

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur**  
**et de la Recherche scientifique**



**Université d'EL-Oued**  
**Faculté des Sciences et de Technologies**



**Mémoire de Fin d'Etude**  
**En vue de l'obtention du diplôme de**

**LICENCE ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences et de Technologies**

**Filière: Génie Électrique**

**Spécialité: Réseaux Électriques**

## **Thème**

**Choix des équipements dans les réseaux HT**

**Diriger par :**

M<sup>er</sup> .Allal.A/Rahim

**Réaliser par :**

Ben Abdelhamid Oualid  
Daoudi Lakhdar

**Année universitaire :**

**2012/2013**

# Sommaire

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Préface.....	iii
Notations.....	iv
Liste des figures.....	vii
liste des tableaux.....	viii
Introduction générale.....	1

## Chapitre I:

### Choix des paramètres des réseaux

I- Cahier de charge de l'usine de liquéfaction « Camel ».....	3
II- Schéma du réseau d'alimentation électrique proposé préliminaire.....	4
III- Choix du nombre de la puissance des transformateurs du PAP.....	5
IV- Choix de la tension d'alimentation externe de l'entreprise , des paramètres des lignes et des appareils .....	6
II-1- Calcul technico-économique.....	7
II-2- Calcul des pertes d'énergie et de leur cout.....	7
II-2-1- Choix du câble d'alimentation du transformateur.....	7
II-2-2- Vérification du choix d'après la chute de tension.....	8
V- Schéma du réseau d'alimentation électrique définitif.....	9

## Chapitre II:

### Calcul des paramètres du réseau et du courant de court-circuit

I- Calcul des paramètres du réseau.....	11
I-1- Système.....	11
I-2- Transformateur.....	11
I-3- Ligne aérienne ou en câble.....	11
II- Calcul des courants de court-circuit.....	12
II-1- Calcul le courant de court-circuit au point K-1.....	13

II-1-1- Le courant dans les conditions réelles.....	13
II-1-2- Courant de choc.....	13
II-1-3- Puissance de court-circuit.....	13
<b>III- Vérification du résultat par simulation programme MATLAB.....</b>	<b>15</b>

## Chapitre III:

### Choix et vérification des appareils de :

\* Conducteurs .

\* Commutations .

\* Protections .

<b>I- Choix et vérification des appareils de commutation et des conducteurs.....</b>	<b>18</b>
<b>II- Choix et vérification des appareils de commutation et de protection.....</b>	<b>19</b>
II-1- Calculons la puissance maximale à transporté par les lignes aériennes.....	19
II-1-1- Pertes dans les transformateurs du PAP.....	19
II-2- Courant maximal.....	20
II-2-1- Vérification d'appareils le terme thermique.....	20
II-2-2- Vérification d'après le terme électrodynamique.....	20
II-3- Choix et vérification des jeux de barres.....	21
II-3-1- Application aux jeux de barres du PAP.....	21
II-3-2- Vérification d'après le terme thermique.....	21
II-3-3- Vérification d'après le terme électrodynamique.....	22
<b>III- Protection à maximum de courant temporisé.....</b>	<b>23</b>
III-1- Choix des paramètres de la protection.....	23
III-1-1- Courant de fonctionnement.....	23
III-1-2- Temps de fonctionnement.....	23
III-1-3- Coefficient de sensibilité.....	23
III-2- Choix des transformateurs de courant.....	24
III-2-1- Ramenons le courant de fonctionnement de la protection au coté HT.....	24
III-2-2- Choix des relais de protection.....	25
III-2-2-1- Relais de courant.....	25
III-2-2-2- Relais intermédiaire.....	25

III-2-2-3- Transformateurs de courant.....	25
III-3- Protection contre les surcharges.....	26
III-3-1- Choix des paramètres des fonctionnements.....	26
III-3-1-1- Courant de fonctionnement.....	26
III-3-1-2- Temps de fonctionnement.....	26
III-3-2- Choix des paramètres du relais de courant.....	26
III-3-2-1- Paramètres du relais de courant.....	26
III-3-2-2- Relais automédiaire.....	26
III-3-2-3- Relais temporisé.....	27
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>28</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>29</b>

# *Dédicace*

Nous consacrons ce modeste travail à:

Nos chers parents

Nos sœurs et nos frères

Toutes nos familles

Tous nos amis

Tous les enseignants qui m'ont aidé de proche ou de loin pour être un jour  
licencieux d'électrotechnique.

# *Remerciements*

Remerciements à Dieu –le tout puissant– qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promoteur

**M<sup>er</sup> .Allal.A/Rahim** d'avoir accepté de nous encadrer et de nous suivre durant toute cette période.

Nos remerciements vont aussi au président du jury et aux membres du jury examinateurs qui nous fait l'honneur de participer au jury de ce travail.

Et enfin nous remercions l'ensemble, enseignants et collègues de notre promotion, qui nous ont aidés à réaliser ce modeste travail.

---



---

**Notations**

---



---

$S_{MPAP}^{5.5KV}$	Puissance maximale du complexe
P	Puissance active
$S_{caltr}$	Puisque le complexe possède des consommateurs de première catégorie
$K_{chg}$	Coefficient de charge des transformateurs en régime normal
N , n	Nombre
$U_{exp}$	La tension d'alimentation externe
L	Longueur
FA	Frais annuels
$E_n$	Coefficient normatif de l'efficacité des investissements des capitaux
$I_i$	Investissement d'un équipement quel couque
$E_{ai}$	Investissement d'un équipement quel couque
$C_{\Delta W}$	Cout des pertes d'énergie électrique
$I_{max}$	Le courant maximal A
$j_{ec}$	Densité économique du courant (A/mm <sup>2</sup> )
X	Réactance
$I_{K-1}$	Courant au point K-1
$r_{res}$	Résistance équivalent
$I_{K-3}^{(2)}$	Courant de court-circuit biphasé
$i_{ch}$	Courant de choc
$S_{cc}$	Puissance de court-circuit
$S_b$	Puissance de bus
$t_{fp}$	Temps fictif de l'action du courant périodique
C	Coefficient thermique pour les conditions normales

$F_{\min}$	Section minimale du conducteur
$F_{\max}$	Section maximale du conducteur
$I_{\infty}$	Courant de court-circuit permanent .
T	Tempe
$t_{fa}$	Temps fictif de l'action du courant apériodique
$t_{fp}$	Temps fictif de l'action du courant périodique
$F^{(3)}$	La force électrodynamique que s'exerçant entre deux conducteurs
M	Moment de flexion
W	Moment de résistance du conducteur
$U_{ndisj}$	Tension nominale du disjoncteur
$I_{ndisj}$	Courant nominale du disjoncteur
$U_{nréseau}$	Tension nominale du réseau
$I_{maxreseau}$	Courant maximale du réseau
$\Delta P_t$	Perte active dans le transformateur
$\Delta Q_t$	Perte réactive dans le transformateur
$\Delta S_{tr}$	Perte apparent dans le transformateur
$S_{\max}$	Puissance apparent maximale
$I_{\max f}$	Courant maximal de fonctionnement
$i_{cr}$	Courant le terme électrodynamique
H	Hauteur de la barre
B	Epaisseur de la barre
$l_{\max}$	Longueur maximale
$I_{f \max}$	Courant de fonctionnement maximal de la ligne.
$I_1$	Courant appelé par le transformateur en régime normal. .
$I_2$	Courant appelé par l'autre transformateur.

## Notations

$I_{fp}$	Courant de fonctionnement de la protection
$K_{\alpha}$	Coefficient tenant compte du courant d'auto démarrage
$t_f$	Temps de fonctionnement
$K_s$	Coefficient de sensibilité
$I_{fp}^{HT}$	Courant de fonctionnement de la protection au coté HT
$I_{fr}$	Courant de fonctionnement des relais de courant
$I_{K-1}^{(3)}$	Courant au point K-1 (3phase)

**Liste des figures**

<b>N° de figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Fig I-1	Schéma du réseau d'alimentation proposé préliminaire	4
Fig I-2	Schéma du réseau d'alimentation définitif	9
Fig II-1	Schéma des points de courte-circuits	12
Fig II-2	Schéma remplacement	13
Fig II-3	Schéma de simulation	15

**Liste des tableaux**

<b>Tableau N°</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
Tableau I-1	Cahier de charge de l'usine de liquéfaction « Camel »	3
Tableau I-2	Paramètres des transformateurs (30/5.5 KV)	5
Tableau I-3	Paramètres des transformateurs (60/5.5 KV)	5
Tableau II-1	Points de court-circuit	14
Tableau III-1	Les paramètres des disjoncteurs	21
Tableau III-2	Les paramètres des jeux de barres	23
Tableau III-3	Les paramètres des relais de courant	25
Tableau III-4	Les paramètres des relais intermédiaire	25
Tableau III-5	Les paramètres des transformateurs de courant	25
Tableau III-6	Les paramètres du relais de courant	26
Tableau III-7	Les paramètres du Relais automédiaire	26
Tableau III-8	Les paramètres du Relais temporisé	27

## **Préface :**

Ce travail est une étude réelle avec des données aussi réelle qui a été faite à l'usine de liquéfaction du gaz naturel qui s'appelle la « CAMEL » située à Arzew à ORAN

GNL4/Z

## **Introduction générale :**

Le prestige et la dignité des pays ne se mesure que par un seul paramètre ,dire qu' un pays développé c'est-à-dire industrialisé puisque les industries ce sont les seules signes d'une économie forte. Par conséquent les industries ont besoin forcément de l'énergie électrique et sa grande consommation revient automatiquement au richesse du pays .Pour cela, l'économie forte d'un pays est dernière une bonne alimentation et un réseau très fiable avec un bon choix de ses équipements ce qui est notre thème de notre étude qui va réaliser une étude complète du réseau existant et réel de l'usine de liquéfaction pour améliorer le rendement du système d'alimentation de notre qui influera finalement sur son économie qui est le facteur vital de l'économie mondiale.

# Chapitre I :

**Choix des paramètres du réseau électrique  
"Camel"**

# Chapitre I :

**Choix des paramètres du réseau électrique  
"Camel"**

## I-Cahier de charge de l'usine de liquéfaction « Camel » :

L'alimentation en énergie électrique des complexe de liquéfaction de gaz naturel à Arzew à Oran « Camel ».

Le cahier de charge du complexe en question comprend les données suivantes :

1) Puissance maximale du complexe du cote 5.5KV est :

$$S_{MPAP}^{5.5KV} = 11418.392 \text{ KVA}$$

2) Puissance active du complexe :

$$P = 12.444 \text{ MW}$$

2) Des consommateurs 1<sup>er</sup> catégories (60%) le schéma qu'on va proposer est le suivant pour ce complexe on va utilise deux lignes indépendantes avec deux transformateurs et une source autonome pour assurer la continuité d'alimentation.

**Tableau I-1:**

Puissance maximale du complexe « S »	Puissance active du complexe « P »	Des consommateurs 1 <sup>er</sup> catégories
KVA	MW	60%
11418.392	12.444	

Tableau I-1: Cahier de charge de l'usine de liquéfaction « Camel » .



### III-Choix du nombre de la puissance des transformateurs du PAP :

Le choix de la puissance des transformateurs du PAP s'effectue d'après la puissance maximale du complexe au niveau des jeux de barres 5.5 KV du PAP .On tient compte du fait que, dans le régime d'avarie endommagement d'un transformateur l'alimentation des récepteurs doit être assurée par l'autre transformateur avec une surcharge de 40%. La surcharge dans le régime d'avarie est pour six heures par jours et pendant cinq jours à condition que le coefficient de charge du transformateur en régime normal ne dépasse pas 0.93. Puisque le complexe possède des consommateurs de première catégorie, on prend la puissance des transformateurs comme suit:

$$S_{caltr} = \frac{S_{MPAP}^{5.5KV}}{N \times K_{ch}} \quad (I.1)$$

$S_{MPAP}^{5.5KV}$  : Puissance maximale du complexe de coté 5.5KV.

N : Nombre de transformateur. N=2 .

$K_{ch}$  : Coefficient de charge des transformateurs en régime normal .

#### Application numérique :

$$S_{caltr} = \frac{11418.392}{2 \times 0.7} \Rightarrow S_{caltr} = 8155.994KVA$$

Après normalisation ou à  $S_{ntr} = 10000 KVA$  .

D'après les tensions disponibles pour l'alimentation de complexe et la puissance des transformateurs ,ou présente les paramètres des transformateurs dans les tableaux I-1 et I-2

#### Tableau I-1:

$S_n$	$U_n (KV)$		${}^+_{-} \Delta U$	$\Delta P_{cc}$	$\Delta P_0$	$U_{cc}$	$I_0$	Coût
	HT	BT						
10000	30	5.5	8x1.5	65	12.3	8	8	390

Tableau I-2 : Paramètres des transformateurs (30/5.5 KV)

#### Tableau I-2:

$S_n$	$U_n (KV)$		${}^+_{-} \Delta U$	$\Delta P_{cc}$	$\Delta P_0$	$U_{cc}$	$I_0$	Coût
	HT	BT						
10000	60	5.5	9x1.78	60	14	10.5	0.9	700

Tableau I-3 : Paramètres des transformateurs (60/5.5 KV)

## IV-Choix de la tension d'alimentation externe de l'entreprise, des paramètres des lignes et des appareils :

La tension d'alimentation externe dépend de plusieurs facteurs tels que :

- La puissance à transporter .
- La distance du transport .
- Le prix spécifique de l'énergie électrique .

Le choix de la tension d'alimentation externe se fait sur la base d'une comparaison technico-économique .

D'après les données sur les sources d'énergie, la tension d'alimentation externe en cas d'alimentation à partir d'une source extérieure peut être déterminée par la formule proposée par STILL :

$$U_{\text{exp}} = 4.34 \times \sqrt{L + 16 \times \frac{P}{n}} \quad (\text{I.2})$$

$U_{\text{exp}}$  : Tension d'exploitation du réseau d'alimentation en KV .

L : Longueur de la ligne entre la SSI et le complexe en Km .

P : Puissance active ci transporté en MW .

n : Nombre de ligne .

### Application numérique :

$$P= 12.444 \text{ MW} \quad L= 3\text{Km} \quad n= 2$$

$$U_{\text{exp}} = 4.34 \times \sqrt{3 + 16 \times \frac{12.444}{2}}$$

$$U_{\text{exp}} = 43.950 \text{ KV}$$

Les tensions disponibles sont 30 KV et 60 KV et la tension d'exploitation calculée se trouve entre les deux.

Afin de bien choisir la tension d'alimentation externe en propose le variante suivantes qu'ou va comparer entre elles et le schéma existant.

### **Fig I-1:**

On installe deux transformateurs de 10 MVA (30/5.5 KV) comme source principale alimentés par deux lignes aériennes et un turbo alternateur comme source de secours.

## II-1-Calcul technico-économique :

Les frais annuels sans les dégâts sont déterminés par la formule :

$$FA = E_n \sum_{i=1}^n I_i + \sum_{i=1}^n E_{ai} I_i + C_{\Delta W} \quad (I.3)$$

FA : Frais annuels .

$E_n$  : Coefficient normatif de l'efficacité des investissements des capitaux.  $E_n = 0,125$  pour l'équipement électrique .

$I_i$  : Investissement d'un équipement quelconque .

$E_{ai}$  : Coefficient qui tient compte des frais de réparation, d'entretien et du service des équipements électriques .

$C_{\Delta W}$  : Cout des pertes d'énergie électrique .

### Variant existante :

D'après la configuration du schéma ou a :

$$FA = 0.5(E_{a1}(I_{T1}\delta + I_{D1} + I_{D2} + I_{T2}) + E_{a2}I_{LC}) + E_{a3}(2I_{TAG} + I_{TAV}) + C_{\Delta W}$$

$I_{T1}$  : Investissement du transformateur de la sous-station d'Interconnexion (SS I) .

$D_1$  et  $D_2$  : Sont les disjoncteurs de départ et d'arrivée de la ligne en câble .

LC ligne en câble .

TAG et TAV: Sont les turbo alternateurs à gaz et à va peur .

Par cette formule, on découvre la densité économique du courant pour trouver les choix des conducteurs .

## II-2-Calcul des pertes d'énergie et de leur cout :

On considéré les pertes dans les câble et le transformateur 10MVA .

### II-2-1-Choix du câble d'alimentation du transformateur :

Le choix se fait d'après la densité économique :

$$F = \frac{I_{\max}}{j_{ec}} \quad (I.4)$$

$I_{\max}$  : Le courant maximal A

$j_{ec}$  : Densité économique du courant (A/mm<sup>2</sup>)

$$I_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \times U_n} \quad (\text{I.5})$$

### Applications numériques :

$$I_{\max} = \frac{14147.573}{\sqrt{3} \times 35} \Rightarrow I_{\max} = 233.37 \text{ A}$$

Le câble est en Cu à PVC donc  $j_{ec} = 3.1 \text{ A/mm}^2$

$$F_{cal} = \frac{233.37}{3.1} \Rightarrow F_{cal} = 75.282 \text{ mm}^2 \Rightarrow F_n = 95 \text{ mm}^2$$

$$r_0 = 0.194 \Omega / \text{Km} \quad X_0 = 0.126 \Omega / \text{Km} \quad I_{0LC} = 152 \text{ milles DA/KM}$$

### II-2-2-Vérification du choix d'après la chute de tension :

$$\Delta U \% = \frac{P \times R + Q \times X}{U^2} \times 10^{-3} \times 100\% \quad (\text{I.6})$$

### Applications numériques :

$$\Delta U \% = \frac{1244.163 \times 0.194 \times 3 + 6730 \times 278 \times 0.126 \times 3}{35^2} \times 10^{-3} \times 100\%$$

$\Rightarrow \Delta U = 0.789\% < 5\%$  Dons le choix du câble est bon.

Les pertes d'énergie dans le câble sont :

$$\Delta W_{LC} = \frac{S^2}{U^2} \times R \times I_{\max} \times K \quad (\text{I.7})$$

Comme le câble est utilisé comme source de secours, on utilise un coefficient d'alimentation K :

$$K=0.5$$

### Applications numériques :

$$\Delta W_{LC} = \left( \frac{14147.573}{35} \right)^2 \times 0.582 \times 4591.78 \times 0.5$$

$$\Delta W_{LC} = 2.18324 \times 10^5 \text{ KWh}$$

Les pertes d'énergie dans le transformateur sont :

$$\Delta W_{T-r} = \Delta W_{T1} + \Delta W_{T2} \quad (\text{I.8})$$

$\Delta W_{T1}$  : Pertes dans le transformateur de la SSI

$\Delta W_{T_2}$  : Pertes dans le transformateur du PAP

$$\Delta W_{T_1} = \Delta P_0 T \times \delta + \Delta P_{ccl} K_{chl}^2 \times \delta^2 \times i_{max} \tag{I.9}$$

**V-Schéma du réseau d'alimentation électrique définitif :**

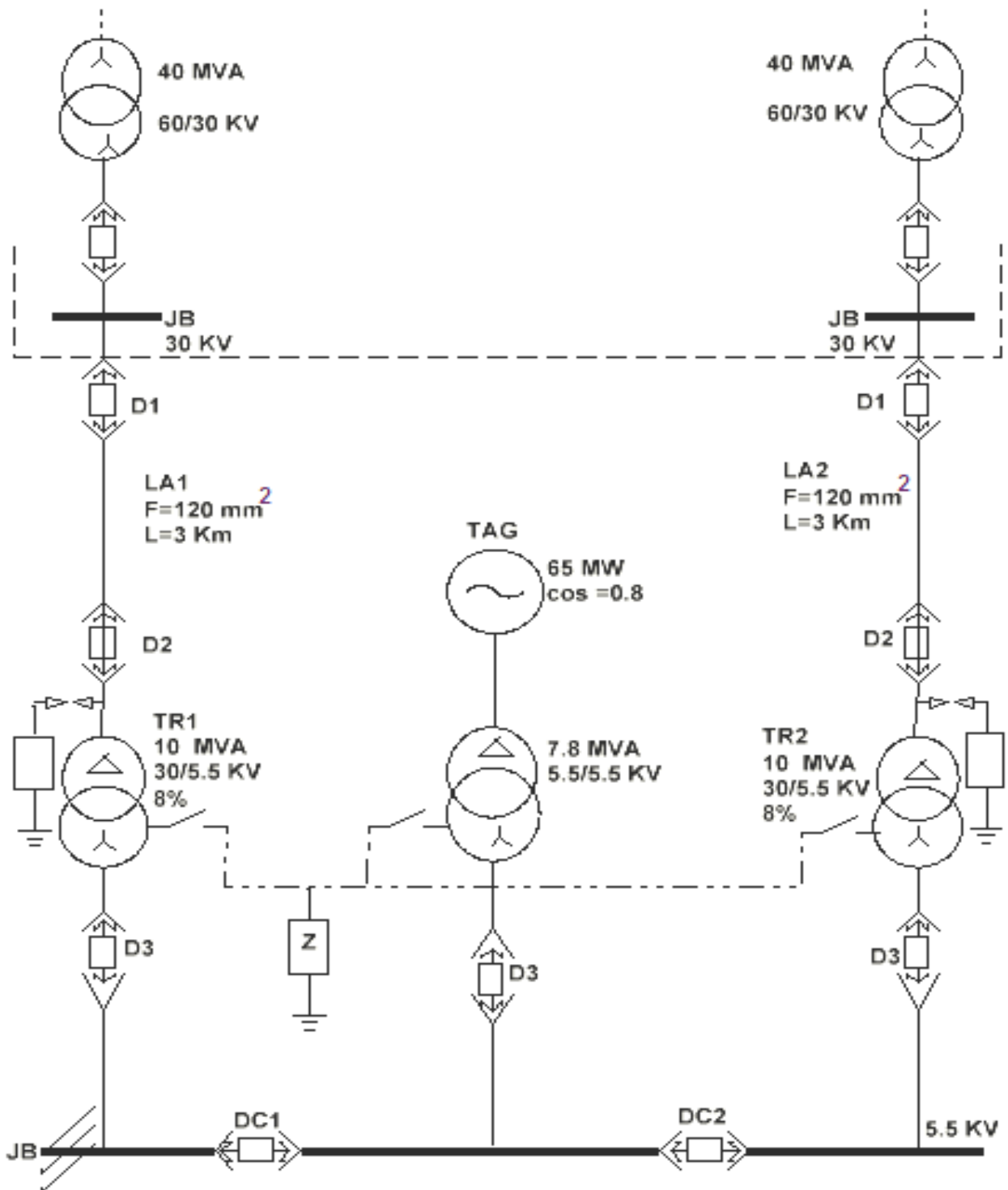


Fig I-2 : Schéma du réseau d'alimentation définitif .

# Chapitre II :

**Calcul des paramètres du réseau et du courant de court circuit**

# Chapitre II :

**Calcul des paramètres du réseau et du courant de court circuit**

## I-Calcul des paramètres du réseau :

Des formules utilisées pour le calcul des réactances et résistances dépendent de l'élément considéré

Aussi on a :

### I-1-Système :

$$X = X^* \times \frac{S_b}{S_n} \quad (\text{II.1})$$

### I-2-Transformateur :

$$X = \frac{U_{cc} \%}{100} \times \frac{S_b}{S_n} \quad (\text{II.2})$$

### I-3-Ligne aérienne ou en câble :

$$X = X_0 \times L \times \frac{S_b}{U_n^2} \quad (\text{II.3})$$

$$r = r_0 \times L \times \frac{S_b}{U_n^2} \quad (\text{II.4})$$

### Application numérique :

- **Système :**

$S = \infty$  Donc  $E = \lambda$  et  $X=0$

- **Transformateur 40MVA (60/30KV) :**

$$X_2 = \frac{10.4}{100} \times \frac{100}{40} \Rightarrow X_2 = 0.26$$

- **Ligne aérienne 30KV :**

$$F = 120\text{mm}^2 \quad r_0 = 0.249 \Omega / \text{Km} \quad X_0 = 0.403 \Omega / \text{Km}$$

$$X_3 = 0.403 \times 3 \times \frac{100}{35^2} \Rightarrow X_3 = 0.099$$

$$r_3 = 0.249 \times 3 \times \frac{100}{35^2} \Rightarrow r_3 = 0.061$$

- **Transformateur 10MVA (30/5.5KV) :**

$$X_4 = \frac{12.5}{100} \times \frac{100}{10} \Rightarrow X_4 = 1.25$$

## II-Calcul des courants de court-circuit :

Les points de courtes-circuits :

K-1 K-2 K-3

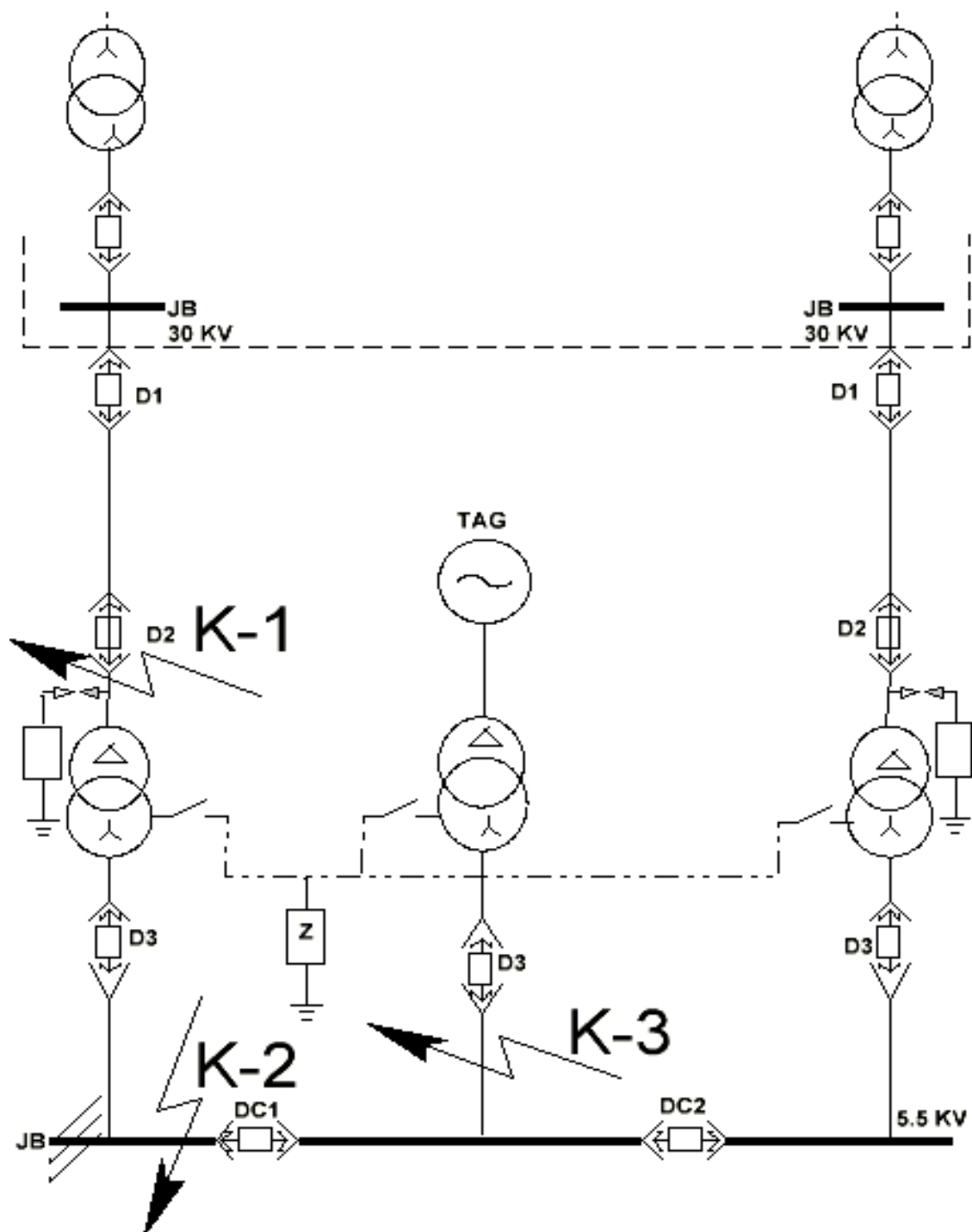


Fig II-1 : Les points de courtes-circuits

## II-1-Calcul le courant de court-circuit au point K-1 :

### Schéma remplacement :



Fig II-2 : Schéma remplacement

$$X_{res} = X_1 + X_2 + X_3 \quad (\text{II.5})$$

$$X_{res} = 0 + 0.26 + 0.099 \Rightarrow X_{res} = 0.359$$

$$r_{res} = r_1 + r_2 + r_3 \quad (\text{II.6})$$

$$r_{res} = 0 + 0 + 0.061 \Rightarrow r_{res} = 0.06$$

$$\frac{r_{res}}{X_{res}} = \frac{0.061}{0.359} = 0.169 < \frac{1}{3} \quad (\text{II.7})$$

Donc on ne tient pas compte de la résistance dans le calcul .

Le courant de court-circuit au point k-1 est déterminé comme suit :

$$I_{K-1} = \frac{E}{X_{res}} \times I_b \quad (\text{II.8})$$

### II-1-1-Le courant dans les conditions réelles :

$$I_{K-1}^{(3)} = I_{k-1} \times \left( \frac{5.5}{35} \right) \quad (\text{II.9})$$

### II-1-2-Courant de choc :

$$i_{ch} = \sqrt{2} \times K_{ch} \times I_{K-1}^{(3)} \quad (\text{II.10})$$

Avec  $K_{ch}$  coefficient de choc  $K_{ch} = 1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}$  (II.11)

$$T_a = \frac{X_{resK-1}}{314 \times r_{res}} \quad (\text{II.12})$$

### II-1-3-Puissance de court-circuit :

$$S_{cc} = \frac{S_b}{X_{res}} \quad (\text{II.13})$$

**Application numérique :**

$$I_{K-1} = \frac{1}{0.359} \times 10.497 \Rightarrow I_{K-1} = 29.24 \text{ KA}$$

- **Le courant dans les conditions réelles est :**

$$I_{K-1}^{(3)} = I_{k-1} \times \left( \frac{5.5}{35} \right)$$

$$I_{K-1}^{(3)} = 29.24 \times \frac{5.5}{35} \Rightarrow I_{K-1}^{(3)} = 4.59 \text{ KA}$$

- **Courant de choc :**

$$T_a = \frac{X_{resK-1}}{314 \times r_{res}} \Rightarrow T_a = \frac{0.359}{314 \times 0.061} \Rightarrow T_a = 0.019 \text{ s}$$

$$K_{ch} = 1 + e^{\frac{-0.01}{0.019}} \Rightarrow K_{ch} = 1.591$$

$$i_{ch} = \sqrt{2} \times 1.591 \times 4.59 \Rightarrow i_{ch} = 10.326 \text{ KA}$$

- **Puissance de court-circuit :**

$$S_{cc} = \frac{100}{0.359} \Rightarrow S_{cc} = 278.55 \text{ MVA}$$

**Remarque :**

La même méthode de calcul pour les autres points .

Les résultats du calcul des courants de court-circuit pour les autres points sont présentés dans le tableau II-1 :

**Tableau II-1 :**

Points de court-circuit	$I_{cc}^{(3)}$	$i_{ch}$	$S_{cc}$
	KA	KA	MVA
K-1	4.590	10.326	278.550
K-2	5.337	13.585	51.046
K-3	8.059	20.515	78.606

Tableau II-1 : Points de court-circuit.

**III-Vérification du résultat par simulation programme MATLAB :**

Par le Simulink MATLAB :

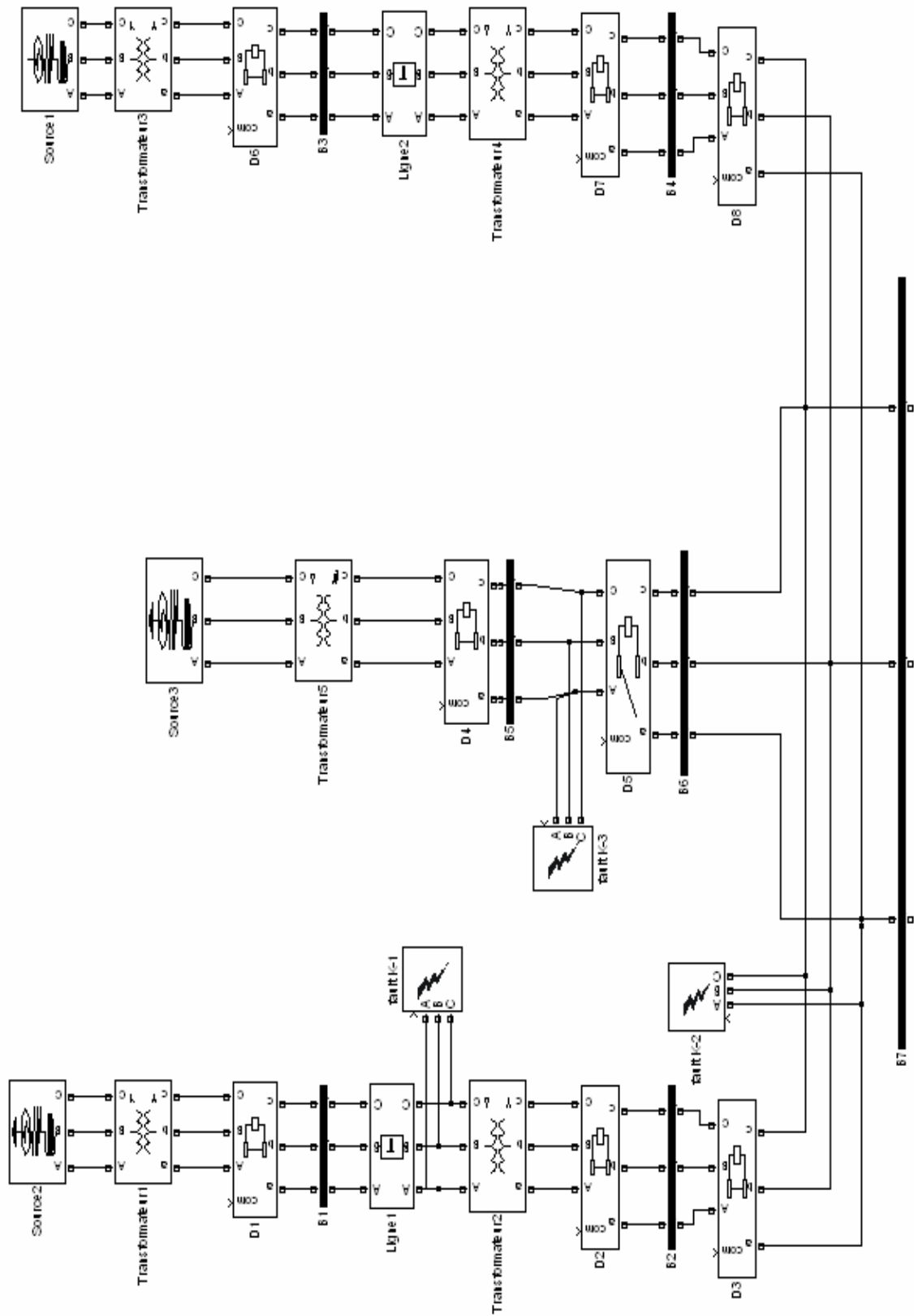


Fig II-3 : Schéma de simulation

Vérification la valeur actuelle qui est calculé théoriquement dans point

$$I_{k-1} = 4502.83 A = 4.502 KA$$

$$I_{k-2} = 5398.73 A = 5.398 KA$$

$$I_{k-3} = 8019.92 A = 8.019 KA$$

Nous avons trouvé les résultats suivants :

- I fault K-1/Fault A = 4502.83 A
- I fault K-1/Fault B = 4502.83 A
- I fault K-1/Fault C = 4502.83 A

- I fault K-2/Fault A = 5398.73 A
- I fault K-2/Fault B = 5398.73 A
- I fault K-2/Fault C = 5398.73 A

- I fault K-3/Fault A = 8019.05 A
- I fault K-3/Fault B = 8019.05 A
- I fault K-3/Fault C = 8019.05 A

# Chapitre III :

**Choix et vérification des équipements de :**

- Conducteurs.
- Commutations.
- Protections.

# Chapitre III :

**Choix et vérification des équipements de :**

- Conducteurs.
- Commutations.
- Protections.

## I-Choix et vérification des appareils de commutation et des conducteurs :

Tous les appareils électriques, les câbles, les gaines de barres eau du étirées, les lignes aériennes et les jeux de barres sont choisis d'après les conditions du régime continu de travail et sont vérifiés d'après les conditions de court-circuit, avec cela pour tous les appareils on fait:

- Le choix d'après la tension et les conditions d'échauffement en régime continu de travail.
- La vérification d'après le régime de court-circuit (selon la terme thermique et la terme électrodynamique, le pouvoir de coupure etc) lors d'un court-circuit les parties de l'installation électrique qui sont traversées par le courant s'échauffent et leur température augmente rapidement , pour que cette installation ne soit pas endommagée , sa température ne doit pas dépasser une certaine valeur admissible , le côtère de la stabilité thermique d'un conducteur est la température admissible d'échauffement pas les courant de court-circuit ,donc un conducteur est dit stable du point de vue thermique si sa température ne dépasse pas une valeur admissible de vérification d'après la terme thermique consisté à calculer la section minimale du conducteur .

$$F_{\min} = \frac{I_{\infty} \times \sqrt{t}}{C} \quad (\text{III.1})$$

C : Coefficient thermique pour les conditions normales .

$I_{\infty}$  : Courant de court-circuit permanent .

t : Temps fictif de court-circuit .

$$t = t_{fp} + t_{fa} \quad (\text{III.2})$$

$t_{fp}$  : Temps fictif de l'action du courant périodique qui dépend du temps réel et du caractère de la variation du courant du court- circuit qui est déterminé par le rapport des courants de court-circuit initial (subtransitoire )  $I''$  et permanent  $I_{\infty}$  .

$$\beta'' = \frac{I''}{I_{\infty}} \quad (\text{III.3})$$

$t_{fa}$  : Temps fictif de l'action du courant apériodique qui est déterminé comme suit :

$$t_{fa} = 0.05 \times \beta''^2 \quad (\text{III.4})$$

Et à calculer l'impulsion thermique pour les appareils :

$$B = I_{th}^2 \times t_{adm} \quad \text{Ou} \quad B = I_{\infty}^2 \times t \quad (\text{III.5})$$

Le passage du courant de court-circuit d'accompagne aussi d'une augmentation considérable des forces électrodynamiques d'exerçant entre les conducteurs .

La vérification de conducteurs d'âpre l'effet électrodynamique consiste à calculer la contrainte due au courant de court-circuit qui ne doit pas dépasser une valeur admissible .

La force électrodynamique que s'exerçant entre deux conducteurs est :

$$F^{(3)} = \sqrt{3} \times i_{ch}^2 \times \frac{l}{a} \times 10^{-7} \quad (\text{III.6})$$

$l$  : Distance entre les points d'appui .

$a$  : Distance entre les conducteurs .

▪ **Moment de flexion :**

$$M = \frac{F^{(3)} \times l}{10} \quad (\text{III.7})$$

▪ **El la contrainte est déterminée comme suit :**

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (\text{III.8})$$

$W$  : Moment de résistance du conducteur .

La vérification d'après la contrainte admissible est faite (obligatoirement) pour les jeux de barres.

Pour les appareils de commutation, la vérification d'après la tenue électrodynamique consiste comparer le courant de crête de l'appareil au courant de choc calculés .

## II-Choix et vérification des appareils de commutation et de protection :

▪ **Disjoncteur D1 (30KV) :**

On le choisit d'après la tension et le courant nominal.

▪ **Condition de choix:**

$$U_{ndisj} \geq U_{nréseau} \quad (\text{III.9})$$

$$I_{ndisj} \geq I_{maxréseau}$$

Pour la tension  $U_n = 30KV$  .

### II-1-Calculons la puissance maximale à transporter par les lignes aériennes :

#### II-1-1-Pertes dans les transformateurs du PAP :

$$\Delta P_t = \Delta P_0 + \Delta P_{cc} \times k_{ch}^2 \quad (\text{III.10})$$

$$\Delta Q_t = S_n \times \left( \frac{I_0 \%}{100} + \frac{U_{cc} \%}{100} \times K_{ch}^2 \right) \quad (\text{III.11})$$

$$\Delta S_{tr} = 2 \times \sqrt{\Delta P_t^2 + \Delta Q_t^2} \quad (\text{III.12})$$

$$\Delta P_t = 12.3 + 65 \times (0.758)^2 \Rightarrow \Delta P_t = 49.616 \text{ KW}$$

$$\Delta Q_t = 10000 \times \left( \frac{0.8 + 0.758^2 \times 7.5}{100} \right) \Rightarrow \Delta Q_t = 510.570 \text{ KVAR}$$

$$\text{Donc } \Delta S_{tr} = 2 \times \sqrt{49.616^2 + 510.750^2} \Rightarrow \Delta S_{tr} = 1025.952 \text{ KVA}$$

La puissance maximale que le transformateur recuira de la charge sera :

$$S_{\max} = 10607.718 + 1025.952 - 5 \Rightarrow S_{\max} = 11628.67 \text{ KVA}$$

### II-2-courant maximal :

Donc le courant maximal de fonctionnement de la figure est :

$$I_{\max f} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \times U_n} \quad (\text{III.13})$$

$$I_{\max f} = \frac{11628.67}{\sqrt{3} \times 35} \Rightarrow I_{\max f} = 191.823 \text{ A}$$

On prend  $I_{D1} = 630 \text{ A} > I_{\max f} = 191.823 \text{ A}$

#### II-2-1- Vérification d'appareils la tenue thermique :

$$I_{th}^2 \times t_{adm} = 20^2 \times 1 \Rightarrow I_{th}^2 \times t_{adm} = 400 \text{ KA}^2 \text{ s} \quad (\text{III.14})$$

$$I_{cc\max}^2 \times t_{decl} = 5.436^2 \times 1 \Rightarrow I_{cc\max}^2 \times t_{decl} = 29.55 \text{ KA}^2 \text{ s} \quad (\text{III.15})$$

Donc le disjoncteur choisi pourra supporter le courant de court-circuit.

#### II-2-2- Vérification d'après la tenue électrodynamique :

$$\text{Condition : } i_{cr} > i_{ch} \quad (\text{III.16})$$

$$i_{cr} = 50 \text{ KA} > i_{ch} = 10.326 \text{ KA}$$

Donc le disjoncteur peut supporter les contraintes électrodynamique les paramètres du disjoncteur sont :

Type:

$$U_n = 30 \text{ KV}$$

$$I_n = 630 \text{ A}$$

$$i_{th} = 20 \text{ KA}$$

$$t_{adm} = 1 \text{ s}$$

$$i_{cr} = 50 \text{ KA}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\Delta P = 500 \text{ W}$$

Les paramètres des autres appareils de commutation sont présentés comme :

### Disjoncteurs :

**Tableau III-1 :**

Notation	Fonction du disjoncteur	Type d'appareil	$U_{nom}$	$I_{nom}$	$I_{th}$	$t_{adm}$	$i_{cr}$	$S_{coup}$	f
			KV	A	KA	S	KA	MVA	Hz
$D_1, D_2$	Départ et arrivée de la ligne aérienne	22	35	630	20	1	50	350	50
$D_3$	Départ transformateur PAP	22	6	2500	31.5	1	80	350	50

Tableau III-1 : Les paramètres des disjoncteurs .

### II-3-Choix et vérification des jeux de barres :

Les jeux de barres sont toujours choisis d'après le courant admissible parce que le courant n'est toujours le même dans tous les tronçons, le choix se fait d'après la condition suivant :

$$I_{maxf} < I_{adm} \quad (III.17)$$

La vérification d'après la tenue thermique et le terme électrodynamique .

#### II-3-1- Application aux jeux de barres du PAP :

Le courant de fonctionnement maximal des jeux de barres est :

$$I_{maxf} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \times U_n}$$

#### Application numérique :

$$I_{maxf} = \frac{10.608 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 5.5} \Rightarrow I_{maxf} = 1113.55 A$$

D'après les catalogues on choisit la section suivante :

$$S = 360 mm^2 (h \times b = 60 \times 6) \Rightarrow I_{adm} = 1125 A \text{ 1 barre en Cu .}$$

h : Hauteur de la barre .

b : Epaisseur de la barre .

**II-3-2- Vérification d'après le terme thermique :**

On calcule la section minimale :

$$C=94 \quad I_{cc} = 7.627 \text{ KA} \quad t=2.37\text{s}$$

$$F_{\min} = \frac{I_{cc} \times \sqrt{t}}{C} \quad (\text{III.18})$$

$$F_{\min} = \frac{7.627 \times \sqrt{2.37}}{94} \times 10^3 = 124.911 \text{ mm}^2 < F_{eal} = 360 \text{ mm}^2$$

**II-3-3-Vérification d'après le terme électrodynamique :**

On déterminé la portée maximale :

- **La force électrodynamique est :**

$$F^{(3)} = \sqrt{3} \times i_{ch}^2 \times \frac{l}{a} \times 10^{-7}$$

- **Les moments de résistances et de flexion sont :**

$$W = \frac{b \times h^2}{6} \quad (\text{III.19})$$

$$M = \frac{F^{(3)} \times l}{10} \quad (\text{III.20})$$

Après égalisation des contraintes calculée et admissible on obtient l'expression suivante pour  $l_{\max}$  :

$$l_{\max} = \sqrt{\frac{\sigma_{adm} \times b \times h^2 \times a}{6 \times \sqrt{3}}} \times \frac{1}{i_{ch}} \quad (\text{III.21})$$

**Application numérique :**

$$\sigma_{adm} = 70 \text{ Nm}^2 \quad b \times h = (60 \times 6) \text{ mm} \quad a = 200 \text{ mm}$$

$$l_{\max} = \frac{1}{19.415} \times \sqrt{\frac{70 \times 10^{-6} \times 60 \times 6^2 \times 200}{6 \times 1.732}} \Rightarrow l_{\max} = 0.087 \text{ m}$$

La section des jeux de barres qui sont en place est de  $(100 \times 5) \text{ mm}$  et est supérieurs à celle calculée donc on la conserve parce qu'elle supporte les conditions de fonctionnement.

Les paramètres des jeux de barres présentés dans le tableau :

**Tableau III-2 :**

$h \times b$	F	$I_{adm}$	Lieu d'utilisation
$mm \times mm$	$mm \times mm^2$	A	
$3 \times (100 \times 5)$	500	3170	PAP section 1
$3 \times (100 \times 5)$	500	3170	PAP section 2

Tableau III-2 : Les paramètres des jeux de barres .

Toutes les barres sont en cuivre .

### III-Protection à maximum de courant temporisé :

Elle protège le transformateur contre le court-circuit extérieurs le schéma de protection comprend un ensemble de transformateurs de courant qui alimentent les relais de courant.

Ou la temporisé parce qu'elle constitue une protection secondaire et ne doit fonctionner qu'au cas où les protections des autres éléments du circuit ne fonctionnent pas.

#### III-1-Choix des paramètres de la protection :

##### III-1-1-Courant de fonctionnement :

$$I_{fp} = \frac{K_{res} \times I_{f \max}}{K_{ret}} \quad (\text{III.22})$$

$$K_{res} = 1.2$$

$I_{f \max}$  : Courant de fonctionnement maximal de la ligne .

$$I_{f \max} \text{ est déterminé comme suit : } I_{f \max} = I_1 + K_\alpha \times I_2 \quad (\text{III.23})$$

$I_1$  : Courant appelé par le transformateur en régime normal .

$I_2$  : Courant appelé par l'autre transformateur .

$K_\alpha$  : Coefficient tenant compte du courant d'auto démarrage en présence des moteurs à moyenne tension sur le jeu de barres .

$$K_\alpha = 2 \text{ à } 3 \text{ S'il existe des moteurs branchés sur le jeu de barres .}$$

$$K_\alpha = 1 \text{ S'il n'y en a pas .}$$

##### III-1-2-Temps de fonctionnement :

$$t_f = t_l + \Delta t \quad (\text{III.24})$$

**III-1-3-Coefficient de sensibilité :**

$$K_s = \frac{I_{ccmin}}{I_{fp}} > 1.3 \quad (\text{III.25})$$

Si  $K_s < 1.3$  on applique la protection à maximum de courant avec le blocage à minimum de tension et on choisit de tension de fonctionnement du relais de tension comme suit :

$$U_{fp} = 0.6 \times U_{nom} \quad (\text{III.26})$$

**Application numérique :**

- **Courant de fonctionnement de la protection :**

$$I_1 = I_2 = \frac{S_{1max} / 2}{\sqrt{3} \times U_n} \quad (\text{III.27})$$

$$I_1 = I_2 = \frac{10607.7}{2\sqrt{2} \times 5.5} \Rightarrow I_1 = I_2 = 556.760 A$$

$$I_{maxf} = 556.760 + 2 \times 556.70 \Rightarrow I_{maxf} = 1670.1A$$

Donc le courant de fonctionnement de la protection est :

$$I_{fp} = \frac{1.2 \times 1670.1}{0.85} \Rightarrow I_{fp} = 2358.042A$$

- **Coefficient de sensibilité :**

Le courant de court-circuit minimal est calculé au point  $K-2$  qui est plus éloigné de la source :

$$I_{cck-2}^{(3)} = 5337 A$$

Le courant de court-circuit biphasé est :

$$I_{cck-3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 5337 \Rightarrow I_{cck-2}^{(2)} = 4621.97 A$$

$$K_s = \frac{I_{cck-3}^{(2)}}{I_{fp}}$$

$$K_s = \frac{4621.97}{2358.042} \Rightarrow K_s = 1.96 > 1.3, \text{ donc la protection est sensible.}$$

**III-2-Choix des transformateurs de courant :****III-2-1-Ramenons le courant de fonctionnement de la protection au coté HT :**

$$I_{fp}^{HT} = I_{fp} \times \left( \frac{5.5}{35} \right) \quad (\text{III.28})$$

$$I_{fp}^{HT} = \frac{2358.042}{35} \times 5.5$$

$$I_{fp}^{HT} = 370.549A$$

Donc on prend de transformateurs de courant à coefficient de transformation  $K_{TC} = 600 / 5$

donc le courant de fonctionnement des relais de courant est :

$$I_{fr} = \frac{1 \times I_{fp}^{HT}}{K_{TC}} \quad (III.29)$$

$$I_{fr} = \frac{1 \times 370.549}{600/5} \Rightarrow I_{fr} = 3.088A$$

### III-2-2-Choix des relais de protection :

#### III-2-2-1-Relais de courant :

##### Tableau III-3 :

Type	$S_n$	$I_f$	$K_{ret}$	$t_f$	$U_{2n}$
	VA	A		s	V
RC 10/0.1	0.5	3	0.85	0.03	220 continu

Tableau III-3 : Les paramètres des relais de courant .

#### III-2-2-2-Relais intermédiaire :

##### Tableau III-4 :

Type	$S_n$	$U_{n1}$	$U_f$	$t_f$	Nombre et type de contact	$I_{2n}$
	VA	V	V	s		A
RI-110	3	220	110	0.4	2-contact à fermeture	0.75 continu

Tableau III-4 : Les paramètres des relais intermédiaire .

#### III-2-2-3-Transformateurs de courant :

Les paramètres des transformateurs de courant sont présentés dans le tableau :

##### Tableau III-5 :

$U_n$	$I_n$	$r_{2n}$	$i_{cr}$	$I_{th}$	$t_{adm}$
KV	A	$\Omega$	KA	KA	s
35	600	1.2	100	24	4

Tableau III-5 : Les paramètres des transformateurs de courant .

### III-3-Protection contre les surcharges :

Elle protège le transformateur contre les surcharges et agit sur le signal .

#### III-3-1-Choix des paramètres des fonctionnements :

##### III-3-1-1-Courant de fonctionnement :

$$I_{fp} = \frac{K_{res}}{K_{ret}} \times I_{ntr} \quad , \quad K_{res} = 1.05$$

##### III-3-1-2-Temps de fonctionnement :

$$t_{fp} = t_{fPMC} + \Delta t \quad (III.30)$$

#### Applications numériques :

- **Courant de fonctionnement de la protection :**

$$I_{fp} = \frac{1.05}{0.85} \times 164.597 \Rightarrow I_{fp} = 203.326A$$

- **Choix du relais de courant :**

$$I_{fr} = \frac{203.326}{800/5} \Rightarrow I_{fr} = 1.270A$$

#### III-3-2-Choix des paramètres du relais de courant :

##### III-3-2-1-Paramètres du relais de courant :

###### Tableau III-6 :

Type	$S_n$	$I_f$	$K_{ret}$	$t_f$	Nombre et type de contact	$U_{2n}$
	VA	A		s		V
RC-2	0.2	1.270	0.85	0.035	1-contact à fermeture	220 continus

Tableau III-6 : Les paramètres du relais de courant .

##### III-3-2-2-Relais automédiaire :

###### Tableau III-7 :

Type	$S_n$	$U_{n1}$	$U_f$	$t_f$	Nombre et type de contact	$I_{2n}$
	VA	V	V	s		A
RI-110	3	220	110	0.4	2-contact à fermeture	0.75

Tableau III-7 : Les paramètres du Relais automédiaire .

**III-3-2-3-Relais temporisé :****Tableau III-8 :**

Type	$S_n$	$U_{n1}$	$U_f$	$t_f$	Nombre et type de contact	
	VA	V	V	s		
$RT_S 20/2$	15	220	154	20	2-contact à fermeture	

Tableau III-8 : Les paramètres du Relais temporisé .



### **Conclusion Générale :**

Notre travail, qui a été fait, est en rapport direct avec notre spécialité qui vise à améliorer l'exploitation du réseau électrique avec une meilleure performance ce qui a été réalisé avec l'utilisation le maximum de connaissances scientifiques et expérimentales et des formules empiriques que nous avons trouvées dans des livres précieux de sonelgaz qui nous ont amenés à résoudre la majorité de nos grands problèmes. Ceux-ci résident dans le choix pertinents des équipements électriques du réseau qui est vital pour assurer la continuité d'alimentation des complexes industriels surtout dans les cas les plus extrêmes et en cas d'avarie.

Pour cela, une excellente réalisation des projets électriques d'alimentation c'est le moteur de l'économie nationale qui a un rapport étroit avec la productivité des usines surtout dans le secteur énergétique tel que pétrolier ou gazier comme l'Algérie, ce qui influe sur la disponibilité permanente de l'exportation du gaz liquéfié qu'on va gagner des clients dans le marché international par la garantie offerte à ses abonnés. Ce qui est une source des revenus nationales qui est relié directement au confort économique des citoyens.

**Bibliographie**

Cahier de charge de l'usine de liquéfaction « Camel » GL4/Z .

Coures 3<sup>ème</sup> année RE : Modélisation et calculs des réseaux électriques .

Coures 3<sup>ème</sup> année RE : Technique de haute tension .

L.Chekima ,O.Haga :

Mémoire de fin d'études: << calcule les déférents courants de court-circuit dans le réseaux électrique >> Présenté pour l'obtenu l'obtention du Diplôme de licence académique en électrotechnique C.U. EL OUED 2010 .

Sarr Adama :

Mémoire de fin d'études: << Amélioration de système d'alimentation électrique de la GL4/Z >> INSTITUT "INHC" 1989 .