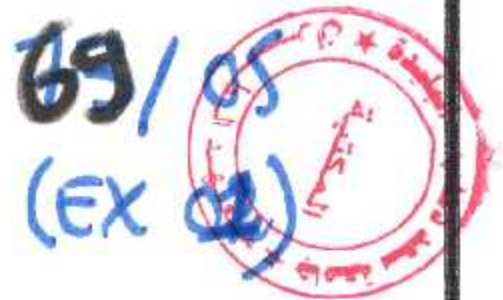


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb de Blida

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR



Projet de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme des études universitaires
appliquées en Aéronautique (Option Avionique)

Thème

Étude descriptive du balisage électrique d'aérodrome

Réalisé par :

- ✓ BERRABAH Dalila Yasmina
- ✓ BOUACIDA Aicha

Encadré par :

Mme KHLIFA.Y
Mr BOUNA.M

Promotion 2004-2005

Remerciements

Ils vont, tout d'abord, à Allah qui a insufflé en nous la vie et nous a comblées de ses bienfaits,

Ils vont, en second lieu, à Son prophète Muhammad - Que le salut d'Allah soit sur lui - qui nous a inculquées l'amour de la science et de la vertu,

Ils vont aussi à nos chers parents qui furent un exemple d'abnégation et de sacrifice pour que ce travail puisse voir le jour,

Ils vont à notre promotrice, M. Khalifa, ainsi qu'à notre copromoteur Mr. Bouna qui nous ont constamment soutenues. Que chacun d'eux veuille trouver ici le témoignage sincère de notre profonde reconnaissance,

Ils vont à tous les professeurs que nous avons connus durant notre cursus universitaire surtout Mr. Benoured,

Ils vont à tout le personnel de l'FNNF,

Ils vont à Mr. Boutaleb pour sans grand dévouement à notre égare, ainsi qu'à Mr Bourahla M pour son aide précieuse,

Ils vont enfin à tous ceux et toutes celles qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail, tout spécialement Djalal.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail, fruit de mes années d'études à l'être le plus cher : ma mère qui m'a toujours soutenue et guidée tout le long de ma vie.

A mes chers frères : Mohammed et Taha-Yacine

A ma chère sœur : Mouna, que Dieu la garde.

A toute ma famille.

A mon binôme Dalila avec qui j'ai partagé des moments inoubliables ainsi qu'à sa famille.

A mes chères amies :

Ryma, Asmaà, Soumia, Wahiba, Fatima Zohra, Moufida, Zoulikha, Karima, Lila, Nassima, Saïda, Nezha, Mounia, Halima, Saliha, Nadjet, Fatima, Lamia, toute l'équipe de R30, une dédicace spéciale à Khadoudj.

A mes copines :

Ikram, Djazira, Meriem.

A toute la promotion 2005 option Avionique particulièrement: Rahim, Belkassem, hakim sans oublier SidAli le futur architecte.

Enfin une dédicace spéciale à tout les membres de ma deuxième famille Bourahla, pour leur gentillesse et sincères encouragements, surtout à l'adorable Rabia.

AÏCHA

DEDICACE

Enfin est arrivé pour moi le moment prouver mon amour à ce que j'ai de plus précieux au monde
Pour cela je dédie ce modeste travail à :
Mes parents qui m'ont soutenu moralement et m'ont offert tous les moyens pour réussir.

Mes chères sœurs : Linda, Keltoume et Sabrina.

Mon adorable frère Amine

Mes grands parents.

Mes oncles et tantes.

Toute ma famille surtout Naïma, Fouzia, Chaia, Sara.

Mon Cher et précieux binôme : Aicha et toute sa famille.

A tous ceux qui m'ont entouré et soutenu : Khadouj, Naâma, Zahira, Fouzia, Fahima, Mouna, Imene, Ryma, Halima, Asmaa, Soumia, Moufida, Wahiba, Fatima Zohra, Lamia, Fatima, Zoulikha, Lila, Saïda, Meriem, Khadidja, Rabia, Saliha, Nadjet, Rahim, Snoussi, Hakim, Belkacem, Sid Ali.

Une dédicace spéciale à la famille Bourahla et Dieu seul sait comme je leur suis reconnaissante.

DALILA

Plan de travail

INTRODUCTION.....	1
Chapitre I : Présentation introductive d'un aérodrome	
I-1 Définition d'un aérodrome.....	3
I-2 Classification des aérodromes.....	3
I-2-1 Classification définie par l'I.T.A.C.....	3
I-2-2 Classification définie par l'O.A.C.I.....	3
I-3 Présentation d'un aérodrome.....	6
I-4 Caractéristiques de la piste.....	6
I-4-1 Définition de la piste.....	6
I-4-2 Présentation de la piste.....	7
I-4-3 Facteurs liés à l'implantation, à l'orientation, et au nombre des pistes.....	9
I-4-4 Géométrie de la piste.....	10
I-4-5 Pentés transversales.....	12
I-4-6 Surface des pistes.....	12
I-5 Conclusion.....	12
Chapitre II : Les aides à l'atterrissage	
II-1 Notions concernant les opérations de décollage et d'atterrissage.....	13
II-2 Aides radioélectriques.....	14
II-2-1 L'I.L.S.....	15
II-2-2 Le D.M.E.....	16
II-2-3 Le V.O.R.....	17
II-3 Aides visuelles.....	18
II-3-1 Signalisation.....	18
II-3-2 Balisage.....	23
1. Balisage non lumineux.....	23
2. Balisage lumineux.....	29
II-3-3 Les indicateurs visuels de pente d'approche (P.A.P.I.).....	42
1. Principe de fonctionnement.....	42
2. Description.....	42
3. Caractéristiques de l'ensemble lumineux.....	44
II-4 Conclusion.....	44
Chapitre III : L'alimentation électrique	
III-1 L'alimentation.....	45
III-1-1 Sources d'alimentation.....	45
1. Source principale.....	45
2. Sources auxiliaires.....	45
3. Distribution à tension intermédiaire.....	46
III-1-2 Caractéristique de commutation d'alimentation.....	48
III-1-3 Équipement d'alimentation auxiliaire.....	50
III-2 Distribution d'énergie.....	51

III-2-1	Circuit d'arrivée d'alimentation principale.....	51
III-2-2	Régulateur de tension de secteur.....	52
III-2-3	Lignes de transport d'énergie.....	52
III-3	Circuits électriques destinés au balisage lumineux.....	52
III-3-1	Circuit série.....	52
III-3-2	Circuits parallèles.....	53
III-3-3	Circuit série de balisage lumineux de l'aérodrome.....	56
III-4	Systèmes de télécommande et de surveillance du balisage lumineux.....	59
III-5	Maintenance des circuits de balisage.....	60
III-6	Conclusion.....	61

Chapitre IV : Etude pratique

IV-1	Introduction.....	65
IV-2	Infrastructures.....	65
IV-3	Présentation de la piste.....	66
IV-4	Balisage lumineux.....	66
IV-5	L'alimentation électrique.....	69
IV-5-1	Source primaire.....	69
IV-5-2	Source secondaire.....	69
IV-5-3	Fonctionnement de la centrale électrique.....	69
IV-5-4	Circuit électrique du balisage lumineux.....	76
IV-6	Conclusion.....	77

CONCLUSION.....	78
------------------------	-----------

* Fig. I-1 : Présentation de l'aérodrome.....	6
* Fig. I-2 : Définition d'une piste.....	7
* Fig. I-3 : Présentation d'une piste.....	9
* Fig. I-4 : Longueur de la piste.....	11
* Fig. II-1 : Vue d'un localiser.....	15
* Fig. II-2 : Antenne glide.....	16
* Fig. II-3 : VOR.....	18
* Fig. II-4 : Panneaux de signalisation.....	20
* Fig. II-5 : Panneaux d'obligation.....	21
* Fig. II-6 : Panneaux d'indication.....	22
* Fig. II-7 : Marques d'identification de piste.....	24
* Fig. II-8 : Marques de seuil.....	25
* Fig. II-9 : Marques de point cible et zone de toucher des roues.....	27
* Fig. II-10 : Des exemples des feux.....	31
* Fig. II-11 : Dispositif lumineux d'approche simplifié.....	34
* Fig. II-12 : Dispositif lumineux d'approche de précision cat.I.....	36
* Fig. II-13 : Dispositif d'approche de précision cat.II, III.....	38
* Fig. II-14 : Balisage de piste.....	41
* Fig. II-15 : Le système PAPI.....	43
* Fig. II-16 : La configuration du système PAPI.....	44
* Fig. III-1 : Distribution à T.I en circuit ouvert et en double boucle.....	47
* Fig. III-2 : Circuit UPS.....	49
* Fig. III-3 : Exemple d'imbrication du circuit série.....	57
* Fig. IV-1 : Feu élevé unidirectionnel.....	66
* Fig. IV-2 : Feu encastré unidirectionnel.....	67
* Fig. IV-3 : Feu élevé bidirectionnel.....	67
* Fig. IV-4 : Feu encastré bidirectionnel.....	67
* Fig. IV-5 : Feu élevé omnidirectionnel.....	68
* Fig. IV-6 : Local groupe.....	69
* Fig. IV-7 : Armoires du groupes électrogènes.....	69
* Fig. IV-8 : Local basse tension.....	70
* Fig. IV-9 : Armoire.....	70
* Fig. IV-10 : Local régulateur.....	71
* Fig. IV-11 : Régulateur à c.c.....	71
* Fig. IV-12 : Exemple d'alimentation d'un circuit de bord de piste.....	74
* Fig. IV-13 : Imbrication des circuits d'approche et de piste.....	75

• Tableau I-1 : Signification de code de référence.....	5
• Tableau I-2 : Le code de référence des piste.....	11
• Tableau II-1 : Nombre de paire de marque en fonction de la distance utilisable à l'atterrissage.....	26
• Tableau III-1 : Bilan des puissances.....	58
• Plan de masse.....	65
• Montage des groupes électrogènes.....	71
• Schéma bloc.....	74

Introduction

La navigation aérienne était une aventure pleine de danger et ceux qui s'y risquaient étaient considérés comme des fous ou des têtes brûlées, ils se posaient de nuit sur des pistes en terre battue mal éclairées par des feux allumés à la va vite dans des fûts d'essence.

Les pionniers comme les frères Wright qui réussirent à voler sur quelques mètres, Ader qui traversa le premier la Manche dans un aéronef construit de ses propres mains, se comptent parmi ceux-ci.

La première guerre mondiale avait ouvert la voie au transport aérien par les progrès qu'elle avait fait faire à l'aviation. La seconde guerre mondiale a également métamorphosé le paysage aéronautique en produisant des avions plus modernes, au rayon d'action plus élevé, banalisant les longues distances mais exigeant des infrastructures adaptées, accessibles en toutes circonstances.

Grâce à ces événements historiques, l'aviation a fait des progrès énormes. Ainsi en quelques décennies, les aérodromes ont suivi cet élan et se sont perfectionnés en offrant de façon performante sécurité et aides.

Des organisations mondiales comme l'OACI se sont créées et ont institué des normes internationales pour rendre la gestion des aérodromes plus fiable et plus sûre.

Les premières normes et pratiques recommandées pour les aérodromes ont été adoptées conformément aux dispositions de l'article 37 de la convention relative à l'aviation civile internationale (Chicago 1944), sous titre d'annexe 14 à la convention. Ces normes et pratiques s'inspiraient des recommandations formulées par la division des aérodromes, routes aériennes et installations au sol, lors de ses troisième et quatrième sessions, en septembre 1947 et en novembre 1949.

De nos jours, le risque d'un crash d'aéronef lors de son atterrissage ou de son décollage, est fort peu probable grâce aux moyens mis à la disposition des pilotes. Ces moyens incluent des aides visuelles et non visuelles se situant sur ou aux abords de la piste d'atterrissage, fournissant au pilote une perception sensorielle directe de sa trajectoire, même sous les pires conditions météorologiques. Ces aides doivent offrir

un degré de fiabilité et respecter rigoureusement les normes internationales de sécurité.

Le balisage qui fait partie de ces aides, va faire le sujet de notre mémoire qui se déroulera de la façon suivante : nous aborderons en premier lieu l'aérodrome et ses différentes infrastructures tout en mettant en évidence la piste d'atterrissage. En second lieu, nous mettrons en valeur les aides visuelles et non visuelles ; leur utilisation ; leur positionnement ; leur structure et leur statut tout en consacrant une grande part de ce chapitre au balisage. Le troisième chapitre traitera quant à lui l'alimentation électrique ainsi que sa distribution destinée au balisage lumineux.

L'aéroport de Béchar servira au quatrième chapitre à l'illustration pratique des aides évoquées ci-dessus.

CHAPITRE I

I-1- Définition d'un aérodrome :

L'aérodrome est définie comme étant tout terrain ou plan d'eau spécialement aménagé pour l'atterrissage, le décollage et les manœuvres des aéronefs y compris les installations annexes qu'il peut comporter pour les besoins du trafic et le service des aéronefs.

I-2- Classification des aérodromes :

Elle est définie selon l'I.T.A.C et l'O.A.C.I.

I-2-1 Classification définie par l'I.T.A.C :

Celle-ci ne retenait pour critères - pour les aérodromes recevant un trafic commercial- que la longueur d'étape au départ et l'utilisation possible ou non de la plate-forme « en toutes circonstances », des adaptations durent lui être apportées afin d'intégrer les paramètres relatifs à la nature et à l'importance du trafic auquel est destiné l'aérodrome et aux performances des aéronefs appelés à le fréquenter et à ses particularités d'exploitation. Cette classification est la suivante :

Catégorie A : Longs courriers toutes circonstances. >3000 Km

Catégorie B : Moyen courrier toutes circonstances. >1000 < 3000 Km

Catégorie C1 : Courtes distances. < 1000 Km

Catégorie C2 : Tourisme.

Catégorie D : Formation /école, sports, tourisme, courtes distances.

Catégorie E : Décollage vertical ou oblique.

I-2-2 Classification définie par l'O.A.C.I :

L'utilisation de la classification du Code de l'Aviation Civile pour définir des spécifications techniques permettant d'établir à proximité des aérodromes des servitudes aéronautiques.

A. Classement des aérodromes selon leur emploi :

Ce classement regroupe :

- Des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Des aérodromes réservés à l'usage d'administration de l'état ;
- Des aérodromes réservés à usage restreint ;
- Des aérodromes à usage privé.

B. Classement des aérodromes suivant leurs caractéristiques :

Depuis quelques années, les caractéristiques géométriques des aérodromes ne découlent plus de la longueur des étapes ou de la possibilité de l'utilisation «tout temps », mais sont conditionnées par l'avion le plus exigeant y faisant escale. Les paramètres tels que : la masse totale au décollage, l'envergure, l'écartement des essieux, la longueur de décollage détermineront le **code de référence**.

Il va sans dire que chacun de ces paramètres sont définis par des normes internationales (OACI. Annexe 14. Convention de Chicago .1982).

Le tableau ci-dessous indique la signification des chiffres et des lettres du code de référence :

- ✦ Le chiffre de code correspondant à l'élément 1 est déterminé en fonction de la plus grande des distance de référence des avions aux quels la piste est destinée.
- ✦ La lettre de code relevant de deux critères, celle devant être choisie sera,lorsque l'envergure et la largeur hors tout du train principal de l'avion le plus exigeant placent celui -ci sur deux lignes différentes ,la lettre commandant celle de ses deux lignes qui correspond aux caractéristiques les plus élevées.

Elément de code 1			Elément de code 2	
Chiffre De code (1)	Distance de référence de l'avion (2)	Lettre de code (3)	Envergure (4)	Largeur hors tout du train principal (5)
1	Moins de 800m	A	Moins de 15m	Moins de 4.5m
2	De 800m à 1200m exclus	B	De 15m à 24m exclus	De 4.5m à 6m exclus
3	De 1200m à 1800m exclus	C	De 24m à 36m exclus	De 6m à 9m exclus
4	1800m et plus	D	De 36m à 52m exclus	De 9m à 14m exclus
		E	De 52m à 65m exclus	De 9m à 14m exclus

Tableau I.1 : La signification du code de référence

Exemple :

Des caractéristiques de performances et de dimensions de quelques types d'avions actuellement en service, ainsi d'ailleurs que les codes de références correspondantes, sont donnés ci-après.

Avion	type	MTOW (kg)	Envergure (m)	Voie (m)	Lettre de code	Longueur décollage (m)	Chiffre de code
A 310-300	jet Bi	165000	44.84	9.60	D	2240	4
B737-300	jet Bi	56 470	28.90	5.23	C	1600	3

I-3- Présentation de l'aérodrome :

L'aire de mouvement comprend toutes les infrastructures de l'aérodrome aménagées en vue des opérations d'atterrissage et de décollage des aéronefs ainsi que de leurs évolutions au sol ou en translation. On y distingue :

- L'aire de manœuvre, qui comprend :
 - La piste,
 - Les voies de relation : permettant le déplacement des aéronefs entre les entrées –sorties de piste et les aires de stationnement.
- L'aire de trafic destinée à recevoir les aéronefs pendant les opérations d'escale et qui comprend :
 - Les voies de desserte : des voies de relation qui bordent ou traversent les aires de stationnement.
 - Les aires de stationnement (Voir figure I-1).

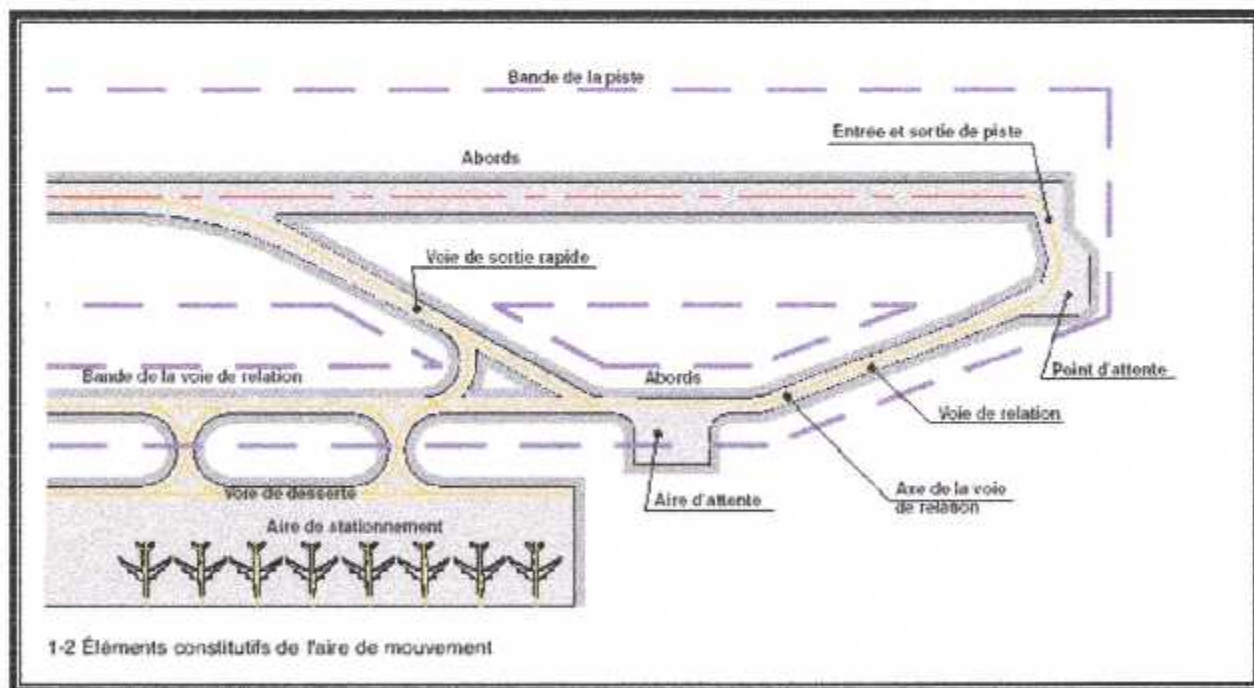


Fig. I-1 : Présentation de l'aérodrome.

I-4- Caractéristiques de la piste :

I-4-1 Définition de la piste :

On appelle piste un ouvrage en béton ou en bitume de forme rectangulaire, dont l'aire est destinée au décollage et à l'atterrissage des aéronefs.

La piste est inscrite dans une bande aménagée en terrain naturel ayant le même axe que la piste.

Cette bande inscrite dans une autre bande dégagée qui est de même longueur, doit être débarrasser de tout autre obstacle naturel ou artificiel qui pourrait représenter un danger lors du survol à faible hauteur par un avion effectuant une approche interrompue (Voir figure I-2).

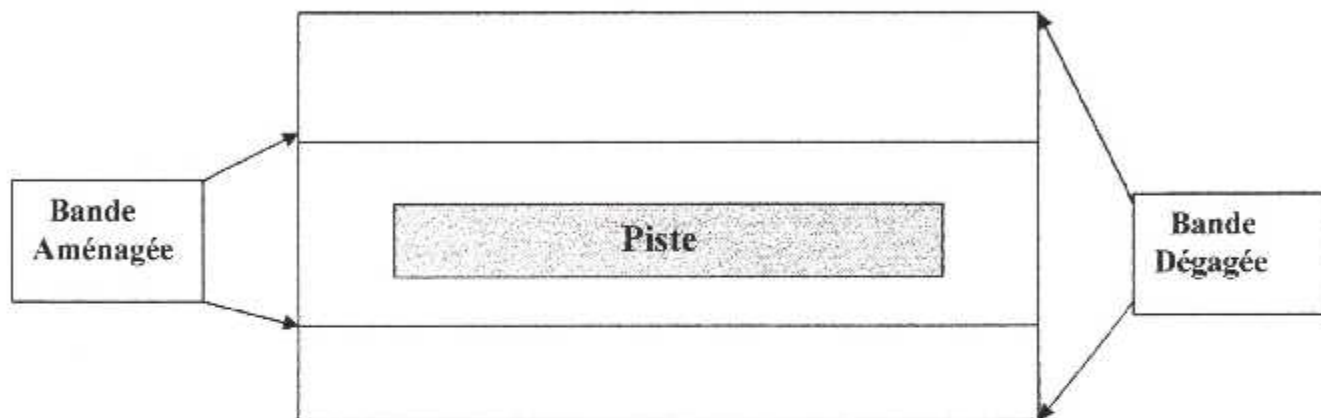


Fig. I-2 : définition d'une piste.

1) Emplacement du seuil :

Le seuil est définie comme étant le début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage, placé au bout sauf si la présence de certaines exigences dicte le choix d'un autre emplacement.

Il est recommandable de prendre en considérations des différents facteurs qui peuvent avoir une incidence sur l'emplacement du seuil, il convient également de prévoir une distance supplémentaire correspondent à l'aire de sécurité d'extrémité de piste selon les besoins.

2) Extrémité de piste :

Elle peut ne pas coïncider avec le **seuil de piste**, qui est la limite, parallèle aux extrémités, au delà de la quelle le roulement à l'atterrissage est interdit. On dit, dans ce cas, qu'il y a **seuil décalé**.

La portion de piste comprise entre le seuil décalé et l'extrémité de la piste est appelée **tiroir**.

3) Prolongement d'arrêt :

C'est une partie de terrain coaxiale à la piste, adjacente à l'une de ses extrémités, de même largeur que celle-ci et aménagée de façon à permettre à un aéronef roulant au sol et venant à dépasser occasionnellement l'extrémité de la piste en fin de manœuvre de décollage interrompu, dite d'**accélération arrêt**, de pouvoir le faire sans subir de dommages.

4) Prolongement dégagé :

C'est une partie de terrain, éventuellement de plan d'eau, coaxiale à la piste, adjacente à l'une de ses extrémités, incorporant le prolongement d'arrêt s'il existe, et ne présentant aucun obstacle pouvant constituer un danger pour un aéronef volant à faible hauteur en fin de manœuvre de décollage.

5) Abords de piste :

C'est la partie du terrain jouxtant les côtés d'une piste revêtue (bords et extrémités) et ses prolongements d'arrêt éventuels, qui est aménagée de façon à limiter pour l'avion les conséquences d'une sortie de piste.

6) Aire de sécurité d'extrémité de piste :

C'est une aire, adjacente à l'extrémité de la bande et extérieure à celle-ci, destinée à réduire les risques de dommages matériels au cas où un aéronef atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste.

7) Accotements :

Les accotements d'une piste ou d'un prolongement d'arrêt doivent être aménagés ou construits de manière à réduire au minimum, pour un avion qui s'écarte de la piste ou d'un prolongement d'arrêt, les risques qu'il pourrait encourir du fait d'un défaut de portance. Ils s'étendent symétriquement de part et d'autre de la piste.

8) Dénomination :

La dénomination d'une piste se fait en donnant son orientation géographique. On appelle QFU, la direction magnétique d'une piste donnée en degrés par rapport au nord magnétique c'est toujours un groupe de 2 chiffres. Ainsi la piste 09 est orientée à 090° par rapport au nord magnétique (Voir figure I-3).

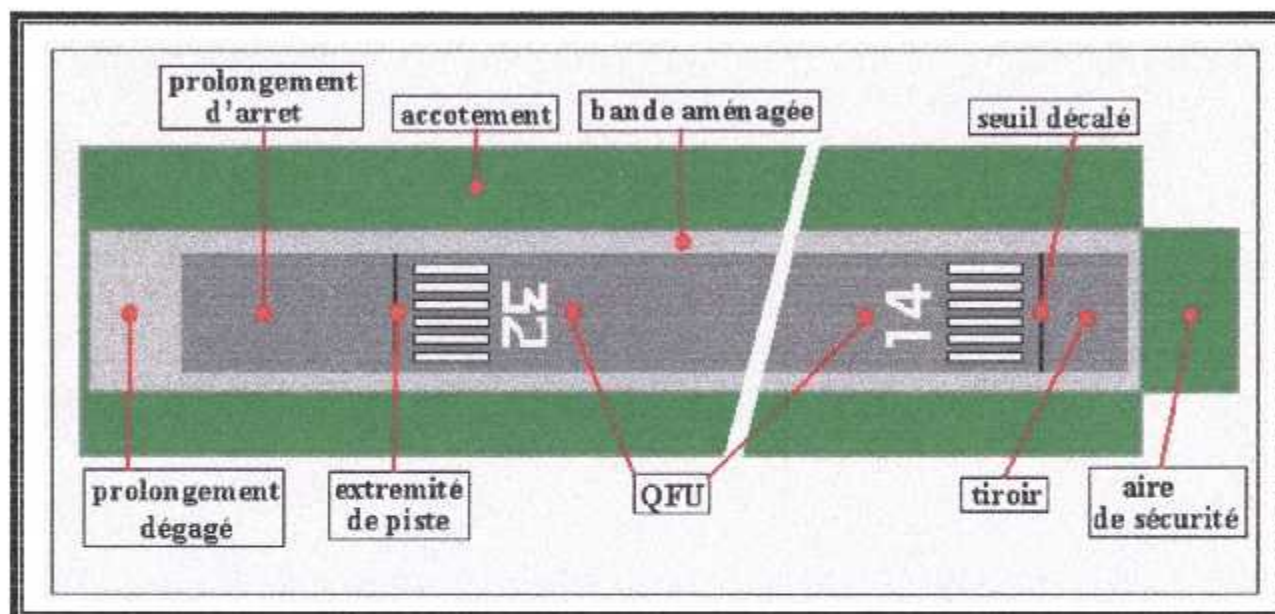


Fig. I-3 : Présentation d'une piste.

I-4-3 Facteurs liés à l'implantation, à l'orientation et au nombre des pistes :

Plusieurs facteurs influent sur le choix de l'implantation et la délimitation de l'orientation d'une piste, parmi lesquels on peut citer :

- ❖ Les conditions météorologiques et plus particulièrement la répartition des vents de laquelle résulte le coefficient théorique d'utilisation de piste
- ❖ La topographie de l'emplacement de l'aérodrome ainsi que de ses abords et notamment la présence d'obstacles,
- ❖ La nature et le volume de la circulation aérienne résultant de la proximité d'autres aérodromes ou de voies aériennes,
- ❖ Les considérations relatives aux performances des aéronefs,
- ❖ Les données liées à l'environnement, dont notamment celles concernant le bruit.

D'une manière générale, les pistes devraient être orientées de façon que les avions ne survolent pas des zones à forte densité de population et évitent les obstacles.

Le nombre et l'orientation des pistes d'un aérodrome devraient être tels que le coefficient d'utilisation de l'aérodrome ne soit pas inférieur à 95% pour les avions à l'intention desquels l'aérodrome a été conçu.

I-4-4 Géométrie de la piste :

Les caractéristiques géométriques devant être attribuées à une piste, à sa bande, et à l'intérieur de cette dernière, à ses abords et à ses prolongements éventuels sont généralement justifiées par l'une ou l'autre, ou les deux composantes du code de référence correspondant à l'avion le plus exigeant appelé à utiliser régulièrement l'aérodrome.

a. Longueur de la piste :

La détermination de la longueur d'une piste constitue donc à elle seule un véritable projet. Elle est conditionnée par les perspectives de trafic auxquelles l'ouvrage devra pouvoir répondre, en intégrant les performances des avions appelés à toucher le sol.

Les indications qui contribuent à la détermination et le calcul de la longueur des pistes en bref :

- *La distance de roulement utilisable au décollage*

- *La distance utilisable au décollage :* Le décollage d'un avion est la succession d'événement intervenant depuis son lâcher de freins jusqu'à ce qu'il ait atteint une hauteur de 35 ft.

- *La distance utilisable pour l'accélération-arrêt :* Elle est nécessaire depuis le lâcher de freins, pour immobiliser l'appareil si la défaillance de l'un de ses moteurs intervenant au moment le plus défavorable, le pilote annule la poursuite du décollage.

- *La distance utilisable à l'atterrissage :* C'est la distance horizontale déterminée pour atterrir et s'arrêter à partir d'un point situé à la verticale du seuil de piste à 50 ft au dessus de l'aire d'atterrissage (Voir figure I-4).

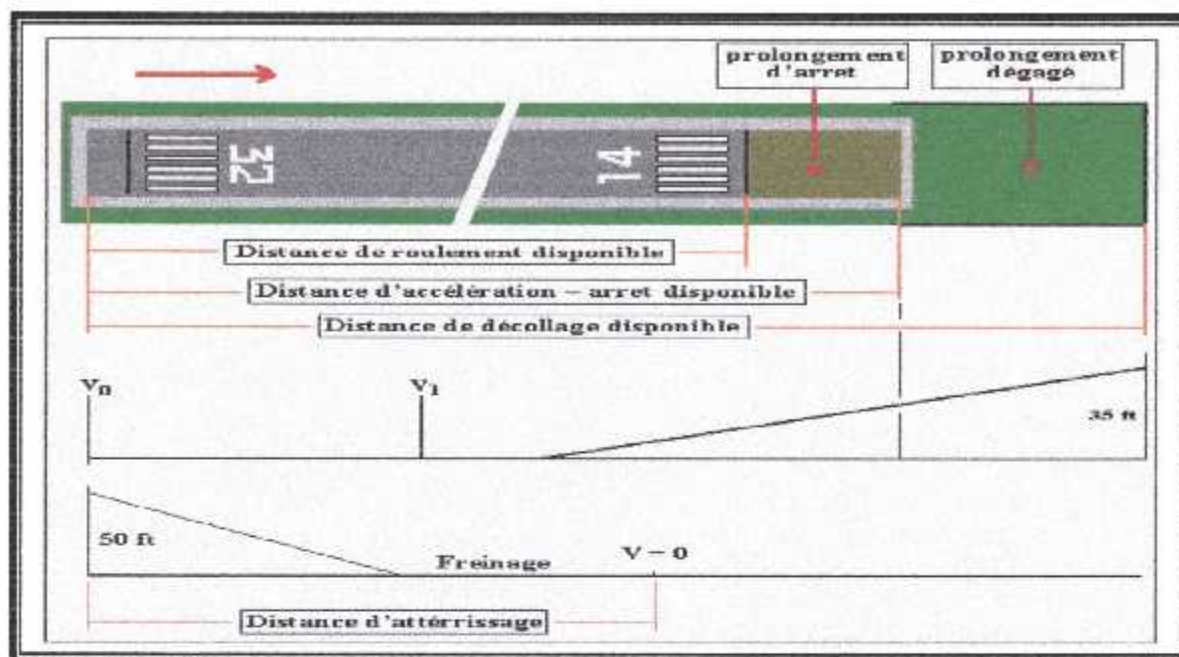


Fig. 1-4 : Longueur de la piste

Il existe d'autres facteurs quoiqu'ils ne contribuent pas dans le calcul de la longueur de la piste, il conviendra de les vérifier ; à titre d'exemple ; les coefficients de correction de l'altitude, de température, de la pente de la piste qui peut comporter un prolongement d'arrêt, ou un prolongement dégagé (voir figure ci-dess us).

b. Largeur de la piste :

Les combinaisons des chiffres et lettres du code de référence correspondants aux largeurs spécifiés sont résumées dans le tableau suivant :

Chiffre de code	Lettre de code				
	A	B	C	D	E
1	18m	18m	23m	-	-
2	23m	23m	30m	-	-
3	30m	30m	30m	45m	-
4	-	-	45m	45m	45m

Tableau I.2 : Le code de référence des pistes

I-4-5 Pentes transversales :

Si en effet une piste doit être aussi plate que possible afin de faciliter la circulation des avions et diminuer la fatigue de leurs trains d'atterrissage, elle doit par contre présenter des pentes suffisantes pour assurer l'évacuation des eaux de pluie, dans le double but d'éviter les phénomènes de glissance, et d'hydroplanage et de limiter la percolation d'eau dans le corps de piste, ainsi dans le cas où les vents de pluie les plus fréquents souffleraient transversalement et où une pente uniforme descendante dans le sens du vent permettrait un assèchement rapide ; l'idéal est que la pente transversale soit :

-1.5% lorsque la lettre d'identification de la piste est C, D ou E,

- 2 % lorsque la lettre d'identification de la piste est A ou B.

I-4-6 Surface des pistes :

La surface d'une piste sera construite de façon qu'elle n'aurait pas d'irrégularité qui aurait pour effet de réduire les caractéristiques de frottement ou de nuire de toute autre manière au décollage et à l'atterrissage d'un aéronef.

I-5- Conclusion :

Après avoir donné une idée générale sur la définition d'un aérodrome et ses infrastructures, on a pris en considération la piste d'atterrissage qui est un élément très important de l'aérodrome ainsi que ses caractéristiques, aussi dans le second chapitre il s'est avéré essentiel de s'intéresser aux différents paramètres qui s'y rapportent et qui jouent un rôle primordial dans les phases de décollage et d'atterrissage de l'aéronef.

CHAPITRE II

II-1- Notions concernant les opérations de décollage et d'atterrissage :**▪ La hauteur de décision (ou hauteur critique) HD :**

C'est la hauteur la plus basse du train d'atterrissage par rapport à un niveau spécifié de l'aérodrome, au-dessous de laquelle une procédure d'approche ou une procédure d'approche interrompue ne peuvent être exécutées de façon sûre avec l'aide des seuls instruments de bord.

▪ La portée visuelle de piste PVP :

C'est la distance jusqu'à laquelle le pilote d'un aéronef placé dans le plan axial de la piste peut voir les marques ou les feux qui délimitent la piste ou qui balise son axe.

▪ L'approche ou le décollage en conditions de vol à vue :

Ces opérations ne sont possibles que lorsque les conditions météorologiques régnant sur l'aérodrome et à son voisinage sont celles du « vol à vue ». Elles se caractérisent par l'utilisation éventuelle d'aides visuelles simplifiées et l'utilisation à titre accessoire d'aides radioélectrique.

Les conditions de vol à vue sont précisées par la réglementation de la circulation aérienne.

▪ L'approche ou le décollage en condition de vol aux instruments :

Les conditions météorologiques de vol à vue comportent des contraintes importantes qui ne permettent pas la plupart du temps une exploitation régulière de l'aérodrome ; il est donc défini des procédures de décollage, d'approche et d'atterrissage « aux instruments » à partir des diverses aides radioélectriques et visuelles implantées sur l'aérodrome ou dans ses environs ; outre l'utilisation

d'aides au sol, ces procédures nécessitent la présence d'équipements particuliers à bord de l'aéronef et la possession par le pilote d'une qualification spéciale .

▪ **Types d'approche aux instruments :**

Il est d'usage de distinguer les approches dites « classiques » applicables tant que la hauteur de décision est supérieure à 60 m et les approche dites de « précision » obligatoires lorsque cette hauteur est égale ou inférieure à 60 m. Suivant la hauteur de décision retenue, on distingue des approches dites de catégorie I, de catégorie II ou de catégorie III dans le sens décroissant de cette hauteur : respectivement supérieure à 60 m , de 60 m à 30 m et inférieure à 30 m.

▪ **Type d'aide :**

Les aides qui conditionnent les procédures d'atterrissage varient suivant le type d'approche que le pilote est en mesure de choisir.

❖ Approche à vue :

-aides visuelles (balisage non lumineux et éventuellement lumineux, balisage dit basse intensité (BI)).

❖ Approche (aux instruments) classique :

- aides radioélectriques (radiobalise, VOR, ILS) ;
- aides visuelles lumineuses (ligne d'approche et balise dit haut intensité (HI)) ;
- aides visuelles non lumineux.

❖ Approche (aux instruments) de précision Catégorie I, II ou III :

-Même besoins que l'approche classique mais ILS adapté à ces types d'atterrissage et balisage lumineux cat. I, II ou III.

II-2- Aides Radioélectriques :

Au cours d'une approche aux instruments que se soit de précision ou non, l'équipement électronique au sol fournit a celui de l'aéronef des informations en

azimut, en site et en distance permettant a celui-ci de suivre une trajectoire venant se confondre, en phase finale d'approche, avec le début d'une trajectoire d'atterrissage.

II-2-1 L'ILS : (Instrument landing System)

- **Définition :**

Le système d'approche aux instruments est un des équipements électroniques au sol constitué par un ensemble d'émetteurs radioélectriques ; le signal émis est une fonction de l'azimut en du site de la direction d'émission, l'aéronef est équipé d'un récepteur qui analyse le signal reçu permettant de matérialiser l'axe de la piste et un plan de descente.

- **Principe de fonctionnement :**

L'ILS se composé de deux radiophares d'alignement :

1. **Le localizer :**

IL fonctionne dans la gamme VHF, son antenne est implanté au delà de l'extrémité de piste . L'équipement embarqué permet au pilote de délivrer une information d'écart latéral par à un plan vertical idéal contenant l'axe de la piste .



Fig. II-1 : Vue d'un localizer

2. Le glide :

Il fonctionne dans la bande UHF, ses antennes se situent dans le plan de descente de la trajectoire finale nominale. L'information délivrée par l'équipement embarqué permet au pilote de situer la position de l'aéronef au dessus ou au dessous du plan de descente de la trajectoire d'approche qui fait généralement un angle de 3° avec l'horizontale (Voir figure II-2).

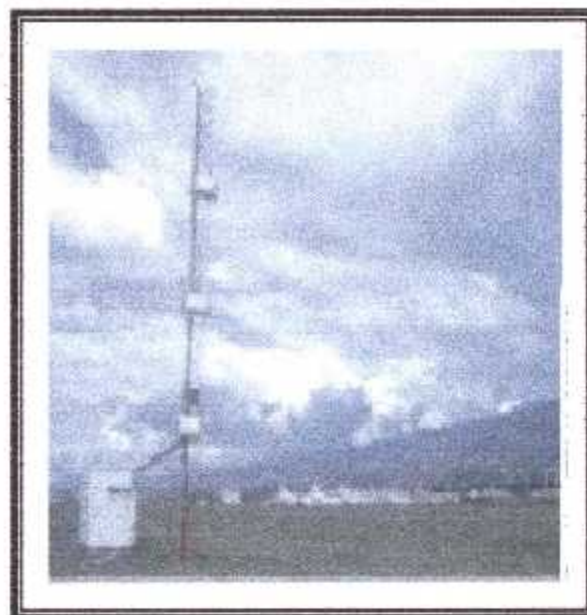


Fig. II-2 : Antenne glide

-Un ILS est toujours associé à des markers ; ce sont des balises radioélectriques qui émettent un faisceau très étroit. Ils constituent une aide à la navigation (petite et moyenne distance). Ils sont généralement placés sur l'axe d'approche finale, toutefois certains servent comme point de repos en route. Ils fonctionnent dans la gamme VHF, ces balises fournissent une information de distance par rapport au seuil de piste.

Il y a 3 markers associés à l'ILS :

- L'outer marker OM (Balise extérieure) ;
- Le middle marker MM (Balise médiane) ;
- L'inner marker IM (Balise intérieure).

II-2-2 Le D.M.E : (Distance Measuring Equipment)

- **Définition :**

C'est un appareil qui permet de mesurer la distance oblique en NM entre l'avion et une station au sol sélectionnée par le pilote, souvent co-implanté avec

un VOR ; qui lui a pour vocation de fournir au pilote une indication de la direction à prendre pour se diriger vers une station au sol.

Il est également associé à des équipements ILS, il fournit au pilote en approche finale ; bien mieux que les markers, une mesure de la distance à parcourir jusqu'à la piste.

- **Principe de fonctionnement :**

Le système DME peut être comparé au radar secondaire qui mesure la distance des aéronefs en émettant un signal d'interrogation codé normalisé sur une fréquence radio bien définie, et en mesurant le temps écoulé jusqu'à la réception des signaux de réponse, également codés et normalisés, émis par les transpondeurs embarqués sur les aéronefs.

La différence est que, dans le système D.M.E., le transpondeur est la station au sol, et l'équipement d'interrogation et de mesure est embarqué sur l'aéronef.

Les signaux radios du D.M.E. appartiennent à la même bande de fréquence U.H.F. (Ultra High Frequency) que ceux du radar. Chaque canal de la bande de fréquence a été apparié (par l'O.A.C.I.) à un canal de la bande de fréquence V.H.F. réservée pour les V.O.R. et les I.L.S. Comme un D.M.E. est toujours installé en association avec l'un ou l'autre de ces appareils, seuls sont connues des pilotes, et affichées par eux, les fréquences V.H.F. de fonctionnement de ces derniers. Le matériel embarqué fait la transposition.

II-2-3 Le VOR : (VHF Omnidirectionnelle Range)

- **Définition :**

C'est un système de positionnement radioélectrique assurant une navigation à courte et moyenne distance. Il sert à se positionner par rapport à une balise ; suivant un axe permettant de rejoindre ou de s'éloigner de la balise (Voir figure II-3).

- **Principe de fonctionnement :**

Sa partie au sol est un émetteur Radioélectrique avec une antenne omnidirectionnelle. Il émet un signal dont la fréquence appartient à la bande V.H.F. (Very High Frequency). Ce dernier est fonction de la direction dans laquelle il est émis, et plus précisément, de l'angle entre cette direction et celle du nord magnétique.

En recevant et en traitant ce signal, L'équipement embarqué permet au pilote de connaître la direction à prendre pour se diriger vers l'emplacement de la station sol.

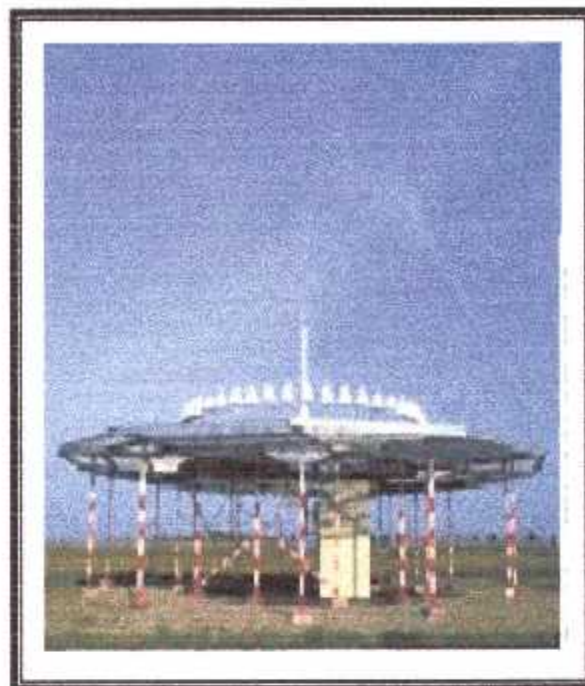


Fig. II-3 :V.O.R

II-3- Aides visuelles :

II-3-1 Signalisation :

Certaines consignes en vol et au sol sont portées à la connaissance du pilote sur ou depuis les aérodrome au moyen de différents signaux lumineux ou non. Ces signaux sont soit installés sur une aire à signaux ou à tout autre endroit approprié de l'aérodrome, soit adressés d'un autre endroit par un agent du contrôle de la circulation aérienne de l'aérodrome.

L'appendice A à l'annexe 1 aux article D.131-7 à D.131-10 du code de l'aviation civile donne une description détaillée de plusieurs de ces signaux qu'il répartit en quatre groupes :

- -signaux de détresse, de sécurité et d'urgence ;

- -signaux visuels pour avertir un aéronef qu'il vole sans autorisation dans une zone ou à proximité d'une zone interdite réglementée ou dangereuse ;
- -signaux pour le contrôle de la circulation aérienne ;
- -signaux de circulation au sol adressés par signaleur au pilote .

Plus les panneaux de signalisation utilisés lors de manoeuvres au sol.

A. Signalisation pour la circulation aérienne :

■ Repérage de l'aérodrome :

Le nom de l'aérodrome peut être marqué au sol ou peint sur le toit d'un hangar, en lettre capitales de 2 m de hauteur au minimum et 1.50 m de largeur. Ces lettres sont blanches ou d'une couleur tranchant.

■ Manche à vent :

La direction et la force du vent sont données par une manche à vent.

■ Aire à signaux :

Les autres signaux sont regroupés dans une aire à signaux. Voici quelques exemples de ces derniers :

- Té d'atterrissage qui indique la direction de la piste en service. Il peut être orienté soit manuellement, soit par télécommande ;
- Flèche de virage à droite (tour de la piste effectué à droite) ;
- Panneau « Vol d'hélicoptères » ;
- Panneau « Attention » ;
- Panneau indiquant que la circulation est impossible en dehors des zones balisées.

B. Panneaux de signalisation :

Les panneaux de signalisation sont mis en place pour fournir des renseignements aux pilotes d'aéronefs lors de leurs déplacements sur l'aire de mouvement .Ces panneaux concourent à améliorer la sécurité des mouvements et facilitent l'acheminement des aéronefs.

Les dimensions des panneaux, leur libellé et les caractères à utiliser sont définis par une circulation DNA (annexe 8). Ces panneaux doivent être montés sur des bases légères et frangibles. S'ils sont implantés près d'une piste ou d'une voie de circulation, ils doivent être suffisamment bas pour laisser une garde suffisante aux hélices et aux fuseaux moteurs des appareils à réaction. Ils doivent être placés aussi près que possible du bord de la chaussée de façon à être facilement visible par le pilote d'un aéronef (Voir figure II-4).



Fig. II-4 : Panneaux de signalisation.

■ Panneaux d'obligation :

Un panneau d'obligation est installé lorsqu'on veut transmettre une instruction qui doit être exécutée, à moins d'avis contraire émanant du service du contrôle de la circulation aérienne. Ces panneaux comprennent :

1. Les panneaux d'arrêt : ils sont disposés au moins du côté gauche d'une voie de circulation, à la hauteur du point où l'aéronef doit s'arrêter.
2. les panneaux d'interdiction : ils sont disposés à l'entrée d'une aire dont l'accès est interdit.

3. les panneaux indicateurs d'intersection voie de circulation /piste : lorsque ces derniers sont utilisés à la place d'un panneau d'arrêt ou d'un panneau indicateur de point d'attente.

-les panneaux d'obligation portent une inscription blanche sur fond rouge. Ils sont destinés à être utilisés de nuit ou par mauvaise visibilité par un éclairage d'intérieur ou d'extérieur, leur alimentation électrique doit être secourue avec un temps maximum de commutation dépendant des condition d'exploitation (1 s ou 15 s) (Voir figure II-5).

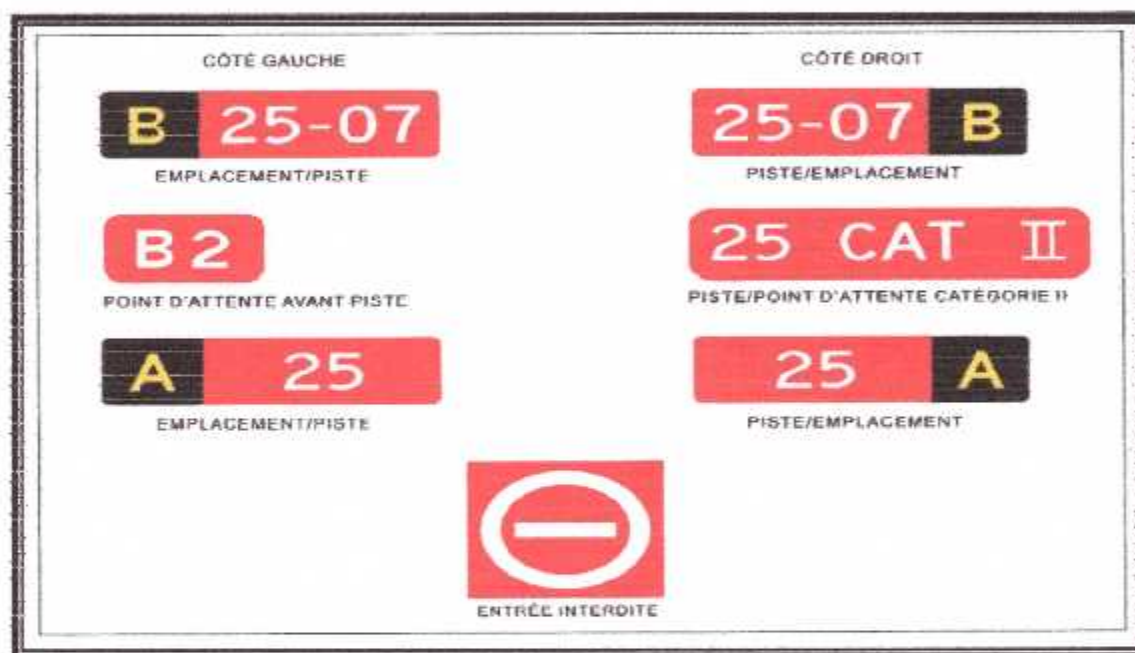


Fig. II-5 : Panneaux d'obligation.

■ **Panneaux d'indication :**

Les panneaux d'indication sont installés lorsqu'on veut indiquer un emplacement, une destination particulière sur une aire de mouvement ou lorsqu'on veut transmettre d'autres renseignements. Ils comprennent :

1. les panneaux d'emplacement : ils sont disposés du côté gauche de la voie de circulation ; à une intersection, ils sont placés avant l'intersection.

2. Les panneaux de direction : ils sont placés du même côté de la voie de circulation que la direction de l'emplacement à indiquer ; à une intersection ; ils sont placés avant ladite intersection.
3. les panneaux indicateurs de point de vérification VOR sont situés aussi près que possible du point de vérification de façon que les inscriptions soient visibles du poste de pilotage d'un aéronef en position sur la marque du point de vérification VOR.

-les panneaux d'indication portent soit une inscription de couleur jaune sur fond noir, soit une inscription de couleur noire sur fond jaune. Les panneaux d'indications destinés à être utilisés de nuit sont éclairés de l'intérieur ou de l'extérieur ou recouvert, d'un revêtement rétro réfléchissant. Les panneaux d'indication installés doivent avoir une alimentation électrique secourue avec un temps maximum de commutation de 15 s.

-La figure suivante indique quelques exemples de panneaux d'indication (voir figure II-6).

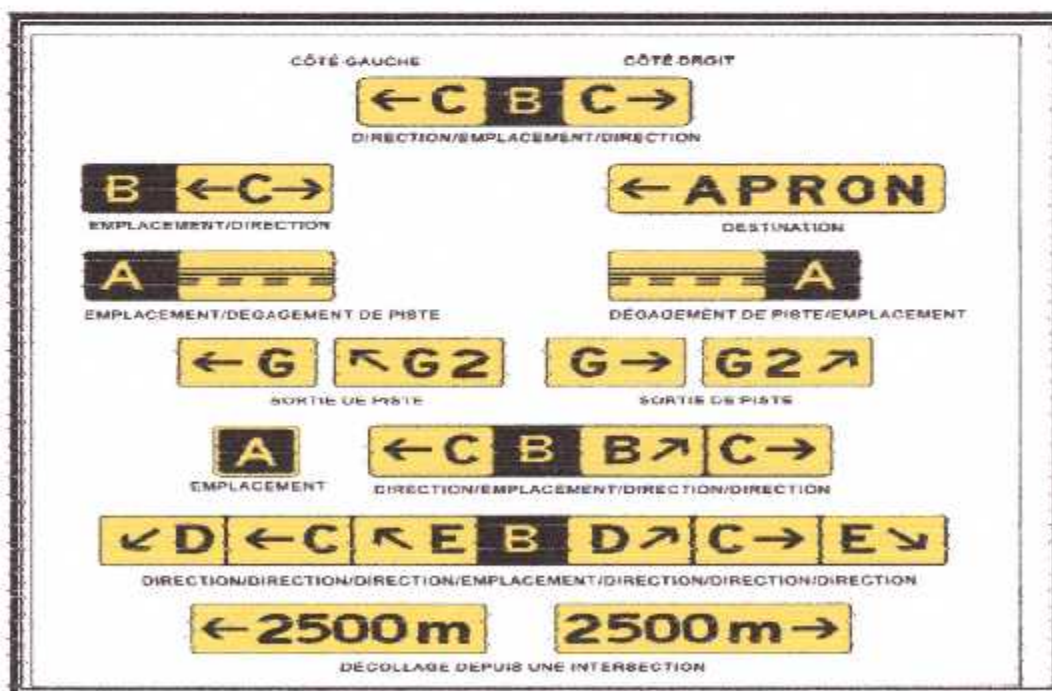


Fig. II-6 : Panneaux d'indication

II-3-2 Balisage :

Le balisage peut être lumineux ou non lumineux .Il comprend un certain nombre d'éléments qui sont énumérés ci-après. Certains de ces éléments peuvent être ou non jugés nécessaires par l'autorité compétente.

1. 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 saillie sur la surface qui les porte et sont visibles en vol.
- ▶ Les balises font saillie au-dessus du sol, émergent de la végétation éventuelle et sont visibles pendant le roulement.

En cas de voisinage d'aérodromes non revêtues, une étude d'adaptation des deux systèmes de balisage pourra être faite par le Service technique de la navigation aérienne.

A. Balisage des pistes et voies de circulation revêtues :

1- Couleur des marques :

Ils sont de couleur blanche sur toute la longueur de la piste définie comme offrant au roulement la portance déclarée par l'autorité compétente.

2- Marques d'identification de piste :

Toutes les pistes revêtues sont pourvues de marques d'identification. Ces marques sont constituées par un nombre de deux chiffres, et, dans le cas de pistes parallèles, ce nombre est accompagné d'une lettre, tel que la lettre indique le sens d'approche :

-pour deux pistes parallèles : L-R ;

-pour trois pistes parallèles : L-C-R ;

-pour quatre pistes parallèles : L-R-L-R (Voir figure II-7).

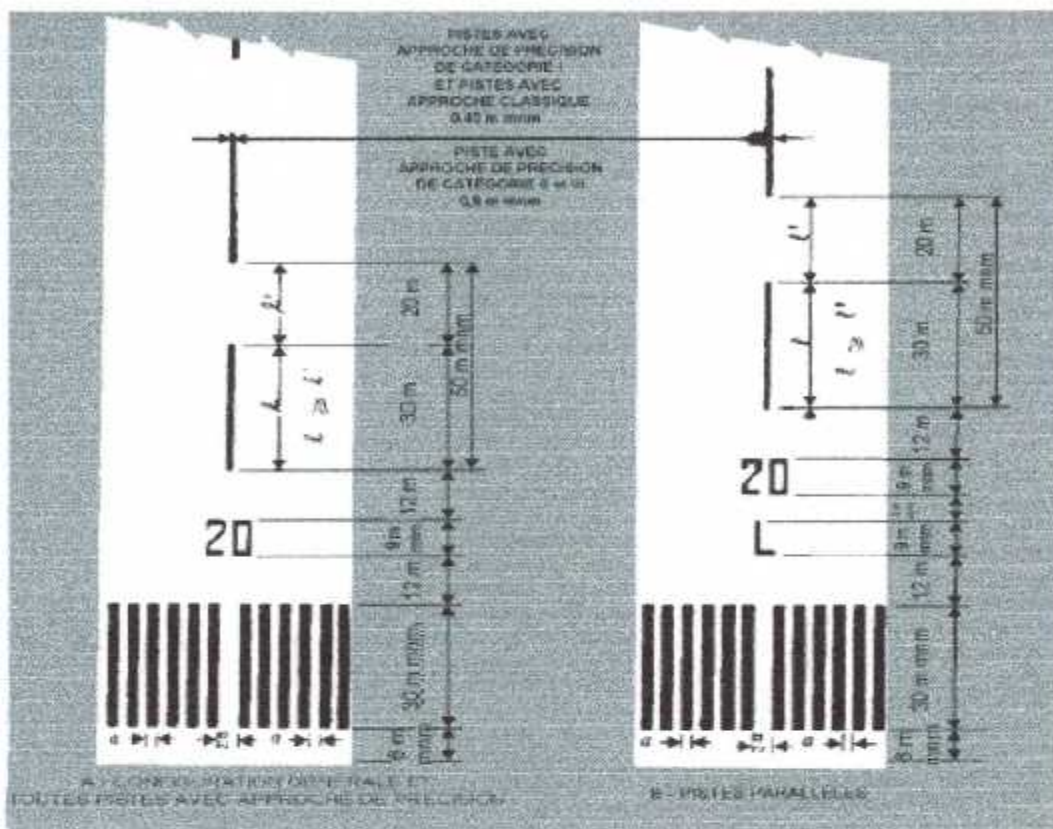


Fig. II-7 : Marques d'identification de piste.

3- Marques de seuils :

Les marques de seuil de piste sont constituées par des traits longitudinaux parallèles à l'axe de piste et disposées symétriquement par rapport à cet axe qui commencent à 6 m du seuil.

Le nombre de ces bandes longitudinales varie en fonction de la largeur de la piste.

-lorsque le seuil est décalé, ou lorsque l'entrée de piste n'est pas perpendiculaire à l'axe, une bande transversale est ajoutée aux marques de seuil.

-lorsque le seuil est décalé à titre permanent ou temporaire, des flèches sont disposées sur la partie de la piste située en avant du seuil.

-lorsqu'un seuil est décalé pour une courte durée, il est préférable de disposer des balises ayant la forme et la couleur des marques de seuil plutôt que de peindre ces mêmes marques sur la piste (Voir figure II-8).

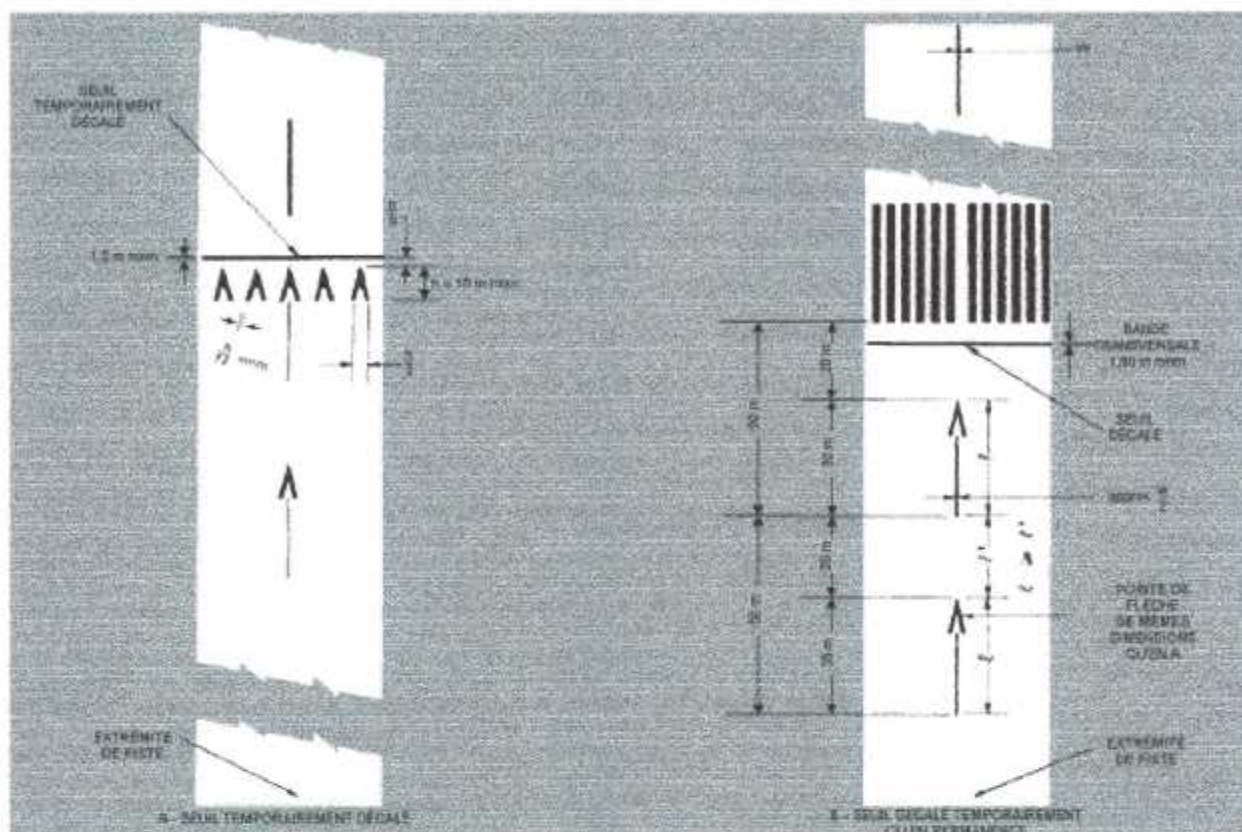


Fig. II-8 : Marques de seuil

4 -Marque d'axe de piste :

Les marques d'axe de piste sont constituées par une ligne de traits uniformément espacés.

- la longueur de chaque trait est de 30 m, ainsi l'intervalle séparant les traits est de 20 m.
- la largeur des traits ne sera pas inférieure à :
 - 0.90m sur les pistes avec approche de précision des cats. II et III ;
 - 0.45m sur les pistes avec approche classique dont le chiffre de code est 3 ou 4 et sur les pistes avec approche de précision de cat. I ;

- 0.30m sur les pistes avec approche classique dont le chiffre de code est 1 ou 2 et sur les pistes à vue.

5- Marques de zone de toucher des roues :

Elles se représentent sous forme de paires de marques rectangulaires symétriquement disposées de part et d'autre de l'axe de la piste, à intervalles longitudinaux de 150 m à partir du seuil de piste, le début de la marque étant pris comme référence de position.

Le nombre de ces paires de marques variera en fonction de la distance utilisable à l'atterrissage et lorsque les marques doivent être disposées sur une piste pour les approches dans les deux sens, en fonction de la distance entre les seuils, comme suit :

<i>Distance utilisable à l'atterrissage ou distance entre seuils</i>	<i>Paire de marques</i>
Inférieur à 900 m	1
De 900 m à 1200 m	2
De 1200 m à 1500 m	3
De 1500 m à 2400 m	4
Supérieure à 2400 m	6

Tableau II-1 : Nombre de paire de marque en fonction de la distance utilisable à l'atterrissage.

6- Marques de point cible :

Elles sont utilisées à l'atterrissage en liaison avec les marques de seuil, ces marques ont pour objet d'aider le pilote à suivre une trajectoire normale de descente. Elles doivent être apposées sur toutes les pistes de longueur supérieure ou égale à 1500 m. Les marques sont constituées d'une paire de marques rectangulaires disposées longitudinalement et symétriquement par rapport à l'axe de piste.

Chacun de ces deux rectangles a une longueur de 45 m et une largeur dépendant de celle de la piste à savoir de :

- 9 m, lorsque la largeur de la piste est supérieure ou égale à 45 m.
- 6 m dans le cas contraire.

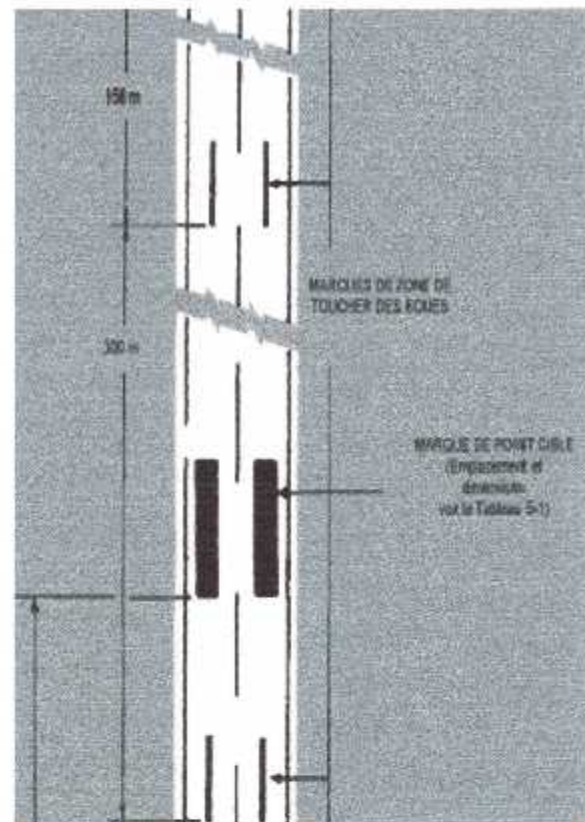


Fig. II-9 : Marques de point cible et zone de toucher des roues.

7- Marques latérales :

Ces marques doivent être apposées sur les pistes lorsque le contraste entre les bords de la piste et les accotements ou le terrain environnant ne sont pas suffisants. Chaque marque se présente sous forme d'une ligne continue tracée le long du bord de piste, entre les deux seuils, de tel sorte que la limite extérieure de cette bande coïncide approximativement avec le bord de la piste.

Ces marques ont une largeur de :

- 0.90 m, pour les pistes de largeur supérieure ou égale à 30 m ;
- 0.45 m, pour des pistes plus étroites.

8- Marques axiales de voie de circulation :

Les voies de circulation sont dotées de marques axiales de couleur jaune .Ces marques sont constituées par une ligne continue, de 0.15 m de largeur minimale.

Dans les courbes, la marque axiale prolonge la ligne tracée en partie rectiligne, en demeurant à une distance qui coïncide au bord extérieur de virage, de manière à assurer un guidage continue jusqu'aux postes de stationnement d'aéronef.

9- Marques de point d'attente avant piste :

Elles sont de couleur jaune. Sur les voies de circulation desservant les pistes avec approche à vue, les marques sont placées à au moins 75 m de l'axe de la piste.

- Sur les voies de circulation qui desservent des pistes avec approche aux instruments, les marques sont apposées au moins à 75 m de l'axe de la piste.
- Sur les voies de circulation qui desservent les pistes utilisées pour des approches de précision de catégorie II ou III, des marques spéciales sont apposées partout où il est jugé nécessaire de faire attendre les aéronefs à une certaine distance d'une piste, de façon à éviter la perturbation des aides radioélectrique.

B. Balisage des pistes et voies de circulation non revêtues :

La délimitation des aires non revêtues utilise des balises qui sont selon le cas :

- pyramidales ou tronconiques, blanches pour les pistes, jaunes pour les voies de circulation,
- en forme de dièdre, de couleur blanche et rouge, aux extrémités de pistes.

Ces balises peuvent être en bois, en métal ou en matière plastique, et doivent être aisément renversables ou frangibles de manière à ne pas détériorer un avion léger qui viendrait à les heurter.

2. Balisage lumineux :

Pourquoi le balisage lumineux d'aérodrome est-il important ?

Le balisage lumineux des aéroports sert à guider les pilotes pendant les phases de repérage, d'atterrissage, de décollage et de circulation au sol. Le système de balisage lumineux fournit les renseignements suivants :

- la localisation et l'identification de l'aéroport;
- la localisation et l'identification de la piste;
- le guidage visuel pendant l'approche et le décollage;
- la progression le long de la piste et des voies de circulation.

Le balisage lumineux comporte différents dispositifs :

a) A basse intensité (BI) :

-le balisage pour opérations de nuit par conditions de bonne visibilité.

b) A haute intensité (HI) :

-le balisage pour des approches classiques aux instruments.

-le balisage pour des approches de précision.

A. les caractéristiques du dispositif d'un balisage lumineux :

Ces caractéristiques définissent le type d'information à fournir au pilote concernant la position de son appareil à l'intérieur du dispositif.

Elles s'énumèrent dans les notes suivantes :

➤ Nature :

Concerne l'implantation du composant, on distingue :
feu hors sol, semi encastré et encastré.

➤ Intensité :

Les feux peuvent avoir l'un des trois niveaux de l'intensité lumineuse suivant leurs utilisations :

Basse intensité, moyenne intensité et haute intensité.

-Les intensités relatives des feux soient convenablement ajustées pour répondre à un but bien précis.

-L'éclairement produit par un feu sur l'œil d'un observateur, sera calculé par la loi d'Allard qui est donné comme suit :

$$E = I \frac{T^V}{V^2}$$

E : L'éclairement produit par une source lumineuse qui est le feu

I : intensité de la source.

T : Transmissivité de l'atmosphère.

V : Distance de l'éclairement

➤ Sens de propagation :

Il existe trois sens de propagation des faisceaux lumineux :

Omnidirectionnel, bidirectionnel et directionnel.

➤ Éclat :

Selon le rôle, les feux sont classés en trois types :

Fixes, à éclat simultané et à éclat séquentiel.

➤ Couleur :

L'objet des couleurs est de faciliter au pilote l'identification les différentes aires de l'aérodrome et les rendre plus visible.

Les feux peuvent être blancs, bleus verts et rouges pour transmettre des instructions pour la circulation en vol et au sol. (Voir figure II-10).



Fig. II-10 : Des exemples de feux

Type d'approche Dispositifs élémentaires	* Pistes utilisées de nuit par bonnes conditions de visibilité		* Pistes utilisées de jour ou de nuit par mauvaises conditions de visibilité (approche classique)		* Approche de précision de catégorie I		* Approche de précision de catégorie II		* Approche de précision de catégorie III	
	Obligatoire	Facultatif	Obligatoire	Facultatif	Obligatoire	Facultatif	Obligatoire	Facultatif	Obligatoire	Facultatif
Dispositif lumineux d'approche		Dispositif simplifié B1		Dispositif simplifié III	III Cat. I		III Cat. II			III Cat. III
Seuil de piste	B1	HI feux à éclats	HI	feux à éclats	HI Cat. I	Burres de flanc flanc feux à éclats	III	III	III	
Délimitation latérale de piste	B1		HI		HI		III		HI	
Extrémité de piste			HI		HI		III		HI	
Ligne axiale de piste (HI)							Oui		Oui	
Zone de toucher des roues (HI)								Souhaitable	Oui	

Tableau II-2 : Les dispositifs élémentaires de feux en fonction du type d'approche.

B. Dispositif lumineux d'approche :**❖ Dispositif lumineux d'approche simplifié :****Description :****- La ligne axiale :**

Elle est composée d'une rangée de feux, disposés dans le prolongement de l'axe de piste, ces feux sont espacés de 60 m ; le premier situé le plus en aval est placé à 60 m du seuil.

Chaque feu de la ligne axiale est constitué par :

- Une source lumineuse ponctuelle, ou
- Une barrette de sources lumineuses de 3 m de long.

La ligne d'approche peut être :

- A basse intensité :
 - feux directionnels blancs
 - longueur de 420 m à 600 m.
- A haute intensité :
 - feux omnidirectionnels jaunes
 - longueur de 420 m

- La barre transversale :

Elle est constituée d'un ensemble de feu en ligne droite suivant une horizontal perpendiculairement au prolongement de l'axe de piste, situé à 300 m du seuil de 18 m ou 30 m de long (Voir figure II-11).

Recommandations :

- Le dispositif est situé aussi près que possible du plan horizontal passant par le seuil.
- Les feux du dispositif sont des feux fixes dont la couleur permettra de distinguer aisément le dispositif des autres feux aéronautiques ainsi que des lumières étrangères.

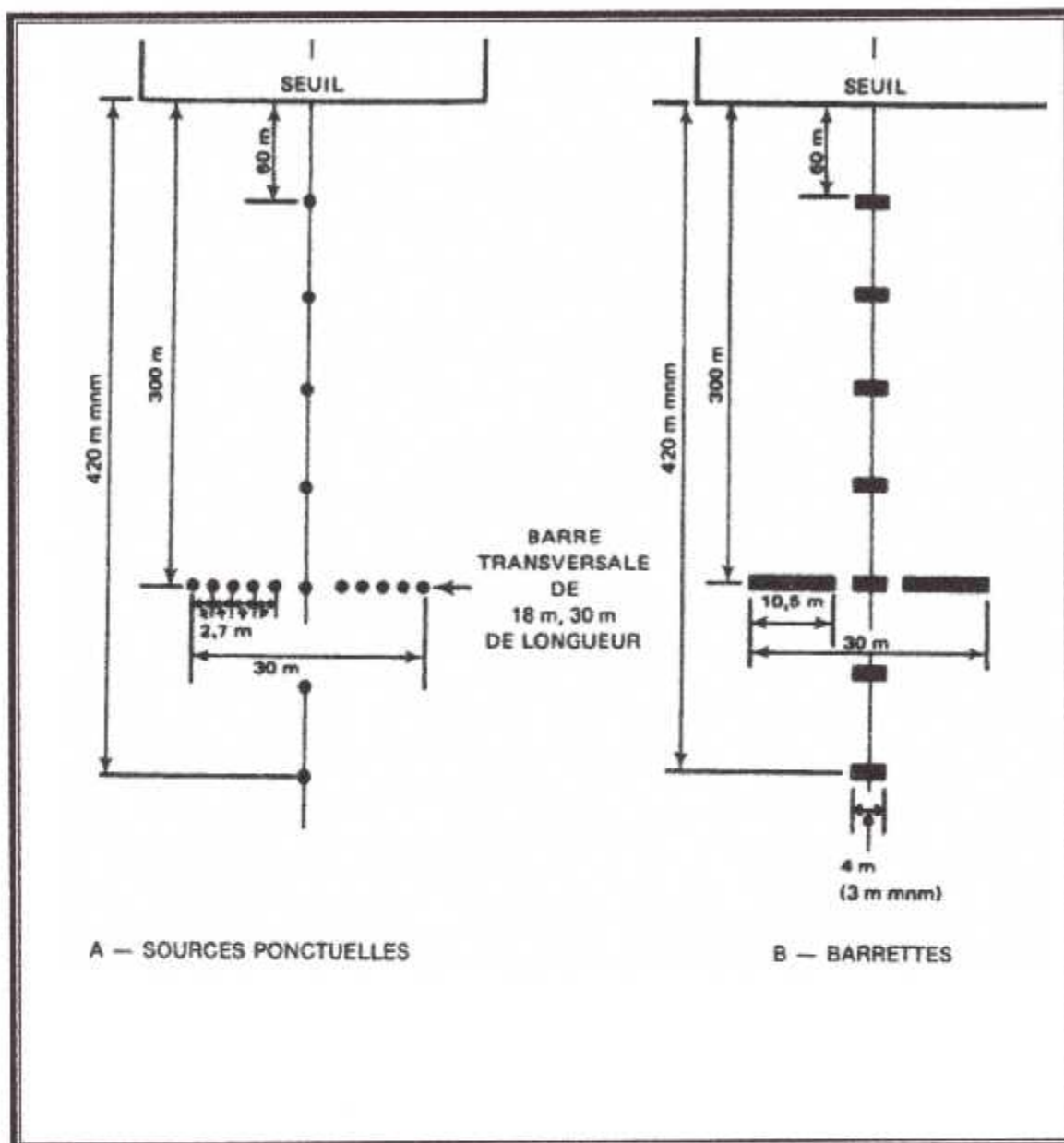


Fig. II-11 : Dispositif lumineux d'approche simplifié.

❖ Dispositif lumineux d'approche de précision, catégorie I :

Description :

-La ligne axiale :

Elle se compose d'une rangée de feux disposés dans le prolongement de l'axe de piste et s'étendant sur 900 m à partir du seuil, les feux sont espacés de 30 m ;

le feu situé le plus près du seuil est placé à 30 m .A chaque position de feu ; il y'a :

- une source lumineuse ponctuelle sur les 300 derniers mètres

(Pour le pilote en approche) ;

- une source lumineuse double sur les 300 m intermédiaires ;
- une source lumineuse triple sur les 300 premiers mètres ; ou
- une barrette.

-La barre transversale :

Elle est située à 300 m du seuil de piste et mesure 30 m de long. Si l'élément de la rangée axiale était formé par des feux à source lumineuse ponctuelle, il y' aurait des barres transversales supplémentaires à 150 m,450 m,600 m et 750 m du seuil, dont la largeur croîtrait (de 22.50m à 52.50m).

Recommandations :

- les feux situés à moins de 60 m de l'extrémité de piste sont de type encastrés afin d'éviter tout dommage du au souffle des réacteurs d'un avion au décollage ; les autres sont du type hors-sol et mis en place sur des supports frangibles.
- les feux de la ligne axiale et de la barre transversale du dispositif, sont des feux fixes de couleur blanche variable.
- lorsque la ligne axiale est constituée par les barrettes, il est recommandé que chaque barrette soit complétée par un feu à décharge de condensateur qui émettra deux éclats par seconde, en commençant par les premiers feux du dispositif et en continuant successivement dans la direction du seuil jusqu'au dernier feu.
- Toute antenne d'azimut ILS qui fais saillie au-dessus du plan des feux devra être considérée comme un obstacle, balisée et dotée d'un feu d'obstacle (Voir figure II-12).

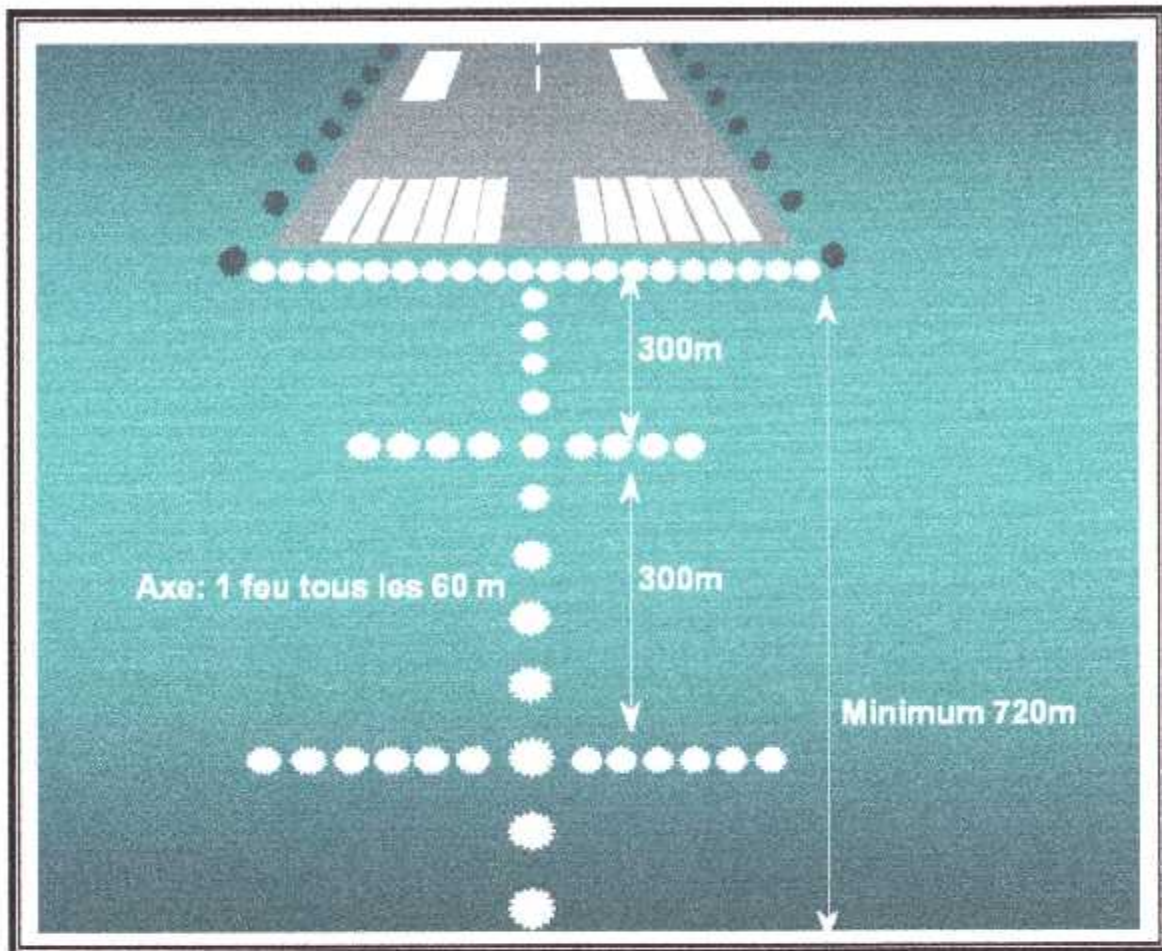


Fig. II-12 : Dispositif lumineux d'approche de précision, cat.I.

❖ **Dispositif lumineux d'approche de précision, catégories II et III :**

Description :

-La ligne axiale :

Elle se compose d'une rangée de feux disposés dans le prolongement de l'axe de piste sur une distance de 900 m à partir du seuil .les feux sont espacés de 30 m, les plus proches étant situés à 30 m du seuil.

-Les 300 derniers mètres(les 300 premiers mètres à partir du seuil) se composent de barrettes blanches variables.

-Au-delà de 300 m du seuil, chaque position de feu de la ligne axiale est occupée par :

- a) une barrette semblable à celles qui sont utilisées sur les 300 derniers mètres ; ou
- b) deux sources lumineuses, sur les 300 m intermédiaires, et trois sources lumineuses, sur les 300 premiers mètres.

-Les rangées latérales :

Le dispositif comporte deux rangées latérales de feux, d'une longueur de 270 m à partir du seuil, les feux sont placés de chaque cote de la ligne axiale et leur espacement longitudinal est égal à celui des feux axiaux, l'espacement latéral est de préférence, égal à celui des feux de la zone de toucher des roues.

-Les barres transversales :

Il existe deux barres qui sont situées : l'une à 150 m et l'autre à 300 m du seuil.

-La barre transversale disposée à 150 m, comble les intervalles qui séparent les feux axiaux des feux de la rangée latérale.

-La barre transversale disposée à 300 m, s'étend de chaque coté des feux axiaux jusqu'à 15 m de la ligne axiale.

Lorsque les éléments de la ligne axiale situés à plus de 300 m du seuil sont constitués par des sources lumineuses ponctuelles, des barres transversales supplémentaires sont installées à 450 m, à 600 m et à 750 m du seuil (voir figure II-13).

Recommandations :

- Tous les feux de la ligne axiale doivent être d'un blanc variable.
- Les rangées latérales sont constituées de barrettes rouges.
- Les feux des barres transversales sont des feux fixes d'un blanc variable.

- L'intensité des feux rouges est compatible avec celle des feux blancs.

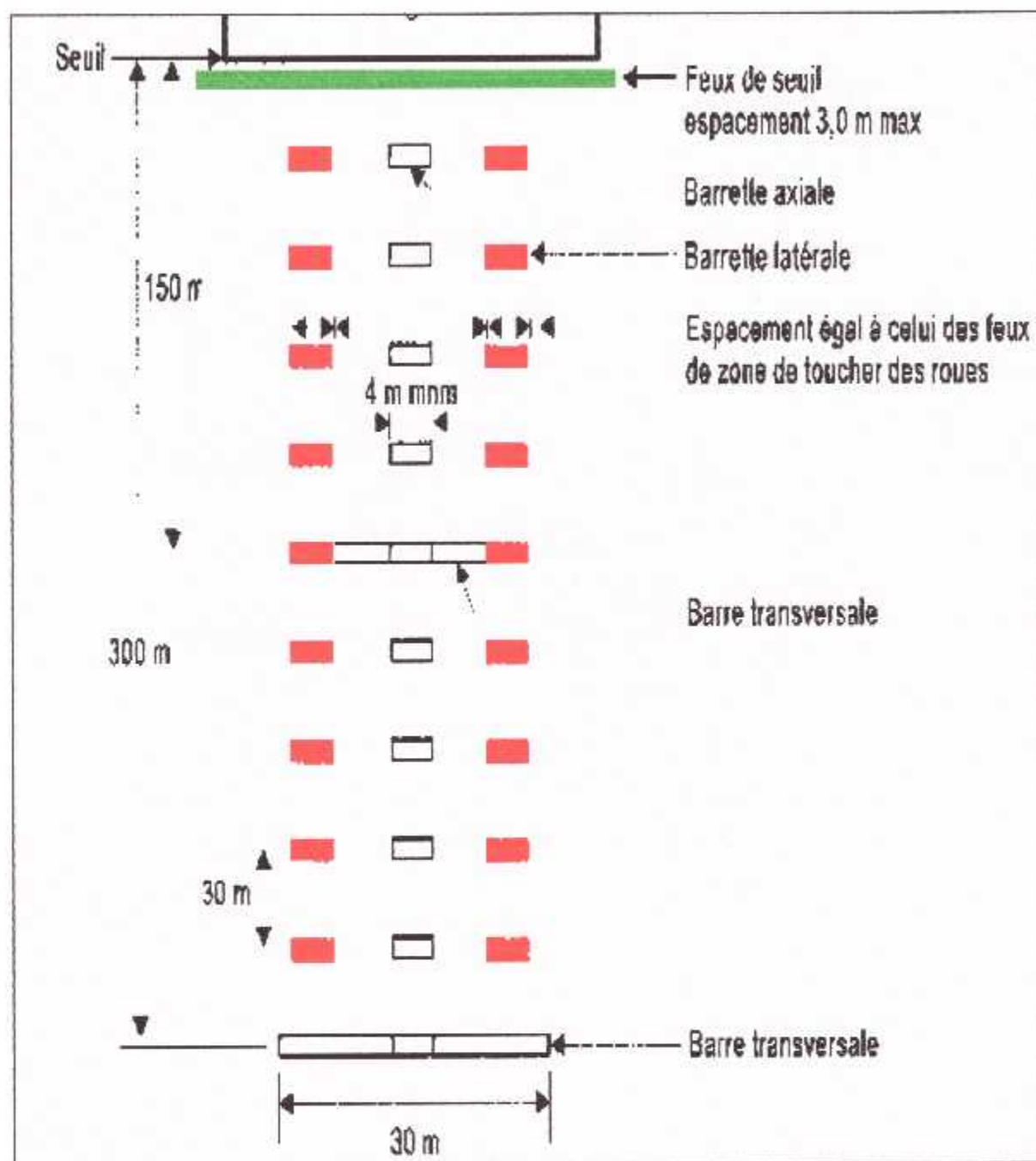


Fig. II-13 : Dispositif lumineux d'approche de précision, cat II et III.

C. Balisage de la piste :**◆ Le balisage des bords de piste :**

Il est constitué des feux HI directionnels, implantés symétriquement à 1.50 m des bords de piste avec un espacement longitudinal de 60 m au plus. Ils sont 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 1800 m de longueur. Ils peuvent être constituer de feux de couleur rouge en amont d'un seuil décalé, devant toutefois rester visibles en blanc dans le sens opposé à celui de l'utilisation du tiroir.

◆ Le balisage de seuil :

Il est matérialisé par des feux encastrés, implantés tous les 3 m entre les deux rangées des feux de bords de piste, de couleur verte et éventuellement renforcé par des feux à éclats simultanés de couleur blanche.

◆ Le balisage d'extrémité de piste :

Il est constitué par des feux HI disposés transversalement en deux groupes ; l'espacement entre les feux de chaque groupe est de 3 m environ, de couleur rouge.

◆ Le balisage d'axe de piste :

Il est matérialisé par des feux espacés de 15 m. Ils sont de couleur blanche à partir du seuil amont jusqu'à un point situé à 900 m de l'extrémité aval au delà duquel ils alternent avec des feux de couleur rouge jusqu'à un point situé à 300 m de l'extrémité aval à partir duquel ils sont de couleur rouge.

◆ Le balisage des zones de toucher des roues :

Il est matérialisé par des barrettes de couleur blanche.

◆ Le balisage de prolongement d'arrêt :

Il est destiné à être utilisé de nuit et constitué par des feux unidirectionnels fixes, visibles en rouge dans le sens d'utilisation, disposés latéralement dans

l'alignement des feux de bords de piste et en extrémité perpendiculairement à son axe.

- Aux intersections des voies de circulation, la continuité est assurée par l'emploi de feux encastrés.

-Des feux encastrés ou semi -encastrés sont également utilisés sur les pistes devant accueillir des gros porteurs à cause du souffle des réacteurs (voir figure II-14).

II-3-3 Indicateurs visuels de pente d'approche :**Introduction :**

Le but des indicateurs visuels est de fournir au pilote une information visuelle sur sa position verticale par rapport à un couloir de descente contenant le plan de descente nominal pour diminuer les risques d'atterrissages trop longs ou trop courts.

Les indicateurs visuels peuvent être utilisés seuls ou en redondance avec un moyen électrique assurant la même fonction.

Leur implantation est nécessaire lorsque les conditions particulières d'environnement rendent difficile un contrôle visuel de la pente d'approche (survol d'un plan d'eau, d'un terrain sans sources lumineuses de nuit) ou rendent particulièrement dangereux tout écart vertical par rapport au plan de descente nominal. Parmi les indicateurs visuels de pente d'approche existants, on va se focaliser sur le système **P.A.P.I** (Precision Approach Path Indicator).

1. Principe de configuration:

Le PAPI utilise le principe de signaux visuels rouges et blancs pour maintenir l'avion sur la pente d'approche voulue avec une transition de couleur de l'ordre de 2 à 3 minutes d'angle.

2. Description :

Le dispositif PAPI est un indicateur visuel de trajectoire comprenant une barre de quatre unités lumineuses alignées perpendiculairement à l'axe de la piste, sur le côté gauche de l'avion à l'atterrissage lorsque cette implantation est possible. Cette barre matérialise théoriquement l'intersection, avec le sol, du plan nominal de descente perçu par le pilote. L'ensemble lumineux le plus proche de la piste est réglé plus haut que l'angle d'approche nominal et le calage des autres ensembles est réduit progressivement en fonction de leur éloignement par rapport à la piste. La différence nominale entre les angles de calage est de 20 minutes d'arc (voir figure II-15).



Fig. II-15 : le système PAPI.

-La barre de flanc d'un PAPI sera construite et disposée de manière qu'un pilote qui exécute une approche et dont l'avion se trouve :

- a) sur la pente d'approche ou tout près de celle-ci, voie les deux ensemble les plus rapprochés de la piste en rouge et les deux ensembles les plus éloignés de la piste en blanc ;
- b) au-dessus de la pente d'approche, voie l'ensemble le plus rapproché de la piste en rouge et les trois ensembles les plus éloignés de la piste en blanc ; et plus au-dessus, voie tous les ensembles en blanc ;
- c) au -dessous de la pente d'approche, voie les trois ensembles les plus rapprochés de la piste en rouge et l'ensemble le plus éloigné de la piste en blanc ; et plus au-dessous voie tous les ensembles en rouge.(voir figure II-16).

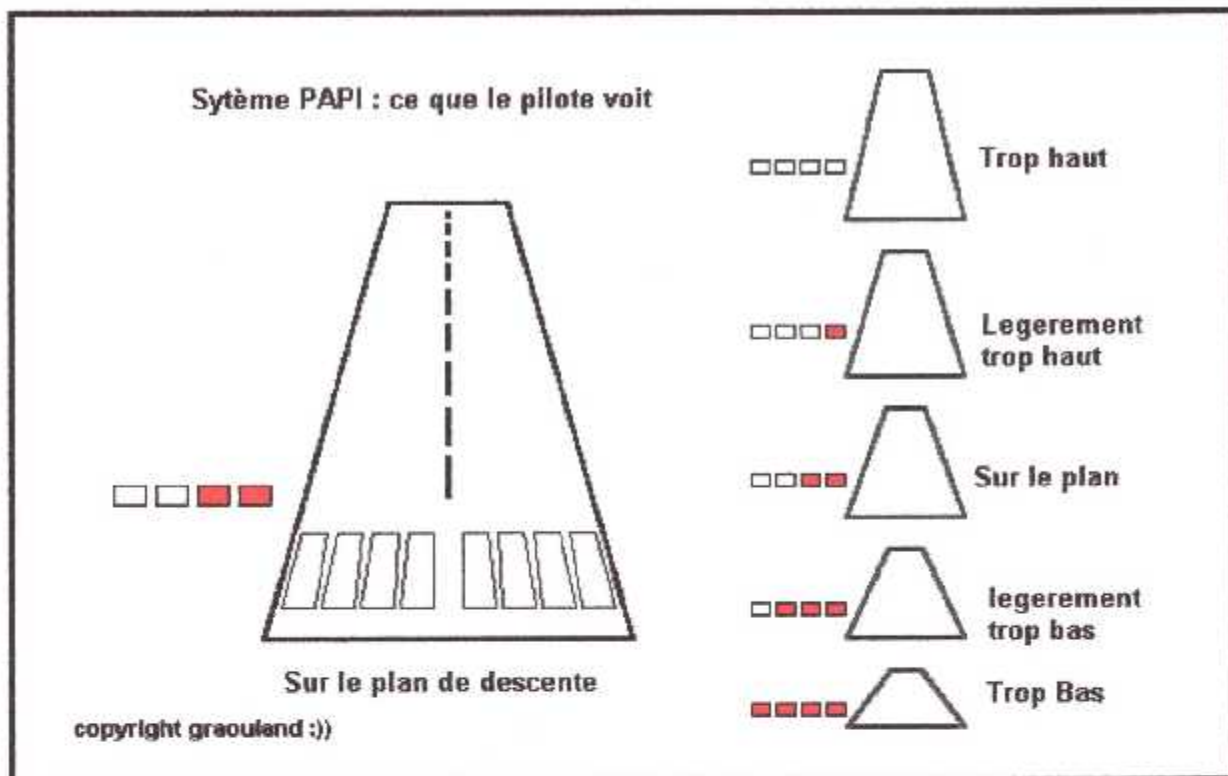


Fig. II-16 : La configuration du système PAPI.

3. Caractéristiques des ensembles lumineux :

Signal :

Le dispositif PAPI utilise des ensembles lumineux qui émettent un signal dont la moitié inférieure est rouge et la moitié supérieure est blanche.

Brillance :

Un réglage d'intensité lumineuse doit être installé pour permettre d'adapter cette intensité aux conditions ambiantes et éviter d'éblouir le pilote.

II-4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit conformément à l'annexe 14, les différentes aides visuelles et non visuelles qui contribuent à faciliter au pilote les opérations d'atterrissage et de décollage. Ces aides lui transmettent les informations servant à guider et à assurer la sécurité des aéronefs dans leurs manœuvres.

Dans ce qui suit, nous allons mettre en évidence l'alimentation électrique concernant ces aides.

CHAPITRE III

III - Introduction :

La manière de conception, de montage et d'entretien des installations électriques destinées au balisage lumineux, permet, en grande partie, la maîtrise, des questions de sécurité, de régularité et d'efficacité de l'aviation civile. Ces installations électriques comportent des propriétés qui ne se rencontrent pas habituellement dans d'autres, c'est pourquoi le présent chapitre ne traite pas seulement la question de l'alimentation électrique mais d'autres caractéristiques liées aux installations d'aérodromes et qui revêtent pour elles une importance particulière.

III-1- L'alimentation électrique :**III -1.1 Sources d'alimentation:**

Le choix de la source principale d'alimentation d'un aérodrome est abordé avant la conception de ses installations de balisage lumineux.

1. Source principale :

D'une façon générale, les sources principales d'alimentation sont des lignes de transmission d'un réseau électrique extérieur à l'aérodrome provenant d'un secteur public ou commercial.

Les grands aérodromes sont dotés de deux sources indépendantes au lieu d'une seule, chacune d'elles assurant l'alimentation des installations aéroportuaires en cas de panne de l'autre.

2. Sources auxiliaires :

Il est prioritaire de disposer d'une alimentation auxiliaire pour les aides qui constituent un minimum nécessaire à l'exploitation et dont les circuits dépendent de la catégorie d'approche aux instruments la plus critique qui est exécutée sur l'aérodrome.

La source d'alimentation auxiliaire peut être :

- Une source provenant d'un secteur public ou commercial.
- Une source indépendante locale (groupes électrogènes).

Ces sources alimentent certaines installations et peuvent servir de sources auxiliaires pour les éléments critiques du balisage. En cas de panne de l'alimentation principale, une commutation automatique raccorde ces éléments critiques à ces sources. S'il y a une insuffisance de capacité, il est nécessaire de débrancher certaines charges non essentielles avant de raccorder les aides radio et les aides visuelles critiques.

- Source d'alimentation de secours :

Un groupe électrogène entraîné par un moteur ou une turbine d'une capacité de 50 à 1000 KVA peut servir de source auxiliaire d'alimentation. Cette source doit fournir l'énergie nécessaire jusqu'au rétablissement de l'alimentation principale.

3. Distribution à tension intermédiaire :

La tension de la source principale d'alimentation est généralement abaissée par la sous-station de l'aérodrome à une valeur intermédiaire (2000 à 5500 V) pour une distribution à l'intérieur de l'aérodrome. Cette alimentation électrique est habituellement répartie par un réseau parallèle entre les divers postes de transformation où elle est abaissée de nouveau à la tension d'entrée de l'équipement à alimenter (Voir figure III-1).

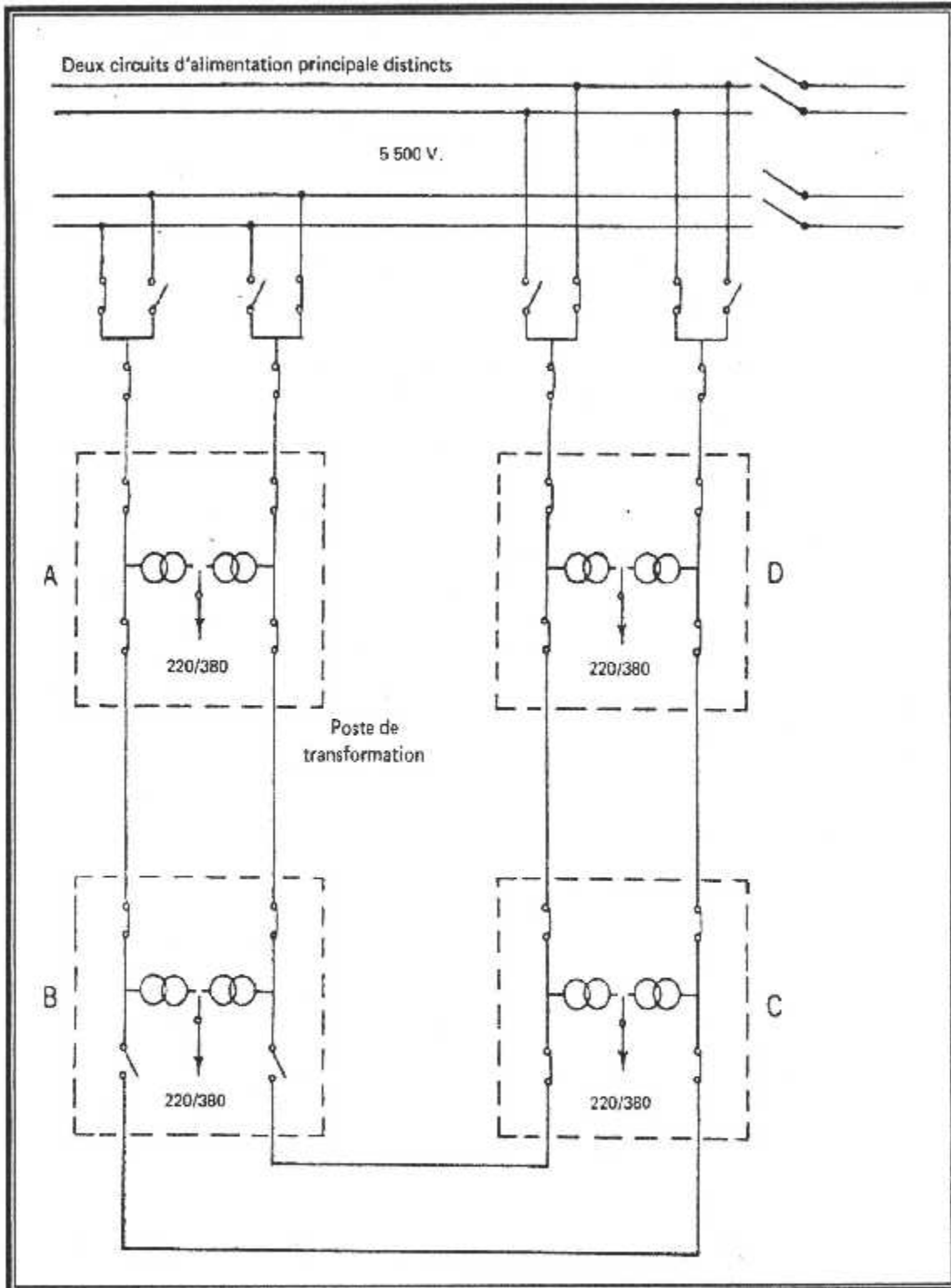


Fig.III-1 : Distribution à tension intermédiaire par réseau parallèle.

III-1-2 Caractéristiques de Commutation d'alimentation :

Lorsque l'alimentation principale des éléments les plus critiques des aides visuelles et des aides radio à la navigation vient à faire défaut, la charge doit être commutée sur la source auxiliaire. Il faut donc que celle-ci soit mise en marche puis que sa vitesse et sa tension se stabilisent avant commutation de la charge.

Les délais de commutation admissibles dépendent de la catégorie d'approche aux instruments la plus critique exécutée sur l'aérodrome.

1. Délai de commutation nul :

Une alimentation électrique sans interruption s'impose pour les équipements électroniques ou autres qui assurent une fonction critique et exigent, pour fonctionner convenablement, d'être alimentés sans discontinuités ni perturbations.

Équipements d'alimentation sans interruption (UPS) :

Un circuit d'alimentation sans interruption comprend un ou plusieurs modules, un accumulateur et les accessoires nécessaires pour assurer une alimentation fiable et de bonne qualité. Le circuit UPS isole la charge des sources principales et auxiliaires et assure l'alimentation de la charge critique pendant une période donnée en cas de panne de l'alimentation. (Voir figure III-2).

a. Module UPS :

Il constitue la section de conversion statique du circuit UPS et comprend un redresseur, un convertisseur et les commandes correspondantes, ainsi que les moyens de synchronisation et de protection des organes auxiliaires. Les modules UPS sont conçus pour fonctionner indépendamment ou en parallèle.

b. Batterie d'accumulateur :

Ce sont normalement des accumulateurs ayant une capacité nominale suffisante en ampères-heures pour alimenter le convertisseur en courant continu selon les spécifications du constructeur de l'installation UPS.

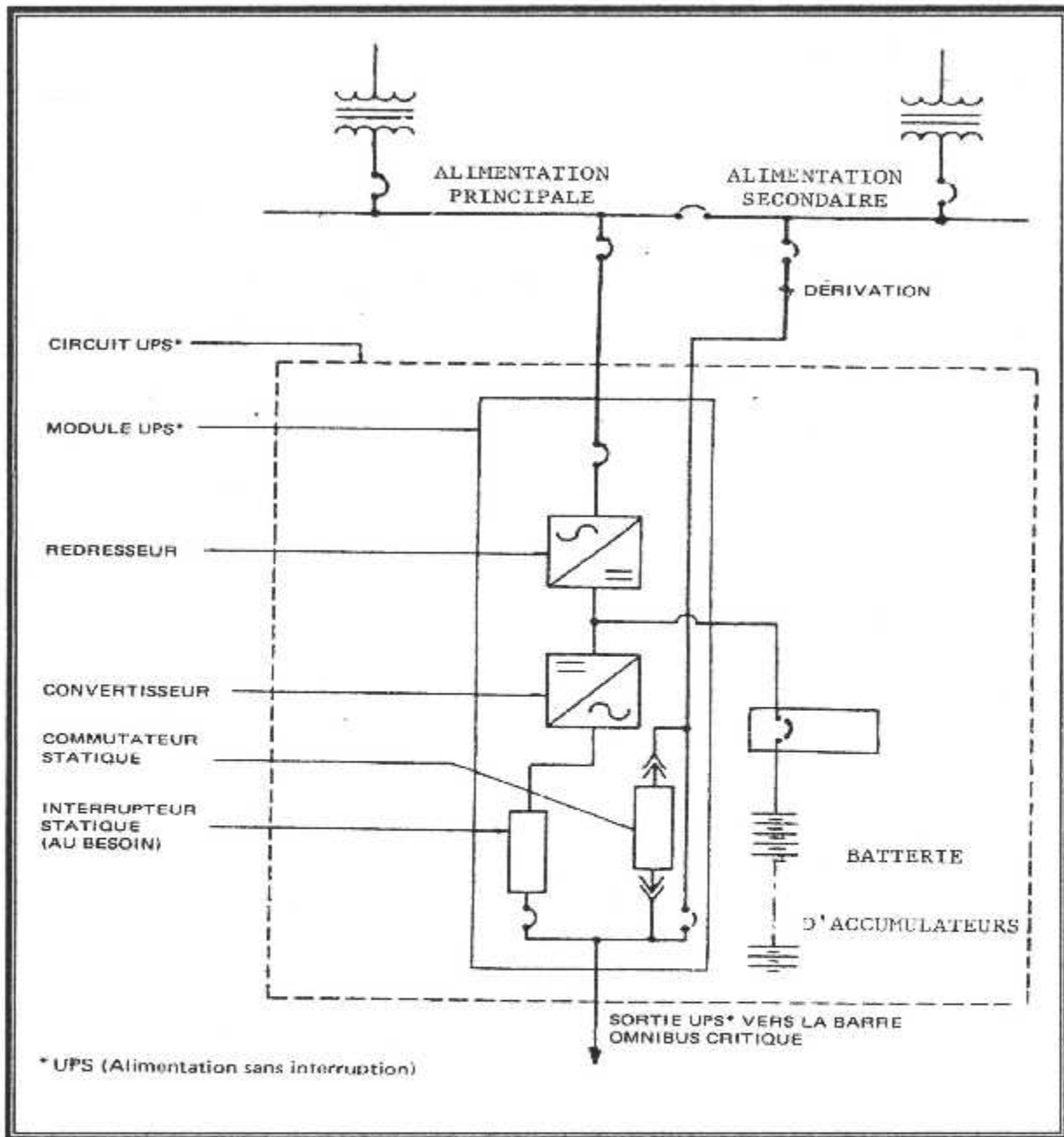


Fig.III-2 : Circuit UPS.

2. Délai de commutation de :

- 1 seconde
- 10 secondes
- 15 secondes
- 2 minutes.

Pour ces délais, on utilise des groupes générateurs de secours présentant des caractéristiques de démarrage et de commutation appropriées.

III-1-3 Equipement d'alimentation auxiliaire :

Les principaux éléments de l'équipement sont des groupes électrogènes entraînés chacun par un moteur, des dispositifs de commutation, des accumulateurs et des chargeurs comme réserve d'énergie de démarrage.

A. Les groupes électrogènes :

Les différentes parties qui composent un groupe électrogène sont :

1. Un moteur primaire:

C'est une turbine ou un moteur diesel qui sert à fournir de l'énergie mécanique pour l'entraînement du générateur. Le moteur est à démarrage rapide permettant le branchement sur la charge en moins de 10 secondes.

2. Un générateur:

Habituellement, c'est un alternateur couplé mécaniquement au moteur primaire qui fournit l'alimentation auxiliaire aux valeurs nominales de tension, de fréquence et de puissance ; tout en conservant un bon rendement de conversion d'énergie mécanique en énergie électrique.

3. Dispositif de démarrage :

Les accumulateurs doivent pouvoir fournir la tension et l'intensité nécessaires au démarrage du moteur dans des délais voulus.

4. L'alimentation en carburant :

Le carburant liquide que consomme le groupe auxiliaire est généralement conservé dans des réservoirs à proximité du groupe électrogène.

B. Commutation de l'alimentation :

Pour passer de la source principale d'alimentation à la source auxiliaire, il faut prévoir un dispositif de commutation manuelle ou automatique.

Le bloc de commande de la commutation automatique doit pouvoir :

- décélérer la panne de l'alimentation principale.
- déclencher le démarrage du moteur primaire.
- raccorder la charge à l'alternateur.
- débrancher les charges qui ne sont pas essentielles.

III-2- Distribution de l'énergie électrique :

Le transport de l'énergie électrique destinée au balisage lumineux entre la sous-station principale et les postes de balisage lumineux ou les transformateurs de distribution locale est décrit en termes généraux avec les caractéristiques et les conditions à respecter.

III-2-1 Transport d'énergie :

Avant que l'alimentation principale ne soit distribuée dans l'aérodrome, sa tension est habituellement réduite à la sous-station principale. L'emploi de tensions plus élevées sur le transport d'énergie réduit la chute de tension en ligne ; des transformateurs abaisseurs de distribution ramènent ensuite la tension à une valeur appropriée à la distribution locale.

III-2-2 Circuits d'arrivée d'alimentation principale :

L'alimentation principale passe de la sous-station principale à la sous-station locale ou à des postes de transformation, généralement sous forme de circuits polyphasés aériens ou souterrains ou de ces deux types combinés. La distance et la charge des circuits jouent un rôle important dans la détermination du niveau de la tension de transport. Les lignes d'arrivée doivent être isolées en fonction de la tension qu'elles transportent.

Les circuits aériens sont moins coûteux à installer mais ils risquent d'être endommagés et, à certains endroits, créent un danger pour les mouvements aériens et constituent une source de brouillage électromagnétique pour d'autres équipements.

Les câbles souterrains d'arrivée sont généralement installés dans des canalisations. Chaque type de circuit fait appel à une conception et à des équipements particuliers.

III-2-3 Régulateurs de tension de secteur :

Les régulateurs ont pour rôle de corriger les variations de tension induites par les variations de charge ou celles de la tension d'arrivée fournie par les compagnies de service public.

III-2-4 Lignes de transport d'énergie :

Les lignes de transport sont choisies selon le type de circuit à alimenter et les conditions auxquelles ce circuit est soumis. Ces lignes sont soit :

- a) un câble à l'air libre (nu ou protégé contre les intempéries) monté sur isolateurs.
- b) un câble aérien autoporté ou soutenu par un câble d'acier résistant (porteuse) formé de câbles multiconducteurs ou monoconducteurs isolés en faisceau.

III-2-5 La mise à la terre :

Une mise à la terre est prévue pour 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 de mise à la terre ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées dans les normes de sécurité. Des piquets de terre sont employés individuellement ou en groupes pour une installation permanente et efficace.

III-3- Circuits électriques destinés au balisage lumineux :

La plupart des aérodromes sont alimentés par des circuits série mais la distribution de l'alimentation à l'arrivée se fait par des circuits parallèles. Cette alimentation est presque toujours en courant alternatif dont la fréquence est habituellement de 50 à 60 HZ.

III-3-1 Circuit série:

Les éléments d'un circuit série sont branchés sous la forme d'une boucle continue qui commence et finit à l'alimentation. Grâce à des régulateurs à courant constant, l'intensité dans le circuit conserve la même valeur quelle que soit la charge branchée, la longueur du circuit, et même en cas de défaillance de certaines lampes.

Il est nécessaire de prévoir un dispositif de déviation (transformateur d'isolement) intégré à chaque élément lumineux pour empêcher l'ouverture du circuit en cas de panne d'une lampe.

- Le régulateur à courant constant :

Il est conçu de manière à fournir une sortie à courant constant quelles que soient les variations de charge du circuit ou les variations de tension de la source d'alimentation ; même si quelques lampes sont hors service.

- Le transformateur d'isolement :

Les circuits électriques du balisage lumineux peuvent être soumis parfois à la défaillance d'une lampe qui entraîne une panne générale par l'ouverture du circuit. Les transformateurs d'isolement pallient à cette défaillance et permettent la continuité de la boucle. Ils servent aussi à fournir le courant voulu à la lampe s'il diffère de celui du circuit série.

III - 3-2 Circuits parallèles :

Les éléments de ces circuits sont branchés parallèlement aux bornes des conducteurs auxquels la tension d'entrée est appliquée. Théoriquement, la même tension est appliquée à chaque feu ; mais en pratique, la longueur des câbles crée des chutes de tension qui réduisent l'intensité du courant qui traverse les feux les plus éloignés.

- Les transformateurs à tension constante :

Il peut y avoir avantage à utiliser un transformateur à tension constante sur un feu dont le câble d'alimentation est assez long afin de compenser les fluctuations de la chute de tension.

III - 3.3 Avantage et inconvénients des deux types de circuits :

Les avantages et les inconvénients des deux types de circuits ainsi que leurs applications dans le balisage lumineux sont récapitulés dans la section suivante :

Circuits série

A V A N T A G E S	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Toutes les lampes sont parcourues par le même courant, donc la même intensité. ◆ L'intensité lumineuse des feux peut être réglable dans une plage étendue. ◆ La présence d'un défaut en un point quelconque est sans effet sur le fonctionnement des feux. ◆ Les défauts à la terre sont faciles à réparer.
I N C O N V E N I E N T S	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Les frais d'installation sont élevés. ◆ Le rendement d'énergie est médiocre. ◆ Une panne par ouverture de circuit en un point quelconque rend ce circuit inutilisable et peut affecter l'isolation du circuit. ◆ Le repérage d'une panne est difficile.

Applications :

- Feux de piste.
- Feux de voies de circulation.
- Feux à brillance constante pour l'approche.

Circuits parallèles

A V A N T A G E S	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Les frais d'installation sont moins coûteux. ◆ Le rendement d'utilisation d'énergie électrique est meilleur. ◆ Il est facile d'ajouter ou de supprimer des éléments d'un circuit existant. ◆ Un circuit ouvert n'empêche pas le reste du circuit de fonctionner. ◆ Les pannes du câble sont faciles à détecter. ◆ Ce type de circuit n'exige pas de dispositif de déviation et peut se passer d'un transformateur d'isolement.
I N C O N V E N I E N T S	<ul style="list-style-type: none"> ◆ L'intensité lumineuse des feux diminue en cas de chute de tension dans le circuit. ◆ Il faut deux conducteurs de fort calibre pour réduire la chute de tension en ligne. ◆ Les filaments des lampes sont généralement plus longs, ce qui nécessite l'emploi d'élément optique. ◆ Le réglage d'intensité est plus difficile. ◆ Un seul défaut à la terre suffit pour mettre le circuit hors service.

Applications :

- Éclairage des aides visuelles isolées (peu nombreuses).
- Projecteurs, feux de l'aire de trafic.
- Feux à éclats successifs.
- Phare d'aérodrome.

- Feux d'obstacle.
- Circuit de distribution électrique.

III-3-4 Circuits série de balisage lumineux de l'aérodrome :

❖ Intensité du courant :

Dans la plupart des circuits série de balisage lumineux de l'aérodrome, la valeur maximale de l'intensité nominale est de 6.6 A ou de 20 A. On choisit habituellement des circuits de 6.6 A pour les grandes longueurs de câble et des charges électriques faibles. Ces circuits alimentent généralement les feux de bords de piste et les feux de bords de voies de circulation, tandis que les circuits à 20 A, utilisés pour des charges plus élevées et des longueurs de câble plus courtes, alimentent souvent les feux d'approche et les feux de zone de toucher des roues. Les feux axiaux de piste et de voies de circulation peuvent être alimentés par des circuits de 6.6 A ou de 20 A.

❖ Disposition des circuits :

- Les circuits électriques sont conçus de sorte qu'en cas de panne d'un circuit, les pilotes ne se trouvent pas privés de guidage visuel et que les indications ne sont pas trompeuses.

- tous les réseaux de feux d'approche et de feux de piste doivent être imbriqués sur au moins deux circuits de manière à assurer une bonne intégrité. La disposition de chaque circuit doit être telle que l'aspect général du balisage lumineux reste symétrique et équilibré en cas de panne d'un ou de plusieurs circuits (exemple d'imbrication voir fig. III-3).

- Les indicateurs visuels de pente d'approche doivent avoir deux circuits d'alimentation par extrémité de piste.

- Une partie des lampes de chaque ensemble lumineux doit être branchée sur l'un des circuits, le reste des lampes étant branché sur l'autre circuit de manière à conserver l'intégrité de la configuration.

-Les feux axiaux de voie de circulation doivent être imbriqués sur deux circuits pour les parties du dispositif lumineux qui sont utilisées en exploitation de catégorie III. Pour des raisons économiques, on peut utiliser un circuit unique pour les autres voies de circulation.

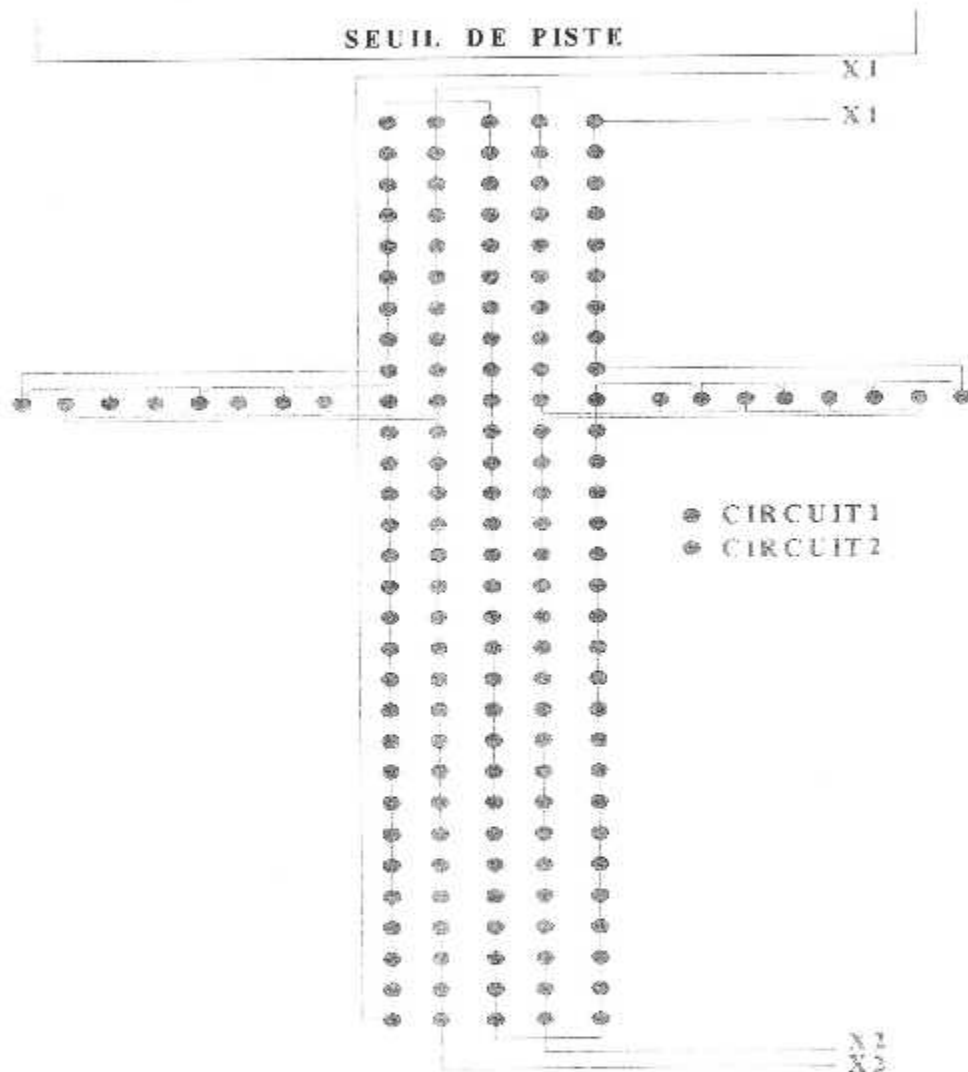


Fig.III-3 : Exemple d'imbrication du circuit série du balisage lumineux.

❖ Le bilan des puissances :

Les puissances consommées par les différents éléments du circuit du balisage lumineux sont résumées dans le tableau qui suit :

	Lampe		puissance installée (KVA)	Nbre de boucles et de régulateurs	Puissance du régulateur
	Puissance	Nbre			
Approche					
Cat I (900 m)...	300 W	118	47	2	25
	100 W	6			
Cat I (420 m)...	300 W	34	14.5	2	10
	100 W	6			
Cat II-III (900 m): Ligne d'approche...	300 W	118	47	2	25
	100 W	6			
Barrettes rouges...	300 W	42	22	3	10
	100 W	36			
Barrettes blanches	300 W	32	16	2	10
	100 W	24			
Cat II-III (420 m) : Ligne d'approche...	300 W	34	14.5	2	10
	100 W	6			
Barrettes rouges...	300 W	42	22	3	10
	100 W	36			
Barrettes blanches..	300 W	32	16	2	10
	100 W	24			
Seuils :					
Seuil BI.....	45 W	10	0.6	2	3
Seuil HI.....	100 W	51	6.7	2	3
Zone d'impact.....	100 W	180	23.5	2	15
Bord de piste :					
BI.....	45 W	100	6	2	5
HI.....	100 W	100	13	2	10
Axe de piste	45 W	400	23.5	2	15

Tableau III-1 : Bilan des puissances

III-4- Systèmes de télécommande et de surveillance du balisage lumineux :

Dans leur forme la plus simple, ces systèmes permettent à l'opérateur de la tour de contrôle de procéder aux mises en **marche** ou **arrêt** du balisage et de modifier l'intensité tout en fournissant des informations sur l'état (allumé/éteint) du balisage lumineux.

> Fonctions :

En plus de la commutation de **marche/arrêt** et de la brillance, le système de contrôle du balisage lumineux assure l'intégralité ou une partie des fonctions suivantes :

- La surveillance et l'affichage de l'état des équipements de balisage.
- La visualisation graphique sur interface homme-machine du système de balisage et de son état.
- L'analyse, la consignation et l'archivage des activités de maintenance.
- La surveillance du balisage lumineux.
- Le guidage visuel du pilote sur les voies de circulations et les aires de stationnement.
- La surveillance et la visualisation de l'état du réseau de distribution HT et BT des groupes générateurs et autres systèmes externes.
- L'interface et l'échange de données avec des systèmes informatiques externes comme l'ordinateur de gestion de l'aéroport et autres.

III-5 Maintenance des circuits de balisage :

III-5-1 Introduction :

La fiabilité du balisage lumineux dépend du choix des éléments et dispositifs opérationnels ; de leur conception et installation et de leur entretien. De ce fait, des méthodes sont employées pour améliorer l'intégrité du balisage et diminuer au maximum la probabilité d'une défaillance survenant à un moment critique.

III-5-2 Réduction du risque d'une panne :

Les méthodes les plus simples et les plus sûres pour la diminution de risque de panne consistent à :

- Prévoir deux sources d'énergie pour assurer une alimentation continue du dispositif de balisage lumineux.
- Employer plusieurs circuits pour éviter que la panne d'un circuit ne provoque l'extinction de tout un dispositif lumineux.
- Faire imbriquer les circuits de telle manière que le codage des couleurs des feux reste toujours symétrique en cas de panne.

III-5-3 Contrôle du fonctionnement des circuits :

La section 8.3 de l'annexe 14 recommande d'employer un système de contrôle de fonctionnement des aides visuelles afin d'assurer la fiabilité du balisage lumineux. Ce contrôle est exercé au moyen d'un détecteur automatique, sauf dans le cas des anomalies que le contrôleur de la circulation aérienne peut voir ou que les pilotes peuvent signaler. Certains systèmes de contrôle du balisage lumineux actuellement en usage se composent de voyants lumineux qui indiquent si les interrupteurs qui commandent les circuits sont bien fermés ou si un ou plusieurs feux d'un circuit sont brûlés.

➤ Dispositif de contrôle :

Il existe deux types de dispositifs :

Des dispositifs qui réagissent d'une manière prédéterminée lors de la détection d'une panne, par exemple, les détecteurs de tension d'alimentation

principale qui déclenchent automatiquement le démarrage du groupe électrogène.

– Des dispositifs passifs qui déclenchent un signal lorsqu'il se produit une anomalie mais ne modifient aucune des caractéristiques de l'installation. Ce sont, par exemple, les voyants qui indiquent qu'un circuit fonctionne normalement.

III -5.4 Essais de réception des circuits électriques du balisage:

A la réception des nouvelles installations, des essais stricts doivent être effectués avant que le système ne devienne opérationnel. La procédure consiste à faire une inspection visuelle attentive avant la mise sous tension des circuits ainsi que des essais électriques qui aident à vérifier la qualité de l'installation et à s'assurer que celle-ci soit fonctionnelle.

Ces tests sont effectués par des personnes qualifiées et incluent :

1. **Essai de continuité du circuit série :** Avant tout essai, une connaissance de la boucle et ses composants est indispensable.

Exemple : imaginant une boucle d'une longueur de 2 KM alimentée au travers d'un câble d'une section de 6mm^2 et sur laquelle sont installés 16 transformateurs.

La résistance du circuit sera de :

$$R_{\text{serie}} = \rho * l/s + (0.1212 * \text{No de transformateurs})$$

La valeur 0.1212 est une valeur moyenne qui prend en compte des caractéristiques des transformateurs d'isolement.

ρ : résistivité du cuivre = $18 * 10^{-03} \Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Donc $R = 18 * 10^{-03} * 2000/6 + (0.1212 * 16)$

$$R = 7.9 \Omega$$

Une mesure de valeur de la résistance série est effectuée à l'aide d'un ohmmètre puis elle est comparée à celle calculée.

Si cette valeur est trop élevée, donc il existe des mauvais contacts dans la boucle.

Si cette valeur est trop faible, elle conduira à la recherche des sections non câblées ou raccordées un autre circuit.

2. Essai d'isolement d'une boucle :

Ce test se fait à l'aide d'un testeur haute tension pouvant générer une tension continue filtrée de 5000 V qui sera appliquée entre le conducteur déconnecté de son alimentation et la terre.

Les valeurs de courant de fuite sont spécifiées de :

2 microampères par transformateur.

1 microampère par 100 M de câble.

Additionner ces deux valeurs pour obtenir le courant de fuite maximum acceptable dans le circuit.

Exemple :

Un circuit de bord de piste est équipé de 133 feux (133 transformateurs d'isolement) dont la longueur de la boucle est de 10.000 M.

Le courant de fuite maximum sera de : $366 \mu\text{A}$

Pour les transformateurs $133 * \rho_2 = 266 \mu\text{A}$

Pour le câble $(10000/100) * 1 = 100 \mu\text{A}$

La résistance d'isolement minimum acceptable dans la boucle sera de :

$$5000 \text{ V} / 366 \mu\text{A} = 13.7 \text{ M}\Omega.$$

-Si nous considérons un régulateur à courant constant de 30 KVA, la tension maximum pour une boucle de 6.6 A sera :

$V = 30.000 / 6.6 = 4545 \text{ V}$. Cette tension élevée dans la boucle série est la cause du vieillissement du câble série avec pour cause une réduction de sa résistance d'isolement.

Conformément au manuel des services d'aéroport 9^{ème} partie de l'OACI, une mesure d'isolement sera effectuée deux fois par an. Un relevé des mesures permettra de surveiller le vieillissement du câble et prendre les mesures nécessaires en temps utile.

- Pour chaque transformateur série une mesure de courant de fuite de l'isolement

est effectuée à l'aide d'un microampère.

- L'essai électrique des régulateurs se fait par la vérification de la tension d'alimentation et de celle de l'entrée du régulateur. Le but est de s'assurer qu'elles sont correspondantes. La mesure de la tension d'entrée et du courant de sortie du régulateur qui constitue un deuxième essai se réalise à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre.

II-6- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié le parcours de l'énergie électrique de son arrivée de la source principale jusqu'à sa consommation dans le circuit de balisage lumineux.

Dans la clôture de notre mémoire, nous allons nous projeter dans la description de l'aérodrome de Béchar en concrétisant tout ce qui était cité précédemment.

CHAPTER IV

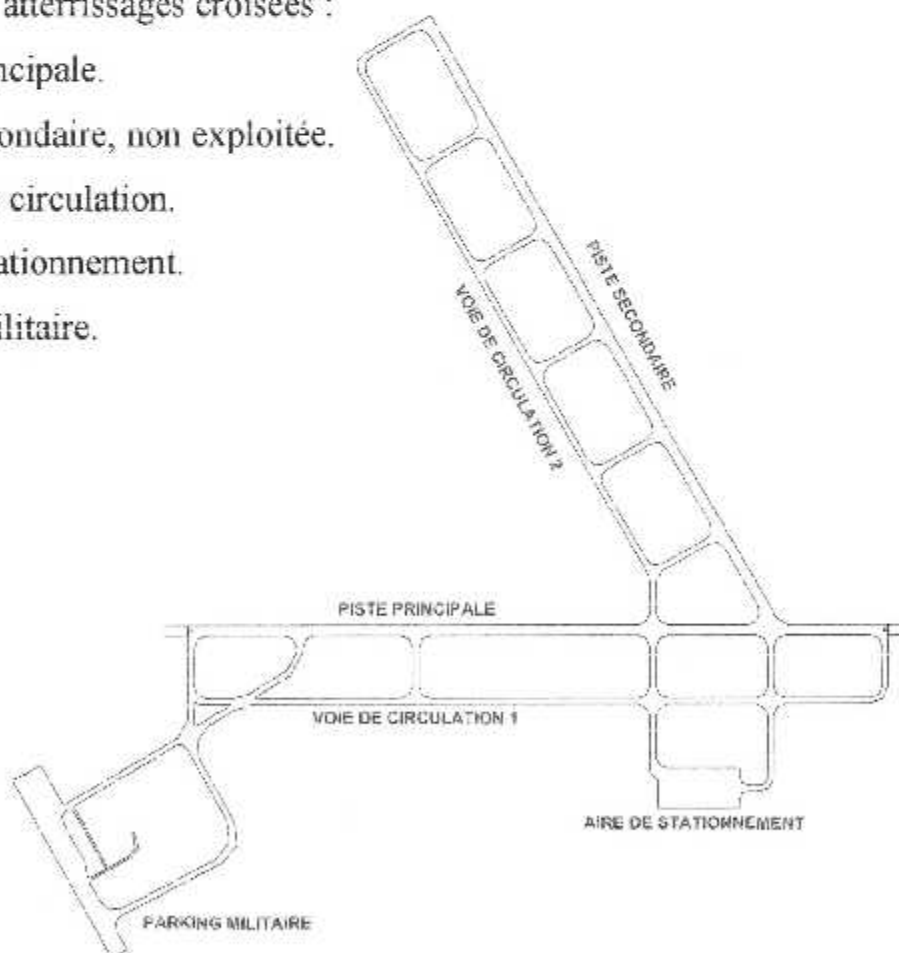
IV-1-Introduction :

Après avoir traité le système de balisage ainsi que son installation électrique, nous concrétiserons notre étude théorique par le choix d'un aérodrome algérien, à savoir celui de Béchar. Ce quatrième chapitre englobera donc une description générale des infrastructures de cet aérodrome, la disposition du balisage lumineux ainsi que l'installation électrique.

IV-2- Les infrastructures :

L'aérodrome de Béchar est un aérodrome ouvert à la circulation aérienne publique, aménagé et équipé de manière à satisfaire aux activités correspondant à sa catégorie. Lié à son site géographique et à sa nature d'exploitation, l'aérodrome connaît un trafic moyen et comprend les infrastructures suivantes :

- Deux pistes d'atterrissages croisées :
 - une piste principale.
 - une piste secondaire, non exploitée.
- Deux voies de circulation.
- Une aire de stationnement.
- Un parking militaire.



PLAN DE MASSE

IV-3- Présentation de la piste principale :

La piste est caractérisée par les paramètres physiques suivants :

- Une longueur de 3400 m.
- Deux prolongements d'arrêt de 100 m chacun.
- Une largeur de 40 m.
- Une orientation magnétique de $180^{\circ}/360^{\circ}$ (QFU 18/36).

La piste est dotée de deux aides radioélectriques, un ILS et un VOR.

Il existe deux indicateurs de pente d'approche (PAPI), implanté sur l'accotement de la piste, coté gauche du sens d'atterrissage.

IV-4- Balisage lumineux :

Les conditions météorologiques régnant sur l'aérodrome et l'exploitation restreinte de ce dernier ; fait que l'approche de la piste soit simplifiée de catégorie I. Celle-ci s'étend sur 900 m à partir du seuil, mais elle est réduite à 420 m car à partir de ce niveau la zone est aédificondi.

IV-4-1 Type et disposition des feux :

Comme tous les aéroports civiles, la configuration du balisage lumineux de l'aérodrome de Béchar respecte les normes énoncées dans l'annexe 14, depuis l'achat du matériel, sa disposition jusqu'à son installation, en choisissant la gamme des produits Siemens et ADB.

1. Dispositif d'approche : Il comprend deux types de feux :

a) Feu élevé unidirectionnel HI, équipé de :

- Une lampe de 150 w, 6.6 A.
- Un transformateur d'isolement de 150 w, 50 Hz.

C'est un feu multi fonction de ligne axiale et barres transversales en lumière blanche, et barrettes latérales en lumière rouge. Idéal pour installation sur poteaux frangibles.

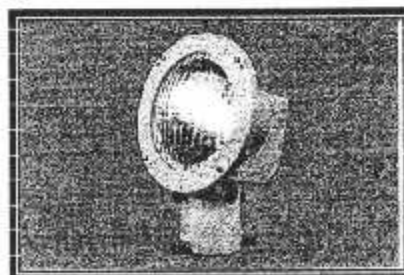


Fig. IV-1: Feu élevé unidirectionnel

b) Feu encastré unidirectionnel

HI, muni de :

- Trois lampes aux halogènes de 100 w, 6.6 A.
- un transformateur d'isolement de 300 w, 50 Hz.

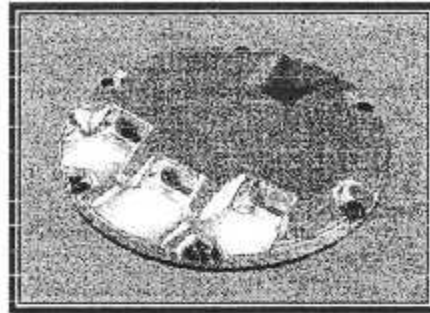


Fig. IV-2: Feu encastré unidirectionnel

c) Régulateur à courant constant de 6.6 A / 30KVA, alimenté par 400 w.

2. Feux de piste :

a) Feu de bord de piste élevé

bidirectionnel HI, il contient :

- Une lampe de 150 w, 6.6 A.
- Un transformateur d'isolement série 150 w, 50 Hz.

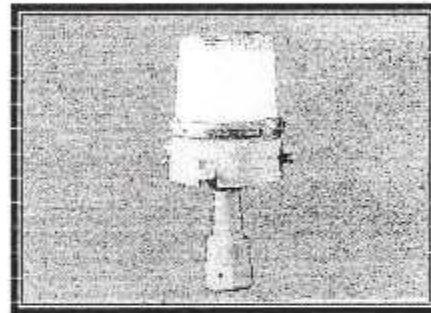


Fig. IV-3: Feu élevé bidirectionnel

b) Feu de seuil et fin de piste encastré bidirectionnel :

• Coté seuil :

- Deux lampes aux halogènes 105 w, 6.6 A.
- Deux prismes verts.

• Coté fin de piste :

- Une lampe aux halogènes 105 w, 6.6 A
- Une prisme rouge.

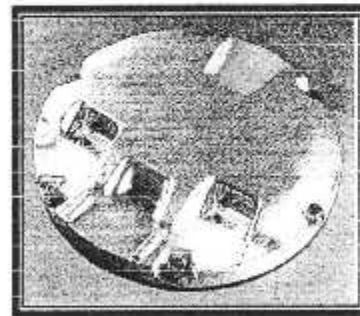


Fig. IV-4: Feu encastré bidirectionnel

- un transformateur d'isolement 300w, 50Hz.

c) Régulateur à courant constant 6.6 A, 30 KVA.

3. Feux de voie de circulation :

a) Feu de voie de circulation omnidirectionnel

BI, il comprend :

- Une lampe halogène de 45 w, 6.6A
- Globe prismatique bleu.

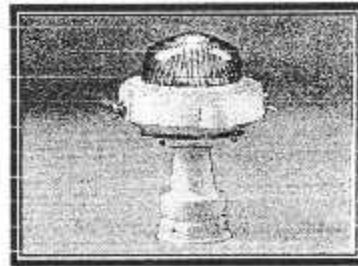


Fig. IV-5: Feu élevé omnidirectionnel

- Transformateur d'isolement série 45w, 50Hz.

b) Régulateur à courant constant 6.6A, 15 KVA.

2. Système PAPI :

a) Chaque unité se compose de :

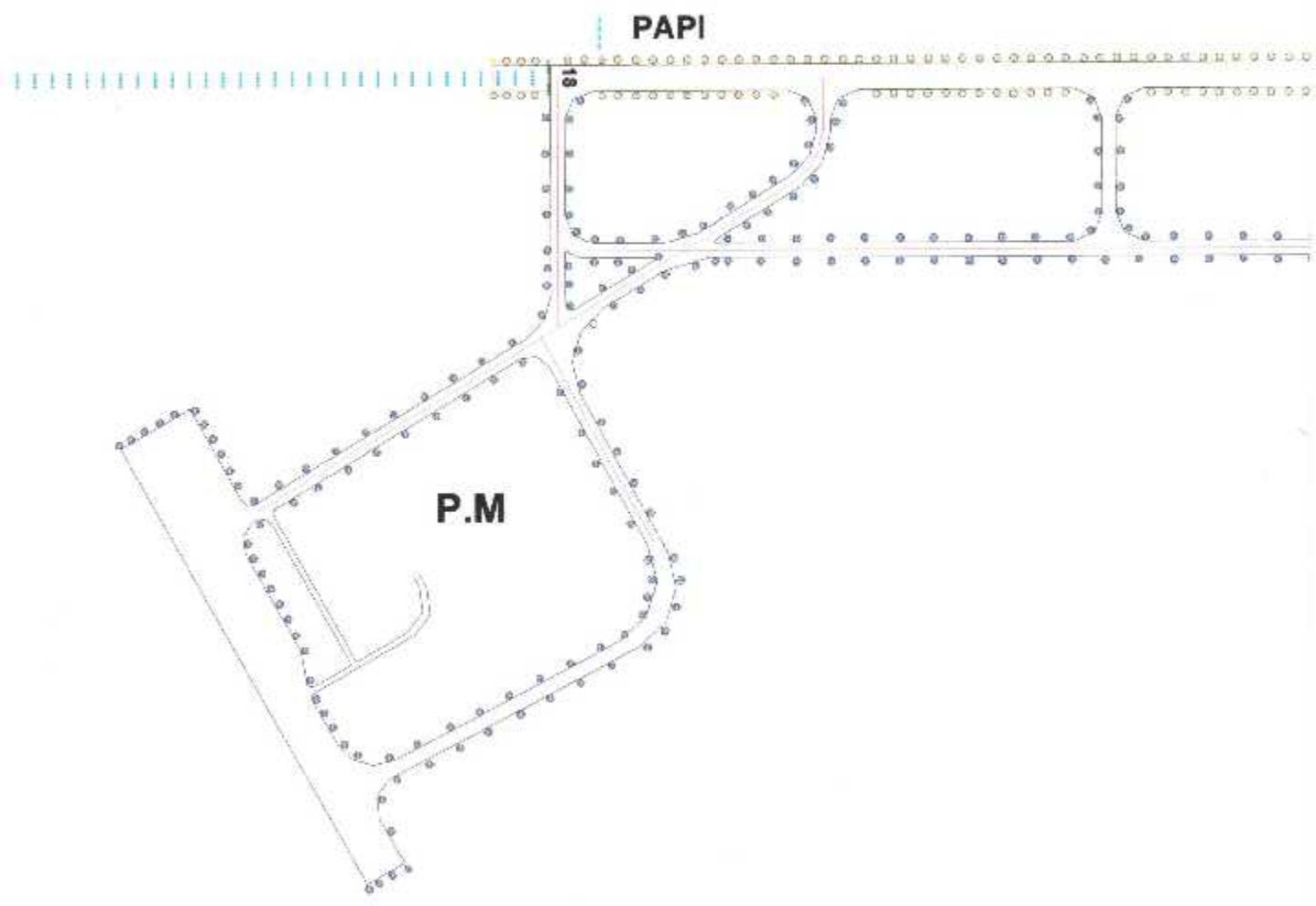
- Deux lampes aux halogènes de 200 w, 6.6 A
- Deux transformateur d'isolement série 200w, 50HZ.

b) Régulateur à courant constant 6.6 A, 2.5 KVA.

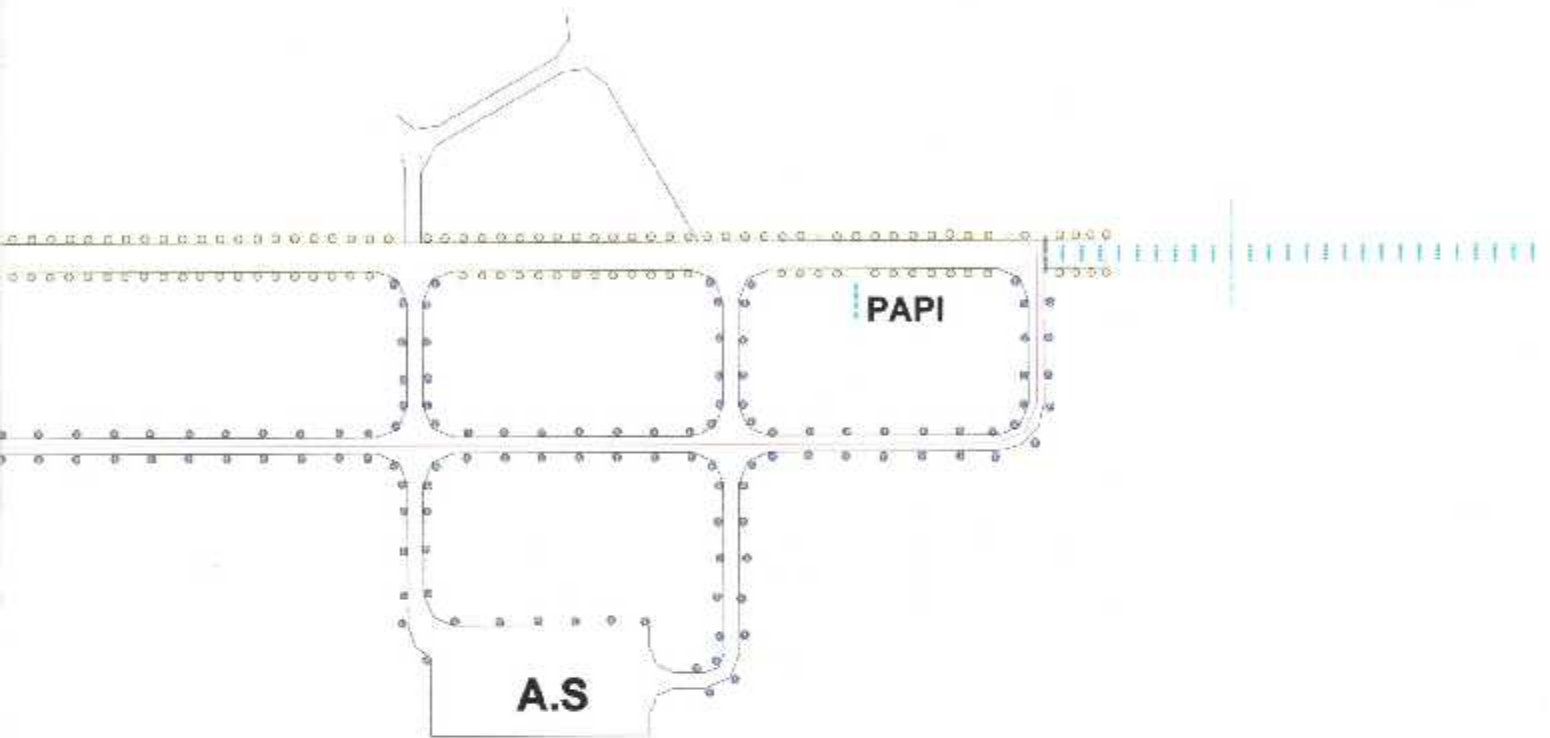
Remarque :

Les équipements de balisage sont à présent développés autour de lampes aux halogènes. Grâce à un processus de régénération du filament renforcé par l'addition d'halogène au gaz neutre, cette conception prolonge la durée de vie des lampes et assure des performances lumineuses élevées, ce qui permet de substantielles économies d'énergie.

- Le plan suivant schématise la disposition des feux au sein de l'aérodrome.



IMPLANTATION DES FEU)



K D'APPROCHE, DE PISTE ET DES VOIES DE CIRCULATION

IV-5- L'alimentation électrique :

IV-5.1 Source primaire:

L'aérodrome de Béchar dispose d'une seule source principale d'énergie provenant du secteur SONELGAZ, cette ligne assure l'alimentation de toutes les infrastructures. Le poste de livraison aéroportuaire (local moyenne tension) reçoit l'énergie sous une tension de 30 KV (arrivée SONELGAZ) et délivre une tension de 400 V.

IV-5.2 Source secondaire:

En cas de panne de la ligne SONELGAZ, l'aérodrome est équipé de deux groupes électrogènes utilisés comme source auxiliaire pour alimenter les éléments qui constituent le minimum nécessaire à l'exploitation, parmi eux on site le balisage lumineux. (Voir figure ci-dessous)

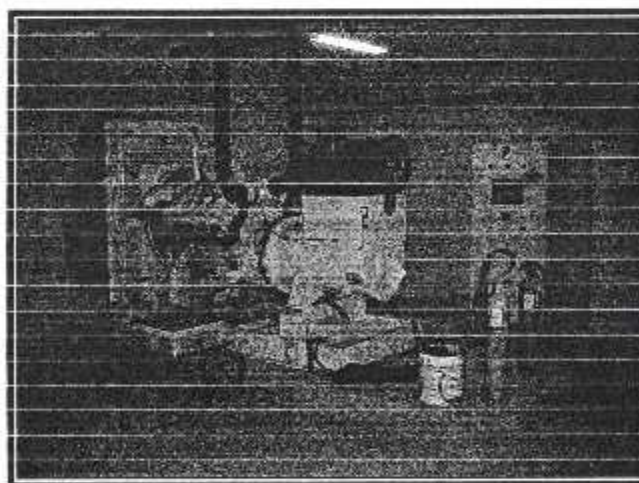


Fig. IV-6: Local groupe

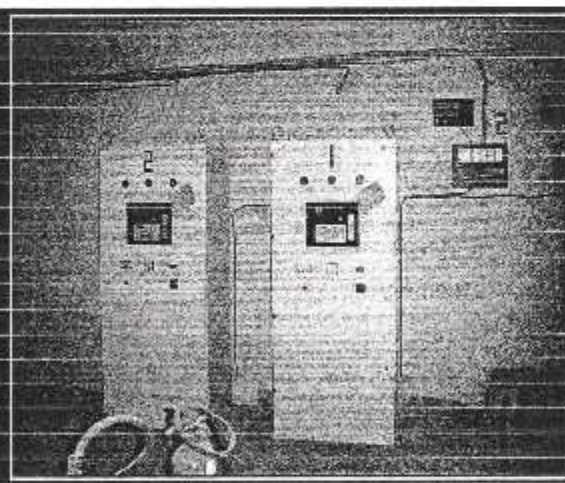


Fig. IV-7: Armoires des groupes

IV-5.3 Fonctionnement de la centrale électrique.

1. Composition de la centrale électrique :

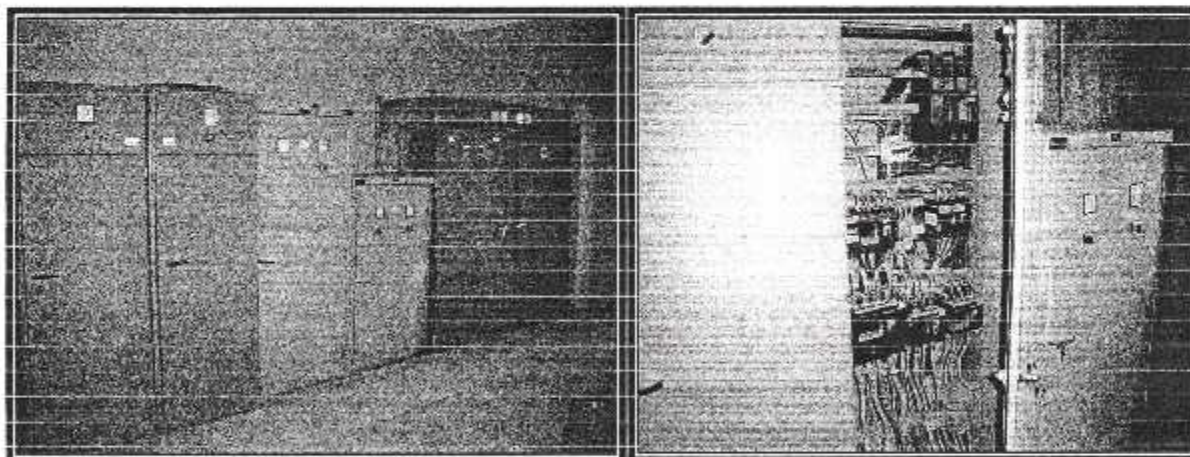
Elle est composée de quatre locaux principaux :

A. Local moyenne tension (poste de livraison) :

Il est équipé des cellules d'arrivée, de départ et de protection, il contient aussi un transformateur MT/BT de puissance de 630 KVA, il fait abaisser la tension d'arrivée 30KV à la valeur de 400 V.

B. Local basse tension : Il est doté de plusieurs armoires et coffrets :

- Armoire générale BT.
- Armoire technique secourue.
- Armoire prioritaire secourue.
- Armoire non secourue.
- Coffret balisage.
- Coffret éclairage (parking et aire de stationnement).
- Coffret radionavigation. (Voire figure IV-8)

**Fig.IV-8: Local basse tension****Fig. IV-9: Armoire****C. Local groupe électrogène :**

Ce local contient l'équipement de l'alimentation de secours, représenté par deux groupes électrogènes dont la puissance est de 400 KVA pour chacun des groupes. Ils sont raccordés en cascade d'une manière que l'un soit secouru par l'autre. (Voir le schéma qui suit).

2) En cas de panne de l'arrivée secteur :

- Arrivée secteur est en arrêt, les deux groupes sont mis en marche.
- Le premier inverseur ouvre CR1 et ferme CG1, en même temps le deuxième inverseur ouvre CR2 et ferme CG2.
- U1 est alimenté par le groupe G1.
- Dès qu'il y a une détection de l'alimentation arrivée de U1, le deuxième inverseur ouvre CG2 et ferme CR2.
- Le départ U2 est alimenté par le groupe G1.
- * Si le premier groupe tombe en panne :
 - Le deuxième inverseur ouvre CR2 et ferme CG2.
 - Le départ U2 sera alimenté par G2.

D. local régulateur :

Pour corriger les variations de tension due aux variations de charge, la centrale énergétique est dotée de huit régulateurs alimentés en triphasé (380 V).

- Deux régulateurs de 15 KVA, alimentent les deux circuits de piste.
- Deux régulateurs de 10 KVA, alimentent les deux circuits de voie de circulation.
- Deux régulateurs de 15 KVA, alimentent les deux circuits d'approche.
- Deux régulateurs de 2.5 KVA, alimentent les deux systèmes PAPI.

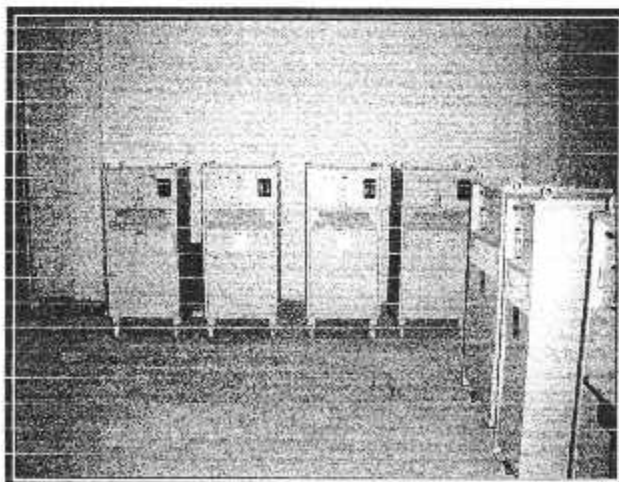


Fig. IV-10: Local régulateur

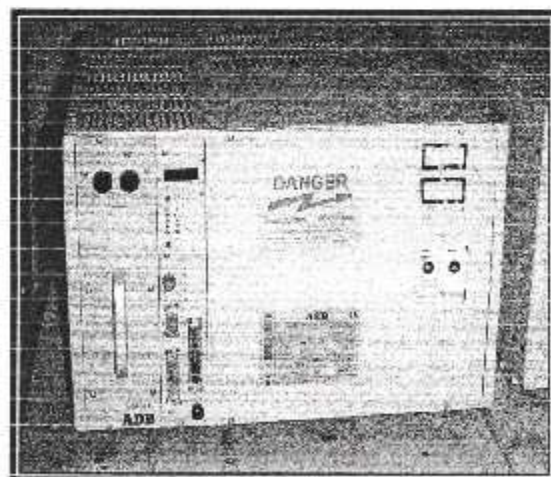


Fig. IV-11: Régulateur à c.c

2. Dispositif de commutation :

Si l'alimentation principale vient à faire défaut, la charge doit être commutée sur les groupes électrogènes dans un délai admissible de 15 s, ce passage se déroule de la manière suivante :

Après la détection de la panne par l'organe détecteur qui fait partie du dispositif de commutation, le démarrage du moteur primaire du groupe électrogène est déclenché par une commande automatique. Dès la mise en marche, le bloc de commande vérifie que la tension et la fréquence de l'alternateur sont bien stabilisées et raccorde la charge à l'alternateur, en parallèle, il débranche les charges qui ne sont pas essentielles.

Remarques :

- Le retour à la source principale d'alimentation et l'arrêt du groupe peuvent être automatiques ou télécommandés.
- Le débranchement et le raccordement de la charge sont assurés par des commutateurs ou des relais, caractérisés par la capacité appropriés au délai de commutation.
- Pour le délai de commutation de 15 s, les organes sensibles réagissent en moins de 3 s car les moteurs ont besoin de 10 s pour démarrer et se stabiliser.

3. Distribution de l'énergie électrique destinée au balisage lumineux :

Depuis le poste de livraison, le transport de l'énergie électrique est assuré par des circuits souterrains installés dans des canalisations. La distribution de l'énergie électrique destinée au balisage lumineux suit le cheminement suivant :

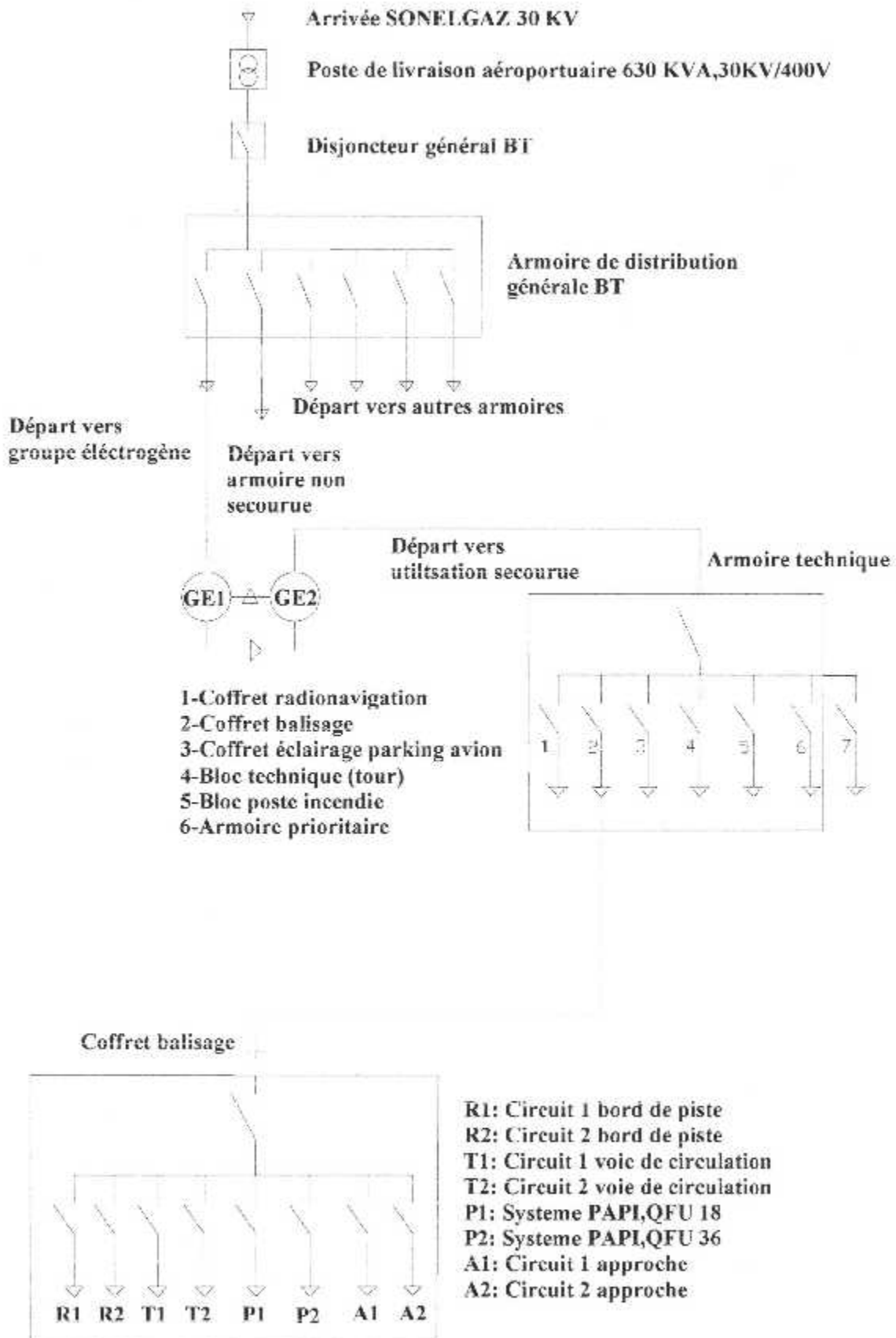


Schéma bloc: Alimentation électrique des circuits de balisage lumineux

1. Alimentation électrique :

Les dispositifs lumineux de l'aérodrome de Béchar sont alimentés par des circuits série en courant alternatif, dont l'intensité est de 6.6 A et la fréquence est de 50Hz. La figure ci-dessous donne un exemple d'alimentation du circuit bord de piste.

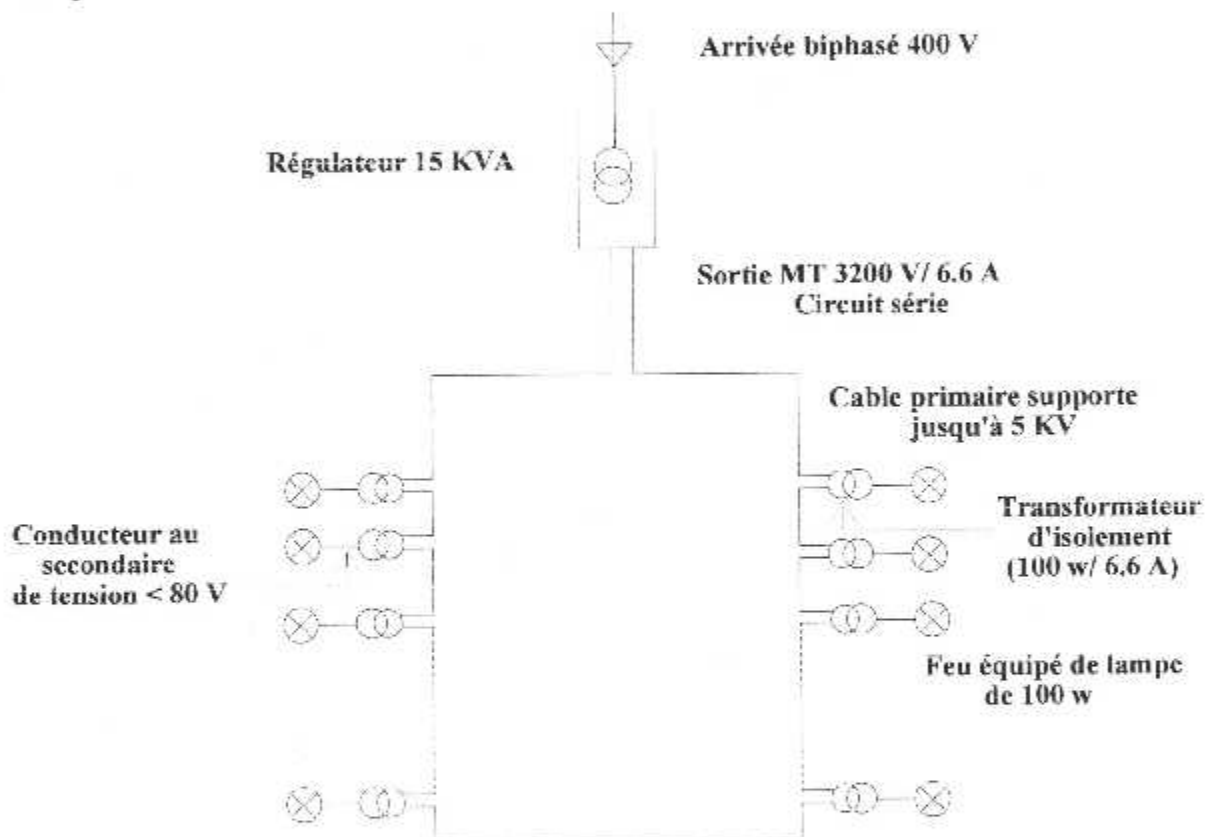


Fig. IV-12: Exemple d'alimentation d'un circuit de bord de piste

* La sélection du régulateur à courant constant se fait après la détermination de la charge totale de la boucle par :

-Le calcul de la puissance secondaire total P.S.T

$$P.S.T = \text{puissance du feu} + \text{pertes secondaires.}$$

-le calcul de la puissance primaire totale P.P.T

$P.P.T = P.S.T * 1.25 * N$, de transformateurs. (1.25 le coefficient de transformation)

La charge totale = P.P.T+pertes primaires.

-En règle générale il est recommandé de choisir un régulateur dont la puissance sera au minimum de la valeur calculée plus 20% de réserve.

*Dans notre exemple, la valeur correspond à un régulateur de puissance de 15 KVA dont la tension de sortie est de 3200V.

*En conformité avec les normes, le choix des régulateurs à 3 gammes ou à 5 gammes est effectué selon le besoin opérationnel.

2. Installation des circuits :

Pour chaque système de balisage soit d'approche, de piste, de voie de circulation ou du PAPI, le réseau des feux est imbriqué sur deux circuits de telle sorte que l'aspect général du balisage reste symétrique et équilibré en cas de panne d'un des circuits.

La figure suivante donne un exemple d'imbrication des circuits d'approche et de bords de piste installés sur l'aérodrome de Béchar.

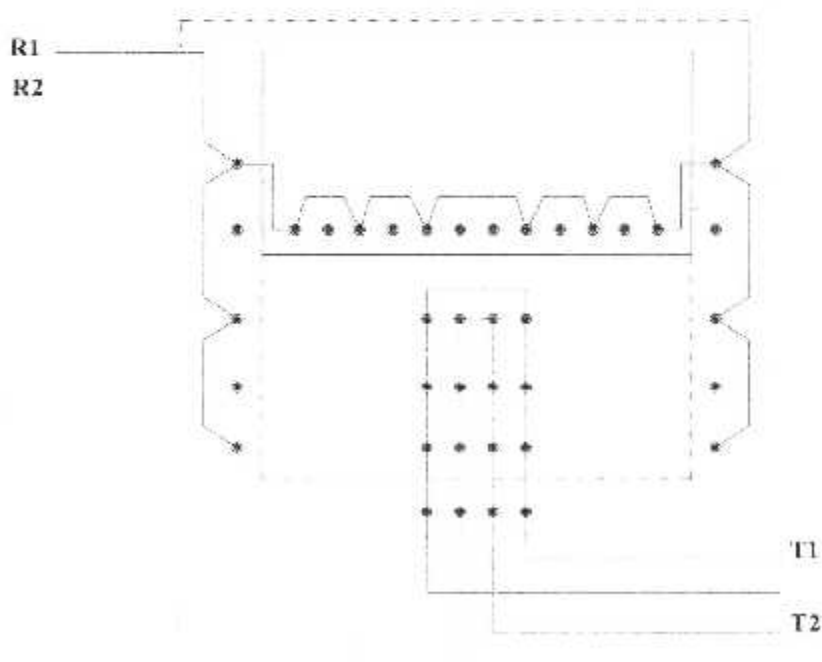


Fig. IV-13 :IMBRICATION DES CIRCUITS D'APPROCHE ET DE PISTE

3. Maintenance :

En conformité avec le manuel de conception des aérodromes, Le personnel techniciens et ingénieurs de l'aérodrome de Béchar respectent les normes exigées à la maintenance des installations électriques du balisage lumineux.

IV-5- Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons pris l'aérodrome de Béchar comme moyen de concrétisation de ce qui était évoqué précédemment. En commençant par illustrer ces infrastructures puis à décrire le balisage lumineux de cette aérodrome et enfin, démontrer le parcours de l'énergie électrique, de son arrivée de SONALGAZ jusqu'à sa distribution au circuit de balisage lumineux.

Conclusion

En tant qu'avionnières, nous pensions consacrer notre recherche de fin d'études à un thème traitant des équipements des aéronefs. L'absence de thème opportun nous a contraintes à traiter un autre sujet tenant de la navigation, à savoir l'étude du balisage électrique d'un aéroport. Grâce à ce nouveau thème, que nous pensions mineur vu le développement de la navigation radioélectrique ou électronique, nous avons pu mesurer, tout au long de notre travail, l'importance capitale que revêtent les aides visuelles au sol pour les vols aériens. Le balisage qui figure au nombre de ces aides est le seul système qui fournit au pilote, par sa vue de la piste, une perception sensorielle directe de sa trajectoire et ce dans les pires conditions météorologiques. Il procure en effet une aide visuelle pendant toutes les phases critiques du vol, à savoir l'approche, l'atterrissage, la circulation au sol et le décollage. Du fait de ce rôle essentiel, il importe que le balisage offre un degré maximal de fiabilité et respecte rigoureusement les normes internationales édictées en matière de sécurité. Cette exigence est en grande partie liée à l'importance accordée aux sources auxiliaires autonomes d'énergie électrique. Cette étude du balisage nous a permis d'appréhender son rôle, sa conception, ses dispositifs d'alimentation ainsi que les procédures de maintenance. Elle nous a permis aussi de constater la nécessaire complémentarité qui prévaut entre les aides visuelles et non visuelles. Nous déplorons le fait de ne pas avoir pu faire une étude *in situ* car nous aurions incontestablement gagné en pratique et en expérience. Le manque de documentation a constitué, par ailleurs, une difficulté majeure dans la réalisation de ce travail. Néanmoins, notre satisfaction réside dans le sentiment réel d'avoir appris... qui plus est dans un domaine très sensible où la moindre des négligences est source de catastrophes incommensurables. En conclusion, nous formulons le vœu que cette modeste étude puisse être utile aux étudiants qui la consulteront.

Abréviations :

ITAC : Instruction technique des aérodromes civils
OACI : L'organisation internationale de l'aviation civile
HD : Hauteur de décision
QFU : L'orientation magnétique
PVP : Portée visuelle de piste
ILS : Instrument landing system (Le système d'atterrissage au instrument)
VOR : VHF omnidirectional range (Le radio phare omnidirectionnel)
DME : distance measuring équipement (L'équipement de mesure de distance)
OM : Outer marker
MM : Midel marker
IM : Inner marker
VHF : Very high frequency
UHF : Ultra high frequency
L-C-R : Left-Right
Cat : Catégorie
BI : Basse intensité
HI : Haute intensité
PAPI : Precision approach path indicator (Indicateur visuel de pente d'approche)
LPS : alimentation sans interruption

Unités:

m : metre
ft : foot
NM : notik mile
V : Volte
A : Ampère
w : watt
KVA : Kilo Volte Ampère
c.c : courant continue
MΩ : Mégaohm
μA : Microampère

Bibliographie

Ouvrages :

- ✚ Manuel de conception des aérodromes 5ème partie (Installations électriques).Édition 1983
- ✚ Annexe 14 à la convention relative à l'aviation civile internationale.
- ✚ Instruction technique sur les aérodromes civiles fascicule 3.
- ✚ Balisage lumineux des aéroports système et produit.
- ✚ A.I.P
- ✚ ADB-ACS.informations.30 août 2001.
- ✚ Rapport sur l'aéroport de Béchar procuré de l'établissement de la navigation aérienne (ENNA).

Thèses :

- ✚ Mémoire d'ingénieria « Etude et réalisation d'un système de balisage lumineux » (Promotion 2001).
- ✚ Mémoire d'études appliquées « Les aides visuelles pour l'accès à l'aérodrome » (Promotion 2003)

Sites :

- ✚ www.stna.aviation
- ✚ [www.aviation -fr.info](http://www.aviation-fr.info)