(\theta_i))}{A(\theta_i)} \right]$$

Donc $\frac{1}{s^2} \int_0^T i^2 dt = A(\theta_f) - A(\theta_i)$.

D'un point de vue pratique, on a établi des courbes $\theta = f[A(\theta)]$ pour le cuivre et l'aluminium. (voir planche III)

On sait que $i = i_p + i_a \Rightarrow i^2 = (i_p + i_a)^2 = i_p^2 + i_a^2 + 2i_p \cdot i_a$

Considérons que le double produit est négligeable devant les autres grandeurs.

$$= \frac{1}{s^2} \int_0^T (i_p^2 + i_a^2) dt \approx A(\theta_f) - A(\theta_i)$$

Le calcul direct est vraiment délicat, cependant l'existence des caractéristiques:

$$t_{fp} = f(\xi) \text{ (voir planche IV)}$$

t_{fp} = temps fictif pendant lequel le conducteur est parcouru par le courant périodique permanent de C.C et dégageant la même quantité de chaleur dans le cas où le conducteur sera parcouru par le courant de C.C normal. $\beta = \xi = \frac{I''}{I_{\infty}}$ avec I'' = courant surtransitoire de court-circuit.

I_{∞} = courant permanent de court-circuit.

II.2.3. Méthode de calcul.

La méthode consiste à approximer les courbes :

$I_p^2 = f(t)$ et $I_a^2 = f(t)$ par des surfaces équivalentes de calcul en considérant pour chacun deux possibilités:

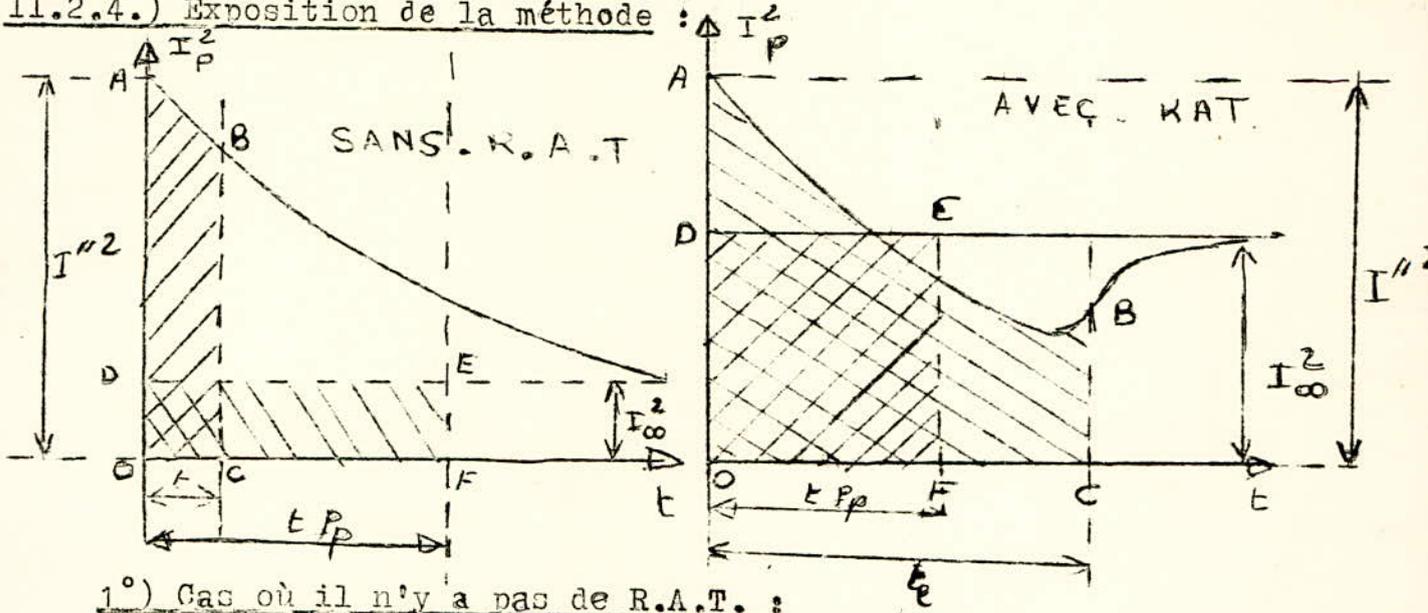
- Lorsqu'il est équipé d'un régulateur automatique de tension.
- Lorsqu'il n'est pas équipé d'un régulateur automatique de tension.

Ainsi de cette façon, on évaluera d'une façon approximative la section:

Tout calcul fait : $s = \frac{I_{\infty}^* \cdot \sqrt{t_f}}{\sqrt{A(\theta_f) - A(\theta_i)}}$

.... /

II.2.4.) Exposition de la méthode :



1°) Cas où il n'y a pas de R.A.T. :

Dans ce cas on considère que $t_f > t$ $\implies \int_0^t I_p^2 \cdot dt = \text{Surface}(OABC)$
 La surface OABC est proportionnelle à la quantité de chaleur dégagée, ainsi on essaie d'approximer cette surface réelle, par une surface fictive telle que

$$\text{Surface}(OABC) = \text{Surface}(ODEF)$$

avec $OC = t = \text{durée du courant de court-circuit}$
 $OF = t_f = \text{temps fictif}$

En général, on prend une température admissible égale à 70°C

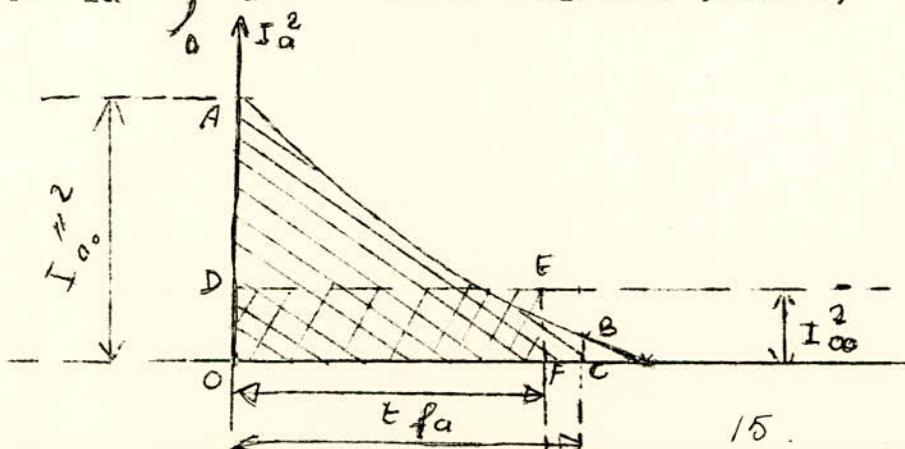
2°) Cas où il y a un R.A.T. :

-On suppose que $t_f < t$ le diagramme nous permet d'avancer que:
 $I_{\infty}^2 \cdot t_{fp} = \int_0^t I_p^2 \cdot dt$ sachant que t_{fp} est un temps fictif déterminé selon les courbes $t_{fp} = f(B)$ et $B = \frac{I''}{I_{\infty}}$

De même pour le calcul de $\int_0^t I_a^2 \cdot dt$ on fait appel à la courbe $OF = t_{fa} \implies t_{fa} < t$
 Surface (ODEF) = Surface(OADC) avec, $OC = \text{temps réel}$.

De la même façon que précédemment on obtient:

$$I_{\infty}^2 \cdot t_{fa} = \int_0^t I_a^2 \cdot dt \quad (\text{voir diagramme suivant})$$



3°) Détermination du temps fictif apériodique : (t_{fa})

$$i_a = 2 \cdot I'' \cdot e^{-t/T_a} \quad \text{et} \quad t_{fa} \cdot I_{\infty}^2 = \int_0^t i_a^2 \cdot dt$$

$$\implies t_{fa} = \frac{I''^2}{I_{\infty}^2} \cdot \int_0^t e^{-2t/T_a} dt = -2 \cdot \beta^2 \cdot \frac{T_a}{2} \cdot \left[e^{-2t/T_a} \right]_0^t$$

$$t_{fa} = \beta \cdot T_a \cdot (1 - e^{-2t/T_a})$$

La constante du temps $T = L/R$ est prise égale à 0,05, ainsi que la somme est égale à 0,1 sec.

$$\text{Soit donc : } \beta^2 \cdot T_a \cdot (1 - e^{-4}) = \beta^2 \cdot T_a$$

On utilise t_{fp} , et t_{fa} pour déterminer l'intégrale $\int_0^t i^2 \cdot dt$. En pratique on considère le cas où il ya toujours un R.A.T $\implies I_p = I_a = I_{\infty}$

$$\implies \int_0^t i^2 \cdot dt = \int_0^{t_p} I_p^2 \cdot dt + \int_{t_p}^t I_a^2 \cdot dt = I_p^2 t_p + I_a^2 t_{fa} = I_{\infty}^2 (t_{fp} + t_{fa})$$

$$\text{Posons } t_f = t_{fp} + t_{fa} \implies \int_0^t i^2 \cdot dt = I_{\infty}^2 t_f$$

Pendant la durée du court-circuit, la température des barres ne doit pas passer 250°C POUR le Cuivre et 150°C pour l'aluminium. Donc, nous pouvons déterminer la section des barres.

$$\frac{1}{s^2} \cdot \int_0^t i^2 \cdot dt = A(\theta_f) - A(\theta_i) = \frac{1}{s^2} \cdot I_{\infty}^2 \cdot t_f \implies$$

$$s^2 = \frac{I \cdot t}{A(\theta_f) - A(\theta_i)} \implies s = \frac{I \cdot \sqrt{t_f}}{\sqrt{A(\theta_f) - A(\theta_i)}}$$

III.1. Description de la centrale.

III.1.1. Description sommaire de l'aménagement.

Se tournant à 80 m environ sous la terre; la centrale hydro-électrique de Darguinah est tout juste établie sous une boucle de l'Ahrzerouftis. Elle est constituée de deux groupes principaux alimentés par l'Oued AGRIOUN et un groupe complémentaire (plus faible en puissance) alimenté par l'Oued Ahrzerouftis.

III.1.1.1. Aménagement de l'Oued AGRIOUN.

La centrale d'IRIL EMDA est alimentée par le barrage de même nom et qui possède une retenue de 160.000.000 m³ et une hauteur de 75 m. A la sortie de cette usine, on a aménagé un barrage en voute mince de CHABET AKRA qui reçoit l'eau turbinée de la centrale d'IRIL-EMDA. En quelque sorte, ce barrage fait l'objet du bassin de compensation de Kerrata. Il possède une capacité de 700.000 m³. Ainsi cette eau alimente les groupes principaux d'AGRIOUN avec une chute brute de 374,5 m par l'intermédiaire d'une galerie d'amenée en charge, entièrement revêtue, d'un profil en fer à cheval de 7,2 m² de section et de 8,77 km de longueur. Ceci est prolongé par deux conduites forcées en tôles soudées et frêtées de 600 m de longueur et de 1,65 m de diamètre.

La cheminée d'équilibre possédant une hauteur totale de 48 m, comporte un étranglement déssymétrique étudié sur modèle réduit.

Chaque conduite forcée alimente un groupe: Turbine + Alternateur dont les caractéristiques sont les suivantes :

III.1.1.1.1. Turbine.

Type : Pelton à axe vertical possédant 4 jets.
Puissance: Sous une chute nette maximum de 361,10 m..... 46280 CV
Vitesse de Rotation:..... 375 t/mm

III.1.1.1.2. Alternateur.

Type : Fermé auto-ventilé
Puissance: Disponible en service conyinu : 40.000 kVA
Tension nominale: 12.000 V
Fréquence: 50 Hz

III.1.1.2. Aménagement de l'Oued AHRZEROUFTIS.

Utilisant une chute brute maximale de 171 m, l'aménagement de cet Oued constitue une retenue de 225.000 m³ de capacité qui est à l'origine du barrage en voute de 30 m de hauteur et 60 m de longueur de crête.

Les eaux sont canalisées par l'intermédiaire d'une galerie d'amenée revêtue en charge de 1,96 km de longueur à laquelle est ajoutée une conduite forcée de 250 m de longueur et de 1,65 m de diamètre. Cette conduite alimente le groupe complémentaire dont les caractéristiques sont les suivantes:

III.1.1.2.1. Turbine.

Type : Francis à axe vertical.
Puissance: 7280 cv
Vitesse de rotation: 750 t/mm

III.1.1.2.2. Alternateur.

Type :	Fremé auto-ventilé	
Puissance :	disponible en service continu.....	6.500 kVA
Tension nominale :	5.500 V
Fréquence :	50 Hz

L'eau utilisée a une sortie commune, elle est acheminée vers une galerie souterraine à écoulement libre entièrement revêtue ayant une longueur de 1,5 km et un diamètre moyen de 3,4m

III.1.2. Schéma électrique unifilaire de l'usine. (voir planche V)

III.2. Détermination de la puissance de court-circuit de la centrale.

On considère que la centrale de Darguinah est isolée d'un système énergétique national et on essaie d'évaluer par la méthode de l'hypothèse de la variation $G \approx 10\%$, le courant court-circuit au jeu de barre 150 kV.

$$I_{pcct} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} U_n} \Rightarrow \text{on a déduit } I_{cc} \text{ ensuite}$$

Avec $U_n = 150 \text{ kV}$

Le but de cette caractéristique, c'est afin d'évaluer approximativement la contribution au système énergétique:

S_{ccT} = Puissance de court-circuit totale du système énergétique national, Darguinah inclus.

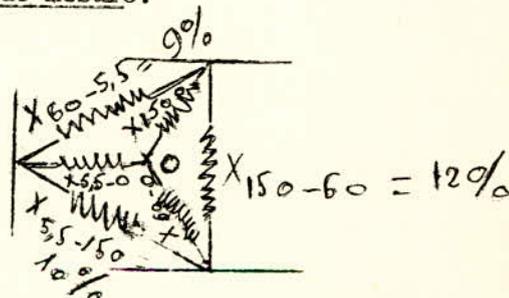
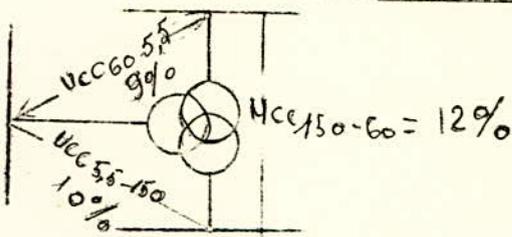
S_{ccs} = $\parallel D \text{ DECC}$ du système énergétique national Darguinah exclus.

S_{cc} = $\parallel D \text{ DECC}$ de Darguinah.

$$\Rightarrow \frac{S_{ccs}}{S_{ccT}} = \frac{S_{ccT} - S_{cc}}{S_{ccT}}$$

III.2.1. Calcul des réacteurs des transformateurs de mesure.

III.2.1.1. Transformateur de 25 MVA



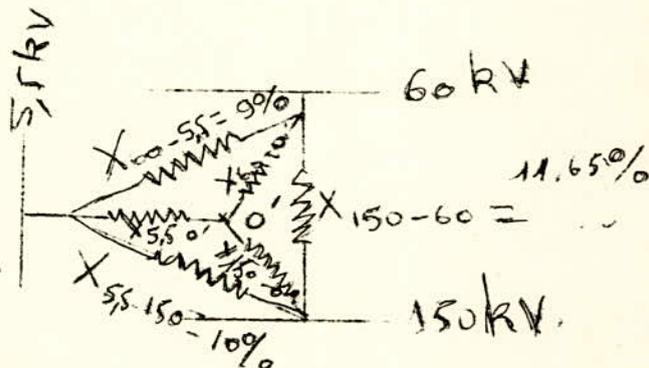
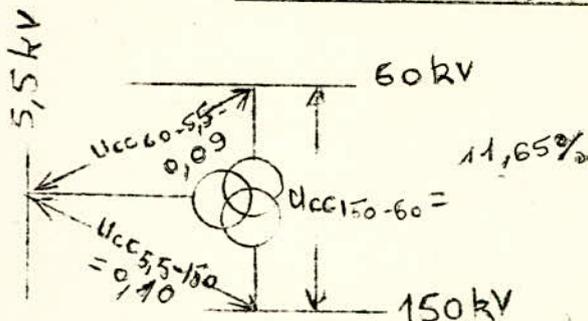
D'après la partie théorique, nous pouvons facilement déterminer les réactances équivalentes en étoile plus maniable pour le calcul.

$$X_{5,5-0} = \frac{X_{60-5,5} + X_{5,5-150} - X_{150-60}}{2} = \frac{0,09 + 0,10 - 0,12}{2} = 0,035$$

$$X_{150-0} = \frac{X_{5,5-150} + X_{150-60} - X_{60-5,5}}{2} = \frac{0,10 + 0,12 - 0,09}{2} = 0,065$$

$$X_{60-0} = \frac{X_{60-5,5} + X_{150-60} - X_{5,5-150}}{2} = \frac{0,09 + 0,12 - 0,10}{2} = 0,055$$

III.2.1.2. Transformateur de 15 MVA.



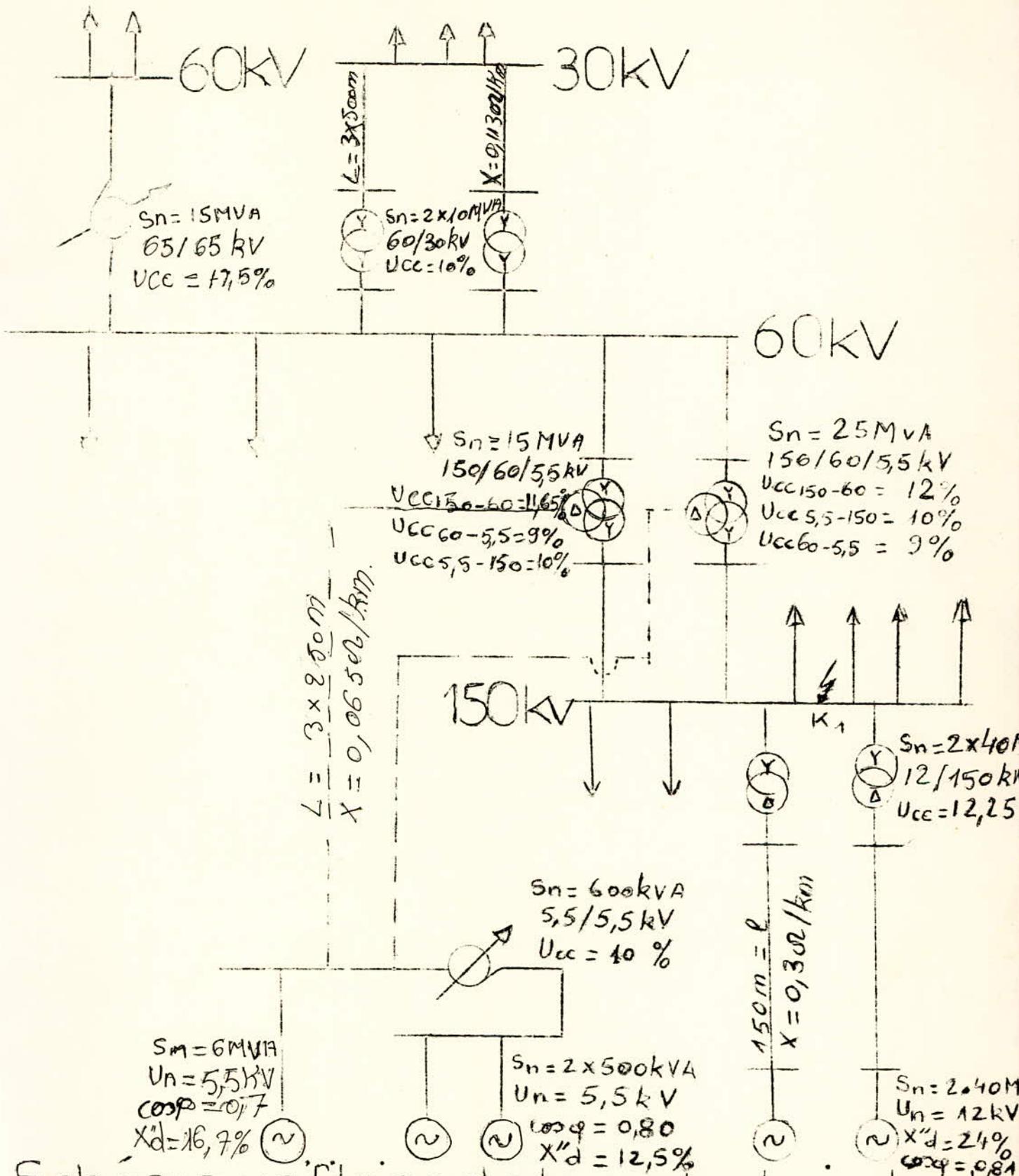


Schéma unifilaire de la centrale isolée du système énergétique national

D'après le même principe :

$$X_{5,5-0'} = \frac{0,19 - 0,1165}{2} \neq 0,037$$

$$X_{60-0'} = \frac{0,1065}{2} \neq 0,053$$

$$X_{150-0'} = \frac{0,1265}{2} \neq 0,063$$

III.2.2. Lieu du point de C.CK₁

III.2.2.1. Grandeurs de base.

S_b et U_b sont choisis arbitrairement desquels découlent I_b et Z_b = X_b.

Considérons que : S_b = 100 MVA ⇒ I_b = 4,18 kA
 U_b = 13,8 kV ⇒ X_b = 0,527

Courants nominaux relatifs à la tension de base.

$$I_{ni} \cdot U_b \cdot \sqrt{3} = S_{ni}$$

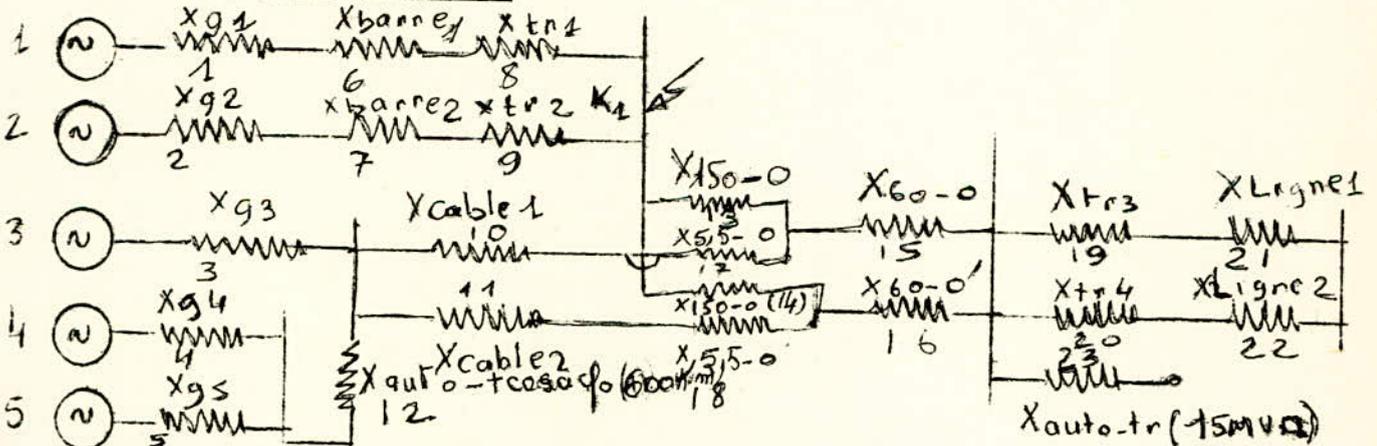
$$= I_{ng1} = \frac{S_{ng1}}{\sqrt{3} U_b} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 1,67 \text{ kA}$$

$$I_{ng2} = I_{ng1} = 1,67 \text{ kA}$$

$$I_{ng3} = \frac{S_{ng3}}{\sqrt{3} U_b} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 13,8} \neq 0,25 \text{ kA}$$

$$I_{ng4} = I_{ng5} = \frac{S_{ng4}}{\sqrt{3} U_b} = \frac{0,5}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 0,0209 \text{ kA} \neq 21 \text{ A}$$

III. 2.2.2. Schéma de calcul.



III.2.2.3. Calcul des réactances réduites du schéma.

$$- X_1^* = X_2^* = X''d_1 \cdot \frac{S_b}{S_{n1}} = 0,24 \cdot \frac{100}{40} = \frac{24}{40} = 0,6$$

$$- X_3 = X''d_3 \cdot \frac{S_b}{S_{n3}} = 0,167 \cdot \frac{100}{6} = 2,78$$

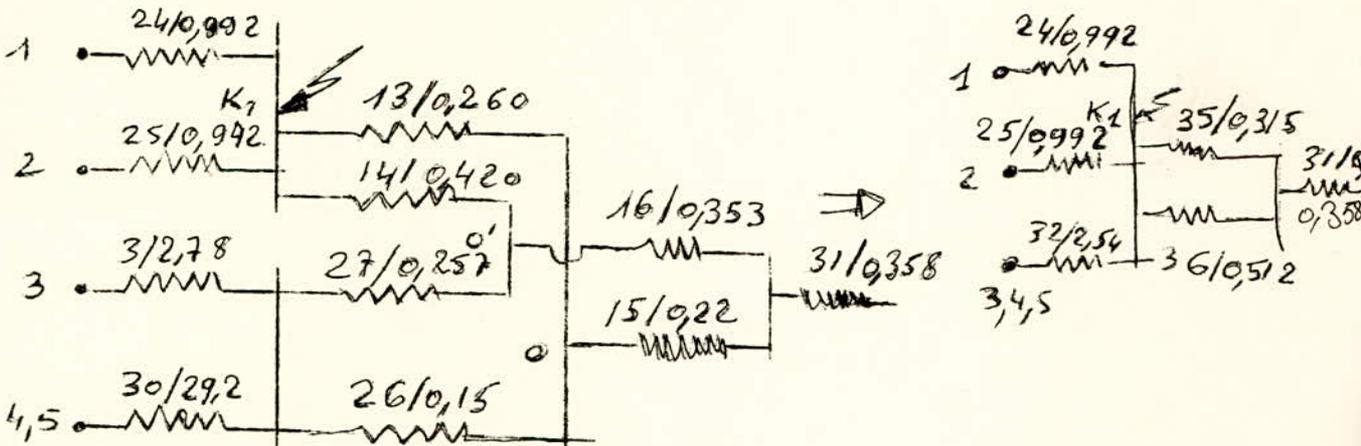
$$\begin{aligned}
- X_4^* &= X_5^* = X'' d_4 \cdot \frac{S_b}{S_{n4}} = 0,125 \cdot \frac{100}{0,5} = 25 \\
- X_6^* &= X_7^* = X.L. \frac{U_b}{S_b} = \frac{X.L}{X_b} = \frac{0,3 \times 0,15}{0,527} = 0,0855 \\
- X_8^* &= X_9^* = X_{tr1} \cdot \frac{S_b}{S_{ntr1}} = 0,1225 \cdot \frac{100}{40} = 0,306 \\
- X_{10}^* &= X_{11}^* = \frac{0,06 \times 0,25}{3 \times 0,527} = 0,0095 \text{ car le cable est constitué de 3 conducteurs.} \\
- X_{12}^* &= X \text{ auto. tr}_1 \cdot \frac{S_b}{S_{ntr1}} = 0,10 \times \frac{100}{0,6} = 16,7 \\
- X_{13}^* &= X_{150} - o. \frac{S_b}{S_{ntr25MVA}} = 0,065 \cdot \frac{100}{25} = 0,260 \\
- X_{14}^* &= X_{150} - o'. \frac{S_b}{S_{ntr15MVA}} = 0,065 \cdot \frac{100}{15} = 0,420 \\
- X_{15}^* &= X_{60} - o. \frac{S_b}{S_{ntr25MVA}} = 0,055 \times \frac{100}{25} = 0,220 \\
- X_{16}^* &= X_{60} - o'. \frac{S_b}{S_{ntr15MVA}} = 0,053 \times \frac{100}{15} = 0,353 \\
- X_{17}^* &= X_{5,5} - o. \frac{S_b}{S_{ntr25MVA}} = 0,035 \times \frac{100}{25} = 0,140 \\
- X_{18}^* &= X_{5,5} - o'. \frac{S_b}{S_{ntr15MVA}} = 0,037 \times \frac{100}{15} = 0,247 \\
- X_{19}^* &= X_{tr3} \cdot \frac{S_b}{S_{ntr3}} = 0,1 \cdot \frac{100}{10} = 1 \\
- X_{20}^* &= X_{19}^* = 1 \\
- X_{21}^* &= X.L. \cdot \frac{U_b}{S_b} = \frac{X.L}{X_b} = \frac{0,113 \times 0,5}{3 \cdot 0,527} = 0,0358 \\
- X_{22}^* &= X_{21}^* = 0,0358 \\
- X_{23}^* &= X \text{ auto tr}_2; \frac{S_b}{S_{nat2}} = 0,175 \cdot \frac{100}{15} = 1,165
\end{aligned}$$

On définit parallèlement, des réactances intermédiaires pour simplifier les schémas. Dans la branche 1 on a 3 réactances en série.

$$\begin{aligned}
- X_{24}^* &= X_1^* + X_6^* + X_8^* = 0,6 + 0,0855 + 0,306 \neq 0,9920 \\
- X_{25}^* &= X_2^* + X_7^* + X_9^* = X_{24}^* = 0,9920 \\
- X_{26}^* &= X_{10}^* + X_{17}^* = 0,14 + 0,0095 \neq 0,15 \\
- X_{27}^* &= X_{11}^* + X_{18}^* = 0,0095 + 0,247 = 0,2565 \neq 0,257 \\
- X_{28}^* &= X_{19}^* + X_{21}^* = 1 + 0,0358 = 1,0358 \neq 1,036 \\
- X_{29}^* &= X_{20}^* + X_{22}^* = X_{28}^* = 1,036 \\
- X_{30}^* &= \frac{X_4^* + X_{12}^*}{2} = \frac{12,5 + 16,7}{2} = 29,2
\end{aligned}$$

$$\frac{\frac{X_{28}^* \times X_{23}^*}{2}}{X_{31}^* \frac{X_{28}^*}{2} + X_{23}^*} = \frac{0,518 \cdot 1,165}{1,683} = 0,358$$

D'où le schéma de calcul.



$$-X_{32} = \frac{X_3 \cdot X_{30}}{X_3 + X_{30}} = \frac{29,2 \cdot 2,78}{31,98} = 2,54$$

$$-X_{33} = \frac{X_{13} \cdot X_{26}}{X_{13} + X_{26}} = \frac{0,26 \cdot 0,15}{0,41} = 0,095$$

$$-X_{34} = \frac{X_{14} \cdot X_{27}}{X_{14} + X_{27}} = \frac{0,42 \cdot 0,257}{0,677} = 0,159$$

$$-X_{35} = X_{33} + X_{15} = 0,095 + 0,22 = 0,315$$

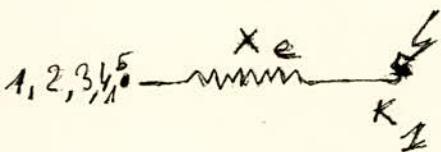
$$-X_{36} = X_{34} + X_{16} = 0,159 + 0,353 = 0,512$$

$$-X_{37} = \frac{X_{25} \cdot X_{32}}{X_{25} + X_{32}} = \frac{0,992 \cdot 2,54}{3,532} = 0,715$$

$$-X_{38} = \frac{X_{35} \cdot X_{32}}{X_{35} + X_{32}} = \frac{0,315 \cdot 0,715}{1,03} = 0,216 + 0,358 = 0,554$$

$$X_{39} = \frac{X_{38} + X_{37}}{2} = \frac{0,554 + 0,715}{2} = 1,269$$

$$X_e = \frac{X_{39} + X_{24}}{2} = \frac{1,269 + 0,992}{2} = 1,1305$$



Comme le système est isolé du réseau national, tout courant de C-C est fourni par les cinq sources existantes de Darguinah.

$$X_c^* = X_e \cdot \frac{S_{ne}}{S_b} \quad S_{ne} = \sum S_{ni} = 40 + 40 + 6 + 1 = 87 \text{ MVA}$$

$X_c = 0,557 \cdot \frac{87}{100} = 0,485$ d'après les courbes $I_{pcct}^* = f(X_c^*)$, on en déduit que $I_{pcct}^* = 2,1$ pour $t = 0,2 \text{ sec}$

d'où $I_{cc} = I_{pcct}^* \cdot I_{ne}$ avec $I_{ne} = \sum I_{ni} = (1/\sqrt{3} \cdot U_b) \cdot S_{ne} = 87/\sqrt{3} \cdot 13,8$

$$I_{ne} = 3,64 \text{ kA} \implies I_{cc} = 7,65 \text{ kA} \text{ pour la tension de base}$$

$$I_{cc}(150 \text{ kV}) = 0,705 \text{ kA} \implies S_{cc} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{cc} = 183 \text{ MVA}$$

$$S_{cctmax} = 840 \text{ MVA} \implies S_{ccsmax} = 840 - 183 = 657 \text{ MVA}$$

$$S_{cctmin} = 395 \text{ MVA} \implies S_{ccsmin} = 395 - 183 = 212 \text{ MVA}$$

Le calcul des réactances réduites pour s_{ccsmax} et s_{ccsmin} :

$$X_{smin} = S_b / s = 100/657 = 0,157$$

$$X_{smax} = S_b / s = 100/212 = 0,472$$

La connaissance de la puissance du système énergétique est vraiment importante, car elle permet un calcul plus précis pour l'installation des éléments de coupure, de mesure et de transformation, ainsi que pour les éléments passifs.

II.3.) Détermination des courants de court-circuit des différents points

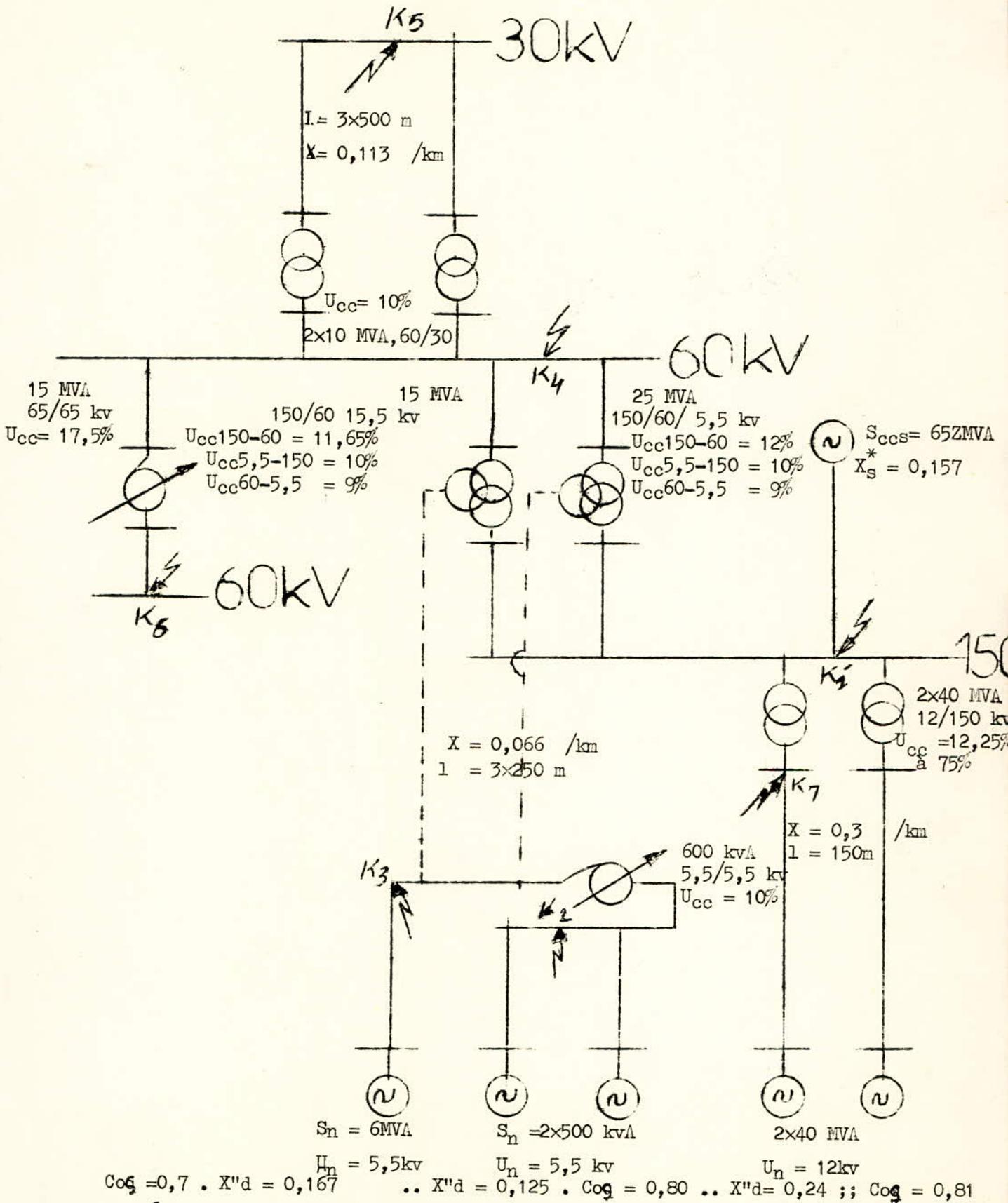
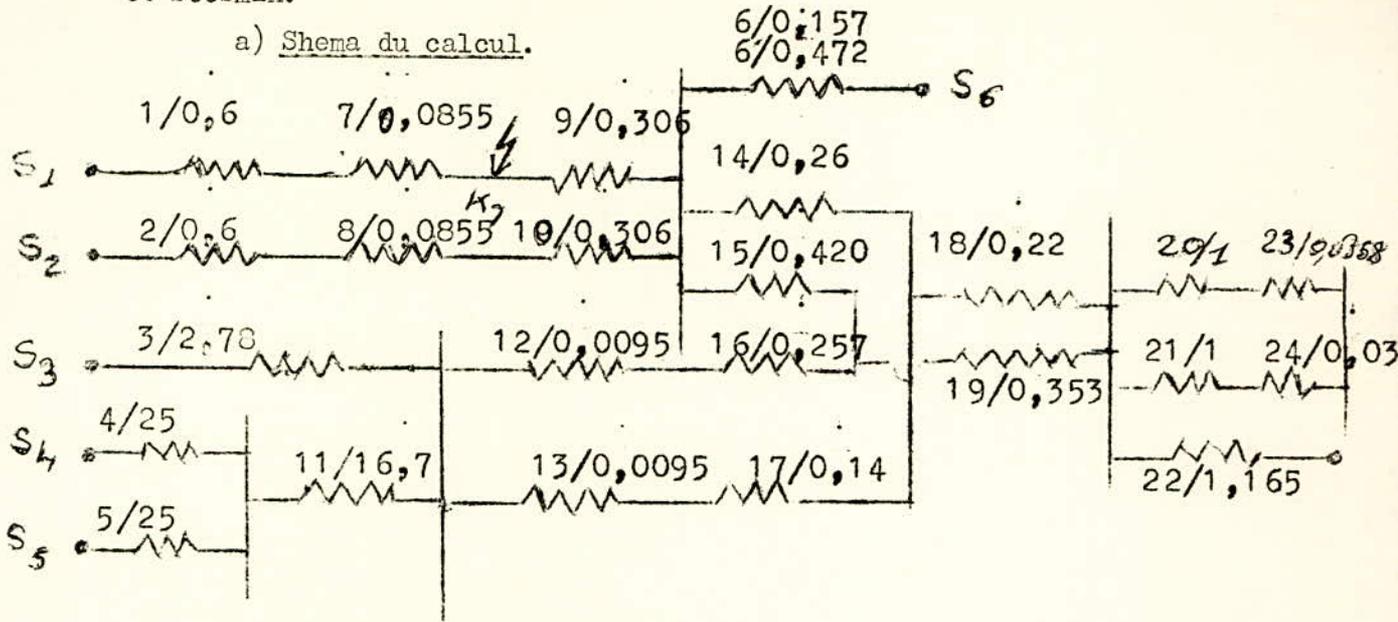


Schéma unifilaire de la centrale avec le système énergétique national

III.3.A. Lieu du point de C.C. K7.

Le point se trouve avant le transformateur élévateur. Afin de définir l'intervalle de variation du courant C.C. on utilisera respectivement Scscmux et Scscmin.

a) Schema du calcul.



b) Calcul de la réactance équivalente.

En appliquant les lois élémentaires de l'électricité fondamentale, on définit des réactances élémentaires.

$$X_{25}^+ = X_1 + X_7 = 0,6 + 0,0855 = 0,6855 \neq 0,686$$

$$X_{26}^+ = X_2 + X_8 + X_{10} \neq 0,992$$

$$X_{27}^+ = \frac{X_4 \cdot X_5}{X_4 + X_5} + X'' = 12,5 + 16,7 = 29,2$$

$$X_{28}^+ = X_{12} + X_{16} = 0,2470 + 0,0095 = 0,2565 \neq 0,257$$

$$X_{29}^+ = X_{13} + X_{17} = 0,14 + 0,0095 = 0,1495 \neq 0,15$$

$$X_{30} = X_{20} + X_{23} = 1,0358 \neq 1,036$$

$$X_{31} = X_{21} + X_{24} = X_{30} = 1,036$$

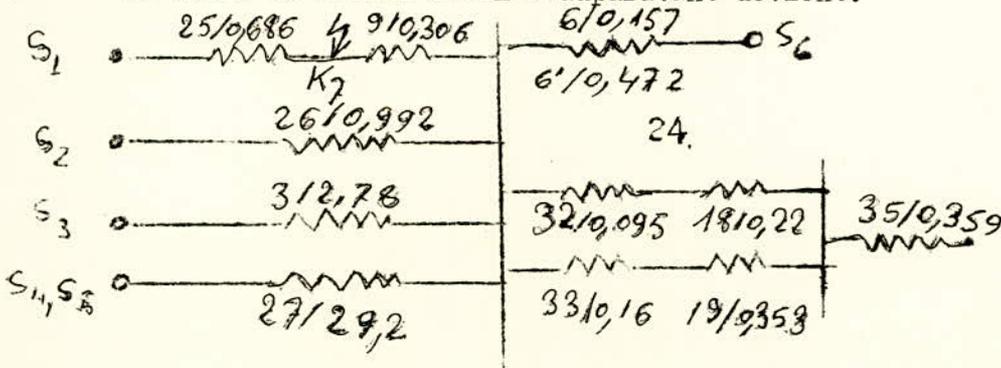
$$X_{32} = \frac{X_{14} \cdot X_{29}}{X_{14} + X_{29}} = \frac{0,26 \cdot 0,15}{0,41} = 0,095$$

$$X_{33} = \frac{X_{15} \cdot X_{28}}{X_{15} + X_{28}} = \frac{0,42 \cdot 0,257}{0,677} = 0,16$$

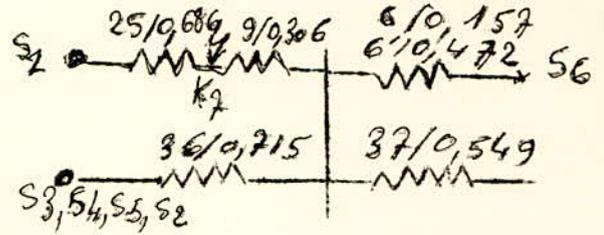
$$X_{34} = \frac{X_{30} \cdot X_{31}}{X_{30} + X_{31}} = \frac{1,036}{2} = 0,518$$

$$X_{35} = \frac{X_{34} \cdot X_{22}}{X_{34} + X_{22}} = \frac{0,518 \cdot 1,165}{1,683} = 0,359$$

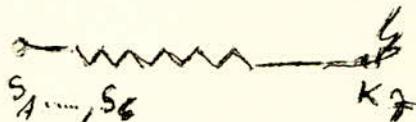
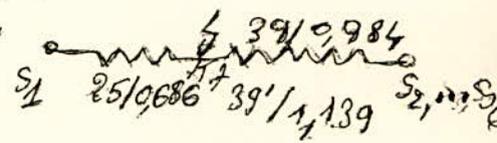
Le schéma de calcul définit auparavant devient:



$$\begin{aligned}
 X_{36} &= X_{26} // X_3 // X_{27} = 0,715 \\
 X_{37} &= (X_{32} + X_{18} // X_{33} + X_{19}) + X_{35} = 0,549 \\
 X_{38} &= \frac{X_6' \cdot X_{36}}{X_6 + X_{36}} = \frac{0,715 \cdot 0,157}{0,872} = 0,129 \\
 X_{38}' &= \frac{X_6' \cdot X_{36}}{X_6' + X_{36}} = \frac{0,715 \cdot 0,472}{1,187} = 0,284
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 X_{39} &= X_9 + X_{37} + X_{38} = 0,129 + 0,306 + 0,549 = 0,984 \\
 X_{39}' &= X_9 + X_{37} + X_{38}' = 0,306 + 0,549 + 0,284 = 1,139
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 X_{emin} &= \frac{X_{25} \cdot X_{39}}{X_{25} + X_{39}} = 0,403 \\
 X_{emax} &= \frac{X_{25} \cdot X_{39}'}{X_{25} + X_{39}'} = 0,425
 \end{aligned}$$

Ainsi, on a déterminé $X_{emin} = 0,403 \implies C_e = 1$
 $X_{emax} = 0,425$

c) Détermination des coefficients de distribution pour les 2 cas.
 D'abord pour $X_e = X_{emin} = 0,403$.

$$\begin{aligned}
 C_{25} &= \frac{C_e \cdot X_e}{X_{25}} = \frac{0,403}{0,686} = 0,588 \\
 C_{25} &= C_1 = C_7 = 0,588 \\
 C_{39} &= \frac{C_e \cdot X_e}{X_{39}} = \frac{0,403}{0,984} = 0,410 \\
 C_{39} &= C_{38} = C_{37} = C_9 = 0,410 \\
 C_6 &= \frac{C_{38} \cdot X_{38}}{X_6} = \frac{0,410 \cdot 0,129}{0,157} = 0,337 \\
 C_{36} &= \frac{C_{38} \cdot X_{38}}{X_{36}} = \frac{0,410 \cdot 0,129}{0,715} = 0,074
 \end{aligned}$$

Définissons une réactance intermédiaire pour la suite du calcul.

$$\begin{aligned}
 X'_{36} &= \frac{X_3 \cdot X_{27}}{X_3 + X_{27}} = 2,54 \\
 X_{36} &= \frac{X'_{36} \cdot X_{26}}{X'_{36} + X_{26}} = 0,715 \\
 C_{26} &= \frac{C_{36} \cdot X_{36}}{X_{26}} = \frac{0,074 \cdot 0,715}{0,992} = 0,0534 \\
 C_{26} &= C_2 = C_8 = C_{10} = 0,0534 \\
 C'_{36} &= \frac{0,074 \cdot 0,715}{2,54} = 0,0208 \\
 C_3 &= \frac{C'_{36} \cdot X'_{36}}{X_3} = 0,019 \\
 C_{27} &= \frac{C'_{36} \cdot X'_{36}}{X_{27}} = 0,0018 \\
 X_{27} &= \frac{X_4 \cdot X_5}{X_4 + X_5} + X_{11} = X'_{27} + X_{11} \implies C_{27} = C_{11} = C'_{27} \\
 C_4 &= C_5 = \frac{C'_{27} \cdot X'_{27}}{X_4} = \frac{0,0018 \cdot 12,5}{25} = 0,0009
 \end{aligned}$$

Ainsi, les coefficients de distribution de chaque source est connu et il faut que

$$\sum_{i=1}^6 C_{gi} = 1$$

Vérification:

$$C1 = 0,588; C2 = 0,0534; C3 = 0,019; C4 = C5 = 0,0009; C6 = 0,337$$

$$\sum_{i=1}^6 C_{gi} = 0,588 + 0,0534 + 0,019 + 0,0018 + 0,337 = 0,992.$$

Donc, à 0,8% près, $\sum C_{gi}$ est égal à 1, l'erreur est due au calcul qui est en général effectué à la règle.

On remarque que la contribution des groupes auxiliaires est vraiment négligeable.

$$\text{Pour } X_e = X_{\text{emax}} = 0,425$$

$$C25 = \frac{0,425}{0,686} = 0,618 \quad \text{===} \quad C1 = C7 = C25 = 0,618$$

$$C39' = \frac{0,425}{1,139} = 0,373 \quad \text{===} \quad C39' = C38' = C37 = C9 = 0,373$$

$$C6' = \frac{C38' \cdot X38'}{X6'} = \frac{0,373 \cdot 0,284}{0,472} = 0,2405$$

$$C36 = \frac{C38' \cdot X38'}{X36} = \frac{0,373 \cdot 0,284}{0,715} = 0,143$$

$$X'36 = \frac{X3 \cdot X27}{X3 + X27} = 2,54$$

$$C26 = \frac{C36 \cdot X36}{X26} = \frac{0,143 \cdot 0,715}{0,992} = 0,103$$

$$C26 = C2 = C8 = C10 = 0,103$$

$$C'36 = \frac{C36 \cdot X36}{X'36} = \frac{0,143 \cdot 0,715}{2,54} = 0,0403$$

$$C3 = \frac{C'36 \cdot X'36}{X3} = \frac{0,0403 \cdot 2,54}{2,78} = 0,0368$$

$$C27 = \frac{C'36 \cdot X'36}{X27} = \frac{0,0403 \cdot 2,54}{29,2} = 0,0035$$

$$C4+C5 = \frac{0,0035}{2} = 0,00175$$

Ainsi les coefficients sont déterminées:

$$\sum_{i=1}^6 C_{gi} = 1$$

Vérification:

$$\sum_{i=1}^6 C_{gi} = 0,618 + 0,103 + 0,0368 + 0,0035 + 0,2405 = 0,9918 \neq 1$$

Donc on vérifie la condition; l'erreur est due aux mêmes causes.

d) Détermination des réactances de calcul et des I_{pccti}^{\dagger} .
Pour $X_e = X_{\text{emin}} = 0,403$.

Par définition $X_{ci} = \frac{X_e \cdot S_{ni}}{C_i \cdot S_b}$ et $I_{pccti}^{\dagger} = f(X_{ci}^{\dagger})$ pour $t = 0,02$ s

Donc:

$$X_{c1} = \frac{0,403 \cdot 40}{0,588 \cdot 100} = 0,275 \quad \text{===} \quad I_{pcct1}^{\dagger} = 3,6$$

$$X_{c2} = \frac{0,403 \cdot 40}{0,0534 \cdot 100} = 3,02 \quad \text{===} \quad I_{pcct2}^{\dagger} = 0,33 \quad (1)$$

$$X_{c3} = \frac{0,403 \cdot 6}{0,019 \cdot 100} = 1,27 \quad \text{===} \quad I_{pcct3}^{\dagger} = 0,78$$

$$X_{c4} = X_{c5} = \frac{0,403 \cdot 0,5}{0,0009 \cdot 100} = 2,26 \quad \text{===} \quad I_{pcct4}^{\dagger} = I_{pcct5}^{\dagger} = 0,46$$

$$X_{c6} = \frac{0,403 \cdot 6,57}{0,337 \cdot 100} = 7,86 \quad \text{===} \quad I_{pcct6}^{\dagger} = 0,33 \quad (1)$$

e) Calcul des courants de CC minimum et maximum.

Pour $X_e = X_{emin} = 0,403$.

$I_{pccti} = I_{pccti}^+ \cdot I_{ni}$ (définition)

$I_{pcct1} = 3,6 \cdot 1,67 = 6 \text{ kA}$

$I_{pcct2} = 0,33 \cdot 1,67 = 0,55 \text{ kA}$

$I_{pcct3} = 0,78 \cdot 0,25 = 0,195 \text{ kA}$

$I_{pcct4} = I_{pcct5} = 0,46 \cdot 0,021 = 0,010 \text{ kA}$

$I_{pcct6} = 0,33 \cdot \frac{657}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 0,33 \cdot 27,4 = 9,05 \text{ kA}$

D'où $I_{K7}(13,8 \text{ kv}) = \sum_{i=1}^6 I_{pccti} \cdot I_{ni} = 6 + 0,55 + 0,195 + 0,020 + 9,05$

$I_{K7}(13,8 \text{ kv}) = 15,815 \text{ kA}$

Donc du côté 12kv, où il y a réellement de court_circuit:

$I_{K7} = I_{K7}(13,8) \cdot \frac{13,8}{12} = 15,815 \cdot \frac{13,8}{12} = 18,2 \text{ kA}$

Donc $I_{K7 \text{ max}} = 18,2 \text{ kA}$

Pour $X_e = X_{emax} = 0,425$.

$I_{pcct1} = 3,6 \cdot 1,67 = 6 \text{ kA}$

$I_{pcct2} = 0,61 \cdot 1,67 = 1,02 \text{ kA}$

$I_{pcct3} = 1,45 \cdot 0,25 = 0,3625 \text{ kA}$

$I_{pcct4} = 0,84 \cdot 0,021 = 0,01765 \text{ kA}$

$I_{pcct6} = 0,33 \cdot \frac{212}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 2,92 \text{ kA}$

D'où $I_{K7}(13,8 \text{ kv}) = 2,92 + 6 + 1,02 + 0,3625 + 2 \cdot 0,01765 = 10,3378 \text{ kA}$

Donc du côté 12kv on aura:

$I_{K7 \text{ min}} = I_{K7}(13,8) \cdot \frac{13,8}{12} = 10,3378 \cdot \frac{13,8}{12} = 11,9 \text{ kA}$

Donc $I_{K7 \text{ min}} = 11,9 \text{ kA}$

f) Calcul du courant sur transitoire.

Le calcul est exactement le même, la seule différence s'effectue au niveau du temp. Au lieu de $t = 0,2 \text{ s}$, on prendra $t = 0 \text{ s}$.

Cas pour $X_e = X_{emin} = 0,403$.

$I_{pcct1}^* = 4,2 \implies I_{pcct1}'' = I_{pcct1}^+ \cdot I_{n1} = 1,67 \cdot 4,2 = 7,85 \text{ kA}$

$I_{pcct2}^* = 0,35 \implies I_{pcct2}'' = I_{pcct2}^+ \cdot I_{n2} = 0,35 \cdot 1,67 = 0,585 \text{ kA}$

$I_{pcct3}^* = 0,8 \implies I_{pcct3}'' = I_{pcct3}^+ \cdot I_{n3} = 0,8 \cdot 0,25 = 0,2 \text{ kA}$

$I_{pcct4}^* \text{ et } 5 = 0,47 \implies I_{pcct4}'' = I_{pcct4}^+ \cdot I_{n4} = 0,47 \cdot 0,021 = 0,01 \text{ kA}$

$I_{pcct6}^* = 0,35 \implies I_{pcct6}'' = I_{pcct6}^+ \cdot I_{n6} = 0,35 \cdot \frac{657}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 9,63 \text{ kA}$

$I_{K7}'' = \sum_{i=1}^6 I_{pccti}''$

$I_{K7 \text{ max}}'' = 7,85 + 0,585 + 0,2 + 0,02 + 9,63 = 18,285 \text{ kA}$

Du côté 12kv on aura:

$I_{K7 \text{ max}}'' = 18,282 \cdot \frac{13,8}{12} = 21 \text{ kA}$

Cas pour $X_e = X_{emax} = 0,425$

$I_{pcct1}^* = 4,2 \implies I_{pcct1}'' = 1,67 \cdot 4,2 = 7,85 \text{ kA}$

$I_{pcct2}^* = 0,64 \implies I_{pcct2}'' = 0,64 \cdot 1,67 = 1,07 \text{ kA}$

$I_{pcct3}^* = 1,52 \implies I_{pcct3}'' = 1,52 \cdot 0,25 = 0,38 \text{ kA}$

$I_{pcct4}^* \text{ et } 5 = 0,86 \implies I_{pcct4}'' = I_{pcct5}'' = 0,86 \cdot 0,021 = 0,0185 \text{ kA} \approx 0,019 \text{ kA}$

$I_{pcct6}^* = 0,35 \implies I_{pcct6}'' = 0,35 \cdot \frac{212}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 1,1 \text{ kA}$

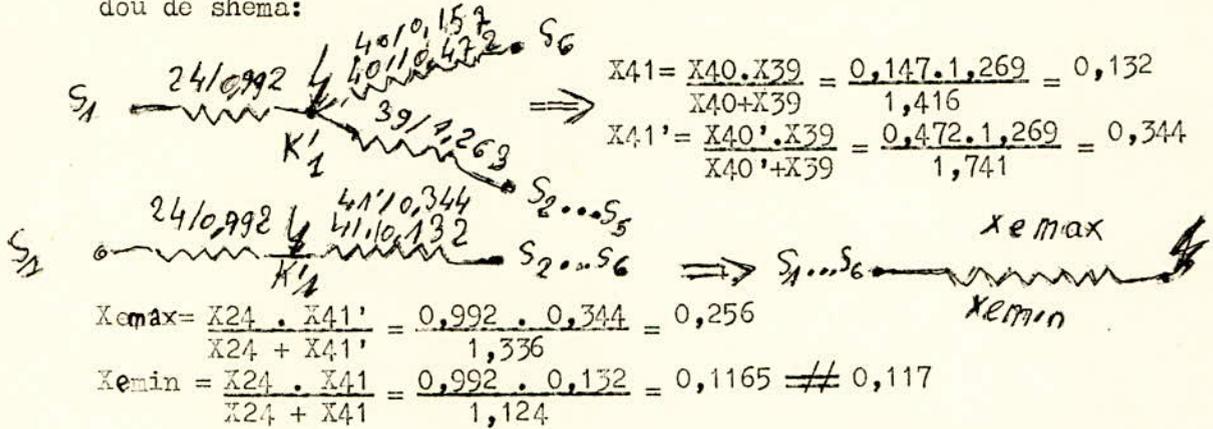
$I_{K7 \text{ min}}'' = 3,1 + 0,037 + 0,38 + 1,07 + 7,85 = 12,437 \text{ kA}$

Du côté 12 kv on aura :

$I_{K7 \text{ min}}'' = 12,437 \cdot \frac{13,8}{12} = 14,34 \text{ kA}$

III:3.2. Lieu du point de C.C. K'1.

Précédemment, nous avons calculé le lieu du point de C.C.K1 afin de déterminer la puissance de CC de la centrale; Etant donné que c'est le même point mais avec une source additive, il n'est pas nécessaire de refaire le même calcul d'où de schéma:



b) Détermination des coefficients de distribution:

Pour $X_e = X_{e\min} = 0,117$

$$C_{24} = \frac{X_e \cdot C_e}{X_{24}} = \frac{0,117}{0,992} = 0,118 \implies C_1 = C_6 = C_8 = C_{24} = 0,118$$

$$C_{41} = \frac{X_e \cdot C_e}{X_{41}} = \frac{0,117}{0,132} = 0,887 \implies$$

$$\implies C_{40} = \frac{C_{41} \cdot X_{41}}{X_{40}} = \frac{0,887 \cdot 0,132}{0,157} = 0,745$$

$$C_{39} = \frac{C_{41} \cdot X_{41}}{X_{39}} = \frac{0,887 \cdot 0,132}{1,269} = 0,142$$

$$C_{39} = C_{38} = C_{37} = 0,142$$

$$C_{37} = \frac{X_{25} \cdot X_{32}}{X_{25} + X_{32}} \implies C_{25} = \frac{C_{37} \cdot X_{37}}{X_{25}} = \frac{0,142 \cdot 0,715}{0,992} = 0,103$$

$$C_{25} = C_2 = C_7 = C_9 = 0,103$$

$$C_{32} = \frac{C_{37} \cdot X_{37}}{X_{32}} = \frac{0,142 \cdot 0,715}{2,54} = 0,040$$

$$C_3 = \frac{X_{32} \cdot C_{32}}{X_3} = \frac{0,040 \cdot 2,54}{2,78} = 0,0365$$

$$C_{30} = \frac{X_{32} \cdot C_{32}}{X_{30}} = \frac{0,040 \cdot 2,54}{29,2} = 0,00348$$

$$C_{30} = C_{12} = 0,00348$$

$$C_4 = C_5 = \frac{C_{12}}{2} = 0,00174$$

Ainsi; les coefficients de distribution des \neq générateurs sont connues

$$\sum_{i=1}^6 C_{gi} = 1 \implies C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_{40} = 0,118 + 0,103 + 0,0365 + 2 \cdot 0,00174 + 0,745 = 1,00598$$

$$\implies \sum_{i=1}^6 C_{gi} \neq 1$$

On remarque que $C_1 \neq C_2$ alors que réellement, leur contributions devraient être égales. Ceci est dû tout simplement aux erreurs de calcul.

Pour $X_e = X_{\text{emax}} = 0,256$

$$C_{24} = \frac{X_e \cdot C_e}{X_{24}} = \frac{0,256}{0,992} = 0,258 \implies C_1 = C_6 = C_8 = C_{24} = 0,258$$

$$C_{41}' = \frac{0,256}{0,344} = 0,745$$

$$C_{40} = \frac{0,745 \cdot 0,344}{0,472} = 0,543$$

$$C_{39} = \frac{0,745 \cdot 0,344}{1,269} = 0,202 \implies C_{39} = C_{38} = C_{37} = 0,202$$

$$C_{25} = \frac{0,202 \cdot 0,715}{0,992} = 0,146 \implies C_{25} = C_2 = C_7 = C_9 = 0,146$$

$$C_{32} = \frac{0,202 \cdot 0,715}{2,54} = 0,057$$

$$C_3 = \frac{0,057 \cdot 2,54}{2,78} = 0,052$$

$$C_{30} = \frac{0,0057 \cdot 2,54}{29,2} = 0,00495$$

$$C_{30} = C_{12} = 0,00495$$

$$C_4 = C_5 = \frac{C_{12}}{2} = \frac{0,00495}{2} \neq 0,0025$$

$$\sum_{i=1}^6 C_{gi} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_{40}' = 0,258 + 0,146 + 0,052 + 0,005 + 0,543 =$$

$$\sum_{i=1}^6 C_{gi} = 1,004$$

Les causes d'erreur sont toujours les mêmes.

c) Détermination des X_{ci}^+ et I_{pccti}^+

$$X_{ci} = \frac{X_e \cdot S_{ni}}{C_i \cdot S_b}$$

$$\text{Pour } X_e = X_{\text{emin}} = 0,117.$$

$$\text{Pour } t = 0,2 \text{ sec}$$

$$X_{c1}^* = \frac{0,117 \cdot 40}{0,118 \cdot 100} = 0,396 \implies I_{pcct1}^* = 2,5$$

$$X_{c2}^* = \frac{0,117 \cdot 40}{0,103 \cdot 100} = 0,455 \implies I_{pcct2}^* = 2,35$$

$$X_{c3}^* = \frac{0,117 \cdot 6}{0,0365 \cdot 100} = 0,195 \implies I_{pcct3}^* = 5,8 \quad (1)$$

$$X_{c4}^* = X_{c5}^* = \frac{0,117 \cdot 0,5}{0,00174 \cdot 100} = 0,336 \implies I_{pcct4}^* = I_{pcct5}^* = 3$$

$$X_{c5}^* = X_{c40}^* = \frac{0,117 \cdot 657}{0,745 \cdot 100} = 1,035 \implies I_{pcct5}^* = I_{pcct40}^* = 0,98$$

Pour (1) En extrapolant la courbe $I_{pccti}^* = f(X_{ci})$

Pour $X_e = X_{\text{emax}} = 0,256$

$$X_{c1} = \frac{0,256 \cdot 40}{0,258 \cdot 100} = 0,397 \implies I_{pcct1}^* = 2,5$$

$$X_{c2} = \frac{0,256 \cdot 40}{0,146 \cdot 100} = 0,7 \implies I_{pcct2}^* = 1,45$$

$$X_{c3} = \frac{0,256 \cdot 6}{0,052 \cdot 100} = 0,296 \implies I_{pcct3}^* = 3,3$$

$$X_{c4} = X_{c5} = \frac{0,256 \cdot 0,5}{0,0025 \cdot 100} = 0,513 \implies I_{pcct4}^* = I_{pcct5}^* = 2,08$$

$$X_{c5} = X_{c40} = \frac{0,256 \cdot 212}{0,543 \cdot 100} = 1 \implies I_{pcct5}^* = I_{pcct40}^* = 1,02$$

d) Détermination des C.C. max et min.

Pour $X_e = X_{emin} = 0,117$

$$I_{pccti} = I_{pccti}^* = I_{ni}$$

$$I_{pcct1} = 2,5 \cdot 1,67 = 4,18 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = 2,35 \cdot 1,67 = 3,92 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 5,8 \cdot 0,25 = 1,45 \text{ kA}$$

$$IK'1(13,8 \text{ kv}) = 36,476 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct5} = 3 \cdot 0,021 = 0,063 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = 0,98 \cdot \frac{657}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 26,800 \text{ kA}$$

Donc du côté 150 kv, c'est à dire à la sortie du transfo élévateur ==

$$IK'1(150 \text{ kv}) = IK'1(13,8) \cdot \frac{13,8}{150} = 36,476 \cdot \frac{13,8}{150} = 3,36 \text{ kA}$$

Donc $IK'1 \text{ max} = 3,36 \text{ kA}$

Pour $X_e = X_{emax} = 0,256$

$$I_{pcct1} = 2,5 \cdot 1,67 = 4,18 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = 1,45 \cdot 1,67 = 2,42 \text{ kA}$$

$$\implies IK'1(13,8 \text{ kv}) = 16,562 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 3,3 \cdot 0,25 = 0,825 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct5} = 2,08 \cdot 0,021 = 0,0437 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = 1,02 \cdot \frac{212}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 9,05 \text{ kA}$$

Du côté 150 kv on aura: $IK'1(150) = 16,562 \cdot \frac{13,8}{150} = 1,53 \text{ kA}$

$$IK'1 \text{ min} = 1,53 \text{ kA}$$

e) Calcul des courants sur transitoires. $t = 0s$

- Cas où $X_e = X_{emin} = 0,117$

$$I_{pcct1}^* = 2,8 \implies I_{pcct1}'' = 2,8 \cdot 1,67 = 4,7 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2}^* = 2,45 \implies I_{pcct2}'' = 2,45 \cdot 1,67 = 4,12 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3}^* = 6,5(1) \implies I_{pcct3}'' = 6,5 \cdot 0,25 = 1,625 \text{ kA}$$

$$IK'1(13,8) = 37,982 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4}^* = I_{pcct5}^* = 3,25 \implies I_{pcct4}'' = I_{pcct5}'' = 3,25 \cdot 0,021 = 0,0683 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5}^* = 1 \implies I_{pcct5}'' = 10 \cdot 27,4 = 27,4$$

D'où lorsqu'on considère la tension 150 kv on aura:

$$IK'1 \text{ max}(150 \text{ kv}) = 37,982 \cdot \frac{13,8}{150} = 3,49 \text{ kA}$$

Cas où $X_e = X_{emax} = 0,256$.

$$I_{pcct1}^+ = 2,8 \implies I_{pcct1}'' = 2,8 \cdot 1,67 = 4,7 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2}^+ = 1,52 \implies I_{pcct2}'' = 1,52 \cdot 1,67 = 2,54 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3}^+ = 3,8 \implies I_{pcct3}'' = 3,8 \cdot 0,25 = 0,95$$

$$IK'1(13,8) = 17,48 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4}^+ = I_{pcct5}^+ = 2,15 \implies I_{pcct4}'' = I_{pcct5}'' = 0,021 \cdot 2,15 = 0,0452$$

$$I_{pcct6}^+ = 1,04 \implies I_{pcct6}'' = 1,04 \cdot 8,85 = 9,2 \text{ kA}$$

Du côté 150 kv on aura:

$$IK'1 \text{ min}(150 \text{ kv}) = 17,48 \cdot \frac{13,8}{150} = 1,61 \text{ kA}$$

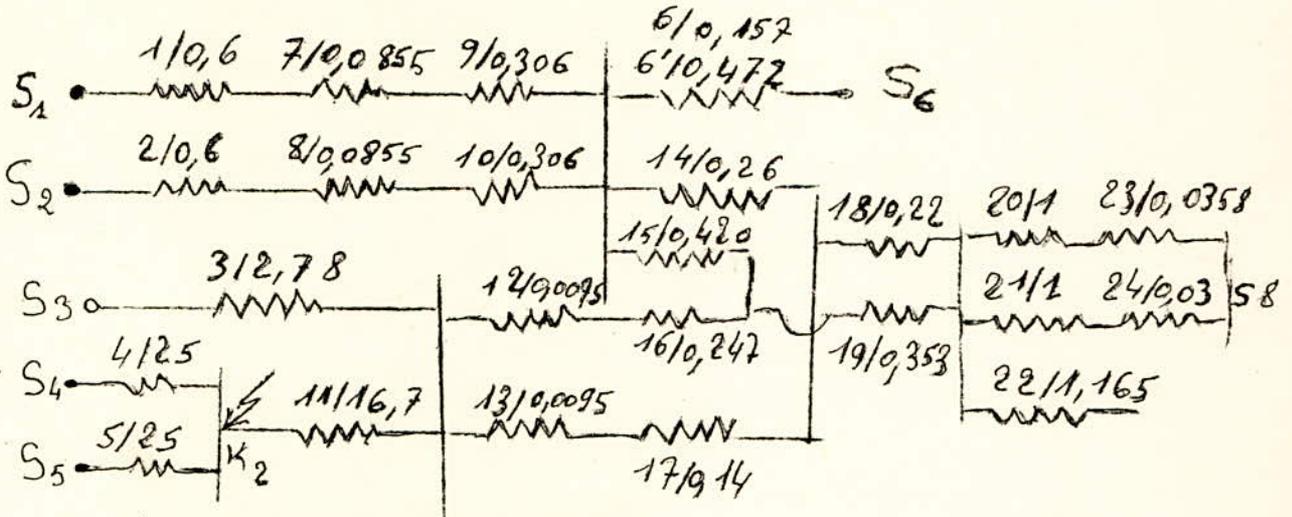
$$\implies IK'1 \text{ min} = 1,61 \text{ kA}$$

au président de...
 Sur le... 50 kv. Ainsi, ces... vont...
 de... allocation...
 de...
 de...

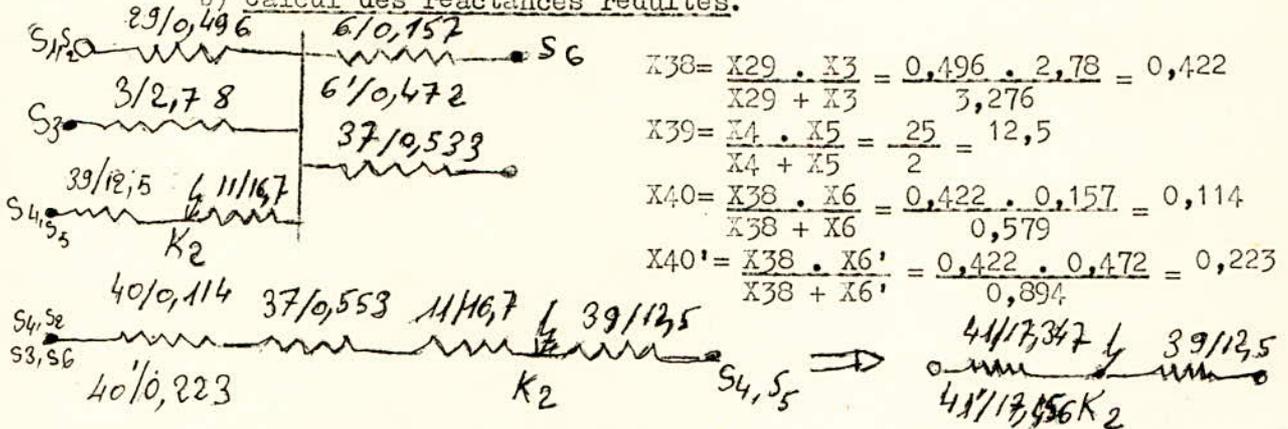
III.3.3. Lieu du point de C.C. K2

Le point K2 se trouve tout juste à l'entrée de l'auto-transfo de 600kVA

a) Schéma du calcul



b) Calcul des réactances réduites.



$$X_{38} = \frac{X_{29} \cdot X_3}{X_{29} + X_3} = \frac{0,496 \cdot 2,78}{3,276} = 0,422$$

$$X_{39} = \frac{X_4 \cdot X_5}{X_4 + X_5} = \frac{25}{2} = 12,5$$

$$X_{40} = \frac{X_{38} \cdot X_6}{X_{38} + X_6} = \frac{0,422 \cdot 0,157}{0,579} = 0,114$$

$$X_{40}' = \frac{X_{38} \cdot X_6'}{X_{38} + X_6'} = \frac{0,422 \cdot 0,472}{0,894} = 0,223$$

$$X_{41} = 0,114 + 0,533 + 16,7 = 17,347$$

$$X_{41}' = 0,223 + 0,533 + 16,7 = 17,456$$

$$X_e = \frac{X_{41} \cdot X_{39}}{X_{41} + X_{39}} = \frac{12,5 \cdot 17,347}{29,847} = 7,25$$

$$X_e' = \frac{X_{41}' \cdot X_{39}}{X_{41}' + X_{39}} = \frac{12,5 \cdot 17,456}{29,956} = 7,25$$

Donc $X_e = X_e' = 7,25$

c) Détermination des coefficients de distribution

$$C_{39} = \frac{X_e \cdot C_e}{X_{39}} = \frac{7,25}{12,5} = 0,58 \implies C_4 = C_5 = \frac{0,58}{2} = 0,29$$

$$C_{41} = \frac{7,25}{17,347} = 0,418 = C_{40} = C_{37} = C_{11}$$

$$C_{41}' = \frac{7,25}{17,456} = 0,415 = C_{40}' = C_{37} = C_{11}$$

$$C_6 = \frac{C_{40} \cdot X_{40}}{X_6} = \frac{0,418 \cdot 0,114}{0,157} = 0,303$$

$$C_6' = \frac{C_{40}' \cdot X_{40}'}{X_6'} = \frac{0,415 \cdot 0,223}{0,472} = 0,196$$

$$C_{38} = \frac{C_{40} \cdot X_{40}}{X_{38}} = \frac{0,418 \cdot 0,114}{0,422} = 0,113$$

$$C38' = \frac{C40' \cdot X40'}{X38'} = \frac{0,415 \cdot 0,223}{0,422} = 0,219$$

$$C3 = \frac{C38 \cdot X38}{X3} = \frac{0,113 \cdot 0,422}{2,78} = 0,0172$$

$$C3' = \frac{C38' \cdot X38'}{X3} = \frac{0,219 \cdot 0,422}{2,78} = 0,0310$$

$$C29 = \frac{C38 \cdot X38}{X29} = \frac{0,113 \cdot 0,422}{0,496} = 0,0962 \implies C25=C26=0,0481 = C1=C7=C9$$

$$C29' = \frac{C38' \cdot X38'}{X29} = \frac{0,219 \cdot 0,422}{0,496} = 0,187 \implies C25'=C26'=0,0935 = C2=C8=C10$$

Nota: Tout ce qui est précédé d'un (') se rapporte à la puissance minimale du système.

$$\implies \sum C_{gi} = C1+C2+C3+C4+C5+C6 = 2 \cdot 0,0481+0,0172+2 \cdot 0,29+0,303$$

$$\sum C_{gi} = 0,9964 \text{ Pour } X6 = 0,157$$

$$\sum C_{gi} = 0,187+0,0310+0,58+0,196 = 0,9940 \text{ pour } X6 = 0,472$$

Donc résultats acceptables étant donné que

d) Détermination des X_{ci} et I_{pccti}^+ ; pour $t = 0,2$ s

Cas pour $X6 = 0,157$.

$$X_{ci} = \frac{X_e \cdot S_{ni}}{C_i \cdot S_b} \quad (\text{définition})$$

$$X_{c1} = \frac{X_e \cdot S_{n1}}{C1 \cdot S_b} = \frac{X_{c2} = 7,25 \cdot 40}{0,0481 \cdot 100} = 60,4 \implies I_{pcct1}^+ = 0,33 \quad (1)$$

$$X_{c3} = \frac{X_e \cdot S_{n3}}{C3 \cdot S_b} = \frac{7,25 \cdot 6}{0,0172 \cdot 100} = 25,3 \implies I_{pcct2}^+ = 0,33 \quad (1)$$

$$X_{c4} = X_{c5} = \frac{X_e \cdot S_{n4}}{C4 \cdot S_b} = \frac{7,25 \cdot 0,5}{0,29 \cdot 100} = 0,125 \implies I_{pcct4}^+ = I_{pcct5}^+ = 8$$

$$X_{c6} = \frac{X_e \cdot S_{n6}}{C6 \cdot S_b} = \frac{7,25 \cdot 657}{0,303 \cdot 100} = 157 \implies I_{pcct6}^+ = 0,33 \quad (1)$$

Cas pour $X6 = 0,472$.

$$X_{c1} = X_{c2} = \frac{7,25 \cdot 40}{0,0935 \cdot 100} = 31 \implies I_{pcct1}^+ = I_{pcct2}^+ = 0,33 \quad (1)$$

$$X_{c3} = \frac{7,25 \cdot 6}{0,0310 \cdot 100} = 14 \implies I_{pcct3}^+ = 0,33 \quad (1)$$

$$X_{c4} = X_{c5} = \frac{7,25 \cdot 0,5}{0,29 \cdot 100} = 0,125 \implies I_{pcct4}^+ = I_{pcct5}^+ = 8$$

$$X_{c6} = \frac{7,25 \cdot 212}{0,196 \cdot 100} = 78,5 \implies I_{pcct6}^+ = 0,33 \quad (1)$$

e) Calcul des courants de C.C. min et max.

Courant de C.C. max:

$$I_{pcct1} = I_{pcct2} = I_{pcct1} \cdot I_{n1} = 0,33 \cdot 1,67 = 0,55 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = I_{pcct3} \cdot I_{n3} = 0,25 \cdot 0,33 = 0,0825 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct5} \cdot I_{n4} = 8 \cdot 0,021 = 0,168 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = I_{pcct6} \cdot I_{n6} = 0,33 \cdot 27,4 = 9,05 \text{ kA}$$

$$IK2(\text{max})(13,81\text{kv}) = 10,4\text{kA}$$

$$\implies IK2(\text{max}) = 10,4 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 26\text{kA}$$

Courant de C.C. min.

$I_{pcct1} = I_{pcct2} = 0,55 \text{ kA}$
 $I_{pcct3} = 0,0825 \text{ kA}$
 $I_{pcct4} = I_{pcct5} = 0,168 \text{ kA}$
 $I_{pcct6} = 0,33 \cdot 8,9 = 2,94 \text{ kA}$

$\implies IK2 \text{ min } (13,8 \text{ kv}) = 4,29 \text{ kA}$

$\implies IK2 \text{ min} = 4,29 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 10,65 \text{ kA}$

Donc $IK2 \text{ min} = 10,65 \text{ kA}$

f) Calcul du courant sur transitoire: t= 0 s

Courant sur transitoire max:

$I_{pcct1} = I_{pcct2} = 0,35 \cdot 1,67 = 0,585$
 $I_{pcct3} = 0,35 \cdot 0,25 = 0,0875$
 $I_{pcct4} = I_{pcct5} = 8 \cdot 0,021 = 0,168$
 $I_{pcct6} = 0,35 \cdot 27,4 = 9,6$

$\implies I''_{K2} = 11,03 \text{ kA}$

$I''_{K2max} = 11,03 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 27,8 \text{ kA}$

Courant sur transitoire min:

$I_{pcct1} = I_{pcct2} = 0,585 \text{ kA}$
 $I_{pcct3} = 0,0875 \text{ kA}$
 $I_{pcct4} = I_{pcct5} = 0,168 \text{ kA}$
 $I_{pcct6} = 8,9 \cdot 0,35 = 3,11 \text{ kA}$

$\implies I''_{K2} = 4,52 \text{ kA}$

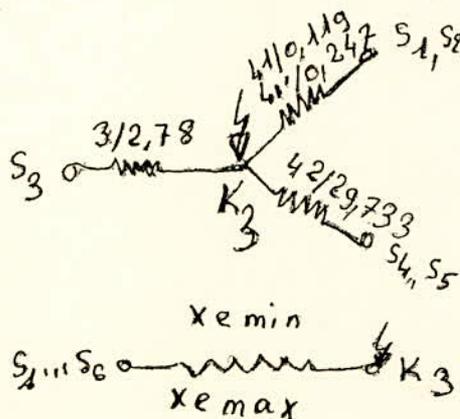
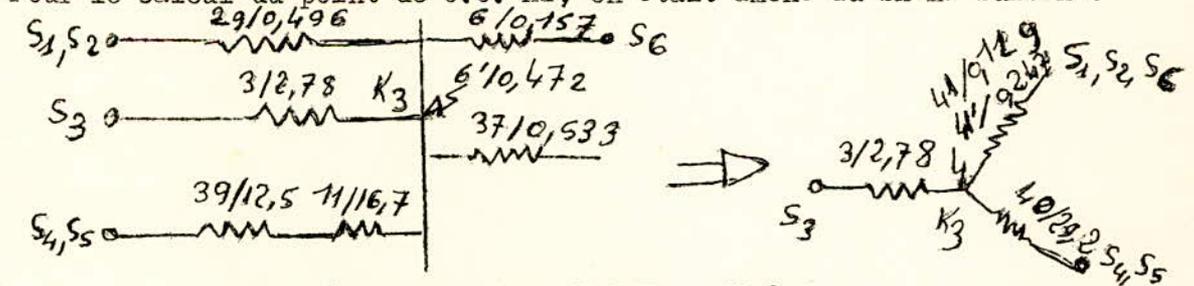
$I''_{K2 \text{ min}} = 4,52 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 11,3 \text{ kA}$

III.3.4. Lieu du point de C.C. K3.

Le point de court-circuit se trouve tout juste à la sortie du groupe complémentaire.

a) Shéma de calcul et détermination et détermination de X_e .

Pour le calcul du point de C.C. K2, on était amené au shéma suivant:



$X_{40} = X_{39} + X_{11} = 29,2$
 $X_{41} = \frac{X_6 \cdot X_{29}}{X_6 + X_{29}} = \frac{0,157 \cdot 0,496}{0,653} = 0,119$
 $X_{41}' = \frac{X_6' \cdot X_{29}}{X_6' + X_{29}} = \frac{0,472 \cdot 0,496}{0,968} = 0,247$
 $X_{42} = X_{37} + X_{40} = 0,533 + 29,2 = 29,733$
 $X_{43} = \frac{X_{41} \cdot X_{42}}{X_{41} + X_{42}} = \frac{0,119 \cdot 29,733}{29,852} = 0,118$

$$X_{43}' = \frac{X_{41}' \cdot X_{42}}{X_{41}' + X_{42}} = \frac{0,247 \cdot 29,733}{29,980} = 0,244$$

$$X_e = \frac{X_{43} \cdot X_3}{X_3 + X_{43}} = \frac{2,78 \cdot 0,113}{2,898} = 0,113 = X_{emin}$$

$$X_e' = \frac{X_{43}' \cdot X_3}{X_{43}' + X_3} = \frac{0,244 \cdot 2,78}{3,024} = 0,224 = X_{emax}$$

b) Détermination des coefficients de distribution:

Cas où $X_e = X_{emin} = 0,113$.

$$C_3 = \frac{X_e \cdot C_e}{X_3} = \frac{0,113}{2,78} = 0,0406$$

$$C_{43} = \frac{0,113}{0,118} = 0,958$$

$$C_{41} = \frac{C_{43} \cdot X_{43}}{X_{41}} = \frac{0,113}{0,119} = 0,950$$

$$C_{42} = \frac{C_{43} \cdot X_{43}}{X_{42}} = \frac{0,113}{29,733} = 0,0038$$

$$C_{42} = C_{37} = C_{40} = 0,0038 = C_{11} = C_{39}$$

$$\Rightarrow C_4 = C_5 = \frac{C_{39}}{2} = \frac{0,0038}{2} = 0,0019$$

$$C_6 = \frac{C_{41} \cdot X_{41}}{X_6} = \frac{0,113}{0,157} = 0,720$$

$$C_{29} = \frac{0,113}{0,496} = 0,228 \Rightarrow C_1 = C_2 = \frac{C_{29}}{2} = \frac{0,228}{2} = 0,114$$

$$D'où \sum_{i=1}^6 C_{gi} = 0,228 + 0,0406 + 0,0038 + 0,720 = 0,9924$$

Résultat acceptable qui tend vers 1.

Cas où $X_e = X_{emax} = 0,224$.

$$C_3 = \frac{0,224}{2,78} = 0,0805$$

$$C_{43}' = \frac{0,224}{0,244} = 0,915$$

$$C_{41}' = \frac{0,224}{0,247} = 0,905$$

$$C_{42} = \frac{0,224}{29,733} = 0,00755 = C_{37} = C_{40} = C_{11} = C_{39}$$

$$\Rightarrow C_4 = C_5 = \frac{C_{39}}{2} = \frac{0,00755}{2} = 0,00377$$

$$C_6' = \frac{0,224}{0,472} = 0,475$$

$$C_{29} = \frac{0,224}{0,496} = 0,450 \Rightarrow C_1 = C_2 = \frac{C_{29}}{2} = 0,225$$

$$D'où \sum C_{gi} = 0,450 + 0,0805 + 0,00755 + 0,475 = 1,013$$

\Rightarrow Acceptable étant donné que $\frac{A_c}{c} = 1\%$

c) Détermination des X_{ci} et I_{occti}^* pour $t = 0,2$.

Cas où $X_e = X_{emin} = 0,113$

$$X_{ci} = \frac{X_e \cdot S_{ni}}{C_i \cdot S_b} =$$

$$X_{c1} = \frac{0,113 \cdot 40}{0,114 \cdot 100} = 0,396 \implies I_{pcct2}^+ = 2,4$$

$$X_{c2} = X_{c1} = 0,396 \implies I_{pcct2}^+ = I_{pcct1}^+ = 2,4$$

$$X_{c3} = \frac{0,113 \cdot 6}{0,0406 \cdot 100} = 0,167 \implies I_{pcct3}^+ = 5,4$$

$$X_{c4} = X_{c5} = \frac{0,113 \cdot 0,5}{0,0019 \cdot 100} = 0,297 \implies I_{pcct4}^+ = I_{pcct5}^+ = 3,3$$

$$X_{c6} = \frac{0,113 \cdot 657}{0,720 \cdot 100} = 1,03 \implies I_{pcct6}^+ = 0,96$$

Cas où $X_e = X_{emax} = 0,224$.

$$X_{c1} = \frac{0,224 \cdot 40}{0,225 \cdot 100} = 0,398 \implies I_{pcct1}^+ = 2,5$$

$$X_{c2} = X_{c1} = 0,398 \implies I_{pcct2}^+ = I_{pcct1}^+ = 2,5$$

$$X_{c3} = \frac{0,224 \cdot 6}{0,0805 \cdot 100} = 0,167 \implies I_{pcct3}^+ = 5,4$$

$$X_{c4} = \frac{0,224 \cdot 0,5}{0,00377 \cdot 100} = 0,298 \implies I_{pcct4}^+ = I_{pcct5}^+ = 3,3$$

$$X_{c6} = \frac{0,224 \cdot 212}{0,475 \cdot 100} = 1 \implies I_{pcct6}^+ = 1,02$$

d) Calcul des C.C. minimum et maximum.

Cas où $X_e = X_{emin} = 0,113$.

$$\implies I_{pcct1} = I_{pcct1}^+ \cdot I_{n1} = 1,67 \cdot 2,4 = 4 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = I_{pcct2}^+ \cdot I_{n2} = 1,67 \cdot 2,4 = 4 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = I_{pcct3}^+ \cdot I_{n3} = 0,25 \cdot 5,4 = 1,35 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct4}^+ \cdot I_{n4} = 0,021 \cdot 3,3 = 0,0693 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = I_{pcct5}^+ \cdot I_{n5} = 0,0693 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = I_{pcct6}^+ \cdot I_{n6} = 27,4 \cdot 0,96 = 26,3 \text{ kA}$$

$$I_{K3 \max} = 35,72 \text{ kA}$$

$$I_{K3 \max} = 35,72 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 89,5 \text{ kA}$$

Cas où $X_e = X_{emax} = 0,224$.

$$I_{pcct1} = I_{pcct2} = 4 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 1,35 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct5} = 0,0693 \implies I_{K3 \min} = 17,85 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 8,36 \text{ kA}$$

$$I_{K2 \min} (5,5 \text{ kv}) = 17,85 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 44,8 \text{ kA}$$

c) Calcul des courants sur transitoire $t = 0 \text{ s}$

$X_e = X_{emin} = 0,113$

$$I_{pcct1}^+ = I_{pcct2}^+ = 2,8 \implies I_{pcct1}'' = I_{pcct2}'' = 4,8 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3}^+ = 7 \implies I_{pcct3}'' = 1,75$$

$$I_{pcct4}^+ = I_{pcct5}^+ = 3,8 \implies I_{pcct4}'' = I_{pcct5}'' = 0,08$$

$$I_{pcct6}^+ = 1 \implies I_{pcct6}'' = 27,4$$

$$I_{K3 \max}'' = 38,91 \text{ kA}$$

$$\implies I_{K3 \max}'' (5,5 \text{ kv}) = 38,91 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 97,5 \text{ kA}$$

$X_e = X_{emax} = 0,224$.

$$I_{pcct1}'' = I_{pcct2}'' = 2,8 \implies I_{pcct1}'' = I_{pcct2}'' = 4,8 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3}'' = 7 \implies I_{pcct3}'' = 1,75 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4}'' = I_{pcct5}'' = 3,8 \implies I_{pcct4}'' = I_{pcct5}'' = 0,08 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6}'' = 1,04 \implies I_{pcct6}'' = 8,7 \text{ kA}$$

$$I_{K3 \min}'' = 20,21 \text{ kA}$$

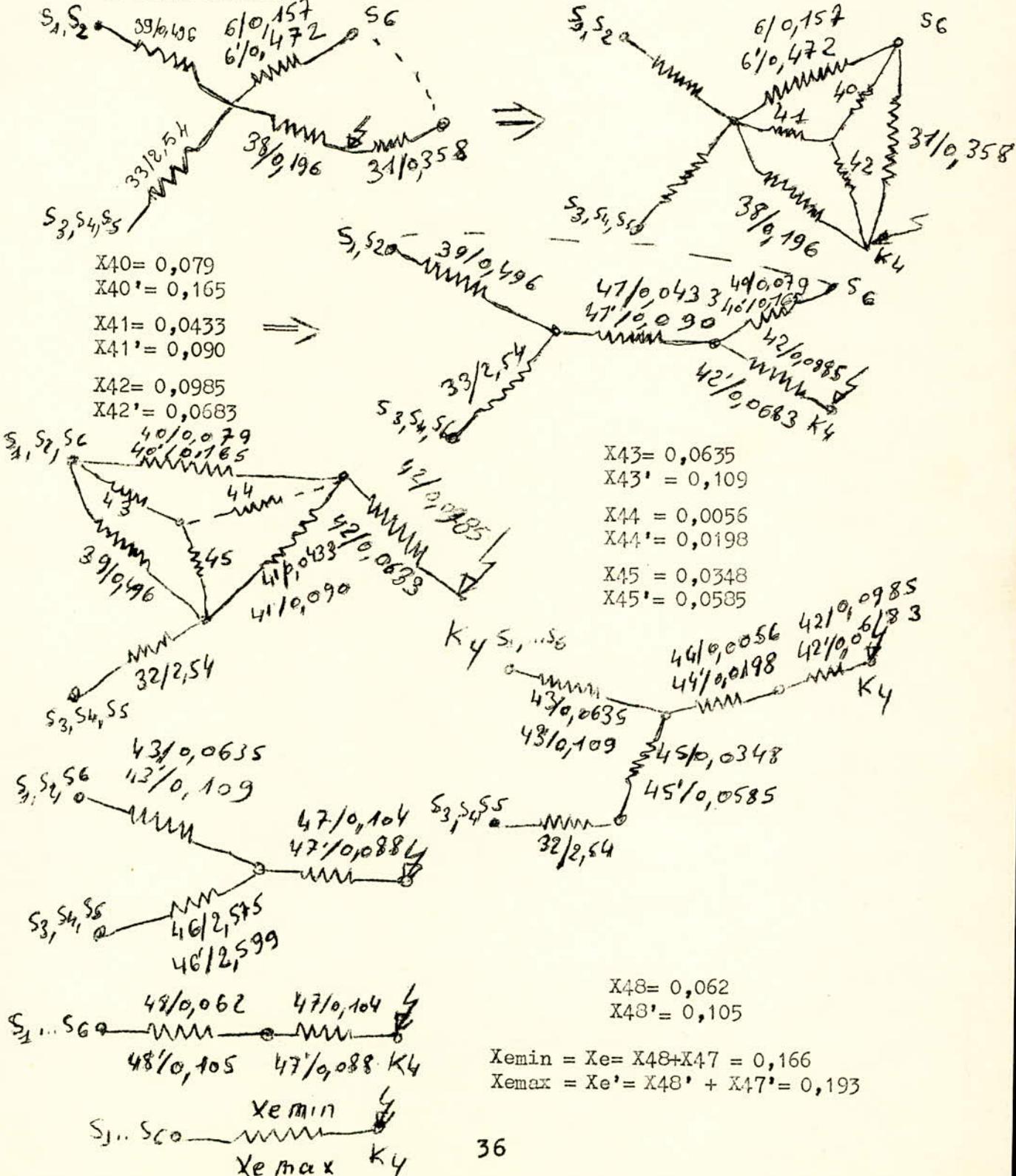
$$\implies I_{K3 \min}'' (5,5 \text{ kv}) = 20,21 \cdot \frac{13,8}{5,5} = 50,7 \text{ kA}$$

III.3.5. Lieu du point C.C. K4.

Le point K4 se trouve à la sortie des transfo de réglage c'est à dire sur le jeu de barre de 60 kv.

a) Shéma de calcul et calcul des réactances réduites.

Lors de la détermination de la puissance de C.C. de la centrale, on est arrivé au shéma suivant:



b) Détermination des coefficients de distribution:

$$X_e = X_{emin} = 0,166$$

$$C_e = C_{47} = C_{48} = 1$$

$$C_{43} = \frac{C_{47} \cdot X_{48}}{X_{43}} = \frac{0,062}{0,0635} = 0,975$$

$$C_{46} = \frac{0,062}{2,575} = 0,024$$

$$C_{46} = C_{32} = C_{45} = 0,024$$

$$C_3 = \frac{C_{32} \cdot X_{32}}{X_3} = \frac{0,024 \cdot 2,54}{2,78} = 0,0219$$

$$C_4 = C_5 = \frac{C_{11}}{2} = \frac{0,0021}{2} = 0,00105$$

$$C_{39} = \frac{X_{43} \cdot C_{43} - C_{45} \cdot X_{45}}{X_{39}} = \frac{0,0635 \cdot 0,975 - 0,024 \cdot 0,0348}{0,496} = 0,108$$

$$C_{40} = C_{44} \cdot \frac{X_{44} + C_{43} \cdot X_{43}}{X_{40}} = \frac{0,0056 + 0,06200}{0,078} = 0,865$$

$$C_{41} = \frac{C_{45} \cdot X_{45} - C_{44} \cdot X_{44}}{X_{41}} = \frac{0,00835 - 0,0056}{0,0433} = 0,0635$$

$$C_1 = C_2 = \frac{C_{39}}{2} = \frac{0,108}{2} = 0,054$$

$$C_{40} = C_6 = 0,865$$

$$\sum C_{gi} = 0,865 + 0,108 + 0,0219 + 0,0021 = 0,977$$

$$X_e = X_{emax} = 0,193$$

$$C_e = C_{47}' = C_{48}' = 1$$

$$C_{43}' = \frac{C_{48}' \cdot X_{48}'}{X_{43}'} = \frac{0,105}{0,109} = 0,965$$

$$C_{46}' = \frac{0,105}{2,599} = 0,041$$

$$C_{46}' = C_{32} = C_{45}' = 0,041$$

$$C_3' = \frac{0,041 \cdot 2,54}{2,78} = 0,0375$$

$$C_{11} = C_{46}' - C_3' = 0,041 - 0,0375 = 0,0035$$

$$\Rightarrow C_4 = C_5 = \frac{C_{11}}{2} = \frac{0,0035}{2} = 0,00175$$

$$C_{39} = \frac{C_{43}' \cdot X_{43}' - C_{45}' \cdot X_{45}'}{X_{39}} = \frac{0,109 \cdot 0,965 - 0,0585 \cdot 0,041}{0,496} = 0,187$$

$$C_1 = C_2 = \frac{C_{39}}{2} = \frac{0,187}{2} = 0,0935$$

$$C_6 = C_{40} = \frac{C_{44}' \cdot X_{44}' + C_{43}' \cdot X_{43}'}{X_{40}'} = 0,76$$

$$\sum C_{gi} = 0,76 + 0,187 + 0,0375 + 0,0035 = 0,988$$

c) Détermination des X_{ci}^+ et I_{pccti}^+ $t = 0,2s$

$$X_e = X_{emin} = 0,166$$

$$X_{c1}^+ = \frac{X_e \cdot S_{n1}}{C_1 \cdot S_b} = \frac{0,166 \cdot 40}{0,054 \cdot 100} = 1,23 \Rightarrow I_{pcct1}^+ = 0,8$$

$$X_{c2}^+ = X_{c1}^+ = 1,23$$

$$X_{c3}^+ = \frac{0,166 \cdot 6}{0,0219 \cdot 100} = 0,455$$

$$I_{pcct2}^+ = I_{pcct1}^+ = 0,8$$

$$I_{pcct3}^+ = 2,3$$

$$X_{c4}^+ = \frac{0,166 \cdot 0,5}{0,00105 \cdot 100} = 0,83$$

$$I_{pcct4}^+ = 1,2$$

$$X_{c5} = X_{c4} = 0,83$$

$$X_{c6} = \frac{0,166 \cdot 657}{0,865 \cdot 100} = 1,26$$

$$I_{pcct5} = I_{pcct4} = 1,2$$

$$I_{pcct6} = 0,78$$

$$X_e = X_{e\max} = 0,193$$

$$X_{c1} = X_{c2} = 0,825$$

$$X_{c3} = 0,310$$

$$X_{c4} = X_{c5} = 0,55$$

$$X_{c6} = 0,54$$

$$I_{pcct1} = I_{pcct2} = 1,25$$

$$I_{pcct3} = 3,25$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct5} = 1,85$$

$$I_{pcct6} = 1,85$$

d) Calcul des courants de C.C.

Courant maximum : $I_{K4\max}$

$$I_{pcct1} = I_{pcct1} \cdot I_{n1} = 1,67 \cdot 0,8 = 1,335 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = I_{pcct2} \cdot I_{n2} = 1,67 \cdot 0,8 = 1,335 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = I_{pcct3} \cdot I_{n3} = 0,25 \cdot 2,3 = 0,575 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct4} \cdot I_{n4} = 0,021 \cdot 1,2 = 0,0252 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = I_{pcct5} \cdot I_{n5} = 0,021 \cdot 1,2 = 0,0252 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = I_{pcct6} \cdot I_{n6} = 27,4 \cdot 0,78 = 21,4 \text{ kA}$$

$$I_{K4\max} = 24,695$$

Du coté 60 kv $\Rightarrow I_{K4\max}(60\text{kv}) = 24,695 \cdot \frac{13,8}{60} = 5,7 \text{ kA}$

$$\Rightarrow I_{K4\max}(60\text{kv}) = 5,7 \text{ kA}$$

Courant minimum $I_{K4\min}$

$$I_{pcct1} = I_{pcct1} \cdot I_{n1} = 1,67 \cdot 1,25 = 2,09$$

$$I_{pcct2} = I_{pcct2} \cdot I_{n2} = 1,67 \cdot 1,25 = 2,09$$

$$I_{pcct3} = I_{pcct3} \cdot I_{n3} = 0,25 \cdot 3,25 = 0,813$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct4} \cdot I_{n4} = 0,021 \cdot 1,85 = 0,0388$$

$$I_{pcct5} = I_{pcct5} \cdot I_{n5} = 0,021 \cdot 1,85 = 0,0388$$

$$I_{pcct6} = I_{pcct6} \cdot I_{n6} = 1,85 \cdot 8,85 = 16,4 \text{ kA}$$

$$I_{K4\min} = 21,47 \text{ kA}$$

Du coté 60 kv \Rightarrow

$$I_{K4}(\min) = \frac{21,47 \cdot 13,8}{60} = 4,95 \text{ kA}$$

e) Calcul du courant sur transitoire $t = 0\text{s}$

Courant sur transitoire maximum:

$$I_{pcct1} = I_{pcct2} = 0,84 \Rightarrow I_{pcct1} = I_{pcct2} = 0,84 \cdot 1,67 = 1,4 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 2,45 \Rightarrow I_{pcct3} = 2,45 \cdot 0,25 = 0,612 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct5} = 1,25 \Rightarrow I_{pcct4} = I_{pcct5} = 1,25 \cdot 0,021 = 0,0262 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 0,82 \Rightarrow I_{pcct6} = 0,82 \cdot 27,4 = 22,4 \text{ kA}$$

$$I_{K4\max} = 25,864 \cdot \frac{13,8}{60} = 6,18 \text{ kA}$$

Courant sur transitoire minimum:

$$I_{pcct1} = I_{pcct2} = 1,25 \Rightarrow I_{pcct1} = I_{pcct2} = 2,09 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 3,8 \Rightarrow I_{pcct3} = 0,95 \text{ kA}$$

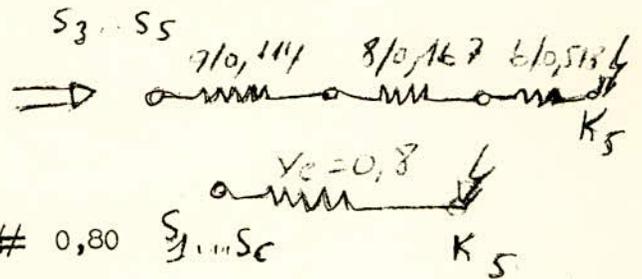
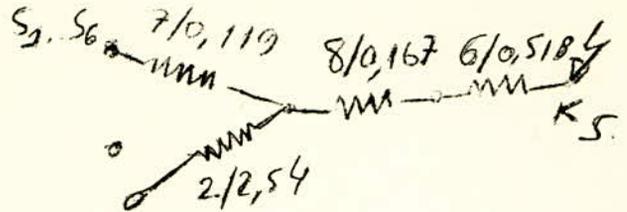
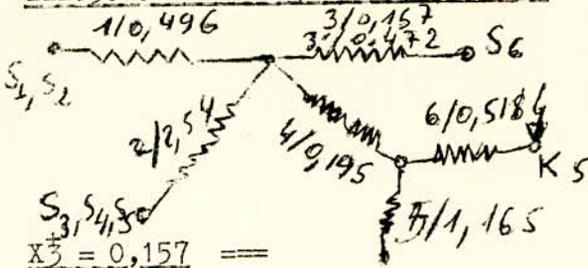
$$I_{pcct4} = I_{pcct5} = 1,96 \Rightarrow I_{pcct4} = I_{pcct5} = 0,0413 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 1,96 \Rightarrow I_{pcct6} = 17,3 \text{ kA}$$

$$I_{K4\min} = 22,512 \text{ kA}$$

$$\Rightarrow I_{K4\min} = 5,18 \text{ kA}$$

III.3.6. Lieu du point de C.C. K5



$$X_3 = 0,157$$

$$X_7 = \frac{X_1 \cdot X_3}{X_1 + X_3} = \frac{0,496 \cdot 0,157}{0,653} = 0,119$$

$$X_8 = \frac{X_4 \cdot X_5}{X_4 + X_5} = \frac{1,165 \cdot 0,195}{1,360} = 0,167$$

$$X_9 = \frac{X_7 \cdot X_2}{X_7 + X_2} = \frac{0,119 \cdot 2,54}{2,659} = 0,114$$

$$X_{e \min} = 0,114 + 0,167 + 0,518 = 0,799 \neq 0,80$$

$$X_3^+ = 0,472$$

$$X_7 = \frac{X_1 \cdot X_3}{X_1 + X_3} = \frac{0,496 \cdot 0,472}{0,968} = 0,242$$

$$X_9 = \frac{X_7 \cdot X_2}{X_7 + X_2} = \frac{0,242 \cdot 2,54}{2,782} = 0,22$$

$$\Rightarrow X_{e \max} = 0,22 + 0,167 + 0,518 = 0,905 \neq 0,90$$

b) Calcul des Ci et Xci

Cas de $X_{e \min} = 0,80$

$$C_e = C_9 = C_8 = C_6 = 1$$

$$C_7 = \frac{C_9 \cdot X_9}{X_7} = \frac{1 \cdot 0,114}{0,119} = 0,96$$

$$C_2 = \frac{0,114}{2,54} = 0,0450$$

$$C_3 = \frac{C_7 \cdot X_7}{X_3} = \frac{0,96 \cdot 0,119}{0,157} = \frac{0,114}{0,157} = 0,725 = C_6$$

$$C_1 = \frac{0,114}{0,496} = 0,23 \Rightarrow C_91 = C_92 = 0,115$$

$$C_93 = \frac{C_2 \cdot X_2}{X_93} = \frac{0,045 \cdot 2,54}{2,78} = 0,041$$

$$C_94 = C_95 = \frac{0,045 \cdot 2,54}{2 \cdot 29,2} = \frac{0,0039}{2} = 0,00195$$

$$\Rightarrow C_{gi} = 0,23 + 0,041 + 0,0039 + 0,725 = 0,9999$$

$$X_{c91} = \frac{X_e \cdot S_{n1}}{C_{91} \cdot S_b} = \frac{0,80 \cdot 40}{0,115 \cdot 100} = 2,78 \Rightarrow I_{pcct1}(0,2s) = 0,37 ; I_{pcct1}(0s) = 0,38$$

$$X_{c92} = X_{c91} = 2,78$$

$$I_{pcct2}(0,2) = I_{pcct1} = 0,37 ; I_{pcct2}(0s) = 0,38$$

$$X_{c93} = \frac{X_e \cdot S_{n3}}{C_{93} \cdot S_b} = \frac{0,80 \cdot 6}{0,041 \cdot 100} = 1,17$$

$$I_{pcct3}(0,2s) = 0,93 ; I_{pcct3}(0s) = 0,95$$

$$X_{c94} = \frac{X_e \cdot S_{n4}}{C_{94} \cdot S_b} = \frac{0,80 \cdot 0,5}{0,00195 \cdot 100} = 2,05$$

$$I_{pcct4}(0,2) = 0,51 ; I_{pcct4}(0s) = 0,52$$

$$X_{c94} = X_{c95} = 2,05$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct5}(0,2) = 0,51 ; I_{pcct5}(0s) = 0,52$$

$$X_{c96} = \frac{X_e \cdot S_{n6}}{C_{96} \cdot S_b} = \frac{0,80 \cdot 657}{0,725 \cdot 100} = 6,15$$

$$I_{pcct6} = 0,33 ; I_{pcct6}(0s) = 0,35$$

$$X_0 = X_{\text{emax}} = 0,90$$

$$C7 = \frac{0,22}{0,242} = 0,91$$

$$C2 = \frac{0,22}{2,54} = 0,0865$$

$$C3 = \frac{0,91 \cdot 0,242}{0,472} = 0,465 = C96$$

$$C1 = \frac{0,22}{0,496} = 0,443 \quad \text{==} \quad C91 = C92 = 0,2215$$

$$C93 = \frac{0,0865 \cdot 2,54}{2,78} = \frac{0,22}{2,78} = 0,079$$

$$C94 = C95 = \frac{0,22}{2 \cdot 29,2} = \frac{0,0076}{2} = 0,0038$$

$$\sum C_{gi} = 0,443 + 0,079 + 0,0076 + 0,465 = 0,9946$$

Calcul des X_{cgi} , $I_{pccti}(0,2s)$ et $I_{pccti}(0s)$

$$X_{c91} = X_{c92} = \frac{0,90 \cdot 40}{0,2215 \cdot 100} = 1,62 \quad \text{==} \quad I_{pcct1} = I_{pcct2}(0,2s) = 0,63 \quad I_{pcct1}(0) I_{pcct2}(0s) = 0,65$$

$$X_{c93} = \frac{0,90 \cdot 6}{0,079 \cdot 100} = 0,685 \quad \text{==} \quad I_{pcct3}(0,2s) = 1,5 \quad I_{pcct3}(0s) = 1,52$$

$$X_{c94} = X_{c95} = \frac{0,90 \cdot 0,5}{0,0038 \cdot 100} = 1,18 \quad \text{==} \quad I_{pcct4} = I_{pcct5}(0,2s) = 0,83 \quad I_{pcct4} = I_{pcct5}(0s) = 0,85$$

$$X_{c96} = \frac{0,90 \cdot 212}{0,465 \cdot 100} = 4,1 \quad \text{==} \quad I_{pcct6}(0,2s) = 0,33 \quad I_{pcct6}(0s) = 0,35$$

c) Calcul des courants de C.C. et surtransitoire:

$$X_e = X_{\text{emin}} = 0,80 \quad t = 0,2s$$

$$I_{pcct1} = I_{pcct1} \cdot I_{n1} = 1,67 \cdot 0,37 = 0,62 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = I_{pcct1} = 1,67 \cdot 0,37 = 0,62 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = I_{pcct3} \cdot I_{n3} = 0,25 \cdot 0,93 = 0,232 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct4} \cdot I_{n4} = 0,021 \cdot 0,51 = 0,0107 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,51 = 0,0107 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = I_{pcct6} \cdot I_{n6} = 0,33 \cdot 27,4 = 9,05 \text{ kA}$$

$$I_{K5\text{max}}(13,8\text{kV}) \neq 10,6 \text{ kA}$$

t = 0 s.

$$I_{pcct1} = I_{pcct1} \cdot I_{n1} = 1,67 \cdot 0,38 = 0,635 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = I_{pcct1} = 1,67 \cdot 0,38 = 0,635 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = I_{pcct3} \cdot I_{n3} = 0,25 \cdot 0,95 = 0,238 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = I_{pcct4} \cdot I_{n4} = 0,021 \cdot 0,52 = 0,011 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,52 = 0,011 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = I_{pcct6} \cdot I_{n6} = 27,4 \cdot 0,35 = 9,6 \text{ kA}$$

$$I_{K5\text{max}}''(13,8\text{kV}) = 11,13 \text{ kA}$$

Donc du coté 30 kv on aura :

$$I_{K5\text{max}} = 10,6 \cdot \frac{13,8}{30} = 4,87 \text{ kA pour } t = 0,2s$$

$$I_{K5\text{max}}'' = 11,13 \cdot \frac{13,8}{30} = 5,13 \text{ kA pour } t = 0s$$

$$X_e = X_{\text{emax}} = 0,90$$

t = 0,2s.

$$I_{pcct1} = 1,67 \cdot 0,63 = 1,05$$

$$I_{pcct2} = 1,67 \cdot 0,63 = 1,05$$

$$I_{pcct3} = 0,25 \cdot 1,5 = 0,375$$

$$I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,83 = 0,0174$$

$$I_{pcct5} = 0,021 \cdot 0,83 = 0,0174$$

$$I_{K5\text{min}}''(13,8\text{kV}) = 5,54 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 0,33 \cdot 8,9 = 2,93 \text{ kA}$$

$$t = 0s.$$

$$I_{pcct1} = 1,67 \cdot 0,65 = 1,085$$

$$I_{pcct2} = 1,67 \cdot 0,65 = 1,085$$

$$I_{pcct3} = 0,25 / 1,52 = 0,380$$

$$I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,85 = 0,0179$$

$$I_{pcct6} = 0,35 \cdot 8,9 = 3,12 \text{ kA}$$

$$I_{K5}'' \text{ min (13,8kV)} \neq 5,71 \text{ kA}$$

Donc du coté 30 kv on aura:

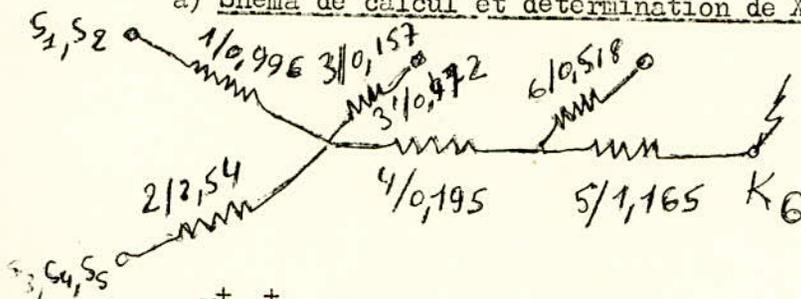
$$I_{K5\text{min}}'' = 5,54 \cdot \frac{13,8}{30} = 2,54 \text{ kA pour } t = 0,2s$$

$$I_{K5\text{max}}'' = 5,71 \cdot \frac{13,8}{30} = 2,62 \text{ kA pour } t = 0s$$

III.3.7 Lieu du point de CC.K₆

Le point de CC se trouve tout juste sur le jeu de barre 60kv à la sortie de l'auto transfo de 15 MVA

a) Shéma de calcul et détermination de X_e.



$$X_3 = 0,157$$

$$X_7 = \frac{X_1 \cdot X_3}{X_1 + X_3} = 0,119$$

$$X_8 = \frac{X_4 \cdot X_6}{X_4 + X_6} = \frac{0,195 \cdot 0,518}{0,713} = 0,142$$

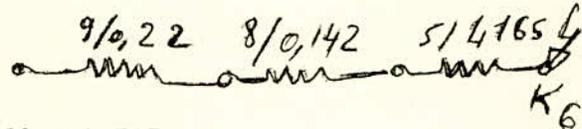
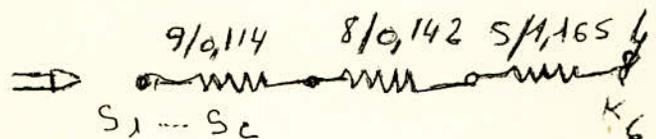
$$X_9 = \frac{X_7 \cdot X_2}{X_2 + X_7} = \frac{0,119 \cdot 2,54}{2,659} = 0,114$$

$$X_{emin} = 1,165 + 0,142 + 0,114 = 1,421$$

$$X_3 = 0,472$$

$$X_7 = 0,242$$

$$X_9 = 0,22$$



$$X_{emax} = 1,165 + 0,142 + 0,22 = 1,527$$

b) Calcul des X_{ggi}; C_{gi}; I_{pccti}(0,2s) et I_{pccti}(0s)

$$X_e = X_{emin} = 1,421$$

$$C_e = C_9 = C_8 = C_5$$

$$C_7 = \frac{C_9 \cdot X_9}{X_7} = \frac{0,114}{0,119} = 0,96$$

$$C_2 = \frac{0,114}{2,54} = 0,045$$

$$C_3 = 0,725 \Rightarrow C_{96} = 0,725$$

$$C_{91} = C_{92} = 0,115$$

$$C_{93} = 0,041$$

$$C_{94} = C_{95} = 0,00195$$

$$\Rightarrow \sum C_{gi} = 0,9999$$

$$X_{c91} = \frac{X_e \cdot S_{n1}}{C_{91} \cdot S_b} = \frac{1,421 \cdot 40}{0,115 \cdot 100} = 4,95 \Rightarrow I_{pcct1}^+(0,2) = 0,33; I_{pcct1}^+(0s) = 0,35$$

$$X_{c92} = X_{c91} = 4,95 \Rightarrow I_{pcct2}^+(0,2) = 0,33; I_{pcct2}^+(0s) = 0,35$$

$$X_{c93} = \frac{1,421 \cdot 6}{0,041 \cdot 100} = 2,08 \Rightarrow I_{pcct3}^+(0,2) = 0,48; I_{pcct3}^+(0s) = 0,49$$

$$X_{c94} = X_{c95} = \frac{1,421 \cdot 0,5}{0,00195 \cdot 100} = 3,64 \Rightarrow I_{pcct4}^+(0,33); I_{pcct4}^+(0s) = 0,35$$

$$X_{c96} = \frac{1,421 \cdot 657}{0,725 \cdot 100} = 12,9 \Rightarrow I_{pcct6}^+(0,2) = 0,33; I_{pcct6}^+(0s) = 0,35$$

$$X_e = X_{max} = 1,527$$

$$C_{91} = C_{92} = 0,2215$$

$$C_{93} = 0,075$$

$$C_{94} = C_{95} = 0,0019$$

$$C_{96} = 0,465$$

$$\Rightarrow \sum C_{gi} = 0,9946$$

$$X_{c91} = \frac{1,527 \cdot 40}{0,2215 \cdot 100} = 2,76 \Rightarrow I_{pcct1}^+(0,2s) = 0,35; I_{pcct1}^+(0s) = 0,37$$

$$X_{c92} = X_{c91} = 2,76 \Rightarrow I_{pcct2}^+(0,2s) = 0,35; I_{pcct2}^+(0s) = 0,37$$

$$X_{c93} = \frac{1,527 \cdot 6}{0,075 \cdot 100} = 1,225 \Rightarrow I_{pcct3}^+(0,2s) = 0,82; I_{pcct3}^+(0s) = 0,84$$

$$X_{c94} = \frac{1,527 \cdot 0,5}{0,0019 \cdot 100} = 4,03 \Rightarrow I_{pcct4}^+(0,2s) = 0,33; I_{pcct4}^+(0s) = 0,35$$

$$X_{c95} = X_{c94} = 4,03 \Rightarrow I_{pcct5}^+(0,2s) = 0,33; I_{pcct5}^+(0s) = 0,35$$

$$X_{c96} = \frac{1,527 \cdot 212}{0,465 \cdot 100} = 7 \Rightarrow I_{pcct6}^+(0,2s) = 0,33; I_{pcct6}^+(0s) = 0,35$$

c) Calcul des courants de CC et surtransitoire.

$$X_e = X_{min} = 1,421$$

+) t = 0,2s

$$I_{pcct1} = I_{pcct1} \cdot I_{n1} = 1,67 \cdot 0,33 = 0,55 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = 1,67 \cdot 0,33 = 0,55 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 0,25 \cdot 0,48 = 0,12 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,33 = 0,007 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = 0,021 \cdot 0,33 = 0,007 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 27,4 \cdot 0,33 = 9,05 \text{ kA}$$

$$I_{K6max}(13,8 \text{ kv}) \neq 10,3 \text{ kA}$$

+) t = 0s

$$I_{pcct1} = 1,67 \cdot 0,35 = 0,585 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = 1,67 \cdot 0,35 = 0,585 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 0,25 \cdot 0,49 = 0,125 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,35 = 0,0075 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = 0,021 \cdot 0,35 = 0,0075 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 0,35 \cdot 27,4 = 9,6 \text{ kA}$$

Donc du coté 60 kv on aura:

$$I_{K6max}(60 \text{ kv}) = 10,3 \cdot \frac{13,8}{60} = 2,37 \text{ kA pour } t = 0,2s$$

$$I_{Kmax}(60 \text{ kv}) = 10,91 \cdot \frac{13,8}{60} = 2,52 \text{ kA pour } t = 0s$$

$$X_e = X_{e\max} = 1,527$$

$$+) t = 0,2s$$

$$I_{pcct1} = 1,67 \cdot 0,35 = 0,585 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = 1,67 \cdot 0,35 = 0,585 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 0,25 \cdot 0,82 = 0,205 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,33 = 0,007 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = 0,021 \cdot 0,33 = 0,007 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 8,9 \cdot 0,33 = 2,94 \text{ kA}$$

$$I''_{K6\min} (13,8\text{kv}) \neq 4,33 \text{ kA}$$

$$+) t = 0s$$

$$I_{pcct1} = 1,67 \cdot 0,37 = 0,620 \text{ kA}$$

$$I_{pcct2} = 1,67 \cdot 0,37 = 0,620 \text{ kA}$$

$$I_{pcct3} = 0,25 \cdot 0,84 = 0,210 \text{ kA}$$

$$I_{pcct4} = 0,021 \cdot 0,35 = 0,00735 \text{ kA}$$

$$I_{pcct5} = 0,021 \cdot 0,35 = 0,00735 \text{ kA}$$

$$I_{pcct6} = 8,9 \cdot 0,35 = 3,12 \text{ kA}$$

$$\Rightarrow I''_{K6\min} (13,8 \text{ kv}) \neq 4,585 \text{ kA}$$

Donc du coté 60 kv, on aura:

$$I_{K6 \min} (60\text{kv}) = 4,33 \text{ kA} \cdot \frac{13,8}{60} = 0,995 \text{ kA}$$

$$I''_{K6\min} (60\text{kv}) = 4,585 \cdot \frac{13,8}{60} = 1,054 \text{ kA}$$

IV.1) Critères de dimensionnement:

Le dimensionnement des jeux de barres dépend effectivement de plusieurs facteurs dont la considération permettra un fonctionnement continu du système. Outre la circulation des courants (facteur prépondérant) il faut tenir compte du placement des cellules.

Lors de l'établissement de la circulation du courant le long de la barre il faut ^{ou} prévoir en les différents régimes qui peuvent subvenir:

- Fonctionnement normal du système.
- Fonctionnement en avaries (surtension, surintensité).
- Satisfaction des consommateurs (sans interruption).
- Les composantes doivent être uniformément réparties afin que la charge énergétique ^{sait} divisée équitablement.
- Etude de la disposition de chaque composante pour la détermination du courant maximum.
- Choix du courant minimum de tous les courants maximum

IV2 Répartition de la charge le long du jeu de barre de 150 kV

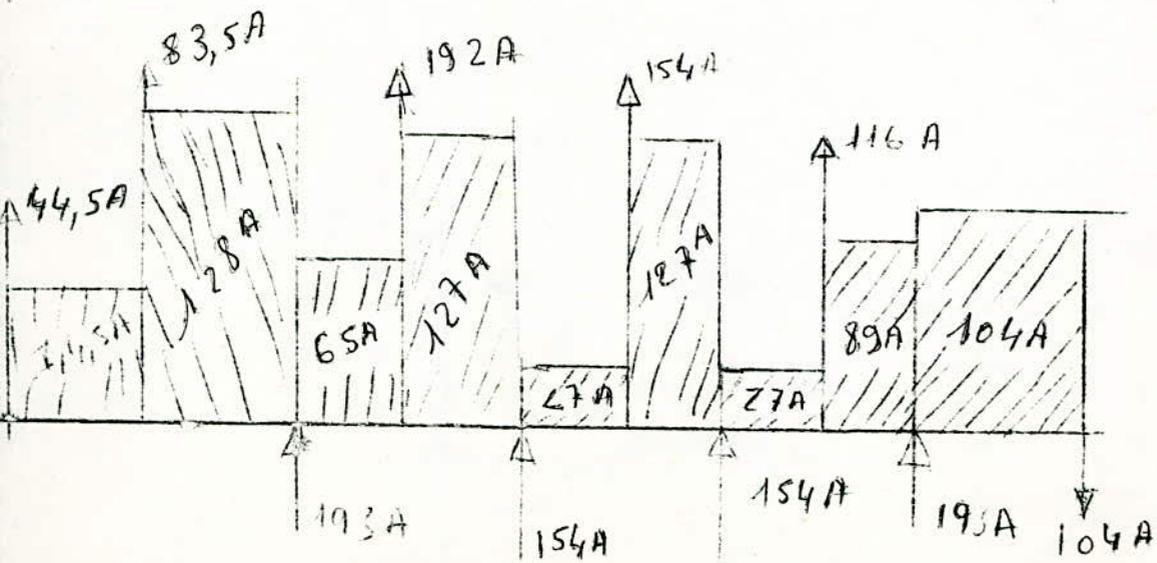
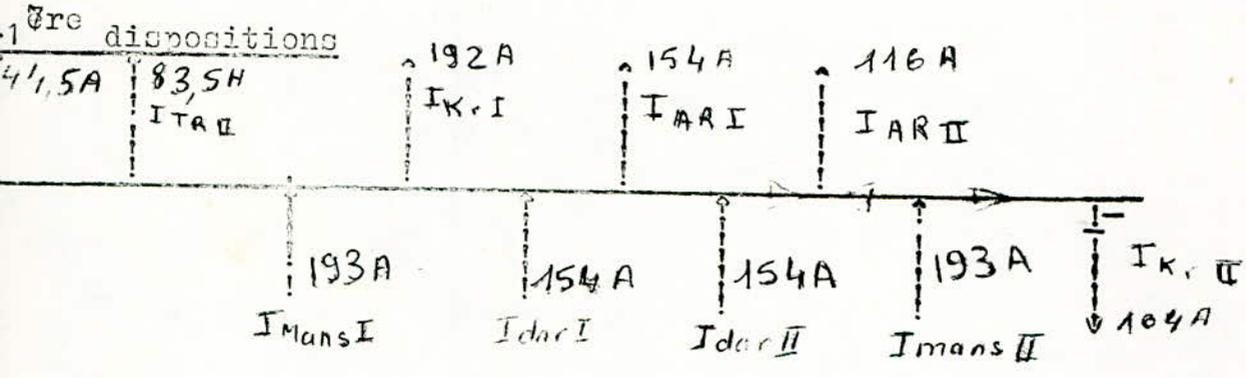
Le jeu de barre de 150kV est le point de liaison avec le système national énergétique. La puissance propre apportée au jeu de barre est constituée par celle de Darguinah et celle de MANSOURIAH, qui s'achemine vers Arba I et II EN des pourcentages respectifs à 22,2% et 16,7% ; et vers Kroubs I et II dans les proportions respectives à 27,9% et 15%.

PUISSANCE TOTALE:	$S_t = 180 \text{ Mva}$	
Arba I.....	$S_{arI} = 40 \text{ Mva}$	$I_{arI} = 154 \text{ A}$
Arba II.....	$S_{arII} = 30 \text{ Mva}$	$I_{arII} = 116 \text{ A}$
Kroubs I.....	$S_{krI} = 50 \text{ Mva}$	$I_{krI} = 192 \text{ A}$
Kroubs II	$S_{krII} = 27 \text{ Mva}$	$I_{krII} = 104 \text{ A}$

Darguinah I.....	$S_{darI} = 40 \text{ Mva}$	$I_{darI} = 154 \text{ A}$
Darguinah II.....	$S_{darII} = 40 \text{ Mva}$	$I_{darII} = 154 \text{ A}$
Mansouriah I.....	$S_{mansI} = 50 \text{ Mva}$	$I_{mansI} = 193 \text{ A}$
Mansouriah II.....	$S_{mansII} = 50 \text{ Mva}$	$I_{mansII} = 193 \text{ A}$
Transformateur I.....	$S_{traI} = 21,5 \text{ Mva}$	$I_{traI} = 83,5 \text{ A}$
TRANSFORMATEUR II.....	$S_{traII} = 11,5 \text{ Mva}$	$I_{traII} = 44,5 \text{ A}$

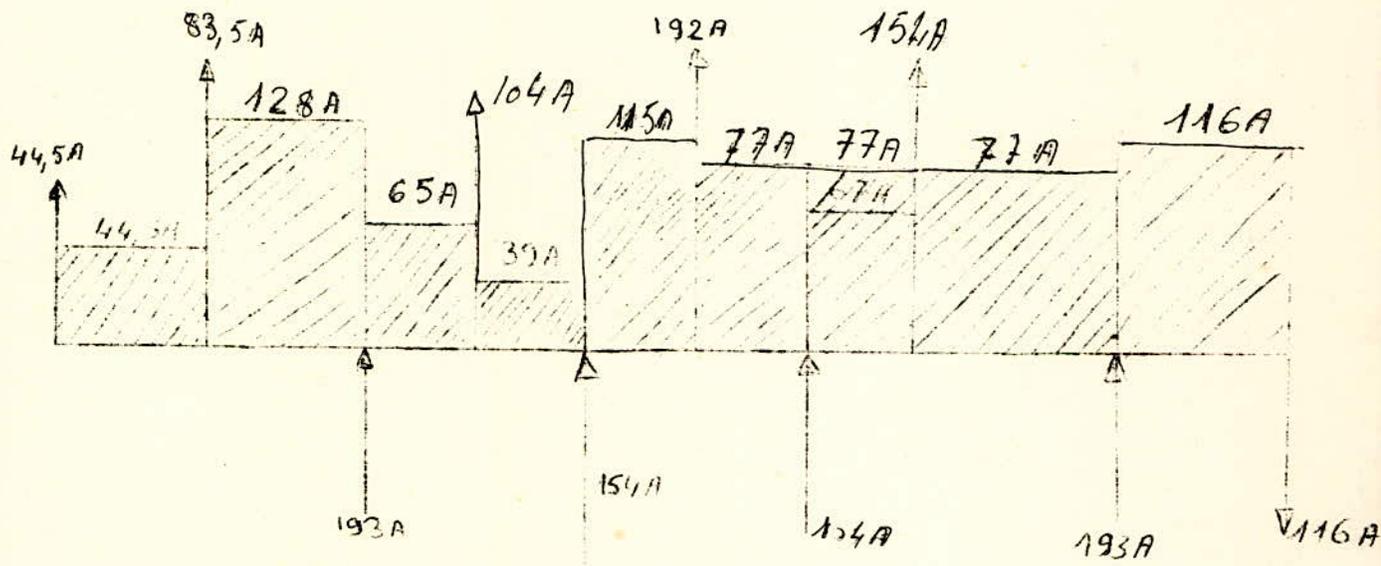
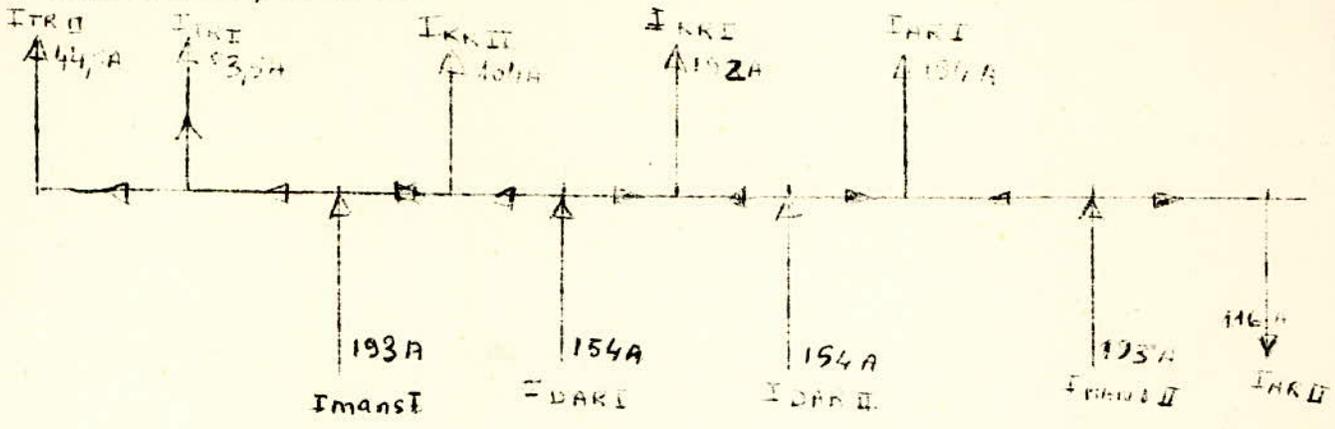
Remarque en réalité la puissance des transformateurs est de 40 MvA répartie de la façon suivante 25 Mva pour TraI et 15Mva pour TraII, ainsi on remarque une différence de puissance qui provient en totalité du groupe complémentaire et des groupes auxiliaires.

Tous avons considéré dix dispositions afin d'avoir le plus faible des courants maximum.



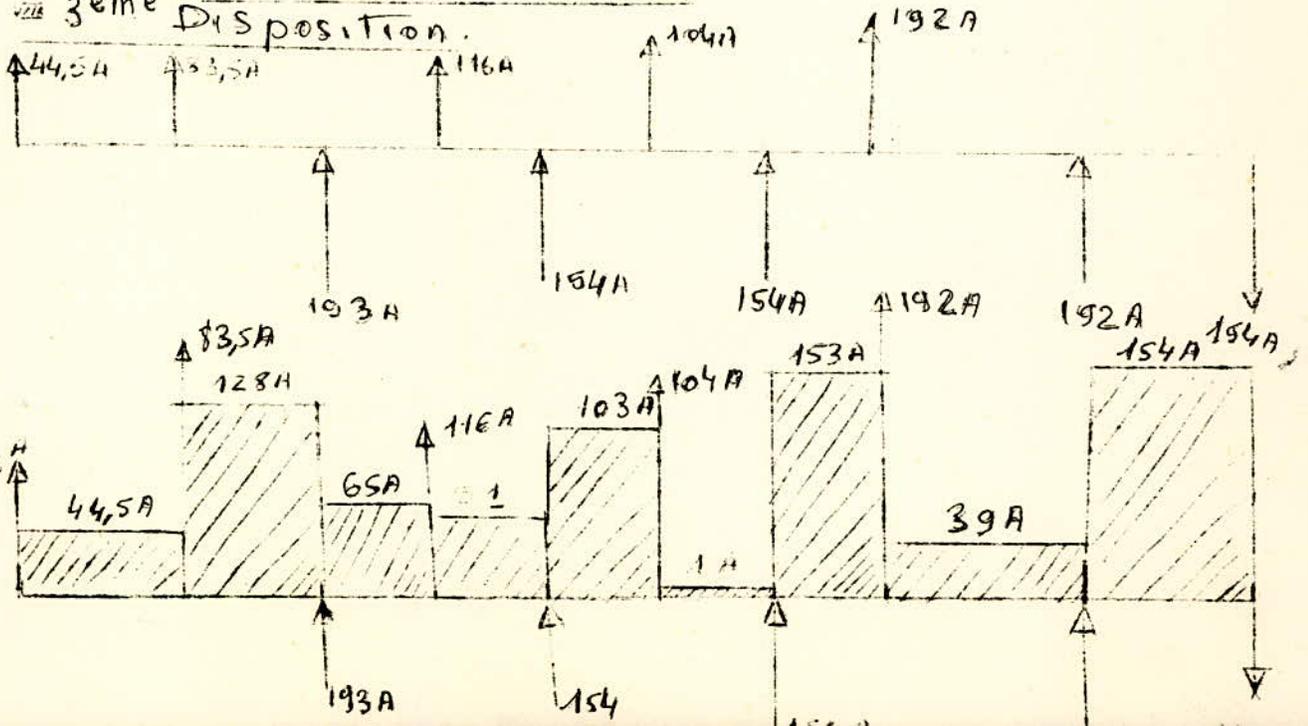
Donc $I_{max} = 128 \text{ A}$ 45

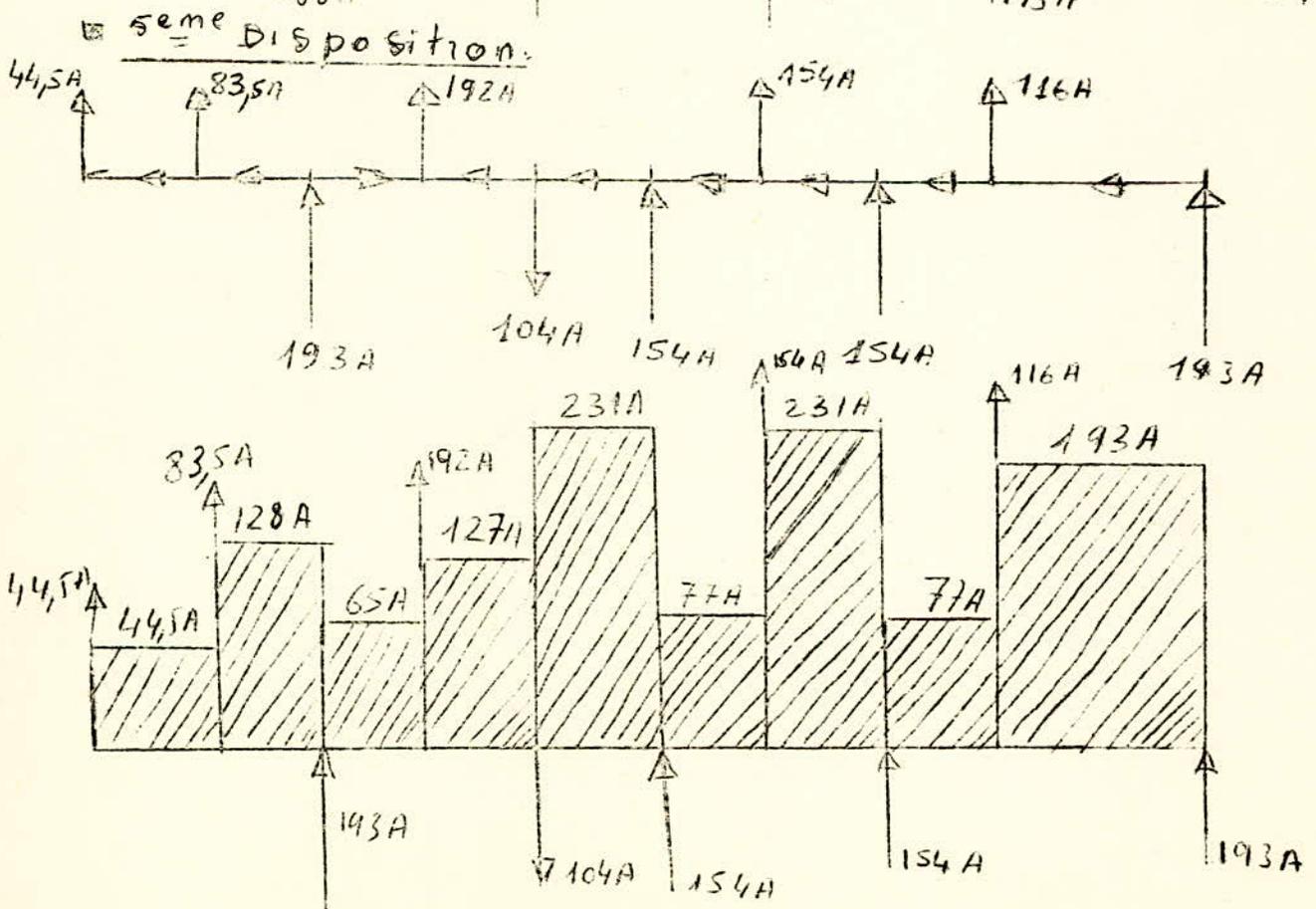
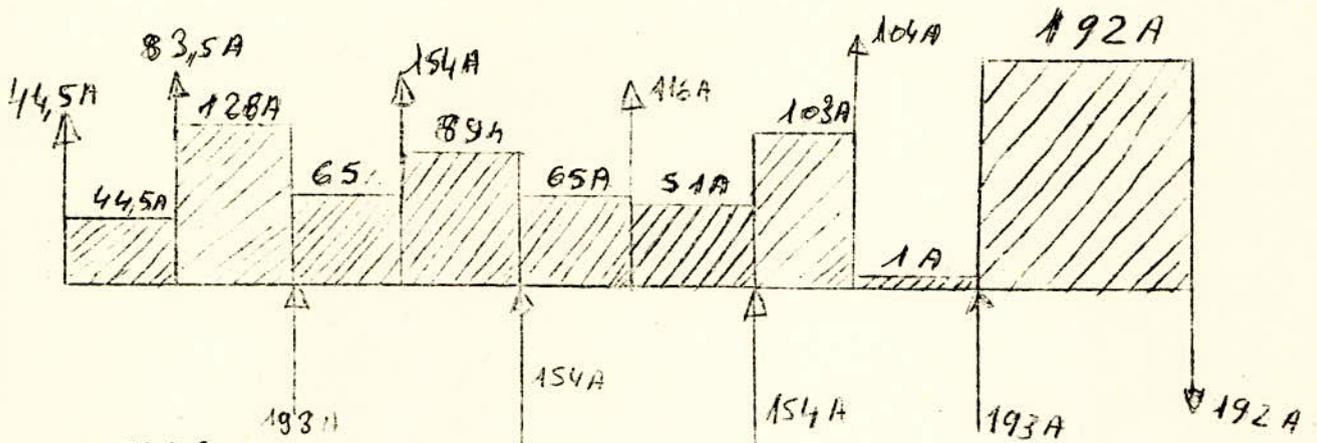
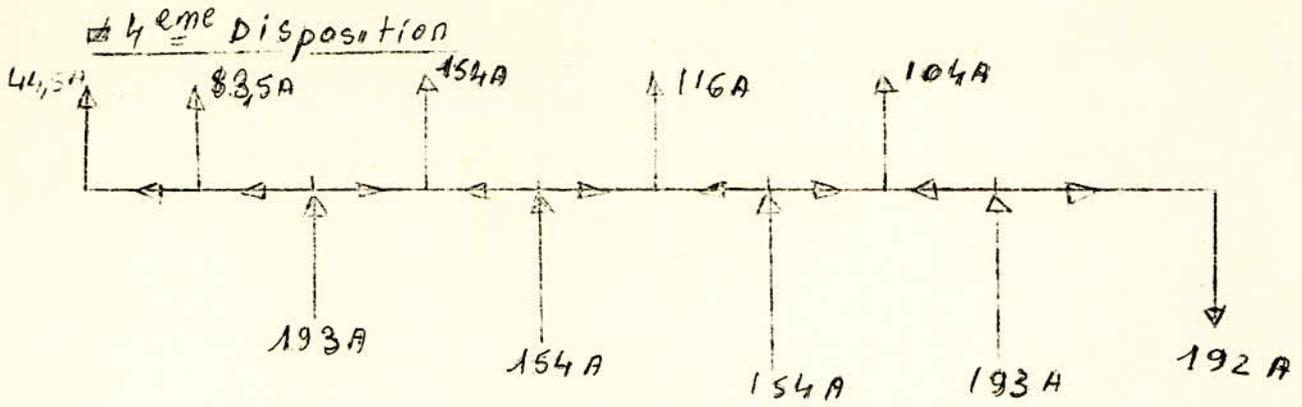
2^{me} Disposition



Donc $I_{max} = 128A$

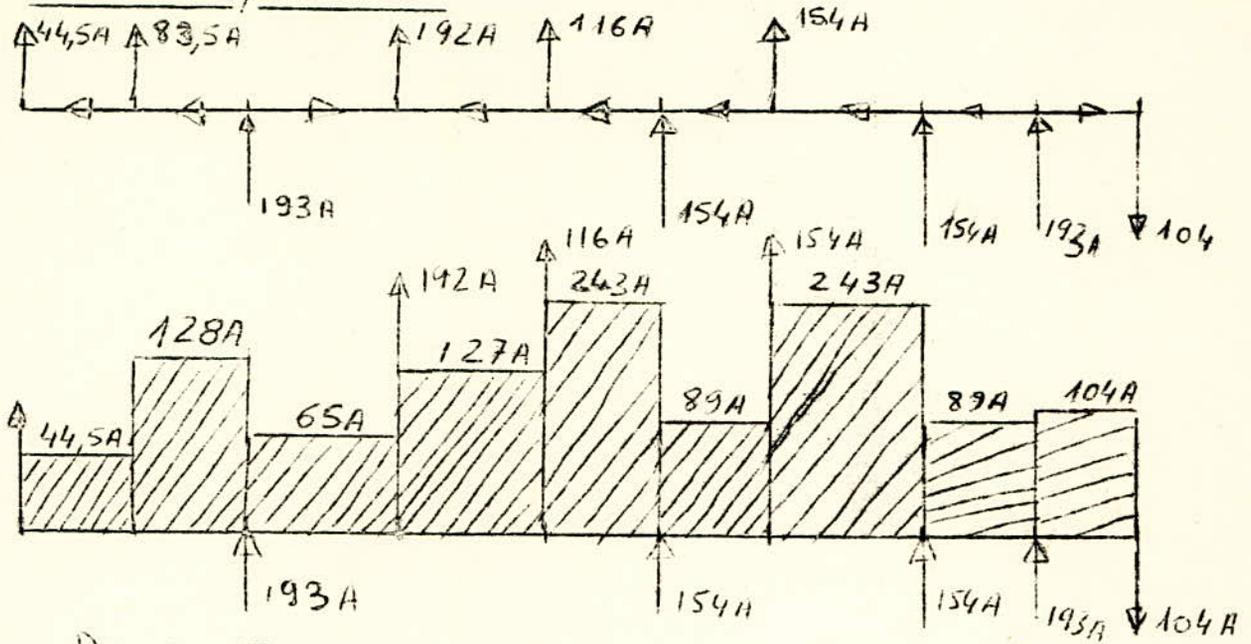
3^{eme} Disposition





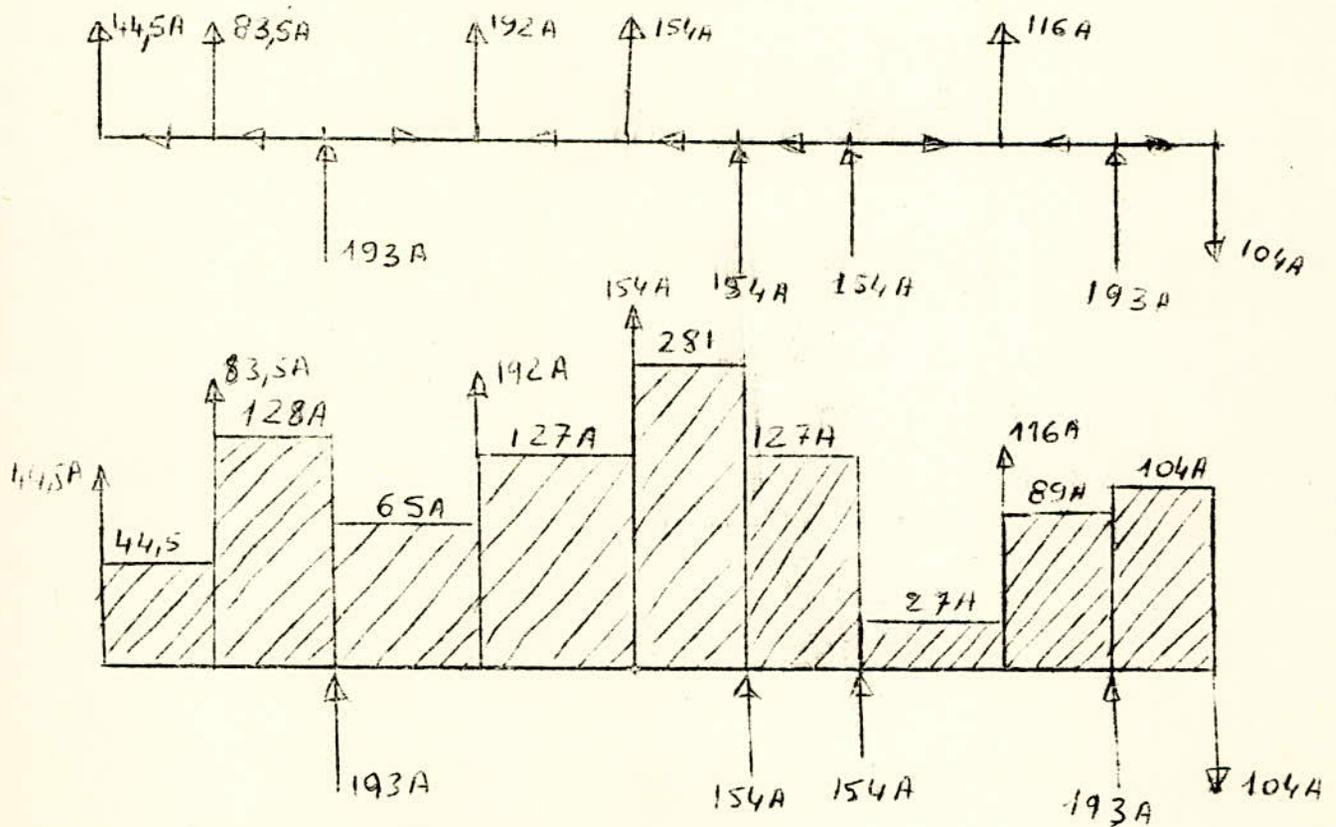
$I_{max} = 231A$

6^{eme} Disposition



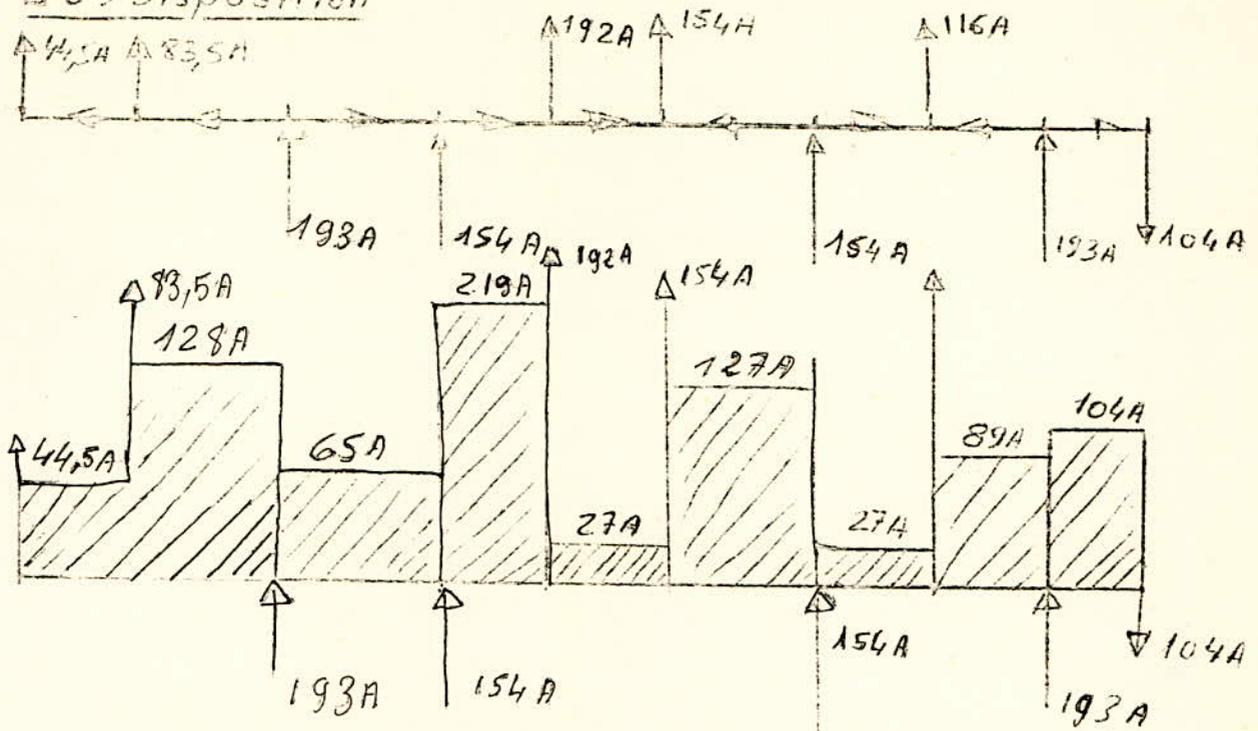
Donc $I_{max} = 243A$

7^{eme} Disposition



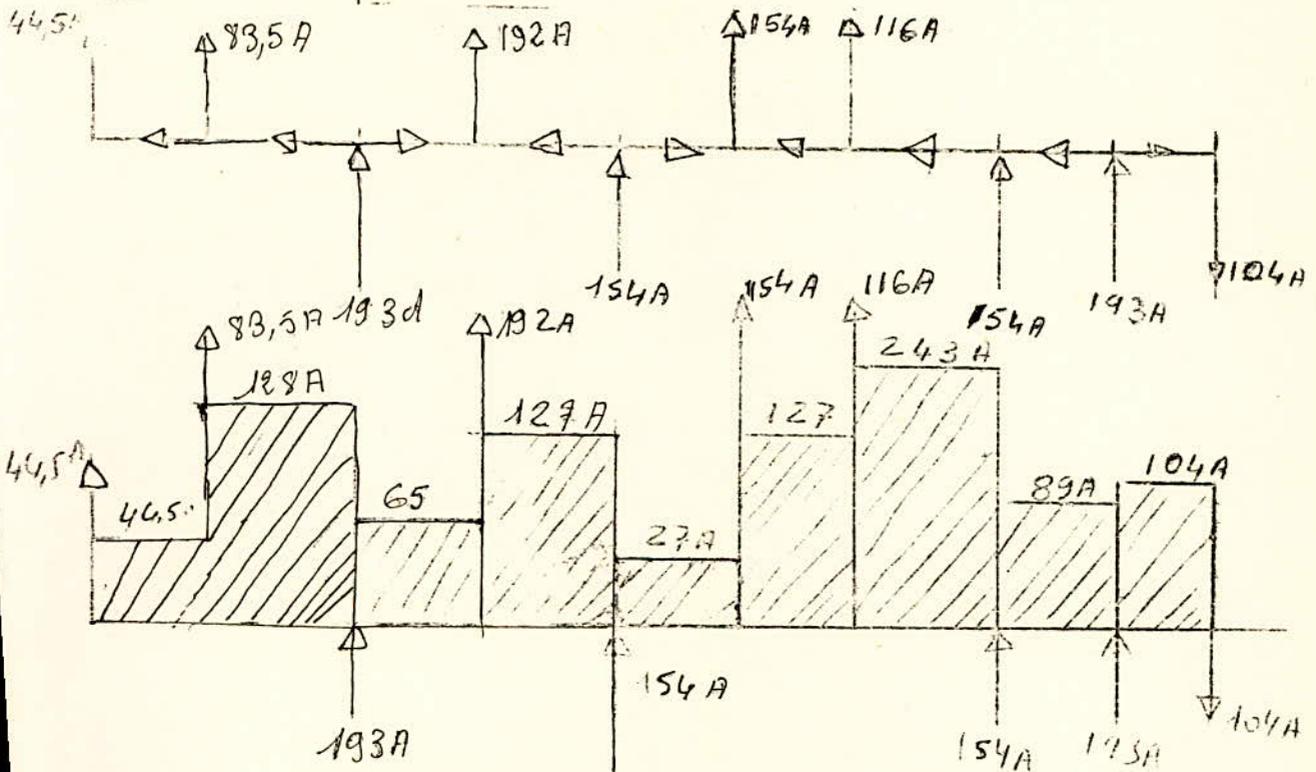
Donc $I_{max} = 281A$

89 Disposition



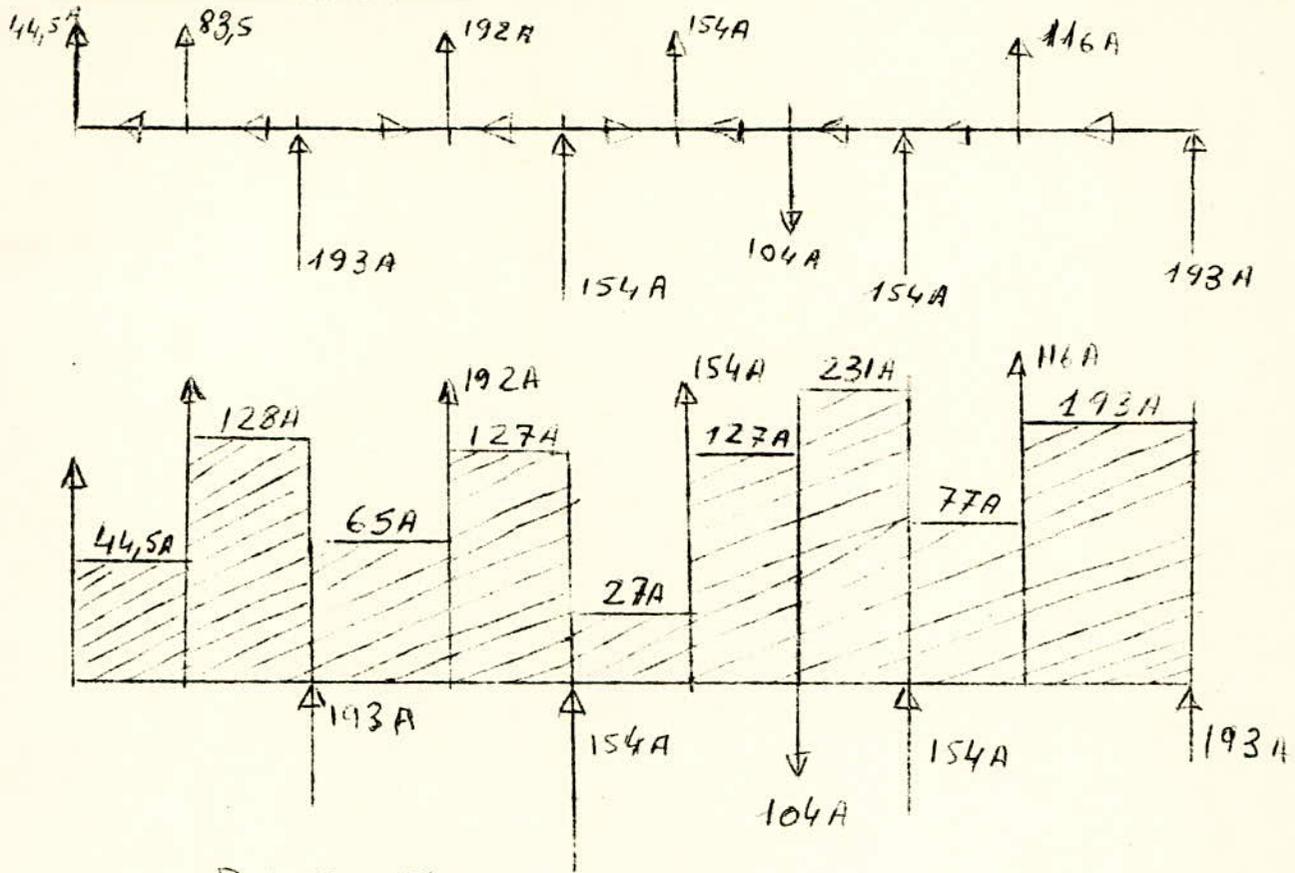
$I_{max} = 219A$

90 Disposition



Donc $I_{max} = 243A$

10^{me} Disposition



Donc $I_{max} = 231 A$

Réellement, il existe d'autres possibilités, mais les plus importants ont été étudiés, et on en déduit aisément que le plus faible des courants maximum est de :

$$I_{max} = 128 A$$

2.2. Repartition Le long du jeu de barre à deux termes:

même calcul, mais, toutes les grandeurs doivent être divisées par 2 $\Rightarrow I_{max} = 64 A$.

Oz Un jeu de barre à deux termes est réalisé de façon à alléger le matériau utilisé et d'assurer un service continu aux consommateurs en cas d'avarie sur un terme. Donc, il est souhaitable d'adapter, même pour un jeu de barre à deux termes un courant max de 128 A.

IV.3. Répartition de la charge le long du jeu de barre de 60 Kv

Le jeu de barre de 60 Kv lie la centrale de DARGUINAH à celle d'IRIL-EMDA. Donc il reçoit une puissance de 40 Mva apportée par les transformateurs de réglage ($T_{rI} = 25 \text{ Mva}$; et $T_{rII} = 15 \text{ Mva}$) et une puissance de 30 Mva par la centrale d'IRIL-EMDA. Ainsi cette puissance de 70 Mva est acheminée

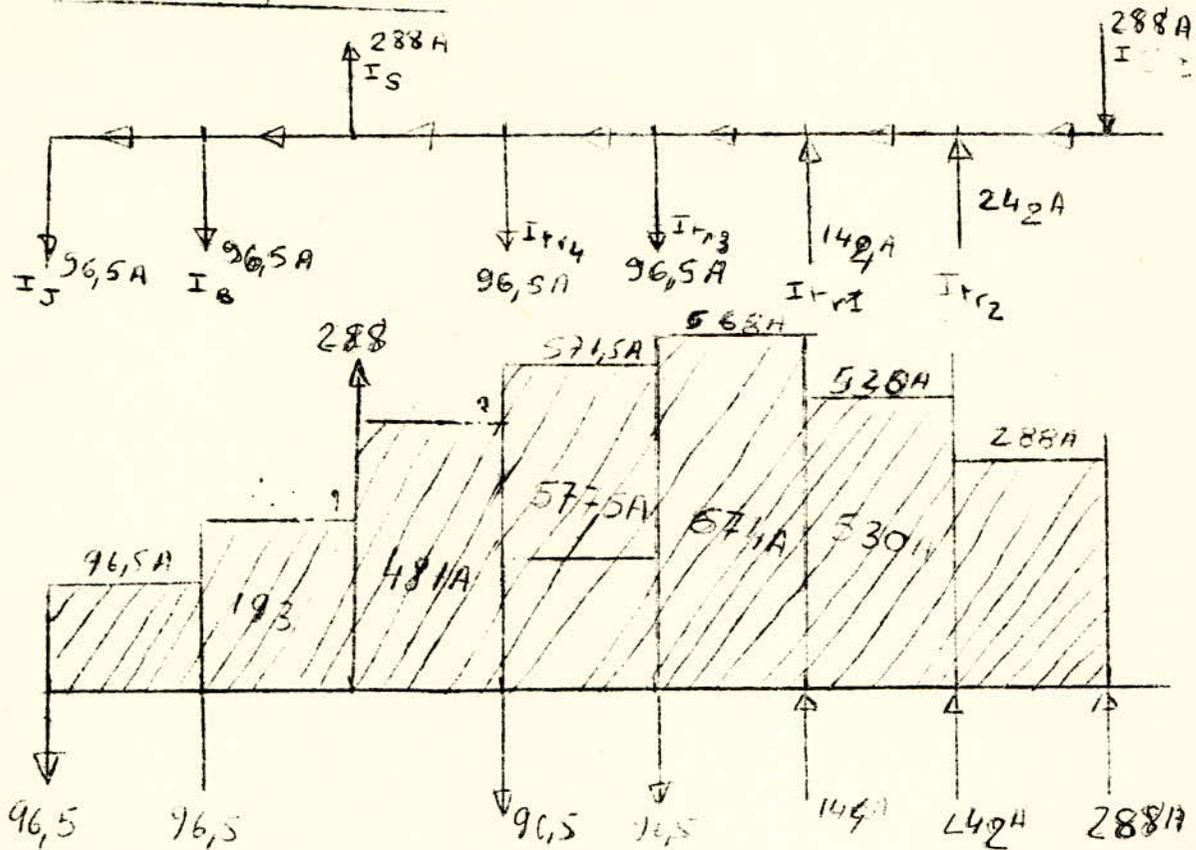
-vers Sétif.....	$S_s = 30 \text{ Mva}$	$I_s = 288 \text{ A}$
-vers Jijel.....	$S_j = 10 \text{ Mva}$	$I_j = 96,5 \text{ A}$
-vers Bougie.....	$S_b = 10 \text{ Mva}$	$I_b = 96,5 \text{ A}$
- 3" Transformateur 3	$S_{tr3} = 10 \text{ Mva}$	$I_{tr3} = 96,5 \text{ A}$
6 " Transformateur 4.....	$S_{tr4} = 10 \text{ Mva}$	$I_{tr4} = 96,5 \text{ A}$

L'apport en énergie s'effectue de la façon suivante;

-Transformateur I.....	$S_{trI} = 25 \text{ Mva}$	$I_{trI} = 242 \text{ A}$
-Transformateur II.....	$S_{trII} = 15 \text{ Mva}$	$I_{trII} = 144 \text{ A}$
- <u>Système-énergique</u>	$S_{s'c} = 30 \text{ Mva}$	$I_{s'c} = 288 \text{ A}$

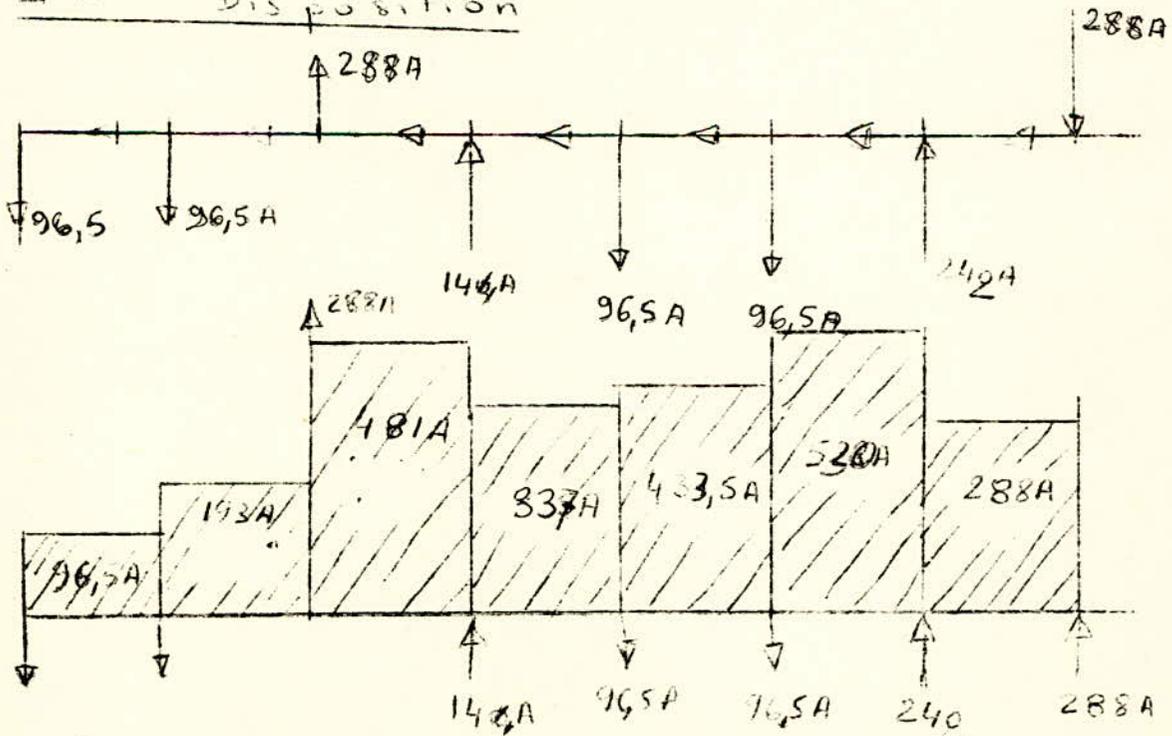
Nous avons considéré six dispositions afin d'avoir le minimum des courants resultants maximum.

1ere Disposition



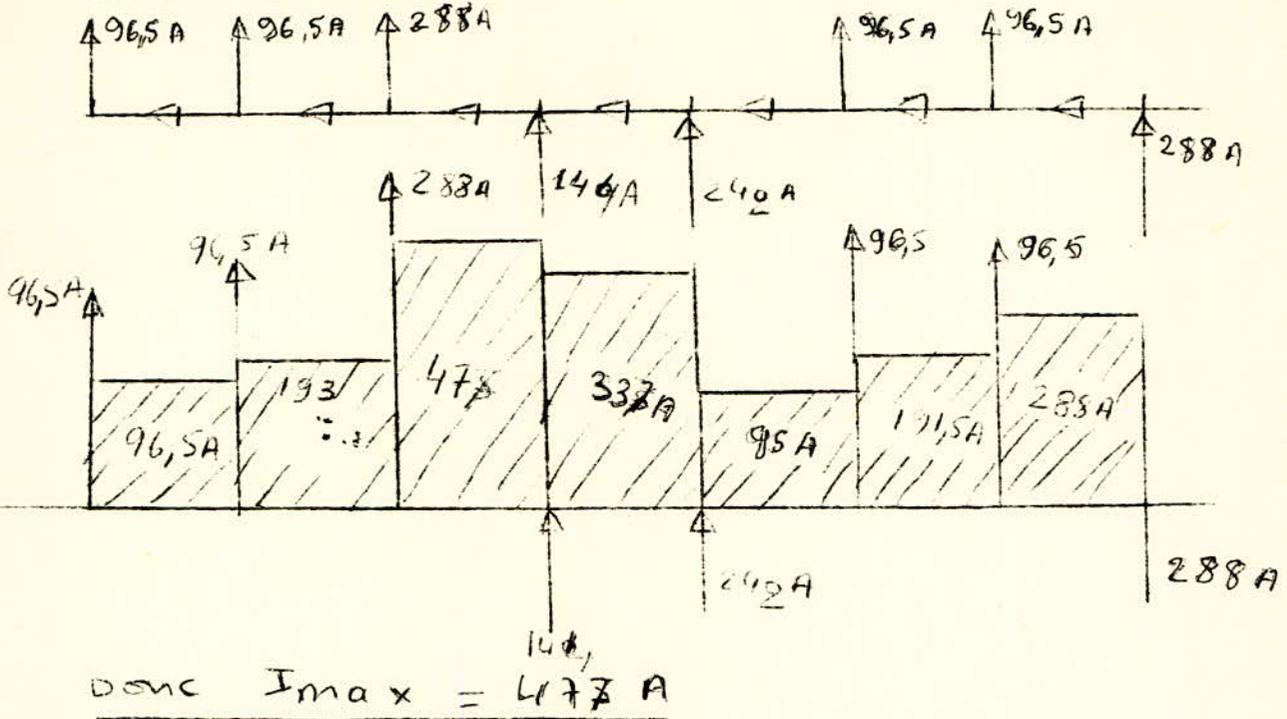
Donc $I_{max} = I_{max} = 674A$

2eme Disposition

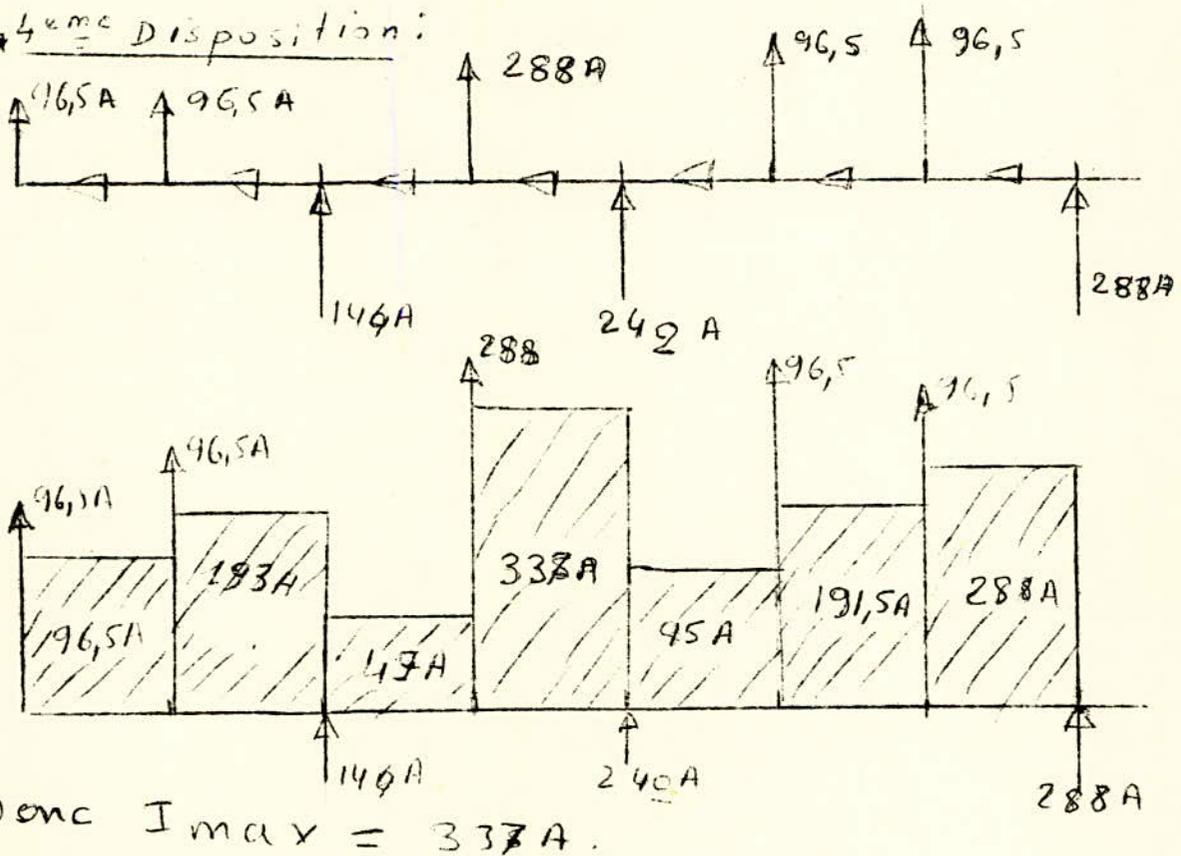


Donc $I_{max} = 528A$

3^{ème} Disposition:

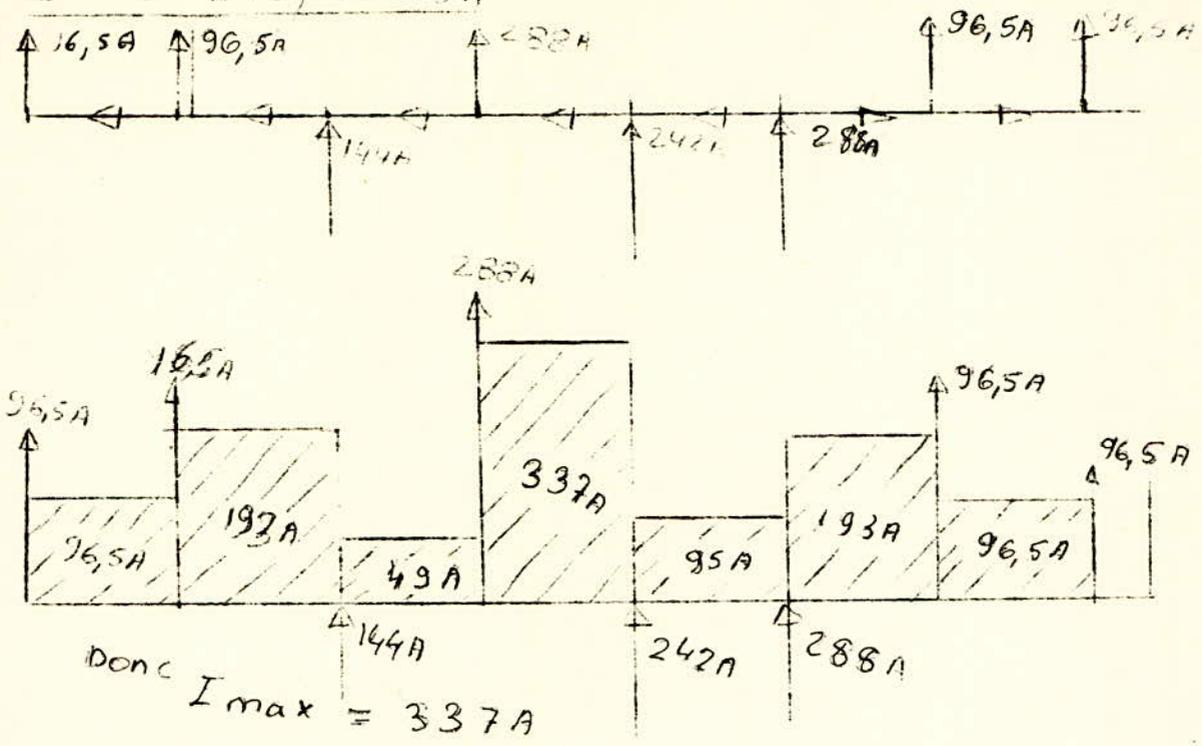


4^{ème} Disposition:

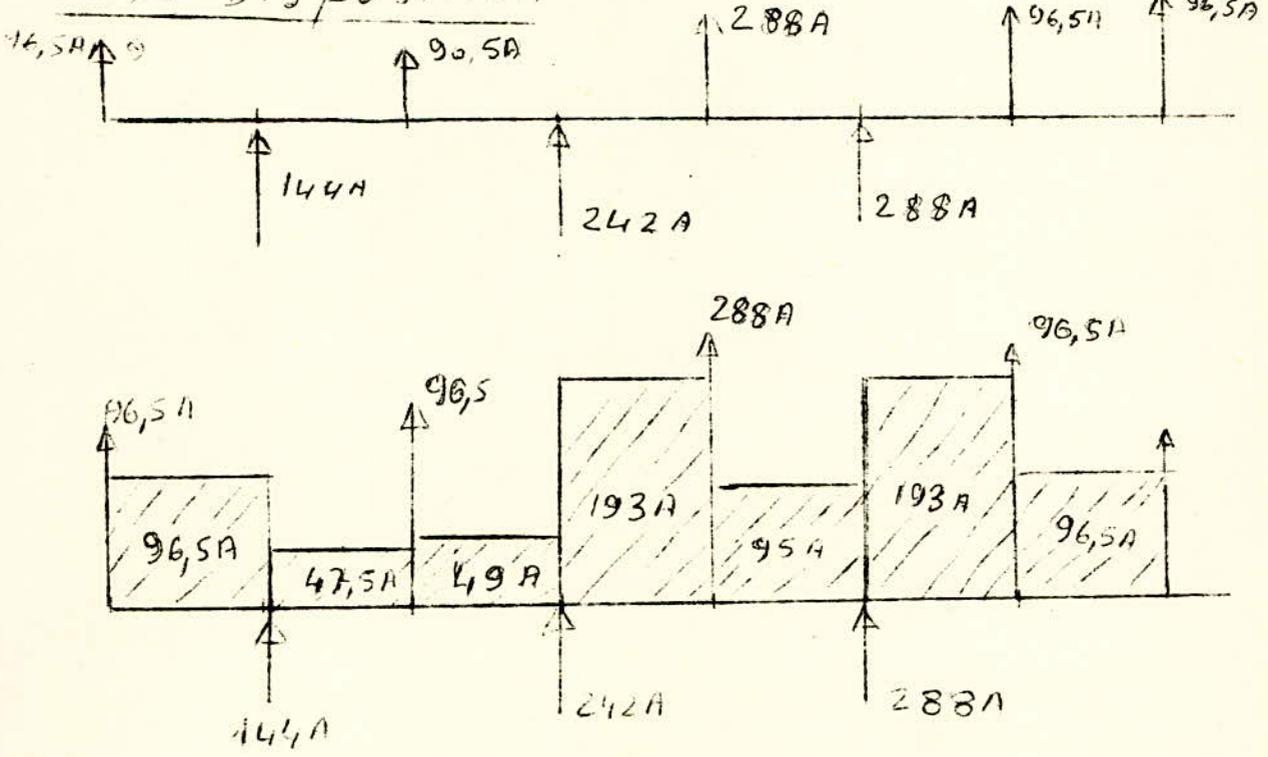


5^{ème} Disposition

② 0° Disposition



③ 60° Disposition



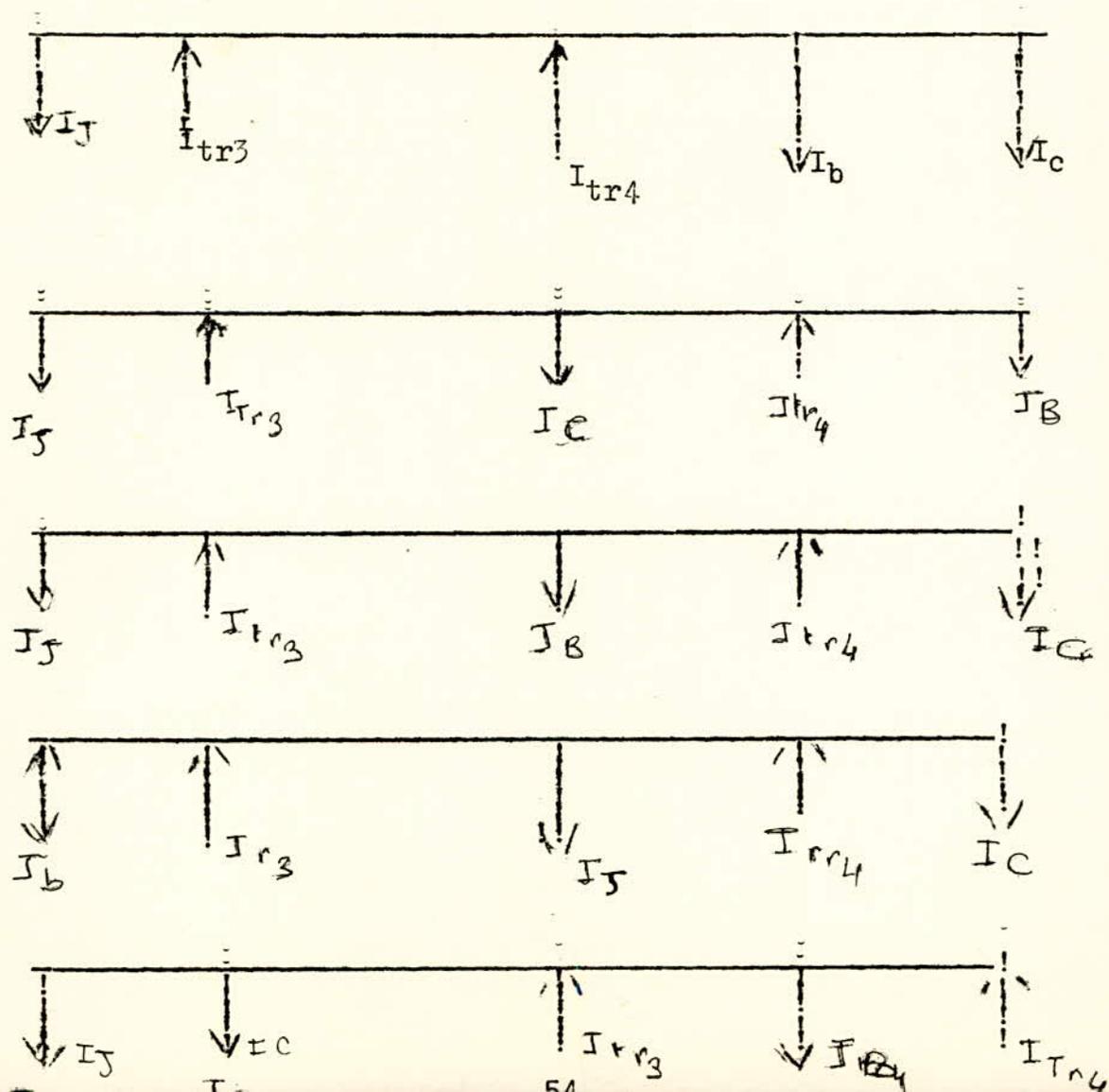
Des six dispositions, le courant maximum est $I = 193A$ que l'on a de part.

IV.4 Répartition de la charge le long du jeu de barre de 30 kV

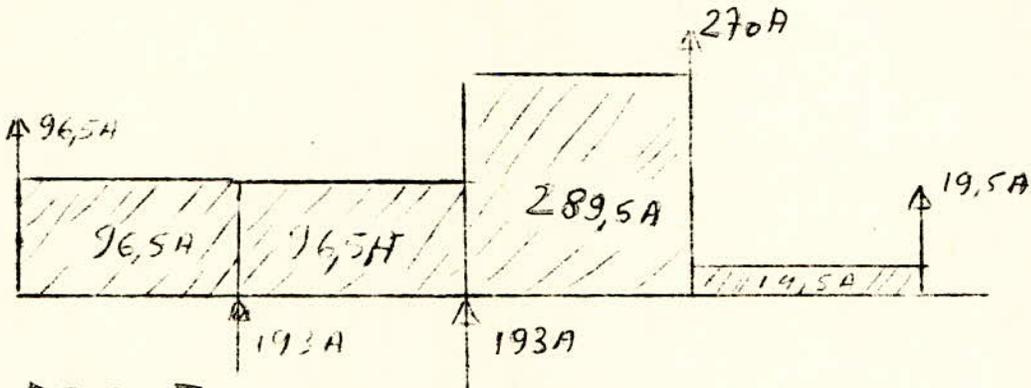
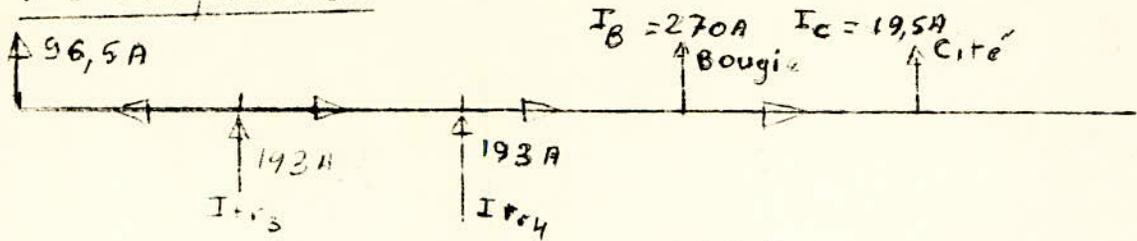
Une puissance de 20 MVA circule dans le jeu de barre de 30 kV et elle résulte de la puissance qui a traversé les transformateurs 3 et 4. Cette puissance se répartit de la façon suivante:

+ Transformateur 3.....	$S_{tr3} = 10 \text{ Mva}$	$I_{tr3} = 193 \text{ A}$	} Arrivées
+ Transformateur 4.....	$S_{tr4} = 10 \text{ Mva}$	$I_{tr4} = 193 \text{ A}$	
+ Départ Jijel.....	$S_j = 5 \text{ Mva}$	$I_j = 96,5 \text{ A}$	} Départs
+ Départ Bougie.....	$S_b = 14 \text{ Mva}$	$I_b = 270 \text{ A}$	
+ Départ CITE.....	$S_c = 1 \text{ Mva}$	$I_c = 19,5 \text{ A}$	

Remarque pour ce cas nous n'avons considéré que cinq cas c'est à dire ceux que l'on a jugé les plus probable.

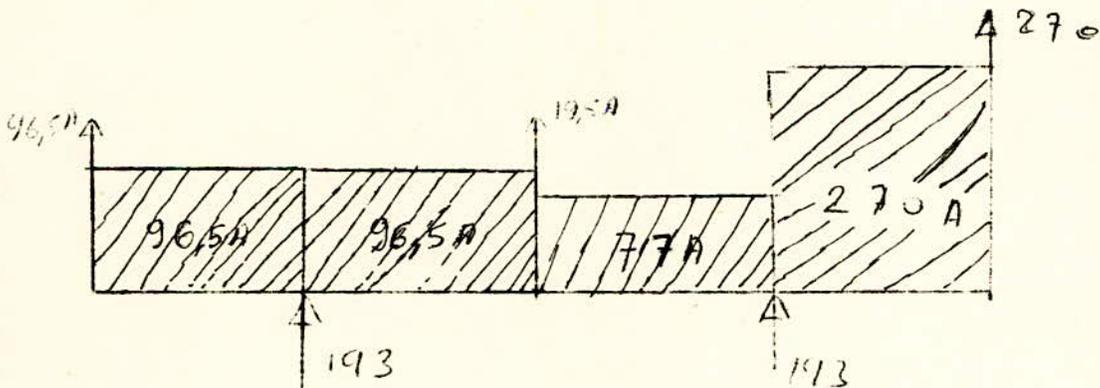
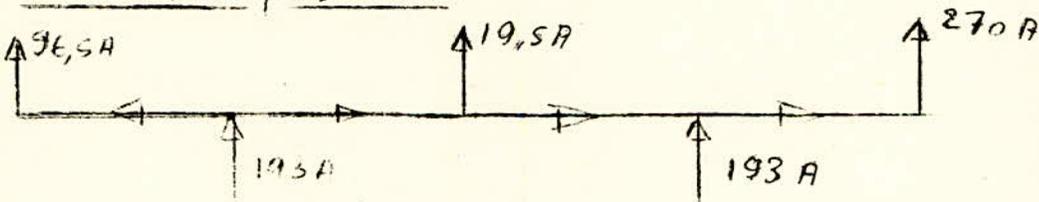


4^{ème} Disposition



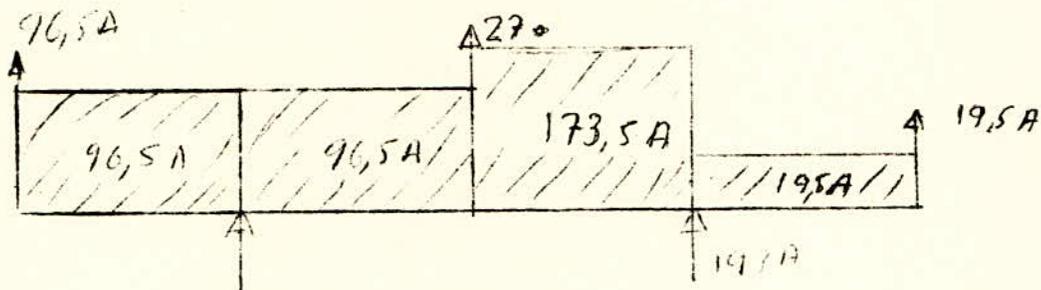
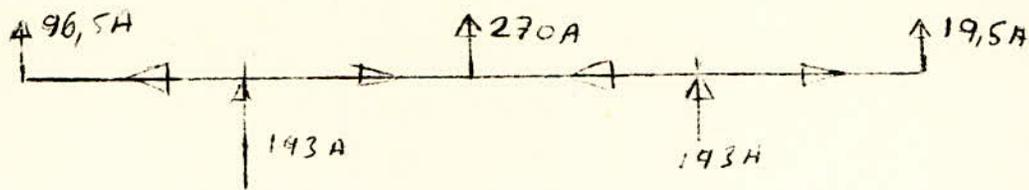
Donc $I_{max} = 289,5 A$

2^{ème} Disposition:



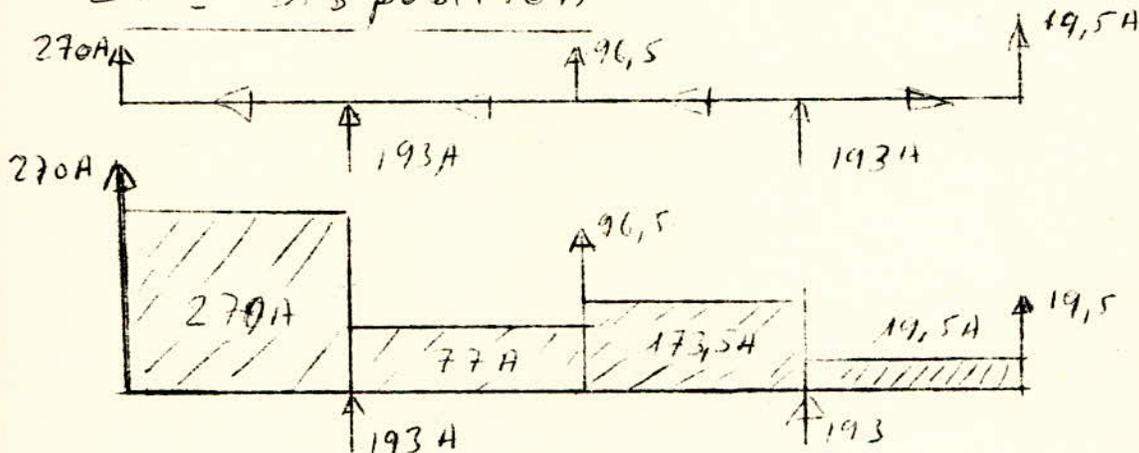
Donc $I_{max} = 270 A$

3^{ème} Disposition



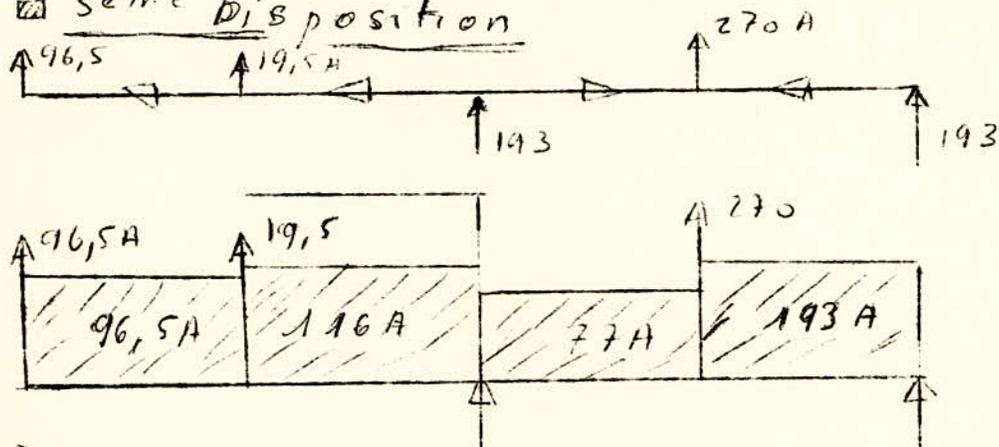
Donc $I_{max} = 173,5 A$

▣ 4^{ème} disposition



Donc $I_{max} = 270 A$

▣ 5^{ème} disposition



Donc $I_{max} = 193 A$

Des différentes possibilités on relève $I = 173,5 A$

IV.4.) Détermination des différentes sections

IV.4.1.) Section du jeu de barre de 150 kV

Nous avons déduit que le courant qui puisse circuler dans ce jeu de barre en tenant compte du facteur économique du matériau utilisé (le cuivre), est de : $I_{max} = 128$ A auquel correspond un courant admissible de 400 A par conséquent la section relative est égale à : $S = 113,1 \text{ mm}^2$.

Cette section, constituée, d'un tube creux ayant des diamètres intérieur et extérieur de : $D_i = 16 \text{ mm}$; $D_{ex} = 20 \text{ mm}$, pourra subir des changements lors des vérifications relatives aux effets électrodynamiques et thermiques.

IV.4.2.) Section du jeu de barre de 60 kV

Barres nues creuses en cuivre :

$$\begin{array}{l} I_{max} = 193 \text{ A} \\ S_{nor} = 113,1 \text{ mm}^2 \end{array} \quad \begin{array}{l} \xrightarrow{\text{=====}} I_{adm} = 400 \text{ A} \\ D_{in} = 16 \text{ mm} \\ D_{ex} = 20 \text{ mm} \end{array}$$

IV.4.3.) Section du jeu de barre de 30 kV

Matériau utilisé ; Cuivre nu

Courant maximum relevé : $I_{max} = 173,5 \text{ A}$
Courant admissible : $I_{adm} = 400 \text{ A}$
Section normalisée : $S_{nor} = 113,1 \text{ mm}^2$ avec $D_i = 16 \text{ mm}$ et $D_{ex} = 20 \text{ mm}$.

Cette section pourra éventuellement subir des changements.

IV.4.4.) Section du jeu de barre de 12 kV

Matériau utilisé : cuivre nu tubulaire rectangulaire.

Courant maximum relevé : $I_{max} = 1925 \text{ A}$
Courant admissible ; $I_{adm} = 2240 \text{ A}$
Section normalisée : $S_{nor} = 3 \cdot (6 \cdot 60) \text{ mm}^2$ c'est à dire qu'il y a trois barres élémentaires de 360 mm^2 de section.

Section du jeu de barre de 150 kV

Section des barres auxiliaires ;

IV.4.5.) Section du jeu de barre de 5,5 kV

+) Au niveau des groupes auxiliaires:

Matériau utilisé : Cuivre nu de forme rectangulaire

Courant maximum relevé : $I_{max} = 104 \text{ A}$

Courant admissible : $I_{adm} = 860 \text{ A}$

Section normalisée : $S_{nor} = 5.50 = 250 \text{ mm}^2$

+) Au niveau du groupe complémentaire:

Matériau utilisé : Cuivre nu de forme rectangulaire

Courant maximum relevé : $I_{max} = 734 \text{ A}$

Courant admissible : $I_{adm} = 860 \text{ A}$

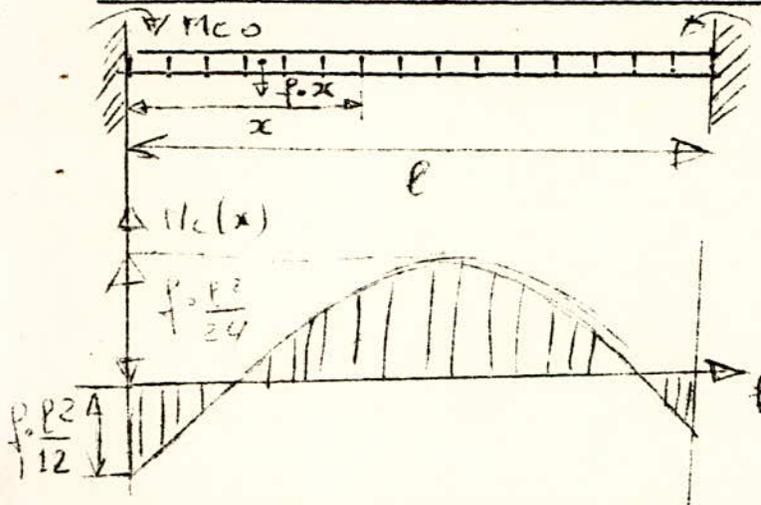
Section normalisée : $S_{nor} = 5.50 = 250 \text{ mm}^2$

CETTE section pourra avoir, par la suite des changements.

V.1.) Vérification de la stabilité électrodynamique

V.1.1.) Calcul du moment de courbure :

a) Une poutre chargée uniformément et doublement encastree



$$M_c(x) = M_{c0} + F \cdot \frac{1}{2} \cdot x - F \cdot x \cdot \frac{x}{2} \quad \text{====>}$$

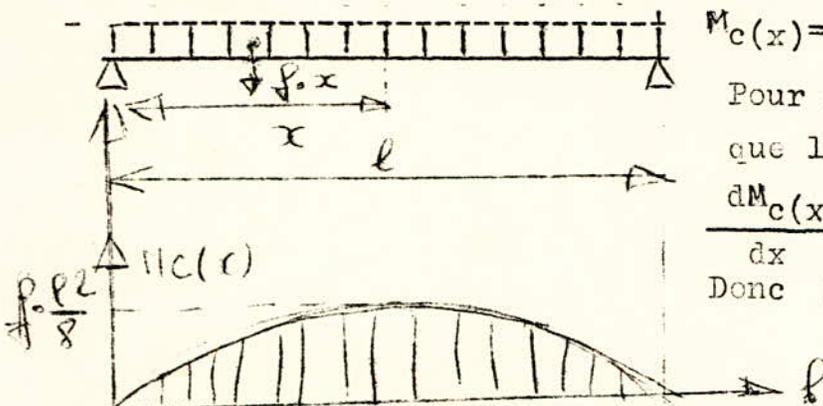
$$\frac{dM_c(x)}{dx} = 0 \quad \text{====>} \quad x = \frac{l}{2}$$

donc $M_{cmax} = M_{c0} + F \cdot \frac{l}{8}$

D'après les normes : $M_{c0} = - F \cdot \frac{l^2}{12}$

En définitif $M_{cmax} = F \cdot \frac{l^2}{24} = F \cdot \frac{l^2}{24}$

b) Une poutre chargée uniformément et doublement appuiee



$$M_c(x) = F \cdot \frac{1}{2} \cdot x - F \cdot \frac{x^2}{2}$$

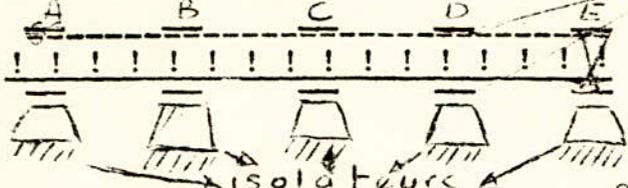
Pour avoir le maximum de $M_c(x)$ il faut que la dérivée première soit nulle =====>

$$\frac{dM_c(x)}{dx} \equiv 0 \quad \text{====>} \quad x = \frac{l}{2}$$

Donc $M_{cmax} = F \cdot \frac{l}{8}$

c) Une Cas pratique en électricité

Les supports dont au moins un est fixe.



La barre repose sur des isolateurs couverts par armatures.

Dans ce cas A, B, C et D variables, alors que E est fixe

Dans ce cas on prendra $M_{cmax} = F \cdot \frac{l^2}{10}$. C'est à dire on s'est basé sur le principe que l'application n'est ni à double appui ni doublement encastree, ainsi, déduit qu'une valeur moyenne satisfera aux sollicitations maximales.

V.1.2.) Calcul de la contrainte maximale statique

Définition : on définit la contrainte statique comme étant le rapport entre le moment de courbure maximum et le module de résistance du matériau considéré

autre

$$\bar{v}_{\max\text{stat}} = \frac{M_{\text{cmax}}}{W} \quad \left. \begin{array}{l} \text{avec } M_{\text{cmax}} \text{ exprimé en kgf.cm} \\ \text{et } W \text{ exprimé en cm}^3 \end{array} \right\} \implies \bar{v} \text{ en kgf/cm}^2$$

Remarques

- Pour les barres tubulaires, il existe des tableaux qui donnent en même temps W et la section correspondante S .

- Alors que pour les barres rectangulaires le calcul de W est effectué suivant la relation suivante : $W = \frac{bh^2}{2}$ sachant que : - b = épaisseur de la section
- h = largeur " "

Conditions d'application $\bar{v}_{\max}^6 \leq \bar{v}_{\text{adm}} \leq \bar{v}_{\text{coupure}}^6$

Donc il faut satisfaire à la conditionsuivante :

$$\bar{v}_{\max} \leq \bar{v}_{\text{coupure}}$$

avec \bar{v}_c = contrainte de la limite élastique du matériau

pour le cuivre $\bar{v}_c = 2400 \text{ kgf/cm}^2$

- pour le aluminium $\bar{v}_c = 700 \text{ kgf/cm}^2$

Généralement, on considère qu'une section, définie au préalable, remplit les conditions imposées par $\bar{v}_{\text{stabilité}}$ électrodynamique si et seulement si :

$$\frac{\bar{v}_c}{\bar{v}_{\max}} = 1,5 \div 2 \implies \begin{array}{l} \bar{v}_{\max} = 1200 \div 1600 \text{ kgf/cm}^2 \text{ pour Cuivre} \\ \bar{v}_{\max} = 300 \div 465 \text{ kgf/cm}^2 \text{ pour Al} \end{array}$$

Maintenant que l'on a défini les conditions statiques, on va essayer de définir les différents facteurs qui peuvent intervenir dans les conditions dynamiques

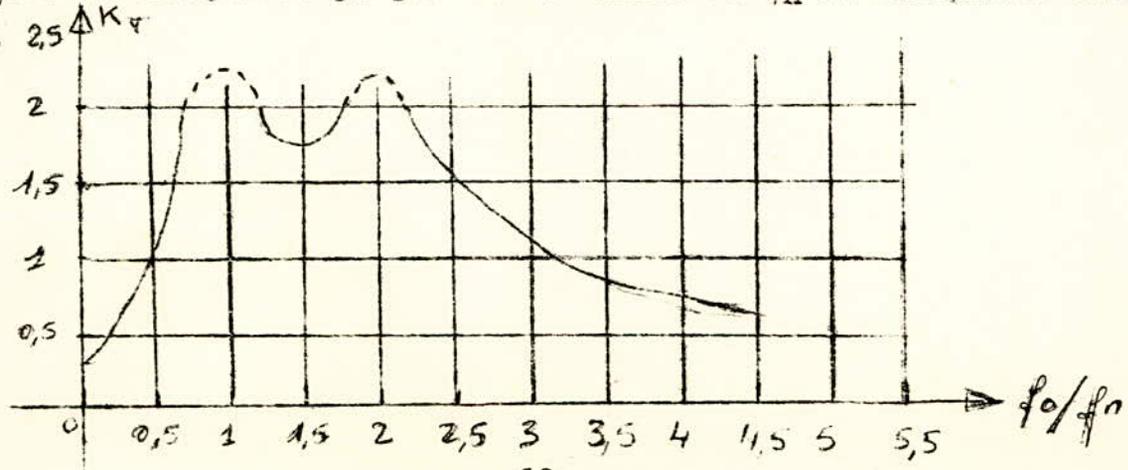
V.1.3.) Conditions dynamiques

ON a défini une contrainte dynamique tel que :

$$\bar{v}_{\max\text{-dyn}} = K_v \cdot \bar{v}_{\max\text{-stat}}$$

sachant que K_v est une fonction de f_0 et f_n tel que $K_v = F(f_0/f_n)$

avec f_0 est la fréquence propre de la barre et f_n la fréquence nominale du réseau.



On remarque, donc que les bonnes conditions d'application qui peuvent nous permettre d'éviter le phénomène de résonance, sont:

$$0 \leq K \leq 1 \quad 0 \leq f_o/f_n \leq 0,5$$

$$3,4 \leq f_o/f_n \leq 4$$

a) Détermination de la fréquence propre : f_o

Par définition :

$$f_o = C_1 \cdot C_2 \cdot 3/4l \sqrt{\frac{E \cdot J}{p \cdot q}}$$

- l = est la distance entre deux isolateurs successifs

- E_{cu} = module d'élasticité = 13000 kgf/mm²

- E_{al} = module " = 7000 kgf/mm²

- J = moment d'inertie de la barre exprimé en m⁴

- p = densité de la barre : - pour le cuivre $p_{cu} = 8,9$ kgf/m³

- pour l'aluminium $p = 2,7$ kgf/m³

- q = section de la barre exprimée en m²

- $C_1 = 1$ pour les barres simples, alors que pour les barres composées de barres élémentaires; il dépend de plusieurs facteurs qui sont :

+ la masse de la barre.

+ la distance entre les distanceurs.

+ la distance entre les isolateurs

+ le nombre de barres en dérivation.

EN ^{pratique} il existe des courbes donnant ce coefficient en fonction des paramètres cités auparavant. Pour notre cas on adoptera, chaque fois que l'on se trouve avec des barres élémentaires, la valeur moyenne de C_1 .

$$C_1 = 1,8$$

- C_2 = paramètre dépendant du nombre de barres en dérivation :

+ pour les barres rigides on a :

$$C_2 = \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{64} \cdot \left(\frac{J_r \cdot l}{J \cdot l_r}\right)^3 \cdot u_r}{1 + 0,6 \cdot \left(\frac{q_r}{q}\right) \cdot \left(\frac{l_r}{l}\right) \cdot u_r}}$$

+ pour les barres flexibles on a :

$$C_2 = \sqrt{\frac{1 + 1/16 \cdot J_e/J \cdot l/l_e^3 \cdot u_e}{1 + (q_e/q) \cdot (l_e/l) \cdot u_e}}$$

*) pour des barres flexibles et élastiques on a :

$$C_2 = \frac{1 + \frac{1}{64} \sum J_r / J \cdot (l_r / l)^3 \cdot u_r + \frac{1}{64} \sum J_e / J \cdot (l_e / l)^3 \cdot u_e}{1 + 0,6 \sum q_r / q \cdot (l_r / l) \cdot u_r + 0,6 \sum q_e / q \cdot (l_e / l) \cdot u_e}$$

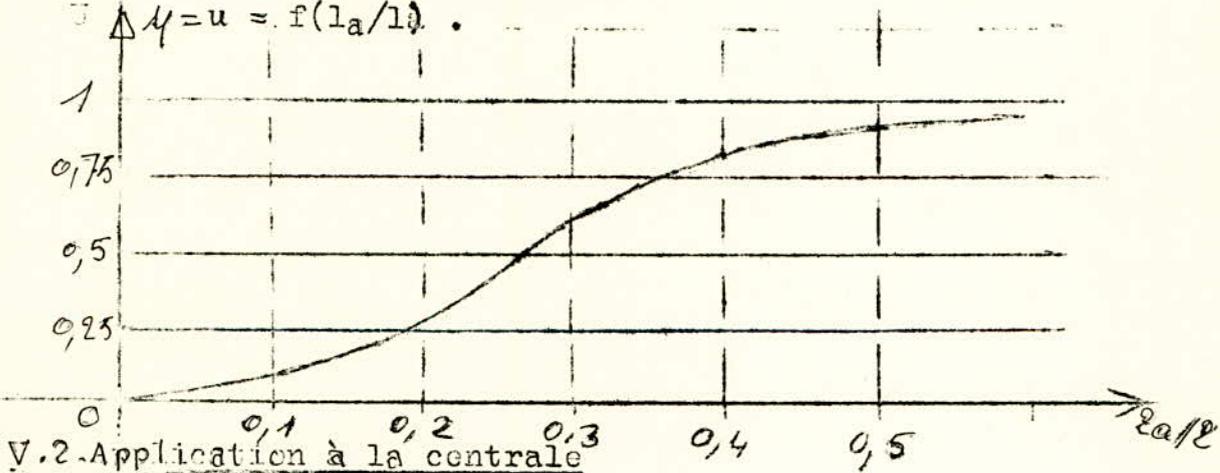
J_r est le moment d'inertie de la barre de dérivation rigide
 J_e " " " " " flexible.

l_r est la longueur de la barre rigide .

l_e " " " flexible.

μ est un paramètre de la non-symétrie, et il dépend de : l , et l_a
 Sachant que cette dernière, est la distance entre la barre de dérivation et l'isolateur le plus proche.

$$\mu = u = f(l_a / l)$$



V.2.1) Calcul des forces de choc.

Vu, que l'on a calculé deux courants surtransitoires, un minimum et l'autre maximum, nous avons pensé que la considération du cas défavorable, se rapportant à I_{max}'' , nous permet d'avoir une valeur de f_{2choc} qui se rapproche du cas réel.

V.2.1.1) Jeu de barre de 150 kv

Par définition on a : $F_{2choc} = 0,87 \cdot \frac{\mu \cdot U_0^2 \cdot k_{ch} \cdot 2 \cdot (I_{max}'')^2}{2 \cdot \Pi \cdot a}$

avec $a = 5,5 \text{ m} = 550 \text{ cm}$; $k_{choc} = 1,8$; $U_0 = 4 \cdot \Pi \cdot 10^{-7}$

$I_{max}'' = 3,49 \text{ kA} = 3490 \text{ A}$

$$F_{2\text{choc}} = \frac{0,87 \cdot 411 \cdot 10^{-7}}{211 \cdot 550} \cdot (1,8)^2 \cdot (3490)^2 \cdot 2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ N/cm}$$

V.2.12.) Jeu de barre de 60 kV et de 30 kV

$$I''_{\text{max}} = 6,18 \text{ kA} = 6180 \text{ A}; a = 1,5 \text{ m} = 150 \text{ cm}; \text{ le même } k \text{ et le même } \mu_0$$

$$F_{2\text{chocmax}} = 88,7 \cdot 10^{-2} \text{ N/cm}$$

- pour 30 kV: $a = 100 \text{ cm}$ et $I''_{\text{max}} = 2620 \text{ A}$

$$\text{Donc } F_{2\text{choc}} = 7,75 \text{ N/cm}$$

V.2.2.) Calcul des M_{cmax} et \bar{V}_{maxstat}

- Jeu de barre de 150 kV

$M_{\text{cmax}} = f \cdot l^2 / 10$ $l = 400 \text{ cm}$ la distance entre deux isolateurs consécutifs.

$$M_{\text{cmax}} = 400 \text{ N.cm} = 40,8 \text{ kgf.cm} \implies \bar{V}_{\text{cmax}} = \frac{M_{\text{cmax}}}{W}$$

$\ast W = 0,463 \text{ cm}^3$ pour un courant admissible de 400 A et une section de $131,1 \text{ mm}^2$. La barre est tubulaire et creuse.

$$\bar{V}_{\text{maxstat}} = 88,12 \text{ kgf/cm}^2$$

Donc la condition $\bar{V}_{\text{maxstat}} \leq \bar{V}_c$ est vérifiée, par conséquent la section de $131,1 \text{ mm}^2$ est acceptable.

- Jeu de barre de 60 kV

$$M_{\text{cmax}} = f \cdot l^2 / 10; l = 200 \text{ cm} \implies M_{\text{cmax}} = 1150 \text{ N.cm} = 118 \text{ kgf.cm}$$

Etant donné que l'on a adopté la même section $S = 113,1 \text{ mm}^2$ avec

$$D_{\text{ext}} = 20 \text{ mm} \text{ et } D_{\text{int}} = 16 \text{ mm} \implies W = 0,463 \text{ cm}^3$$

$$+) \bar{V}_{\text{maxstat}} = 254,85 \text{ kgf/cm}^2$$

Ainsi, la valeur trouvée vérifie la condition d'application.

- Jeu de barre de 30 kV

$$M_{\text{cmax}} = f \cdot l^2 / 10; l = 200 \text{ cm} \implies M_{\text{cmax}} = 310 \text{ N.cm} = 31,6 \text{ kgf.cm}$$

$$S_{\text{nor}} = 113,1 \text{ mm}^2 \quad D_{\text{ext}} = 20 \text{ mm}; D_{\text{int}} = 16 \text{ mm}; W = 0,463 \text{ cm}^3$$

$$\bar{V}_{\text{maxstat}} = 68,25 \text{ kgf/cm}^2$$

RECAPITULATION:

Pour les trois jeux de barres, extérieures, on a adopté la même section constituée en cuivre, et ayant une forme tubulaire creuse, d'où l'introduction de deux diamètres: $S_{\text{nor}} = 113,1 \text{ mm}^2$

$$D_{\text{ext}} = 20 \text{ mm}$$

$$D_{\text{int}} = 16 \text{ mm}$$

$$I_{\text{adm}} = 400 \text{ A}$$

$$W = 0,463 \text{ cm}^3$$

$$J = 0,463 \text{ cm}^4$$

P les contraintes maximales relatives respectivement à :

- 150 kV : $\bar{\sigma}_{\text{max}} = 88,12 \text{ kgf/cm}^2$
- 60 kV : $\bar{\sigma}_{\text{max}} = 254,85 \text{ kgf/cm}^2$
- 30 kV : $\bar{\sigma}_{\text{max}} = 68,25 \text{ kgf/cm}^2$

V.2.3) Calcul des jeux de barres pour les sources d'énergie :

1°) Groupes principaux :

On a $I_N = 1925 \text{ A}$ =====> nous avons adopté pour chaque barre principale trois barres élémentaires, ainsi le courant admissible qui correspond; est de 2240 A d'où une section de : $S_{\text{nor}} = 60.6 * 360 \text{ mm}^2$

2°) Groupe complémentaire :

- $I_n = 630 \text{ A}$ =====> à ce courant il faut ajouter celui qui provient des groupes auxiliaires $I_{\text{aux}} = 104 \text{ A}$ =====> par conséquent le courant total qui circule dans le jeu de barre de 5,5 kV sera égal à :

$I_{\text{nt}} = 630 + 104 = 734 \text{ A}$. On adoptera pour les deux jeux de barre existant la même section qui correspond au courant que l'on a déjà déterminer .

$I_{\text{ntmax}} = 734 \text{ A}$ =====> $I_{\text{adm}} = 860 \text{ A}$ une seule barre de section . $S_{\text{nor}} = 5.50 = 250 \text{ mm}^2$

3°) LIAISON-DES DIFFERENTS-ORGANES

-Liaison entre groupes principaux et transformateurs de 40 MVA

La liaison est réalisée avec des barres rectangulaires qui reçoivent un courant nominal de 1925 A, donc un courant admissible de 2240 A. D'où la nécessité d'adopter le même jeu de barre de 12 kV .

$$S_{\text{nor}} = 60.6 = 360 \text{ mm}^2$$

-Liaison entre les groupes complémentaire et auxiliaires et les transformateurs de réglage :

Les départs s'effectuent par l'intermédiaire des câbles (six en tout dont chacun reçoit au maximum , un courant de 122,34 A .

A ce courant correspond un autre admissible de 150 ~~mm~~ ~~2~~ ~~-----~~
 $S_{nor} = 35 \text{ mm}^2$. Donc pour chaque départ on a : $S_{nor} = 3.35 \text{ mm}^2$
 c'est à dire que chaque cable est constitué de trois cables élémentaires .

- Liaison entre le poste de 60 kV et celui de 30 kV

La liaison est réalisée avec des cables qui peuvent supporter au maximum une puissance de 20 MVA. Ainsi le courant respectif est de 384 A auquel correspond un courant admissible de 400 A.

== ~~-----~~ $\Rightarrow S_{nor} = 185 \text{ mm}^2$.

4°) Vérification de la stabilité de ces jeux de barres et cables

- jeu de barre de 12 kV

$F_{2choc} = 9,95 \text{ N/cm}$ pour $a = 50 \text{ cm}$ et $l = 400 \text{ cm}$
 $M_{cmax} = 158.10^3 \text{ N/cm} = 16,25 \text{ kgf.cm} \Rightarrow W = \frac{b \cdot h^2}{2} = 10,8 \text{ cm}^3$

$\sigma_{maxstat} = 1500 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow \sigma_{maxstat} < \sigma_{coupure} \Rightarrow$ section acceptable.

- jeu de barre de 5,5 kV,

+) Pour l'auxiliaire : $F_{2chocmax} = 17,5 \text{ N/cm} \Rightarrow M_{cmax} = 7.10^4 \text{ N.cm}$
 $W = 6,25 \text{ cm}^3$
 $\sigma_{statmax} = 1150 \text{ kgf/cm}^2$

+) Pour le complémentaire : $F_{2choc} = 214 \text{ N/cm} \Rightarrow$ on en déduit
 $M_{cmaxstat} = 86.10^4 \text{ N.cm} = 8,77.10^4 \text{ kgf.cm}$ avec $l = 2 \text{ m} \Rightarrow$
 $W = 6,25 \text{ cm}^3 \Rightarrow \sigma_{maxstat} = 1,4 \text{ kgf/cm}^2$

On remarque que cette valeur est assez supérieure à celle de coupure donc il est nécessaire de changer la section .

Pour une section normalisée de

$S_{nom} = 120.8 = 960 \text{ mm}^2$
 $I_{adm} = 2400 \text{ A}$ en une seule barre on en déduit que
 $W = 57,6 \text{ cm}^3 \Rightarrow \sigma_{maxstat} = 1520 \text{ kgf/cm}^2$

La valeur de cette contrainte vérifie la condition fondamentale que l'on s'est imposé.

V.2.4) Vérification dynamique

1°) Détermination de la fréquence propre du jeu de barre de 150kV

$f_0 = C_4 \cdot C_2 \cdot 3/4 \cdot L^2 \sqrt{\frac{E \cdot J}{P \cdot g \cdot 65}}$

$$C_1 = 1 ; E_{cu} = 13000 \text{ kgf/mm}^2 ; \rho = 8900 \text{ kgf/m}^3$$

C_2 = tient compte des barres de dérivation qui sont rigides dans ce cas.

Remarque : le courant maximum dans les départs est de 193 A, et comme nous avons adopté le même courant admissible que celui du jeu de barre principal, il en découle en conséquence la même section.

Pour toutes les branches (4 arrivées et 6 départs) on a les données suivantes: $J_r = J \implies l_r = 0,6 \cdot l = 2,4 \text{ mm}$

$$l_a = 1 \text{ m} \implies l_a/l = 0,25 \implies u_r = 0,5 ; q_r = q = 113,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donc } C_2 = 0,760 \text{ d'où } f_0 = 0,254 \text{ Hz}$$

$$f_0/f_n = 0,00507 \implies K_v \ll 1$$

$$\text{Donc } \overline{V}_{\text{dynmax}} = K_v \cdot \overline{V}_{\text{statmax}} \implies \overline{V}_{\text{dynmax}} < \overline{V}_{\text{statmax}}$$

Ainsi on remarque que la section définie au préalable vérifie les conditions dynamiques.

2°) Détermination de la fréquence propre du jeu de barre de 60 kV

Il existe huit branches (3 arrivées et 5 départs) dans lesquelles circule un courant maximum inférieur au courant admissible de 400 A, donc on adopte les mêmes sections et les mêmes courants.

$$f_0 = 0,273 \text{ Hz} \implies f_0/f_n = 0,00547$$

Par conséquent $\overline{V}_{\text{dynmax}} < \overline{V}_{\text{statmax}}$ car le coefficient K_v qui est une fonction du rapport f_0/f_n est largement inférieur à l'unité

3°) Détermination de fréquence propre du jeu de barre de 30

Les barres de dérivation que nous avons adoptées, sont flexibles pour les départs et rigides pour les arrivées.

$$C_2 = 0,900 \implies f_0 = 1,31 \text{ Hz} \implies f_0/f_n = 0,0262$$

$$v_{\text{dynmax}} < v_{\text{statmax}}$$

4°) Détermination de f_0 du jeu de barre de 12 kV

DANS ce cas il y'a trois barres élémentaires qui constituent le jeu de barre principal.

$$c_1 = 1,8 \Rightarrow f_0 = 0,164 \text{ Hz} \Rightarrow f_0/f_n = 0,00328$$

$$c_2 = 0,94$$

Ainsi on constate que K_v est inférieur à l'unité, donc la contrainte dynamique maximale est évidemment inférieure à la contrainte statique

$$v_{\text{dynmax}} < v_{\text{statmax}}$$

5°) Détermination de f_0 du jeu de barre de 5,5 kV

-2 arrivées rigides de section $S = 250 \text{ mm}^2$

-1 " " " " $S = 960 \text{ "}$

-2 départs flexibles de section $S = 3.35 \text{ mm}^2$

Tout calcul fait on en déduit que la fréquence propre est égale à

$$f_0 = 1,04 \text{ Hz} \Rightarrow f_0/f_n = 0,0208$$

$$f_0/f_n \ll 1 \Rightarrow K_v < 1$$

$$v_{\text{dynmax}} < v_{\text{statmax}}$$

Ainsi les résultats obtenus jusqu'à présent sont vérifiables par les efforts électrodynamiques. Nous allons essayer de faire une vérification au niveau des effets thermiques.

-----C H A P I T R E V I -----

Cette partie est consacrée aux vérifications des sections trouvées au préalable. Pour cela, on étudie leur comportement vis à vis des effets thermiques. La vérification fait appel à des données fictives que nous avons définies dans la partie théorique, et au courant de C-C permanent.

VI.1) Détermination des courants de C-C permanents :

-Au niveau du jeu de barre de 150 kV : comme on s'intéresse qu'au cas le plus défavorable, il n'est pas nécessaire de calculer le minimum, et le maximum de ce courant. La condition suffisante, est la connaissance du courant permanent maximum.

+)Calcul : il est basé sur la même méthode de la détermination des autres courants, mais pour un temps infini.

$$X_{c1} = 0,396 \implies I_{pcct}^* = 2,7 \implies I_{pcct} = 1,67 \cdot 2,7 = 4,51 \text{ kA}$$

$$X_{c2} = 0,455 \implies I_{pcct}^* = 2,55 \implies I_{pcct} = 1,67 \cdot 2,55 = 4,25 \text{ kA}$$

$$X_{c3} = 0,195 \implies I_{pcct} = 4 \implies I_{pcct} = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ kA}$$

$$X_{c4} = 0,336 \implies I_{pcct}^* = 3 \implies I_{pcct} = 0,021 \cdot 3 = 0,063 \text{ kA}$$

$$X_{c5} = " \implies " \implies " = " = "$$

$$X_{c6} = 1,035 \implies I_{pcct}^* = 0,98 \implies I_{pcct} = 27,8 \cdot 0,98 = 26,8 \text{ kA}$$

Donc du côté de la tension de base on aura un courant total de :

$$I_{00} (13,8 \text{ kv}) = 4,51 + 4,25 + 1 + 2 \cdot 0,063 + 26,8 = 36,686 \text{ kA}$$

du côté de 150 kV on aura :

$$I_{00max} = 36,686 \cdot 13,8 / 150 = 3,380 \text{ kA}$$

-Au niveau du jeu de barre de 60 KV

Le calcul est effectué suivant la même méthode :

+)Calcul :

$$X_{c1}^* = 1,23 \implies I_{pcct}^* = 1,05 \implies I_{pcct} = 1,67 \cdot 1,05 = 1,75 \text{ kA}$$

$$X_{c2} = " \implies I_{pcct} = " \implies I_{pcct} = " = " = "$$

$$X_{c3} = 0,455 \implies I_{pcct}^* = 2,55 \implies I_{pcct} = 0,25 \cdot 2,55 = 0,6375 \text{ kA}$$

$$X_{c4} = 0,83 \implies I_{pcct} = 1,60 \implies I_{pcct} = 0,021 \cdot 1,6 = 0,336 \text{ kA}$$

$$X_{c5} = " \implies I_{pcct}^* = " \implies I_{pcct} = " = " = "$$

$$X_{c6}^* = 1,26 \implies I_{pcct}^* = 1 \implies I_{pcct} = 27,4 \cdot 1 = 27,4 \text{ kA}$$

$$I_{k400max}(13,8 \text{ kV}) = 31 \text{ kA}$$

Donc du côté de 60 kV, on aura :

$$I_{k400max}(60 \text{ kV}) = 31 \cdot 13,8/60 = 7,15 \text{ kA}$$

-Au niveau du jeu de barre de 30 kV

La détermination de ce courant est axée sur l'utilisation des courbes de calcul $I_{pcct}^* = f(X_c^*)$.

Calcul:

$$X_{c1}^* = 4,95 \implies I_{pcct}^* = 0,37 \implies I_{pcct} = 1,67 \cdot 0,37 = 0,618 \text{ kA}$$

$$X_{c2}^* = " \implies I_{pcct}^* = " \implies I_{pcct} = " = " "$$

$$X_{c3}^* = 2,08 \implies I_{pcct}^* = 0,56 \implies I_{pcct} = 0,25 \cdot 0,56 = 0,140 \text{ kA}$$

$$X_{c4}^* = 3,64 \implies I_{pcct}^* = 0,37 \implies I_{pcct} = 0,021 \cdot 0,37 = 0,00776 \text{ kA}$$

$$X_{c5}^* = " \implies I_{pcct}^* = " \implies I_{pcct} = " = " "$$

$$X_{c6}^* = 12,9 \implies I_{pcct}^* = 0,37 \implies I_{pcct} = 0,37 \cdot 27,4 = 10,3 \text{ kA}$$

$$I_{k600max} = 11,70 \text{ kA}$$

Du côté de 30 kV, on aura un courant de C-C permanent maximum :

$$I_{k600max}(30 \text{ kV}) = 11,70 \cdot 13,8/30 = 5,38 \text{ kA}$$

-Au niveau du jeu de barre de 12 kV

$$X_{c1}^* = 0,275 \implies I_{pcct}^* = 3,3 \implies I_{pcct} = 3,3 \cdot 1,67 = 5,52 \text{ kA}$$

$$X_{c2}^* = 3,020 \implies I_{pcct}^* = 0,37 \implies I_{pcct} = 1,67 \cdot 0,37 = 0,618 \text{ kA}$$

$$X_{c3}^* = 1,270 \implies I_{pcct}^* = 0,98 \implies I_{pcct} = 0,25 \cdot 0,98 = 0,245 \text{ kA}$$

$$X_{c4}^* = 2,26 \implies I_{pcct}^* = 0,53 \implies I_{pcct} = 0,021 \cdot 0,53 = 0,0112 \text{ kA}$$

$$X_{c5}^* = " \implies I_{pcct}^* = " \implies I_{pcct} = " = " "$$

$$X_{c6}^* = 7,86 \implies I_{pcct}^* = 0,37 \implies I_{pcct} = 27,4 \cdot 0,37 = 10,3 \text{ kA}$$

$$I_{k700max} = 16,71 \text{ kA}$$

Du côté de 12 kV, on aura :

$$I_{k700max}(12 \text{ kV}) = 16,71 \cdot 13,8/12 = 19,2 \text{ kA}$$

A^t f p

$$\beta = \frac{I''}{I_{\infty}}$$

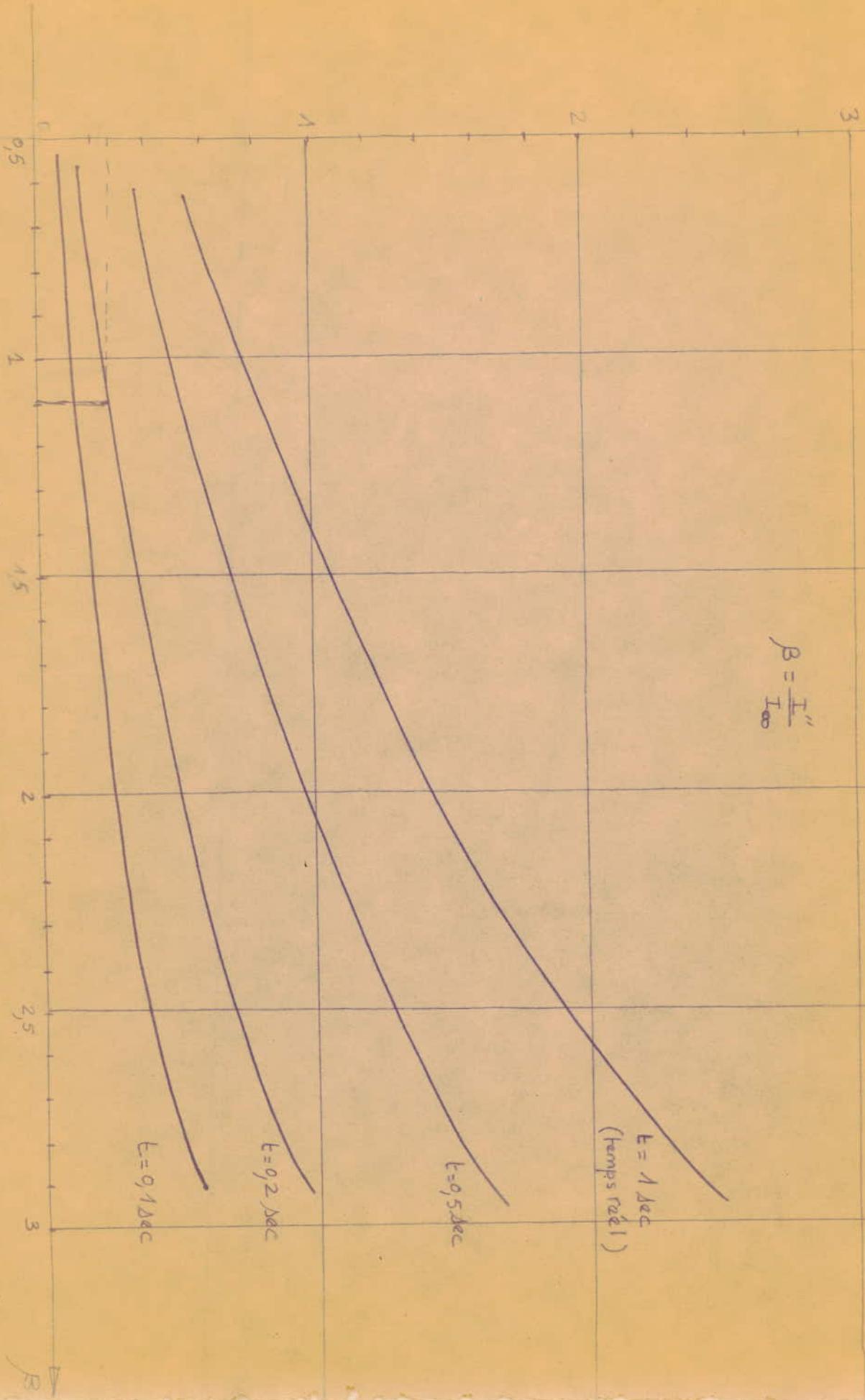


PLANCHE IV

B

-Au niveau du jeu de barre des groupes auxiliaires

Suivant le même calcul, et en utilisant les courbes de calcul, on trouve pour ce jeu de barre

$$I_{k200max}(13,8 \text{ kV}) = 11,1 \text{ kA}$$

Du côté de 5,5 kV; on en déduit un courant de C-C maximum permanent

$$I_{k200max}(5,5 \text{ kV}) = 11,1 \cdot 13,8 / 5,5 = 27,9 \text{ kA}$$

-Au niveau du jeu de barre du groupe complémentaire :

A ce niveau on en déduit un courant beaucoup plus grand, ceci s'explique du fait que toutes les sources sont connectées.

$$I_{k300max}(13,8 \text{ kV}) = 44,4 \text{ kA}$$

$$I_{k300max}(5,5 \text{ kV}) = 44,4 \cdot 13,8 / 5,5 = 110 \text{ kA}$$

VI.2) Vérification des effets thermiques:

Rappel : nous avons vu dans la partie théorique que la section est définie suivant la relation suivante:

$$s = \frac{I_{00} \sqrt{t_f}}{\sqrt{A(\theta_f) - A(\theta_i)}}$$

avec $t_f = t_{fp} + t_{fa}$; et $t_{fa} = \beta^2 \cdot T$ $\left\{ \begin{array}{l} \cdot T \\ \cdot \end{array} \right.$

$T_a = 0,05 \text{ sec}$ $t_{fp} = f(\beta, t) = \left(\frac{\beta}{T} \right)^{1,7}$

On prendra $t = 0,2 \text{ sec}$, et $\beta = I''_{ki} / I_{00ki}$

Pour alléger les calculs, nous poserons $Z = \sqrt{A(\theta_f) - A(\theta_i)}$

Application

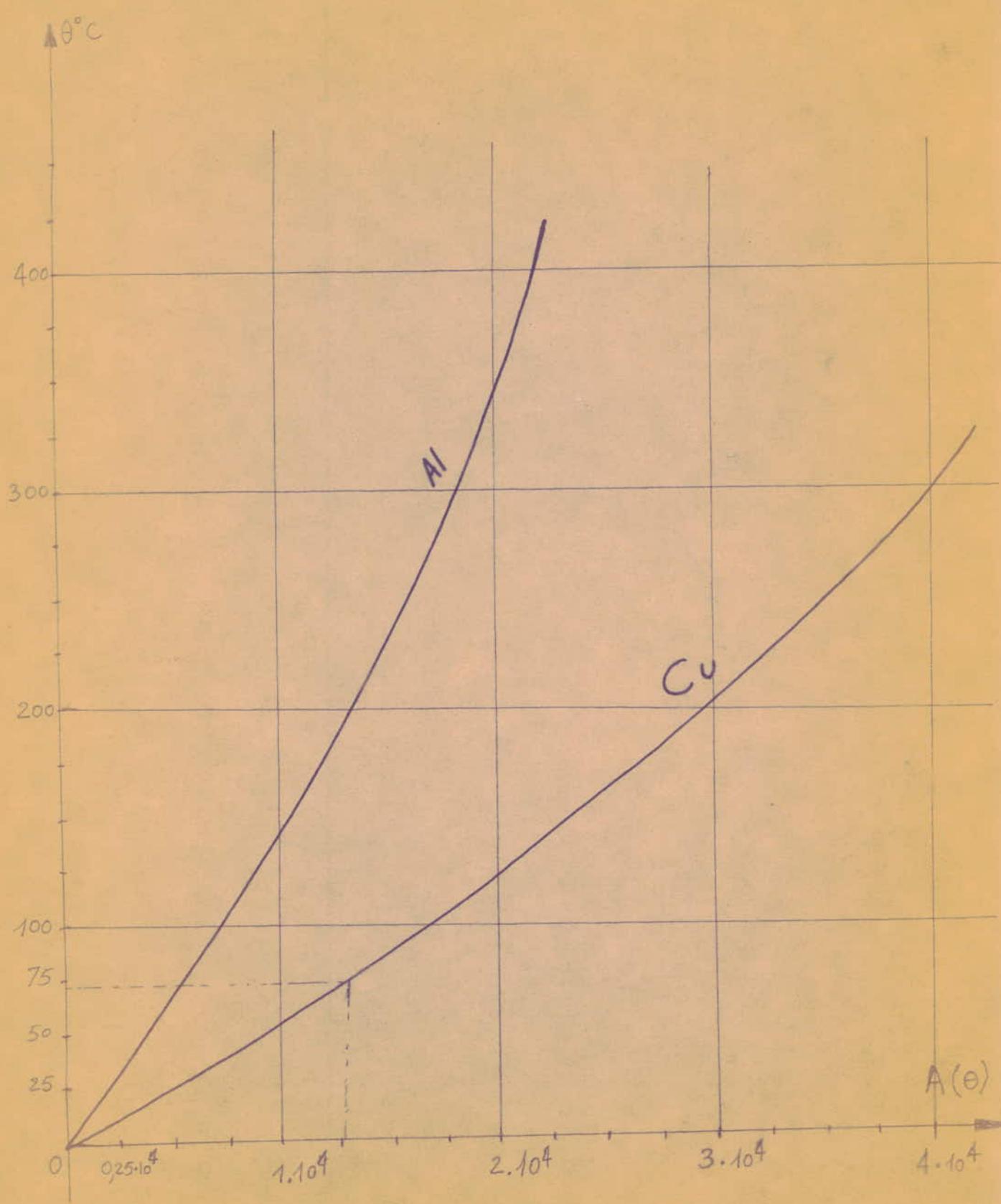
a) A la section du jeu de barre de 12 kV.

$$I''_{k7} = 21 \text{ kA}$$

$$I_{00k7} = 19,2 \text{ kA}$$

$$\Rightarrow \beta = 21 / 19,2 = 1,095 \Rightarrow t_{fp} (\beta, t) = 0,28$$

$\theta = f[A(\theta)]$
planche III



$$t_{fa} = B \cdot T_a = 0,095 \cdot 0,05 = 0,0475 \text{ sec}$$

On en déduit donc un temps fictif de :

$$t_f = t_{fp} + t_{fa} = 0,0475 + 0,28 = 0,3275 \text{ sec}$$

$$\sqrt{t_f} = 5,725 \cdot 10^{-1} = 0,5725$$

$$Z = \frac{I_{00}}{s} \cdot \sqrt{t_f} \quad s = 3,360 \text{ mm}^2 = 1080 \text{ mm}^2$$

$$Z = 19,2 \cdot 10^3 \cdot 5,725 \cdot 10^{-1} / 1,080 \cdot 10^3 = 10,2$$

$$Z^2 = (10,2)^2 = 104$$

$$A(\theta_f) = Z^2 \cdot A(\theta_i) \implies A(\theta_i) = 1,2 \cdot 10^4$$

$$A(\theta_f) = 0,0104 \cdot 10^4 + 1,2 \cdot 10^4 = 1,2104 \cdot 10^4$$

$\theta_f = 72^\circ\text{C}$, donc $\theta_f < \theta_{\text{limite}}$ par conséquent la section évaluée au chapitre V résistera aux effets thermiques.

b) A la section du jeu de barre de 150 kV

$$I_{k1} = 3490 \text{ A} \implies B = 3490/3380 = 1,035 \implies t_{fp} = 0,22 \text{ sec}$$

$$I_{k100} = 3380 \text{ A}$$

$$t_{fa} = B^2 \cdot T_a = 1,07 \cdot 0,05 = 0,0535 \text{ sec}$$

$$t_f = t_{fa} + t_{fp} = 0,0535 + 0,22 = 0,2735 \text{ sec}$$

$$\sqrt{t_f} = 0,523$$

$$Z = I_{00} \cdot \sqrt{t_f} / s \implies s = 113,1 \text{ mm}^2$$

$$Z = 3380 \cdot 0,523 / 113,1 = 15,65 \implies Z^2 = 245 = 0,0245 \cdot 10^4$$

$$A(\theta_f) = (Z)^2 + A(\theta_i) = (0,0245 + 1,2) \cdot 10^4 = 1,2245 \cdot 10^4$$

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

D'où le calcul de $\theta_f = 72^\circ\text{C}$

ON remarque que la température finale est de loin inférieure à la température limite , qui est égale à 250°C . Par conséquent la section adoptée pour ce jeu de barre résistera aux effets thermiques.

c) La section du jeu de barre de 5,5 kV.

+) Au niveau des groupes auxiliaires.

$$I''_{\max} = 27,8 \text{ kA} \implies B = I''_{\max}/I_{00} = 27,9/27,8 = 1,004 \quad (B)^2 = 1,01$$
$$I_{00\max} = 27,9 \text{ kA}$$

$$t_{fp}(B, t) = 0,2 \text{ sec}$$

$$t_{fa} = B^2 T_a = 1,01 \cdot 0,05 = 0,505 \text{ sec} \implies t_f = 0,2505 \text{ sec}$$

$$\sqrt{t_f} = 0,505 \implies Z = 27000 \cdot 0,505/250 = 56,25$$

$$Z^2 = 3150 \implies A(\theta_f) = Z^2 + A(\theta_i) = (1,2 + 0,3150) \cdot 10^4 = 1,515 \cdot 10^4$$

donc $\theta_f = 92^\circ\text{C}$. Résultat trouvé acceptable car la température est inférieure à la température limite du cuivre. Par conséquent la barre résistera aux effets thermiques.

+) Au niveau du groupe complémentaire.

$$I''_{\max} = 97,5 \text{ kA} \implies B = I''/I_{00} = 97,5/110 = 0,885$$
$$I_{00\max} = 110 \text{ kA}$$

$$t_{fp}(B, t) = 0,2 \text{ sec}$$

$$t_{fa} = B^2 T_a = 0,05 \cdot 0,78 = 0,039 \text{ sec} \implies t_f = 0,239 \text{ sec}$$

$$\sqrt{t_f} = 0,49 \implies Z = 110000 \cdot 0,49/960 = 56,20$$

$$Z^2 = 3150 \implies A(\theta_f) = 1,515 \cdot 10^4 \implies \theta_f = 92^\circ\text{C}$$

Ainsi, la section adoptée au chapitre V ne nécessite pas un changement car elle résiste aux effets thermiques.

d) A la section du jeu de barre de 60 kV.

La connaissance des courants surtransitoire et permanent nous permettent de faire la vérification de la résistance de la section aux effets thermiques.

$$I''_{\max} = 6180 \text{ A} \implies B = I''/I_{00} = 6180/7150 = 0,865$$

$$I_{00\max} = 7150 \text{ A}$$

$$t_{fp} = f(B, t) = 0,2 \text{ sec}$$

$$t_{fa} = B^2 \cdot T_a = 0,7475 \cdot 0,05 = 0,0374 \implies t_f = 0,2374$$

$$\sqrt{t_f} = 0,487 \implies Z = 7150 \cdot 0,487 / 113,1 = 30,8$$

$$Z^2 = 944 = 0,0944 \cdot 10^4 \implies A(\theta_f) = 1,2944 \cdot 10^4$$

$\theta_f = 72^\circ\text{C} \implies$ la barre résistera donc aux effets thermiques.

e) A la section du jeu de barre de 30 kV.

$$I''_{\max} = 2620 \text{ A} \implies B = I''/I_{00} = 2620/5380 = 0,49$$

$$I_{00\max} \equiv 5380 \text{ A}$$

$$t_{fp} = f(B, t) = 0,1 \text{ sec}$$

$$t_{fa} = B^2 \cdot T_a = 0,24 \cdot 0,05 = 0,012 \text{ sec} \implies t_f = 0,112 \text{ sec}$$

$$\sqrt{t_f} = 0,335 \implies Z = 5380 \cdot 0,335 / 113,1 = 15,9$$

$$Z^2 = 252,5 \implies A(\theta_f) = 1,22525 \cdot 10^4$$

D'où $\theta_f = 71^\circ\text{C}$

Conclusion : Toutes les sections adoptées, lors des contraintes électrodynamiques, satisfont également aux contraintes thermiques; et par conséquent, elles résisteront aux chocs d'ordre thermiques et électrodynamiques.

VII.1) Choix des disjoncteurs.

1°) Critères du choix

Le choix des disjoncteurs est basé sur quatre critères fondamentaux:

a) La tension nominale U_n doit être prise égale à la tension nominale du système.

b) Le courant nominal qui circule dans la branche I_n

c) Type d'installation, intérieure ou extérieure.

d) La puissance de coupure ou le courant de coupure que l'on définira ultérieurement.

D'un point de vue pratique, il est donné par le fabricant de l'appareil et il doit satisfaire à la condition ; $I_{\text{coupure}} > I_{cc}$, au moment où commence la séparation des contacts du disjoncteur. On considère effectivement, que l'ouverture du disjoncteur se réalise en un temps vraiment très court ($t=0,1$ sec) par rapport au moment de l'apparition du défaut. Dans ces hypothèses, nous pouvons considérer que la composante aperiodique aura le temps de s'amortir. L'utilisation des disjoncteurs ultra-rapides, nous impose la condition suivante : la composante périodique du courant de C-C ^{sur transitoire} est symétrique. Cette composante va être le courant intermédiaire pour la détermination du courant de déclenchement.

Dans le cas de la centrale étudiée, nous supposera que le courant de coupure est égal au courant de déclenchement, majoré de 25%.

2°) Calcul du courant de déclenchement.

-Rappel théorique : le calcul du courant de déclenchement peut s'effectuer de deux façons différentes dans les hypothèses suivantes :

+) Considération du système énergétique national

$I_d = \mu \cdot I_{\max}''$ avec $\mu = f(I_d''/I_{gn}, t)$ sachant que $I_d'' = su$ à la plus grande fraction du courant surtransitoire total, fournie par le générateur; $I =$ le courant nominal relatif à ce générateur.

+) Le système énergétique n'est pas considéré.

Dans ce cas, le calcul est plus simple, il se ramène à une évaluation approximative en s'appuyant sur des constatations pratiques. On suppose que le courant de déclenchement est approximativement égal à 80% du courant surtransitoire maximum. Une fois que l'on connaît ce courant, nous pouvons en déduire celui de coupure, en majorant le premier de 25%.

Donc: $I_d = 0,80 \cdot I_{\max}''$

$I_c = 1,25 \cdot I_d$

-Application : dans ce cas, c'est à dire la centrale de Darguinah est reliée au système énergétique.

a) Disjoncteurs branchés sur les départs de 150 kV

On adoptera les mêmes disjoncteurs au niveau de chaque départ, car les courants qui circulent sont presque identiques.

$I_{\max}'' = 3490 \text{ A} \Rightarrow I_d = 0,8 \cdot 3490 = 2792 \text{ A} \Rightarrow I_c = 1,25 \cdot 2792 = 3480 \text{ A}$
 $I_c = 3480 \text{ A} \Rightarrow S_c = \sqrt{3} \cdot 150 \cdot 349 = 905 \text{ MVA}$

On suppose d'autre part que le courant nominal est égal au courant

admissible $\Rightarrow I_d = I_n = 400 \text{ A}$

départs	trans fo de 40MVA	trans fo de 15MVA	trans fo de 25MVA	transc lage	arba I	arba II	krou bs I	krou bs II	manso uriat I	mans II
caractéristique du disjo ncteur	$U_n = 150 \text{ KV}$				$I_c = 3480 \text{ A}$					type extérieur
	$I_n = 400 \text{ A}$				$S_c = 905 \text{ MVA}$					

b) Disjoncteurs branchés sur les départs de 60 kV

On adoptera les mêmes disjoncteurs sur chaque départ.

$$I_{\max}'' = 6180 \text{ A} \implies I_d = 0,8 \cdot I_{\max}'' = 0,8 \cdot 6180 = 4944 \text{ A}$$

$$I_c = 1,25 \cdot 4944 = 6160 \text{ A} \implies S_c = 640 \text{ MVA}$$

Départs	trans fo de 15MVA	trans fo de 25MVA	trans fo de 10MVA	trans fo de 10MVA	Setif	Jijel	Bougie	Erraguène	IRIL- EMDA
Caractéristique des disjoncteurs	Type extérieur				$U_n = 60 \text{ kV}$	$I_c = 6180 \text{ A}$			
					$I_n = 400 \text{ A}$	$S_c = 640 \text{ MVA}$			

c) Disjoncteurs branchés sur les départs de 30 kV

Evidemment, on adoptera les mêmes disjoncteurs sur toutes les branches malgré que les courants de distribution ne soient pas les mêmes.

$$I_{\max}'' = 2620 \text{ A} \implies I_d = 0,80 \cdot 2620 = 2080 \text{ A}$$

$$I_c = 1,25 \cdot 2080 = 2600 \text{ A} \implies S_c = 135 \text{ MVA}$$

DEPARTS	Transformateur de 10 MVA	Transformateur de 10 MVA
Caractéristiques des Disjoncteurs	Installation de type extérieur	
	$U_n = 30 \text{ kV}$	$I_c = 2600 \text{ A}$
	$I_n = 400 \text{ A}$	$S_c = 135 \text{ MVA}$

d) Disjoncteurs branchés sur les départs au niveau du groupe complémentaire

Dans ce cas la répartition des courants étant la même, on est obligé d'adopter les mêmes disjoncteurs.

$$I''_{\max} = 97,5 \text{ kA} \implies I_d = 0,8 \cdot 97,5 = 78 \text{ kA}$$

$$I_c = 1,25 \cdot 78 = 97,5 \text{ kA} \implies S_c = 925 \text{ MVA}$$

Donc on utilisera sur les deux départs des disjoncteurs de type intérieure et dont les caractéristiques sont les suivantes.

$$\begin{array}{ll} U_n = 5,5 \text{ kV} & I_c = 97,5 \text{ kA} \\ I_n = 2400 \text{ A} & S_c = 925 \text{ MVA} \end{array}$$

c) Au niveau des groupes auxiliaires

$$I''_{\max} = 27,8 \text{ kA} \implies I_d = 0,8 \cdot 27,8 = 22,2 \text{ kA}$$

$$I_c = 1,25 \cdot 22,2 = 27,8 \text{ kA} \quad S_c = 262 \text{ MVA}$$

Donc sur les deux départs qui existent, nous devons brancher des disjoncteurs dont les caractéristiques sont les suivantes.

$$\begin{array}{lll} U_n = 5,5 \text{ kV} & I_c = 27,8 \text{ kA} & \text{TYPE} \\ I_n = 860 \text{ A} & S_c = 262 \text{ MVA} & \text{Intérieur} \end{array}$$

VII.2.) Choix des sectionneurs.

1°) Critères du choix

Le choix de ces éléments de coupure, est fonction de plusieurs facteurs tels que :

- +) la tension nominale
- +) le courant "
- +) le type d'installation (interieure ou exterieure)

Dans le cas de la centrale de Darguinah, la plupart des installations sont extérieures. L'utilisation de ces éléments de coupure se ramène en quelque sorte à une isolation parfaite d'une branche défectueuse des installations de la centrale. En général, la manoeuvre d'un sectionneur se fait quand le disjoncteur est ouvert. Cependant dans les installations à deux systèmes (deux jeux de barre) on peut manoeuvrer

les sectionneurs avec le disjoncteurs fermé. Ainsi il facilite le passage d'un système de barre à un autre sans interrompre le transit de l'énergie.

2°) Application

a) Au niveau des départs de 150 kV

Nous avons adopté les mêmes sectionneurs, de la mise à la terre ou de liaison, en se basant sur le courant admissible et la tension nominale

$$S_1 \begin{cases} \text{Type: extérieur} \\ I_n : 400 \text{ A} & \text{le courant maximum qui le traverse, pendant} \\ U_n : 150 \text{ kV} & \text{le fonctionnement normal est égal à: } 192 \text{ A} \end{cases}$$

b) Au niveau des départs de 60 kV

Puisque nous avons adopté la même section pour le jeu de barre, le courant nominal des sectionneurs qui seront appelés à être placés sur ces départs auront évidemment comme caractéristiques :

$$S_2 \begin{cases} \text{Type : extérieur} \\ I_n : 400 \text{ A} \\ U_n : 60 \text{ kV} \end{cases}$$

c) Au niveau des départs de 30 kV

CARACTERISTIQUES

$$S_3 \begin{cases} \text{Type extérieur} \\ I_n : 400 \text{ A} \\ U_n : 30 \text{ kV} \end{cases}$$

d) Au niveau du groupe principal

$$S_4 \begin{cases} \text{Type : intérieur} \\ I_n : 2240 \text{ A} \\ U_n : 12 \text{ kV} \end{cases}$$

e) Au niveau des départs de 5,5 kV

+) Groupe complémentaire

S₅ { Type : intérieur
I_n : 2400 A
U_n : 5,5 kV

+) Groupes auxiliaires

S₆ { Type : intérieur
I_n : 860 A
U_n : 5,5 kV

Pour les cables qui font la liaison entre ce système (groupe complémentaire, et groupes auxiliaires) et les transformateurs de réglage, nous avons adopté des sectionneurs dont les caractéristiques sont les suivantes.

S₇ { Type : extérieur
I_n : 150 A
U_n : 5,5 kV

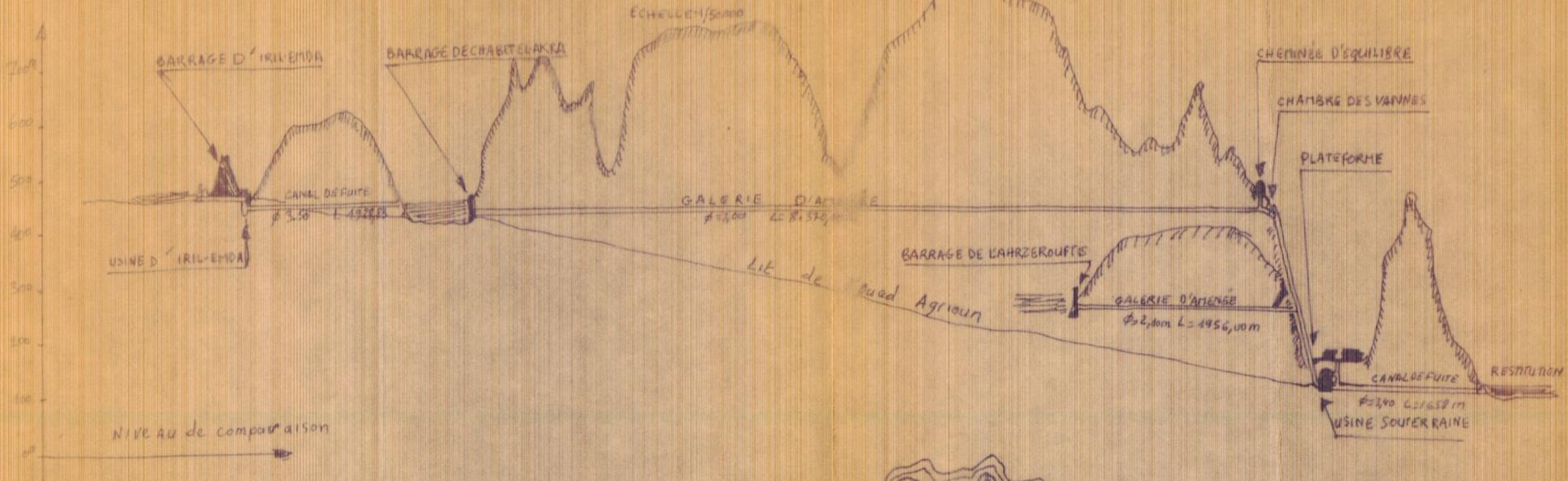
----- C O N C L U S I O N -----

Dans cette modeste étude, nous avons essayé de définir les organes principaux d'une centrale hydro-électrique, et d'analyser leur comportement vis à vis de l'énergie, lors du fonctionnement normal, et du régime de court-circuit. L'étude aurait été beaucoup plus intéressante, si elle avait été complétée par une estimation économique optimale de ces organes. Nous sommes vraiment désolés de n'avoir pas pu traiter ce problème par manque de documentation. Mais en général le choix des éléments s'effectue suivant l'importance du courant de court-circuit, et la méthode que nous avons présentée, a certains intérêts :

- faciliter de résoudre le problème posé.
- précision suffisante sur le courant de C-C.

Nous avons pu constater que le plus important courant de C-C se situe au niveau du jeu de barre de 5,5 kV, relatif au groupe complémentaire. Il a été bien dimensionné pour qu'il résiste aux éventuels cas d'avarie.

PROFIL EN LONG



PLAN GENERAL

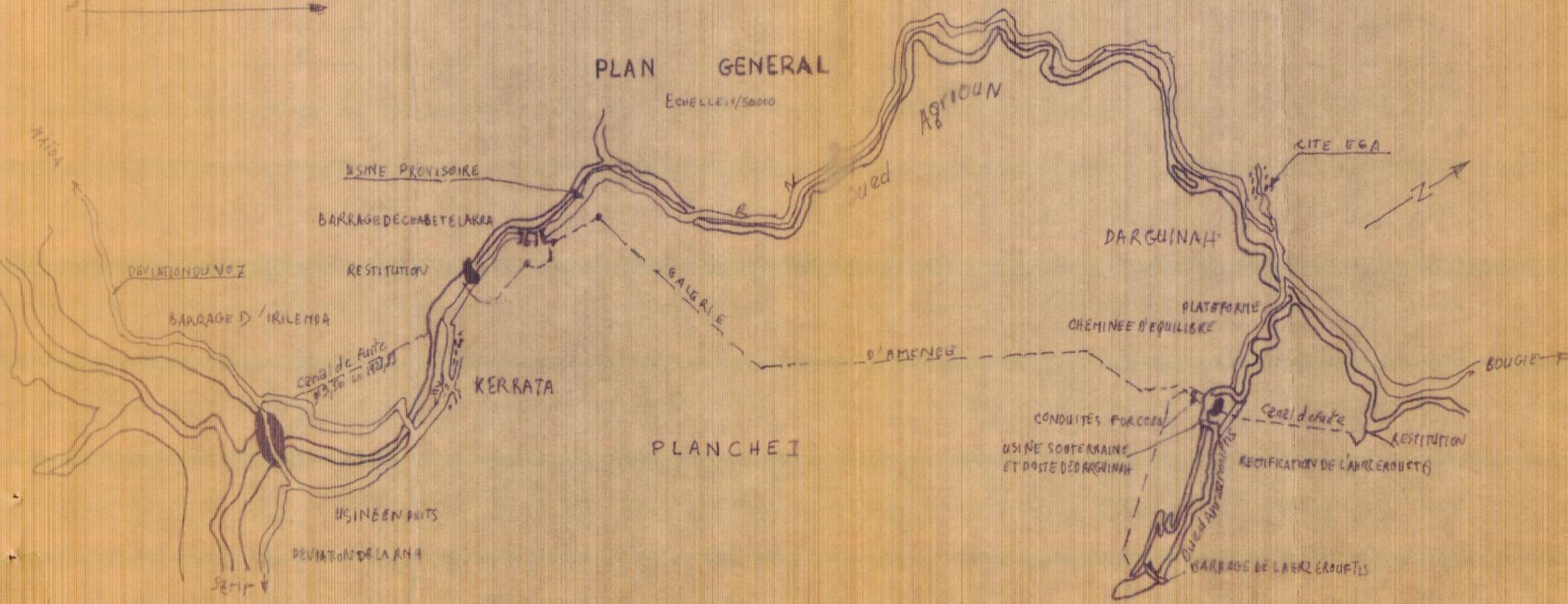
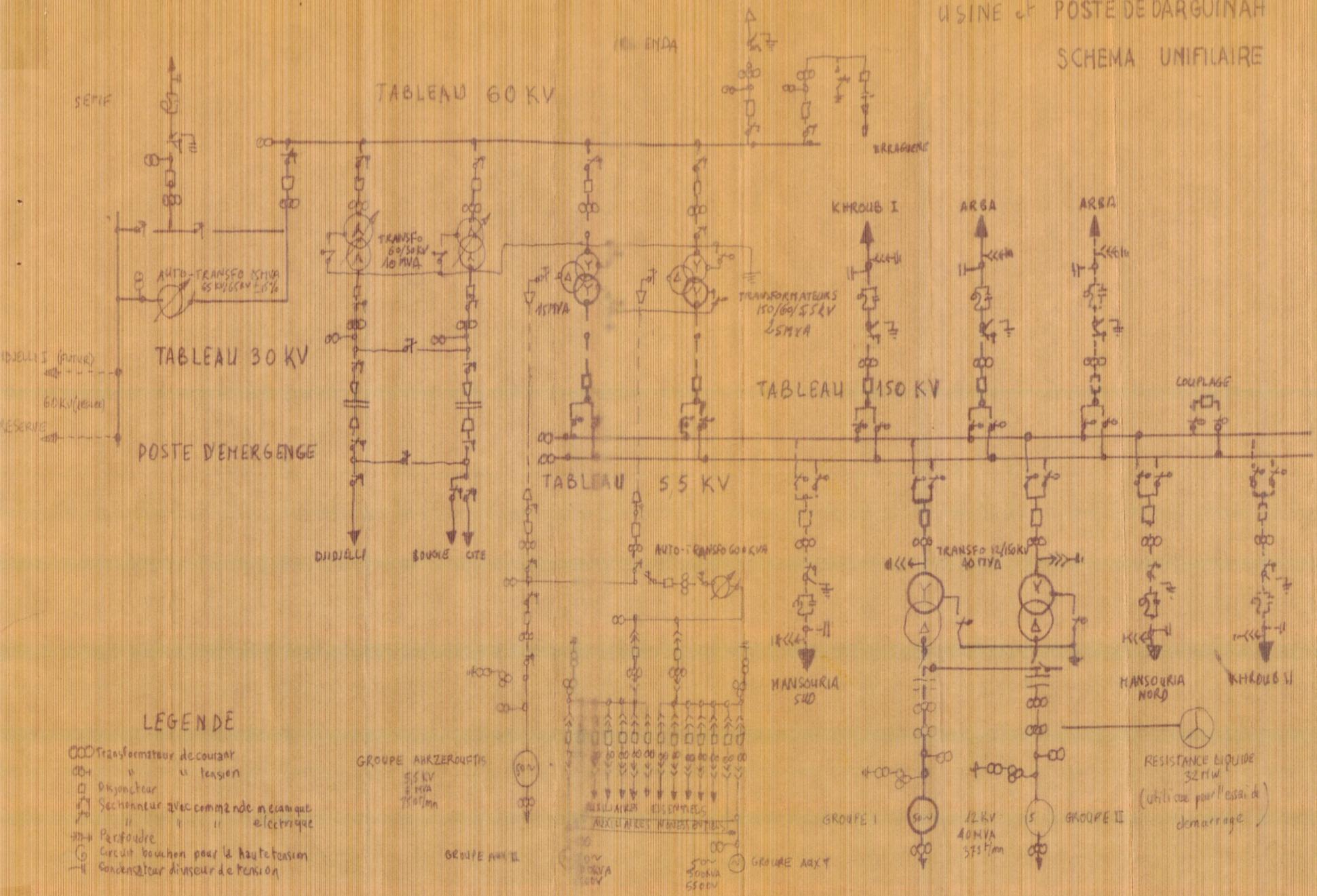


PLANCHE I

USINE ET POSTE DE DARGUINAH
SCHEMA UNIFILAIRE



LEGENDE

- Transformateur de courant
- " " " tension
- Disjoncteur
- ⌘ Sectionneur avec commande mecanique
- ⌘ " " " " " electrique
- ⌘ Parafoudre
- ⊙ Circuit bouchon pour la haute tension
- ⌘ Condensateur diviseur de tension

GRUPE ANKZEROUFTIS

5.5 KV
4 MVA
750/11m

GRUPE ANK II

AUX I ALIET "ANEST ENTRES

50V
200MVA
500V

50V
200MVA
500V

GRUPE AAXT

GRUPE I

12KV
40MVA
5F5T/m

GRUPE II

RESISTANCE LIQUIDE
32 MW
(utilisee pour l'essai de
démarrage)