



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

N° d'ordre : M...../GE/2020

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES MASTERACADEMIQUE

**Filière : Electrotechnique**

**Spécialité : Electrotechnique Industrielle**

*Thème*

**ETUDE DE L'INSTALLATION ET DU FONCTIONNEMENT DE  
L'ECLAIRAGE ET DE BALISAGE DE L'AÉROPORT D'ES-SENIA D'ORAN  
EN UTILISANT LE LOGICIEL ETAP**

**Présenté par :**

- Seddik Mohamed

*Soutenu le 23 / 08 / 2020 devant le jury composé de :*

- Président : Mr.
- Examineur : Mr.
- Examineur : MM.
- Encadreur : Mr. SOUAG.S

**Année Universitaire : 2019 / 2020**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciement

*Je remercie dieu de nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.*

*Je remercie ma mère et ma famille.*

*Je remercie mon encadreur Dr. S.SOUAG pour son aide, son encouragement et sa patience, ainsi pour ces orientations et ses conseils judicieux.*

*Je remercie le groupe technique de l'E.N.N.A*

*Et nous n'oublions pas tous les enseignants de département génie électrique.*

*Le, 08,2020*

# Dédicace

*Je dédie ce travail,*

*A ma mère par les inestimables sacrifices que tu as consentis pour moi,  
tu as tant souhaité que je parvienne à ce but .*

*Je te serai reconnaissant toute ma vie, qu'Allah t'accorde longue vie  
dans ta santé*

*A mon frère Anes et ma sœur Fatima*

*A tout mes amis et mes collègues, et à tous ceux qui  
M'ont aidé pour réaliser ce mémoire.*

*Le, 08/2020*

# TABLE DES MATIERES

## Table des matières

REMERCIEMENT .....	III
DEDICACE .....	IV
RESUME .....	4
ABSTRACT .....	5
<b>نبذة مختصرة</b> .....	<b>6</b>
INTRODUCTION GENERAL .....	7
<b>CHAPITRE I :</b> .....	<b>10</b>
I.1 INTRODUCTION:.....	11
I.2 LES QUATRE STATU D'UN AERODROME : .....	11
I.3 CLASSIFICATION DES AERODROMES:.....	11
<i>I.3.1 Cinq catégories d'aérodromes C.A.P (la circulation aérienne publique) :</i> .....	<i>11</i>
<i>I.3.2 AÉRODROMES À CARACTÉRISTIQUES SPÉCIALES :</i> .....	<i>12</i>
I.4 COMPOSITION D'UN AÉRODROME : .....	13
<i>I.4.1 CONSTITUTION D'UN AÉRODROME :</i> .....	<i>13</i>
I.5 INFRASTRUCTURES ET MARQUAGES REGLEMENTAIRES DE PISTE : .....	15
<i>I.5.1 MARQUAGES AU SOL (balisage non lumineux) :</i> .....	<i>15</i>
<i>I.5.2 MARQUES DE PISTE :</i> .....	<i>16</i>
I.6 BALISAGES LUMINEUX : .....	18
<i>I.6.1 Le balisage de bord de piste (Feu élevé de bord de piste bidirectionnel à haute intensité) :</i> <i>19</i>	<i>19</i>
<i>I.6.2 Balisage d'extrémité de piste (feu encastré) :</i> .....	<i>19</i>
<i>I.6.3 Un balisage de seuil de piste :</i> .....	<i>20</i>
<i>I.6.4 le balisage lumineux des voies de circulation :</i> .....	<i>21</i>
<i>I.6.5 un balisage d'axe de piste :</i> .....	<i>21</i>
<i>I.6.6 Un balisage des zones de toucher de roues :</i> .....	<i>22</i>
<i>I.6.7 Balisage d'une approche de précision :</i> .....	<i>22</i>
<i>I.6.8 Indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) :</i> .....	<i>24</i>
I.7 SYSTEME DE SURVEILLANCE ET DE COMMANDE DU BALISAGE LUMINEUX D'AERODROMES :.....	26
<i>I.7.1 Fenêtre des menus :</i> .....	<i>26</i>
I.8 LA FENETRE AIRPORTOVERVIEW (APERÇU SUR L'AEROPORT) : .....	28
<i>I.8.1 La partie relative aux conditions générales.....</i>	<i>28</i>
<i>I.8.2 La partie relative à la commande d'une fonction individuelle :</i> .....	<i>31</i>
<i>I.8.3 Le code couleur :</i> .....	<i>33</i>
I.9 CONCLUSION : .....	33
<b>CHAPITRE II :</b> .....	<b>34</b>
<b>LES SOURCES D'ALIMENTATION ELECTRIQUE.....</b>	<b>34</b>
I.10 INTRODUCTION : .....	35
I.11 ALIMENTATION À PARTIR DE SOURCES COMMERCIALES OU PUBLIQUES (SONELGAZ) : .....	35
<i>Mode dégradé :(coupure SONELGAZ) :</i> .....	<i>36</i>
I.12 SOURCE D'ALIMENTATION LOCALE INDEPENDANTE (GROUPE ELECTROGENE) :.....	36
<i>Équipements utilisés :</i> .....	<i>36</i>
I.13 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES AIDES VISUELLES D'AÉRODROME : .....	37
I.14 SYNCHRONISATION : .....	39
I.15 ALIMENTATION SANS COUPURE : .....	40
I.16 ÉQUIPEMENT : .....	43
<i>I.16.1 Groupe électrogène :</i> .....	<i>43</i>
<i>I.16.2 Système de commutation de l'alimentation :</i> .....	<i>45</i>
<i>I.16.3 POSTES ET ABRIS POUR L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE :</i> .....	<i>46</i>
<i>I.16.4 Condensateurs :</i> .....	<i>50</i>

I.17	INTRODUCTION :	51
I.18	CIRCUITS D'ARRIVÉE DE L'ALIMENTATION PRINCIPALE :	52
I.19	CIRCUITS AÉRIENS DE DISTRIBUTION DE L'ALIMENTATION PRINCIPALE :	52
I.20	RÉGULATION DE LA TENSION :	53
I.21	CONDUCTEURS :	53
I.22	TRANSFORMATEURS :	54
I.23	DISPOSITIFS DE SECTIONNEMENT DES CIRCUITS :	56
I.24	INTRODUCTION :	60
I.25	CIRCUITS SÉRIE :	60
I.26	INTRODUCTION :	61
I.27	CIRCUITS SÉRIE :	61
I.28	AVANTAGES DES CIRCUITS SERIE DE BALISAGE LUMINEUX :	62
I.29	INCONVENIENTS DES CIRCUITS SERIE DE BALISAGE LUMINEUX :	62
I.30	COMPARAISON ENTRE LES CIRCUITS SÉRIE ET LES CIRCUITS PARALLÈLES :	63
I.31	CIRCUITS SÉRIE DE BALISAGE LUMINEUX DES AÉRODROMES :	64
I.32	CONCLUSION :	65
I.33	RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :	66
I.34	TYPES DE RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :	66
I.35	REGULATEUR A BOBINE MOBILE :	66
I.35.1	<i>Constitution d'un Régulateur :</i>	67
I.35.2	<i>CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DES RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :</i>	68
I.35.3	<i>CARACTÉRISTIQUES NOMINALES DES RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :</i>	69
I.35.4	<i>CONTRE LES CIRCUITS OUVERTS ET LES SURINTENSITÉS :</i>	70
I.35.5	<i>But de régulateur à courant constant :</i>	70
I.36	CHOIX DE REGULATEUR :	71
I.36.1	<i>CALCULS DE CHARGE/DIMENSIONNEMENT DES RÉGULATEURS :</i>	71
I.36.2	<i>TYPES DE CHARGES :</i>	72
I.36.3	<i>EXEMPLE DE CALCUL :</i>	73
I.37	TRANSFORMATEURS SÉRIE DE BALISAGE AU SOL :	76
I.37.1	<i>Rôle et objectif.....</i>	76
I.37.2	<i>CONCEPTION DU TRANSFORMATEUR :</i>	77
I.37.3	<i>ALIMENTATION DE PLUSIEURS LAMPES PAR UN MÊME TRANSFORMATEUR :</i>	79
I.38	LAMPES À INCANDESCENCE ET A DÉCHARGE DANS UN GAZ :	79
I.38.1	<i>LAMPES À INCANDESCENCE :</i>	79
I.38.2	<i>Lampes tungstène-halogène :</i>	80
I.38.3	<i>Lampes à revêtement infrarouge (IRC) :</i>	81
I.39	LAMPES À DÉCHARGE DANS UN GAZ :	82
I.39.1	<i>Feux d'approche à éclats successifs (« stroboscopiques ») :</i>	82
I.39.2	<i>Feux d'obstacles :</i>	82
I.39.3	<i>Autres types de lampes à décharge dans un gaz :</i>	82
I.40	CÂBLES À UTILISER POUR LES CIRCUITS SOUTERRAINS D'AÉRODROME :	83
I.40.1	<i>CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES POUR CIRCUITS SOUTERRAINS :</i>	83
I.40.2	<i>Isolement :</i>	83
I.40.3	<i>GAINES DE CÂBLES :</i>	84
I.40.4	<i>ENVELOPPES DE CÂBLES :</i>	84
I.40.5	<i>CÂBLES BLINDÉS :</i>	84
I.40.6	<i>PROTECTION CONTRE LES DOMMAGES DUS À L'EFFET CORONA :</i>	85
I.40.7	<i>CONDUCTEURS DE CÂBLES :</i>	85
I.40.8	<i>QUESTIONS DE SANTÉ ET D'ENVIRONNEMENT :</i>	85
I.40.9	<i>CATÉGORIES DE SERVICE :</i>	86
I.40.10	<i>CAUSES DE DOMMAGES AUX CÂBLES :</i>	89
I.40.11	<i>Conducteurs d'alimentation :</i>	90
I.40.12	<i>Câbles de commande et câbles téléphoniques :</i>	91
I.40.13	<i>Armure et blindage des câbles :</i>	91

I.41	CONCLUSION :	91
<b>CHAPITRE III :</b>		<b>92</b>
I.42	PRESENTATION DU LOGICIEL ETAP :	93
I.42.1	<i>Barre de menu :</i>	94
I.42.2	<i>Barre d'outils du projet :</i>	94
I.42.3	<i>Modes d'étude :</i>	94
I.42.4	<i>Modifier les barres d'outils :</i>	94
<b>CHAPITRE IV :</b>		<b>99</b>
<b>RESULTAT DE SIMULATION SUR LE LOGICIEL ETAP ET DISCUSSIONS</b>		<b>99</b>
I.43	INTRODUCTION :	100
I.44	CONCEPTION SUR ETAP :	100
I.45	FONCTIONNEMENT :	100
I.46	L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE SUR ETAP :	101
I.47	RESULTAT DE L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE SUR ETAP :	102
I.47.1	<i>Les données de production, charge et tension des bus :</i>	102
I.47.2	<i>Données des Transformateurs :</i>	103
I.47.3	<i>Résultat de l'écoulement de puissance :</i>	104
I.47.4	<i>Analyse de court-circuit :</i>	105
I.48	RESULTAT DE L'ÉCOULEMENT DE PUISSANCE SUR ETAP :	107
I.48.1	<i>Les données de production, charge et tension des bus :</i>	107
I.48.2	<i>Données des Transformateurs :</i>	108
I.48.3	<i>Résultat de l'écoulement de puissance :</i>	109
I.48.4	<i>Les différentes stratégies de continuité de service :</i>	110
I.48.5	<i>Panne sur la Source :</i>	110
I.48.6	<i>Panne sur le jeu de barre principal :</i>	111
I.49	DISCUSSION DES RESULTATS	112
I.50	CONCLUSION	112
I.51	CONCLUSION GENERALE :	113
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>		<b>114</b>

## Liste de Figures

<b>Fig. I.1 : altiport .....</b>	<b>9</b>
<b>Fig. I.2 : altisurface .....</b>	<b>9</b>
<b>Fig. I.3 : hydrobase .....</b>	<b>10</b>
<b>Fig. I.4 : hélisation .....</b>	<b>10</b>
<b>Fig. I.5 : voies de circulation .....</b>	<b>12</b>
<b>Fig. I.6 : marques de piste .....</b>	<b>12</b>
<b>Fig. I.7 : marques de seuil .....</b>	<b>13</b>
<b>Fig. I.8 : marques de zone de toucher des roues .....</b>	<b>14</b>
<b>Fig. I.9 : marquages au sol .....</b>	<b>14</b>
<b>Fig. I.10 : types de balisage lumineux .....</b>	<b>15</b>
<b>Fig. I.11 : feu de bord de piste .....</b>	<b>16</b>
<b>Fig. I.12 : balisage d'extrémité de piste .....</b>	<b>17</b>
<b>Fig. I.13 : balisage de seuil de piste .....</b>	<b>17</b>
<b>Fig. I.14 : balisage des voies de circulation .....</b>	<b>18</b>
<b>Fig. I.15 : balisage d'axe de piste .....</b>	<b>18</b>
<b>Fig. I.16 : balisage d'approche .....</b>	<b>19</b>
<b>Fig. I.17 : dispositif lumineux d'approche pour une piste avec approche de précision de catégorie I .....</b>	<b>20</b>
<b>Fig. I.18 : Unités lumineuses et signaux d'un dispositif PAPI.....</b>	<b>21</b>
<b>Fig. I.19 : Dispositif d'un PAPI .....</b>	<b>22</b>
<b>Fig. I.20 : profile d'un PAPI .....</b>	<b>22</b>

<b>Fig. I.21 : PAPI .....</b>	<b>23</b>
<b>Fig. I.22 : système informatisé de commande de balisage d'aérodromes .....</b>	<b>24</b>
<b>Fig. I.23 : Contrôleur du trafic aérien .....</b>	<b>25</b>
<b>Fig. I.24 : La fenêtre de déviation .....</b>	<b>26</b>
<b>Fig. I I.1 : synoptique circuit 30 KV de poste de livraison .....</b>	<b>32</b>
<b>Fig. I I.2 : groupe électrogène (source aéroport d'Oran) .....</b>	<b>34</b>
<b>Fig. I I.3 : rôles des sources normales et secours .....</b>	<b>35</b>
<b>Fig. I I.4 : synchronisation des sources .....</b>	<b>37</b>
<b>Fig. I I.5 : fonctionnement avec une UPS .....</b>	<b>39</b>
<b>Fig. I I.6 : séparation des installations de balisage .....</b>	<b>39</b>
<b>Fig. I I.7 : groupe électrogène( source aéroport oran) .....</b>	<b>42</b>
<b>Fig. I I.8 : poste électrique (exterieur et intérieur) (source aéroport d'Oran).....</b>	<b>43</b>
<b>Fig. I I.9 : Configurations des groupes électrogènes.....</b>	<b>46</b>
<b>Fig. I I.10 : <u>SCHÉMA DE LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE</u> .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. I I.11 : transformateurs (source aéroport d'Oran).....</b>	<b>52</b>
<b>Fig. I I.12 relais buchholz .....</b>	<b>53</b>
<b>Fig. I I.13 disjoncteurs .....</b>	<b>53</b>
<b>Fig. I I.14 : mesure de la résistance de la terre (photo réel pendant le stage a aéroport d'Oran).....</b>	<b>55</b>
<b>Fig. I I.15 : schéma de la distribution souterraine.....</b>	<b>56</b>
<b>Fig. I I.16 : cicuit série de balisage.....</b>	<b>59</b>
<b>Fig. I I.17 : comparaison entre le circuit série et parallèle.....</b>	<b>60</b>
<b>Fig. I I.18 : Régulateur à bobine mobile .....</b>	<b>64</b>

<b>Fig. I L.19 : Régulateur a bobine mobile (aéroport d'oran).....</b>	<b>64</b>
<b>Fig. I L.20 : circuit série.....</b>	<b>67</b>
<b>Fig. I L.21 : circuit en enchevêtrement.....</b>	<b>68</b>
<b>Fig. I L.22 : charges de circuit.....</b>	<b>71</b>
<b>Fig. I L.23 : transformateur AGL.....</b>	<b>73</b>
<b>Fig. I L.24 : lampes a réflecteur a facettes MR16 .....</b>	<b>78</b>
<b>Fig. I L.25 : Lampe PK30 (source : ORSAM GmbH).....</b>	<b>78</b>
<b>Fig. I L.26 : cable secondaire .....</b>	<b>83</b>
<b>Fig. I L.27 : câble primaire .....</b>	<b>84</b>
<b>Fig. I L.28 : connecteurs pour le circuit primaire .....</b>	<b>87</b>
<b>Fig. IV.1 : synoptique circuit 30 KV : poste de livraison / poste P0 / poste fret .....</b>	<b>97</b>
<b>Fig. IV.2 : écoulement de puissance sur ETAP .....</b>	<b>98</b>
<b>Fig. IV.3 : Les données de production, charge et tension des bus .....</b>	<b>99</b>
<b>Fig. IV.4 : les données des transformateurs....</b>	<b>100</b>
<b>Fig. IV.5 les données de load flow : .....</b>	<b>101</b>

### **Liste des Tableaux**

<b>Tableaux 01 : Mode d'alimentation en fonctions des opérations considérées .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableaux 02 : Spécifications relatives à l'alimentation électrique auxiliaire pour les aides visuelles (extrait du Tableau 8-1 de l'Annexe 14, Volume I, 7e édition, juillet 2016).....</b>	<b>36</b>

# Résumé

Notre travail consiste à étudier l'installation et le fonctionnement de l'éclairage et le balisage de l'aéroport AHMED BEN-BELLA (Oran) . Ce travail nous permet de connaître les techniques principales et procédures d'installation des différents feux de balisage lumineux qui facilitent les opérations des avions. En outre, cela nous ouvre la voie à découvrir une connaissance de base des équipements et des services de balisage d'aérodrome, ainsi que leurs commandes et leur fonctionnement.

# **Abstract**

Our work consists to study the installation and operation mode of lighting and runway lighting at AHMED BEN-BELLA airport (Oran). This work will allow us to know the main techniques and procedures for installing various beacons light in order to facilitate aircraft operations. In addition, it paves the way for us to have a basic knowledge of airport lighting types of equipment and services, as well as their controls and operation mod

## نبذة مختصرة

يتمثل عملنا في دراسة تركيب وتشغيل الإضاءة وإضاءة المدرج في مطار أحمد بن بلة(وهران). سيسمح لنا هذا العمل بمعرفة التقنيات والإجراءات الرئيسية لتركيب منارات ضوئية مختلفة من أجل تسهيل عمليات الطائرات. بالإضافة إلى ذلك ، فإنه يمهّد الطريق لنا للحصول على معرفة أساسية بأنواع معدات وخدمات إضاءة المطارات ، بالإضافة إلى عناصر التحكم ووضع التشغيل

# Introduction général

Pour garantir la sécurité de l'aviation, le balisage lumineux des aérodromes doit présenter un haut niveau d'intégrité et de fiabilité. Pour un système de balisage bien conçu et bien entretenu, la probabilité d'une panne survenant à un moment critique est extrêmement faible.

Pour le concepteur d'une installation de balisage d'aérodrome, l'objectif le plus important est peut-être d'atteindre un haut niveau d'intégrité et de fiabilité. Ces termes ne sont pas faciles à définir ou à mesurer dans le cas du balisage des aérodromes. Jusqu'ici, la fiabilité était définie comme le « temps moyen entre défaillances » (MTBF) des composants, tandis que l'intégrité relève plutôt de questions telles que le maintien des fonctions de l'ensemble du système après une panne. On considère aujourd'hui que les aides visuelles devraient avoir une intégrité et une fiabilité comparables à celles des aides non visuelles. La fiabilité dépend donc du choix des composants et de leur utilisation en service, l'intégrité dépendant de la conception et du montage des installations, ainsi que de la maintenance de l'équipement. En règle générale, on considère qu'une installation d'aides visuelles bien conçue et bien entretenue aura un très haut niveau d'intégrité et que la probabilité qu'une panne survienne à un moment critique est extrêmement faible. Néanmoins, tous les efforts raisonnables devraient être déployés pour améliorer l'intégrité et la fiabilité.

Les causes de nature électrique pouvant avoir des incidences sur l'intégrité et la fiabilité peuvent être classées comme suit :

- a) pannes du circuit ;
- b) pannes de l'alimentation ;
- c) pannes du circuit de commande.

## Fiche technique du site :

L'aéroport d'ES-SENIA est un aéroport international, il comprend 2 ailles principales, la première étant destinée pour les voyageurs et la seconde celle qui transporte les marchandises sa surface s'élève a 1040 hectares.



## L'aérogare des passagers :

L'aérogare actuelle est de type linéaire :

- Surface: 9157 m<sup>2</sup>.
- Hauteur: R+2 avec sou sol
- Capacité théorique et annuelle : 900000 pax/an.
- Type de structure: structure légère (charpente métallique)
- la structure est relativement en bonne état.

## Parking et aires de stationnement :

- Nombre de places: 900 places
- Superficie : 32000m<sup>2</sup>.
- Nombre de postes : 12 postes
- Distance par rapport à l'aérogare : 30m

## Pistes:

- Nombre : 02
- Dimension : 3060 x 45 m
- Orientation : 246/68° (25-07)
- Nature de la piste : souple



## Superstructure :



# Chapitre I :

---

## Les infrastructures des aérodromes

## I.1 **Introduction:**

La première guerre mondiale avait ouvert la voie au transport aérien par les progrès qu'elle avait fait à l'aviation et par la mise sur le marché d'un parc important d'aéronefs qui ne demandaient qu'à être désarmés .

La seconde guerre mondiale a également métamorphosée le paysage aéronautique en produisant des avions banalisant les longues distances mais exigeant des infrastructures adaptées , accessibles en toutes circonstances.

Tenue à faire le tri entre les aérodromes qui lui étaient laissés et d'adapter ceux qu'elle conserverait aux préventions du trafic la France s'est engagée, dès 1946 dans une démarche de planification aéroportuaire.

## I.2 **Les quatre statuts d'un aérodrome :**

- Aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique
- Aérodromes réservés à usage restreint
- Aérodromes réservés à l'usage d'administration
- Aérodromes privés

## I.3 **Classification des aérodromes:**

### I.3.1 **Cinq catégories d'aérodromes C.A.P (la circulation aérienne publique) :**

**Catégorie A :** Aérodromes importants spécialisés au trafic international ( étapes >3000 km) mais pouvant être ouvert également aux autres avions (court et moyen courrier)

**Catégorie B :** Aérodromes spécialisés moyen et court courrier (étapes > 1000 km et < 3000 km) mais ouvert également aux autres avions

**Catégorie C :** Aérodromes destinés au trafic court courrier (étapes < 1000 km), à l'aviation d'affaires et au Grand tourisme. L'aviation légère y est admise.

**Catégorie D :** Aérodrome destiné à la formation aéronautique, aux sports aériens, à l'aviation légère, d'affaires et au grand tourisme.

**Catégorie E** : Aérodrome spécialisé pour les giravions, dirigeables et aux aéronefs à décollage vertical ou oblique [4]

### I.3.2 AÉRODROMES À CARACTÉRISTIQUES SPÉCIALES :

**ALTIPOINT** : Aérodrome destiné à la desserte de régions accidentées ou difficiles d'accès une qualification spéciale est obligatoire pour son utilisation.

**ALTISURFACE** : Emplacement répertorié sans aménagement particulier en région accidentée, le pilote doit détenir une qualification spéciale afin de l'utiliser.

**HYDROBASE** : Surface agréée et répertoriée destinée aux hydravions.

**HÉLIPOINT DE CLASS E 1** :Aérodrome destiné aux hélicoptères exploités avec prise de vitesse horizontale.

**HÉLIPOINT DE CLASS E 2** : Aérodrome destiné aux hélicoptères exploités avec prise de vitesse oblique

**HÉLISTATION** : Aire spécialisée pour les hélicoptères pour les mouvements de décollage et d'atterrissage. [5]



Figure:1-2:altiport



Figure.1-2: altisurface



Figure.1-3: hydrobase



Figure.1-4 : hélisation

## I.4 COMPOSITION D'UN AÉRODROME :

### I.4.1 CONSTITUTION D'UN AÉRODROME :

**AIRE DE MOUVEMENT :** se compose :

**De l'aire de manœuvre :** secteurs des avions en déplacement :

- Les pistes (aire de décollage et d'atterrissage)
- Les voies de circulation (taxiways, voie de sortie rapide)

**De l'aire de trafic :** opérations d'escale et d'assistance

- Les aires de stationnement (embarquement et débarquement des passagers et du fret),
- Les aires d'entretien (avitaillement et maintenance),
- Les aires de garage (stationnement d'attente en dehors des opérations d'escale),
- Les voies de circulation d'aires de trafic.
- Les aires spéciales : aire de compensation des compas, des altimètres, de calage des INS (systèmes de navigation par inertie), alerte à la bombe, manutention de marchandises dangereuses, pélicandrome (approvisionnement des Canadairs).

## **AIRE D'ATERRISSAGE ET SES PROTECTIONS :**

**L'aire d'atterrissage** : comprend la ou les pistes et leurs prolongements éventuels

**Piste** : aire rectangulaire aménagée afin de servir sur toute sa longueur au roulement des aéronefs, à leur décollage et à leur atterrissage.

**Accotement (OACI annexe 14)** : partie des abords de piste traitée de façon à offrir une surface de raccordement entre cette chaussée et le terrain environnant.

**Bande aménagée** : partie ~~jouxtant~~ les côtés de la piste revêtue ou des prolongements d'arrêt de façon à limiter les conséquences d'une sortie de piste.

**Bande dégagée** : aire débarrassée de tout obstacle pouvant présenter un danger pour un aéronef volant à faible hauteur.

**Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA - Runway End Safety Area) (OACI annexe 14)** : destinée à réduire les risques matériels d'un aéronef se pose trop court ou trop long.

**Prolongement d'arrêt** : aire aménagée pour augmenter la distance d'accélération-arrêt (ASDA).

**Prolongement dégagé** : aire débarrassée de tout obstacle pouvant présenter un danger pour un aéronef volant à faible hauteur. [6]

## **VOIES DE CIRCULATION :**

### ***Entrées et sorties de piste***

#### ***Point d'attente, aire d'attente***

**Voie de relation** : non accolée à une aire de stationnement (taxiways et speedways permettant dégagement rapide de piste jusqu'à une vitesse de 30 KT max).:

**Voie de desserte**: accolée à une aire de stationnement et se raccordant à une voie de relation (taxiway uniquement).[7]

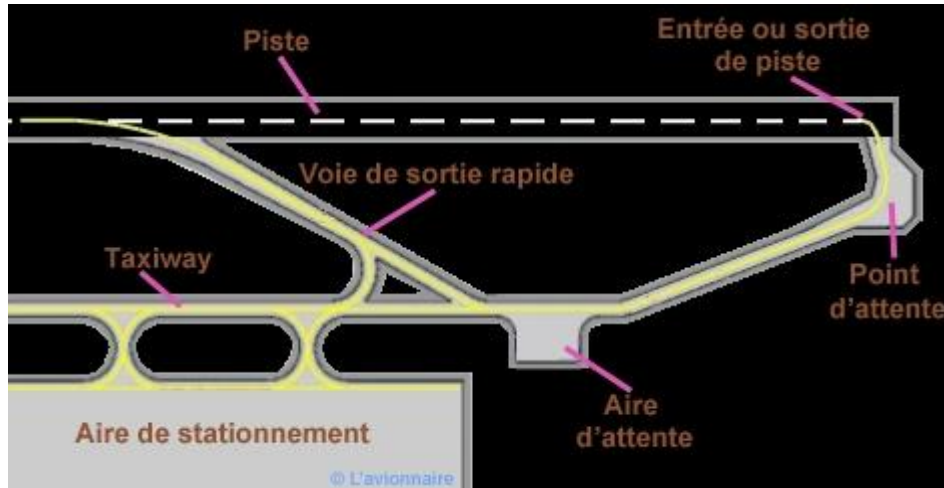


Figure.1-5: voies de circulation [1]

## I.5 Infrastructures et marquages réglementaires de piste :

### I.5.1 MARQUAGES AU SOL (balisage non lumineux) :

Le balisage non lumineux peut être réalisé soit par des marques, soit par des balises et marques suivant qu'il s'agit de parties revêtues ou non revêtues. Les marques ne font pas saillies sur la surface qui les porte et sont visibles en vol. Les balises font saillies au-dessus du sol, émergent de la végétation éventuelle et sont visibles pendant le roulement.

Les marques de balisage sont de couleur blanche sur la piste et de couleur jaune sur les voies de circulation et les postes de stationnement, les aires à portance réduite, les raquettes de retournement. [6]



Figure.1-6 :marques de piste (source : aéroport d'Oran)

## I.5.2 MARQUES DE PISTE :

**MARQUES D'IDENTIFICATION :** Les marques d'identification de piste doivent être apposées aux seuils des pistes revêtues. Les marques d'identification de piste sont constituées sur chaque seuil par un nombre à deux chiffres. Lorsqu'un aérodrome possède plusieurs pistes orientées dans la même direction, on utilise une lettre : **L** pour left (gauche) et **R** pour right (droit)

**MARQUES DE SEUIL :** Toutes les pistes revêtues doivent être dotées de marques de seuil. Les marques de seuil commencent à 6 m en aval du seuil et sont constituées par des bandes de 30 m de longueur, parallèles à l'axe de la piste et disposées symétriquement par rapport à cet axe.[8]



Figure.1-7: marques de seuil ( source: aéroport de LILE)

**MARQUES D'AXE :** Toutes les pistes revêtues doivent être dotées de marques d'axe. Ces marques sont constituées par une ligne discontinue de traits, de 30 m de longueur, espacés de 30 m et centrés sur l'axe de la piste.

**MARQUES DE POINT CIBLE :** Utilisées à l'atterrissage en liaison avec les marques de seuil, les marques de point cible ont pour objet d'aider le pilote à suivre une trajectoire normale de descente.

**MARQUES DE ZONE DE TOUCHER DES ROUES :** Les marques de zone de toucher des roues fournissent au pilote les éléments de guidage pour la prise de contact avec la surface de la piste et des indications de distance par rapport au seuil.



Figure.1-8 : marques de zone de toucher des roues



Figure.1-9 : marquages au sol

## I.6 Balisages lumineux :

Le balisage lumineux permet de reconstituer artificiellement les références visuelles minimales nécessaires aux manœuvres d'approche, d'atterrissage, de circulation au sol et de décollage. Tous les matériels nécessaires à l'équipement des pistes utilisées aux instruments ou en VFR de nuit doivent être agréés par le Service Technique de la Navigation Aérienne (S.T.N.A.). [9]

Le balisage lumineux peut être à basse intensité (BI) tant que la piste n'est pas munie de ligne d'approche. Il doit être à haute intensité (HI) dans le cas contraire y compris en catégorie III où la ligne d'approche n'est pas obligatoire ; il sera néanmoins alors d'intensité variable afin de pouvoir s'adapter aux conditions de visibilité. Les dispositifs de balisage lumineux de la piste comportent :

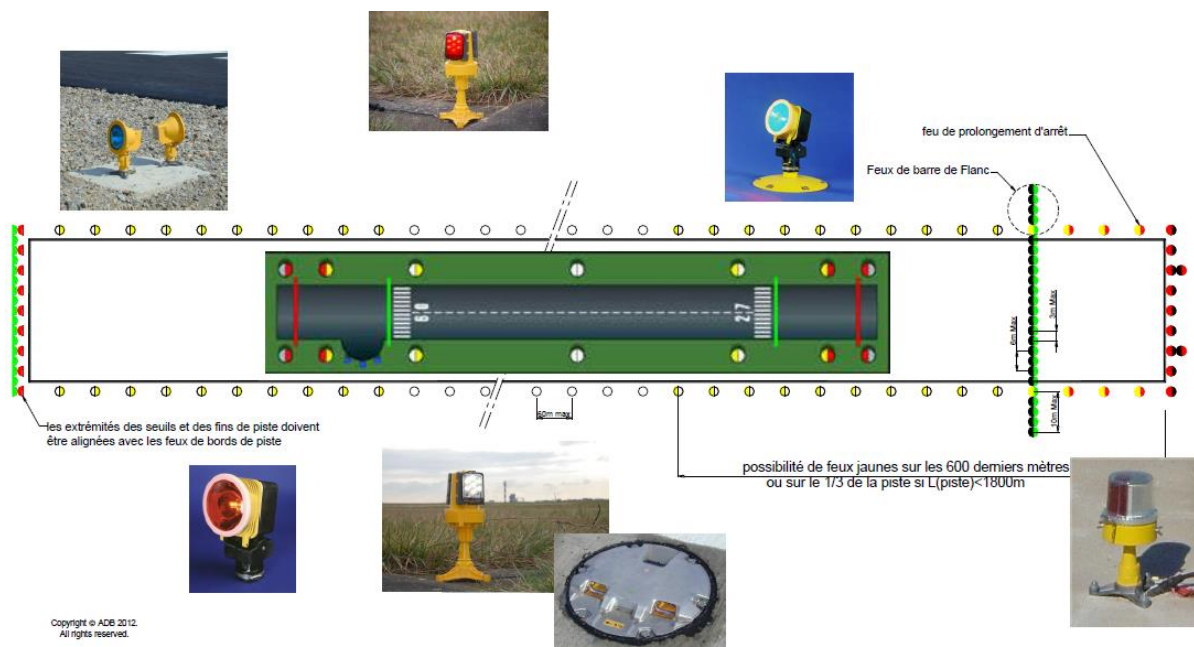


Figure.1-10 : types de balisage lumineux

### I.6.1 **Le balisage de bord de piste (Feu élevé de bord de piste bidirectionnel à haute intensité) :**

constitué par des feux de couleur blanche, pouvant être remplacés par des feux de couleur jaune sur le dernier tiers de la longueur de la piste ou sur ses 600 derniers mètres si celle-ci a plus de 1 800 m de longueur, des feux de couleur rouge en amont d'un seuil décalé, devant toute fois rester visibles en blanc dans le sens opposé à celui de l'utilisation du tiroir.

Le feu de bord de piste, élevé, bidirectionnel, de haute intensité de type BPE-2-150, est utilisé pour les pistes de décollage et les bords de piste de catégorie 1, 2 et 3. Il est utilisé comme feu de seuil et de fin de piste de moyenne intensité. Il peut aussi être utilisé comme feu de guidage vers la piste. [10]



Figure.1-11 : feu de bord de piste ( source aéroport d'oran)

### I.6.2 **Balisage d'extrémité de piste (feu encastré) :**

feux de couleur rouge éclairent en direction de la piste, au moins au nombre de 6, ces feux sont disposés perpendiculairement à l'axe de la piste à une distance de 3 m au plus au-delà de l'extrémité selon deux configurations possibles :

- à intervalles réguliers de l'une à l'autre des deux lignes de balisage de bords de piste.

- répartis en deux groupes espacés régulièrement de part et d'autre d'une porte de longueur égale à la moitié de la distance séparant les deux rangées de feux de bord de piste. [11]

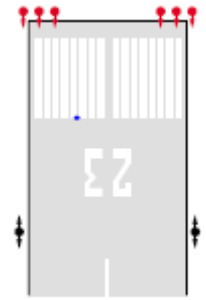


Figure.1-12 : balisage d'extrémité de piste

### I.6.3 Un balisage de seuil de piste :

Comprenant six feux directionnels de couleur verte qui, en l'absence de décalage de seuil, se confondent avec les feux d'extrémité correspondant à l'utilisation de la piste dans le sens opposé. Dans le cas d'un seuil décalé, ce balisage de seuil doit ou bien être composé de feux encastrés ou bien se voir substitué deux barres de flanc composées chacune de 5 feux répartis perpendiculairement à l'axe de la piste sur au moins 10 m au-delà du bord de piste.

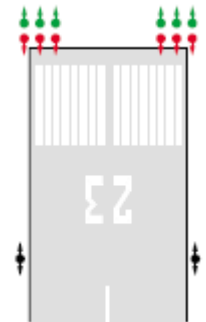


Figure.1-13: balisage de seuil de piste

#### I.6.4 le balisage lumineux des voies de circulation :

le balisage des bords de voies de circulation sera constitué par des feux de couleur bleu seront disposés en bordure des voies de circulation selon la règle des 3 m et 60.



1-14: balisage des voies de circulation

#### I.6.5 un balisage d'axe de piste :

Constitué par des feux directionnels espacés de 7,5 m, 15 m ou 30 m (ce dernier intervalle n'étant acceptable que pour la catégorie II). Disposés depuis le seuil jusqu'à l'extrémité opposée, ces feux sont de couleur blanche jusqu'à un point situé à 900 m de celle-ci, point au-delà duquel ils alternent avec des feux de couleur rouge jusqu'à un second point situé à 300 m de cette même extrémité à partir duquel ils sont de couleur rouge.



Figure.1-15: balisage d'axe de piste (source aéroport d'Oran)

### I.6.6 Un balisage des zones de toucher de roues :

Constitué par des barrettes de trois feux de couleur blanche, barrettes disposées tous les 30 m ou 60 m symétriquement par rapport à l'axe de la piste depuis le seuil et jusqu'à 900 m.

### I.6.7 Balisage d'une approche de précision :

La longueur de ligne d'approche est de 900 m en configuration dite normale, laquelle, ainsi que schématisé par la figure, comprend :

- une ligne axiale composée, tous les 30 m, de :
- un seul feu sur ses 300 premiers mètres,
- un groupe de deux feux sur ses 300 m intermédiaires,
- un groupe de trois feux sur ses 300 derniers mètres,
- un ensemble de barres transversales à 150 m, 300m, 450 m, 600 m et 750 m complétant respectivement la ligne axiale de deux fois quatre, cinq, six, sept et huit feux.

De couleur blanche, les feux constituant la ligne d'approche sont à haute intensité. Ils sont, autant que ~~faire se peut~~, disposés dans un même plan proche du plan horizontal passant par le centre de la ligne de seuil. Lorsque le seuil est décalé, les feux d'approche doivent naturellement, en dépit de cette recommandation, être encastrés entre ce seuil et l'extrémité correspondante de la piste. [12]



Figure.1-16: balisage d'approche

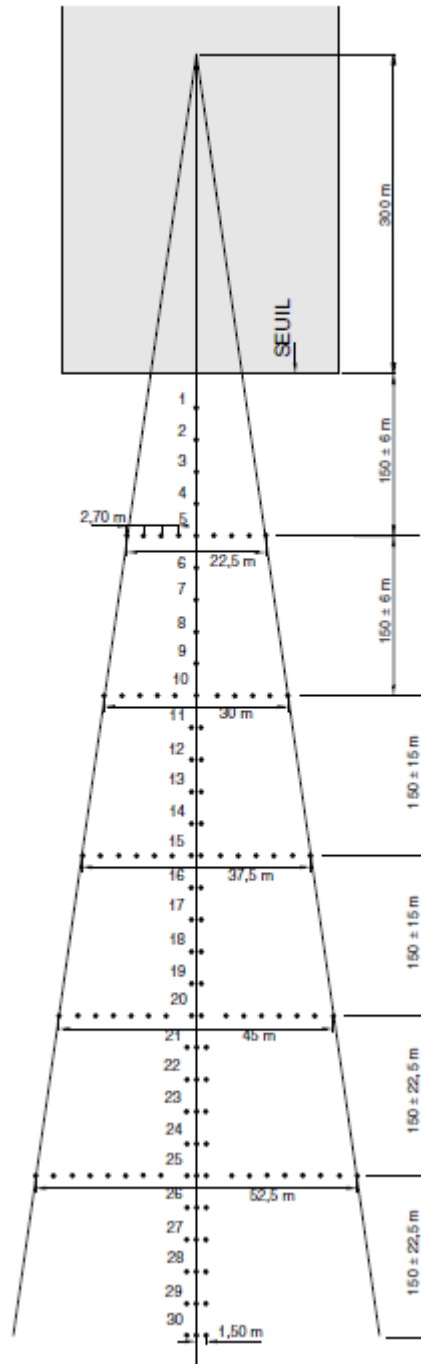


Figure.1-17 : dispositif lumineux d'approche pour une piste avec approche de précision de catégorie I

### I.6.8 Indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) :

Le PAPI d'un aérodrome présente au pilote une trajectoire visuelle de vol (verticale) et ainsi facilite l'établissement d'une descente stabilisée en approche à l'atterrissage. [13]

#### I.6.8.1 Principe de fonctionnement :

Une unité lumineuse du PAPI, illustrée à la figure 1, émet un faisceau lumineux à code de couleur dont la moitié supérieure est blanche et la moitié inférieure rouge. Entre les parties supérieure et inférieure, il y a une bande de transition d'un angle de quelque 3 minutes d'arc qui est une zone de changement progressif du blanc au rouge que l'on appelle parfois la « zone rose ».

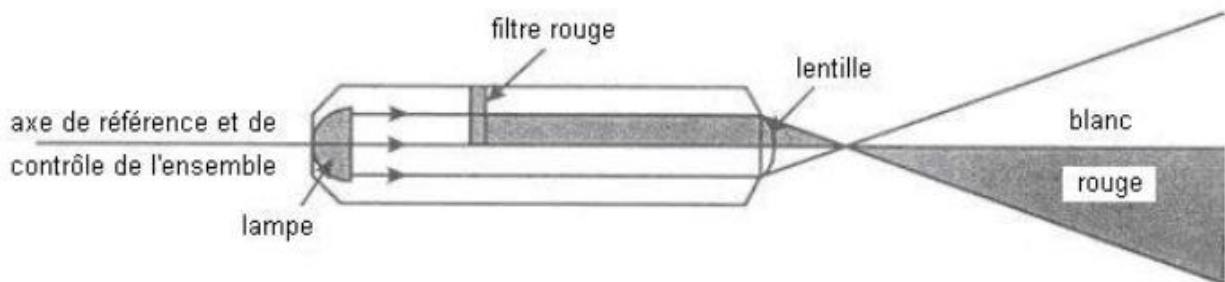


Figure.1-18: Unités lumineuses et signaux d'un dispositif PAPI

#### I.6.8.2 Dispositif de l'indicateur de trajectoire d'approche de précision :

Le faisceau lumineux qu'émet le dispositif PAPI étant à code de couleur, il est possible d'installer un certain nombre d'unités lumineuses et ainsi d'obtenir un signal, illustré à la figure 2, qui permet au pilote de connaître la position de l'aéronef [en fait les yeux du pilote]. Un dispositif standard est constitué de quatre (4) unités lumineuses, chacune avec un angle vertical unique.



Figure.1-19 : Dispositif d'un PAPI

Il est important de noter que lorsque le dispositif indique que l'aéronef en approche est « sur le plan nominal de descente », cela ne veut pas dire qu'il est précisément sur l'alignement de descente (p. ex. 3 degrés), mais plutôt qu'il est dans le « couloir d'approche » défini par C et B, illustré à la figure 3. Lorsque l'aéronef est sur le plan nominal de descente, le regard du pilote peut être n'importe où à l'intérieur du couloir d'approche qui, dans les installations normales, a une largeur de 20 minutes d'arc.

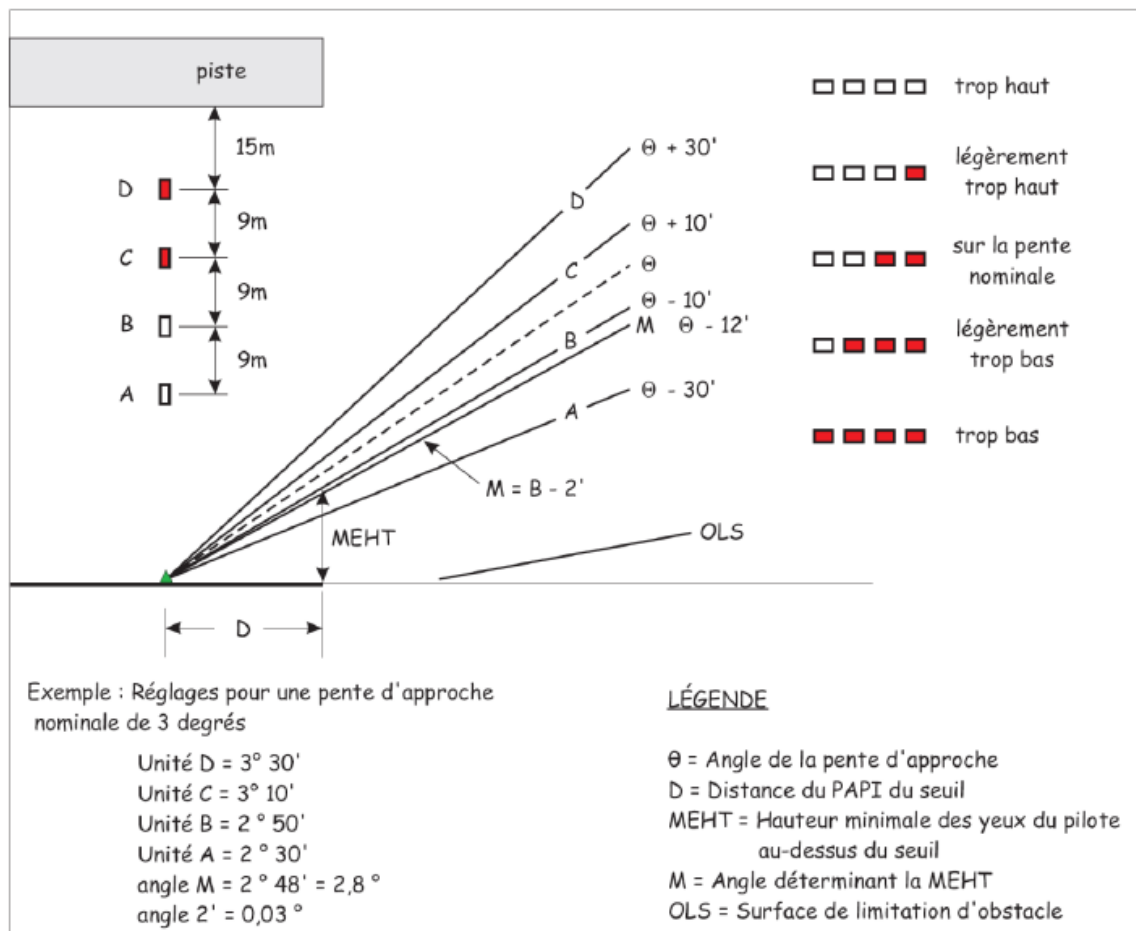


Figure.1-20 : profile d'un PAP



Figure.1-21 : PAPI

## **I.7                    Système de surveillance et de commande du balisage lumineux d'aérodromes :**

### **I.7.1        Fenêtre des menus :**

Le HMI est basé sur l'environnement Windows avec des menus et écrans facilement accessibles qui affichent toutes les informations (cliquer sur un objet pour obtenir plus d'informations, par exemple).

Le menu principal est un menu de démarrage qui permet d'accéder directement à chaque page de l'ALCS. Cette fenêtre affiche plusieurs boutons de navigation. Cliquer sur ces boutons pour afficher l'écran correspondant décrit dans les paragraphes suivants. Cette page est la première qui s'affiche lors du démarrage du système.[14]

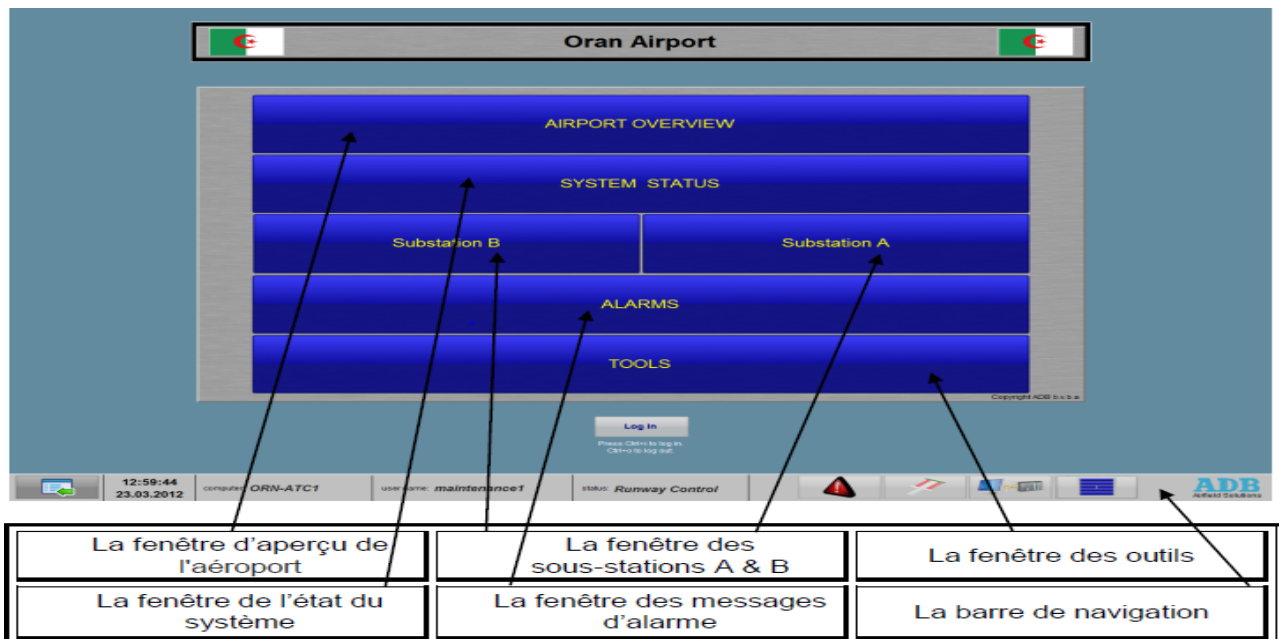


Figure.1-22 : système informatisé de commande de balisage d'aérodromes

Le système peut être utilisé de deux façons différentes décrites ci-dessous.

**La partie relative à la commande** du balisage lumineux est principalement conçue pour les opérations dans la tour de contrôle ; cette partie comprend tous les moyens relatifs à l'envoi des commandes au balisage lumineux au sol des aérodromes.

La fenêtre « *AirportOverview* »(Aperçu sur l'aéroport)

**La partie relative à la surveillance et le dépannage** de l'AGL est conçue pour les équipes de maintenance.

La fenêtre « *System Status* »(État du système)

Les vues « *Substation*(Sous-stations)

La fenêtre « *Alarm* »(Alarmes)

La fenêtre « *System Tools* »(Outils système)

## I.8 La fenêtre AirportOverview (*Aperçu sur l'aéroport*) :

Cette fenêtre sera exclusivement utilisée par le contrôleur du trafic aérien (ATC) pour contrôler la piste et la piste de circulation.

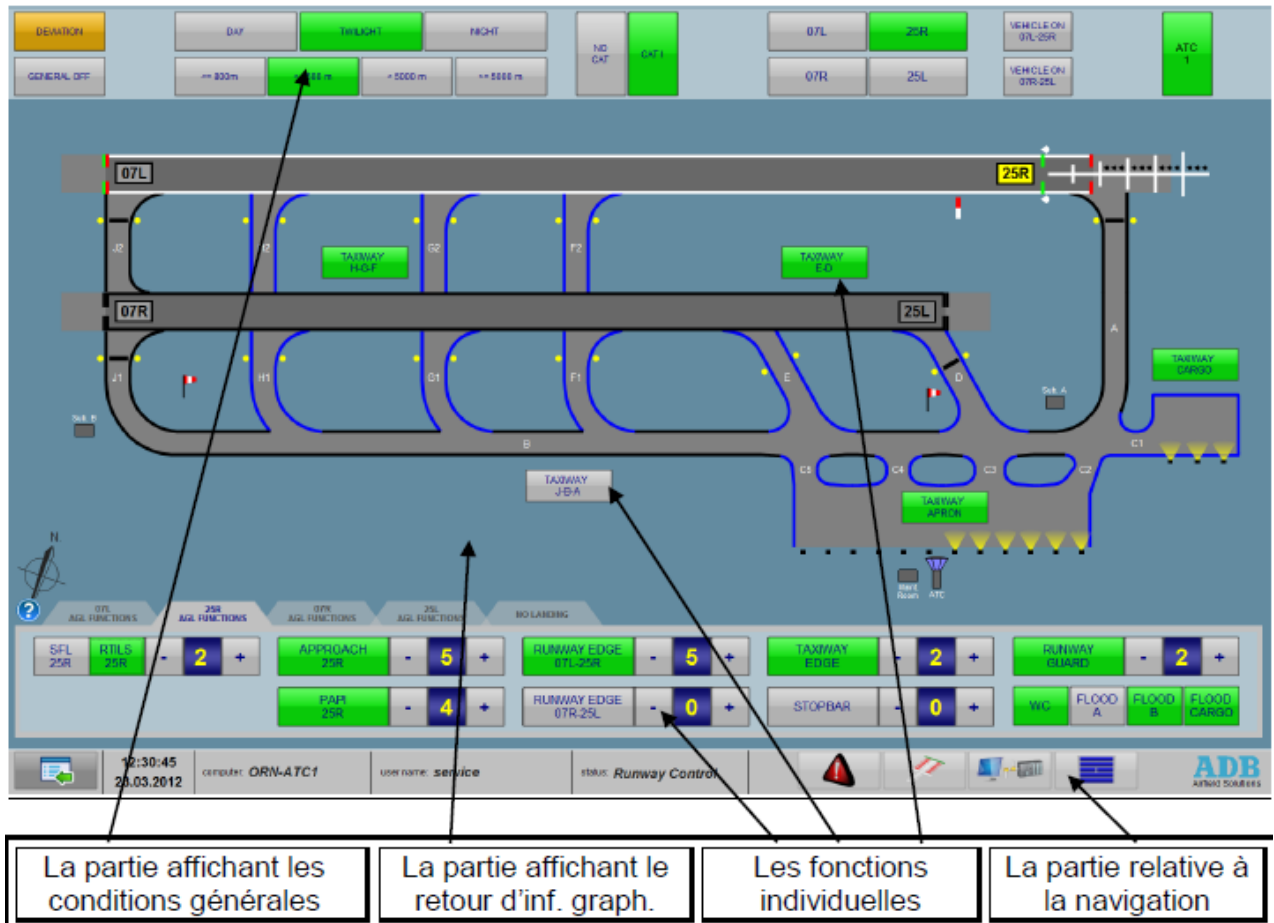


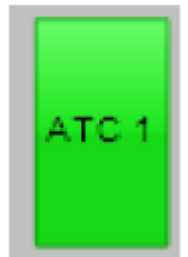
Figure.1-23:Contrôleur du trafic aérien

### I.8.1 La partie relative aux conditions générales

La partie supérieure de l'écran sera utilisée pour le contrôle général en envoyant des commandes à tous les circuits du balisage lumineux selon des tableaux prédéfinis et modifiables. Chaque circuit du balisage lumineux d'un aéroport doit être alimenté avec la bonne intensité de courant (pas) en fonction des conditions de visibilité (la portée visuelle sur la piste RVR et la luminance de fond) et la luminosité des autres circuits.

### I.8.1.1 La sélection des contrôles :

Chaque HMI peut prendre le contrôle de la piste et envoyer des commandes aux régulateurs et circuits auxiliaires. Le bouton [ATC1] montre si le HMI est actuellement en fonction.



Le « HMI-Master » (*HMI maître*) (celui qui introduit les commandes ; il s'agit généralement du HMI de l'ATC (ATC-HMI)) est représenté sur un fond *vert vif*, alors que les « HMI-Slave » (*HMI esclave*) sont représentés en *vert foncé* ; le bouton correspondant s'allumera en rouge en cas de panne.

Le bouton [**DEVIATION**] permet de revenir aux conditions par défaut après un changement manuel. En appuyant sur ce bouton, la fenêtre de déviation s'ouvre



Le bouton [**GENERAL OFF**] (*Désactivation générale*) permet de désactiver tous les circuits du système de balisage lumineux au sol des aéroports. Une fenêtre de confirmation (Confirm/Cancel – *Confirmer/Annuler*) s'affiche pour empêcher que ceci soit fait par accident.



La figure suivante montre la fenêtre de déviation :

AGL Function	Landing dir	Cmd Step	Preset Step
Approach C/L	01	0	4
PAPI	01	0	5
Runway Edge		5	4

PRESET ALL      PRESET SELECTED      CLOSE

Figure.1-24: La fenêtre de déviation

Le pas de commande s'affiche en rouge quand l'actuel pas sélectionné est au moins un pas plus bas que le pas défini dans le tableau des luminosités par défaut.

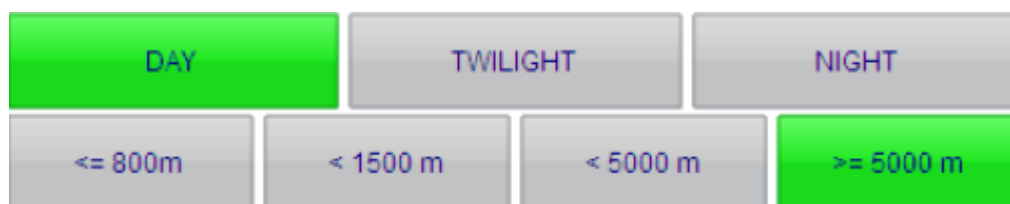
[PRESET ALL] (*Tout réinitialiser*) En appuyant sur le bouton Preset, les fonctions affichées seront réinitialisées au pas prédéfini. Pour ne pas avoir d'accidents, une fenêtre de confirmation s'affiche pour demander si ces changements n'auront pas d'influence sur les mouvements sur la piste.

[PRESET SELECTED] (*Réinitialisation des éléments sélectionnés*) Le bouton « Presetselected » s'affiche quand une fonction a été sélectionnée (en cliquant avec la souris sur la fonction). Lorsque le bouton « PresetSelected » s'affiche, la fonction sélectionnée sera réinitialisée à son pas prédéfini dans le tableau des luminosités par défaut.

[CLOSE] (*Fermer*) En appuyant sur ce bouton, la fenêtre de déviation se ferme sans tenir compte des éventuels changements apportés aux fonctions.

Remarque : on peut encore toujours dévier des conditions par défaut (à la demande des pilotes) en introduisant des commandes dans la partie « Individual Control » (*Contrôle individuel*). Si les conditions par défaut ne sont plus d'application, le bouton [PRESET] s'affiche en orange.

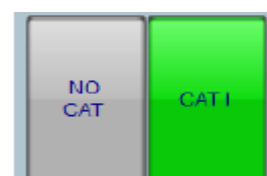
### I.8.1.2 Les conditions de visibilité :



Trois boutons permettent d'introduire la luminance de fond : [DAY] (*Jour*), [TWILIGHT] (*Crépuscule*) et [NIGHT] (*Nuit*). Ces boutons sont verrouillés : un seul bouton peut être activé à la fois. Quatre boutons permettent d'introduire la visibilité météorologique (Runway Visual Range – *Portée visuelle sur la piste*) : [<= 800m], [800m to 1500 m], [1500m to 5000m] et [>= 5000m]. Ces boutons sont verrouillés : à chaque instant, un seul bouton peut être activé à la fois

### I.8.1.3 La catégorie :

Des boutons permettent à l'opérateur de définir les aérodromes de l'aéroport dans les conditions No CAT et CAT1.



### I.8.1.4 La direction d'atterrissage :

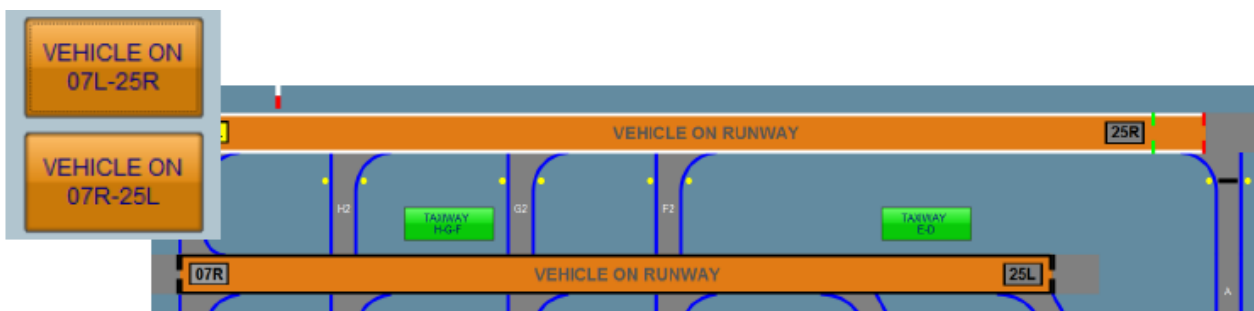
Quatre boutons permettent de déterminer la direction d'atterrissage (piste utilisée) pour l'aéroport : [07L], [25R], [07R] et [25L]. Ces boutons sont verrouillés : Un seul bouton peut être activé à la fois. En sélectionnant la



direction d'atterrissage 25R, les balisages lumineux d'approche 25R (Approach (*Approche*), Flashing (feux à éclats), Threshold (*Seuil*) et PAPI) sont allumés.

### I.8.1.5 Piste hors service :

Deux boutons permettent d'indiquer qu'une piste est « hors service » parce qu'un véhicule est sur la piste. Un bouton pour la piste 07L-25R et l'autre pour la piste 07R-25L.



## I.8.2 La partie relative à la commande d'une fonction individuelle :

Cette partie de l'écran sera utilisée si l'opérateur souhaite dévier des réglages par défaut pour répondre aux demandes du pilote ou si le temps change brusquement

### I.8.2.1 Utilisation des boutons :

Le gros bouton portant le nom de la fonction permet d'activer ou de désactiver une fonctionnalité en fonction des réglages de direction d'atterrissage, de RVR et de luminosité du fond. Si la fonction ne se trouve pas dans la sélection de la luminosité par défaut et qu'elle est activée, le niveau de luminosité par défaut sera le pas 2.



L'affichage à 7 segments montre le pas de luminosité réel du régulateur (si 2 CCR sont prévus pour cette fonction, la signalisation des accidents techniques montera la valeur la plus grande). Les boutons [+] et [-] sont utilisés pour augmenter ou baisser la luminosité d'un (1) pas.

Si une fonction n'est pas disponible pour un sens d'atterrissage particulier, le bouton correspondant et son objet graphique n'apparaîtront pas sur l'écran

### I.8.2.2 Résumé des fonctions de commande :

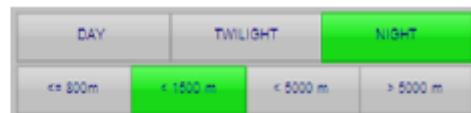
Trois niveaux de commande sont fournis pour envoyer des commandes aux appareils de l'AGL.

La **sélection automatique des aides visuelles** commande globalement tous les circuits associés à la piste utilisée en introduisant les conditions extérieures. Ceci est en rapport avec les conditions atmosphériques et l'heure du jour.

La **sélection de la luminosité individuelle** commande une (1) fonction ALS de la piste en usage (MARCHE/ARRÊT).

Le **mode de maintenance** commande chaque régulateur individuellement et indépendamment des autres réglages. C'est la même chose que la déconnexion virtuelle du régulateur par le système de commande à distance et sa commande individuelle.

**Sélection automatique  
des aides visuelles**



**Sélection de la  
luminosité individuelle**



**Mode  
d'entretien**



### I.8.3 Le code couleur :

#### I.8.3.1 Résumé des fonctions de commande :



**Vert** → les feux de la fonction concernée sont allumés (cette information est également disponible dans la partie relative au retour d'information graphique).

**Gris** → les feux de la fonction concernée sont éteints.

**Rouge** → un problème s'est manifesté et le personnel de maintenance devrait vérifier la partie relative aux alarmes ; le HMI en question ne peut plus assurer le bon fonctionnement de cette fonction AGL.

## I.9 Conclusion :

Dans ce chapitre , nous avons eu a évoqué une bref généralité sur les infrastructures des aérodromes et le marquages réglementaires de piste . Après on s'est accentué sur les différentes types de balisage et ensuite une aperçue sur le système de surveillance et de commande du balisage lumineux d'aérodromes.

Ce chapitre nous a permis d'avoir une idée claire sur les aérodromes et leur constitution, cela nous permettra d'entamer notre deuxième chapitre qui se focalisera sur les sources d'alimentation électrique

# Chapitre II :

---

## Les sources d'alimentation électrique

## I.10 INTRODUCTION :

Les sources d'alimentation électrique d'un aéroport sont normalement déterminées avant le début de la conception des installations de balisage. Les besoins électriques des aides visuelles ne représentent généralement qu'une petite partie de la consommation électrique totale d'un aéroport. Lorsque des systèmes de balisage sont installés sur un nouvel aéroport ou dans le cadre de la modernisation et de l'agrandissement d'un aéroport existant, les sources d'alimentation électrique doivent faire l'objet d'une analyse quant à leur disponibilité, capacité, fiabilité et adaptabilité pour les installations proposées et les agrandissements futurs

## I.11 ALIMENTATION À PARTIR DE SOURCES COMMERCIALES OU PUBLIQUES (SONELGAZ) :

La plupart des aéroports sont alimentés en électricité par des artères de distribution situées à l'extérieur de l'aéroport. Les grands aéroports ont normalement au moins deux sources d'alimentation indépendantes à partir de zones largement séparées d'un réseau électrique extérieur alimentant chacune des sous-stations situées dans les limites de l'aéroport. Comme le réseau extérieur est généralement interconnecté, il n'est pas possible d'identifier des zones véritablement indépendantes. Le choix doit donc se faire sur la plus basse probabilité de pannes simultanées de ces deux sources.

### Fonctionnement du poste de livraison SONELGAZ :

Arrivée de deux lignes : 30Kv (ZAHANA+Oran sud) (voir la figure 1)

P= 5 MVA (puissance mise à la disposition de l'aéroport)

Quand une ligne alimente l'aéroport, l'autre en veille

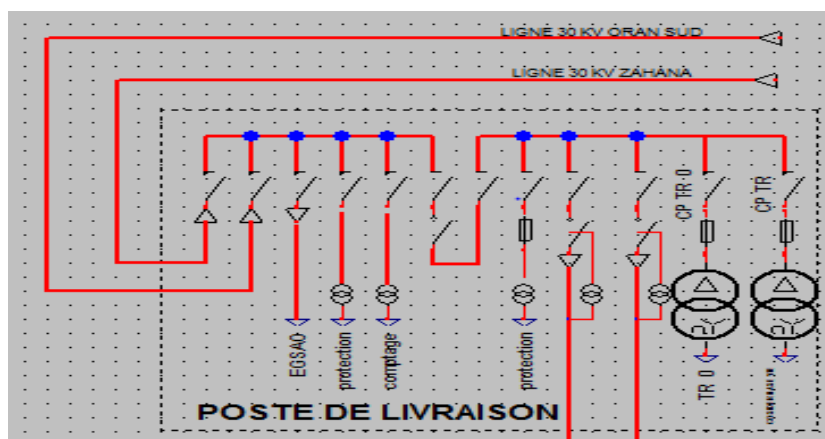


Figure 2-1 : synoptique circuit 30 KV de poste de livraison

### **Mode dégrade :(coupure SONELGAZ) :**

Les techniciens se déplacent au P/L pour inverser la ligne en veille.

Temps de déplacement des techniciens = 10 min

En cas de coupure des deux lignes : tous les circuits cités si après seront maintenus par l'énergie des groupes électrogènes jusqu'au de l'énergie de SONELGAZ

## **I.12 Source d'alimentation locale indépendante (groupe électrogène) :**

En plus d'un raccordement au réseau public, certains aérodromes peuvent avoir leur propre source d'alimentation pour des raisons économiques. La source locale est un groupe électrogène diesel.

### **Équipements utilisés :**

- Deux groupes électrogènes classiques automatisés : 2x 400kva
- Temps de détection a la coupure énergie SONELGAZ : 2 secondes
- Temps de démarrage et réaction pour fournir l'énergie secours : 10 Secondes
- Temps de transfert au retour de l'énergie SONELGAZ : 2/10 secondes

### **En cas de coupure énergie SONELGAZ :**

- Les deux groupes électrogènes démarrent automatiquement l'un en service et l'autre en veille
  - S'assurer que les circuits départ de la zone technique sont bien alimentés
  - Si le groupe en service tombe en panne : les TS doivent procéder manuellement a la permutation du second groupe électrogène ainsi que l'inversion des cellules arrivées 10 KV CA/40 et CA/41
- A. S'assurer que les circuits départ allants vers la zone technique sont bien alimentés
- B. Dépanner immédiatement le groupe en panne
- En cas de coupure prolongée (ILS VOR DME) sont dotés de batteries pour une autonome d'énergie de 30 min



Figure 2-2 : groupe électrogène (source aéroport d'Oran)

## I.13 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES AIDES VISUELLES D'AÉRODROME :

Le Tableau 1.1., reproduit à partir du Tableau 8-1 de l'Annexe 14, Volume I, indique les dispositions en matière d'alimentation de secours pour certaines installations de balisage d'aérodrome (approches classiques, approches de précision de catégorie I, approches de précision de catégories II/III et pistes de décollage dans des conditions de RVR inférieure à 800 m). L'objectif de conception du système de balisage est qu'en cas de panne ou de défaut, la « source normale » soit automatiquement remplacée par une « source de secours » dans un délai spécifié.

Il est important de noter que les désignations de « source normale » et de « source de secours » ne sont applicables que pour les descriptions du mode de fonctionnement et du temps d'interruption. En règle générale, un aérodrome est alimenté par le réseau public et dispose d'un groupe électrogène diesel ou d'une source d'alimentation non protégée contre les coupures (IPU), pour les systèmes de balisage. Comme le montre la Figure 2-3, dans le cas d'une approche classique et d'une approche de précision de catégorie I, l'IPU joue le rôle de « source de secours » et le réseau public, celui de « source normale », du simple fait que l'IPU peut être mise en circuit et stabilisée dans un délai maximum de 15 secondes. Dans le cas d'une approche de précision de catégories II/III, et pour les décollages avec une RVR de moins de 800 m, le délai de commutation prescrit de 1 seconde impose que l'IPU devienne la « source normale », alors que le réseau public joue le rôle de « source de secours ». D'autres options comprennent l'utilisation d'une alimentation statique sans coupure (SUPU) qui peut démarrer avec une interruption de moins de 1 seconde. Comparée à la méthode ci-dessus qui utilise une IPU tournant en permanence, cette méthode est plus favorable en termes de consommation de carburant et d'émissions polluantes. C'est à l'aéroport de choisir la solution qui convient le mieux en tenant compte des sources disponibles et des coûts d'exploitation du site.[2]

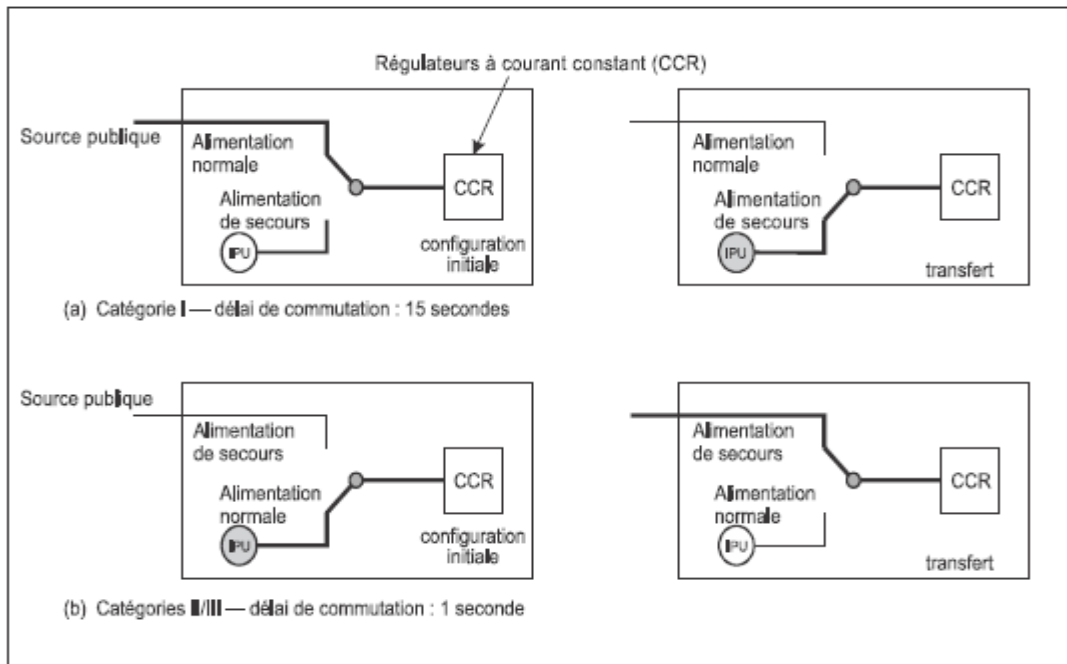


Figure2-3 : rôles des sources normales et secours

Une façon simple de se représenter ces commutations est de considérer l'« alimentation » comme l'énergie électrique elle-même et la « source » comme son origine. La source qui est à l'origine de l'alimentation (normale ou de secours) dépend du mode de fonctionnement illustré au Tableau 1-2. Les termes « primaire » et « secondaire » seront plutôt considérés comme des appellations permanentes identifiant des équipements particuliers, alors que les termes « normal » et « de secours » désignent plutôt le mode d'utilisation de l'équipement.

Tableau 1-2 :Mode d'alimentation en fonctions des opérations considérées

opération	Alimentation normale	Alimentation de secours
Catégorie I	Réseau électrique public	Groupe électrogène local
Catégorie I/II	Groupe électrogène local	Réseau électrique public

Une seconde source électrique publique peut être désignée comme alimentation de secours. Cependant, cette approche nécessite un haut niveau de service. L'intégrité des opérations permises par deux sources publiques indépendantes repose sur la séparation et l'indépendance de ces sources. Si les deux proviennent de réseaux de distribution interconnectés, une défaillance de l'un peut causer une panne simultanée des deux sources. De plus, les sources auxiliaires peuvent ne pas avoir un statut de réserve seulement et peuvent fournir de l'électricité à d'autres installations de l'aérodrome. Ce dernier devrait avoir une capacité de génération suffisante pour assurer le balisage des aides, lorsque c'est nécessaire. De plus, il convient de porter attention à la

coordination des dispositifs de protection de façon qu'une panne d'une charge non essentielle ne risque pas d'entraîner une perte complète de l'alimentation, y compris les aides visuelles.

Tableau 1--1 :Spécifications relatives à l'alimentation électrique auxiliaire pour les aides visuelles (extrait du Tableau 8-1 de l'Annexe 14, Volume I, 7e édition, juillet 2016)

piste	Balisage lumineux a alimenter	Délai maximale de commutation
Avec approche classique	Dispositif lumineux d'approche	15 secondes
	Indicateurs visuels de pente	15 secondes
	d'approche (a) (d)	15 secondes
	Bord de piste (d)	15 secondes
	Seuil de piste (d)	15 secondes
	Extrémité de piste	15 secondes
	Obstacle (d)	15 secondes
Avec approche de précision. Catégorie I	Dispositif lumineux d'approche	15 secondes
	Indicateurs visuels de pente	15 secondes
	d'approche (a) (d)	
	Bord de piste (d)	15 secondes
	Seuil de piste (d)	15 secondes
	Voie de circulation essentielle	15 secondes
	Extrémité de piste	15 secondes
Obstacle (d)	15 secondes	
Avec approche de précision. Catégorie II	300 premiers mètres de balisage lumineux d'approche	1 secondes
	Obstacle (a)	15 secondes
	Bord de piste	15 secondes
	Seuil de piste	15 secondes
	Extrémité de piste	1 secondes
	Axe de piste	1 secondes
	Zone de touches des roues	1 secondes
	Toutes les barres d'arrêt	1 secondes
	Voie de circulation essentielle	15 secondes
Piste de décollage destinée à être utilisée lorsque la portée visuelle de piste est inférieure à 800m	Bord de piste	15 secondes
	Extrémité de piste	1 secondes
	Axe de piste	
	Toutes les barres d'arrêt	1 secondes
	Voie de circulation essentielle (a)	1 secondes
	Obstacle (a)	15 secondes
		15 secondes

- (a) Dotés d'une alimentation auxiliaire lorsque leur fonctionnement est indispensable à la sécurité des vols. (c) Une seconde s'il n'y a pas de feux d'axe de piste. (d) Une seconde si les vols sont effectués au-dessus d'un terrain dangereux ou escarpé.

## I.14 Synchronisation :

Plutôt que le basculement d'une source normale à une source de secours, il est possible d'utiliser une unité d'alimentation de secours (IPU) synchronisée avec le réseau public, c'est-à-dire couplée

pour fonctionner en synchronisme, comme le montre la Figure 2-4. Ce mode de réalisation offre une meilleure efficacité qu'un groupe électrogène et élimine toute interruption de l'alimentation des régulateurs à courant constant (CCR). Dans ce cas, il n'est pas approprié d'utiliser les qualificatifs « normal » et « de secours » car les sources sont interchangeables

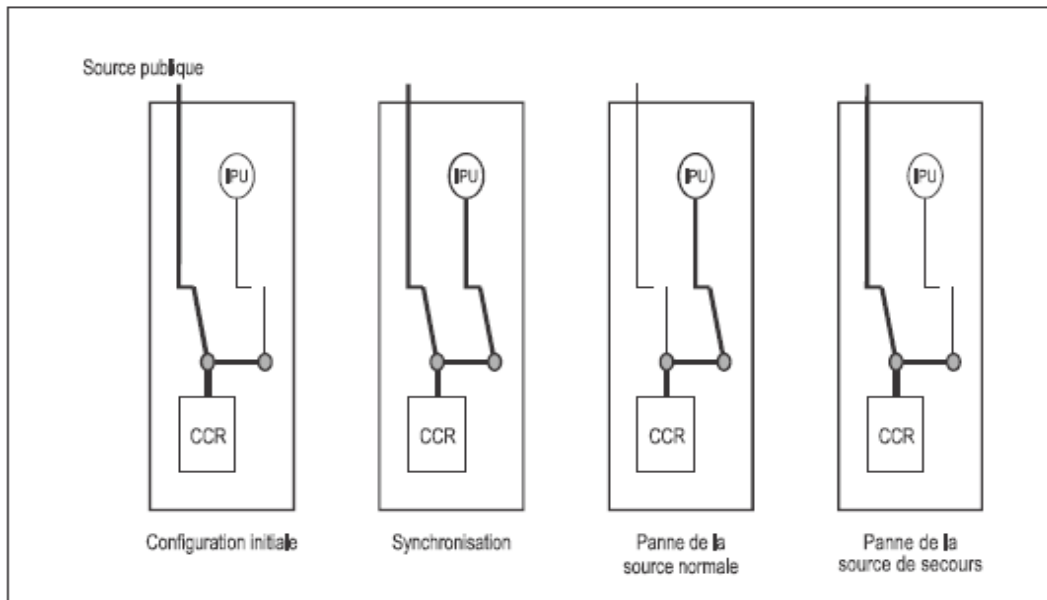


Figure 2-4 : synchronisation des sources

## I.15 ALIMENTATION SANS COUPURE :

Une autre formule consiste à utiliser une alimentation sans coupure (UPS, c'est initialement la source publique qui alimente normalement les CCR. En cas de panne de la source publique, le processus de transfert se fait en deux temps. Dans une première étape, c'est l'UPS qui alimente les CCR. Cette étape peut durer de 15 à 30 minutes ou plus, selon la capacité des batteries. Avant que les batteries soient épuisées, l'IPU démarre pour être capable de reprendre la charge dans la deuxième étape.

Tant que les CCR ne sont pas exposés à une interruption de courant au démarrage de la source de secours, le processus peut s'appliquer de la même façon aux opérations de catégories II/III. L'avantage pour l'aéroport est double. Comme l'IPU est la source de relève pour les opérations de catégories II/III, ses heures de fonctionnement sont sensiblement réduites avec des économies de carburant et de maintenance. Cette réduction est également applicable aux opérations de catégorie

I, car c'est l'UPS qui prend le relais de la source publique en cas de panne de moins de 30 minutes. Il y a également les avantages sur le plan de l'environnement car la diminution des heures de fonctionnement de l'IPU permet de réduire les émissions et l'empreinte carbone de l'aéroport.

Une autre méthode optimisée pour prendre le relais en cas d'interruption de courant consiste à prévoir une alimentation séparée de certaines installations de balisage lumineux, par exemple celles des bords de piste et de l'axe de la piste/zone de toucher des roues, ces dernières étant alimentées par une UPS. De cette manière, l'IPU sert de source de secours pour toutes les installations participant à des opérations de catégorie II. Lorsque le transfert se produit, l'UPS continue d'alimenter les feux d'axe de piste et de zone de toucher des roues pour respecter le délai de moins de 1 seconde, pendant que les feux de bord de piste peuvent prendre 15 secondes pour se rallumer après le démarrage de l'IPU.

L'UPS est souvent un ensemble électronique associé à une série de batteries et le tout prend alors le nom d'alimentation statique sans coupure (SUPU). Une UPS constituée d'un moteur et d'un générateur électrique accouplé à un volant de stockage d'énergie constitue une alimentation sans coupure tournante (RUPU). Cette solution a été utilisée à de nombreux aéroports, mais elle a perdu de sa popularité à cause de divers problèmes, bien que maintenant la technologie ait fait des progrès et que cela puisse constituer une solution intéressante. [2]

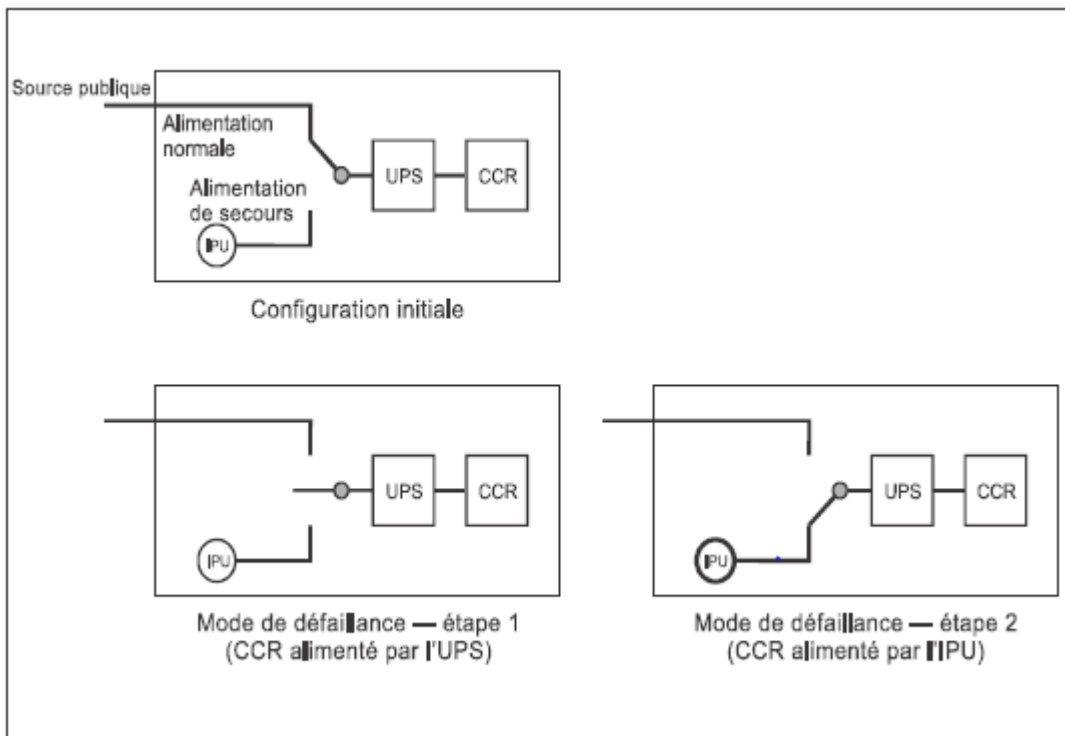


Figure 2 -5 : fonctionnement avec une UPS

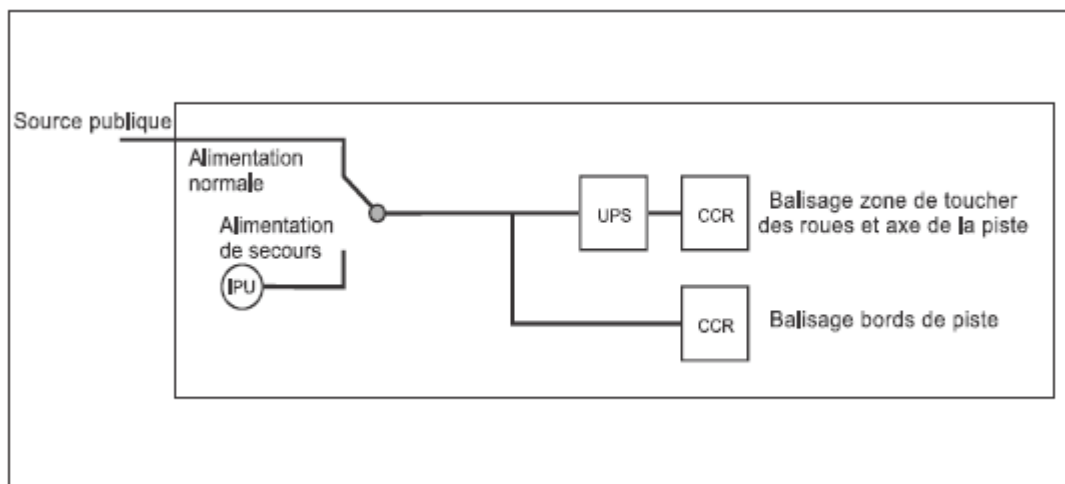


Figure 2 -6 : séparation des installations de balisage

## I.16 **ÉQUIPEMENT :**

Les composants électriques du système d'alimentation d'une installation de balisage d'un aérodrome devraient toujours être de la meilleure qualité pour assurer la fiabilité, la disponibilité et le maintien des tensions et des fréquences nécessaires aux équipements. Les principaux éléments de l'équipement auxiliaire d'alimentation habituellement utilisé pour le balisage lumineux d'un aérodrome comprennent des groupes électrogènes, des dispositifs de commutation et des circuits fournissant le courant de démarrage des groupes électrogènes, ainsi que les chambres ou abris qui contiennent ces équipements.

### I.16.1 **Groupe électrogène :**

Un groupe électrogène tournant comprend généralement un moteur, une génératrice ou un alternateur, un dispositif de démarrage, des commandes de démarrage et un réservoir ou une conduite d'alimentation en carburant. Les groupes électrogènes qui servent de sources auxiliaires d'alimentation ont habituellement une capacité de l'ordre de 100 à 500 KVA, mais leur gamme de puissance peut aller de 50 à 1 000 KVA.

a) Moteur : La plupart des groupes électrogènes sont entraînés par un moteur à essence, à gaz ou diesel, ou encore par une turbine à gaz, ce choix dépendant du coût et de la disponibilité du carburant. Les moteurs disponibles sur le marché ont des capacités standard correspondant à la puissance nominale (en kilovolts-ampères) de l'alternateur accouplé. La plupart des grands aéroports utilisent des moteurs à démarrage rapide et automatique, capables d'accélérer et de stabiliser leur vitesse pour permettre d'alimenter la charge en moins de 15 secondes.

b) Génératrice : un alternateur dans la plupart des cas, est accouplée mécaniquement au moteur et fournit une source électrique secondaire à la fréquence, à la tension et à la puissance nominale du groupe. L'alternateur peut fournir du courant monophasé ou triphasé. Il doit avoir un haut rendement de conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique.

c) Dispositif de démarrage : La plupart des groupes électrogènes auxiliaires utilisent des batteries pour fournir l'énergie de démarrage du moteur. Comme ils ne tournent que rarement, pendant de courtes périodes et ont besoin de forts courants de démarrage, et aussi pour des considérations de

coût, on emploie le plus souvent des batteries au plomb pour démarrer ces groupes. Les batteries (souvent branchées en série ou en parallèle) doivent pouvoir fournir la tension et l'intensité nécessaires au démarrage du moteur dans les délais voulus et dans les conditions les plus défavorables (en général jusqu'à  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) auxquelles le groupe auxiliaire doit être soumis. Un chargeur équipé d'un limiteur de surintensité et d'un limiteur de surcharge est alimenté en permanence par la source électrique afin de maintenir les batteries à pleine charge. Les batteries doivent être bien ventilées pour éviter l'accumulation d'hydrogène. Elles doivent être protégées des arcs, des étincelles et des flammes nues susceptibles de provoquer l'explosion des gaz éventuellement accumulés. On utilise parfois des batteries au cadmium-nickel lorsque des conditions particulières justifient leur coût d'achat élevé. Les volants d'inertie, les réservoirs d'air comprimé ou les dispositifs de démarrage autres que les batteries sont rarement employés à cause de leur coût ou de leur manque de fiabilité.

d) Commandes de démarrage : Les commandes de démarrage d'un groupe électrogène assurent généralement le démarrage automatique en cas de perte de l'alimentation primaire détectée par un capteur qui fait partie du dispositif de commutation. Certaines installations dont les fonctions sont moins critiques utilisent parfois des commandes manuelles ou à distance. Une fois le moteur démarré, la vitesse et la puissance sont automatiquement régulées par la vitesse du moteur et la charge transmise à travers le commutateur de transfert. Le groupe électrogène doit pouvoir fonctionner automatiquement sans réglage ni autre intervention humaine. Le retour à la source d'alimentation primaire et l'arrêt du groupe électrogène peuvent être automatiques ou par commande à distance.

e) Alimentation en carburant. Le carburant du groupe électrogène provient généralement de réservoirs situés à proximité. La capacité de ces réservoirs doit être calculée en fonction de la durée maximale de fonctionnement prévue pour le groupe. Certaines autorités prescrivent un minimum de 72 heures d'autonomie. Dans d'autres cas, cette période est plus courte, mais elle devrait généralement être le double de la durée maximale prévue des conditions qui exigent le recours à l'alimentation secondaire. Il y a parfois deux réservoirs, un extérieur et une « nourrice » intérieure de plus petite capacité. Les réservoirs et les tuyauteries doivent respecter les exigences de sécurité et permettre un accès facile pour le ravitaillement. Les réservoirs doivent également comporter des dispositifs de vérification de la contamination, particulièrement de l'accumulation d'eau dans le carburant. [2]



Figure 2-7 :groupe électrogène( source aéroport oran)

### I.16.2 **Système de commutation de l'alimentation :**

Le rôle du dispositif de transfert est de commuter l'alimentation de la source normale à la source de secours. Dans le cas d'un démarrage manuel et de commande manuelle, il peut s'agir d'un simple interrupteur ou d'un relais déconnectant la charge d'une source d'alimentation et la reconnectant à l'autre. Il faut cependant d'autres commandes pour que le transfert soit automatique. En général, ces circuits sont combinés dans un module ou une armoire unique. Sa fonction est de détecter une panne de l'alimentation normale, de commander le démarrage du groupe de secours, de déterminer l'instant où la tension et la fréquence du groupe sont correctement stabilisées, et d'appliquer la charge à l'alternateur. Le dispositif de commutation peut également avoir à déconnecter les charges et les installations non essentielles qui n'ont pas besoin de tourner en régime d'urgence, et de les reconnecter une fois que l'alimentation normale est rétablie. Les commutateurs ou les relais de déconnexion et de reconnexion de la charge doivent avoir une capacité suffisante pour commuter la charge nominale de l'alternateur. Leur fonctionnement est similaire pour un délai de commutation de 15 secondes ou de 1 seconde, bien que l'on utilise plutôt des relais rapides dans le second cas. Les capteurs de présence de l'alimentation principale doivent réagir en moins de 3 secondes, car les groupes électrogènes à démarrage rapide ont tout de même besoin de 10 secondes pour démarrer et se stabiliser.

### I.16.3 POSTES ET ABRIS POUR L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE :

#### Abris :

La plupart des équipements électriques servant au balisage lumineux et aux autres installations d'aérodrome sont logés dans des postes électriques ou des abris spéciaux qui assurent la sûreté des accès et la protection contre les intempéries. Les sous-stations haute tension sont généralement à l'air libre et les transformateurs de distribution moyenne tension sont souvent installés sur des plates-formes clôturées. La plupart des postes électriques sont construits en surface et en matériaux à l'épreuve du feu, par exemple du béton armé pour les planchers et du béton, des parpaings, des blocs de scories ou des briques pour les parois. L'utilisation de ces matériaux réduit les risques d'électrocution, de court-circuit et d'incendie. On utilise parfois des structures métalliques préfabriquées pour abriter les transformateurs et les groupes électrogènes. Ces abris contiennent l'équipement de commande et de distribution de l'alimentation, l'équipement d'alimentation auxiliaire et les divers dispositifs qui assurent l'alimentation et la commande des circuits de balisage lumineux de l'aéroport. Les dimensions de ces abris doivent permettre d'y loger l'équipement nécessaire sans encombrement excessif. Les abris sont cloisonnés pour mieux séparer les équipements et les fonctions qu'ils assurent.



Figure 2-8 : poste électrique (extérieur et intérieur) (source aéroport d'Oran)

### **Implantation :**

Les postes électriques ne doivent pas empiéter sur les surfaces de limitation d'obstacles. Ils devraient être assez près de la tour de contrôle pour éviter des chutes de tension excessives dans les câbles de commande. La longueur admissible de ces câbles varie selon le calibre du câble, la tension de commande et les types de relais utilisés, mais la plus grande longueur est limitée à environ 2 250 m. Les véhicules doivent pouvoir accéder aux abris quelles que soient les conditions atmosphériques et il est souhaitable qu'en pareil cas, ils représentent un minimum de risques de conflits avec les mouvements d'avions. L'emplacement doit permettre de raccorder les éléments appropriés des circuits de balisage lumineux et des installations de manière à réduire le plus possible la longueur des câbles d'alimentation.

Les abris devraient être à l'écart des autres bâtiments et installations afin d'éviter la propagation des incendies ou des explosions, sauf les abris des groupes électrogènes auxiliaires qui peuvent être implantés à proximité des postes électriques, afin de réduire la longueur et le calibre des câbles et de simplifier le dispositif de commutation d'alimentation.

Sur les aérodromes équipés de dispositifs lumineux d'approche, il faut parfois installer des abris électriques distincts pour alimenter les divers circuits de ces dispositifs de balisage. Sur certains grands aérodromes, les autorités mettent en place un abri électrique près de chaque extrémité de piste ou de chaque dispositif lumineux d'approche pour faciliter l'imbrication des circuits et améliorer l'intégrité de l'installation. Certains états utilisent la notion de « centre électrique du terrain » (FEC). Ce terme désigne un point proche du centre géographique de l'aérodrome, à partir duquel la longueur des câbles d'alimentation des charges de balisage devrait théoriquement être la plus courte.

### **Dispositions spéciales :**

Les abris électriques ont un rôle particulier à jouer et il faut quelquefois leur donner des caractéristiques spéciales pour assurer la fiabilité et la sécurité de fonctionnement de l'équipement .Certaines de ces caractéristiques spéciales sont exposées ci-après :

a) Ventilation : Il faut prévoir une ventilation suffisante pour éviter que la température des transformateurs ne dépasse les valeurs prescrites par les fabricants. La ventilation doit évacuer la majeure partie de la chaleur dégagée par l'équipement électrique ; seule une part minime peut être dissipée à travers les parois de l'abri. Selon certaines normes, il est recommandé de prévoir 20 cm

de section de ventilation par kilovolt-ampère de capacité du transformateur. Aux endroits où la température ambiante est généralement élevée, comme dans les régions tropicales ou subtropicales, la section de ventilation devrait être augmentée ou complétée par une ventilation forcée.

b) Accessibilité : L'accessibilité de l'abri doit permettre les opérations de réparation, de maintenance, de pose et de dépose de l'équipement. Il faut aussi permettre l'accès pour le ravitaillement en carburant (par camion-citerne).

c) Évacuation des eaux : Tous les abris doivent avoir un système de drainage des eaux. Si les techniques classiques ne suffisent pas, il faudra ménager un puisard permettant d'utiliser une pompe portative.

d) Sûreté des accès : Chaque abri électrique doit être équipé de façon à empêcher les personnes non autorisées d'y pénétrer volontairement ou par inadvertance. Ces dispositions s'imposent à la fois pour protéger le fonctionnement de l'équipement et pour prévenir les risques d'électrocution. À cet effet, les fenêtres doivent être munies de barreaux ou de grillages, les portes métalliques renforcées et cadénassées, et l'abri devrait être entouré de clôtures de sûreté.

e) Éclairage : Les abris électriques doivent être bien éclairés, de jour comme de nuit. Habituellement, l'éclairage est assuré par des luminaires intérieurs dont les dimensions, le type et la disposition donne une bonne visibilité dans toutes les zones. Un éclairage insuffisant augmente les risques d'accidents qui peuvent causer des cas d'électrocution ou de mauvaise utilisation des commandes. L'abri doit être équipé d'un éclairage d'urgence en cas de panne de l'alimentation principale.

f) Communications locales : Dans la plupart des abris électriques, des moyens de communication doivent assurer des liaisons commodes et sûres avec la tour de contrôle, avec les autres abris et, s'il y a lieu, avec d'autres installations ou services. Des circuits spéciaux d'intercommunication ou de téléphonie peuvent permettre d'éviter les brouillages extérieurs sur ces circuits, mais on peut utiliser d'autres systèmes efficaces.

g) Conduits électriques. Les abris électriques devraient être pourvus d'un nombre suffisant de conduits et d'entrées de câbles pour éviter d'avoir plus tard à modifier la structure s'il faut installer des circuits d'entrée ou de sortie supplémentaires. Ces entrées de câbles se font habituellement par des conduits souterrains qui peuvent être raccordés à des canalisations

existantes, à des câbles enfouis directement ou à des conduits de réserve en vue d'agrandissements ultérieurs. Les conduits vides doivent être obturés et ceux qui contiennent des câbles doivent être rendus étanches.

h) Installation de l'équipement : L'équipement, en particulier le gros matériel (transformateurs de distribution, régulateurs, tableaux de commandes et dispositifs de sélection ou de contrôle des circuits), devrait être disposé selon un plan simple et bien dégagé. La disposition doit tenir compte de considérations de sécurité, notamment la protection des circuits électriques à haute tension, ainsi que de l'accessibilité de l'équipement et des commandes. Le schéma des circuits électriques doit être le plus simple possible et l'installation des commandes et des circuits doit être conforme aux codes de sécurité. Pour faciliter l'entretien des groupes électrogènes, il est recommandé de prévoir un treuil sur rail au plafond.

i) Lorsque le groupe électrogène et l'appareillage électrique sont logés dans une enceinte distincte des régulateurs à courant constant, l'interconnexion doit se faire par des câbles circulant dans des conduits en ciment ou en acier, sans raccords ni regards intermédiaires. Si la distance est relativement grande, il est préférable de doubler les câbles d'alimentation.

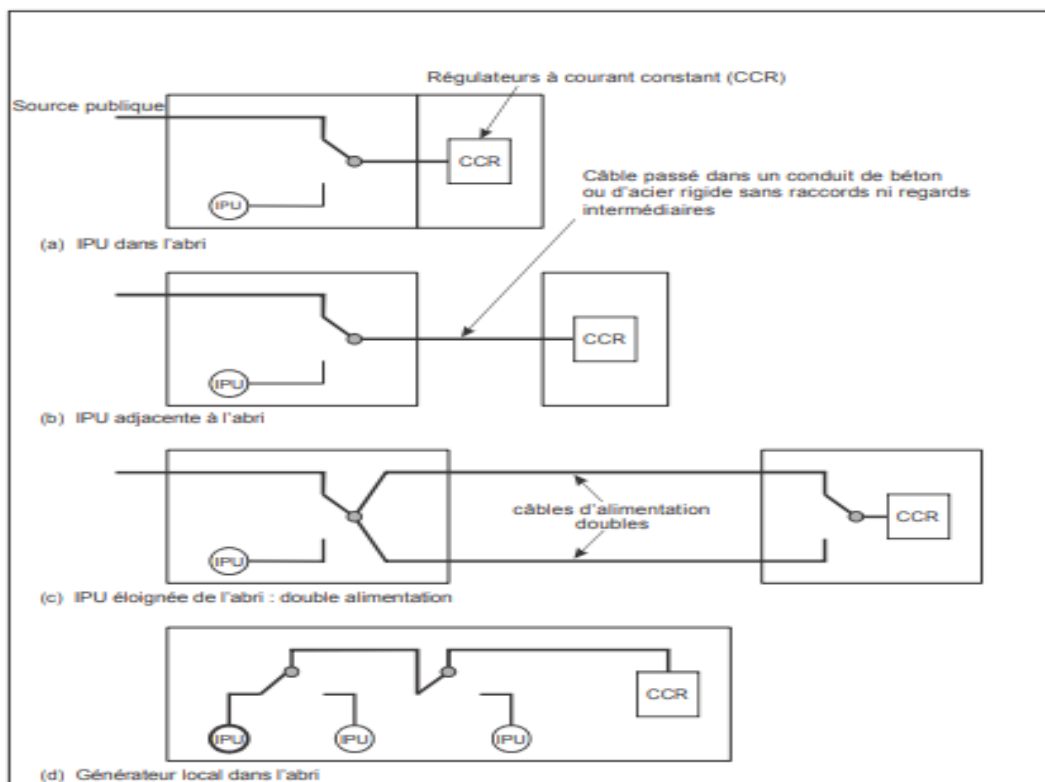


Figure 2-9 : Configurations des groupes électrogènes

## I.16.4 Condensateurs :

Types de condensateurs. Pour améliorer le facteur de puissance dans le circuit, on doit utiliser des condensateurs shunt. Pour le choix des condensateurs, on peut envisager les types suivants :

a) Capacité fixe : La capacité fixe représente la valeur qui peut être utilisée en permanence sans causer de surtension excessive à charge réduite.

b) Capacité temporaire commutable : Une capacité d'appoint peut être ajoutée à la capacité fixe si des dispositions sont prises pour la mettre hors circuit dès que la charge diminue.

c) Sélection de capacités multiples : Permet de choisir la capacité qui convient à la situation présente, par exemple par une commande de commutation à distance, par une commande à minuterie, par un détecteur de facteur de puissance ou par un détecteur de tension. Emplacement des condensateurs. Les condensateurs doivent être installés par groupes au niveau du sol ou dans une sous-station, aussi près que possible du centre de la zone où leur effet est nécessaire.

Interrupteurs et sectionneurs. Les interrupteurs permettent de localiser les parties défectueuses de circuits aériens ou souterrains et d'effectuer des travaux sur le circuit isolé. Il en existe deux types principaux :

a) Sectionneurs sans pouvoir de coupure : Un sectionneur sans pouvoir de coupure permet d'isoler des circuits pratiquement sans charge. Le type choisi dépend de l'importance du circuit, de la charge, de la tension et du mode de défaillance. Il existe des sectionneurs à fusibles de porcelaine, des interrupteurs unipolaires à fusibles ou non et des coupe-circuits à fusibles de divers types. Des interrupteurs de déconnexion et des fusibles à cornes peuvent également servir de sectionneurs. Tous les interrupteurs sans pouvoir de coupure ont un pouvoir de fermeture supérieur au courant de court-circuit possible du circuit.

b) Interrupteurs à coupure en charge : ils sont capables d'interrompre les circuits en charge. Il existe des sectionneurs à fusibles capables de jouer le rôle d'interrupteurs en charge et de coupe-circuit. Les interrupteurs sous vide ont également la capacité de couper un circuit en charge. U)

Compteurs : Pour les besoins de la maintenance, des compteurs d'événements et des compteurs de temps écoulé peuvent être installés dans l'équipement électrique.

# Distribution électrique

## I.17 INTRODUCTION :

L'équipement dont traite la présente section ne concerne que le transport de l'énergie électrique destinée au balisage lumineux entre la ou les sous-stations principales et les postes du balisage lumineux ou les transformateurs de distribution locale. L'équipement est décrit en termes généraux d'après les caractéristiques et les besoins à respecter, mais la description ne vise pas à représenter un matériel spécifique. Les types d'équipements et le nombre des éléments qu'ils comportent diffèrent largement selon les dimensions et la complexité de l'aéroport. Les aspects économiques sont des considérations importantes et il est bon de s'en tenir aux seuls équipements qui contribuent à assurer de bonnes conditions d'exploitation, de sécurité, de fiabilité et d'intégrité. Les circuits et les équipements choisis devraient prévoir un agrandissement raisonnable des installations. L'utilisation rationnelle de l'énergie est toujours un objectif souhaitable, mais il faut avoir que les coûts d'électricité pour l'éclairage et le balisage représentent une petite partie des frais d'énergie d'un aéroport et ne devraient pas être réduits au prix d'une augmentation des frais d'installation ou de sacrifices sur le plan de la durabilité, de la sécurité ou de la fiabilité. Il est également primordial de respecter les codes locaux de la sécurité électrique

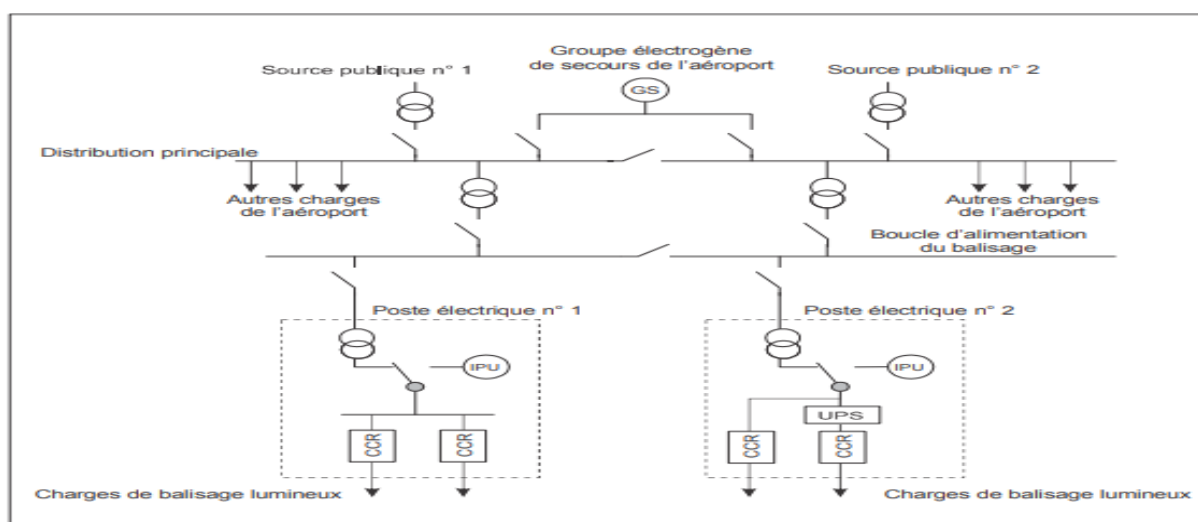


Figure 2-10 : SCHÉMA DE LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE

## **I.18 CIRCUITS D'ARRIVÉE DE L'ALIMENTATION PRINCIPALE :**

Sur les grands aéroports, l'alimentation principale est normalement reçue du réseau à moyenne tension (environ 5 000 à 20 000 V), mais sur les aéroports plus petits et moins complexes, elle peut être distribuée à une tension plus basse (environ 1 000 à 5 000 V) dans l'aéroport d'Oran l'alimentation principale est de ( 30 KV ) La distance et la charge totale du circuit jouent un rôle important dans la détermination du niveau de la tension de distribution. Pour un réseau d'alimentation à tension intermédiaire, l'énergie arrive souvent à des sous-stations situées à proximité des grandes zones d'utilisation (poste P0), où elle est abaissée à la tension de distribution locale (400 v). On peut aussi utiliser une combinaison de ces circuits d'alimentation. L'alimentation principale passe de la sous-station principale à la sous-station locale ou à des postes de transformation (poste A et poste B), généralement sous forme de circuits polyphasés aériens ou souterrains ou encore de ces deux types combinés. Les circuits aériens sont moins coûteux à installer et sont utilisés dans la mesure du possible, mais ils risquent davantage d'être endommagés et, à certains endroits, ils créent un danger pour les mouvements aériens et constituent une source de brouillage électromagnétique pour d'autres équipements. Les lignes de puissance qui passent à proximité de l'aire de manœuvre sont par nécessité toujours souterraines. Les câbles souterrains d'arrivée sont généralement installés dans des conduits, mais on les pose aussi par enfouissement direct. Chaque type de circuit, qu'il soit aérien ou souterrain, fait appel à une conception et à des équipements spécifiques.

## **I.19 CIRCUITS AÉRIENS DE DISTRIBUTION DE L'ALIMENTATION PRINCIPALE :**

Dans la conception d'un réseau de distribution électrique, il faut tenir compte des facteurs suivants :

- a) Application : Chaque fois que cette solution est possible, on utilisera des câbles aériens de préférence aux câbles souterrains, mais les lignes de distribution aériennes sont à exclure sur les terrains de l'aérodrome.
- b) Capacité : Il faut prévoir une marge de capacité pour chaque partie du circuit. Les charges de pointe sont sans rapport direct avec la capacité de réserve.

c) Calibre des conducteurs : il doit être choisi en fonction de l'intensité de courant à transporter et, s'il y a lieu, de la valeur limite de la chute de tension.

d) Risque pour les aéronefs : La conception d'un circuit de distribution aérien doit tenir compte des surfaces de limitation d'obstacles. Dans certains cas, une distribution aérienne n'est pas possible à cause des opérations des hélicoptères.

## I.20 **RÉGULATION DE LA TENSION :**

Les régulateurs servent à corriger les variations de tension causées par les variations des charges ou par les fluctuations de la tension d'entrée fournie par la compagnie d'électricité. Leur rôle n'est pas de compenser des chutes de tension excessives. Les transformateurs survolteurs qui corrigent les chutes de tension ne doivent servir que très occasionnellement car, dans la plupart des cas, les chutes de tension excessives peuvent être évitées par une conception soignée.

a) Caractéristiques nominales : Les caractéristiques nominales des dispositifs de régulation sont choisies en fonction de l'amplitude de la régulation prévue.

b) Choix du type de régulateur : On peut choisir entre des régulateurs à capacité fixe, à capacité commutée, à prises multiples (avec commande motorisée de changement de prise) ou à induction (variation continue de la tension).

c) Régulateurs à prises multiples ou à induction : Lorsqu'un même régulateur est utilisé avec plusieurs sources ou lorsque plusieurs régulateurs sont utilisés sur un même circuit, il faut prévoir une commande automatique de compensation des pertes en ligne.

## I.21 **CONDUCTEURS :**

Le choix des conducteurs des lignes aériennes doit se faire en tenant compte des contraintes d'installation, d'exploitation et de maintenance. Certaines circonstances peuvent justifier des conducteurs plus gros. Dans tous les cas, il faut s'assurer que le type et le calibre des conducteurs utilisés assurent une résistance suffisante pour les portées et les conditions de charge du lieu.

Dans des cas particuliers, des conducteurs spéciaux peuvent être nécessaires pour les lignes primaires :

a) ligne aérienne à conducteur isolé en aluminium ou en cuivre, préassemblée avec ou sans gaine métallique, supportée par un câble porteur en acier s'il est nécessaire d'éviter les risques correspondant à un câble nu, par exemple pour les circuits à haute fiabilité dans une région exposée à des orages violents ;

b) conducteurs composites — acier revêtu de cuivre, acier revêtu d'aluminium, acier galvanisé ou bronze pour obtenir une haute résistance combinée à une bonne protection contre la corrosion.

## I.22                      **TRANSFORMATEURS :**

### **Montage des transformateurs :**

Les transformateurs peuvent être montés sur poteaux ou au niveau du sol. Si leurs enveloppes métalliques ne sont pas inviolables, les transformateurs installés au niveau du sol doivent être entourés d'une clôture. Si les conditions atmosphériques le justifient, il vaut mieux les installer dans un abri en béton ou en briques.

a) Montage sur poteau simple : Dans le cas d'un montage sur poteau simple, les transformateurs monophasés ou triphasés doivent être de dimensions limitées conformément aux pratiques agréées.

b) Montage sur poteau avec plate-forme : On ne doit utiliser ce type de montage (structures à deux poteaux) que si les autres solutions ne sont pas satisfaisantes. Pour les installations de 225 à 500 KVA, des transformateurs compartimentés montés sur socle constituent une solution économiquement plus intéressante que le montage sur poteau.

c) Installation au niveau du sol : Dans le cas des installations au niveau du sol sur socle de béton, la puissance en kilovolts-ampères n'est pas limitée. En général, il n'y a pas lieu de prescrire l'emploi de transformateurs inviolables (classés comme transformateurs compartimentés montés sur socle) pour des puissances nominales supérieures à 500 KVA.

c) Installation au niveau du sol : Dans le cas des installations au niveau du sol sur socle de béton, la puissance en kilovolts-ampères n'est pas limitée. En général, il n'y a pas lieu de prescrire l'emploi de transformateurs inviolables (classés comme transformateurs compartimentés montés sur socle) pour des puissances nominales supérieures à 500 KVA.



Figure 2-11 : transformateurs (source aéroport d'Oran)

### **Caractéristiques nominales :**

Les transformateurs devraient être choisis avec des caractéristiques nominales de puissance et de tensions d'entrée et de sortie normalisées, en monophasé comme en triphasé. Pour certaines installations, il peut être souhaitable de choisir des transformateurs avec prises de tension à l'entrée permettant de s'adapter au niveau de tension du réseau.

### **Installations intérieures :**

Les transformateurs à bain d'huile (inflammables) ne devraient pas être installés sous abri, sauf dans des postes qui sont conformes aux normes de sécurité en vigueur. De tels postes ne devraient être aménagés que dans les cas où l'emploi d'autres types de transformateurs serait plus coûteux ou serait proscrit pour des raisons particulières. Si ce n'est pas le cas, les transformateurs à installer sous abri devraient être des types suivants :

- a) à bain de liquide à point d'inflammation élevé ;
- b) à sec, avec ventilation ;
- c) à sec, avec cuve étanche ;
- d) isolé avec un gaz non toxique.



Figure 2-12 :relais buchholz

## I.23 DISPOSITIFS DE SECTIONNEMENT DES CIRCUITS :

### Fusibles :

Après l'étude des intensités de courant nécessaires, des fonctions de disjonction et des caractéristiques de temps de fusion, on doit choisir les fusibles parmi les types ci-après :

- a) fusible nu ;
- b) fusible à expulsion ;
- c) fusible à l'acide borique ;
- d) type limiteur de courant

### Disjoncteurs :

Les caractéristiques nominales des disjoncteurs doivent correspondre à la fonction de disjonction, et des fusibles ou des coupe-circuits doivent être installés en amont ou en aval du disjoncteur



Figure 2-13 : disjoncteurs

### **Dispositifs à réenclenchement automatique :**

L'emploi de dispositifs à réenclenchement automatique sur les lignes autres qu'aériennes peut causer des difficultés en cas de défauts à la terre à résistance élevée. Pour le choix d'un dispositif à réenclenchement automatique, il faut tenir compte des exigences de fiabilité et de continuité du service. Ces dispositifs peuvent être de simples disjoncteurs ou des appareils à commutations multiples. Leur fonction consiste à couper un circuit défectueux, puis à le réenclencher instantanément ou après un laps de temps déterminé. On peut choisir jusqu'à trois intervalles différents de temporisation. Le choix du dispositif à réenclenchement automatique doit être compatible avec les fusibles ou disjoncteurs utilisés dans le même circuit.

### **Interrupteurs :**

Les interrupteurs et les sectionneurs servent à isoler les sections défectueuses des circuits aériens ou souterrains ou à effectuer des travaux exigeant la mise hors tension des circuits. On peut choisir parmi les types principaux ci-après :

a) Interrupteurs hors charge : Ces interrupteurs ne doivent être employés que sur des circuits qui n'alimentent aucune charge appréciable. Le type à utiliser est choisi selon l'importance du circuit, la charge, la tension et la fonction de recherche des pannes. On trouve des coupe-circuits à fusibles sous porcelaine, des interrupteurs unipolaires à air simples ou à fusibles, et des coupe-circuits de divers types à fusibles. Les disjoncteurs simples ou à cornes peuvent aussi servir d'interrupteurs.

b) Interrupteurs sous charge : Les interrupteurs sous charge sont équipés d'un dispositif de coupure permettant d'ouvrir les circuits en charge. Il existe des sectionneurs à fusibles conçus comme interrupteurs hors charge ou en charge. Les interrupteurs sous vide permettent aussi de couper les circuits en charge mais ils doivent parfois être associés à des dispositifs de protection contre les surtensions pour éliminer les phénomènes transitoires.

Les dispositifs d'interruption de circuit doivent être de type débranchable pour permettre un remplacement rapide en cas de déféctuosité.

## MISE À LA TERRE :

La mise à la terre des circuits aériens de distribution doit obéir aux normes de sécurité en vigueur ou à la politique adoptée par l'administration nationale. Voir également la norme CEI 60364, Installations électriques à basse tension. Il faut prévoir la mise à la terre de tous les équipements ou structures associés aux installations électriques, afin de prévenir les cas d'électrocution par des tensions dynamiques ou statiques. La résistance maximale à la terre ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans les normes de sécurité en vigueur. Il faut étudier la source d'énergie électrique, sa capacité, l'ordre de grandeur des courants de défaut et les techniques de mise à la terre, dans la mesure où ces facteurs influent sur la mise à la terre.

### Mesure de la résistance de terre :

Il existe deux méthodes de mesure de la résistance de terre :

- a) **Méthode des trois électrodes.** Avec cette méthode, deux électrodes servent à mesurer la résistance de la troisième, qui est le point de prise de terre. Une source autonome de courant alternatif ou un vibreur alimenté sur batterie permet d'obtenir une lecture directe.
- b) **Méthode de la chute de potentiel.** Cette méthode utilise une source de courant alternatif qui n'est pas mise à la terre et fait passer un courant mesuré dans le sol. La lecture de la tension permet de déterminer directement la résistivité du sol par l'application de la loi d'Ohm.



Figure 2-14 : mesure de la résistance de la terre (photo réel pendant le stage a aéroport d'Oran)

## CIRCUITS DE DISTRIBUTION SOUTERRAINS :

Dans certaines zones des aéroports ou à proximité de ces zones, il faut prévoir l'installation souterraine des circuits de distribution de l'alimentation principale. Les circuits souterrains sont plus coûteux que les installations aériennes, mais leur emploi s'impose souvent à cause des problèmes de brouillage radio ou de la proximité des dispositifs lumineux par rapport aux aires de mouvement des avions. Ces circuits peuvent être posés par enfouissement direct ou par tirage des câbles dans les conduits. L'enfouissement direct coûte habituellement moins cher que l'installation dans des conduits (technique de tirage des câbles), mais les câbles sont moins bien protégés et l'enfouissement direct n'est normalement employé que si les charges sont faibles et si une grande fiabilité n'est pas indispensable. Un câble à moyenne tension enfoui directement doit être armé ou blindé avec une armure métallique afin d'être mécaniquement protégé contre les dommages. Lorsque la résistance à la corrosion présente de l'importance, on doit quelquefois revêtir les câbles armés d'une gaine de matière plastique ou de caoutchouc synthétique recouvrant l'armure métallique. Les circuits souterrains de distribution utilisés pour le balisage lumineux sont mis en place par tirage dans des conduits.

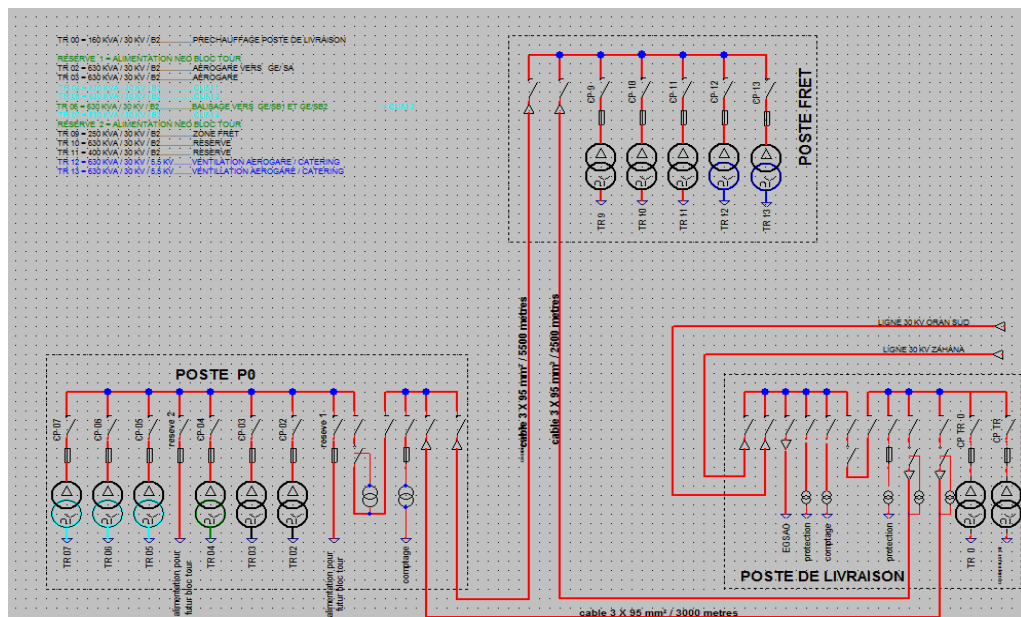


Figure 2-15 : schéma de la distribution souterraine

# Type de circuit électrique

## I.24 INTRODUCTION :

La plupart des feux aéronautiques sont alimentés au travers d'une boucle série. Un régulateur de courant maintient celui-ci constant indépendamment de la variation de la charge dans la boucle. Cela signifie que le courant restera constant aussi bien dans une longue boucle qu'une courte même si quelques lampes sont hors service.

Le fonctionnement en courant constant signifie qu'un court-circuit au niveau des bornes de sortie est une condition de fonctionnement sans charge tandis qu'une interruption ou circuit ouvert représente une surcharge.

## I.25 CIRCUITS SÉRIE :

Les charges élémentaires des circuits série sont connectées en chaîne et le même courant traverse chaque charge individuelle. Le circuit forme une boucle continue qui commence et finit aux bornes du régulateur à courant constant.

Dans le cas d'un circuit parallèle recevant une tension d'entrée fixe, l'intensité qui passe dans le circuit varie avec la charge connectée. De son côté, le rôle du régulateur à courant constant d'un circuit série est de maintenir une intensité constante indépendamment de la charge du circuit. La même intensité circule dans un circuit long de même que dans un circuit court et ne varie pas, même si certaines des lampes sont défectueuses. Un court-circuit aux bornes de sortie d'un régulateur à courant constant correspond à une charge nulle, et un circuit ouvert correspond à une surcharge. Dans un circuit série simple à connexion directe, la défaillance d'une lampe crée un circuit ouvert et il est donc nécessaire de prévoir dans la conception du circuit un transformateur AGL qui maintiendra la continuité du circuit en cas de défaillance d'une lampe. Si un seul transformateur alimente plusieurs ensembles lumineux, il faut ajouter un dispositif de dérivation pour maintenir la continuité du circuit secondaire.[3]

I.26

## **INTRODUCTION :**

La plupart des feux aéronautiques sont alimentés au travers d'une boucle série. Un régulateur de courant maintient celui-ci constant indépendamment de la variation de la charge dans la boucle. Cela signifie que le courant restera constant aussi bien dans une longue boucle qu'une courte même si quelques lampes sont hors service.

Le fonctionnement en courant constant signifie qu'un court-circuit au niveau des bornes de sortie est une condition de fonctionnement sans charge tandis qu'une interruption ou circuit ouvert représente une surcharge.

I.27

## **CIRCUITS SÉRIE :**

Les charges élémentaires des circuits série sont connectées en chaîne et le même courant traverse chaque charge individuelle. Le circuit forme une boucle continue qui commence et finit aux bornes du régulateur à courant constant.

Dans le cas d'un circuit parallèle recevant une tension d'entrée fixe, l'intensité qui passe dans le circuit varie avec la charge connectée. De son côté, le rôle du régulateur à courant constant d'un circuit série est de maintenir une intensité constante indépendamment de la charge du circuit. La même intensité circule dans un circuit long de même que dans un circuit court et ne varie pas, même si certaines des lampes sont défectueuses. Un court-circuit aux bornes de sortie d'un régulateur à courant constant correspond à une charge nulle, et un circuit ouvert correspond à une surcharge. Dans un circuit série simple à connexion directe, la défaillance d'une lampe crée un circuit ouvert et il est donc nécessaire de prévoir dans la conception du circuit un transformateur AGL qui maintiendra la continuité du circuit en cas de défaillance d'une lampe. Si un seul transformateur alimente plusieurs ensembles lumineux, comme sur la Figure, il faut ajouter un dispositif de dérivation pour maintenir la continuité du circuit secondaire.

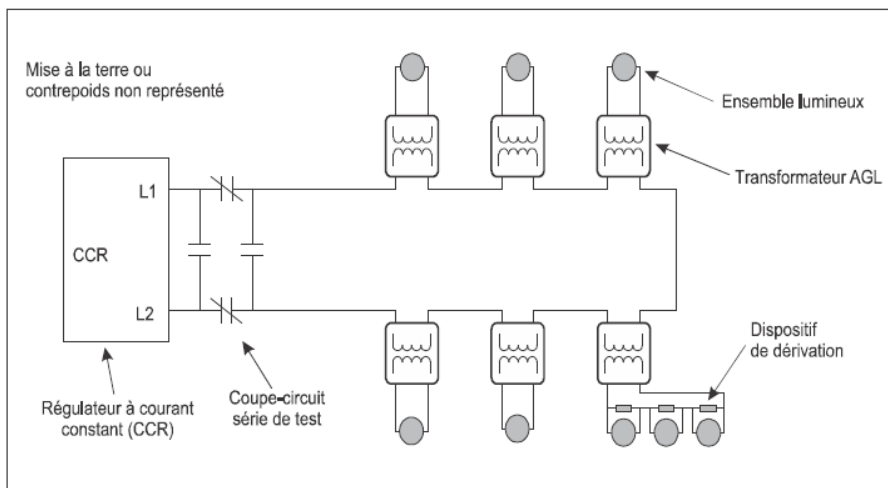


Figure 2-16 : circuit série de balisage [2]

## I.28 Avantages des circuits série de balisage lumineux

Les circuits série présentent les avantages suivants pour le balisage lumineux d'aérodrome :

- a) toutes les lampes sont traversées par le même courant, donc à la même intensité lumineuse ;
- b) il est possible d'utiliser sur toute la longueur du circuit un câble à un seul conducteur d'un même calibre et d'une même tension nominale d'isolement ;
- c) l'intensité lumineuse des feux peut être réglée sur une plage étendue ;
- d) un seul défaut à la terre en un point quelconque du circuit est sans effet sur le fonctionnement des feux ;
- e) les circuits série utilisent des lampes à haute intensité et à basse tension. Par exemple, un feu de bord de piste peut contenir une lampe 12 V, 6,6 A. La faible tension permet d'utiliser une ampoule à filament compact qui agit comme une source ponctuelle simplifiant la focalisation de l'optique du feu ;
- f) les circuits série conviennent mieux à l'imbrication des feux.

## I.29 Inconvénients des circuits série de balisage lumineux :

Les principaux inconvénients des circuits série pour le balisage lumineux sont :

- a) les coûts d'installation sont élevés — le régulateur à courant constant et les transformateurs AGL font augmenter ces coûts de manière appréciable ;

b) une coupure de circuit en un point quelconque du circuit primaire rend l'installation complètement inutilisable et peut même endommager l'isolation du câble ou le régulateur à courant constant ;

c) il peut être difficile de repérer les défaillances, surtout si elles sont causées par un circuit ouvert.

### I.30 COMPARAISON ENTRE LES CIRCUITS SÉRIE ET LES CIRCUITS PARALLÈLES :

#### POUR LE BALISAGE LUMINEUX :

Il est souvent possible d'installer un balisage lumineux acceptable avec des circuits série ou des circuits parallèles. En général, les circuits série sont préférables pour les dispositifs lumineux d'aérodrome, car l'intensité est plus uniforme et plus facile à régler. Ce genre de dispositifs se retrouve dans la plupart des feux de piste et de voie de circulation et la plupart des feux fixes des dispositifs lumineux d'approche. Les circuits parallèles servent pour l'éclairage de la plupart des aires, pour les aides visuelles isolées ou peu nombreuses et pour la distribution de l'énergie. Les dispositifs de balisage lumineux d'aérodrome qui utilisent habituellement des circuits parallèles sont les projecteurs d'éclairage et les autres feux de l'aire de trafic, les feux à éclats successifs, les aides visuelles qui jouent un rôle particulier, comme les phares d'aérodrome et les indicateurs de direction du vent, certains feux d'obstacles et les circuits de distribution électrique.[3]

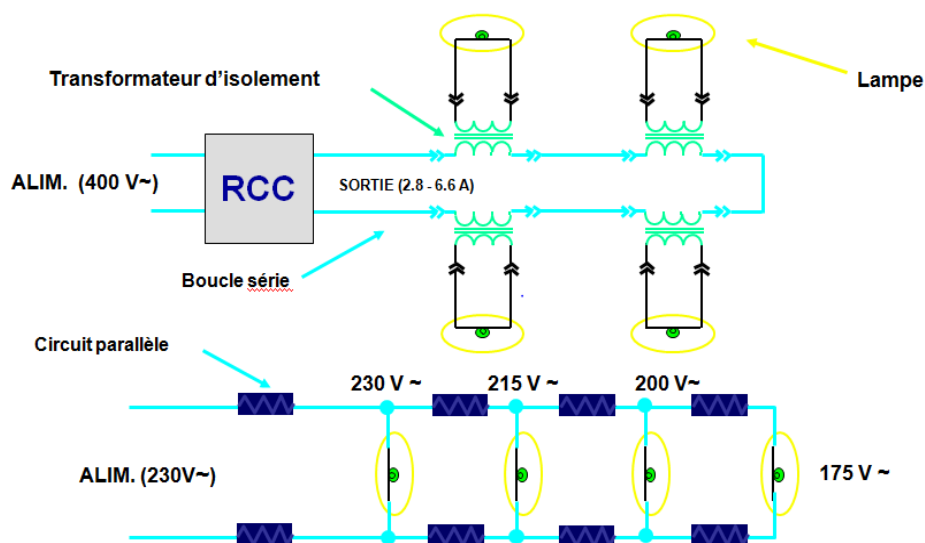


Figure 2-17 : comparaison entre le circuit série et parallèle [3]

**AÉRODROMES :****Facteurs à prendre en considération**

Si l'étude de conception conduit à choisir un circuit série, il y a lieu d'évaluer certaines options sur l'équipement à utiliser. Lorsqu'on a fait un choix, cela réduit souvent les options possibles pour d'autres équipements. Il faut, en premier lieu, analyser l'ensemble des circuits pour en déterminer les performances critiques, la fiabilité, l'économie d'installation et de fonctionnement, la facilité d'entretien et la corrélation possible entre divers types d'équipements. Les paragraphes ci-après présentent certaines options possibles.

**Choix de l'intensité électrique nominale**

L'évolution de l'équipement a limité les options disponibles quant au choix de l'intensité à utiliser dans un circuit série particulier. Dans la plupart des circuits série de balisage lumineux d'aérodrome, l'intensité nominale est fixée à 6,6 ou 20 A, encore que d'autres valeurs soient parfois utilisées. Pour un même calibre et une même longueur de câble, la perte en ligne d'un circuit à 6,6 A est approximativement neuf fois plus faible que celle d'un circuit à 20 A. Un câble isolé à 5 000 V permet d'acheminer les deux valeurs d'intensité avec des conducteurs de 4 mm de diamètre sans échauffement excessif.

Dans les circuits série, la charge du régulateur devrait être au moins 80 % de capacité nominale. On utilise généralement une intensité de 6,6 A pour les circuits longs alimentant de petites charges électriques ; des circuits à 20 A sont utilisés pour les charges plus importantes avec des câblages plus courts. Du point de vue du régulateur, le 6,6 A convient bien pour des puissances nominales de 30 kW ou moins, et le 20 A est préférable au-dessus de cette valeur. Le point de transition est basé sur la tension à pleine charge qui ne doit pas excéder la tension d'isolement de 5 000 V. Ainsi, pour un régulateur de 30 kW, une intensité de 6,6 A correspond à une tension de 4 545 V.

Pour les raisons exposées ci-dessus, la tendance actuelle est de préférer les circuits série à 6,6 A. La principale raison est l'application de la multiplicité des circuits et de l'imbrication. Par exemple, la majeure partie d'un système de balisage d'approche peut représenter une charge de 70 kW qui peut être assurée par un seul régulateur à circuit peut être inférieure à 20 kW, ce qui permet d'utiliser des régulateurs à 6,6 A. Pour les mêmes raisons, des régulateurs à courant

constant plus petits sont utilisés dans les grandes installations, comme le balisage de l'axe de piste et de la zone de toucher des roues, qui sont généralement divisées en deux ou plusieurs circuits.

### **TRANSFORMATEURS DÉVOLTEURS**

Afin de réduire les pertes dans les artères de transport, on utilise des hautes tensions qui sont ensuite abaissées par un transformateur dévolteur de distribution à une valeur compatible avec la distribution locale. Pour des raisons analogues, au niveau des installations de balisage des aérodromes, les circuits d'alimentation peuvent être à une tension relativement haute qui est abaissée par un transformateur dévolteur à la valeur qui convient à l'entrée du circuit de balisage lui-même. Il va de soi que les câbles d'alimentation doivent avoir une isolation adaptée à la tension qu'ils amènent. Dans certains cas, il est préférable de choisir une basse tension pour les câbles d'alimentation, ne serait-ce que parce qu'ils sont déjà en place et disponibles. La chute en ligne peut être limitée en choisissant la plus haute tension que permet l'isolation des câbles d'alimentation, puis en l'abaissant avec des transformateurs dévolteurs à l'entrée du circuit ou des feux individuels. Par exemple, la tension d'alimentation peut être 480 V, puis abaissée à 120 V à l'entrée du circuit des feux. Pour les feux de balisage, l'utilisation de lampes alimentées entre 6 et 30 V est généralement plus efficace que des lampes 120 ou 240 V. Si on utilise des transformateurs dévolteurs pour des feux individuels ou de petits groupes de feux dans une barrette, il faut donc choisir des lampes à basse tension. Sauf s'ils sont protégés par des fusibles individuels, les transformateurs dévolteurs utilisés pour ces applications devraient être du type à forte réactance de sorte qu'un court-circuit dans la partie du système de balisage alimentée par un transformateur ne provoque pas une panne de l'ensemble du système.

I.32

#### **Conclusion :**

- Le principe du circuit série présente l'avantage d'obtenir un niveau de brillance uniforme en s'affranchissant de la chute de tension obtenue lorsque l'alimentation est de type parallèle.
- Pour réaliser un circuit série, il est nécessaire de mettre en œuvre un régulateur de courant, assurant un niveau de courant propre à chaque brillance, alimentant des feux par l'intermédiaire de transformateurs d'isolement (TI).

# Les équipements de base

## I.33 **RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :**

Note.— Les régulateurs à courant constant sont visés par la norme CEI 61822.

## I.34 **TYPES DE RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :**

La plupart des systèmes de balisage lumineux d'aérodrome (circuits série) sont alimentés par des régulateurs à courant constant (CCR) qui facilitent le maintien d'une intensité lumineuse constante sur de grandes distances, comme dans le cas d'une longue piste. Le rôle des régulateurs est de maintenir une intensité constante indépendamment des variations de la charge du circuit et des fluctuations de tension de la source d'alimentation. Ils peuvent aussi fournir deux ou plusieurs niveaux d'intensités de sortie pour répondre aux conditions d'éclairage dans lesquelles l'intensité lumineuse des feux doit être réduite. Quelques types de régulateurs couramment employés pour le balisage lumineux des aérodromes sont : **Régulateur à bobine mobile ; Régulateur monocyclique carré a réseau résonant ; Régulateur à modulation d'impulsion en largeur [15]**

## I.35 **Régulateur à bobine mobile :**

Les régulateurs à bobine mobile servent depuis de nombreuses années à alimenter les circuits série, en particulier pour l'éclairage des rues. Ils comprennent des bobines primaires et secondaires séparées et libres de se déplacer l'une par rapport à l'autre, en faisant ainsi varier la réactance des fuites magnétiques entre les circuits d'entrée et de sortie. Cette réactance s'ajuste automatiquement à une valeur qui, ajoutée à l'impédance de la charge, maintient un courant constant. Quand l'intensité voulue est atteinte, le courant du circuit de sortie engendre une force de répulsion qui fait flotter la bobine mobile à une position stable correspondant à cette intensité. Il se crée ainsi un état d'équilibre mécanique tel que la force de répulsion compense exactement le poids de la bobine mobile. Le réglage de l'intensité se fait au moyen d'un contrepoids. Toute variation de la charge ou de la tension d'entrée est immédiatement contrée par un déplacement de la bobine flottante qui rétablit l'équilibre électrique et mécanique. Le réglage de l'intensité s'obtient grâce à l'utilisation d'un transformateur à prises connecté aux bornes de sortie du

régulateur. Le principal inconvénient de ce type de régulateur provient du déplacement mécanique des bobines et des médiocres facteurs de puissance obtenus pour des charges inférieures à la charge nominale. À 50 % de la charge nominale, le facteur de puissance peut tomber à 75 % ou moins. De plus, ce type de régulateur électromécanique a besoin d'être installé avec précision en position verticale et d'être protégé contre les vibrations.

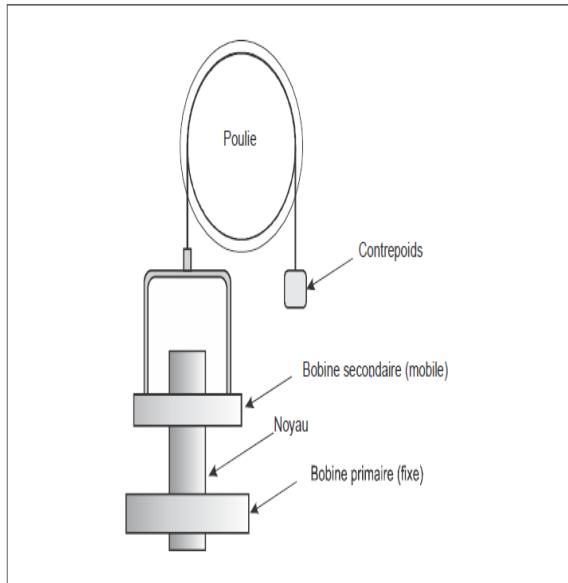


Figure 2-18 : Régulateur à bobine mobile



Figure 2-19 : Régulateur à bobine mobile (aéroport d'Oran)

### I.35.1 Constitution d'un Régulateur :

Le régulateur se constitue de deux parties majeures :

#### Partie "Haute Tension"

- Transformateur de puissance
- Disjoncteurs à fusibles
- Transformateurs de mesure
- Parafoudres
- Circuit pour détection de terre (EFD)

- Accessoires pour détecteur de lampes brûlées (LFD)

### **Partie “Haute Tension”**

- Transformateur de puissance
- Disjoncteurs à fusibles
- Transformateurs de mesure
- Parafoudres
- Circuit pour détection de terre (EFD)
- Accessoires pour détecteur de lampes brûlées (LFD)

## **I.35.2 CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DES RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :**

Les régulateurs à courant constant qui alimentent les circuits de balisage lumineux d'aérodrome doivent répondre aux spécifications générales suivantes :

- a) maintenir une intensité constante du courant de sortie à  $\pm 2$  % près pour toutes les valeurs comprises entre la moitié et la pleine charge nominale, même avec 30 % des transformateurs d'isolement ayant leur secondaire en circuit ouvert ;
- b) indiquer un défaut à la terre sur le circuit, tout en permettant à celui-ci de fonctionner normalement s'il n'y en a qu'un seul ;
- c) avoir un degré de fiabilité élevé, donc ne pas comporter de pièces mobiles ;
- d) avoir un dispositif de détection de circuit ouvert qui coupe la tension au primaire en moins de 2 secondes et nécessite un réenclenchement du régulateur ;
- e) réagir en moins de 15 cycles aux changements du circuit aval ;
- f) comporter un dispositif de sécurité qui déconnecte le régulateur ou assure une réduction en cas de surintensité ;

g) fournir le nombre voulu de niveaux de réglages d'intensité ou une commande à variation continue, selon les besoins. Le régulateur doit être conçu de manière qu'on puisse régler l'intensité sans le mettre hors tension ;

h) isoler électriquement le circuit d'alimentation (primaire) du circuit de balisage (secondaire) ;

i) avoir des caractéristiques dynamiques permettant un réarmement rapide en cas de perte de la tension d'entrée.

j) être capable de fonctionner en continu à pleine charge par des températures ambiantes allant de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avec une humidité relative comprise entre 10 et 100 %, et jusqu'à 2 000 m d'altitude.

### **I.35.3 CARACTÉRISTIQUES NOMINALES DES RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT :**

Les caractéristiques suivantes des régulateurs à courant constant sont :

#### **Puissance**

Charge de sortie (au secondaire) comprise entre 1 et 70 kW. Il existe de nombreux types de régulateurs dans cette gamme.

#### **Courant secondaire (sortie)**

Les valeurs de courant les plus fréquentes sont 6,6 et 20 A. On utilise souvent des régulateurs qui débitent 6,6 A jusqu'à un maximum de 30 kW de charge, et 20 A au-dessus de 30 kW. La tendance actuelle est d'utiliser plutôt des lampes à 6,6 A et la liste ci-après ne donne les niveaux d'intensité lumineuse que pour ce mode de fonctionnement.

#### **Fréquence**

Selon la valeur imposée par la fréquence de l'alimentation principale, généralement 50 ou 60 Hz.

#### **Tension primaire**

Dans un état, on utilise comme tension primaire le 240 V jusqu'à 30 kW et le 2 400 V entre 10 et 70 kW. D'autres tensions peuvent être utilisées ailleurs. La tendance générale est d'adopter une valeur moyenne, comme 600 V, qui nécessite moins d'équipement spécial, comme les disjoncteurs d'entrée.

#### I.35.4 **CONTRE LES CIRCUITS OUVERTS ET LES SURINTENSITÉS :**

Dans les circuits série, les connexions doivent faire l'objet de soins particuliers pour assurer la continuité du circuit et éviter les défauts à la terre. Un défaut de circuit ouvert dans le primaire empêche le fonctionnement de tous les feux alimentés par ce circuit et peut endommager le régulateur lui-même. En conséquence, les régulateurs à courant constant sont équipés d'une protection contre les circuits ouverts. Les variations transitoires causées par la commutation des circuits à haute inductance peuvent parfois déclencher la protection de surintensité du régulateur. Il faut cependant savoir que les dispositifs de protection contre les surintensités ne doivent normalement pas réagir à un court-circuit passager dans un circuit de type série. C'est la raison pour laquelle le personnel doit suivre un entraînement spécial avant d'être admis à travailler sur les circuits série de balisage.

#### I.35.5 **But de régulateur à courant constant :**

##### **En circuit série :[3]**

- But de l'AGL: fournir des aides visuelles au pilote.
- Sans AGL: pas de sécurité.
- Risque : CCR ou circuit primaire défaillant

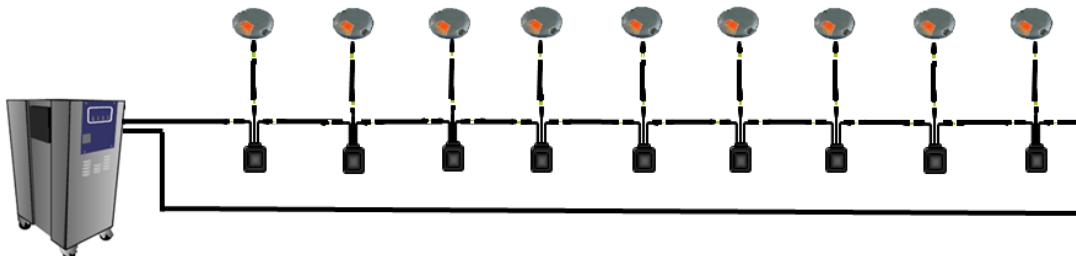


Figure 2-20 : circuit série[3]

##### **En Enchevêtrement**

- Augmenter la sécurité des opérations
- Maintenir la configuration

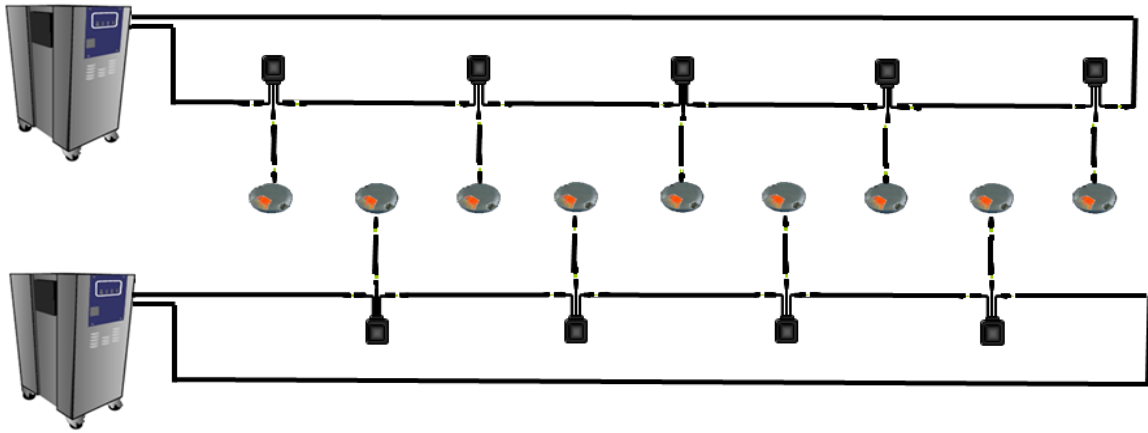


Figure 2-21 : circuit en enchevêtrement

## I.36 Choix de Régulateur :

### I.36.1 CALCULS DE CHARGE/DIMENSIONNEMENT DES RÉGULATEURS :

Le calcul des charges du circuit dans le but de choisir la capacité du régulateur à courant constant. Dans certains cas, le concepteur peut se baser simplement sur une installation similaire existante pour la capacité du régulateur, mais une vérification numérique est recommandée. Une installation de balisage installée antérieurement avec des régulateurs de 4 kW peut nécessiter dans un autre cas des régulateurs de 7,5 kW à cause de la plus grande longueur des câbles d'alimentation. Le calcul de la charge du régulateur doit prendre en considération la charge représentée par les lampes, la tolérance des lampes, le rendement du transformateur d'isolement, les pertes dans les câbles secondaires, les pertes dans les câbles primaires et les pertes dans les câbles d'alimentation.[2]

### I.36.2 TYPES DE CHARGES :

#### **Les calculs doivent tenir compte des types de charges suivants :**

- a) Charge des lampes : Il s'agit de la consommation nominale des ampoules.
- b) Charge des lampes vue du primaire. Il s'agit de la charge des lampes, plus la tolérance, multipliée par le rendement du transformateur d'isolement, vue du côté primaire du transformateur. La production industrielle des ampoules ne permet pas de garantir que la consommation (watts) sera celle qui est inscrite sur l'ampoule.
- c) Charge des câblages secondaires : Il s'agit de la charge résistive des câbles secondaires au transformateur d'isolement des feux. Pour des câbles incorporés dans la chaussée, ces charges peuvent être relativement importantes. Dans le cas des feux de bord de piste équipés d'un transformateur d'isolement adjacent, elles peuvent être ignorées car les pertes sont insignifiantes. Par contre, pour les dispositifs lumineux d'approche montés sur des pylônes, la résistance du circuit secondaire peut prendre des valeurs relativement élevées. Une fois que la charge secondaire (lampes et câblage) a été déterminée, elle peut être reportée au primaire du transformateur d'isolement, en y ajoutant les pertes de rendement éventuelles du transformateur lui-même. Le rendement varie avec la charge des lampes.
- d) Charge des câblages primaires : Il s'agit de la charge résistive dans les câblages primaires entre les postes de balisage lumineux
- e) Charge des câblages d'alimentation : La charge résistive des câblages d'alimentation reliant le premier feu et le dernier feu de la boucle au régulateur à courant constant. La longueur des câblages d'alimentation est le double de la distance qui sépare le poste régulateur du circuit de balisage, en supposant que le premier feu et le dernier feu sont pratiquement adjacents.

### I.36.3 EXEMPLE DE CALCUL :

Puissance nominale par feu	$P = 45 \text{ W}$
Tolérance sur la puissance par feu	$\delta = +8 \%$ (facteur de 1,08)
Courant circulant dans le circuit série	$I = 6,6 \text{ A}$
Rendement du transformateur série	$n = 0,77$ (valeur typique pour un transfo 30/45 W)
Résistivité (cuivre)	$\rho = 1.724 * 10^{-8} \text{ ohm-m}$ à 20 °C
Puissance du module commande/surveillance	$P_M = 7 \text{ W}$
Longueur du câblage secondaire	$L_S = 40 \text{ m}$
Section du câblage secondaire	$A_S = 4 \text{ mm}^2 = 4 * 10^{-6} \text{ m}^2$
Nombre de feux	$N = 40$
Longueur du câblage primaire	$L_P = 1\,600 \text{ m}$ (p. ex. longueur de la piste)
Distance pour le câblage d'alimentation	$L_F = 1\,000 \text{ m}$ (deux longueurs par boucle de circuit)
Section du câblage primaire	$A_{PC} = 6 \text{ mm}^2$
Section du câblage d'alimentation	$A_{FC} = 6 \text{ mm}^2$

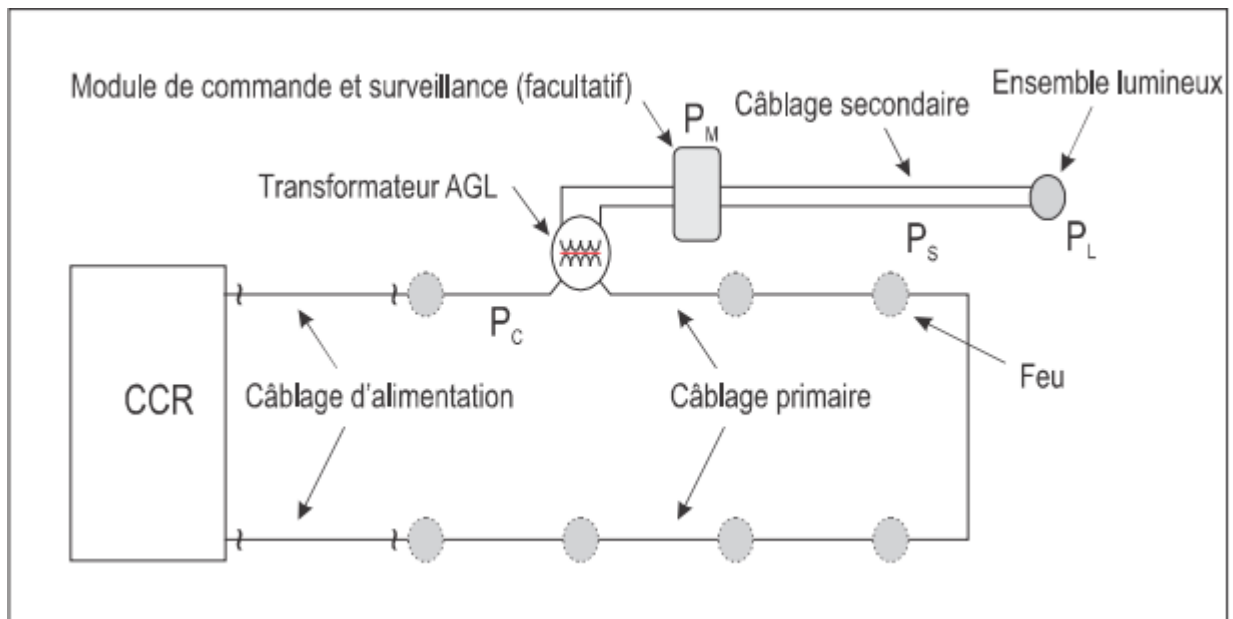


Figure 2-22 : charges de circuit

### Calculons les besoins électriques :

- a) **La résistance d'un fil** augmente avec la longueur et diminue avec la section. Elle dépend également du métal du conducteur (résistivité). Expression de la résistance :

$$R = \rho * L / A$$

Dans laquelle :

R est la résistance électrique du conducteur (en ohms,  $\Omega$ )

$\rho$  est la résistivité statique (en ohm/mètre,  $\Omega / m$ )

L est la longueur du câble (en mètres, m)

A est la section du conducteur (en mètres carrés, m<sup>2</sup>)

### b) Charge des lampes :

$$P_L = W \text{ lampe} * \text{tolérance lampe} = 45 * 1.08 = 48.6W$$

**c) Pertes dans le câblage secondaire (basse tension) pour un conducteur de 4 mm<sup>2</sup> :**

Longueur conducteur = 2 \* longueur géométrique = 80 m

$$R_s = \rho * 10^6 * \text{long.} / \text{section en m}^2 = 1.724 * 10^{-8} * 80 \text{ m} / 4 \times 10^{-6} = 0.3448 \text{ ohm}$$

$$P_s = R_s * I^2 = 0.3448 \text{ Ohm} * (6.6 \text{ A})^2 = 15.2 \text{ W}$$

**d) Si le système utilise un module de commande et surveillance, ajouter 7 W.**

**e) Pertes totales dans le câblage secondaire, par ensemble lumineux :**

$$P_2 = \text{charge lampe} + \text{module} + \text{pertes câbles} = 48.6 + 7 + 15.2 = 70.8 \text{ W}$$

**f) Perte dans le circuit secondaire vue du côté primaire :**

$$P_1 = P_2 / \text{rendement transformateur} = 70.28 / 0.77 = 91.9 \text{ W}$$

**g) Pertes dans les câblages haute tension primaire et alimentation :**

Longueur conducteur = 2 \* longueur (alimentation + primaire) = 2 \* (1000 + 1600) = 5200 m

$$R_p = \rho * 10^8 * \text{long.} / \text{section en m}^2 = 1.724 * 10^{-8} * 5200 / 6 \times 10^{-6} = 14.9 \text{ ohms}$$

$$P_p = R_s * I^2 = 14.9 \text{ ohms} * (6.6 \text{ A})^2 = 649 \text{ W}$$

**h) Consommation totale :**

$$P_T = P_p + 40 * P_s = 649 + 40 * 91.1 = 4325 \text{ W} = 4.3 \text{ KW}$$

**i) Il faut donc choisir un régulateur à courant constant de 5 KVA.**

Selon la norme CEI 61822, il existe des régulateurs à courant constant de : 1, 2,5, 5, 7,5, 10, 15, 20,25 et 30 KVA.

Note.— Les transformateurs AGL sont couverts par la norme CEI 61823.

### I.37.1 Rôle et objectif

Les circuits de balisage de type série utilisent des transformateurs AGL dont le rôle est de maintenir la continuité du circuit en cas de défaillance d'une lampe associée, pour éviter de créer un défaut de circuit ouvert. Les transformateurs AGL assurent également un certain degré de sécurité en abaissant la tension à leur secondaire, c'est-à-dire du côté lampe. Cette sécurité peut cependant être compromise par un court-circuit entre les enroulements primaire et secondaire du transformateur. Dans certaines installations, des dispositifs de dérivation, tels que des rupteurs à film qui court-circuitent la lampe si celle-ci tombe en panne, servent à parer aux conséquences que peuvent avoir les circuits secondaires ouverts sur le régulateur à courant constant (voir Figure 2-19).

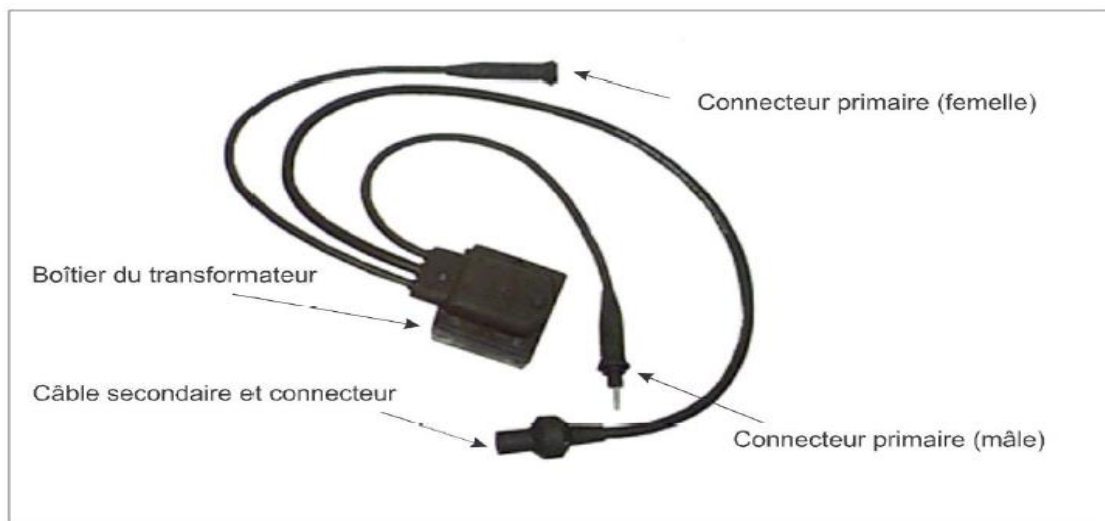


Figure 2-23 : transformateur AGL

### **I.37.2 CONCEPTION DU TRANSFORMATEUR :**

Un transformateur AGL est formé d'un enroulement primaire et d'un enroulement secondaire bobiné sur un noyau magnétique dans un boîtier étanche d'où partent des câbles primaires et secondaires servant à raccorder le circuit série à la lampe. Le rapport de bobinage du primaire au secondaire d'un transformateur série est 1:1, c'est-à-dire que le courant de la lampe est le même que le courant du câblage primaire du régulateur à courant constant. Le rapport de 1:1 est le plus courant, mais il peut y en avoir d'autres. Les enroulements primaire et secondaire sont isolés électriquement mais couplés par le circuit magnétique. Le circuit secondaire est à un potentiel électrique plus bas et dans certains états, il est courant de relier l'une des bornes du secondaire à un point de mise à la terre. Le noyau du transformateur travaille à un niveau non saturé, mais devient saturé si les lampes brûlent ou si le secondaire est en circuit ouvert. Cela permet de maintenir l'intégrité du circuit primaire. Si le circuit de la lampe est en court-circuit, le transformateur fonctionne à vide et l'effet sur le circuit série est minimal. Les transformateurs AGL doivent pouvoir fonctionner sans dommage de manière continue à leur charge nominale, en cas de circuit ouvert comme en cas de court-circuit.

Si les feux sont commandés individuellement par un module local, la conception devrait prévoir une communication entre les transformateurs du circuit.

#### **BOÎTIER**

Le boîtier étanche qui contient le noyau, les bobinages et les conducteurs peut être en métal, en caoutchouc ou en matière plastique et doit convenir au mode d'installation (directement enfoui, immergé dans l'eau, sur un socle ou exposé aux intempéries). Le boîtier doit protéger le transformateur contre les dégâts qu'il pourrait subir s'il tombe ou s'il est transporté suspendu par un seul câble. L'eau ne doit pas pouvoir entrer dans le boîtier, en particulier par les traversées de ses câbles ; le boîtier doit conserver son élasticité pour ne pas se briser ni être endommagé aux très basses températures et il doit assurer la protection du transformateur durant la manutention, le stockage, l'installation et en service. Le matériau du boîtier doit être ignifuge et auto-extinguible.

Les câbles du circuit primaire doivent avoir une section d'au moins 10 mm<sup>2</sup> (8 AWG) et être isolés à 5 000 V au minimum. Ces câbles devraient avoir une longueur d'au moins 50 cm. Ils sont habituellement raccordés par une fiche mâle d'un côté et par une prise femelle de l'autre pour

pouvoir être intercalés dans la boucle du circuit série. Les câbles du circuit secondaire doivent être à deux conducteurs, chacun d'une section de 4 ou 6 mm<sup>2</sup> (12 ou 10 AWG), isolés à 600 V au minimum, d'une longueur d'au moins 100 cm. Habituellement, ces câbles sont munis d'une prise à deux contacts pour le branchement au dispositif lumineux. Bien que le transformateur soit conçu pour être étanche, il devrait être installé sur des plateaux de câbles dans des puisards ou d'autres enceintes de protection, ou sur une brique creuse dans le socle (boîtiers de transformateur).

### **TEMPÉRATURE AMBIANTE**

Les transformateurs doivent être prévus pour fonctionner à des températures comprises entre -55 °C et +65°C.

### **CARACTÉRISTIQUES DES TRANSFORMATEURS**

Les caractéristiques nominales des transformateurs AGL série sont la puissance de sortie, les intensités au primaire et au secondaire, la fréquence et la tension d'isolement entre les circuits primaire et secondaire. Les transformateurs couramment installés présentent certaines caractéristiques nominales, comme celles données ci-dessous à titre d'exemple :

a) Puissance : Les puissances nominales les plus courantes sont 30/45, 65, 100, 200, 300 et 500 W, et parfois 1 000 et 1 500 W. Des transformateurs de 10/15 et 20/25 W existent aussi pour les applications qui utilisent des DEL.

b) Intensité : Les intensités nominales sont généralement indiquées sous forme d'un rapport entre les courants au primaire et au secondaire. Les valeurs les plus courantes sont à l'heure actuelle 6,6/6,6, 20/20, 6,6/20 et 20/6,6 A.

c) Fréquence : Les fréquences courantes sont 50 et 60 Hz. Il est préférable d'utiliser un transformateur à la fréquence pour laquelle il a été conçu.

d) Isolement : La plupart des transformateurs d'isolement sont isolés à 5 000 V au primaire et à 600 V au secondaire. Sur les transformateurs plus puissants, il peut être nécessaire d'avoir un isolement plus élevé au secondaire car la tension risque de monter plus haut en circuit ouvert.

### **I.37.3 ALIMENTATION DE PLUSIEURS LAMPES PAR UN MÊME TRANSFORMATEUR :**

Il est préférable que chaque feu soit alimenté par son propre transformateur. Parfois, pour réduire les frais d'installation, lorsqu'il s'agit d'installer des feux axiaux sur des pistes existantes, ou pour réduire le poids et la résistance mécanique des câbles, par exemple pour installer des feux d'approche sur des supports frangibles de grande hauteur, on peut brancher plusieurs lampes en série aux bornes d'un même

Transformateur d'isolement : Le transformateur doit avoir la capacité voulue pour alimenter la charge totale des lampes, augmentée des pertes en ligne. Une telle solution pose cependant deux problèmes : en premier lieu, en cas de panne d'une lampe causant une ouverture de circuit, les autres lampes cessent de fonctionner (sauf si des dispositifs de dérivation appropriés ont été installés) ; en second lieu, au moment de l'ouverture du circuit, la tension secondaire instantanée peut prendre des valeurs très élevées, surtout avec des transformateurs de grande puissance.

### **I.38 LAMPES À INCANDESCENCE ET A DECHARE DANS UN GAZ :**

#### **I.38.1 LAMPES À INCANDESCENCE :**

Des lampes à incandescence sont utilisées dans la plupart des luminaires installés dans les dispositifs de balisage lumineux d'aérodrome. Les caractéristiques des lampes à incandescence destinées aux circuits de balisage lumineux d'aérodrome sont décrites ci-après.

La quantité de lumière émise, la durée de vie, la puissance consommée et le rendement des lampes à incandescence varient de manière complexe en fonction de la tension et de l'intensité d'alimentation, Par exemple, si la tension d'alimentation appliquée à la lampe est supérieure de 5 % à sa valeur nominale, la quantité de lumière émise sera environ 120 % du niveau nominal, mais la durée de vie de la lampe sera réduite de moitié par rapport à sa durée théorique. Les effets des variations de courant dans la lampe sont encore plus importants. Si l'intensité du courant qui circule dans une lampe dépasse de 5 % sa valeur nominale, la quantité de lumière émise sera environ 135 % du niveau nominal, mais la durée de vie de la lampe tombera à environ 30 % de

ladurée théorique. Ces chiffres démontrent l'importance d'une régulation précise de la tension ou de l'intensité d'alimentation.

Le concepteur d'un système de balisage lumineux d'aérodrome dispose d'une certaine latitude dans le choix des lampes pour les divers types de feux : lampes en série, lampes basse tension en parallèle ou lampes en parallèle à tension plus élevée. Les considérations ci-après interviennent dans ce choix :

a) la chute de tension aux bornes des lampes dans un circuit de type série correspond habituellement à la catégorie « basse tension » ; pour les feux de bord de piste de 200 W à 6,6 A, elle est de 30 V ; pour les feux d'approche de 500 W à 20 A, elle est de 25 V ;

b) en raison des différences de tolérances de calcul, les lampes de type série ne doivent pas être utilisées dans les circuits parallèles et les lampes de type parallèle ne doivent pas être utilisées dans les circuits série.

c) la durée de vie d'une lampe basse tension sera plus longue que celle d'une lampe haute tension pour une consommation nominale donnée et une même émission lumineuse.

### **I.38.2 Lampes tungstène-halogène :**

La tendance actuelle pour le balisage lumineux d'aérodrome est d'utiliser des lampes tungstène-halogène. Le filament de ces lampes est enfermé dans un petit tube de quartz qui contient une faible quantité d'un halogène, comme de l'iode, en plus du gaz inerte habituel de remplissage. Lorsque le filament est chauffé, une fraction du tungstène est vaporisée et se condense sur les parois intérieures de l'ampoule. La vapeur d'halogène se combine avec ce tungstène condensé pour reformer une vapeur qui revient se déposer sur le filament chaud où elle se dissocie en régénérant le tungstène du filament. Ce processus réduit le noircissement de l'ampoule, augmente la durée de vie de la lampe, maintient une meilleure intensité lumineuse et améliore le rendement, mais ces lampes ont l'inconvénient de coûter plus cher. Ce cycle de l'halogène à son maximum d'efficacité pour l'intensité nominale de la lampe. C'est pourquoi les installations, telles que les dispositifs d'approche, devraient toujours être utilisées à leur maximum d'intensité lumineuse pendant des périodes contrôlées pour limiter le noircissement des ampoules.

### I.38.3 Lampes à revêtement infrarouge (IRC) :

Les lampes halogènes ne produisent pas que de la lumière visible ; 60 % de l'énergie est rayonnée dans l'infrarouge, et donc inutile pour l'éclairage. Certains fabricants offrent des lampes IRC pour leurs montures. Ces lampes sont en fait des lampes halogènes dont le tube du filament ou le réflecteur comporte un revêtement spécial qui réfléchit l'énergie infrarouge (chaleur) vers le filament. Ce dernier est alors porté à une température plus élevée et produit plus de lumens par watt, c'est-à-dire qu'il combine une meilleure efficacité lumineuse, une moindre consommation et une plus longue durée de vie. En pratique, les lampes IRC durent deux fois plus longtemps que les lampes halogènes standard, dans les mêmes conditions.

La Figure 1 illustre une lampe MR16 à réflecteur à facettes (MR). Le nombre « 16 » représente le diamètre extérieur du réflecteur en huitièmes de pouce. Comme les caractéristiques photométriques du feu dépendent du type de lampe, les exploitants d'aéroport ne devraient pas changer de type de lampe sans l'approbation du fabricant du feu.

La lampe PK30 [Prefocus, Kabel (câble), diamètre de la base en millimètres] illustrée à la Figure 2 est utilisée dans des appareils d'éclairage comme le PAPI et les feux de bord de piste. Grâce à la petite taille de la lampe et du filament, le contrôle optique est meilleur. Comme pour les autres lampes utilisées dans des applications aéronautiques, ces lampes doivent être manipulées avec précaution car elles dégagent une chaleur intense. [2]



Figure 2-24 : lampes a réflecteur a facettes MR16



Figure 2-25 :Lampe PK30 (source : ORSAM GmbH)

**I.39.1 Feux d'approche à éclats successifs (« stroboscopiques ») :**

Les lampes utilisées dans les feux d'approche à éclats successifs sont des tubes à décharge de condensateur en atmosphère gazeuse et non des lampes à incandescence. Le tube lui-même peut prendre diverses formes et contient un gaz inerte, comme l'argon ou le krypton, émettant de la lumière lorsqu'il est traversé par un arc électrique. L'alimentation charge des condensateurs qui sont la source d'énergie de l'arc et qui fournissent la tension d'amorçage. De très hautes tensions sont présentes dans l'alimentation et dans le tube. Il faut tenir compte de ce danger dans la conception du dispositif de balisage. L'intensité de pointe de ces feux peut être très élevée mais de courte durée. La fréquence des éclats de ces feux est limitée par le temps nécessaire pour recharger les condensateurs et n'est généralement que de quelques éclats par seconde.

**I.39.2 Feux d'obstacles :**

Pour le balisage des obstacles, les lampes à très brefs éclats ne conviennent pas pour la navigation de nuit. La brièveté de l'éclat ne permet pas au pilote de localiser le feu dans un environnement nocturne sombre. C'est la raison pour laquelle on utilise des feux produisant une séquence rapide d'impulsions suffisamment rapprochées dans le temps pour que le pilote les voie comme un seul éclat de longue durée.

**I.39.3 Autres types de lampes à décharge dans un gaz :**

Les lampes à décharge sont d'autant plus employées qu'elles ont un excellent rendement. Cette catégorie comprend les tubes fluorescents, les lampes à vapeur de mercure, les lampes à composés métalliques halogéné et les lampes à vapeur de sodium basse pression ou haute pression. L'emploi de ces divers types de lampes se limite habituellement à l'éclairage de certaines aires, par exemple les aires de trafic, mais on utilise les lampes fluorescentes pour certains feux de bord de voie de circulation et pour éclairer des panneaux de signalisation. Pour l'utilisation de ce genre de lampes, il faut tenir compte des facteurs ci-après :

a) Réamorçage : Certaines de ces lampes ne peuvent être réamorçées qu'après un délai de quelques secondes à quelques minutes suivant l'extinction de l'arc. Une interruption ou une commutation de l'alimentation peut entraîner la perte d'une ou de plusieurs lampes au moment le

plus critique. Pour un balisage lumineux d'urgence, il est préférable de choisir d'autres types de lampes.

b) Amorçage à froid. L'amorçage de certaines de ces lampes est impossible ou difficile à basse température.

c) Commande d'intensité. Le réglage de l'intensité lumineuse de ces lampes est souvent impossible ou limité à une plage plus étroite que celle de lampes à incandescence.

d) Effets stroboscopiques. Les effets stroboscopiques de ces lampes peuvent être gênants. Lorsqu'on utilise ce type de lampes, par exemple pour l'éclairage de certaines aires, il peut être souhaitable d'avoir une alimentation triphasée avec une répartition équilibrée des lampes entre les phases.

e) Changement de couleur. La lumière émise par ces lampes ne couvre généralement qu'une portion limitée du spectre visible, ce qui rend difficile la reconnaissance de certaines couleurs. Le rouge est particulièrement altéré.

## **I.40 CÂBLES À UTILISER POUR LES CIRCUITS SOUTERRAINS D'AÉRODROME :**

### **I.40.1 CARACTÉRISTIQUES DES CÂBLES POUR CIRCUITS SOUTERRAINS :**

#### **I.40.2 Isolement :**

Les matériaux isolants ci-après sont couramment spécifiés car ils peuvent supporter les températures nominales, de surcharge et de court-circuit des conducteurs, jusqu'à une tension maximale de 35 kV :

a) Polyéthylène réticulé (XLP). Cette matière thermodurcissable possède d'excellentes propriétés électriques, une bonne résistance chimique et de bonnes caractéristiques physiques.

b) Caoutchouc éthylène-propylène (EPR). Cette matière élastomère possède des propriétés électriques équivalentes à celles du polyéthylène réticulé. En pratique, c'est l'entrepreneur qui fera le choix entre les deux possibilités.

c) Élastomère thermoplastique (TPE). Cette matière offre une bonne isolation électrique et une excellente résistance en couche mince, ainsi qu'une bonne souplesse dans une large plage de températures.

d) Gaine de polyuréthane (PUR). Cette gaine est exempte d'halogènes et résiste bien aux produits de déglacage

#### **I.40.3 GAINES DE CÂBLES :**

##### **Gaines non métalliques :**

Les gaines non métalliques doivent être souples, hydrofuges et durables. Elles sont souvent faites de néoprène, mais il ne convient pas à de nombreux endroits, car il absorbe trop d'eau qui risque de s'infiltrer à travers l'isolant. Certains matériaux utilisés pour ces gaines, notamment dans les régions tropicales, sont endommagés par les micro-organismes, les insectes et la végétation. D'autres, qui se comportent bien sur des câbles enfouis dans le sol ou circulant dans des conduits, se détériorent rapidement s'ils sont exposés au soleil. Les matériaux qui deviennent cassants aux basses températures ne peuvent pas être utilisés dans les régions froides. Dans certaines régions, les câbles sous gaine non métallique sont fréquemment endommagés par les rongeurs. Il faut alors les poser sous conduit ou choisir des câbles à gaine métallique.

##### **Gaines métalliques :**

Les câbles exposés aux dommages mécaniques ou à des pressions internes élevées doivent être à gaine métallique, de plomb, d'aluminium ou d'acier. Certains isolants, comme le papier et la toile vernie, exigent ce genre de protection dans tous les cas.

#### **I.40.4 ENVELOPPES DE CÂBLES :**

Une enveloppe ou une chemise est parfois nécessaire pour protéger la gaine métallique contre la corrosion.

#### **I.40.5 CÂBLES BLINDÉS :**

Les câbles de distribution à moyenne tension doivent être blindés pour confiner le champ électrique à l'isolant lui-même et empêcher les courants de fuite d'atteindre la surface extérieure du câble. Un blindage de l'isolant est nécessaire sur tous les câbles à gaine non métallique de

tension nominale égale ou supérieure à 2 kV, sauf sur les câbles des circuits série pour le balisage lumineux d'aérodrome ainsi que sur tous les câbles à gaine métallique de tension nominale égale à 5 kV ou plus. Les blindages doivent être à la masse pour réduire les risques d'électrocution. Les extrémités des câbles doivent être mises à la terre pour éviter l'apparition de tensions induites dangereuses.

#### **I.40.6 PROTECTION CONTRE LES DOMMAGES DUS À L'EFFET CORONA :**

L'isolant des câbles haute tension peut être endommagé par l'ozone causé par l'effet corona et doit être protégé. Pour cela, une fine pellicule de matière semi-conductrice est interposée entre le conducteur et l'isolant. Cette pellicule comble les vides entre le conducteur et l'isolant, s'opposant ainsi à l'effet corona et à la production d'ozone.

#### **I.40.7 CONDUCTEURS DE CÂBLES :**

Le cuivre recuit est utilisé pour la plupart des types de conducteurs isolés, car il possède une excellente conductivité et il est très souple et facile à travailler. Toutefois, le cuivre étiré mi-dur a une meilleure résistance à la traction que le cuivre recuit. On peut aussi utiliser des conducteurs en aluminium, sauf si la corrosion est un risque.

#### **I.40.8 QUESTIONS DE SANTÉ ET D'ENVIRONNEMENT :**

14.8.1 Les aspects santé et environnement doivent être pris en considération dans le choix des câbles. On devrait éviter les produits contenant des halogènes et qui sont problématiques pour le recyclage, comme le chlorure de polyvinyle (PVC) et le plomb (Pb). Ces câbles devraient de préférence être remplacés par des produits plus écologiques, notamment ceux qui répondent aux normes suivantes :

- a) propagation des flammes et ignifugation (IEC 60332-3-24) ;
- b) câbles exempts d'halogène (CEI 60754-1) ;
- c) câbles non corrosifs et non toxiques (CEI 60754-2) ;
- d) câbles à faible émission de fumée et faible opacité (CEI 61034).

## I.40.9 CATÉGORIES DE SERVICE :

### I.40.9.1 Câbles basse tension :

14.9.1 On utilise des câbles basse tension — isolant à tension nominale inférieure ou égale à 600 V — pour brancher les secondaires des transformateurs d'isolement série/série aux lampes des dispositifs de balisage, pour les circuits de distribution basse tension et pour les circuits basse tension alimentant des éléments isolés et des circuits de faible longueur. Les conducteurs sont généralement en cuivre mais parfois en aluminium et les câbles utilisés sont à un seul ou à plusieurs conducteurs. On utilise des conducteurs pleins ou toronnés, ces derniers étant préférables si le câble est appelé à subir de fréquents efforts de flexion. La section du conducteur peut varier entre 2,5 mm<sup>2</sup> et 4 mm<sup>2</sup> (14 AWG et 12 AWG), ou même plus s'il est nécessaire de réduire la chute de tension.

Les câbles secondaires à deux conducteurs sont codés avec des couleurs dépendants des pratiques de l'état. En Europe, le conducteur de neutre est brun, le conducteur de phase est bleu. En Amérique du Nord, le conducteur de neutre est blanc et le conducteur de phase est noir. Le conducteur marqué devrait être relié à la broche la plus grosse du connecteur secondaire et à la partie creuse (culot à vis ou à précentrage) de la douille

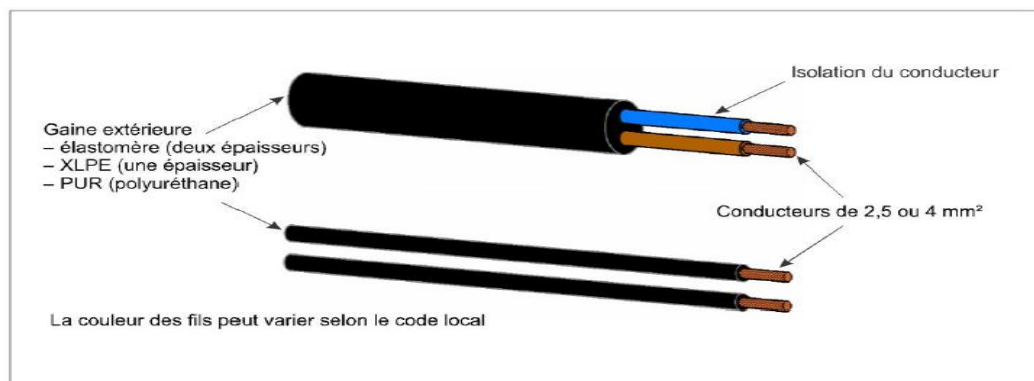


Figure 2-26 : câble secondaire

#### I.40.9.2 Câbles pour circuits série de balisage lumineux d'aérodrome :

Les câbles pour circuits série sont à un seul conducteur et servent à former la boucle primaire et les câbles d'alimentation avec retour au poste électrique. Le courant qui circule dans ces circuits est soit 6,6 A ou 20 A. La section de conducteur couramment utilisée est 10 mm<sup>2</sup> (8 AWG) ou 16 mm<sup>2</sup> (6 AWG). Le conducteur est normalement toronné, mais on peut aussi utiliser des conducteurs à âme pleine. Le plus souvent, l'isolant est prévu pour une tension nominale de 5 000 V et il est protégé par une gaine non métallique par-dessus l'isolation. Un blindage fait d'un ruban métallique est souvent utilisé entre la gaine et l'enveloppe non métallique extérieure, mais ce n'est pas nécessaire dans certaines installations. Le type de câble recommandé est constitué d'un conducteur de cuivre toronné, isolé au polyéthylène réticulé, au caoutchouc éthylène-propylène ou au caoutchouc butyle-néoprène, la gaine étant en polyéthylène chloro-sulfoné, en chlorure de polyvinyle, en polyéthylène ou en néoprène renforcé — le blindage est un ruban métallique.

Les tensions sont généralement dans la gamme 600 à 3 030 V pour les régulateurs à courant constant jusqu'à 20 KVA fournissant une sortie de 6,6 A. Les tensions peuvent être plus élevées pour les gros régulateurs, par exemple 4 545 V pour un régulateur de 30 KVA fonctionnant à 6,6 A. Cependant, il est recommandé de ne pas dépasser 20 KVA pour un régulateur et d'installer plus d'un circuit pour répartir la charge de balisage.

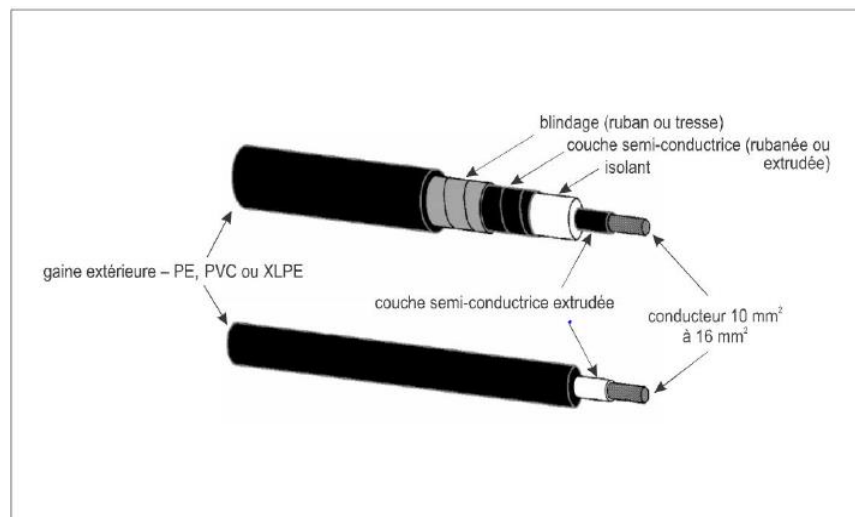


Figure 2-27 : câble primaire

#### I.40.9.3 **Câbles de commande :**

Les câbles de commande sont des câbles basse tension, généralement à paires ou à conducteurs multiples. Certains circuits de commande simples peuvent utiliser un groupe de câbles mono conducteurs. Certains câbles de commande comportent un ou deux conducteurs de plus forte section pour la phase et/ou le neutre, et plusieurs conducteurs de plus petite section pour les divers circuits de commande. On peut aussi utiliser une paire de conducteurs plus gros pour la phase et le neutre et d'autres câbles comportant un grand nombre de conducteurs de plus petite section pour les circuits de commande. On utilise couramment des câbles de commande à 7, 12, 16 conducteurs ou davantage. La plupart des câbles contiennent des conducteurs de cuivre toronnés. La section des conducteurs est choisie pour maintenir une chute de tension acceptable. La section est généralement comprise entre 2,5 mm<sup>2</sup> et 0,5 mm<sup>2</sup> (12 et 22 AWG). La résistance nominale d'isolement doit être adaptée à la tension de commande, qui ne dépasse généralement pas 250 V. Les câbles de commande sont isolés au caoutchouc, au polyéthylène, au chlorure de polyvinyle, à la toile vernie, au papier, etc. Il est souhaitable que l'isolant soit aussi mince que possible pour réduire le diamètre du câble. Pour les circuits de commande en courant alternatif, il est souhaitable d'employer des conducteurs en paires torsadées ou enroulées en hélice pour réduire la tension entre les circuits. Les câbles multiconducteurs doivent avoir une gaine extérieure et peuvent être blindés par un ruban métallique.

#### I.40.9.4 **Câbles de communications :**

14.9.6 Des circuits spéciaux d'intercommunication ou de téléphone doivent être installés pour permettre les communications entre la tour de contrôle, les postes de balisage et les bureaux ou les centres d'opérations. Ces circuits utilisent souvent des câbles téléphoniques à une ou plusieurs paires torsadées. Ces câbles doivent pouvoir être posés sous terre. Dans certains cas, on peut utiliser des câbles de commande pour les communications, mais il est préférable d'employer des câbles distincts dans des conduits distincts ou bien séparés à l'intérieur de la tranchée, s'ils sont enfouis directement.

#### I.40.9.5 **FILS DE TERRE :**

Un fil de terre ou un contrepoids devrait être mis en place pour protéger les câbles souterrains d'alimentation et de commande contre les fortes sautes de courant de terre dans les zones où ces câbles risquent d'être endommagés par la foudre. Le fil de terre est posé entre la surface du sol et

les câbles souterrains. Il s'agit habituellement d'un conducteur de cuivre torsadé non isolé, bien que certains états préconisent l'emploi de rubans d'acier. La section de ce fil de terre ne doit pas être inférieure à celle du plus gros conducteur qu'il protège. Cette section peut s'étager entre 10 mm<sup>2</sup> et 25 mm<sup>2</sup> (8 et 4 AWG) ou même plus. Il faut utiliser un conducteur continu, raccordé à chaque feu, embase de feu, piquet ou prise de terre le long de son tracé.

#### **I.40.10 CAUSES DE DOMMAGES AUX CÂBLES :**

Les pannes des circuits de balisage lumineux d'aérodrome sont souvent dues à des défaillances de câbles dont la détection et la réparation demandent beaucoup de temps et d'efforts. L'emploi de méthodes efficaces pour réduire la fréquence des défauts des câbles permet d'augmenter la fiabilité du système. Mieux connaître les causes de dommages aux câbles aide à choisir les types de câbles et les méthodes d'installation.

##### **I.40.10.1 Causes mécaniques :**

Dans la majorité des cas, les défauts des câbles ont des causes mécaniques. Des techniques de pose inappropriées sont probablement la cause la plus courante de dommages mécaniques, mais les câbles peuvent aussi être endommagés de bien d'autres façons (mouvements du sol sous l'effet du gel, vibrations provoquées par le passage des avions et des véhicules, attaques par les rongeurs, déplacements ou tassements du terrain, etc.). Les dommages mécaniques se présentent de différentes façons, parmi lesquelles :

- a) entailles et éraflures de l'isolant ;
- b) contraintes excessives exercées sur le câble pendant le tirage dans les conduits ou le déroulement du touret pour l'enfouissement direct dans le sol ;
- c) pierres ou corps étrangers dans le lit ou le remblai des tranchées ;
- d) manque de mou du câble à l'entrée ou à l'intérieur des chambres de visite, des regards, des embases de feux, des conduits, des ensembles lumineux, des raccordements à l'équipement, des prises, des épissures le long des tranchées ou des conduits, ou en d'autres points où les contraintes peuvent être accrues par le tassement du sol, les travaux d'entretien ou les intempéries ;
- e) entailles dans le conducteur au niveau des épissures ou des joints de connecteurs, qui peuvent créer des amorces de rupture du conducteur ;

### I.40.10.2 Infiltrations d'eau :

Les infiltrations d'eau jusqu'au conducteur à travers la gaine et l'isolant causent des défauts à la terre. Il peut y avoir infiltration ou fuite aux épissures, aux raccords, aux bouts des câbles, aux endroits endommagés, aux points où l'isolement est affaibli par des piqûres dues à la foudre, aux surtensions ou à d'autres défauts.

Pour éviter la pénétration d'eau par les bouts des câbles, il faut veiller à ce qu'ils soient propres et secs avant comme après le branchement des équipements. Les bouts des câbles en réserve doivent être protégés avec le même soin. Certains types d'isolants, notamment le papier et les produits minéraux, peuvent absorber l'humidité atmosphérique quand elle est très élevée. Les extrémités des câbles munis de ce genre d'isolement doivent être scellées de manière permanente, même après le branchement de l'équipement.

### I.40.11 Conducteurs d'alimentation :

Les conducteurs des câbles devraient être raccordés avec des connecteurs sertis posés à l'aide d'un outil spécial conçu pour ne pas pouvoir être retiré avant le sertissage complet. Pour les circuits basse tension (maximum 600 V), on peut utiliser des connecteurs à broche fendue

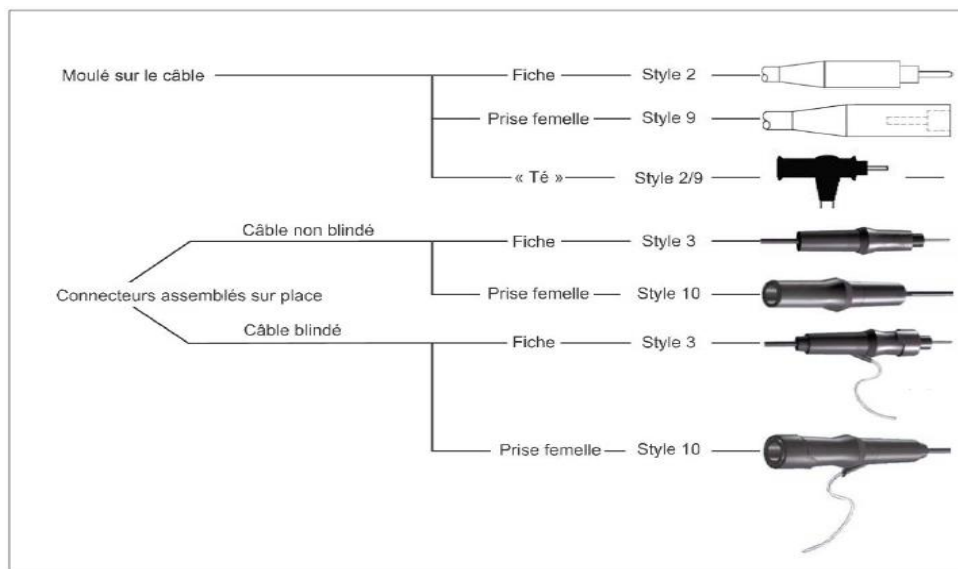


Figure 2-28 : connecteurs pour le circuit primaire

#### **I.40.12 Câbles de commande et câbles téléphoniques :**

Pour les conducteurs des câbles de commande et des câbles téléphoniques, les raccordements se font par des épissures torsadées et soudées ou avec des connecteurs auto dénudeurs pré-isolés qui se posent au moyen d'un outil spécial de sertissage. À noter que le code de couleur des conducteurs doit être respecté d'un bout à l'autre de l'installation.

#### **I.40.13 Armure et blindage des câbles :**

La continuité électrique de l'armure et du blindage doit être assurée au niveau des épissures en les nettoyant et en les soudant. Au besoin, on peut ajouter de la tresse métallique et du ruban conducteur. L'armure et le blindage doivent être complètement isolés l'un de l'autre et par rapport à la terre.

## **I.41 Conclusion :**

Après avoir donné une généralité sur les infrastructures des aérodromes en chapitre 1.

Nous sommes focalisés sur les sources d'alimentation électrique d'aéroport d'Oran, partant de cela nous avons décrits la distribution d'énergie électrique après on s'est accentué sur le type de circuit électrique, Puis nous avons décrit les équipements de base.

Ce chapitre nous permis de comprendre le fonctionnement de l'alimentation électrique d'aéroport et le type de circuit électrique et le fonctionnement de certains éléments.

# Chapitre III :

---

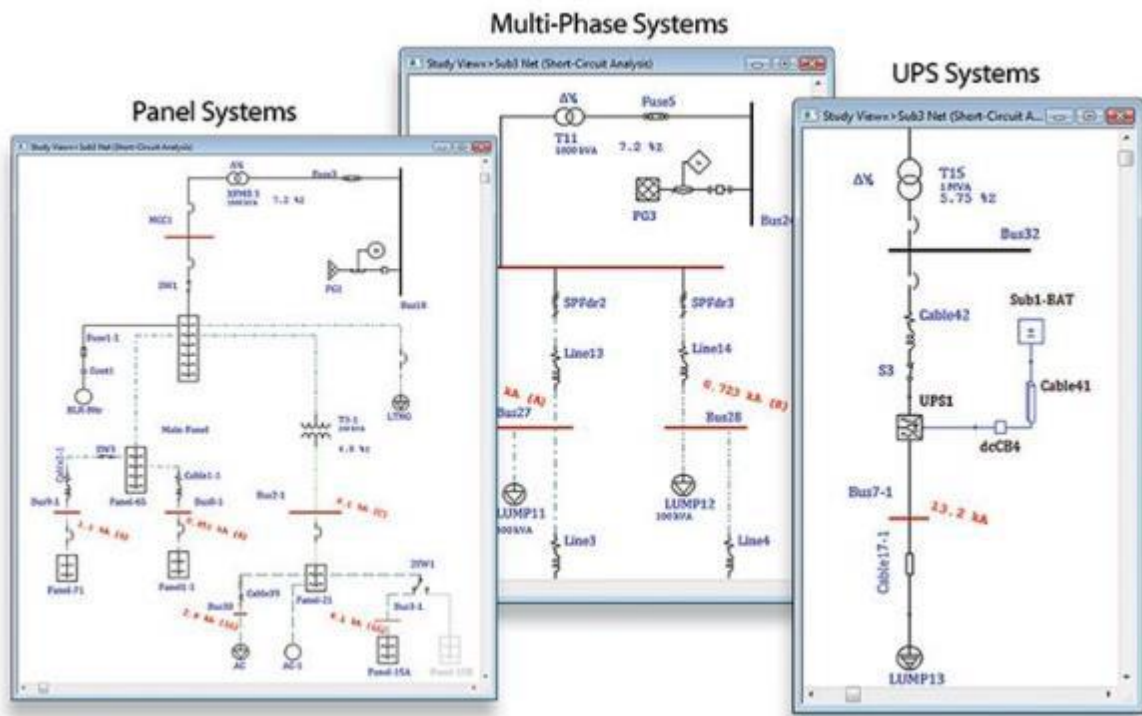
## Simulation par le logiciel ETAP



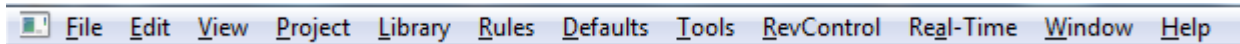
## I.42 Présentation du logiciel ETAP :

ETAP (Analyse transitoire des programmes électriques) est la plate-forme d'analyse la plus complète pour la conception, la simulation, le fonctionnement et l'automatisation des systèmes de production, de distribution et d'énergie industrielle. ETAP est développé dans le cadre d'un programme d'assurance qualité établi et est utilisé dans le monde entier comme un logiciel à fort impact. ETAP est complètement localisé en quatre langues avec des rapports de sortie traduits en six langues. En tant que solution d'entreprise entièrement intégrée, ETAP s'étend à un système de gestion d'énergie intelligent en temps réel pour surveiller, contrôler, automatiser, simuler et optimiser le fonctionnement des systèmes d'alimentation.

ETAP est une entreprise de logiciels d'ingénierie analytique à spectre complet spécialisée dans l'analyse la simulation, la surveillance, le contrôle, l'optimisation et l'automatisation de systèmes d'alimentation électrique. Le logiciel ETAP offre la suite la plus complète de solutions d'entreprise de système d'alimentation intégré.



### I.42.1 Barre de menu :



La barre de menus contient une liste complète des options de menu. Chaque option active une liste déroulante de commandes telles que Opérations sur les fichiers, Impression, Conversions de base de données, Échange de données, Objets OLE, Normes de projet, Paramètres de projet et Options de projet, Bibliothèques, Valeurs par défaut, Polices d'annotation, Base et Révision .

### I.42.2 Barre d'outils du projet :



La barre d'outils Projet contient des boutons qui fournissent des raccourcis pour de nombreuses fonctions couramment utilisées. Ces fonctions sont : Créer des projets, Ouvrir des projets, Enregistrer des projets, Imprimer, Aperçu avant impression, Couper, Copier, Coller, Zoom panoramique, Annuler, Rétablir, Zone de texte, Affichage grille, Vérification de continuité, Thèmes, Obtenir un modèle, Ajouter au modèle OLV, Lien hypertexte, calculateur de puissance, recherche et aide. Dans la barre d'outils, cliquez sur Power Grid bouton. Le curseur se transforme en icône Grille de puissance quand vous passez sur l'OLV. Cliquez sur n'importe où dans l'OLV pour placer un utilitaire sur votre diagramme à une ligne.

### I.42.3 Modes d'étude :



### I.42.4 Modifier les barres d'outils :


Les barres d'outils Modifier sont actives lorsque vous êtes en mode Edition. Vous pouvez cliquer ou double-cliquez pour sélectionner, glisser-déposer des éléments CA, CC et d'instrument sur les diagrammes à une ligne. En outre, vous pouvez effectuer les opérations suivantes les fonctions :

- Afficher et imprimer des rapports de sortie personnalisables (Rapports texte et Crystal)
- Modifier les options d'affichage

- Gestionnaire de rapports du calendrier d'accès
- Ajout de nouveaux systèmes de grille au sol
- Ajouter des réseaux composites et des moteurs composites.



Les données contenues dans un élément de l'OLD peuvent être consultées en ouvrant son éditeur.

Double-cliquez sur  **Cable1** pour ouvrir l'éditeur de câble. Vous pouvez cliquer sur n'importe quel onglet dans l'éditeur pour ouvrir sa page respective. Les données peuvent être saisies manuellement dans les champs avec un fond blanc uniquement.

Cable Editor - Cable1

Sizing - Phase	Sizing - GND/PE	Reliability	Routing	Remarks	Comment	
Info	Physical	Impedance	Configuration	Loading	Ampacity	Protection

**Info**

ID

From

To

**Equipment**

Tag #

Name

Description

**Condition**

Service  In  Out

State

**Revision Data**

**Length**

Length

Tolerance  %

**Library**

Link to Library

**No. of Conductors / Phase**

**Connection**

3 Phase  1 Phase

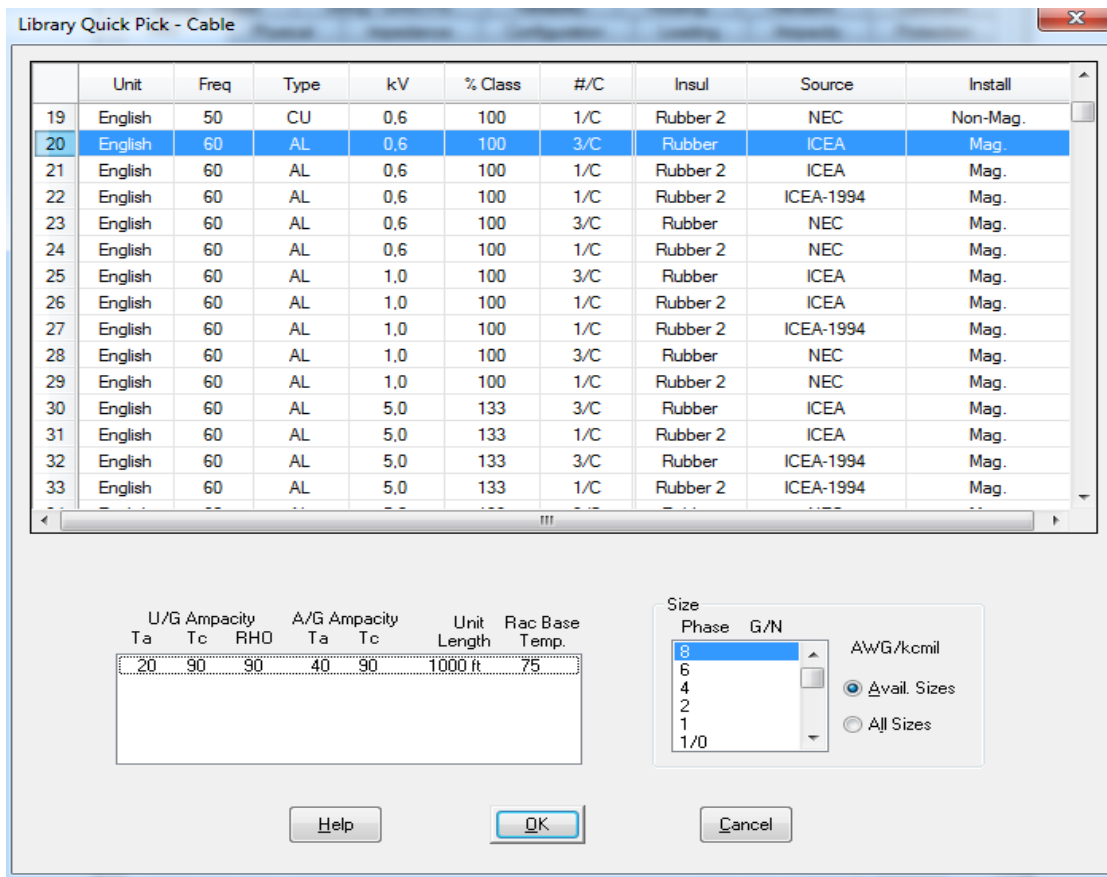



Figure 3-1 :Bibliothèque câble de sélection rapide


Cliquez sur le bouton Bibliothèque sur la page Info pour sélectionner un câble. Cliquez ensuite sur OK pour quitter la fenêtre Quick Pick et la fenêtre de l'éditeur. Les propriétés d'ingénierie du câble sélectionné sont maintenant saisies dans l'éditeur To check if an

L'élément est sous tension cliquez sur l'icône de continuité  situé dans le projet barre d'outils. Tous les éléments qui ne sont pas sous tension seront grisés. Par exemple, avec le contrôle de continuité, ouvrez CB4. Comme le montre la figure à droite, CB4 et les éléments en aval sont grisés

Créer un diagramme d'une ligne dans ETAP est rapide et facile. Une fois terminé, vous pouvez tirer pleinement parti de tous les outils puissants qu'ETAP a à offrir.

a). Avec la fenêtre de diagramme "MyOne-Line" active, cliquez sur

Icône pour activer la charge Mode d'étude de flux. 

b) Cliquez sur icône  dans la barre d'outils pour exécuter l'écoulement de puissance. Entrez un nom de fichier pour Le rapport et cliquez sur le bouton "OK". Le résultat de l'écoulement de charge sur la configuration "Etape 1" est maintenant affiché sur la ligne.

De même, effectuez les étapes a) et b). Le résultat de la base de l'écoulement de puissance de charge sur la configuration "Normal" est maintenant affiché sur la ligne.

Vous pouvez maintenant comparer rapidement l'effet de l'écoulement de charge entre le "Normal" et le "Stage 1"

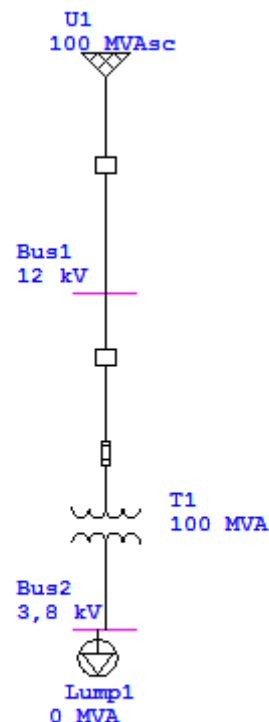
Les résultats de l'étude peuvent être consultés sur l'OLD. Les informations affichées sur l'OLD peuvent être modifiées dans les options d'affichage. Pour des résultats encore plus détaillés, les rapports de sortie peuvent être visualisés. Pour afficher les problèmes de surcharge, cliquez simplement sur le bouton Affichage des alertes dans la barre d'outils Flux de charge. Cela ouvrira une fenêtre contenant une liste d'équipements sous-dimensionnés. Veuillez noter que le bouton d'affichage des alertes est désactivé dans la démonstration ETAP.



Pour afficher le rapport de sortie, cliquez sur Gestionnaire de rapports dans la barre d'outils de court-circuit, accédez à la page de résultats et sélectionnez Rapport de court-circuit.

## Conclusion :

Dans ce Chapitre, on a eu à faire une brève présentation de notre logiciel de simulation ETAP afin de connaître certaines particularités le concernant. Le chapitre quatre (4) sera focalisé sur la Simulation de notre circuit 30 kV ainsi que son fonctionnement.



# **Chapitre IV :**

---

## **Résultat de simulation sur le logiciel ETAP et discussions**

# I.43 Introduction :

Ce Chapitre englobe la conception sur le logiciel ETAP, nous présenterons l'écoulement de puissance, l'analyse de court-circuit, l'analyse Harmonique.

Le logiciel ETAP étant utilisé pour le calcul et l'estimation de charge nous permet d'avoir une vue sur notre circuit de 30 KV ainsi que sur les différents éléments qui s'y trouvent.

# I.44 Conception sur ETAP :

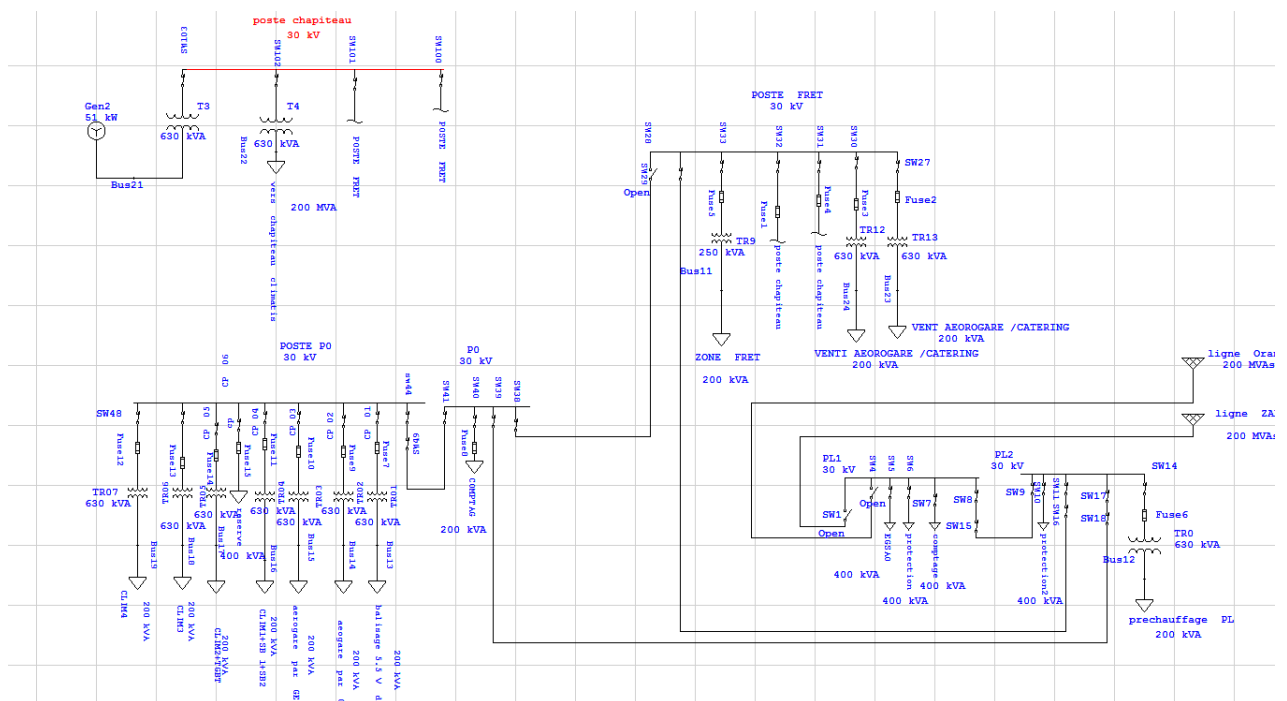


Figure 4-1 : synoptique circuit 30 KV : poste de livraison / poste P0 / poste fret

# I.45 Fonctionnement :

Notre circuit alimenté par deux sources (ligne Oran ouest - ligne ZAHANA) qui alimente le jeu de barre PL1 qui alimente le jeu de barre PL2 ce dernier alimente les jeux de barres (poste fret, poste P0, poste chapiteau).

Dans le fonctionnement normal :

- Lorsque le disjoncteur SW1 est fermé et SW4 est ouvert, le circuit est alimenté par la ligne Oran ouest
- Lorsque le disjoncteur SW4 est fermé et SW1 est ouvert, le circuit est alimenté par la ligne ZAHANA
- Dans le fonctionnement dégradé :
- Lorsque le disjoncteur SW4 est ouvert et SW1 est ouvert le circuit est alimenté par le groupe électrogène .

L'architecture de notre circuit nous permet d'avoir une bonne disponibilité d'alimentation et également une très grande souplesse d'utilisation pour l'affectation des sources et des charges et pour la maintenance des jeux de barres.

## I.46 L'écoulement de Puissance sur ETAP :

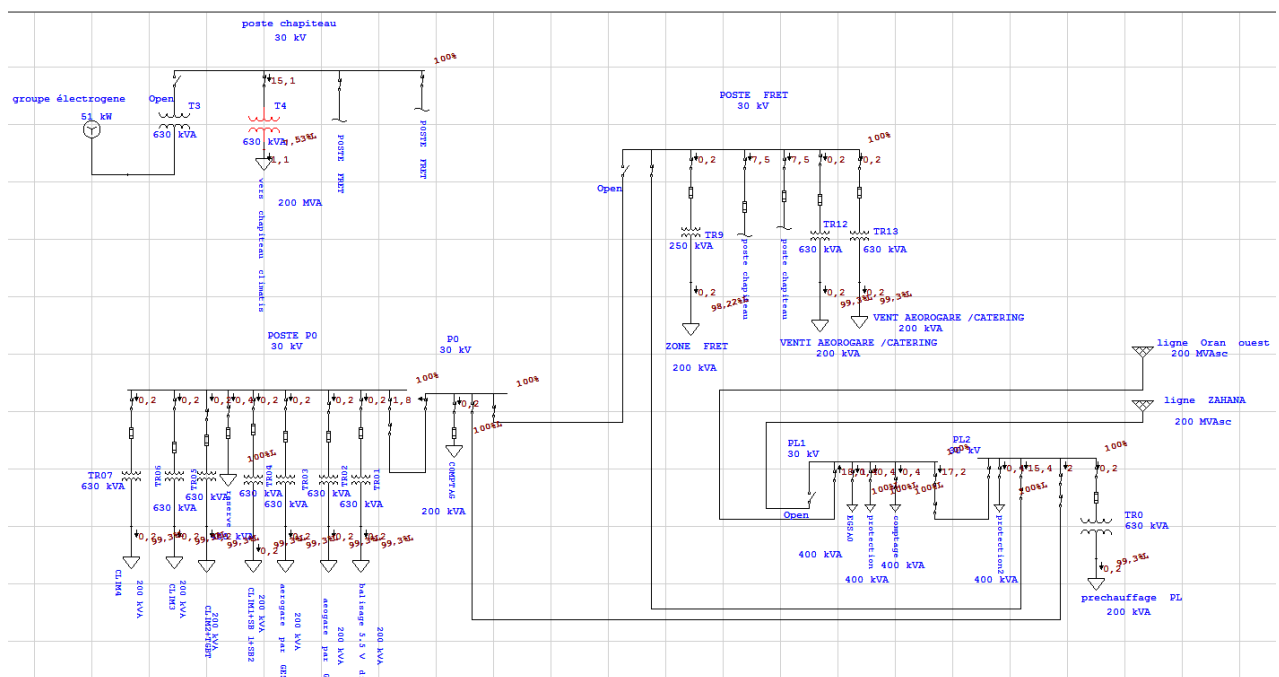


Figure 4.2 : écoulement de puissance sur ETAP

## I.47 Résultat de l'écoulement de Puissance sur ETAP :

### I.47.1 Les données de production, charge et tension des bus :

Les données en question correspondent aux différents de la tension, de la puissance en KW et en KVAR au niveau du jeu de barre.

#### Bus Loading Summary Report

Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load			
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus11	0.400		0	0	0.193	0	0	0	0	0	0.193	100.0	283.5	
Bus12	0.400		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	286.6	
Bus13	5.500		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	20.8	
Bus14	0.400		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	286.6	
Bus15	0.400		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	286.6	
Bus16	0.400		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	286.6	
Bus17	0.400		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	286.6	
Bus18	0.400		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	286.6	
Bus19	0.400		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	286.6	
Bus22	0.400		0	0	1.134	0	0	0	0	0	1.134	100.0	21738.9	
Bus23	5.500		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	20.8	
Bus24	5.500		0	0	0.197	0	0	0	0	0	0.197	100.0	20.8	
P0	30.000		0	0	0.200	0	0	0	0	0	1.990	100.0	38.3	
PL1	30.000		0	0	1.200	0	0	0	0	0	18.073	74.7	347.8	
PL2	30.000		0	0	0.400	0	0	0	0	0	17.194	71.6	330.9	
POSTE FRET	30.000		0	0	0	0	0	0	0	0	15.435	63.0	297.0	
poste chapiteau	30.000		0	0	0	0	0	0	0	0	15.061	60.6	289.9	
POSTE P0	30.000		0	0	0.400	0	0	0	0	0	1.790	100.0	34.5	

Figure 4-3 : Les données de production, charge et tension des bus

## I.47.2 Données des Transformateurs :

Les différentes données des transformateurs à double enroulement.

### 2-Winding Transformer Input Data

Transformer		Rating					Z Variation			% Tap Setting		Adjusted	Phase Shift	
ID	Phase	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z1	X1/R1	+5%	-5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Type	Angle
T4	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.0	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.01	3-Phase	0.630	30.000	5.500	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.02	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.03	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.04	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.05	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.06	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.07	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.9	3-Phase	0.250	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.12	3-Phase	0.630	30.000	5.500	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR.13	3-Phase	0.630	30.000	5.500	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000

Figure 4-4 : les données des transformateurs

### I.47.3 Résultat de l'écoulement de puissance :

La valeur de la tension et de la puissance active et réactives des différents bus :

#### LOAD FLOW REPORT

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
Bus11	0.400	98.222	-1.5	0	0	0.193	0.000	POSTE FRET	-0.193	0.000	283.5	100.0	
Bus12	0.400	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	PL2	-0.197	0.000	286.6	100.0	
Bus13	5.500	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE P0	-0.197	0.000	20.8	100.0	
Bus14	0.400	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE P0	-0.197	0.000	286.6	100.0	
Bus15	0.400	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE P0	-0.197	0.000	286.6	100.0	
Bus16	0.400	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE P0	-0.197	0.000	286.6	100.0	
Bus17	0.400	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE P0	-0.197	0.000	286.6	100.0	
Bus18	0.400	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE P0	-0.197	0.000	286.6	100.0	
Bus19	0.400	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE P0	-0.197	0.000	286.6	100.0	
Bus22	0.400	7.531	-52.7	0	0	1.134	0.000	poste chapiteau	-1.134	0.000	21738.9	100.0	
Bus23	5.500	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE FRET	-0.197	0.000	20.8	100.0	
Bus24	5.500	99.295	-0.6	0	0	0.197	0.000	POSTE FRET	-0.197	0.000	20.8	100.0	
P0	30.000	100.000	0.0	0	0	0.200	0.000	PL2	-1.990	-0.015	38.3	100.0	
								POSTE P0	1.790	0.015	34.5	100.0	
* PL1	30.000	100.000	0.0	13.505	12.010	1.200	0.000	PL2	12.305	12.010	330.9	71.6	
PL2	30.000	100.000	0.0	0	0	0.400	0.000	Bus12	0.199	0.002	3.8	100.0	
								PL1	-12.305	-12.010	330.9	71.6	
								POSTE FRET	9.717	11.993	297.0	63.0	
								P0	1.990	0.015	38.3	100.0	
POSTE FRET	30.000	100.000	0.0	0	0	0	0	Bus11	0.196	0.005	3.8	100.0	
								Bus24	0.199	0.002	3.8	100.0	
								Bus23	0.199	0.002	3.8	100.0	
								poste chapiteau	4.562	-5.992	144.9	60.6	
								poste chapiteau	4.562	-5.992	144.9	60.6	
								PL2	-9.717	-11.993	297.0	63.0	
poste chapiteau	30.000	100.000	0.0	0	0	0	0	Bus22	9.123	11.984	289.9	60.6	
								POSTE FRET	-4.562	-5.992	144.9	60.6	
								POSTE FRET	-4.562	-5.992	144.9	60.6	
POSTE P0	30.000	100.000	0.0	0	0	0.400	0.000	Bus13	0.199	0.002	3.8	100.0	
								Bus14	0.199	0.002	3.8	100.0	
								Bus15	0.199	0.002	3.8	100.0	
								Bus16	0.199	0.002	3.8	100.0	
								Bus17	0.199	0.002	3.8	100.0	
								Bus18	0.199	0.002	3.8	100.0	
								Bus19	0.199	0.002	3.8	100.0	

Figure 4-5 : les données de load flow

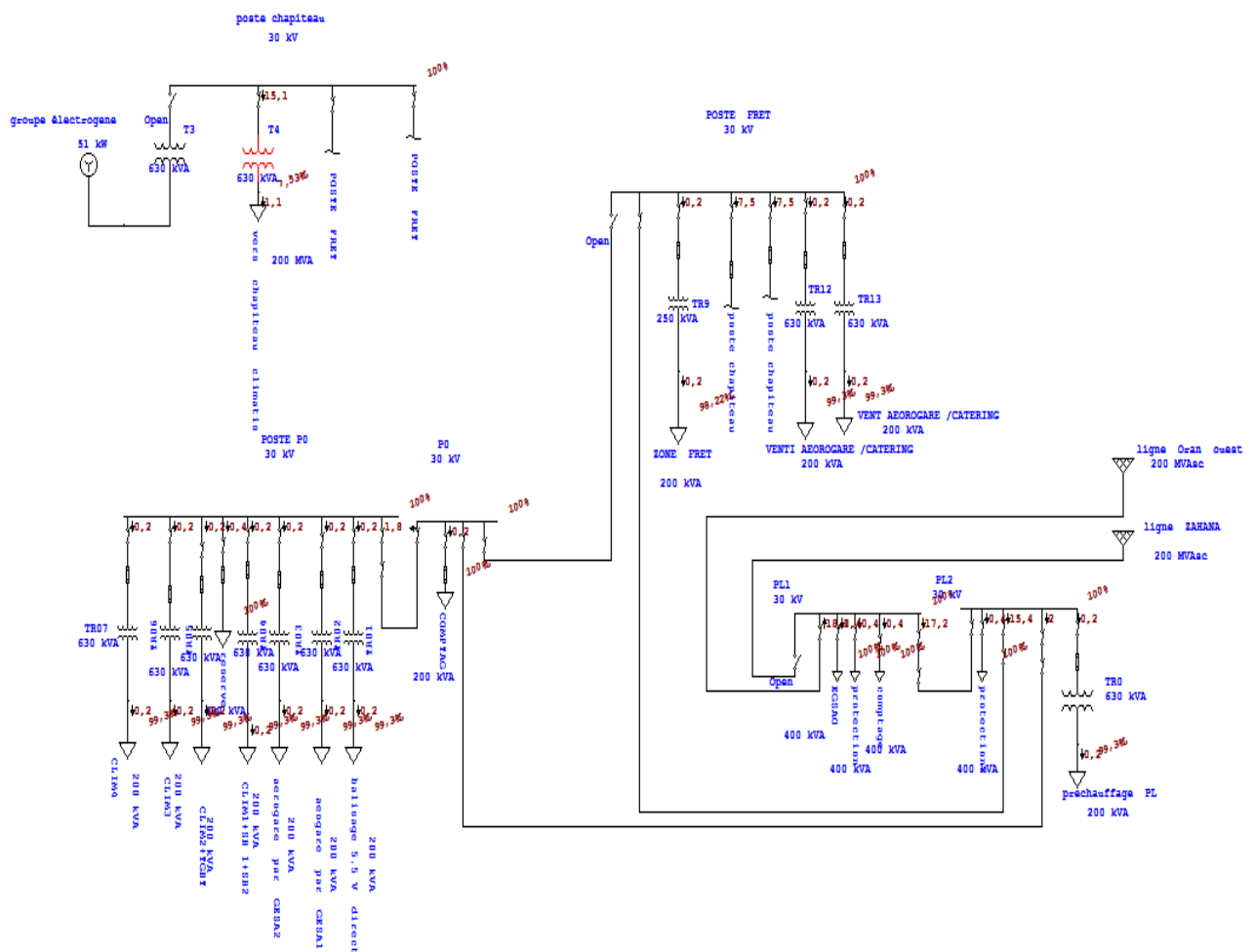
## I.47.4 Analyse de court-circuit :

L'analyse de court-circuit nous permet de visualiser le fonctionnement de notre circuit en cas de défaut (Mode dégradé).

Pour bien comprendre ce fonctionnement en cas de défaut soit venant de l'un des sources ou de l'un de jeux de barre en fin de connaître comment va se comporter notre circuit et essayer de trouver un remède en cas de fonctionnement anormal de notre circuit.

### I.47.4.1 Premier défaut :

Un défaut s'est produit au niveau de la source (ligne zahana), comment va fonctionner alors notre circuit ?

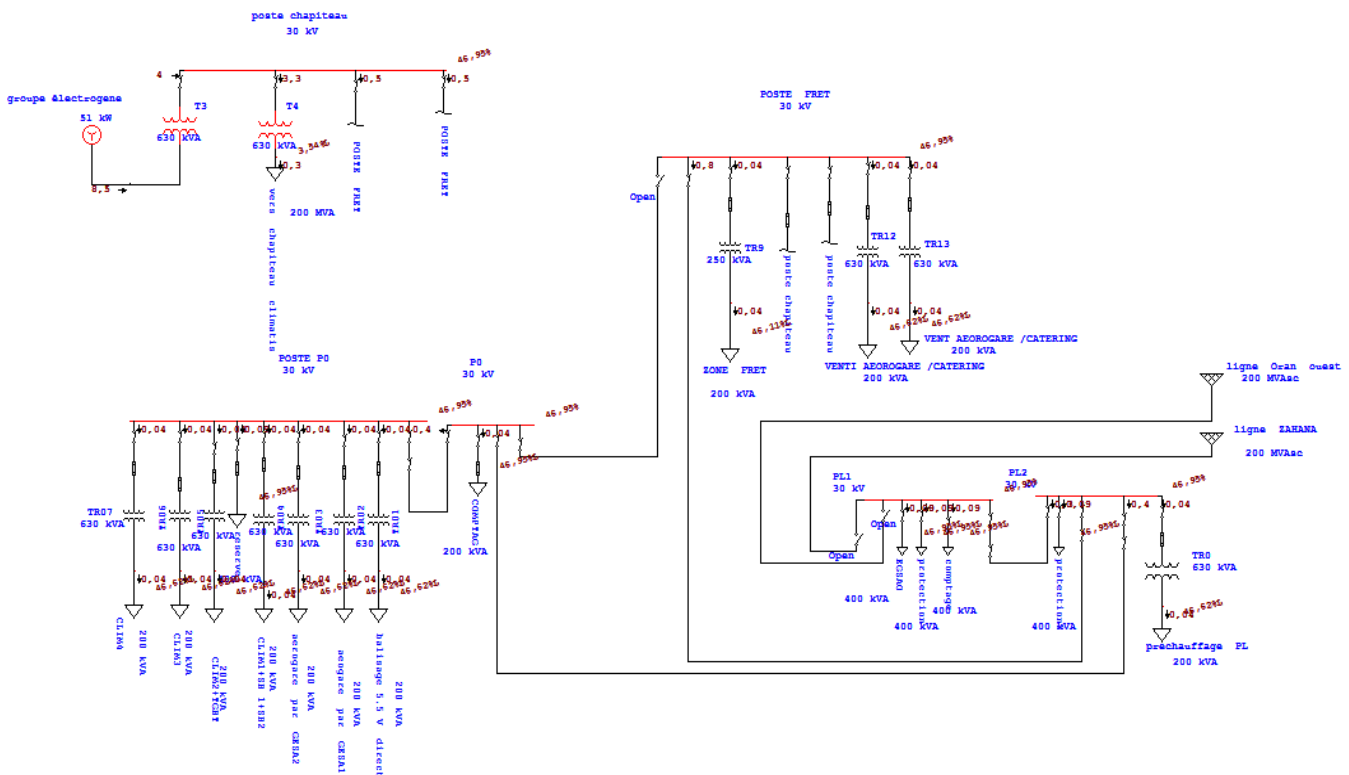


Remarque :

En cas de défaut sur une source par exemple source (ligne ZAHANA) plus précisément au niveau du jeu de barre PL1 nous constatons que l'autre source (ligne Oran ouest) assure la totalité de l'alimentation jusqu'à ce que la source (ligne ZAHANA) soit fonctionnel.

### I.47.4.2 Deuxième Défaut :

Dans ce cas, le défaut se situera sur l'un des jeux de barre par exemple PL1, comment va fonctionner notre circuit alors ?



Remarque :

En cas de défaut au niveau de du jeu de barre PL1, Le groupe électrogène assure la totalité de l'alimentation jusqu'à ce que le jeu de barre fonctionne.

# I.48 Résultat de l'écoulement de Puissance sur ETAP :

## I.48.1 Les données de production, charge et tension des bus :

Les données en question correspondent aux différents de la tension, de la puissance en KW et en KVAR au niveau du jeu de barre.

**Bus Input Data**

Bus			Initial Voltage		Load							
					Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic	
ID	kV	Sub-sys	% Mag.	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
Bus11	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus12	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus13	5.500	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus14	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus15	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus16	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus17	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus18	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus19	0.400	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus21	0.400	3	100.0	0.0								
Bus22	0.400	3	100.0	0.0			200.000	0.000				
Bus23	5.500	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
Bus24	5.500	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
P0	30.000	3	100.0	0.0			0.200	0.000				
PL1	30.000	3	100.0	0.0			1.200	0.000				
PL2	30.000	3	100.0	0.0			0.400	0.000				
POSTE FRET	30.000	3	100.0	0.0								
poste chapiteau	30.000	3	100.0	0.0								
POSTE P0	30.000	3	100.0	0.0			0.400	0.000				
Total Number of Buses: 19					0.000	0.000	204.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Generation Bus				Voltage		Generation			Mvar Limits	
ID	kV	Type	Sub-sys	% Mag.	Angle	MW	Mvar	% PF	Max	Min
Bus21	0.400	Swing	3	100.0	0.0					
						0.000	0.000			

## I.48.2 Données des Transformateurs :

### 2-Winding Transformer Input Data

Transformer		Rating					Z Variation			% Tap Setting		Adjusted	Phase Shift	
ID	Phase	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z1	X1/R1	+5%	-5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Type	Angle
T3	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
T4	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR0	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR01	3-Phase	0.630	30.000	5.500	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR02	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR03	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR04	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR05	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR06	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR07	3-Phase	0.630	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR9	3-Phase	0.250	30.000	0.400	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR12	3-Phase	0.630	30.000	5.500	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000
TR13	3-Phase	0.630	30.000	5.500	4.00	1.50	0	0	0	0	0	4.0000	Dyn	0.000

### I.48.3 Résultat de l'écoulement de puissance :

La valeur de la tension et de la puissance active et réactives des différents bus

#### LOAD FLOW REPORT

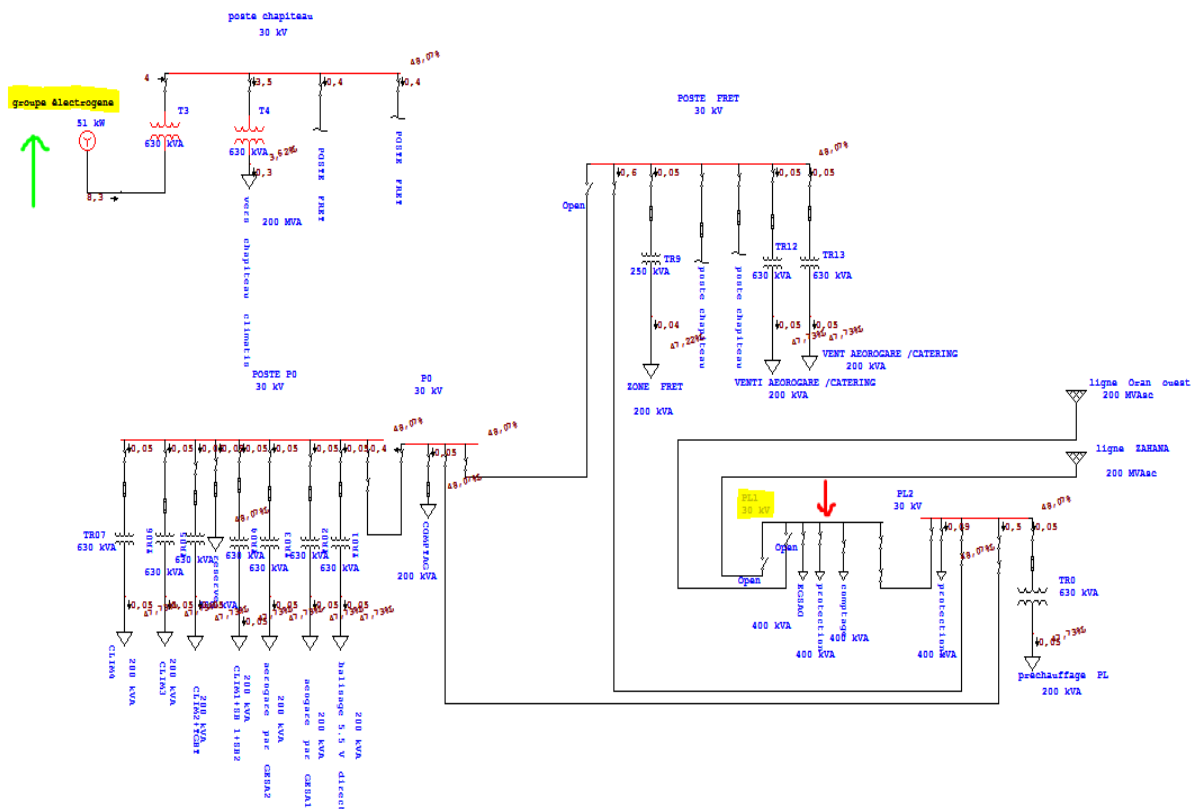
Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow					XFMR
ID	kV	% Mag	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
Bus11	0.400	46.114	-9.3	0	0	0.043	0.000	POSTE FRET	-0.043	0.000	133.1	100.0	
Bus12	0.400	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	PL2	-0.043	0.000	134.6	100.0	
Bus13	5.500	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE P0	-0.043	0.000	9.8	100.0	
Bus14	0.400	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE P0	-0.043	0.000	134.6	100.0	
Bus15	0.400	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE P0	-0.043	0.000	134.6	100.0	
Bus16	0.400	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE P0	-0.043	0.000	134.6	100.0	
Bus17	0.400	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE P0	-0.043	0.000	134.6	100.0	
Bus18	0.400	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE P0	-0.043	0.000	134.6	100.0	
Bus19	0.400	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE P0	-0.043	0.000	134.6	100.0	
*Bus21	0.400	100.000	0.0	5.512	6.450	0	0	poste chapiteau	5.512	6.450	12246.8	65.0	
Bus22	0.400	3.537	-60.6	0	0	0.250	0.000	poste chapiteau	-0.250	0.000	10205.9	100.0	
Bus23	5.500	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE FRET	-0.043	0.000	9.8	100.0	
Bus24	5.500	46.618	-8.4	0	0	0.043	0.000	POSTE FRET	-0.043	0.000	9.8	100.0	
P0	30.000	46.949	-7.8	0	0	0.044	0.000	PL2	-0.439	-0.003	18.0	100.0	
								POSTE P0	0.395	0.003	16.2	100.0	
PL1	30.000	46.949	-7.8	0	0	0.265	0.000	PL2	-0.265	0.000	10.8	100.0	
PL2	30.000	46.949	-7.8	0	0	0.088	0.000	Bus12	0.044	0.000	1.8	100.0	
								PL1	0.265	0.000	10.8	100.0	
								POSTE FRET	-0.835	-0.004	34.2	100.0	
								P0	0.439	0.003	18.0	100.0	
POSTE FRET	30.000	46.949	-7.8	0	0	0	0	Bus11	0.043	0.001	1.8	100.0	
								Bus24	0.044	0.000	1.8	100.0	
								Bus23	0.044	0.000	1.8	100.0	
								poste chapiteau	-0.483	-0.003	19.8	100.0	
								poste chapiteau	-0.483	-0.003	19.8	100.0	
								PL2	0.835	0.004	34.2	100.0	
poste chapiteau	30.000	46.949	-7.8	0	0	0	0	Bus21	-2.977	-2.647	163.3	74.7	
								Bus22	2.011	2.641	136.1	60.6	
								POSTE FRET	0.483	0.003	19.8	100.0	
								POSTE FRET	0.483	0.003	19.8	100.0	
POSTE P0	30.000	46.949	-7.8	0	0	0.088	0.000	Bus13	0.044	0.000	1.8	100.0	
								Bus14	0.044	0.000	1.8	100.0	
								Bus15	0.044	0.000	1.8	100.0	
								Bus16	0.044	0.000	1.8	100.0	
								Bus17	0.044	0.000	1.8	100.0	
								Bus18	0.044	0.000	1.8	100.0	



## Interprétation :

En cas de panne sur la source 1, l'alimentation est directement assurée par la source 2 qui assure la continuité de service sans coupure d'une manière temporaire jusqu'à la maintenance de la source 1.

### I.48.6 Panne sur le jeu de barre principal :



## Interprétation :

Nous constatons qu'en cas de panne sur le jeu de barre PL1 tous les interrupteurs qui y sont liés sont ouvertes pour assurer l'isolation complète du circuit afin d'éviter des courant de fuite en cas de maintenance. Ainsi la continuité de service est assurée par le groupe électrogène qui permet aux charges de recevoir les alimentations sans discontinuité ni sans perturbation et c'est l'une des avantages de ce circuit.

## I.49 **Discussion des résultats**

A la suite de cette étude sur l'étude d'un circuit de balisage , nous avons pu voir que le logiciel ETAP est bien conçu pour la conception des dessins assistés par ordinateur. En effet, le balisage lumineux des aérodromes étant le cœur du réseau électrique de l'aéroport il doit présenter un haut niveau d'intégrité et de fiabilité. Pour un système de balisage bien conçu et bien entretenu, la probabilité d'une panne survenant à un moment critique est extrêmement faible.

Etant conçu pour le calcul et la simulation, le logiciel ETAP nous a facilité la tâche pour la conception de notre poste , cela nous a permis de voir comment va se comporter notre circuit en cas de différents types de perturbation.

Durant ce travail on s'est focalisé sur le problème d'analyse de court-circuit et de perturbation engendré par les harmoniques dans le réseau électrique ; ainsi que les stratégies de manoeuvre en cas de pannes ou de maintenance.

## I.50 **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons simulé notre schéma sur le logiciel ETAP afin de nous apercevoir de l'écoulement de charge de notre poste, l'analyse de court-circuit avec une interprétation et analyse adéquate.

## I.51 **Conclusion générale :**

A la suite de cette étude sur l'étude de circuit de balisage lumineux, nous avons pu voir que le logiciel ETAP est bien conçu pour la conception des dessins assistés par ordinateur. En effet ,le circuit de balisage lumineux étant le coeur du réseau électrique de l'aéroport doit être bien structuré Pour garantir la sécurité de l'aviation, le balisage lumineux des aérodromes doit présenter un haut niveau d'intégrité et de fiabilité. Pour un système de balisage bien conçu et bien entretenu, la probabilité d'une panne survenant à un moment critique est extrêmement faible.

Etant conçu pour le calcul et la simulation, le logiciel ETAP nous a facilité la tâche pour la conception de notre circuit , cela nous a permis de voir comment va se comporter notre poste en cas de différents types de perturbation

# Bibliographie

- [1] Organization, I.C.A., *Aerodrome design manual*. 1983: International Civil Aviation Organization.
- [2] OACI, m.d.c.d.a., 5ème Partie, Installations électriques, <OR - SUP1 -MOD 9 ALIMENTATION ELECTRIQUE V3.pdf>. 2012.
- [3] Thierry, V.C., *Système de surveillance et de commande du balisage lumineux d'aérodromes*. 2012.
- [4] ITAC, *air de manoeuvre chapitre 3*<321ef.pdf>. decembre 1998.
- [5] voies de circulation <OR - SUP1 -MOD 8 VOIES DE CIRCULATION.pdf>.
- [6] internationale, a.c., *Annexe 14*. juillet 2009. 330.
- [7] ITAC, *classification aéroport*<itac2.pdf>. 1998.
- [8] adb-airfieldsolutions, *Voies de Circulation*.2012.
- [9] adb-airfieldsolutions, *Piste*. 2012.
- [10] icao, *Balisages lumineux* <AM03150F (RVE).pdf>. 1980.
- [11] Feu élevé de bord de piste bidirectionnel à haute intensité<AM.03.111F (BPE).pdf>.
- [12] Belgium, L., *Feux encastrés 12 " F-Range*.1982.
- [13] <OR - SUP1 -MOD 5 APPROCHE v2.pdf>.
- [14] Philippe RAPP, S., *PAPI(Precision ApproachPath Indicator)*.2017.
- [15] airfiled, a., *Régulateur à courant constant contrôlé par microprocesseur*
- [16] *Type MCR<sup>3</sup> 2,5 kVA à 30kVA*<MCR IM\_FR.pdf>. 2015.
  
- [17] <http://www.adb-air.com>
- [18] <http://www.adb-airfieldsolutions.com>

