

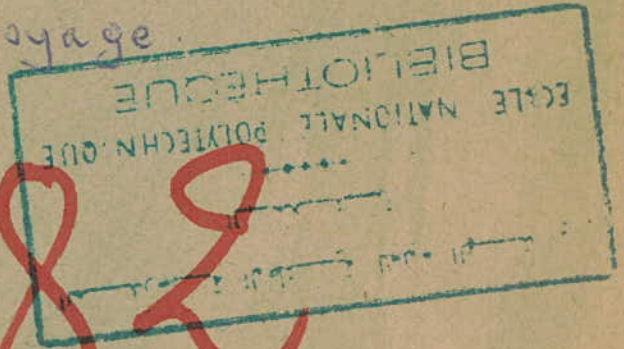
19/82

2er

Institut des Sciences

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Sujet: Alimentation d'une installation  
de Broyage.



1982

Projet : *Fin* d'étude

Proposé par SNS

Promoteur : M. KOURGLI

Etudié par :

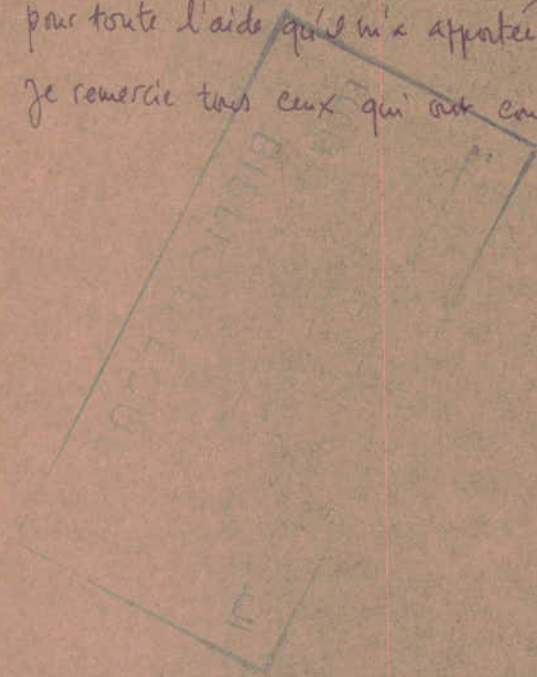
M. NAIT CHABANE



## REMERCIEMENTS.

Mes remerciements à Monsieur M. KOVEGLI, professeur  
pour toute l'aide qu'il m'a apportée.

Je remercie tous ceux qui ont contribué à ma formation.





## I Présentation du projet.

Le traitement par broyage de voitures automobiles et de ferraille de ramassage en tôle légère s'accroît de plus en plus dans les pays industrialisés.

Les critères qui ont amené cette évolution sont :

1°) l'exigence de récupérer des matières premières à partir de vieux matériaux compte tenu de la rareté générale des matières de première nécessité dans le monde.

2°) le changement structurel concernant les procédés de fabrication de l'acier brut et les exigences croissantes quant à la qualité de la ferraille conditionnée.

3°) l'augmentation générale des coûts qui exige une mécanisation et une rationalisation accentuées sur plein des usines de récupération des vieux matériaux.

4°) les exigences croissantes d'une meilleure protection de l'environnement.

En regard aux critères énumérés et dans le souci de combler le retard déjà accumulé dans ce domaine en Algérie, il a été décidé la mise en route de plusieurs installations de déchiquetage.



## II Définition et utilisation de l'installation de déchetage.

L'installation de broyage se compose dans son ensemble d'une goulotte d'alimentation, du broyeur avec ses dispositifs ( de positionnement, démontage et remontage des marteaux, amortisseurs, commande ... ) du moteur d'entraînement du broyeur, de convoyeurs vibrants, d'un tambour magnétique pour la récupération des métaux ferreux et non ferreux, d'un système de triage et d'extraction pour ferreux et non ferreux.

Cette installation sera utilisée principalement pour traiter des carcasses automobiles entières, aplatis ou non, avec moteur, boîte de vitesse essieux, ressorts, roues et pneus.

Elle peut également traiter des plâtrages ( cuisinières, fours, ... ) ainsi que de la ferraille légère de ramassage exemptée de matière explosive, inflammable.

La capacité de production de l'installation projetée sera de 15 à 30 tonnes/heure pour une ferraille de densité moyenne de 1 à 1,3 tonne/m<sup>3</sup> se rapportant aux vitesses de rotation de classe moyenne.



### III. Evaluation de la puissance

#### 31. Généralités

La consommation en énergie électrique d'un atelier ou d'une installation est variable mais peut présenter une périodicité (semaine, quinzaine, mois, année).  
A l'aide de courbes de charges journalières on peut faire une approche de la courbe de charge annuelle en faisant la moyenne arithmétique des charges maximales journalières pour l'intervalle d'un mois.

La puissance demandée par un atelier est différente de la puissance installée (ou puissance nominale figurant sur les plaques signalétiques).  
La puissance réellement absorbée par un récepteur branché sur le réseau dans les conditions normales de fonctionnement est définie comme étant la puissance raccordée :  $P_r$

Puissance installée :  $P_i$

Rendement de la machine  $\eta$

$$\text{avec } P_r = \frac{P_i}{\eta}$$

#### 32. Détermination de la puissance suivant de base au calcul.

Utiliser la méthode du coefficient de demande, sachant que la puissance de calcul est la puissance supposée constante équivalente à la puissance du point de vue échauffement.

Les récepteurs d'une installation ne sont pas simultanément utilisés à pleine charge et ne fonctionnent pas tous en même temps.

Il en résulte que la puissance de calcul sera plus petite que la puissance raccordée.

Pour tenir compte de cela nous introduisons des coefficients d'utilisation et de simultanéité.



321. Coefficient d'utilisation :  $K_u$

Ce coefficient tient compte du fait que le régime de fonctionnement d'une machine raccordée au réseau peut être tel que la puissance utilisée soit plus faible que celle installée.

322. Coefficient de simultanéité :  $K_s$

Ce coefficient exprime le fait que toutes les machines d'une installation ne fonctionnent pas tous la même temps.

$$K_s = \frac{\text{nombre de récepteurs au service}}{\text{total de récepteurs raccordés}}$$

323. Coefficient de demande :  $K_d$

$K_u, K_s$  déjà définis

$\eta$  : rendement de la machine

$\eta_R$  : rendement du réseau.

$$K_d = \frac{K_u K_s}{\eta \cdot \eta_R}$$







$\gamma_R$  : rendement du réseau.

La chute de tension admissible étant égale à 5% de la tension à l'entrée des postes dans le réseau on a :

$$p = \Delta u \cdot I = 0,05 UI.$$

Le rendement sera :  $\gamma_R = \frac{(U - \Delta u) I}{UI} = \frac{(1 - 0,05) UI}{UI} = 0,95$

$$\gamma_R = 0,95.$$

$\cos \varphi$  : Pour le type de machines raccordées :  $\cos \varphi_d = 0,8$ .

Coefficient de demande :

Pompeur :  $Kd_1 = \frac{K_4 K_5}{\gamma \cdot \gamma_R} = \frac{0,8 \times 1}{0,8 \cdot 0,95} = 1,05$

Installation auxiliaire :

$$Kd_0 = \frac{0,8 \cdot 0,8}{0,8 \cdot 0,95} = 0,842$$



### 34. Bilan des Puissances :

Designation	Kd	Puissance installée $P_i$ KW	Puissance de calcul $P_c$ KW	Puissance apparente de calcul $S_c$ KVA
Boycar	1,05	925	971	1214
Equipements auxiliaires	0,842	430	362	453
Entretien et éclairage	0,842	60	51	63

Puissance totale apparente de calcul :  $S_{cT} = 1730 \text{ KVA}$  avec  $\cos \varphi = 0,8$ .

Etant donné que l'installation sera compensée à  $\cos \varphi = 0,87$

la puissance totale apparente de calcul sera :  $S_{cT_e} \# 1590 \text{ KVA}$



#### 4. Choix de la puissance des transformateurs.

Le site de l'installation dispose de deux lignes en 30 kV.

La solution que nous retenons consiste à installer un transformateur principal de 1600 kVA en 30 kV / 6 kV pour une tension de court-circuit  $u_k = 6\%$ , devant alimenter par le même jeu de barres le moteur d'entraînement du broyeur ainsi que l'installation annexée qui comportera en amont un transformateur de 6 / 0,4 kV de 630 kVA pour une tension de court-circuit de  $4\% = u_k$ .

Les postes de transformateurs seront installés à l'intérieur de l'atelier conformément aux normes en vigueur.

#### 5. Choix du mode de distribution.

La fiabilité de la distribution que l'on désire établir, la présentation du réseau HT, la position géographique du poste par rapport au réseau HT, l'économie de la distribution sont autant de critères d'appréciation des différents types d'alimentation existants.

Nous en concevons trois :

a) - distribution en simple dérivation : solution courant le réseau aérien simple, économique mais un défaut en amont du poste entraîne l'immobilisation de l'installation pendant toute la durée de réparation du défaut.

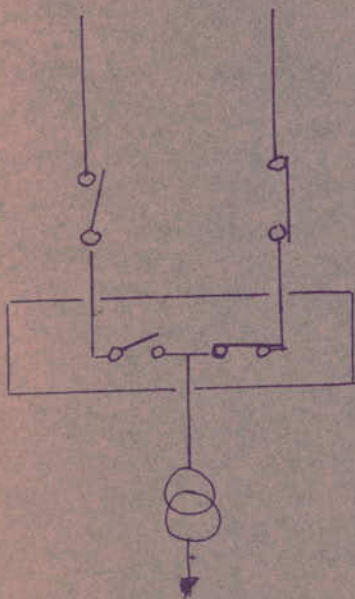
b) - distribution en boucle ou coupure d'auteurs : solution fréquente en réseau souterrain avec l'avantage de deux alimentations, le service continue dès que le défaut est localisé.



c) distribution en double dérivation : l'installation est alimentée par deux câbles distincts provenant de deux sources distinctes. En cas de défaut sur l'une des sources, l'alimentation continue par le passage sur l'autre câble (manœuvre manuelle ou automatique).

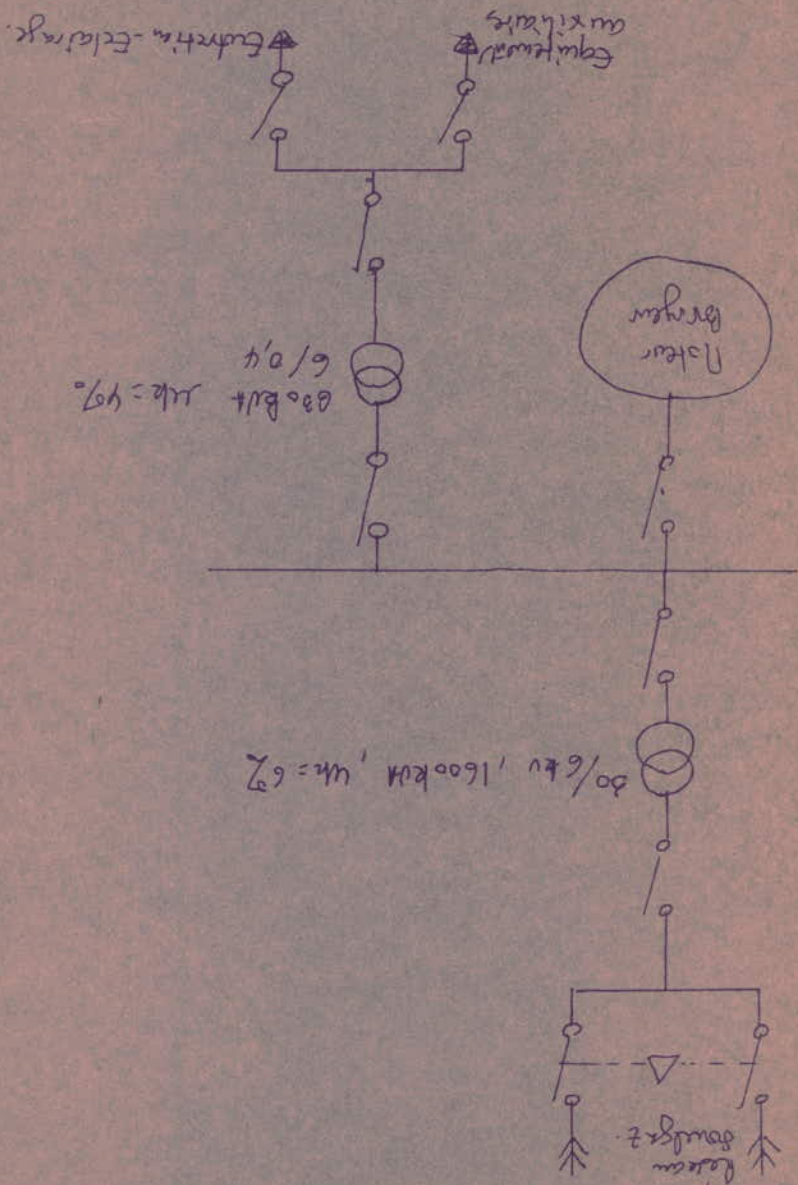
Compte tenu des impératifs de la continuité de service et étant donné la proximité de deux lignes du 30kV, nous optons pour une alimentation en double dérivation.

Schéma de la distribution en double dérivation





1) schéma synoptique de la distribution





## VI. Détermination des courants de court-circuit.

### 41. Généralités

Parmi les problèmes qui se posent lors de l'étude d'un projet d'installation électrique le plus important est le choix des appareils de protection.

Outre la tension et le courant de service, le courant de court-circuit est pris en considération pour justifier ce choix.

La détermination du courant de court-circuit peut se faire par des essais sur le réseau (ou réseau modèle) mais cette méthode est onéreuse, longue et peut engendrer des perturbations. Aussi la méthode de calcul sans trop de complexité donne généralement de bons résultats.

### 42. Rappels sur les courants de court-circuit.

Le court-circuit monophasé se crée lors d'une liaison entre une phase et la terre dans le cas où le neutre est mis à la terre.

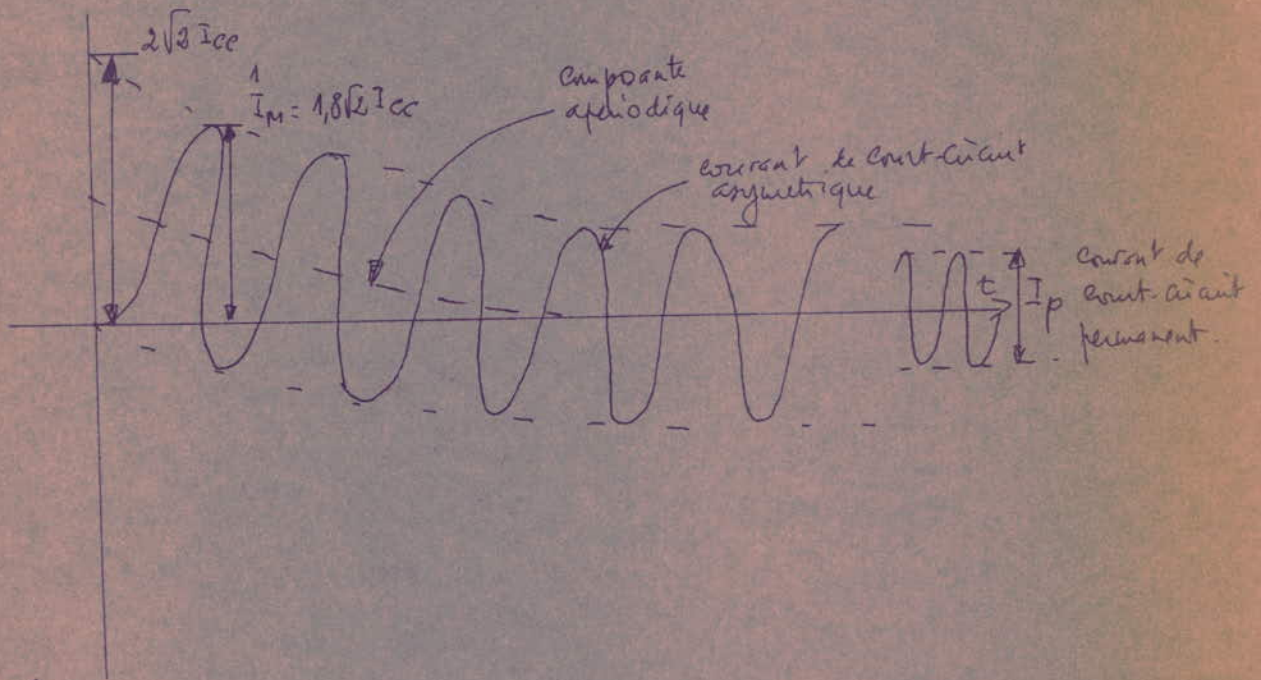
Quand le neutre est isolé, un court-circuit monophasé consiste en la liaison à la terre avec déquage de l'isolation entre le neutre et la terre.

Dans le court-circuit bipolaire, les deux phases en défaut forment un circuit fermé soumis à la tension composée.

Le court-circuit triphasé est une liaison entre les trois phases.



43. Allure du courant de court-circuit en fonction du temps.



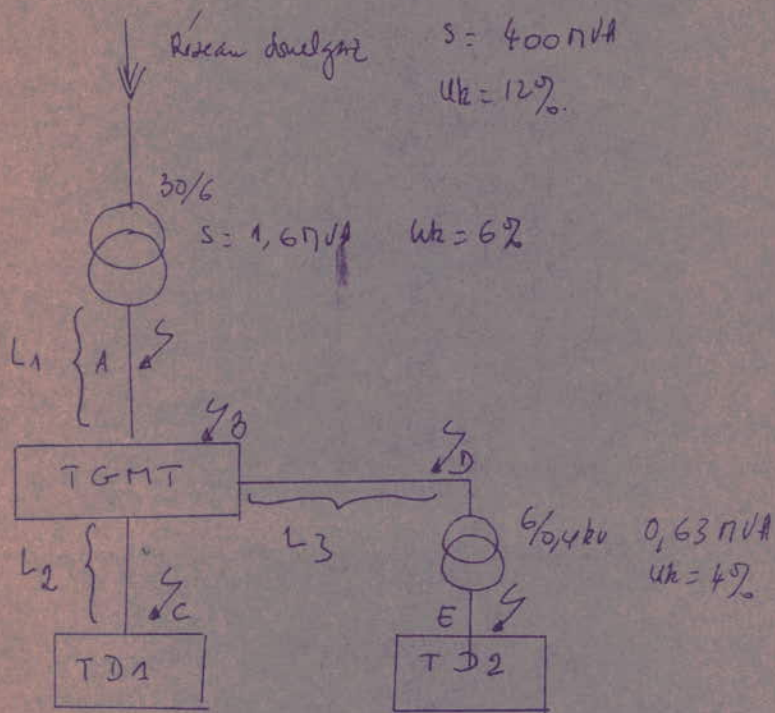
$I_M$  : Courant de court-circuit maximal (valeur momentanée maximum au début du court-circuit) ou valeur de crête.

$I_{cc}$  : Début de la composante alternative du courant de court-circuit ; valeur effective de la composante alternative du courant de court-circuit.

$I_p$  : Courant de court-circuit permanent (dépend des organes de réglage).



44. Schéma simplifié du réseau de distribution de l'installation.





#### 45. Notations adoptées

$I_a$  : courant empé : valeur effective de  $I_{cc}$  qui traverse la protection au moment du court-circuit [kA]

$I_p$  : courant de c.c. permanent [kA]

$I_{cc}$  : composante alternative initiale du courant de court-circuit en valeur effective [kA].

$I_n$  : somme des courants nominaux à l'endroit du court-circuit. [kA].

$I_{th}$  : composante thermique de courte durée : valeur effective du courant d'intensité constante que peut supporter un appareil ou dispositif pendant un court temps (de 1 à 3 s) sans surchauffe inadmissible.

$S$  : puissance apparente en [kVA].

$U$  : tension de service en [kV]

$X$  : réactance en [ $\Omega$ ]

$Z$  : impédance =

$Z_{eq}$  : " équivalente

$\mu$  : facteur de correction du courant  $I_{th}$  (composante continue).



$V$  : facteur de correction de  $I_{th}$  (composante alternative).

$t$  : durée de court-circuit. [s].

$t_{min}$  : temps minimum de mesure. [s].

$u_k$  : tension relative de dispersion au tendon de court-circuit  
de [%]

$\gamma$  : coefficient de surcircuit de court-circuit maximum

$\lambda$  : facteur de courant de court-circuit permanent ( $I_p$ )

$\lambda_1$  : facteur d'augmentement de  $I_p$ .

$P_{cc}$  : puissance de court-circuit [MVA]

$P_a$  : puissance appuie [MVA].



## II. Détermination des valeurs des courants de court-circuit

### 51. Court-circuit au point A. (figure 44)

a) détermination de l'impédance du réseau SMELCANT.

$$S_G = 400 \text{ MVA} \quad , \quad U = 30 \text{ kV}$$

$$u_k = 12\%$$

la réactance de dispersion sera:

$$X_G = \frac{u_k}{100} \frac{U^2}{S_G} = \frac{12}{100} \frac{(30)^2}{400} = 0,27 \Omega.$$

La résistance effective est négligeable  $\Rightarrow Z_G = X_G = 0,27 \Omega.$

b) Impédance du transformateur  $T_1$

$$S = 1,6 \text{ MVA} \quad U = 6 \text{ kV}$$

$$u_k = 6\%$$

$$I_{N_T} = \frac{S}{U\sqrt{3}} = \frac{1,600}{6\sqrt{3}} = 0,154 \text{ kA}.$$

$$X_T = \frac{6}{100} \frac{(6)^2}{1,6} = 1,35 \Omega.$$

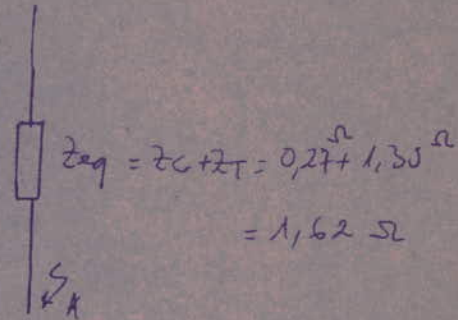
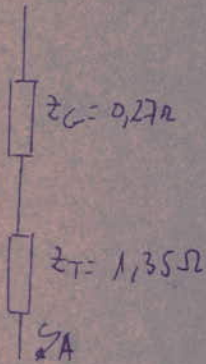
La résistance effective peut être négligée pour ce transformateur ( $S > 1,5 \text{ MVA}$ ).

$$\Rightarrow X_T = Z_T = 1,35 \Omega$$

c) on négligera l'impédance de la ligne (de 30 kV et 6 kV).



d) Impédance équivalente.



e) Courant de court-circuit au A.

$$I_{ccA} = \frac{U}{\sqrt{3} z_{eq}} = \frac{6}{\sqrt{3} 1,62} = 2,138 \text{ kA.}$$

$$\underline{I_{ccA} = 2,138 \text{ kA.}}$$

f) Puissance de court-circuit au A.

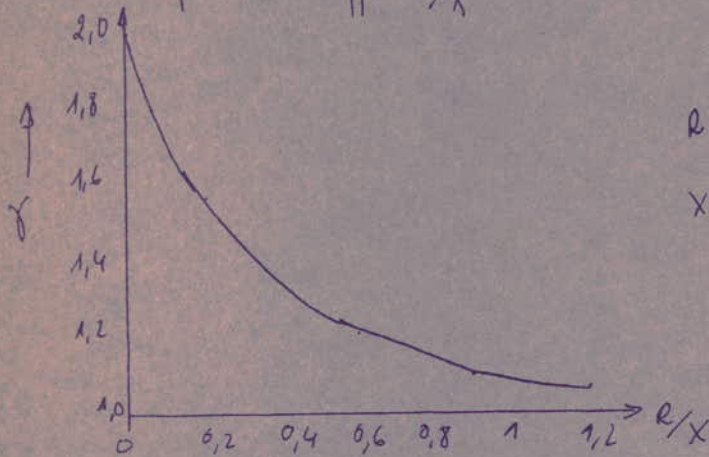
$$P_{cc} = \frac{U^2}{z_{eq}} = \frac{(6)^2}{1,62} = 22,2 \text{ MVA.}$$

g) Courant de court-circuit max. triphasé:  $\frac{1}{\sqrt{3}} I_M$ .  
Il est (déterminant pour le dimensionnement de l'installation en regard aux effets dynamiques)



$$\hat{I}_M = \gamma \sqrt{2} I_{cc}$$

$\gamma$  depend du rapport  $R/X$  et est déterminé par le diagramme suivant.



$R$  : résistance effective ( $\Omega$ )

$X$  : reactance

Pour obtenir le meilleur dimensionnement on prendra  $\gamma = 1,8$

$$\Rightarrow \hat{I}_{MA} = 1,8 \sqrt{2} I_{ccA} = 2,55 I_{ccA}$$

$$= 2,55 \times 2,138 = 5,45 \text{ kA}$$

$$\hat{I}_{MA} = 5,45 \text{ kA}$$

b) Puissance de coupure et courant ampère ( $P_A$  et  $I_A$ ) en A.

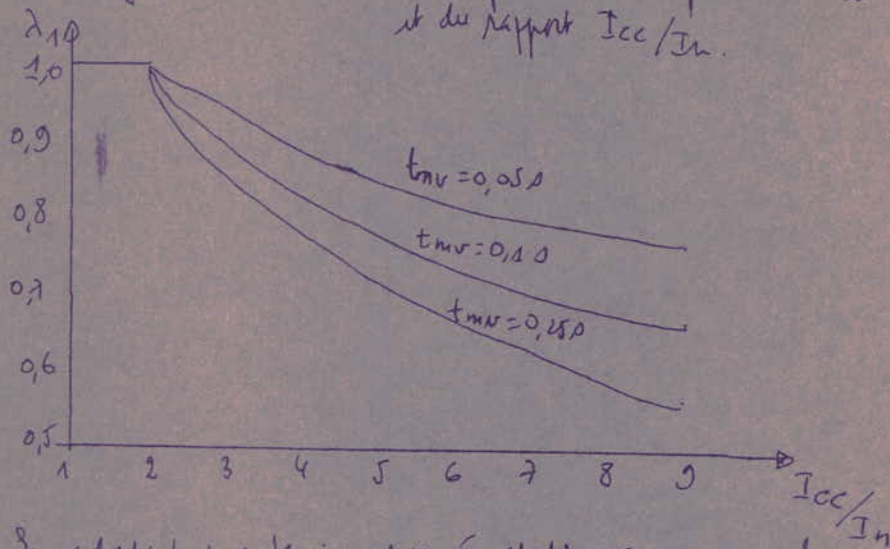
$$P_A = \lambda, P_{ccA}$$

$$I_A = \lambda, I_{ccA}$$



Le coefficient  $\lambda_1$  est déduit du diagramme suivant.

$\lambda_1$ : facteur d'abaîssement dépendant du temps maximum de manœuvre et du rapport  $I_{cc}/I_n$ .



En adoptant une liaison supra-stationnaire comme base de calcul, on peut prendre  $\lambda_1 = 1$ .

$$\Rightarrow P_a = P_{cca} = 22,2 \text{ MVA}$$

$$I_a = I_{cca} = 2,138 \text{ kA}$$

i). Courant de court-circuit permanent  $I_p$  et courant thermique de court-circuit  $I_{th}$ .

1)  $I_p = \lambda I_n$   $I_n$  étant la somme des courants nominaux au point considéré.

$\lambda$  dépend du rapport  $I_{cc}/I_n$ , en prenant comme base une liaison stationnaire (Puissance de réseau  $\gg$  Puissance installée)

$$\Rightarrow \lambda = 1 \Rightarrow I_p = I_{cca} = 2,138 \text{ kA}$$



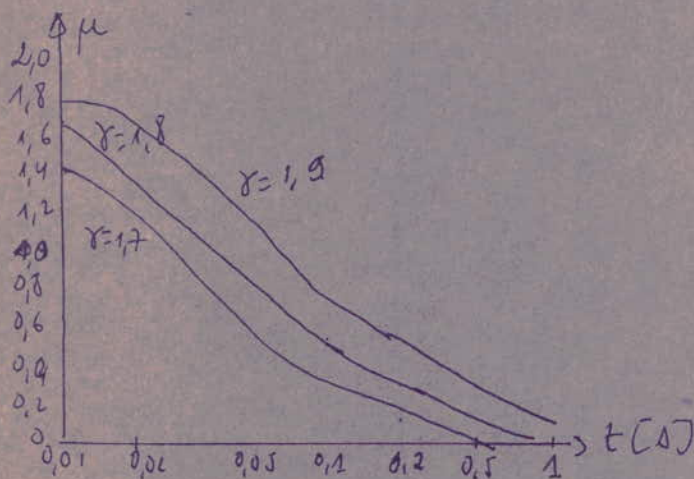
2) courant thermique de court durée en A

$$I_{th_A} = I_{cc_A} \sqrt{\mu + 1} \quad [kA_{eff}]$$

Le facteur  $\mu$  tient compte de la composante alternative continue

a)  $\mu$  dépend de  $\gamma$  et du rapport temps

Pour  $\gamma = 1,8$  on aura :



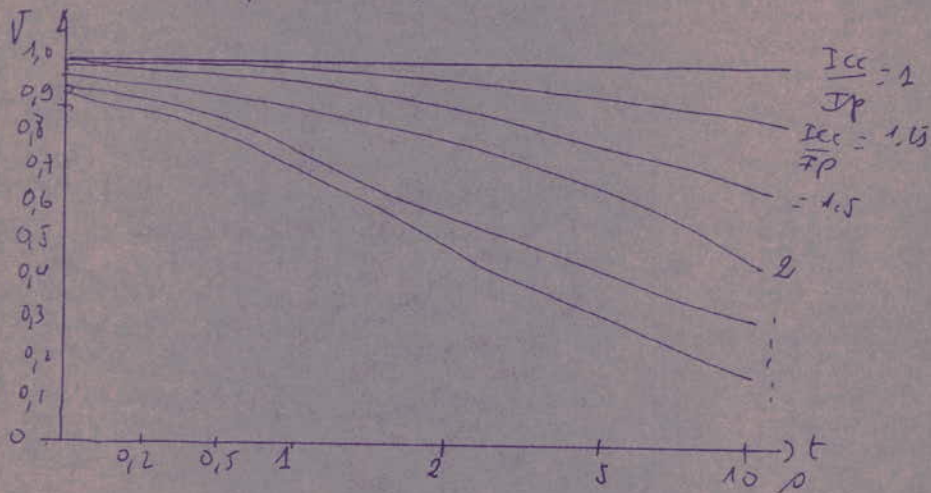
$t$  : durée de court circuit : pour  $t = 0,1$  s,  $\gamma = 1,8 \Rightarrow \mu = 0,58$



b) détermination de  $V$

$V$  dépend du rapport  $I_{cc}/I_p$  et du temps de court-circuit.

il est donné par le diagramme suivant:



$$\text{pour } \frac{I_{cc}}{I_p} = 1 \Rightarrow V = 1$$

$$\Rightarrow I_{thA} = I_{ccA} \sqrt{(0,58) + 1} = I_{ccA} \times 1,25$$

$$I_{thA} = 2,67 \text{ kA.}$$

Le courant de court-circuit admissible d'un appareil de protection devra toujours être supérieur au courant thermique de court-circuit  $I_{th}$  calculé à l'emplacement de cet appareil et pour une durée présumée de court-circuit.



## 52. Courant de court circuit en B.

Pour le calcul de ce point, nous considérons que l'ensemble des équipements du site du tableau général Moyenne Tension (TG-MT) est équivalent à un moteur de puissance égale à la puissance totale, alimenté en 6 kV avec  $\cos \varphi_n = 0,3$  et  $\frac{I_d}{I_N} = 4$ .

$\gamma_n = 0,7$ . On se place ainsi dans le cas le plus défavorable  $I_N$

A ce moteur, correspondra une impédance  $z_n$

$I_d$  = courant de démarrage du moteur équivalent  
 $I_N$  = " nominal " "

a) puissance  $P_n$  du moteur équivalent:

Puissance équivalente :  $P_n = 1384 \text{ kW}$

$$X_n = \frac{1}{\frac{I_d}{I_N}} \frac{U}{\sqrt{3} I_n}; \text{ on prend } R_n = 0,3 X_n.$$

$$I_N = \frac{P_n}{U \sqrt{3} \cos \varphi_n \gamma_n} = \frac{1384}{6 \times \sqrt{3} \times 0,3 \times 0,7} = 634 \text{ A}$$

$$X_n = \frac{1}{4} \frac{6}{1,732 \times 0,634} = 1,36 \Omega, \quad R_n = 0,4 \Omega$$

$$|z_n| = \sqrt{X_n^2 + R_n^2} = \sqrt{1,85 + 0,166} = 1,42 \Omega$$

$$z_n = 1,42 \Omega.$$



b) courant de court-circuit apporté par le moteur équivalent

$$I_{ccn} = \frac{1,1 \frac{U}{\sqrt{3} Z_n}}{\sqrt{3} \times 1,42} = \frac{1,1 \times 6}{\sqrt{3} \times 1,42} = 2,7 \text{ kA}$$

Nous avons majoré  $I_{ccn}$  de 10% à cause de la proximité de ce moteur ("générateur") du point de court-circuit.

Au moment du court-circuit le moteur équivalent se comporte comme une self, le courant  $I_{ccn}$  (composé surtout de courants magnétisants de durée très courte du court-circuit) est très déphasé par rapport à la tension de dérive tout comme le courant qui traverse le transformateur au moment du court-circuit, de ce fait pour simplifier les calculs, nous procédons à une sommation algébrique des deux courants apportés au point B.

d'où l'expression du courant total de court-circuit en B

$$I_{ccB} = I_{ccA} + I_{ccn} = 2,14 + 2,7 = 4,84 \text{ kA}$$

$$\underline{I_{ccB} = 4,84 \text{ kA}}$$

c) Puissance de court-circuit apportée par le moteur équivalent.

$$P_{ccn} = I_{ccn} \sqrt{3} U = 2,7 \times 1,732 \times 6 = 28 \text{ MW}$$

=> Puissance de court-circuit totale en B

$$P_{ccB} = P_{ccA} + P_{ccn} = 22,2 + 28 = 50,2 \text{ MW}$$



d) Puissance de coupure au point B et courant coupé.

Un appareil de coupure aussi perfectionné qu'il opère toujours avec un certain retard (qui correspond à la durée de fonctionnement du relai et au temps propre du disjoncteur) et étant donné que la forme même alternative du courant de court-circuit décroît rapidement avec le temps, le courant coupé et la puissance coupée ont toujours aux valeurs initiales de  $I_{cc}$  et de  $P_{cc}$ .

en se référant au diagramme  $d_1 = f\left(t_{mv}, \frac{I_{cc}}{I_n}\right)$

$$\text{pour } t_{mv} = 0,11 \quad \text{et } I_n = I_{NT} + I_{NT} = 0,153 + 0,634 \\ = 0,788 \text{ kA.}$$

$$\text{avec } \frac{I_{ccB}}{I_n} = \frac{4,84}{0,788} = 6,14 \quad \text{on lit : } d = 0,68$$

$$\Rightarrow \text{Puissance coupée : } P_{aB} = d, P_{ccB} = 0,68 \times 50,2 \\ = 34,14 \text{ MW}$$

$$\text{Courant coupé : } I_{aB} = d, I_{ccB} = 0,68 \times 4,84 \\ I_{aB} = 3,3 \text{ kA.}$$



53. Tableau récapitulatif des courants  $I_{cc}$ ,  $I_a$ ,  $I_{th}$ ,  $I_p$ ,  $\hat{I}_n$  aux points de défauts

	$I_{cc}$ kA	$I_a$ kA	$I_{th}$ kA	$I_p$ kA	$\hat{I}_n$
A	2,138	2,138	2,67	2,138	5,45
B	4,84	3,3	5,37	4,34	12,74
C	0,78	0,53	0,96	0,78	2
D	0,15	0,1	0,19	0,15	0,38
E	0,2	0,14	0,25	0,2	0,51



## VI. Dimensionnement des câbles d'alimentation.

### 61. Critères de choix des câbles.

- le mode de pose et la nature du milieu ambiant
- Tension, intensité et nature des courants à transporter.
- mode de mise à la terre du neutre.
- nature des ames des conducteurs
- facteur de puissance (compensation des appareils).
- chute de tension admissible.
- Intensité de démarrage des moteurs.
- Valeur du courant de court circuit et temps de coupure au défaut.
- Régime de marche, facteur d'utilisation.
- Critères économiques (amortissements, ...)

### 62. Tension spécifiée d'un câble.

Elle s'exprime par le rapport  $\frac{U_0}{U}$  où  $U_0$  désigne la tension entre l'âme du conducteur et  $U$  un potentiel de référence (la terre par exemple).

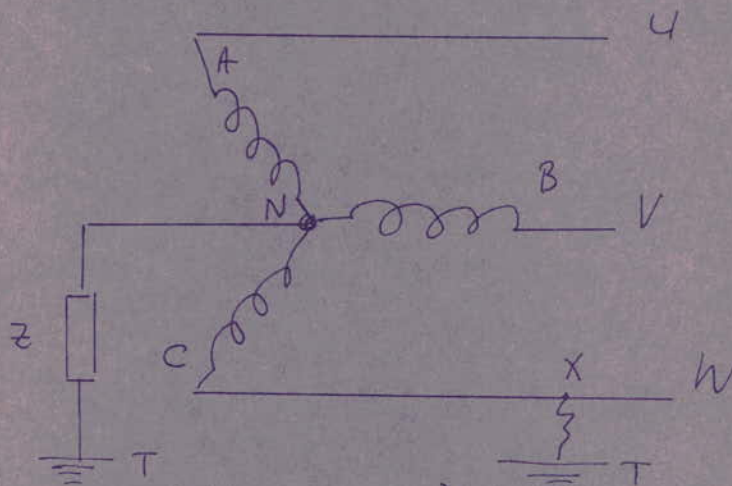
cette tension détermine l'épaisseur de l'isolant.  
 U'étant la tension entre deux âmes conductrices.

Le choix de la tension spécifiée dépend de la tension nominale du réseau, des protections, des câbles et du mode de raccordement du neutre.

La tension nominale du câble sera au moins égale à la tension nominale du réseau.

### 63. Mode de raccordement du neutre.

Pour notre installation, nous avons opté pour un neutre mis à la terre à travers une impédance



Si un défaut se produit (exemple en X) : le circuit NCXT fermé, le courant de court-circuit est limité à une valeur suffisante pour permettre le fonctionnement des protections sans trop endommager le réseau. Le potentiel de N dépend de la chute de tension dans l'impédance Z. Il atteint au plus  $\frac{U}{\sqrt{3}}$



## 64. Détermination de la section des câbles

La section d'un câble peut être calculée de deux façons :

- 1) Calcul de la section technique
- 2) " " économique.

a) La section technique : elle équivaut à la section la plus petite normalisée appartenant à un type de câble et satisfaisant les conditions suivantes :

- Échauffement normal : en fonctionnement normal, la température de l'âme ne doit pas dépasser la température maximale admissible pour le matériau constituant l'âme. Cette condition déterminera la section à la condition température soit  $S_{\theta}$ .

- Chute de tension : elle doit être compatible avec la tension au départ de la ligne et celle devant alimenter les récepteurs. On détermine ainsi la condition chute de tension soit  $S_{Su}$ .

Nb : Étant donné la structure de notre réseau en moyenne tension, la chute de tension sera très négligeable, de ce fait nous ne calculerons pas  $S_{Su}$ .

- Surcharge due au courant de court-circuit :  
À la fin de la surcharge de courte durée, la température de l'âme ne doit dépasser celle admissible. Cette condition nous permet de calculer la section  $S_c$  à la condition surcharge en court-circuit.

b) Section Economique.

C'est la section pour laquelle le coût d'exploitation tenant compte du prix du câble, de l'amortissement et des pertes par effet joule est minimal.

Mais cette section est souvent supérieure à la section technique et pour cela on n'y a pas souvent recours.

Elle se calcule comme suit:

$$S_e = I \sqrt{\frac{e \cdot n \cdot \rho \cdot H \cdot 10^{-3}}{A \cdot G}}$$

e : prix de l'énergie électrique en DA/kwh.

n : nombre de conducteurs actifs de liaison

$\rho$  : résistivité du métal

H : nombre d'heure de service par année

A : annuité

G : substrate.



## 65 Calcul de la section technique

Nous ferons le calcul pour le tronçon  $L_1$  de moyenne Tension, la même méthode sera utilisée pour la détermination de toutes les autres sections de câbles.

a) Intensité nominale traversant le câble.

$$I_N = \frac{P_{eTC}}{U\sqrt{3}} = \frac{1590}{6 \times 1,732} = 153 \text{ A}$$

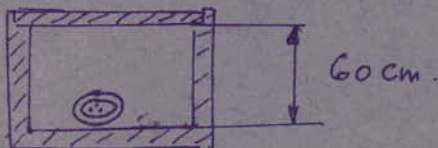
b) Détermination de  $S_0$

Pour le calcul de  $S_0$ , on fait intervenir un facteur de correction  $C$  produit de 4 facteurs secondaires:

$$C = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \text{ avec}$$

- $C_1$ : facteur de correction de température ambiante
- $C_2$ : " " " " fonction du mode de pose
- $C_3$ : " " " " de proximité d'autres câbles
- $C_4$ : " " " " pour câble enterré dans des sols de résistance thermique différente de  $100^\circ\text{C cm/W}$ .

Le câble moyenne tension de la liaison  $L_1$  suscitée est isolé au polyéthylène à haute densité à champ radial, à une  $70^\circ\text{C}$  en fonctionnement normal et  $160^\circ\text{C}$  en régime de court circuit dans le conduit du câble d'usage.



Température ambiante  $25^\circ\text{C}$

La nomenclature Tréficable 1980 donne les valeurs suivantes :

$$c_1 = 0,96$$

$$c_2 = 0,80$$

$$c_3 = c_4 = 1$$

$$\Rightarrow c = c_1 c_2 = 0,96 \times 0,80 = 0,77.$$

Intensité fictive traversant l'âme conductrice sera :

$$I_f = \frac{I_N}{c} = \frac{153}{0,77} = 198,7 \text{ A} \approx 199 \text{ A}$$

En se référant au tableau câbles N.T, on prend la section immédiatement supérieure à celle correspondante à  $I = 199 \text{ A}$   
soit  $S_0 = 3 \times 70 \text{ mm}^2$ .

c) Détermination de  $S_c$  (à la condition surcharge en court-circuit)

- Intensité de surcharge par conducteur : on prend la valeur de  $I_{th\beta}$  soit :  $I_{th\beta} = 5,37 \text{ kA}$ .

- Température de l'âme du câble avant la surcharge :  $70^\circ\text{C}$

- " admissible à la fin de la surcharge :  $160^\circ\text{C}$

- durée maximale de la surcharge :  $t = 2 \text{ s}$ .

- Type de câble : isolé au PVC (ou polyéthylène H.D.)

- Densité de courant de court-circuit admissible :  $d = 70 \text{ A/mm}^2$   
(cf Tréficable 80)



on aura ainsi

$$S_c = \frac{I_{th} B}{d} = \frac{5370}{75} = 67,97 \neq 68 \text{ mm}^2$$

La section normalisée sera :

$$S_c : 3 \times 70 \text{ mm}^2.$$

Tableau récapitulatif des sections de câbles (Tensions cf 44)

	$S_\theta$	$S_c$
$L_1$	$3 \times 70 \text{ mm}^2$	$3 \times 70 \text{ mm}^2$
$L_2$	$3 \times 50 \text{ mm}^2$	$3 \times 25 \text{ mm}^2$
$L_3$	$3 \times 25 \text{ mm}^2$	$3 \times 10 \text{ mm}^2$

Des deux sections ( $S_\theta$  et  $S_c$ ) on choisira la plus grande.

L'alimentation basse tension se fera en 3 câbles en cuivre isolé PVC

de  $3 \times 240 \text{ mm}^2$ .

Tableau des câbles en Polychlorure de Vinyle triphasé à champs radiaux

Section mm <sup>2</sup>	diamètre extérieur mm	masse kg/km	Intensité air libre	Intensité enterré	Rayon de courbure
3x10	31,5	1340	60	75	252
3x25	34,3	1430	105	125	283
3x35	37	1880	130	150	308
3x50	39,9	2410	165	195	316
3x70	39,9	3180	200	235	350
3x95	43,6	4070	250	280	389
3x120	46,4	4850	290	325	421
3x150	49,6	5740	330	365	451

Les câbles sont conformes à la spécification HV 33522 pour les câbles moyenne tension



## VII Protections.

### 61. Protection générale et commande du transformateur en double dérivation

#### 610. Alimentation

On utilisera deux sectionneurs interverrouillés de type basculant moyenne inertie à commande manuelle à levier.

Ce type de sectionneur se caractérise par des contacts à mâchoires et des supports isolants à armatures internes conforme à la norme UTE C 64.160

#### caractéristiques :

Tension nominale : 30 kV

Tenue diélectrique pendant 1 minute : à la masse : 75 kV off.  
à 50 Hz entrée sortie : 100 =

Tenue aux ondes de choc 1,2/50  $\mu$ s : à la masse : 170 kV off.  
entrée - sortie : 195 =

Courant nominal : 400 à 600 A.

Courant de court-circuit admissible : 38 kA valeur instantanée  
15 kA pendant 1 s

### 611 Protection générale et commande du poste.

#### 62 (Protection du poste 1600 kVA)

L'appareillage doit assurer : 1) une protection du réseau, contre les surintensités et courants de court-circuit.

2) protection du transformateur contre les surcharges (thermostat ou Buchholz ou BT existant sur HT) et limitation des défauts internes du transformateur

3) Eviter le fonctionnement en monophasé.

on utilise un interrupteur-sectionneur plus un coupe-circuit à fusibles combinés à haut pouvoir de coupure.

L'interrupteur-sectionneur est du type décaut en 610 (caractéristiques) mais à commande électrique.

Les coupes-circuits sont à interdépendance mécanique entre fusibles. La fusion d'un fusible provoque immédiatement l'ouverture de l'interrupteur.

De plus, chaque pôle du fusible est muni d'un mécanisme à armement, lors de la fusion d'un fusible l'indicateur déclenche ce mécanisme et agit sur une trollette pour manoeuvrer un arbre sur lequel sont montés un contact auxiliaire inverseur. C'est ce contact qui ouvre automatiquement l'interrupteur-sectionneur à commande électrique.

Caractéristiques des fusibles à H.P.E :

- Tension nominale : 36 kV
- Tension de service : 30 kV
- calibre : 160 A.

62. Protection générale du transformateur 630 kVA 6/0,4 kV.

on utilise un disjoncteur à empure dans l'air capable des opérations suivantes :

- empure des courants de court-circuit
- empure des courants inductifs et capacitifs
- fermeture sur réseau en court-circuit
- réenclenchement rapide automatique



### Caractéristiques du disjoncteur :

Tension nominale : 7,2 kV

Tension de service : 6 kV

Courant nominal : 200 A

Pouvoir de coupure : 60 MVA  
6 kA

Pouvoir de fermeture : 18 kA c.c.

### 63. Protection du moteur du broyeur.

Disjoncteur MT à coupure dans l'air (Le fait d'utiliser l'air comme diélectrique présente beaucoup d'avantages notamment celui d'un entretien facile et d'un prix de revient bas).

### Caractéristiques :

Tension nominale : 7,2 kV

Tension de service : 6 kV

Courant nominal : 160 A

Pouvoir de coupure : 60 MVA  
2 kA

Pouvoir de fermeture : 10 kA.

### VIII. Influence sur le réseau.

Le bon fonctionnement d'une installation industrielle dépend de la continuité de la fourniture de l'énergie électrique.

Pour assurer cette continuité il faut réduire les points litigieux et éliminer leurs effets sur le réseau.

Les perturbations peuvent avoir lieu selon :

- l'état des appareillages du réseau
- l'importance des installations desservies

Ces perturbations se produisent sous forme de baisse de tension, phénomène néfaste au bon fonctionnement des machines électriques.

#### 81. Causes des creux de tension :

- a) Causes volontaires inévitables :
- perturbation dans les installations d'un proche usager du réseau.
  - installation propre.

Ces perturbations sont dues :

- aux courts circuits internes avant la mise hors tension des appareils concernés par le défaut.
- au fonctionnement des machines en régime industriel ou même à la mise hors service d'appareils appelant un fort courant au démarrage.



## b) causes involontaires.

- rupture d'un support ou d'un isolateur
- " " conducteur
- contact avec des branches d'arbre, riveaux ...
- cas de foudre (origine atmosphérique).

## 82. Conséquences sur les machines électriques.

Les aires de tension sont susceptibles de créer des inconvénients dont l'importance dépend de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des creux de tension.

- \* des installations protégées par des relais à manque de tension ne subissent aucun dégât, mais il y a immobilisation qui peut être préjudiciable à la production.

(83). Le fonctionnement des moteurs asynchrones n'est pas très sensible aux variations de tension. On admet généralement un écart de tension de  $\pm 10\%$  de la valeur nominale.

Mais quand la fluctuation dépasse cette plage, il s'ensuit :

- une diminution du couple de démarrage et du couple nominal
- une baisse de vitesse en charge
- un échauffement normal dans les enroulements

### 83 Calcul de la gêne.

La perturbation peut être due au démarrage du moteur d'entraînement des broyeurs.

C'est un moteur asynchrone triphasé. Au démarrage il fait appel à une intensité de courant  $I$  par phase.

$X, R$  étant la réactance et la résistance de la ligne de défaut.

La chute de tension simple  $\Delta V$  provoquée par la machine est :  
(le circuit statique de court circuit)

$$\Delta V = RI \cos \varphi + XI \sin \varphi.$$

$\varphi$  étant l'angle de déphasage du courant  $I$  sur la tension simple  $V$ .

$$P = UI\sqrt{3} \cos \varphi \quad \text{Puissance active}$$

$$Q = UI\sqrt{3} \sin \varphi \quad \text{Puissance réactive}$$

Tension composée :  $U = V\sqrt{3}$

$$\Delta V = \frac{1}{3V} (RP + XQ) \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} \% = \frac{100}{4^2} (RP + XQ)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$\Rightarrow S^2 = \frac{Q^2}{\operatorname{tg}^2 \varphi} + Q^2 \Rightarrow S = \frac{Q}{\operatorname{tg} \varphi} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}$$

$$\text{et } Q = \frac{S \operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}$$

$$\text{d'où l'expression de l'amp de tension : } \frac{\Delta V}{V} \% = \frac{100 S}{4^2 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$



En définitive, les courants de démarrage des machines électriques et les courants de court-circuit provoquent des perturbations plus ou moins dangereuses :

- creux de tension
- échauffements anormaux des câbles
- effets électrodynamiques

## IX Note de démarrage du moteur de broyeur

### 5. Démarrage sous tension réduite.

Nous avons opté pour un démarrage étoile-triangle qui consiste à enclencher les enroulements étoile en étoile durant le décollage puis à rétablir le enclenchement en triangle quand le rotor atteint sa vitesse nominale.

Le mode de démarrage nous permet de réduire le courant de démarrage en étoile au  $\frac{1}{3}$  même si le couple est aussi dans le rapport  $\frac{1}{3}$  car le broyeur démarre toujours à vide.

Le système de démarrage est muni d'un inverseur à deux

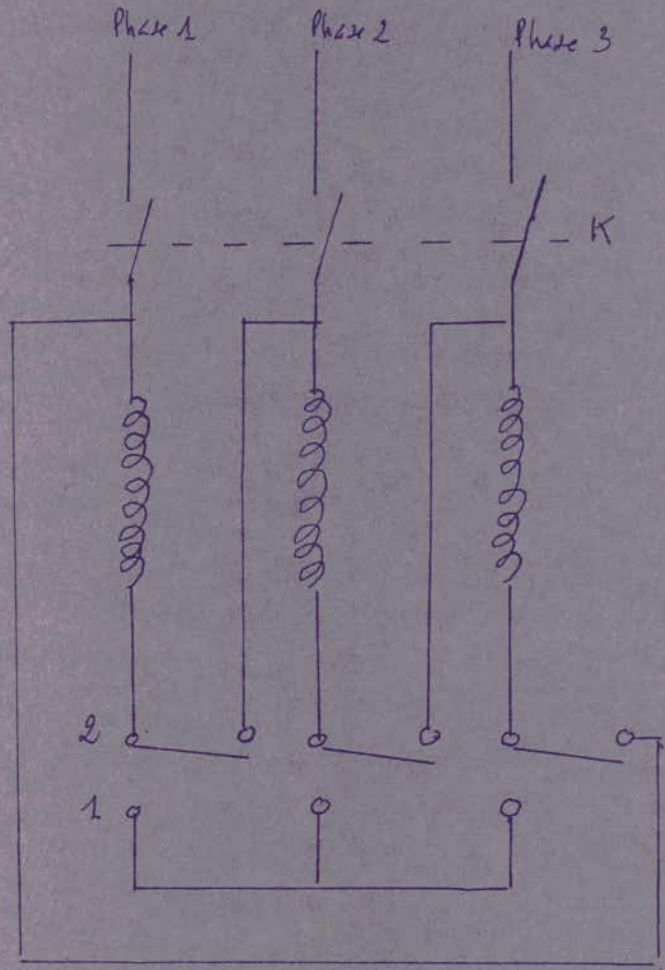
positions :

- 10 - Couplage étoile
- 20 - Couplage triangle

voir le schéma  $Y - \Delta$ .



schéma du démarrage Y-Δ.



## X. Compensation de l'installation.

Dans toute installation électrique, l'énergie électrique consommée se décompose en énergie active (transformée en énergie mécanique et en énergie chaleur) et en énergie réactive (nécessaire à l'excitation magnétique des récepteurs inductifs).

Le facteur de puissance moyen d'une installation est la valeur de  $\cos \phi$  établie d'après les consommations d'énergie active et réactive enregistrées pendant une période (mois, année).

Quand une installation consomme trop d'énergie réactive, il s'ensuit :

- une intensité supérieure à celle nécessaire au travail fourni
- une diminution de la puissance disponible pour l'installation
- des pénalités pour surconsommation d'énergie réactive.

### 91. Mode de compensation.

Nous optons pour une compensation générale au niveau du transformateur (étant donné que nous avons une distribution regroupée) par une batterie de condensateurs en moyenne tension pour relever le  $\cos \phi$  de 0,8 à 0,87 ou utiliser une batterie de condensateur équipée comme suit :



- un interrupteur de commande à rupture brusque pour éviter leur désamorçage à l'ouverture simultanée des trois pôles pour éviter des phénomènes transitoires.
- des fusibles généraux qui, en cas de claquage d'une unité, couvrent la phase voisine. Le fusible d'un seul des trois fusibles doit entraîner la commande de déclenchement de l'interrupteur car le fonctionnement déséquilibré risquerait d'entraîner des perturbations dans le réseau (ferroresonance ...).
- d'inductance de décharge, calculée de façon que, après l'ouverture de l'interrupteur, les condensateurs se déchargent en un temps suffisamment court pour éviter les accidents au fusible d'entretien.
- d'un relais de déséquilibre
- d'un relais wattmétrique.

La batterie se divise en plusieurs gradins, chaque gradin se commande séparément

## XI. Conclusions.

Le projet d'une installation de broyage étant à sa phase première (appel d'offres), n'ayant pas toutes les données de construction des machines électriques devant fonctionner dans cette installation, nous nous sommes limités à une étude d'approche des besoins en énergie électrique, de la distribution, des protections, de la compensation de l'installation de broyage.

Il serait souhaitable, qu'une fois toutes les données seront réunies, on reprenne cette étude de manière plus étoffée et précise.



## BIBLIOGRAPHIE.

- Fonctionnement et protection des réseaux . J. FAURAUD
- Cahiers techniques : VINCENT SAPUTO
- ELECTRICITE INDUSTRIELLE . Machines  
BELLIER et A. GALICHON
- REVUE BROWN BOVERI
- COMPAGNIE ELECTROMECHANIQUE 72