

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA
SAAD DAHLEB

Institut d'Aéronautique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
En vue de l'obtention du diplôme
D'INGENIEUR D'ETAT en AERONAUTIQUE

Option : Installation

THEME

**ETUDE ET CONCEPTION D'UN SYSTEME
DE BALISAGE D'UN AERODROME**

Dirigé par : M^r. A.BEN OUARED & M^r. M.LAGHA

Présenté par : BEKHEDDA M'hamed
BELHARRAT Katia

Promotion : Octobre 2002

Remerciement

Remerciement

Nous remercions Dieu de nous avoir donné de la force, du courage, de la persévérance, de la foi et de la volonté pour arriver à terme de ce travail malgré les difficultés rencontrées.

Nous tenons à exprimer notre vive reconnaissance et notre profonde gratitude à :

*Nos promoteurs, « M. **Benouard A.H** » et « M. **Lagha M** » enseignants à l'institut d'aéronautique, nos remerciements les plus sincères de nous avoir encadrés.*

*En particulier, « M. **Otmane** » enseignant de la promotion TNAO de l'ENNA pour l'aide qu'il n'a pas manqué d'assurer durant la réalisation de notre projet.*

*A « M. **Berguel Saïd** » directeur de l'LAB de nous avoir facilité la tâche de l'acheminement de notre travail.*

*Sans oublier, « M. **Hadjellah** » pour son aide inestimable.*

Dédicace

Je dédie ce travail à :

- L'âme de mon père "Djilali".
- Ma mère "Fatiba" qui m'a été très chère et qui a fait de moi un simple diplômé.
- Ma grand-mère "Fatma"
- Ma chère femme "Katia", pour son soutien et encouragement, qui grâce à elle j'ai trouvé mon équilibre.
- Mes frères et leurs épouses et ma sœur (Mohamed, Benaïssa, Fouzia)
- Mes nièces «Narimane, Nasrine, Nabila» et mes neveu «Fathi Ayoub»
- Ma Belle-famille «Belharrat» "Ramdane, Feroudja, Amina, Massinissa, Kamel, Kabina, Samia, Moumouh, Mouloud, Fetta,.....".
- Mon oncle et ma tante «M'bamed, Mamesse»
- Mon ami intime "I'Imidate" et à mes cousins "Achachi, Khelifa"
- Mes oncles et leurs épouses, mes tantes et leurs époux
- La mémoire de notre ami Abdallah El-birtsi Ben Aïcha
- Mes amis (Bachari, Hmida, Imad, Merouane, Mahammed, Djilali ; Belkacem, Mahfoud, Karim, Toufik, Borhane eddine, Achour, Houari, Amine, Mechtouf, Chenguriba, Toufik, Walid, Ramzi, Hichem, Bachir, Azabi, Ch'haida, A/Elrrahmène, Yacine, Hachi, Djalal, Chaâbane, Djalal.....)
- Tous les amis de la promotion 1996.
- Tous les collègues du Bloc02, et mes amis (ies) de l'option installation et la promotion d'aéronautique 2002
- Bien sûr le binôme pour m'avoir supporté surtout cette dernière période

« Que dieu vous garde »

Pour notre mère patrie ALGERIE

M'hamed

Résumé

Tout pilote, dont l'appareil est en approche finale, a besoin d'une aide visuelle qui lui permettra d'assurer un atterrissage sûr et précis par bonne ou mauvaise visibilité de nuit et par mauvaise visibilité de jour.

Le balisage lumineux d'aérodrome reste le meilleur moyen pour repérer et identifier l'aérodrome, pour distinguer les limites des aires de mouvement et pour faciliter les évolutions en cours d'atterrissages ou de décollage et les manœuvres au sol.

Dans cet ouvrage, nous nous efforçons de donner une description générale d'un balisage lumineux d'aérodrome. Ces différents dispositifs et les éléments qu'il comprend tel que : Les feux, les différents indicateurs, qui a donnent au pilote une indication sur la pente d'approche pour assurer un atterrissage sûr et précis, les différents types de câbles et de connexions, le système d'alimentation, le système de télécommande, les circuits utilisés et les différentes méthodes d'installation ; Nous nous baserons aussi sur les différentes méthodes d'essais, les méthodes de contrôle et d'inspection afin d'assurer l'opérationnalité, l'intégrité et la fiabilité du système de balisage.

Pour terminer, nous élaborons un plan de réalisation d'un balisage lumineux d'un aérodrome qui a les mêmes conditions météorologiques, les mêmes considérations écologiques et la même topographie de l'emplacement de l'aérodrome de Hassi Messaoud et de ses abords, en utilisant un système PALS qui est un balisage portable, tout en expliquant les avantages de ce choix et les étapes à suivre afin d'assurer le succès de cette réalisation et la garantie d'une fiabilité, d'une économie, une sécurité et une intégrité pour tout le système.

Summary

All pilot, whose apparatus is in final approach, needs a visual help which will enable him to ensure a sure and precise landing by good or bad visibility of night and by bad visibility of day.

The luminous beaconing of aerodrome remains the best means to locate and identify the aerodrome, to distinguish the limits from the surfaces of movement and to facilitate the evolutions in the course of landings or of takeoff and the manoeuvres on the ground.

In this work, we endeavour to give a general description of a luminous beaconing of aerodrome. These various devices and the elements which it includes/understands such as: Fires, the various indicators, which A give to the pilot an indication on the slope of approach to ensure a sure and precise landing, various types of cables and connections, the feeding system, the system of remote control, circuits used and various methods of installation; We will also base ourselves on the various testing methods, the control methods and of inspection in order to ensure the operationnality, the integrity and the reliability of the system of beaconing.

To finish, we work out a plan of realisation of a luminous beaconing of an aerodrome which has the same weather conditions, the same ecological considerations and the same topography of the site of the aerodrome of Hassi Messaoud and its accesses, by using a system PALS which is a portable beaconing, while explaining the advantages of this choice and the stages to follow in order to ensure the success of this realization and the guarantee of a reliability, of an economy, a safety and an integrity for all the system.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I : Généralités sur les aérodromes

I-1- Introduction.....	1
I-2- Classement des aérodromes suivant leur usage.....	2
I-2-1- Aérodromes ouverts à la C.A.P.....	2
I-2-2- Des aérodromes réservés à l'usage des administrations de l'état.....	2
I-2-3- Des aérodromes à usage restreint.....	3
I-2-4- Des aérodromes à usage privé.....	3
I-3- Classification des aérodromes suivant leurs caractéristiques.....	5
I-4- Les pistes.....	6
I-4-1- Caractéristiques des pistes.....	6
I-4-1-1- Définitions.....	6
I-4-1-2- Facteurs liés à l'implantation, à l'orientation et au nombre des pistes.....	8
I-4-2- Emplacement du seuil.....	8
I-4-3- Longueur réelle d'une piste.....	9
I-4-3-1- La piste principale.....	9
I-4-3-2- La piste secondaire.....	9
I-4-4- Largeur des pistes.....	9
I-4-5- Distance de visibilité.....	10
I-4-6- Pentas transversales.....	10
I-5- Conclusion.....	11

Chapitre II : Balisage lumineux sur aérodrome

II-1- Introduction.....	12
II-2- Les caractéristiques d'un dispositif de balisage lumineux d'aéroport.....	13
♣ Configuration.....	13
♣ Couleur.....	13
♣ Intensité lumineuse.....	14
♣ Couverture.....	15
II-3- Pistes des dispositifs lumineux d'approche.....	16
II-3-1- Piste avec approche classique.....	16
II-3-2- Piste avec approche de précision.....	17
II-4- Dispositifs lumineux d'approche.....	19
II-4-1- Dispositifs lumineux d'approche simplifiés.....	19
II-4-1-1- Emplacement.....	19
II-4-1-2- Caractéristiques.....	21
II-4-2- Dispositifs lumineux d'approche de précision, catégorie I.....	21
II-4-2-1- Emplacement.....	21
II-4-2-2- Caractéristiques.....	22
II-4-3- Dispositifs lumineux d'approche de précision, catégorie II et III.....	24

II-4-3-1- Emplacement.....	24
II-4-3-2- Caractéristiques.....	25
II-5- Approche finale, Arrondi et atterrissage.....	27
II-6- Problèmes liés aux dispositifs lumineux d'approche et de piste.....	27
II-7- Classification des dispositifs de balisage.....	30
II-7-1- Balisage de jour.....	30
II-7-2- Balisage lumineux.....	31
II-7-2-1- Objet du balisage lumineux.....	31
II-7-2-2- Réparage et identification des aérodromes.....	31
II-7-2-3- Balisage de piste Basse intensité.....	32
II-7-2-4- Balisages des autres surfaces.....	33
II-7-2-5- Balisage de piste Haute intensité.....	34
II-7-3- Intensité lumineuse et réglage de l'intensité.....	36
II-8- Indicateurs visuels de pente d'approche.....	37
II-8-1- Introduction.....	37
II-8-2- Emploi.....	37
II-8-3- Les différents types d'indicateurs visuels de pente d'approche.....	39
II-8-3-1- VASIS.....	40
II-8-3-2- T-VASIS.....	44
II-8-3-2-1- Tolérances d'installation.....	45
II-8-3-2-2- Ensemble lumineux du T-VASIS (à volet d'occultation).....	47
II-8-3-2-3- Ensemble lumineux du T-VASIS (à projection).....	49
II-8-3-3- Les dispositifs PAPI et APAPI.....	50
II-8-3-4- Définition de PAPI et APAPI.....	50
II-8-3-5- Tolérances d'installation.....	52
II-9- Conclusion.....	57

CHAPITRE III : Maintenance des circuits et du câblage.

III-1- Introduction.....	58
III-2- Types de circuits électriques.....	59
III-2-1- Caractéristiques électriques.....	59
III-2-2- Circuits série de balisage lumineux des aérodromes.....	60
III-2-2-1- Les éléments d'un circuit série.....	60
III-2-2-2- Avantages des circuits série de balisage lumineux.....	61
III-2-2-3- Inconvénients des circuits série de balisage lumineux.....	61
III-2-2-4- Facteurs à prendre en considération.....	62
III-2-2-4-1- Choix du courant.....	62
▪ Dispositifs lumineux d'approche et balisage lumineux de piste.....	63
▪ Indicateurs visuels de pente d'approche.....	68
▪ Mise à la terre.....	68
III-2-2-4-2- Régulateur à courant constant.....	69
III-2-2-4-3- Transformateur d'isolement.....	70
III-2-2-4-4- Dispositifs de dérivation pour les lampes.....	71
III-2-2-4-5- Branchements sur les circuits série.....	71
III-2-3- Circuits parallèles.....	71
III-2-3-1- Les éléments d'un circuit parallèle.....	71

III-2-3-2- Avantages des circuits parallèles de balisage lumineux.....	71
III-2-3-3- Inconvénients des circuits parallèles de balisage lumineux.....	72
III-2-3-4- Emploi de circuits parallèles pour le balisage lumineux des aérodromes.....	72
III-2-3-5- Effets de panne.....	73
III-2-4- Comparaison entre les circuits série et les circuits parallèles pour le balisage lumineux.....	73
III-3- Câblage.....	74
III-3-1- Câbles des circuits série de balisage lumineux d'aérodrome.....	74
III-3-2- Causes d'endommagement des câbles.....	75
III-3-2-1- Causes mécaniques.....	75
III-3-2-2- Infiltration d'eau.....	76
III-3-2-3- Produits chimiques.....	76
III-3-2-4- Rongeurs.....	77
III-3-2-5- Rayons ultraviolets.....	77
III-3-2-6- Usure des câbles.....	77
III-3-3- Boîtes de jonction pour le balisage lumineux d'aérodrome.....	77
III-3-4- Installation des câbles par enfouissement direct.....	79
a- Creusement des tranchées.....	79
b- Pose des câbles.....	79
c- Boucles de reprise.....	80
d- Remblayage final.....	80
III-3-5- Installation de canalisation (conduites).....	82
III-3-5-1- Techniques et méthode d'installation.....	82
III-3-5-2- Tirage des câbles dans les canalisations.....	85
III-3-5-3- Enfouissement direct des transformateurs d'isolement.....	86
III-4- Lampes.....	86
III-4-1- Lampes à incandescence.....	86
III-4-2- Lampes pour feux d'approche à éclats successifs (lampes 'stroboscopiques').....	88
III-5- Méthodes employées pour assurer l'intégrité et la fiabilité du balisage lumineux d'aérodrome.....	89
III-5-1- Définition.....	89
III-5-2- Moyens permettant d'améliorer l'intégrité et la fiabilité du point de vue électrique.....	90
III-5-2-1- Réduction du risque de panne du circuit.....	90
III-5-2-2- Réduction du risque de panne de l'alimentation.....	90
III-5-2-3- Réduction du risque de panne du circuit de commande.....	91
III-5-2-4- Modes de conception assurant l'intégrité et la fiabilité.....	91
III-6- Contrôle du fonctionnement de circuits du balisage lumineux d'aérodrome.....	92
III-6-1- Méthode de contrôle.....	92
III-6-2- Conception des dispositifs de contrôle.....	92
III-6-3- Catégories de dispositifs de contrôle.....	94
III-6-4 - Commandes de surpassement des dispositifs de contrôle.....	94
III-7- Essais de réception des circuits électriques d'aérodrome.....	95
III-7-1- Application.....	95
III-7-2- Période de garantie.....	95
III-7-3- Procédures d'inspection.....	95
III-7-3-1- Examen visuel.....	95
III-7-3-2- Inspection des câbles, des connecteurs et des transformateurs d'isolement.....	96

III-7-3-3- Inspection de régulateurs à courant constant.....	97
III-7-3-4- Inspection des ensembles lumineux et des phares.....	97
III-7-3-5- Inspection de fonctionnement de l'installation.....	98
III-7-3-6- Essais électriques sur les câbles.....	98
III-7-3-7- Essais électriques des équipements des circuits série.....	99
III-7-3-8- Essais électriques de régulateurs.....	100
III-7-3-9- Essai de dépannage.....	100
III-7-3-10- Essais électriques des autres équipements.....	101
III-7-3-11- Essai des dispositifs de contrôle.....	102
III-8- Conclusion.....	104

CHAPITRE IV : Elaboration d'un plan de réalisation d'un balisage.

IV-1- Introduction.....	105
IV-2- Pourquoi, quand et où utiliser un système de Balisage 'P.A.L.S'.....	106
• Pourquoi ?.....	106
• Quand ?.....	106
• Ou ?.....	107
IV-3- Avantages essentiels du système P.A.L.S.....	107
IV-4- Les composants du système P.A.L.S.....	108
IV-4-1- Transfo-feu portable Type DGRC/2.....	108
IV-4-1-1- Description.....	108
IV-4-1-2- Description.....	109
IV-4-2- Régulateur à courant constant Type TCC 500.....	110
IV-4-2-1- Principales caractéristiques.....	110
IV-4-2-2- Avantages essentiels.....	111
IV-4-3- Câbles et connexions.....	111
IV-4-4- Groupe électrogène.....	112
IV-4-5- Système de télécommande.....	113
IV-4-6- Indicateur visuel de pente d'approche (PAPI) TYPE PPL400.....	114
IV-4-6-1- Application.....	114
IV-4-6-2- Avantages essentiels.....	115
IV-4-6-2- Avantages du PAPI.....	116
IV-4-6-3- Performances.....	116
IV-4-6-4- Montage.....	116
IV-4-6-5- Fixation.....	118
IV-4-6-6- Frangibilité et résistance au souffle.....	118
IV-4-6-7- Alimentation électrique.....	119
IV-4-6-8- Réglage des angles de calage en site.....	119
IV-4-7- Mise en service et maintenance.....	120

Conclusion générale

Glossaire

Bibliographie



*INTRODUCTION
GENERALE*

INTRODUCTION GENERALE

L'histoire de la navigation a été conditionnée pendant des millénaires beaucoup plus par les exigences des transports maritimes que par le transport sur terre. Les demandes de la navigation aérienne ne se font sentir que depuis env.50 ans dans le développement technique, qui, par ailleurs, est toujours influencé par les besoins de la marine, notamment celles des puissances.

Pour diriger un avion dans l'espace aérien, le pilote a besoin d'informations de navigation. Ces informations de guidage de vol doivent être suffisamment précises et indépendantes des conditions météorologiques.

L'OACI stipule que les aéroports devant fonctionner la nuit et dans des conditions de visibilité faible doivent être équipés des systèmes d'éclairage d'aéroport. Indépendamment des directives de l'OACI il est également nécessaire de tenir compte de nombreux règlements nationaux établis par les autorités ou les ministères d'aviation concernés. L'équipement de systèmes de d'éclairage d'aéroport fournissent au pilote des informations et une aide visuelle de navigation pendant l'approche, l'atterrissage, rouler au sol et le décollage. Le degré le plus élevé de fiabilité doit être garanti.

Dans cette étude, nous avons adopté le plan de travail suivant :

- une introduction générale ;
 - un premier chapitre consacré à des généralités sur les aérodromes ;
 - un deuxième chapitre où nous présentons les aides visuelles à l'approche et le balisage lumineux qui devrait être disponible sur un aérodrome, selon les normes OACI en vigueur;
 - un troisième chapitre réservé aux notions de la maintenance des circuits et du câblage ;
 - et un quatrième chapitre où nous présentons un plan détaillé sur conception et la réalisation d'un balisage lumineux d'un aérodrome ;
 - et nous terminons par une conclusion générale et des recommandations.
-



Chapitre I :
Généralités sur les aérodromes

I-1- Introduction

Les premières normes et pratique recommandées -aérodrome- ont été adoptées par le conseil de l'organisation internationale de l'aviation civile (OACI) le 29 MAI 1951, conformément aux dispositifs de l'article 37 de la convention relative à l'aviation civile internationale (Chicago, 1944). Les normes et pratique recommandées s'inspiraient des recommandations formulées par la division des aérodromes, routes aériennes et installations au sol, lors de la troisième et quatrième session, en septembre 1947 et en novembre 1949.

Dans le présent chapitre, nous nous proposons de faire une description des différentes aires et objets qui composent un aérodrome; nous donnerons ensuite le principe de classification des aérodromes selon les normes en vigueur.

I-2- Classement des aérodromes suivant leur usage

L'organisation internationale de l'aviation civile OACI classe les aérodromes suivant leur usage, et prévoit :

- 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.

I-2-1- Aérodromes ouverts à la C.A.P

Aérodrome dont tous les aéronefs présentant les caractéristiques techniques appropriées sont autorisés à faire usage, sous réserves des restrictions ou interdiction temporaire. Si des conditions de la circulation aérienne sur l'aérodrome ou dans l'espace aérien environnant, ou des raisons d'ordre public le justifie. Ces décisions font l'objet d'avis aux navigateurs aériens.

I-2-2- Des aérodromes réservés à l'usage des administrations de l'état

La décision de les créer et leur mise en service font l'objet d'arrêtés conjoints des ministres dont ils dépendent et du ministre chargé de l'aviation civile.

Ces aérodromes ne peuvent être utilisés, en principe, que par les aéronefs des administrations qui s'en sont réservé l'usage.

Ceux ci peuvent être utilisés, à titre temporaire ou dans des circonstances particulières par d'autres aéronefs que ceux des administrations sur l'autorisation conjointe du ministre dont dépendent ces aérodromes.

I-2-3- Des aérodromes à usage restreint

Destinés à des activités qui, tout en répondant à des besoins collectifs, techniques ou commerciaux, sont soit limitées dans les objets, soit réservées à certaines catégories d'aéronefs, soit exclusivement exercées par certaines personnes spécialement désignées à cet effet.

Ces activités peuvent comprendre notamment :

- Le fonctionnement d'écoles de pilotage ou de centre d'entraînement aérien ;
- Les essais d'appareils prototypes non munis de certificats de navigabilité ;
- La desserte de centres d'entretien et de réparation de matériel aéronautique ;
- Les vols de tourisme;
- Les opérations de travail aérien ;
- La desserte des bases pétrolières ;
- Exceptionnellement, certains transports aériens commerciaux.

On peut citer, par exemple, parmi les conditions d'utilisation le plus fréquemment rencontrées :

- Réservé aux aéronefs qui y sont basés et à ceux des aéro-clubs voisins.
- Réservé au vol à voile et aux avions de servitudes.

I-2-4- Des aérodromes à usage privé

Sont considérés comme aérodromes à usage privé, les aérodromes créés par une personne physique ou morale de droit privé, pour son utilisation personnelle ou celle de ses employés et invités.

La création des aérodromes à usage privé est soumise à une autorisation administrative accordée par l'autorité compétente.

Les personnes qui ont été autorisées à créer un aérodrome pour leur usage privé peuvent l'utiliser dès qu'il est aménagé, sans avoir à solliciter une autorisation de mise en service.

Toutefois, elles devront en aviser les autorités locales et régionales pour permettre l'exercice du contrôle prévu. Ces aérodromes peuvent ne pas être balisés ni signalés.

Si le bénéficiaire désire installer des aides à la navigation aérienne, visuelle ou radio électrique ou tout autre dispositif de télécommunications aéronautiques, il est tenu de prendre l'accord du ministre chargé de l'aviation civile et de se conformer à la réglementation en vigueur, tant pour l'installation que pour leur utilisation.

I-3- Classification des aérodromes suivant leurs caractéristiques

Les aérodromes destinés à la circulation aérienne publique font l'objet d'une classification établie en tenant compte des caractères et de l'importance du trafic qu'ils doivent assurer.

Un code de référence d'aérodrome choisi à des fins de planification d'aérodrome sera déterminé conformément aux caractéristiques des avions auxquels une installation d'aérodrome est destinée.

Les chiffres et les lettres du code de référence d'aérodrome auront les significations indiquées au tableau (I.1.).

Note : la distance de référence d'un avion est déterminée uniquement en vue du choix du chiffre de code et n'est pas appelé à influencer sur la longueur de piste effectivement offerte.

Chiffre de code (1)	Elément de code 1		Elément de code 2	
	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 E	De 36m à 52m exclus De 52m à 65m exclus	De 9m à 14m exclus De 9m à 14m exclus

a. Distance entre les bords extérieurs des roues du train principal.

Tableau. I.1 : Code de référence d'aérodrome.

I-4- Les pistes

I-4-1- Caractéristiques des pistes

I-4-1-1- Définitions

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

La piste est inscrite dans une bande aménagée qui est une aire rectangulaire en terrain naturel ayant les même axes que la piste.

La bande aménagée ; qui est elle-même inscrite dans une bande dégagée qui est une aire rectangulaire et qui est de même longueur que la bande aménagée, 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 (**Fig. I.1.**).

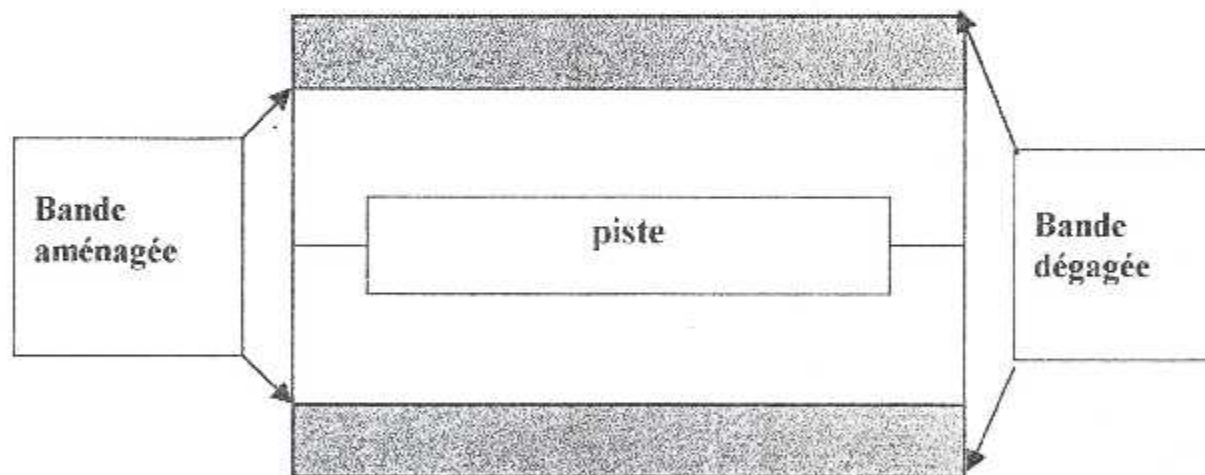


Fig.I.1: Caractéristiques des pistes

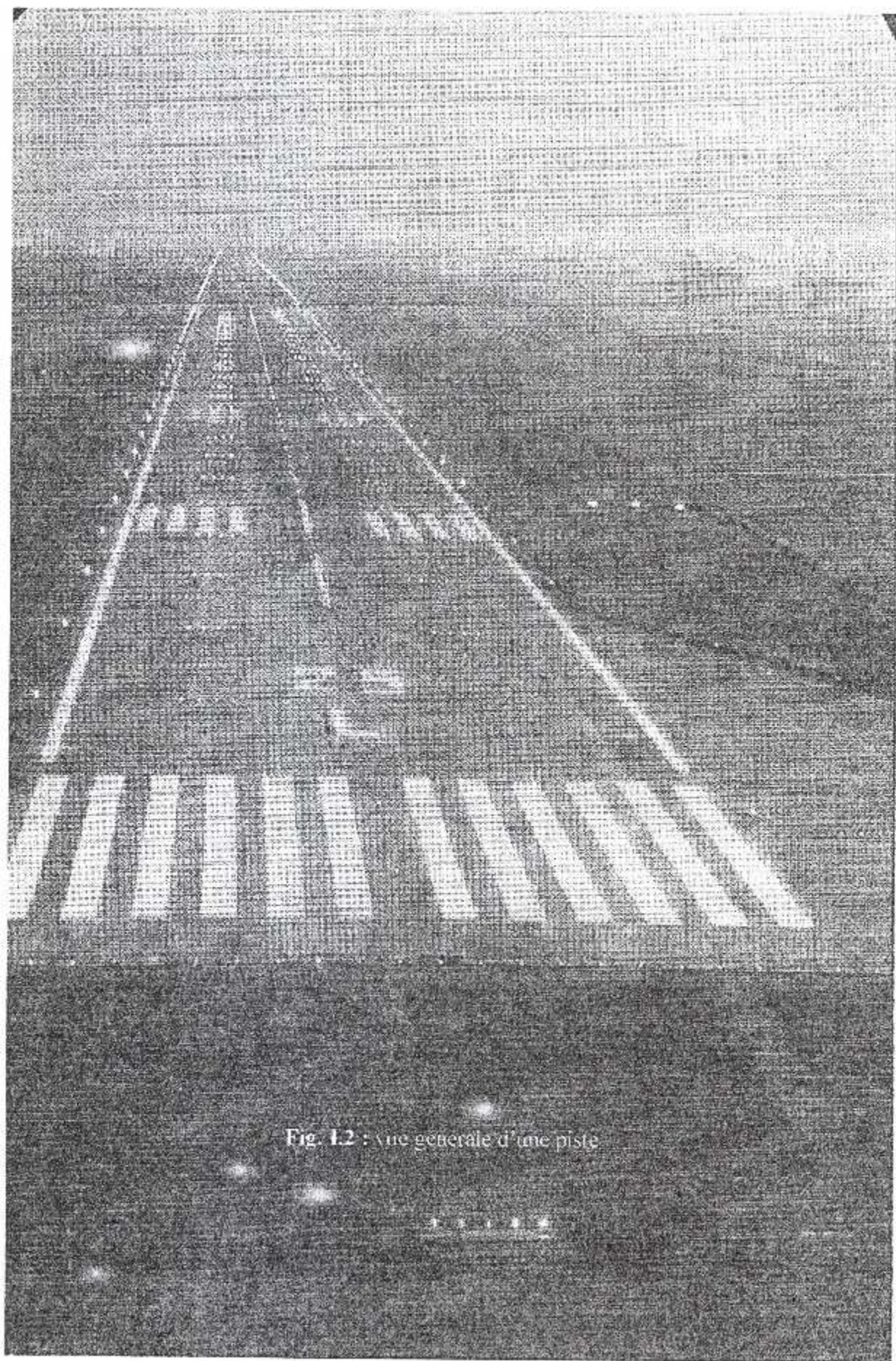


Fig. 1.2 : vue générale d'une piste

I-4-1-2- Facteurs liés à l'implantation, à l'orientation et au nombre des pistes

Plusieurs facteurs influent sur l'implantation, à l'orientation et au nombre des pistes. Parmi les importantes, on peut citer :

- i. Les conditions météorologiques, particulièrement les conditions d'utilisations déterminées par la répartition des vents et l'incidence de brouillards localisés ;
- ii. La topographie de l'emplacement de l'aérodrome et de ses abords ;
- iii. La nature de la circulation aérienne, y compris les aspects du contrôle de la circulation aérienne ;
- iv. Les considérations relatives aux performances des aéronefs ;
- v. Les considérations écologiques, notamment en ce qui concerne 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-4-2- Emplacement du seuil

Le seuil de piste est en principe placé en bout de piste, sauf si certaines considérations relatives à l'exploitation justifient le choix d'un autre emplacement.

Lorsqu'il est nécessaire de décaler le seuil d'une piste, temporairement ou de façon permanente, il est recommandé de tenir compte des différents facteurs qui peuvent avoir une incidence sur l'emplacement du seuil. Lorsque le seuil doit être décalé parce qu'une partie de la piste est inutilisable, il est recommandé de prévoir une aire dégagée et nivelée d'au moins 60 m de longueur entre l'aire inutilisable et le seuil décalé.

Il convient également de prévoir une distance supplémentaire correspondant à l'aire de sécurité d'extrémité de piste, selon les besoins.

I-4-3- Longueur réelle d'une piste

I-4-3-1- La piste principale

La longueur réelle à donner à une piste principale doit être suffisante pour répondre aux besoins opérationnels des avions auxquels la piste est destinée et ne soit pas inférieure à la plus grande longueur obtenue en appliquant aux vols et aux caractéristiques de performances de ces avions les corrections correspondant aux conditions locales.

I-4-3-2- La piste secondaire

La longueur réelle d'une piste secondaire doit être déterminée de la même façon que celle des pistes principales. Il suffit cependant que cette longueur soit adaptée aux avions qui doivent utiliser cette piste, en plus de l'autre ou des autres pistes, de façon à obtenir un coefficient d'utilisation de 95%.

I-4-4- Largeur des pistes

La largeur de piste ne doit pas être inférieure à la dimension spécifiée dans le tableau I.2.

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

Tableau.I.2 : Largeur des pistes

- a- La largeur d'une piste avec approche de précision ne devrait pas être inférieure à 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

Note : Les combinaisons des chiffres et des lettres de code correspondant aux largeurs spécifiées ont été établies en fonction des caractéristiques d'aéronefs types.

1-4-5- Distance de visibilité

- a- Produit de la somme des valeurs absolues des changements de pente correspondant par la longueur appropriée ci-après :
- 30 000 m lorsque le chiffre de code est 4 ;
 - 15 000 m lorsque le chiffre de code est 3 ;
 - 5 000 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 ;
- b- 45 m.

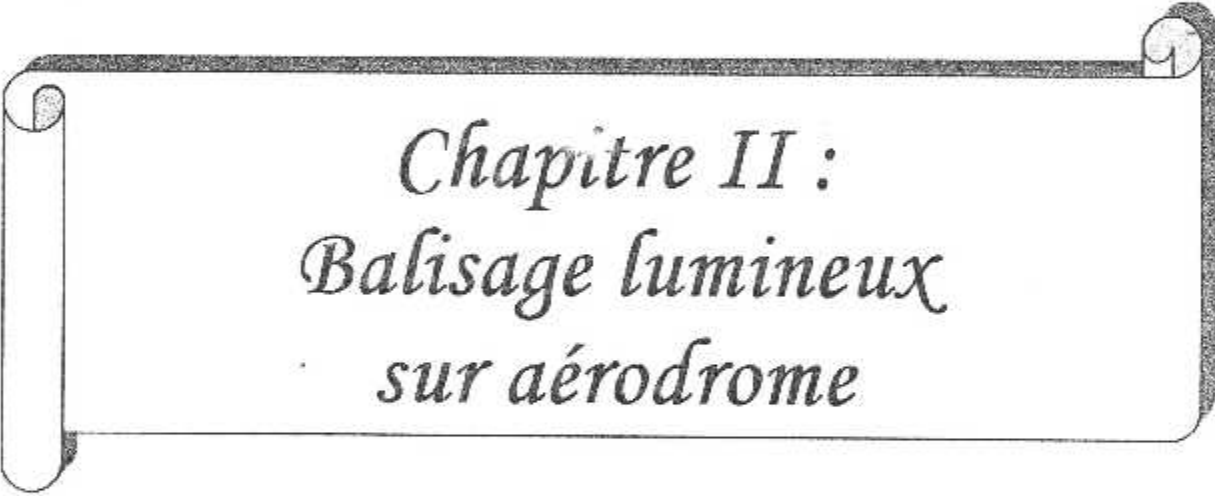
1-4-6- Pentes transversales

Pour assurer un séchage aussi rapide que possible, il est recommandé que la surface de la piste soit, si possible, bombée, sauf 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 serait que la pente transversale soit de :

- 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-5- Conclusion

Nous avons essayé dans ce chapitre, de présenter les aires et objets constituant un aérodrome qui est un domaine régi par règles très complexes et que nous avons fait qu'effleurer en nous basant sur la réglementation française à notre disposition. Nous avons ainsi situé notre travail constituant à l'initialisation et la création de pistes à partir des plots radar.



Chapitre II :
Balisage lumineux
sur aérodrome

II-1- Introduction

Le balisage et la signalisation des aérodromes sont destinés à faciliter aux navigateurs aériens, au moyen d'aides visuelles, les diverses manœuvres que comportent aussi bien la circulation en vol et au sol que l'atterrissage et le décollage.

On entend par *balisage* un ensemble de repères visuels artificiels, fixes, servant à guider les aéronefs dans leurs manœuvres, et par *signalisation* un ensemble de signaux utilisés pour donner aux aéronefs la circulation aérienne ; on y ajoute certains signaux (qui ne sont pas tous visuels) qui servent aux aéronefs eux-mêmes à manifester des besoins impératifs.

On peut classer les dispositifs de balisage actuellement utilisés en deux catégories : le balisage de jour et le balisage lumineux. Cette classification est un peu arbitraire du fait que le balisage de jour comporte des aides qui sont utiles de nuit, par exemple lorsque les avions se servent de leurs phares, et qu'inversement, certains dispositifs de balisage lumineux, en particulier les aides destinées aux atterrissages par mauvaise visibilité, servent aussi bien de jour que de nuit.

Les installations que nous examinerons dans ce chapitre sont donc les installations actuellement normalisées étant entendues que l'on peut trouver sur les aérodromes d'autres aides que celles qui sont décrites et que toutes les installations décrites ne figurent pas forcément sur tous les aérodromes.

II-2- Les caractéristiques d'un dispositif de balisage lumineux d'aéroport

Les caractéristiques du dispositif de balisage lumineux d'aéroport, peuvent se ranger sous quatre rubriques principales, à savoir : configuration, couleur, intensité lumineuse et couverture.

La **configuration** fournit l'information de guidage et la **couleur** renseigne le pilote sur la position de son appareil à l'intérieur du dispositif. L'**intensité** lumineuse et la **couverture** sont des caractéristiques lumineuses essentielles au bon rendement de la configuration et de la couleur.

Ces quatre éléments s'appliquent à tous les dispositifs lumineux d'aérodrome, mais à des degrés très variables. Selon divers facteurs comme les dimensions de l'aéroport et les conditions dans lesquelles l'exploitation aérienne est prévue.

♣ Configuration

Concerne l'emplacement des composants et l'espacement des feux et des marques à l'intérieur du dispositif.

♣ Couleur

La fonction des signaux lumineux de couleur est d'identifier les différents dispositifs lumineux d'aérodrome, de les rendre plus visible et de transmettre des instructions ou des informations.

Ainsi, les feux de bord de piste sont blancs et ceux des bords de voie de circulation sont bleus et ceux de seuil de piste sont verts ; Les signaux verts, rouges et blancs du projecteur de signalisation servent à transmettre des instructions pour la circulation au sol et en vol.

Avec un choix judicieux des limites de couleurs, on peut reconnaître le rouge, le blanc ou le jaune, le vert et le bleu. Il n'est possible de distinguer le blanc du jaune que :

a/ Si les feux des deux (02) couleurs apparaissent simultanément dans des portés adjacentes d'un même dispositif ;

b/ Si le blanc et le jaune apparaissent comme les phases successives d'un même signal ;

c/ Si le dispositif a une dimension appréciable qui empêche de le percevoir comme une source ponctuelle.

Pour obtenir les feux de couleur, on utilise généralement une source incandescente au tungstène conjointement avec le filtre lumineux approprié qui est ordinairement en verre et dont l'action consiste à supprimer les émissions lumineuses sur des longueurs d'onde non désirées et non à ajouter des émissions lumineuses sur la longueur d'onde voulue.

✦ Intensité lumineuse

C'est l'éclairement, mesuré à l'œil de l'observateur, qui déterminera si le feu qui le produit sera perçu.

L'éclairement produit à une distance V par une source lumineuse d'intensité I , mesurée en candelas, dans une atmosphère ayant une transmissivité (facteur de transmission par distance unité) T , est donné par la loi d'Allard :

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

(E : Eclairement minimal perceptible)

Par exemple, pour une transmissivité de 10^{20} par /Km (brouillard épais), un feu d'une intensité de 80 candelas serait visible à environ 0.17 Km mais un feu d'une intensité de 8.10^4 candelas pour la même transmissivité, c à d 10^{20} par /Km, qui est tout juste visible à une distance de 0.3 Km produirait, par temps parfaitement clair, un éclairage un million de fois supérieur à celui qui serait nécessaire pour que le feu soit juste visible.

♣ Couverture

La lumière émise des tous premiers feux aéronautiques au sol, qui constitués par des ampoules électriques nues avec verrine en verre transparent avait essentiellement la même intensité dans toutes les directions. Par suite, des feux munis de réflecteurs, de lentilles ou de prises sont utilisées pour le besoin de plus forte intensité.

En réorientant les faisceaux lumineux de façon à les supprimer dans les directions inutiles et les concentrer dans les directions voulues, il a été possible d'augmenter l'intensité dans ses directions sans augmenter la consommation d'énergie.

Plus le faisceau émis par le bloc optique mince et plus l'intensité de la lumière à l'intérieur du faisceau est forte.

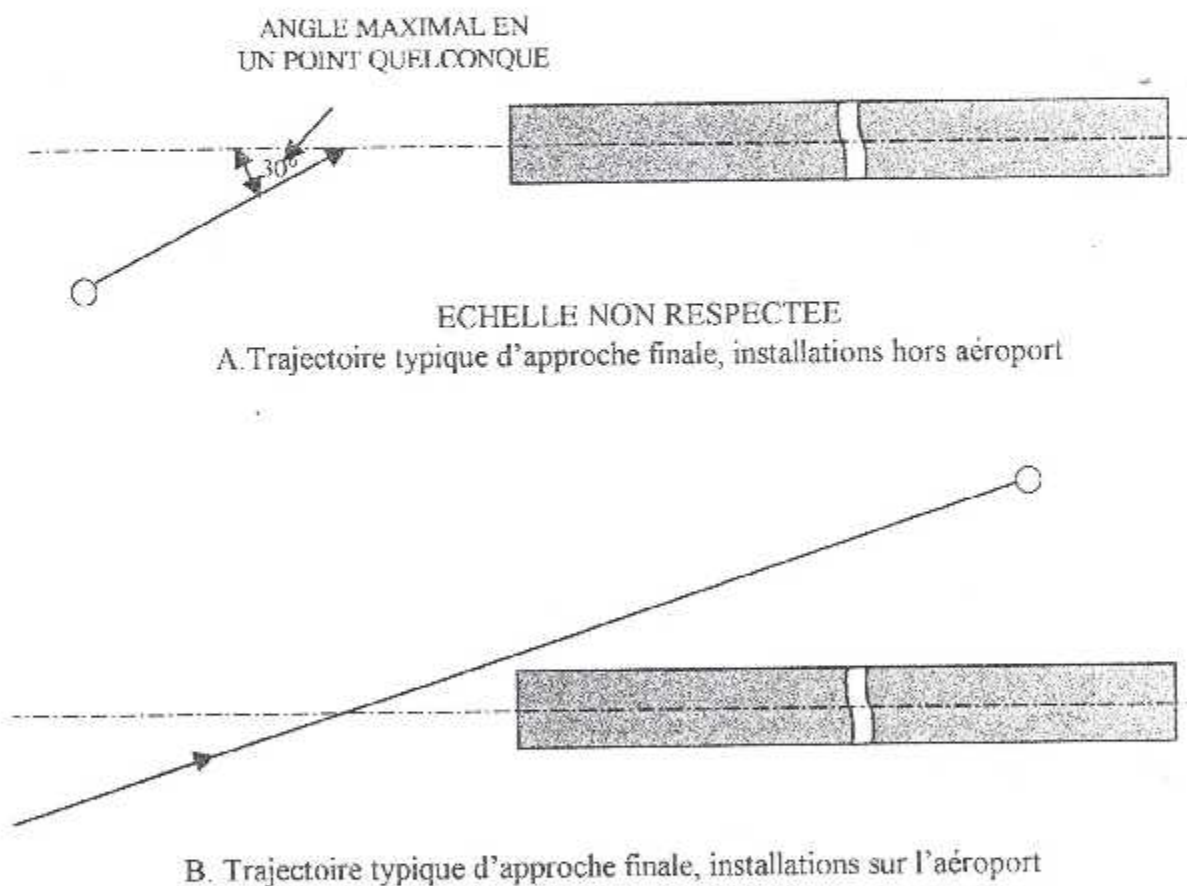
A mesure que la distance entre l'aéronef et le feu diminue, l'intensité dans la direction de l'aéronef diminue, de telle sorte que le feu conserve une brillance constante.

Les aéronefs ne suivent pas une seule et même trajectoire ni ne volent dans une seule et même condition de visibilité. La configuration des faisceaux produits par les feux aéronautiques au sol doit donc être conçue de façon couvrir un éventail de trajectoires et de valeurs de la transmissivité atmosphérique.

II-3- Pistes avec dispositifs lumineux d'approche

II-3-1- Piste avec approche classique

Une procédure d'approche classique en ligne droite ne devant pas nécessiter en approche finale, un changement de cap supérieur à 30° . Les procédures d'approche sont conçues de telle sorte que l'aéronef puisse descendre à l'altitude minimale établie pour la procédure avant que la trajectoire de vol ne coupe le prolongement de l'axe de piste (Fig.II.1).



Note : Dans les deux cas A et B ci-dessus, le point recherché pour l'intersection avec le prolongement de l'axe de piste est situé à 900m du seuil de piste.

Fig.II.1 : Exemples d'atterrissage en ligne droite avec aide d'approche classique

En approche finale, les indicateurs visuels de pente d'approche sont parmi les aides visuelles les plus importantes car de nombreux repères visuels sont masqués du fait des conditions météorologiques.

Les pilotes éprouvent souvent de très grandes difficultés lorsqu'ils exécutent des approches sans l'aide d'un indicateur visuel de pente d'approche, notamment au-dessus de l'eau ou d'une surface dépourvue de caractéristiques remarquables.

II-3-2- Piste avec approche de précision

Le même type d'aide non visuelle au sol (ILS) est utilisé pour toutes les catégories d'approche de précision, la différence étant qu'une plus grande précision est exigée de tout l'équipement au sol que l'équipement bord pour répondre aux normes de certification régissant l'exploitation par très faible visibilité.

La hauteur de décision (DH) minimale est normalement de 60m pour l'exploitation de catégorie I et de 30m pour l'exploitation de catégorie II, aucune hauteur de décision n'est applicable aux approches des catégories III A et B ; enfin pour l'exploitation de catégorie III C il n'y a plus référence à des aides visuelles.

Un dispositif d'approche et de piste fournit en plusieurs points et sur toute sa longueur, des indications de distance. Le tableau 1-1 donne tous les détails à ce sujet. La disponibilité d'aide visuelle au sol qui renseigne constamment le pilote sur sa position dans les conditions de visibilité réduite constitue, du point de la sécurité, l'une des principales caractéristiques de ce système.

Dispositif	Emplacement	Couleur	Configuration	Fonction opérationnelle
Dispositif lumineux d'approche avec axe codé en distance	600 premiers mètres	Blanc	Configuration comportant trois sources lumineuses dans le secteur initial et deux sources lumineuses dans le secteur final.	Position de l'aéronef au-dessus de la hauteur de décision (Cat. II.)
Dispositif lumineux d'approche avec barrettes axiales.	600 premiers mètres	Blanc	Ligne axiale composée de cinq barrettes lumineuses, chacune d'elles étant complétée par un feu à décharge de condensateur.	Position de l'aéronef au-dessus de la hauteur de décision (Cat. II.)
Dispositif lumineux d'approche (des deux types)	Entre 300 m et 30m du seuil	Blanc	Barre transversale à 300m	Signal bien visible à la hauteur de décision ou à proximité (Cat. II.)
		Blanc	Ligne axiale de barrettes	Alignement sur l'axe
		Rouge	Rangées latérales dans l'alignement des feux de zone de toucher des roues.	Indique les limites d'écart latéral pour l'atterrissage. Si le pilote est hors de portée du signal, il doit interrompre l'approche, sauf s'il se dirige vers la ligne axiale
		Blanc	Barre transversale à 150m.	Préparation de l'arrondi pour certains avions gros-porteurs. - proximité immédiate du seuil. (Le secteur entier marque l'aire d'avant- seuil mais les différents éléments apportent une aide au pilote de diverses manières.)
Seuil de piste	Rangée transversale	Vert	Rangée transversale qui peut être interrompue dans la partie centrale	Début de la surface d'atterrissage
Axe de piste	900 premiers mètres de la piste	Blanc	Axe de piste	Alignement sur l'axe
		Blanc	Barrettes de zone de toucher des roues à environ 9 m de part et d'autre de l'axe	Limite d'écart latéral. (Le secteur entier définit une zone d'atterrissage de sécurité.)
Axe	Partie centrale de la piste	Blanc	Indique la partie centrale de la piste	Zone de décélération
Axe	900 derniers mètres de la piste	Rouge et Blanc alternés	Feux alternativement rouges et blancs situés sur les 600 premiers mètres du secteur	Avertissent le pilote de l'approche de la zone des 300 derniers mètres de la piste
		Rouge	Feux exclusivement rouges sur une distance de 300m	Définissent la zone finale de la piste
Extrémité de piste	Rangée transversale	rouge	Rangée transversale normalement interrompue dans sa partie centrale	Extrémité de la piste

Tableau. II.1 : Codage de distance pour les catégories II et

II-7- Classification des dispositifs de balisage

II-7-1- Balisage de jour:

Les balises de délimitation ont la forme de pyramides, de cônes ou de dièdre (Fig.II.6), les balises d'angle ont de préférence la forme de dièdres. Sur les parties de l'aire de mouvement pourvues d'un balisage lumineux, ces balises sont constituées par les supports des feux.

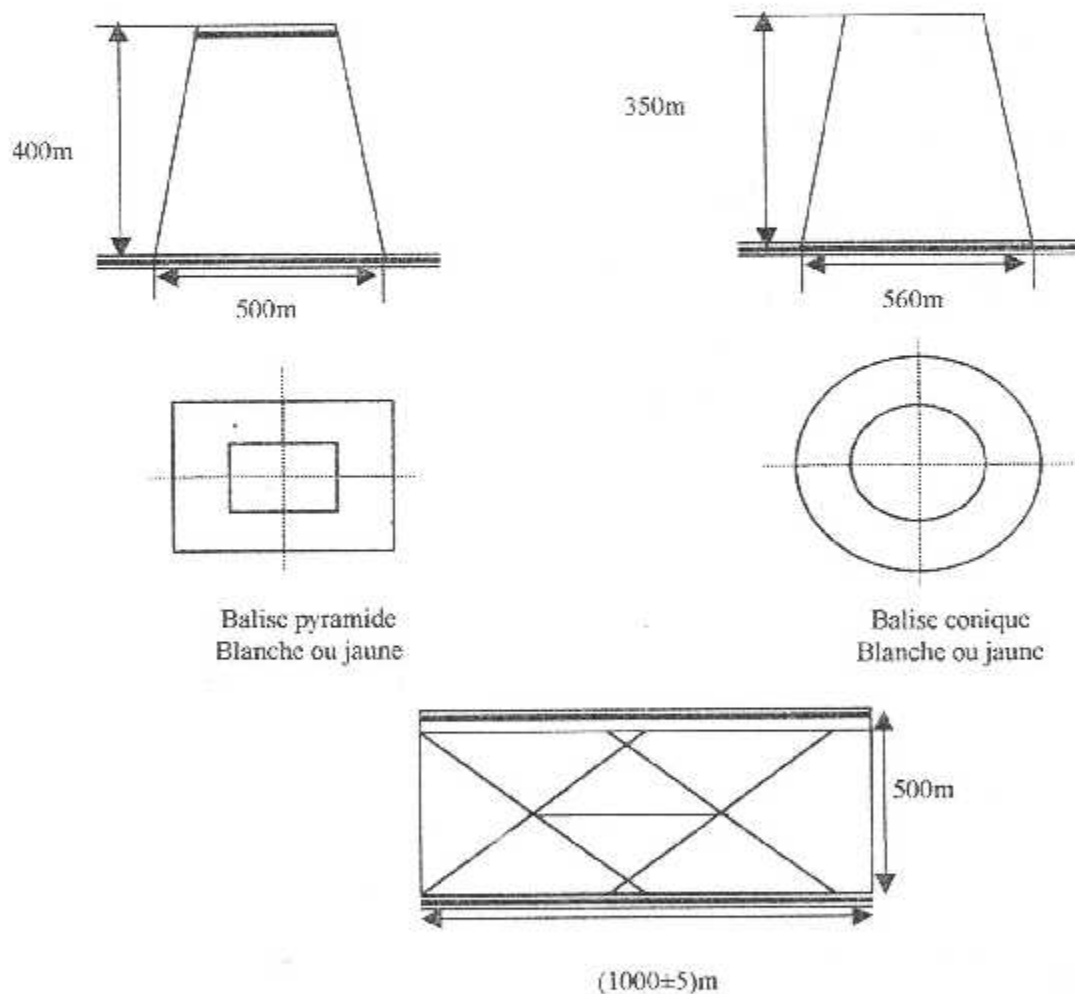


Fig.II.6 : Balise de jour en forme de dièdre

II-7-2- Balisage lumineux

II-7-2-1- Objet du balisage lumineux

Le balisage lumineux d'un aérodrome a pour objet d'aider les pilotes, par bonne ou mauvaise visibilité de nuit et par mauvaise visibilité de jour, et notamment de leur permettre :

- De repérer et d'identifier l'aérodrome.
- De distinguer les limites des aires de mouvement.
- De faciliter les évolutions en cours d'atterrissage ou de décollage et les manœuvres au sol.

Le balisage lumineux est réalisé au moyen de feux dits aéronautiques, qui présentent des caractéristiques spécialement étudiées. Sur certains aérodromes sommairement aménagés, un balisage rudimentaire est réalisé au moyen de lampes à pétrole ou à gaz (goosenecks.).

II-7-2-2- Repérage et identification des aérodromes

Le repérage d'un aérodrome à distance (60 à 80 kilomètres) est obtenu, de nuit seulement, par l'installation généralement sur un point élevé proche de l'aérodrome, d'un phare d'aérodrome à éclats blancs de grande puissance.

L'identification de l'aérodrome est obtenue par un phare d'identification à éclipses, de portée plus réduite, placé sur l'aérodrome et qui émet en Morse un indicatif caractéristique du terrain.

II-7-2-3- Balisage de piste Basse intensité

Les limites d'une piste (ou d'une bande) utilisée seulement par bonne visibilité sont matérialisées au moyen de feux omnidirectionnels, ce balisage, dit balisage à basse intensité, comprend (Fig. II.7).

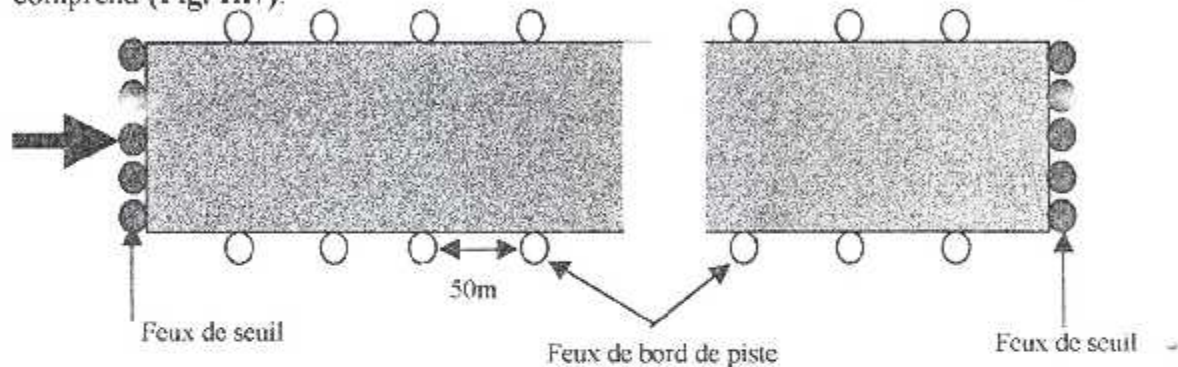


Fig. II.7. Balisage de piste Basse intensité

↳ **Les feux de seuil de piste :** ils sont disposés en un seul groupe ou en deux groupes de feux avec une centrale ; ils sont de couleur verte.

↳ **Les feux de bord de piste :** sont disposés sur toute la longueur de la piste, en deux rangées parallèles équidistantes de l'axe de piste ; ils sont de couleur blanche.

↳ **Les feux d'extrémité de piste :** ils sont disposés sur une ligne perpendiculaire à l'axe de piste, aussi près que possible de l'extrémité de la piste ; ils sont de couleur rouge.

En cas de seuil décalé, les feux latéraux situés entre l'extrémité de la piste et le seuil sont vus rouge du côté de l'approche et blancs du l'autre côté. (Fig. II.8).

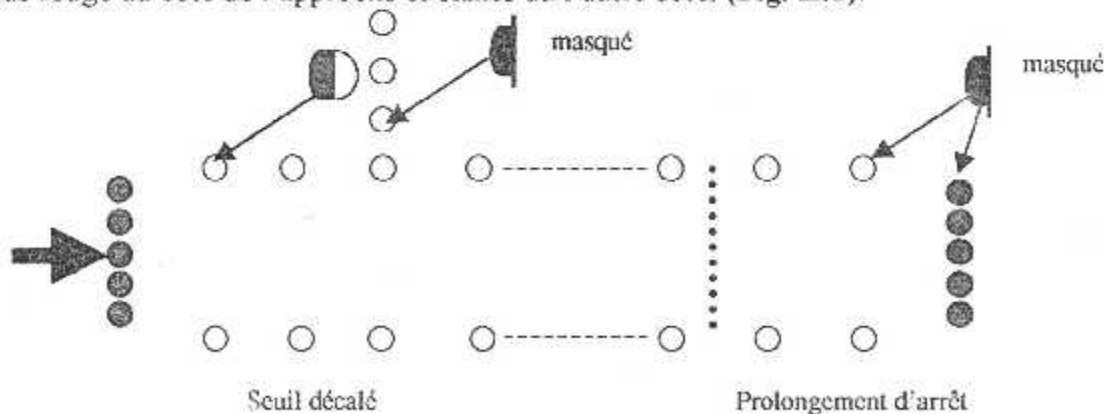


Fig. II.8. Les feux d'extrémité de piste

II-7-2-4- Balisages des autres surfaces

- Les voies de circulation et les aires de stationnement sont délimitées par des feux bleus.
- Le balisage basse intensité peut être complété par les aides visuelles suivantes :

- Un dispositif lumineux d'approche composé d'une ligne de feux jaunes omnidirectionnels, située dans le prolongement de l'axe de la piste sur une longueur qui est en principe au moins égale à 420 m et complétée par une barre de feux de même nature, perpendiculaire à l'axe de la piste et située à 300m. En amont du seuil ; Ce balisage d'approche peut être installé aux deux extrémités de la piste, mais il n'est allumé que du côté de l'approche en cours. (Fig.II.9).

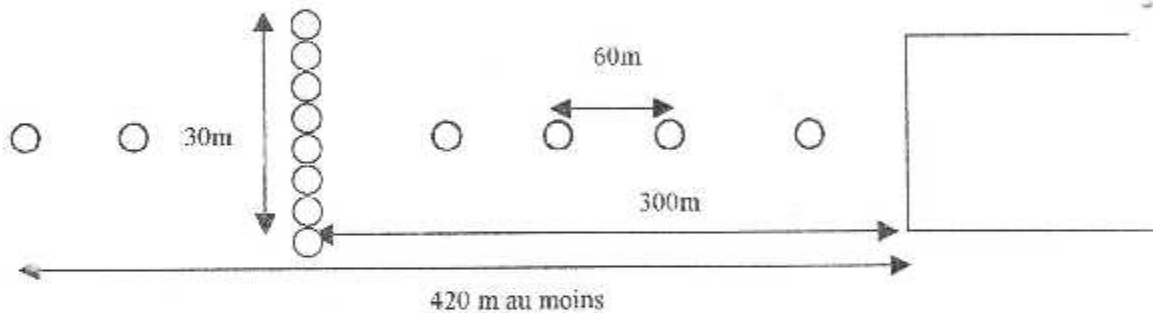


Fig. II.9. Un dispositif lumineux d'approche

- Des feux de seuil de piste : constitués par des feux à éclats et disposés symétriquement par rapport à l'axe de la piste, dans l'alignement du seuil (Fig.II.10.)

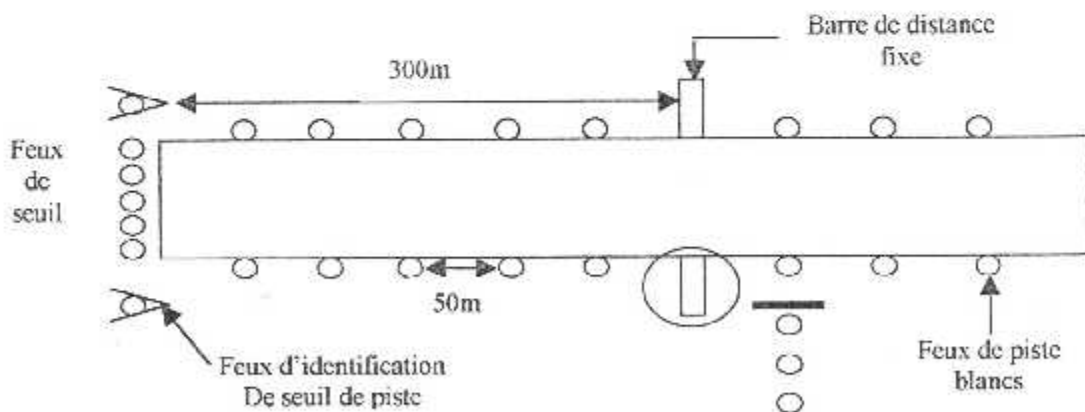


Fig.II.10. Feux de seuil de piste

- Deux barres de distance fixe (Fig.II.10.) : Constituées par des feux blancs omnidirectionnels, perpendiculaires à l'axe de la piste et situées de part et d'autre de celle-ci 300m. en aval du seuil.

II-7-2- 5- Balisage de piste Haute intensité

Le balisage à haute intensité est remplacé ou complété, lorsque la piste est utilisée pour les atterrissages par mauvaise visibilité, par des projecteurs directionnels de même couleurs constituant le balisage dit à haute intensité (Fig.II.11).

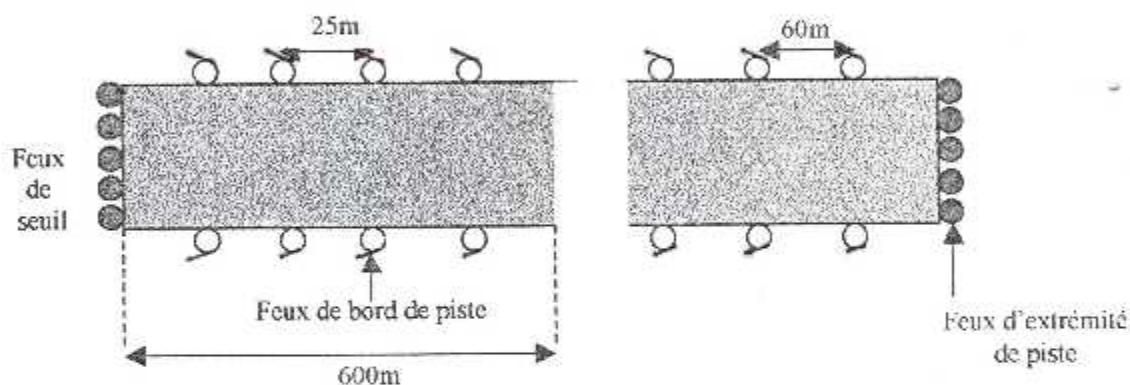


Fig. II.11. Balisage de piste Haute intensité

Le balisage haute intensité peut être complété par les aides visuelles suivantes qui sont constituées par des projecteurs directionnels :

- **Un dispositif lumineux d'approche**, composé en principe d'une ligne axiale de 900 mètres de longueur et de cinq barres transversales distantes de 150, 300, 450, 600, et 750 m du seuil de piste (Fig.II.3).
- **De barres de flanc** qui viennent compléter la rangée de feux de seuil lorsqu'une indication plus visible du seuil est jugée souhaitable (Fig.II.12).
- **Des barres de présignalisation de seuil**, de couleur rouge (Fig.II.12).
- **Des barres de distance fixe**.

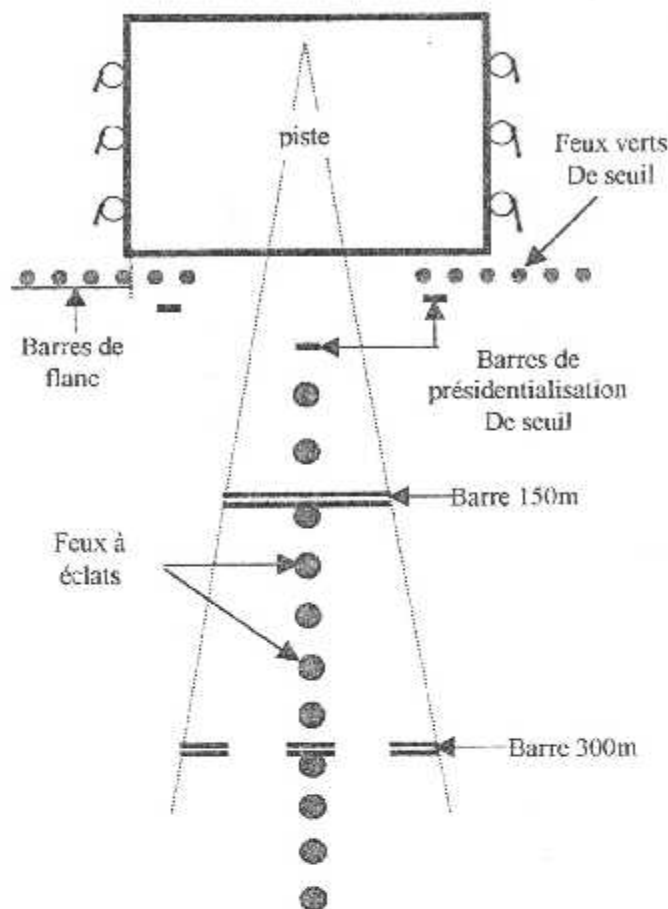


Fig.II.12 : Ligne d'approche haute intensité

- **Des barrettes latérales** : de couleur rouge, qui viennent compléter les 300 derniers mètres du dispositif lumineux d'approche (Fig. II.4).
- **Des feux d'axe de piste** : encastrés (Fig. II.4).
- **Des feux d'aire de prise de contact** : encastrés dans la piste, sur une longueur de 900 mètres à partir du seuil, suivant deux rangées longitudinales symétriques, distantes de 22.50 mètres au plus (Fig. II.4).
- **Des feux à éclats** : placés auprès des feux axiaux du dispositif lumineux d'approche et s'allumant en séquence deux fois par seconde, de manière à être vus sous la forme d'un éclat blanc se déplaçant dans la direction d'atterrissage (Fig.II.12).

- Des feux d'identification de seuil de piste :

Ces aides n'existent que du côté choisi pour l'atterrissage par mauvaise visibilité, sauf dans le cas exceptionnel où la piste serait équipée dans ce cas, on ne les allume que du côté de l'approche en cours.

Pour les besoins opérationnels particuliers (trafic postal, besoins militaires, etc...), il peut être fait usage de dispositifs lumineux d'approche de configuration spéciale (ligne d'approche à gauche, lignes d'approche bilatérales, etc..).

II-7-3- Intensité lumineuse et réglage de l'intensité

Au crépuscule ou par mauvaise visibilité, de jour, un balisage lumineux peut être plus efficace que le balisage diurne. Pour être efficaces dans de telles conditions ou, de nuit lorsque la visibilité est mauvaise, les feux doivent avoir l'intensité requise dans chaque cas. Pour obtenir l'intensité requise on dispose de feux directionnels, qui doivent être visible sous un angle suffisant et orientés de manière à répondre aux besoins de l'exploitation.

- Illusions d'optiques dues par exemple à la configuration du terrain environnant ou à la pente de la piste ;
3. Il existe dans l'aire d'approche des objets qui peuvent constituer un danger grave si un avion descend au – dessous de l'axe normal de descente surtout s'il n'y a pas d'aide non visuelle ou d'autre aide visuelle pour signaler ces objets ;
 4. Les caractéristiques physiques du terrain à l'une ou l'autre des extrémités de la piste présentent un danger grave en cas de prise de terrain trop longue ;
 5. La topographie ou les conditions météorologiques dominantes sont telles que l'avion risque d'être soumis à une turbulence anormale pendant l'approche.

Si une étude aéronautique révèle qu'un objet faisant saillie au- dessus d'une surface de protection contre les obstacles risque de compromettre la sécurité de l'exploitation, plusieurs mesures seront prises :

1. Relever la pente d'approche de l'indicateur ;
 2. Réduire l'ouverture en azimuth de l'indicateur de façon que l'objet se trouve à l'extérieur des limites du faisceau ;
 3. Décaler de 5° au maximum l'axe de l'indicateur et la surface de protection contre les obstacles qui lui est associée ;
 4. Décaler le seuil à la demande ;
 5. Lorsqu'il se révèle impossible d'appliquer la mesure indiquée en (4), décaler le dispositif à la demande en aval du seuil afin d'assurer une augmentation de la hauteur de pénétration de l'obstacle au – dessus de l'OPS.
-

- Illusions d'optiques dues par exemple à la configuration du terrain environnant ou à la pente de la piste ;
3. Il existe dans l'aire d'approche des objets qui peuvent constituer un danger grave si un avion descend au – dessous de l'axe normal de descente surtout s'il n'y a pas d'aide non visuelle ou d'autre aide visuelle pour signaler ces objets ;
 4. Les caractéristiques physiques du terrain à l'une ou l'autre des extrémités de la piste présentent un danger grave en cas de prise de terrain trop longue ;
 5. La topographie ou les conditions météorologiques dominantes sont telles que l'avion risque d'être soumis à une turbulence anormale pendant l'approche.

Si une étude aéronautique révèle qu'un objet faisant saillie au- dessus d'une surface de protection contre les obstacles risque de compromettre la sécurité de l'exploitation, plusieurs mesures seront prises :

1. Relever la pente d'approche de l'indicateur ;
 2. Réduire l'ouverture en azimut de l'indicateur de façon que l'objet se trouve à l'extérieur des limites du faisceau ;
 3. Décaler de 5° au maximum l'axe de l'indicateur et la surface de protection contre les obstacles qui lui est associée ;
 4. Décaler le seuil à la demande ;
 5. Lorsqu'il se révèle impossible d'appliquer la mesure indiquée en (4), décaler le dispositif à la demande en aval du seuil afin d'assurer une augmentation de la hauteur de pénétration de l'obstacle au – dessus de l'OPS.
-

III-8-3- Les différents types d'indicateurs visuels de pente d'approche

Les indicateurs visuels de pente d'approche normalisés seront les suivants :

- Le T-VASIS et l'AT- VASIS
- Le PAPI et l'APAPI.

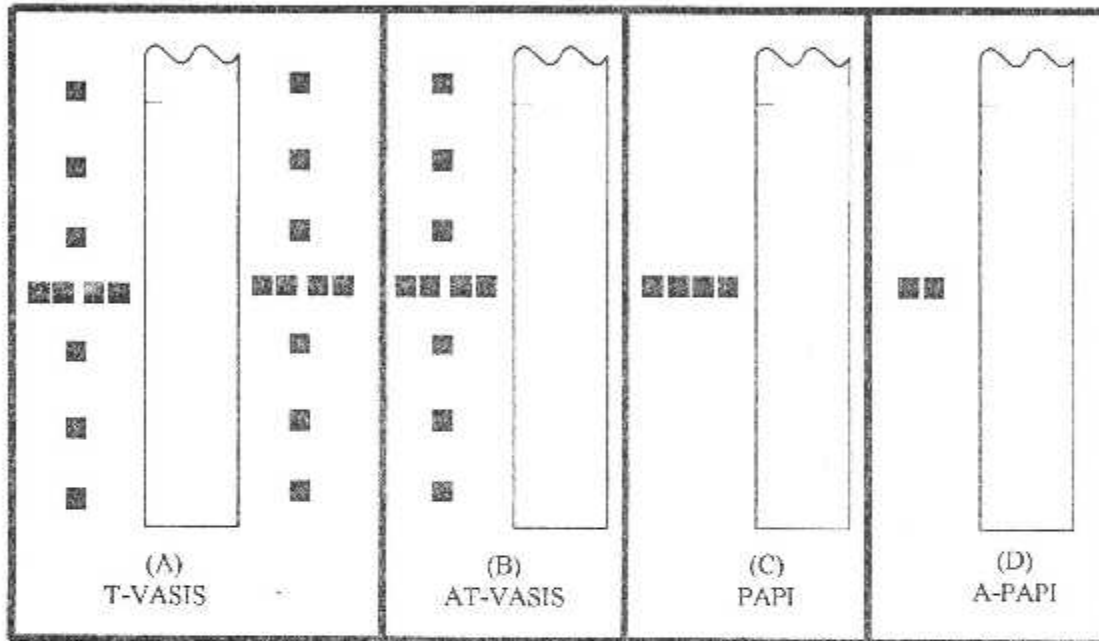


Fig.II.13 :Indicateurs visuels de pente d'approche

Un PAPI, un T-VASIS ou un AT- VASIS sera installé lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 et qu'une ou plusieurs des conditions spécifiées existent.

Un PAPI ou un APAPI seront installés lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 et qu'une ou plusieurs des conditions spécifiées existent.

III-8-3-1- VASIS :

Aucun ensemble lumineux ne devrait être situé à moins de 15 m du bord d'une piste ou d'une voie de circulation.

La longueur des dispositifs peut être diminuée ou augmentée en conformité des tolérances d'installation (Fig II.14).

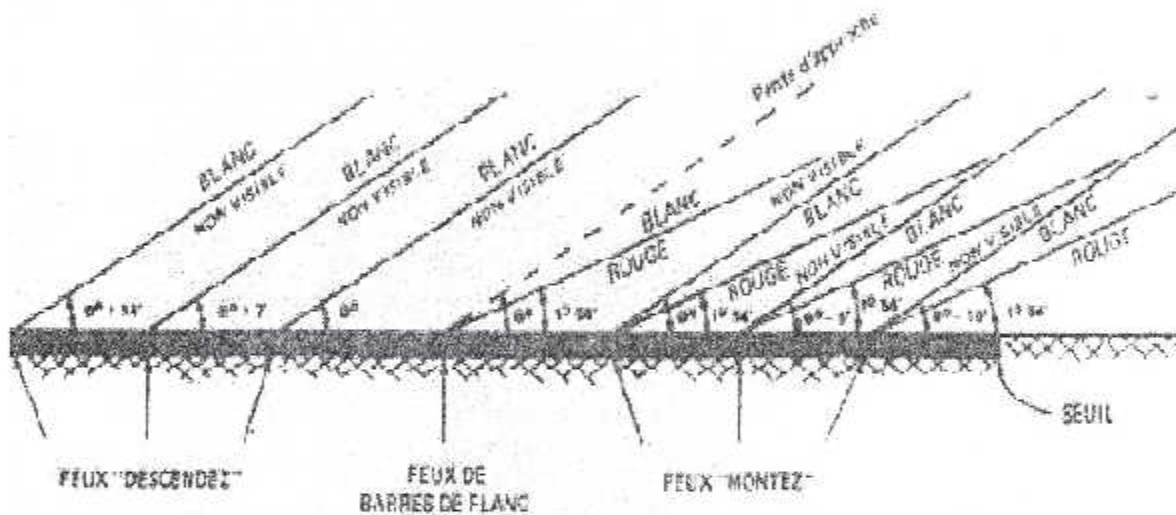


Fig.II.14 : faisceau lumineux et calage angulaire en site d'un T-VASIS

La hauteur minimale du pilote au-dessus du seuil dépend à la fois de l'emplacement et du calage angulaire en site des barres de flanc amont. La distance type entre le seuil de la piste et la barre de flanc amont est de 150 m pour une pente d'approche à 3° .

On ajuste cette distance comme suit :

1. Si la pente d'approche est inférieure à 3° , la distance type de 150 m devrait être augmentée de 5 m pour chaque tranche de 5 minute d'arc au dessous de 3° ;

2. S'il y a une pente descendante du seuil vers les barres de flanc amont, il faut augmenter la distance type de 6 m pour chaque tranche de 0,3 m de dénivellation entre le seuil et le point situé à 150 m.

3. Lorsque le chiffre de code est 1 ou 2, la distance type peut être réduite de telle sorte que le bas du secteur rose de la barre de flanc amont assure une marge minimale des roues de 1,5 m au passage du seuil pour les aéronefs auxquels la piste est destinée.

En suite, le calage en site des barres de flanc amont peut être déterminé en fonction des considérations qui suivent :

A/ le plus petit angle « A » (Fig. II.15) sous lequel un pilote en approche finale voit en blanc la barre de flanc amont devrait assurer une hauteur des yeux au-dessus du seuil telle qu'il en résulte une marge minimale de sécurité des roues au passage du seuil ;

B/ l'angle « A » ne devrait pas être supérieur à l'angle choisi pour la pente d'approche visuelle ;

C/ si la piste comporte aussi un alignement de descente non visuel, l'angle « A » ne devrait jamais être supérieur à l'angle d'approche de l'alignement de descente non visuel ;

D/ le plus grand angle « B » sous lequel un pilote en approche finale voit en rouge le faisceau lumineux de la barre de flanc amont devrait assurer une marge de sécurité pour le franchissement de tous les obstacles dans l'aire d'approche.

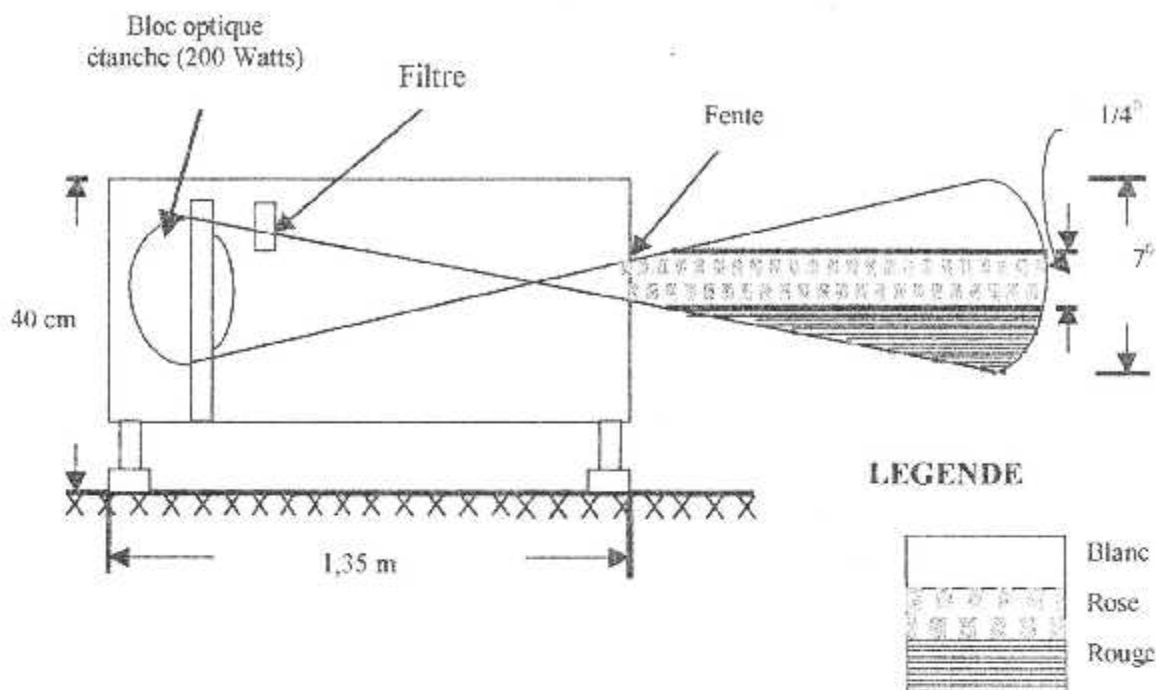


Fig.II.15 : Ensemble lumineux VASIS __ système optique type (à fente)

Le calage angulaire en site des barres de flanc aval peut être déterminé en fonction des considérations qui suivent :

a/ le plus grand angle « D » sous lequel un pilote en approche finale voit en rouge le faisceau lumineux des ensembles lumineux de la barre de flanc aval devrait être tel que l'angle donné par $(A + D) / 2$ soit égal à l'angle de la pente d'approche choisie ;

b/ si la piste comporte aussi un alignement de descente non visuel, l'angle D ne devrait jamais être inférieur à l'angle d'approche de l'alignement de descente non visuel.

Un espacement type de 210 m entre les barres aval et les amont a été adopté mais lorsque le chiffre de code est 1 ou 2, cette distance peut être réduite jusqu'à un minimum de 90 m. cette distance est comprise entre 105m et 300 m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4. (Fig.II.16).

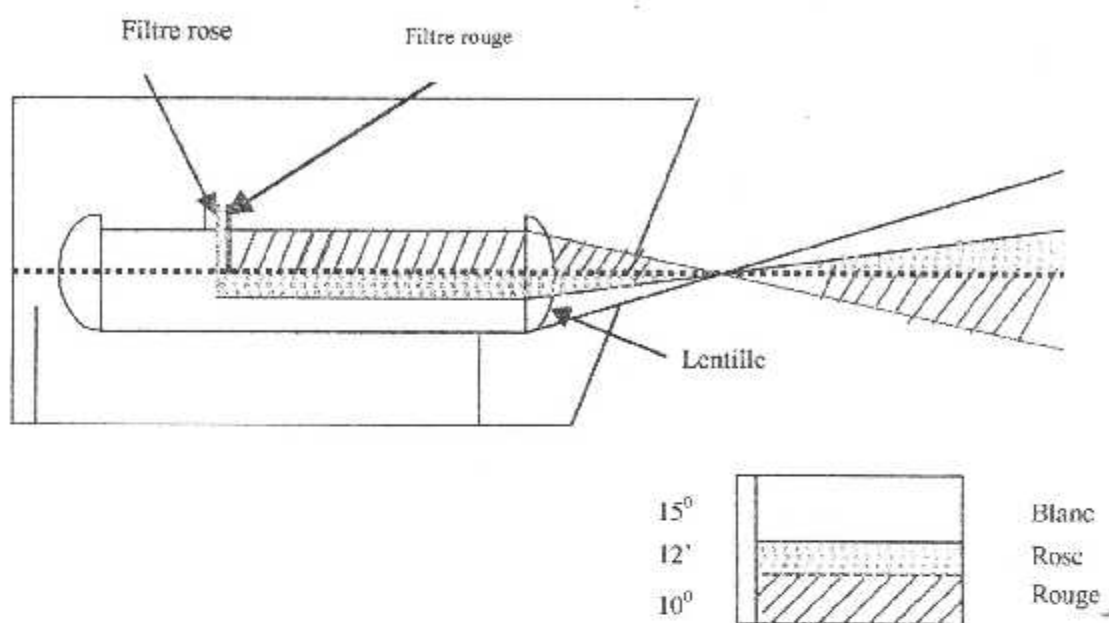


Fig. II.16 : Ensemble lumineux VASIS __ système optique type (à projection)

III-8-3-2. T-VASIS

La configuration type d'un T-VASIS repose sur une pente d'approche normalisée à 3^0 et une bande de piste parfaitement horizontale (Fig.II.17).

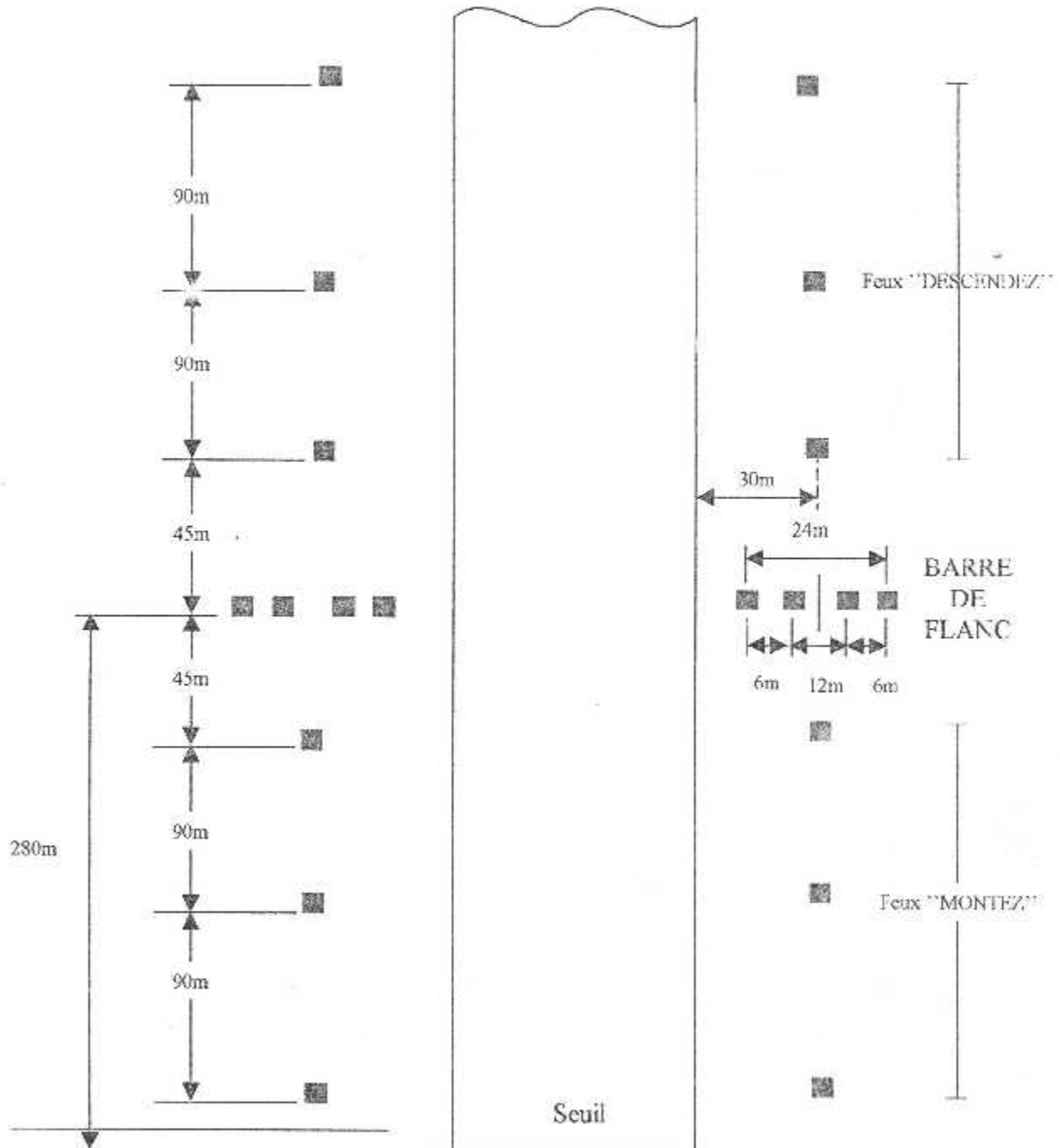


Fig. II.17 : Emplacement des ensembles lumineux du T-VASIS.

La hauteur théorique de l'œil du pilote au moment où l'aéronef passe au dessus du seuil réel en suivant un signal de pente d'approche correct du T-VASIS est de 15 m peut être modifiée d'un maximum de +1 à -3 m, ce qui donne une fourchette acceptable de 12 à 16 m.

Les ensembles lumineux des barres verticales de la configuration en T sont normalement situés à des intervalles normalisés de 45 m, 90 m et 90 m respectivement par rapport à la barre de flanc en suivant une ligne en passant par le centre de la barre de flanc et parallèle à la piste.

L'emplacement réel où la source lumineuse de chaque ensemble devrait être située, au niveau du sol.

NOTE : pour une pente d'approche normalisée à 3^0 et une hauteur de l'œil du pilote au dessus du seuil égale à 15 m, la barre de flanc est à 285 m du seuil.

La distance longitudinale type entre la barre de flanc et les ensembles qui forment les barres verticales de la configuration en T peut être modifiée dans les limites d'une tolérance maximale de 10%.

III-8-3-2-1- Tolérances d'installation

L'autorité compétente pourra :

a) Faire varier la hauteur nominale des yeux du pilote au-dessus du seuil, correspondant au signal « sur la pente » entre les limites de 12m ;

b) Faire varier de 10% au maximum, la distance longitudinale entre les ensembles lumineux ou la longueur totale du dispositif ;

c) Faire varier de ± 3 m au maximum l'écart latéral du dispositif par rapport au bord de la piste ;

d) Lorsque le sol présente une pente longitudinale, faire varier la distance longitudinale d'un ensemble lumineux pour compenser la dénivellation entre cet ensemble et le seuil ;

e) Lorsque le sol présente une pente transversale, faire varier la distance longitudinale de deux ensembles lumineux ou de barres de flanc pour compenser la dénivellation entre ces ensembles ou barres dans la mesure nécessaire.

Note : Le système doit être décalé symétriquement par rapport à l'axe de la piste.

La distance entre la barre de flanc et le seuil est fondé sur une pente d'approche de 3° pour une piste horizontale avec une hauteur nominale des yeux du pilote au-dessus du seuil de 15m. En pratique, la distance entre le seuil et la barre de flanc est déterminé par :

- La pente d'approche choisie ;
 - La pente longitudinale de la piste ;
 - La valeur nominale choisie pour la hauteur des yeux du pilote au-dessus du seuil.
-

III-8-3-2-2- Ensemble lumineux du T-VASIS (à volet d'occultation)

Le T-VASIS emploie trois types d'ensembles lumineux (Fig.II.18) :

L'ensemble lumineux « **descendez** » qui est utilisé dans la barre verticale du T inversé, émet un faisceau ayant une limite supérieure en site de 6^0 et une limite inférieure correspondant approximativement à la pente d'approche, où il est brusquement occulté. Son couvercle de fibre n'atteint pas le bord avant de l'ensemble.

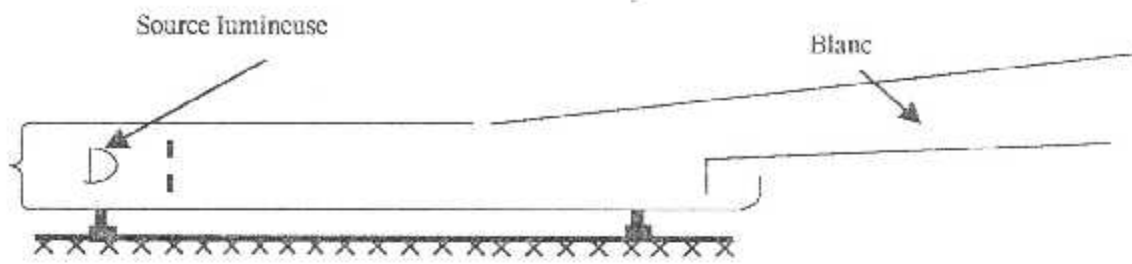
L'ensemble lumineux de « **barre flanc** » qui est utilisé dans la barre verticale du T, émet un faisceau dont l'ouverture en site s'étend depuis le niveau du sol jusqu'à 6^0 , la partie inférieure de ce faisceau, jusqu'à $01^0 54''$, étant rouge. Son couvercle de fibre n'atteint pas le bord avant de l'ensemble.

L'ensemble lumineux « **montez** » qui est utilisé dans la barre verticale du T vu à l'endroit, produit un faisceau qui s'étend approximativement depuis la pente d'approche jusqu'au niveau du sol, la partie inférieure, au-dessous de $01^0 54''$, étant rouge. l'ensemble lumineux « montez » est entièrement couvert.

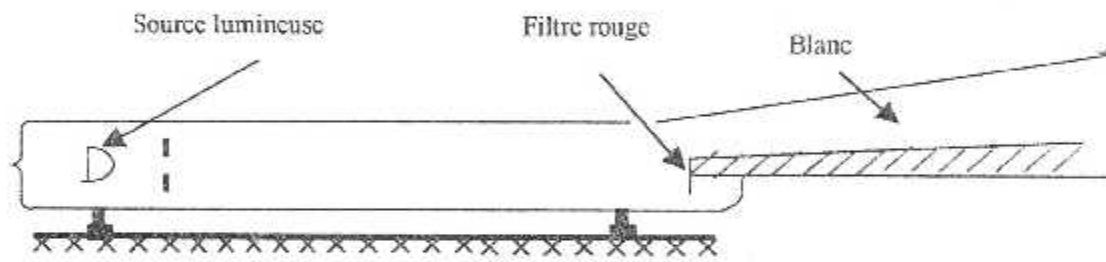
Etant donné l'étroitesse du faisceau, notamment en site, et les intensités lumineuses relativement élevées que nécessitent ces dispositifs, on a constaté que les lampes PAR (ampoules constituées de deux éléments de verre moulé, du réflecteur et de l'optique, qui sont soudés ensemble) sont celles utilisées par le T-VASIS.

Ces lampes peuvent être réglées indépendamment en azimuth ou en site, et deux séries distinctes de lampes sont montées sur deux circuits distincts, dont l'un est utilisé de jour et l'autre de nuit.

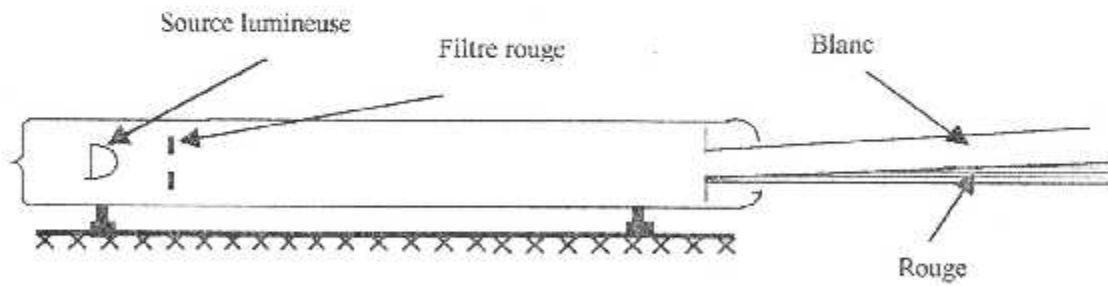
Chaque lampe doit éclairer la zone maximale, c'est à dire que l'étroit pinceau lumineux doit être ininterrompu sur toute sa longueur.



A : Ensemble lumineux « descendez »



B : Ensemble lumineux de barre de flanc



C : Ensemble lumineux « montez »

Fig.II.18: Ensemble lumineux du T-VASIS (à volet d'occultation)

III-8-3-2-3- Ensemble lumineux du T-VASIS (à projection)

Le faisceau « montez » est le seul ensemble lumineux employé (Fig.II.19).

Les faisceaux sont formés par l'illumination d'un filtre et d'un diaphragme situés dans le plan focal d'une lentille de projection. On peut remplacer la lampe au complet et on peut également remplacer séparément tous les éléments optiques associés à chacune des lampes.

Les lampes utilisées de jour et celles qui sont utilisées de nuit sont des sources lumineuses identiques, focalisées avec précision, et montées dans des réflecteurs. on utilise des lentilles différentes dans les blocs optiques correspondants pour obtenir la différence entre les ouvertures de faisceau nécessaire de jour et de nuit.

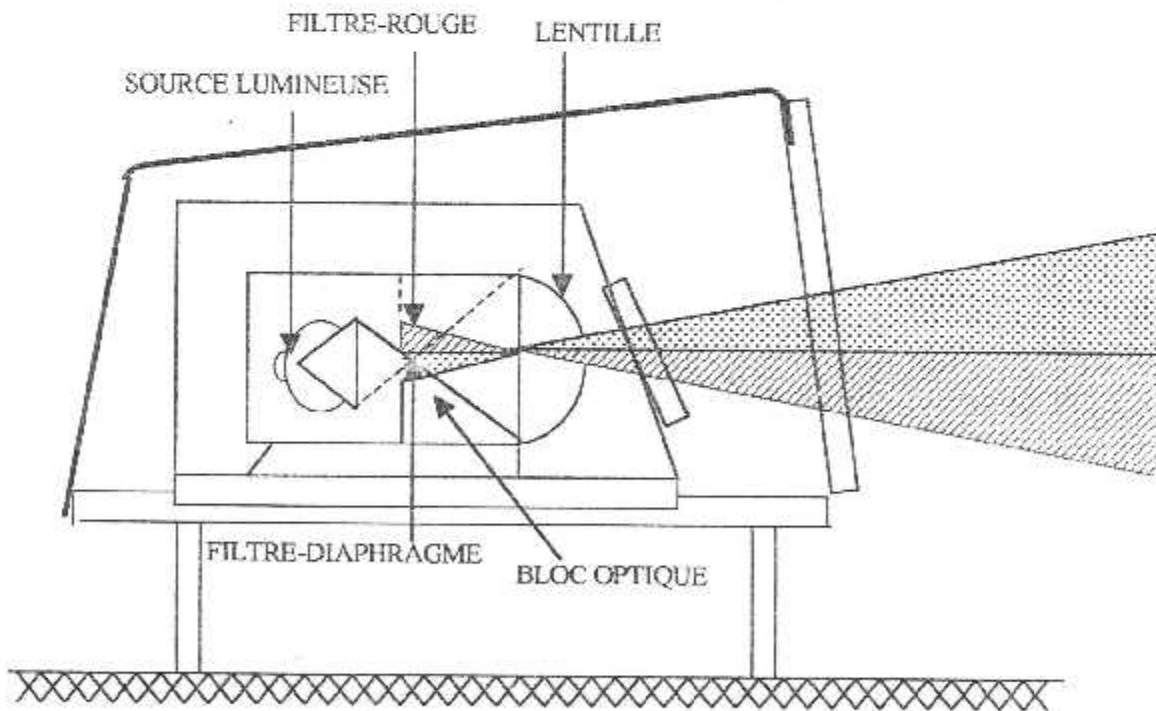


Fig.II.19 Ensemble « montez » du T-VASIS
système optique type (à projection)

III-8-3-3- Les dispositifs PAPI et APAPI (Fig.II.20)

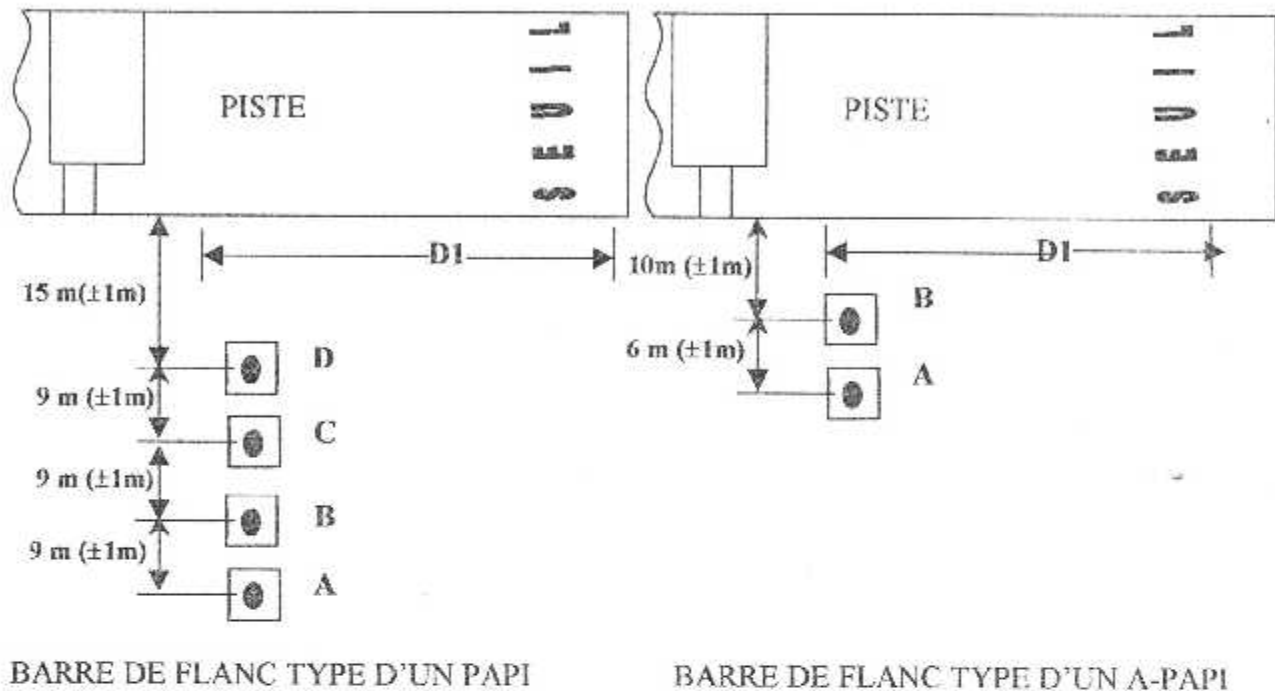


Fig.II.20: Implantation du PAPI et de l' A-PAPI.

II-8-4- Définition de PAPI et APAPI

Le dispositif **PAPI** est un indicateur visuel de trajectoire comprenant quatre feux du côté gauche de la piste alignés perpendiculairement à la piste, disposés en une barre de flanc.

Le dispositif **APAPI** est un indicateur visuel de trajectoire simplifié comprenant deux feux du côté gauche de la piste alignés perpendiculairement à la piste.

L'angle d'approche nominale est désigné par la lettre « θ » qui est égale à $(A+B)/2$ pour un **APAPI** et à $(C+B)/2$ pour un **PAPI**, l'angle de référence **MEHT** (la hauteur la plus faible à laquelle le pilote percevra une indication « sur la pente » au passage du seuil) par la lettre **M** et la surface de protection contre les obstacles par l'abréviation opérationnelle **OPS**.

Si le dispositif est installé du côté droit de la piste, l'angle de calage maximal est celui de l'ensemble le plus proche et l'angle de calage minimal est celui de l'ensemble le plus éloigné.

Pour le dispositif **PAPI**, l'ensemble le plus proche de la piste est calé plus haut que l'angle d'approche nominal. La différence entre les angle de calage est de 20 minutes d'arc.

Pour les angles d'approche de plus de 7° d'un dispositif **APAPI**, l'ensemble le plus proche de la piste est calé à 15 minutes plus haut que l'angle d'approche nominal et l'ensemble le plus éloigné de la piste est calé à 15 minutes plus bas que l'angle d'approche nominal.

Pour les angles d'approche supérieure à 7° , l'ensemble le plus proche de la piste est calé à 30 minutes plus haut que l'angle d'approche nominal et l'ensemble le plus éloigné de la piste est calé à 30 minutes plus bas que l'angle d'approche nominal.

La distance optimale du **PAPI / APAPI** par rapport au seuil de la piste est déterminée par :

- La nécessité d'assurer une marge suffisante pour les roues au passage du seuil pour tous les types d'aéronefs qui utilisent la piste ;
 - L'avantage opérationnel que présente le fait que le **PAPI / APAPI** soit compatible avec toute trajectoire de descente non visuelle, jusqu'à la distance et la hauteur minimale,
 - Toute différence de hauteur entre les ensembles du **PAPI / APAPI** et le seuil de piste.
-

II-8-3-5- Tolérances d'installation

a) Lorsqu'un PAPI ou un APAPI est installé sur une piste non équipée d'un ILS ou d'un MLS, la distance D_1 sera calculée de façon à garantir que la hauteur la plus faible à laquelle le pilote verra une indication de trajectoire d'approche correcte (Fig.II.21), angle B pour un PAPI et angle A pour un APAPI) se traduira par une marge de franchissement du seuil.

b) Lorsqu'un PAPI ou un APAPI est installé sur une piste équipée d'un ILS ou d'un MLS ou les deux, la distance D_1 sera calculée de manière à assurer la compatibilité optimale entre les aides visuelles et non visuelles pour la gamme de distances verticales œil du pilote/antenne des avions utilisant régulièrement la piste. Cette distance sera au moins égale à la distance entre le seuil et l'origine effective de l'alignement de descente ILS ou de l'alignement de descente minimal MLS, selon le cas, majorée d'un facteur de correction pour la variation des distances verticales œil du pilote/antenne des avions en cause. Le facteur de correction est obtenu en multipliant la distance verticale moyenne œil du pilote/antenne de ces avions par la cotangente de l'angle d'approche.

c) La distance D_1 sera ajustée pour tenir compte des différences de hauteur entre les centres des lentilles des ensembles lumineux et le seuil.

d) Pour faire en sorte que les ensembles soient montés aussi bas que possible et pour tenir compte d'une éventuelle pente transversale, on peut accepter de petits ajustement de hauteur allant jusqu'à 5cm entre les ensembles. On peut aussi accepter une pente latérale ne dépassant pas 1.25% à condition qu'elle soit répartie uniformément entre les ensembles.

e) Il est recommandé d'utiliser un espacement de 6m(\pm 1m) entre les ensembles PAPI lorsque le chiffre de code est 1 ou 2. dans ce cas, l'ensemble lumineux intérieur du PAPI sera situé à au moins 10m(\pm 1m) du bord de piste.

Note : La réduction de l'espacement entre les ensembles a pour effet de diminuer la portée utile du dispositif (Fig.II.23).

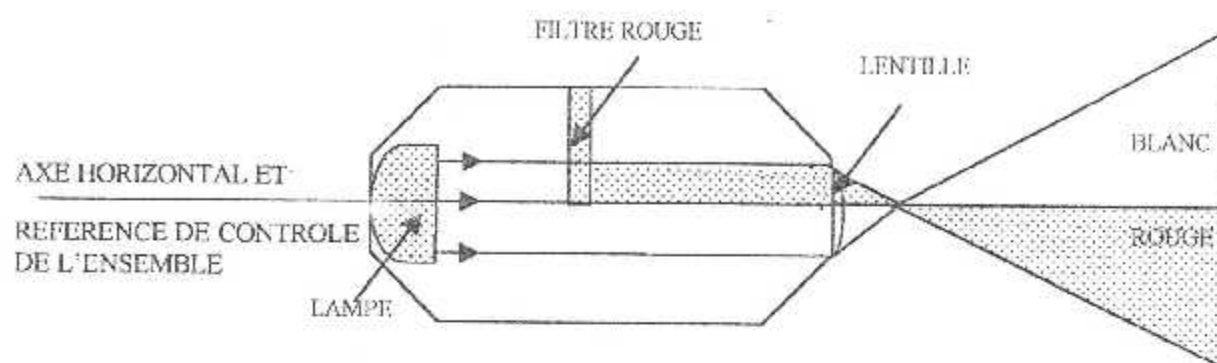


Fig.II.21: Ensemble lumineux du PAPI.

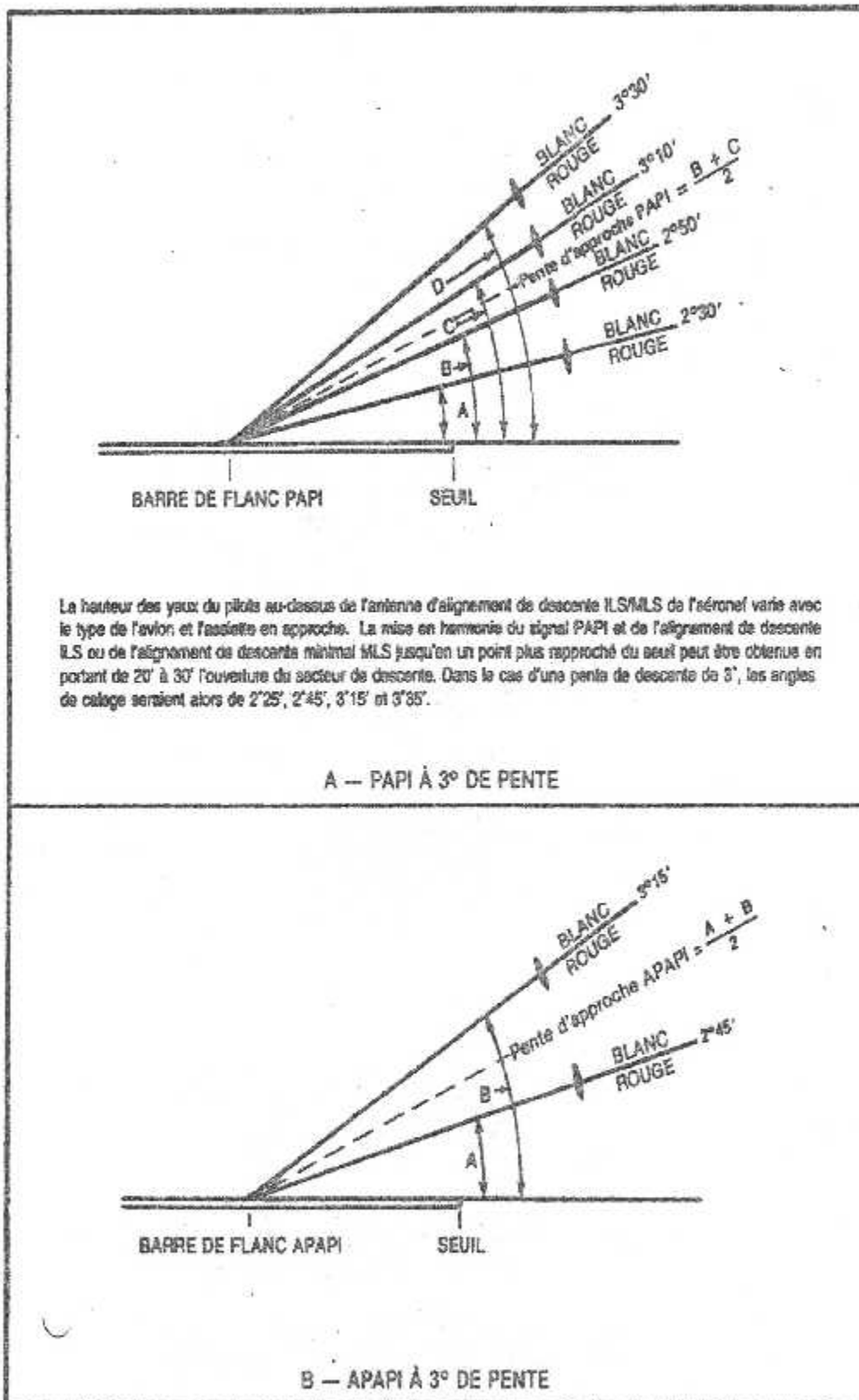


Fig.II.22 Faisceaux lumineux et calage en site d'un PAPI et d'un APAPI

f) L'espacement latéral entre les ensembles APAPI peut être portée à 9m(+1m) s'il est nécessaire d'accroître la portée ou s'il est envisagé une conversion à un dispositif PAPI complet. Dans ce dernier cas, l'ensemble lumineux intérieur de l'APAPI sera situé à 15m(±1m) du bord de piste.

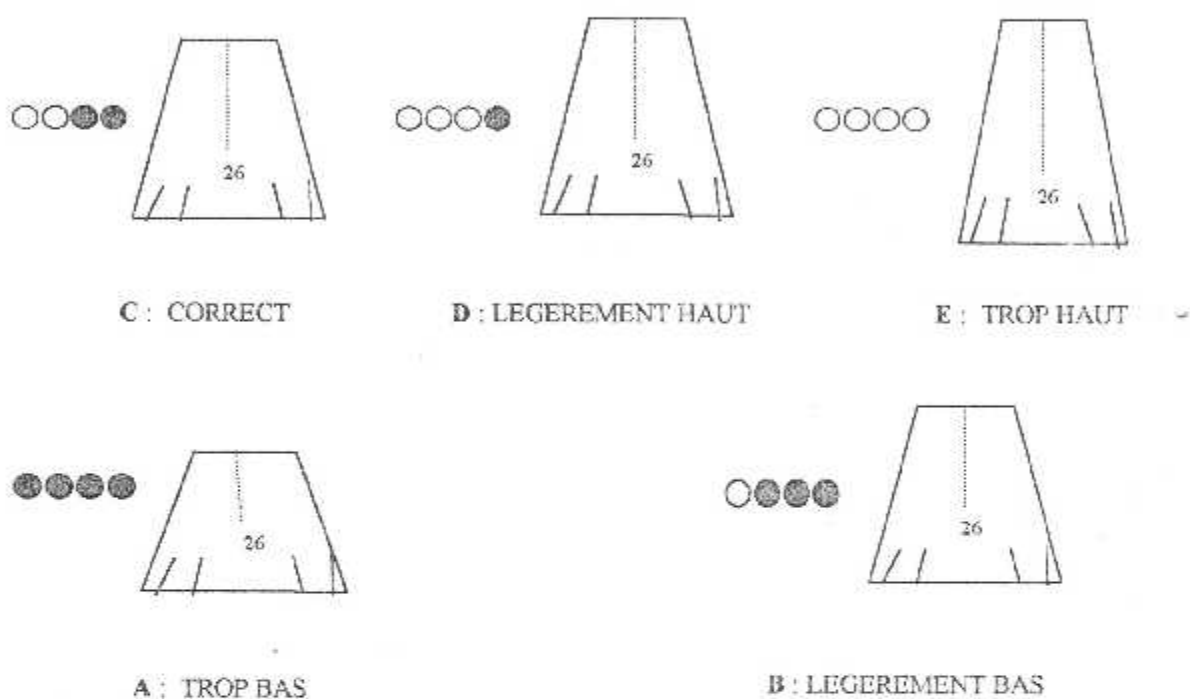


Fig.II.23: Disposition des ensembles du PAPI et configuration résultante.

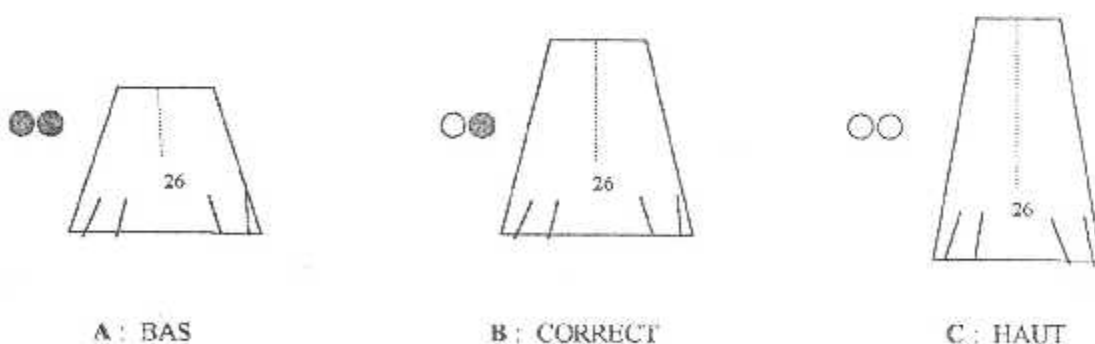


Fig.II.24: Disposition des ensembles du APAPI et configuration résultante.

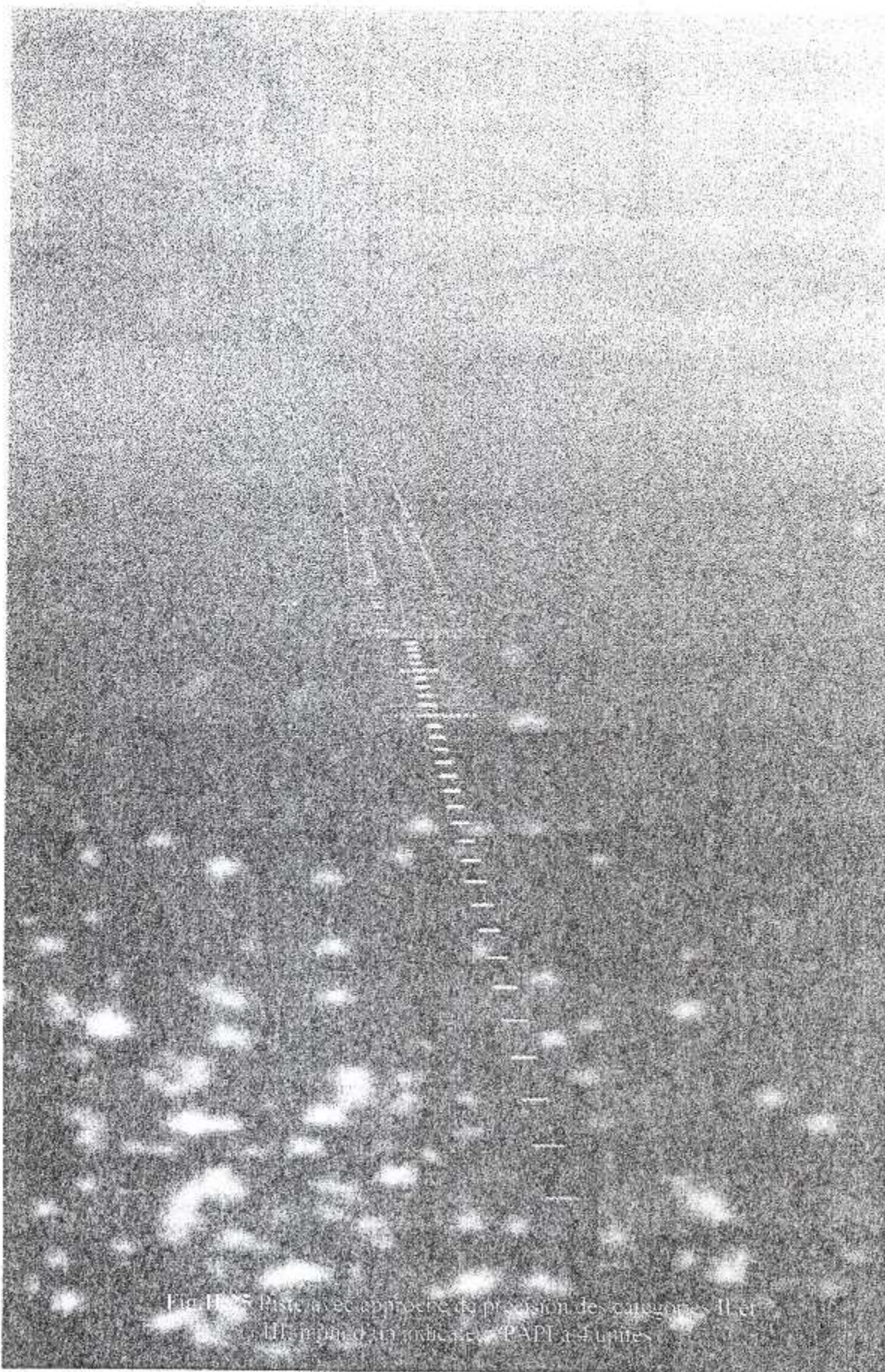
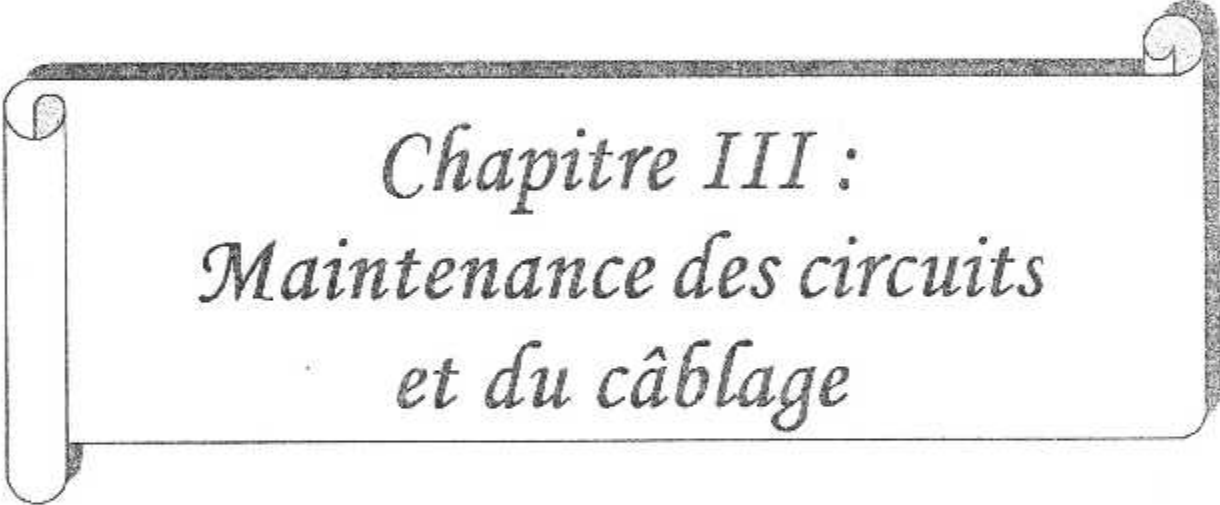


Fig. II.25 Piston avec approche de précision de catégories II et III
illuminé à 100 mètres par PAPI à 4 unités

II-9- CONCLUSION

Nous avons essayé dans ce chapitre, de présenter le balisage lumineux d'aéroport, plus particulièrement les indicateurs visuels de pentes d'approche qui sont des aides visuelles permettant au pilote de repérer et d'identifier l'aéroport, de distinguer les limites des aires de mouvement, de s'aligner rapidement et de maintenir cet alignement et de faciliter les évolutions en cours d'atterrissage ou de décollage et le mouvement au sol.



*Chapitre III :
Maintenance des circuits
et du câblage*

III-1- Introduction

Pour garantir la sécurité, la régularité et l'efficacité de l'aviation civile qui dépendent en grande partie de la manière dont les installations électriques destinées aux aides à la navigation, visuelles et non visuelles, sont conçues, montées et entretenues, le balisage lumineux des aérodromes doit présenter un niveau élevé d'intégrité et de fiabilité.

Les installations électriques d'aérodromes destinées au balisage lumineux nécessitent un matériel de bonne qualité et des caractéristiques que l'on ne rencontre pas habituellement dans les autres installations électriques.

Par exemple : la plupart des circuits électriques sont souterrains, la plupart des dispositifs lumineux utilisent des circuits série, une plus grande fiabilité est nécessaire pour les sources d'alimentations en énergie et, enfin, en cas de panne d'alimentation, il faut une commutation automatique sur alimentation auxiliaire. Chaque aérodrome est un cas d'espèce et son installation électrique doit être conçue de manière à fournir économiquement une alimentation et des moyens de commande qui assurent la sécurité, la fiabilité et la facilité d'entretien.

III-2- Types de circuits électriques

III-2-1- Caractéristiques électriques

Les dispositifs lumineux d'aérodrome sont presque toujours alimentés en courant alternatif (CA) dont la fréquence est habituellement de 50 à 60 HZ, certains circuits de commande exigent du courant continu (CC). Ces installations de balisage comprennent à la fois des circuits série et des circuits parallèles.

La plupart des feux d'aérodrome sont alimentés par des circuits série mais la distribution de l'alimentation à l'arrivée se fait par des circuits parallèles et, par ailleurs, certains dispositifs isolés et certains circuits relativement courts peuvent être alimentés en parallèle. Les feux à éclats successifs des dispositifs lumineux d'approche, certains projecteurs et certains feux d'obstacle constituent les éléments de balisage lumineux les plus importants qui utilisent des circuits parallèles.

III-2-2-2- Avantages des circuits série de balisage lumineux

Les avantages des circuits série pour le balisage lumineux d'aérodrome comprennent les points suivants :

1. Toutes les lampes sont parcourues par le même courant, donc par la même intensité ;
2. il est possible d'utiliser sur toute la longueur du circuit un câble monoconducteur d'un même calibre et d'une même tension nominale d'isolement ;
3. l'intensité lumineuse des feux peut être réglée dans une plage étendue ;
4. s'il y a un seul défaut à la terre en un point quelconque du circuit, il est sans effet sur le fonctionnement des feux ;
5. les défauts à la terre sont faciles à repérer.

III-2-2-3- Inconvénients des circuits série de balisage lumineux

Les inconvénients des circuits série pour le balisage lumineux sont les suivants :

1. les frais d'installations sont élevés ;
 2. le rendement d'utilisation de l'énergie électrique est médiocre ;
 3. si l'on n'utilise pas de transformateur d'isolement, il faut isoler les éléments (câble, douilles de lampes, ... etc.) pour la totalité de la tension aux bornes du circuit ;
 4. une panne par ouverture de circuit en un point quelconque rend ce circuit complètement inutilisable et peut même endommager l'isolement du circuit ;
-

III-2-2- Circuits série de balisage lumineux des aérodromes

III-2-2-1- Les éléments d'un circuit série

Les éléments d'un circuit série sont branchés en chapelet et le même courant traverse chaque élément. Le circuit forme une boucle continue qui commence et finit à la source d'alimentation.

Si l'on branchait sur la charge une tension d'entrée fixe, l'intensité dans le circuit dépendrait de la charge à laquelle la tension est branchée mais, grâce à des régulateurs à courant constant, l'intensité conserve la même valeur quelle que soit la charge branchée sur le circuit. Ainsi, la même intensité de courant passe dans un circuit, quelle que soit sa longueur, et elle reste constante même en cas de défaillance de certaines lampes.

Dans un circuit série simple à branchement direct, la défaillance d'une lampe entraîne l'ouverture du circuit ; il est donc nécessaire de prévoir un dispositif de dérivation, par exemple un transformateur d'isolement.

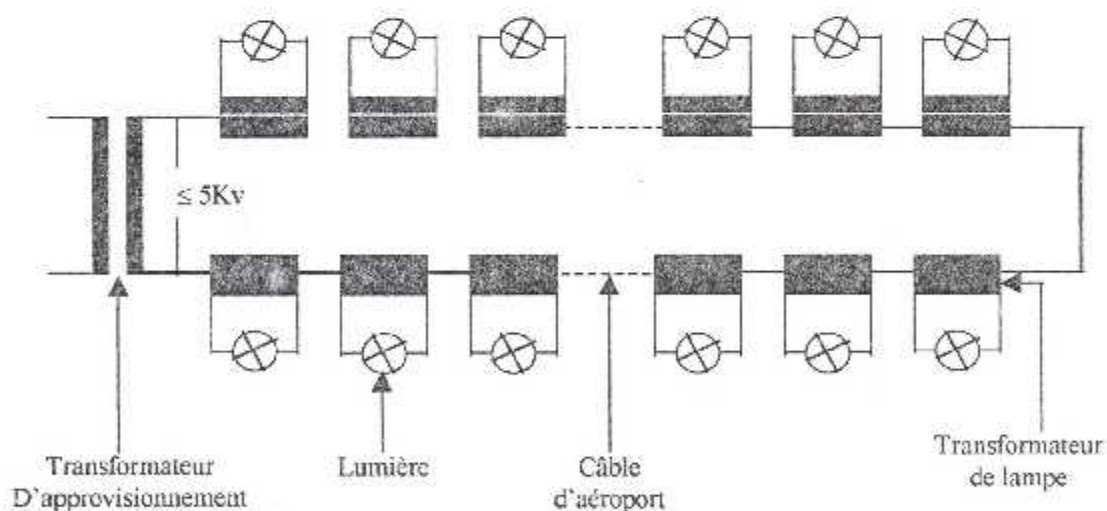


Fig.III.4 : Schéma d'un circuit série

5. il peut être difficile de repérer les pannes, surtout s'il s'agit de pannes par ouverture de circuit.

III-2-2-4- Facteurs à prendre en considération

Si l'on doit utiliser un circuit série, il faut d'abord analyser l'ensemble des circuits pour en déterminer les performances critiques, la fiabilité, l'économie d'installation et de fonctionnement, la facilité d'entretien et la corrélation possible entre plusieurs types d'équipement.

III-2-2-4-1- Choix du courant

Dans la plupart des circuits série de balisage d'aérodrome, la valeur maximale de l'intensité nominale est de 6,6A ou de 20A, encore que d'autres courants soient utilisés. Pour un même calibre et une même longueur de câble, la perte d'énergie en ligne d'un circuit à 6,6A est approximativement 9 fois plus faible que celle d'un circuit de 20A. Dans un câble isolé à 5000v, les deux valeurs de courants peuvent passer dans des conducteurs de 4mm de diamètre sans élévation excessive de température. Les feux d'approche ont souvent des circuits à 20A ; il convient de noter que l'intensité de courant dans le circuit n'est pas nécessairement déterminé par l'intensité de courant qui traverse les lampes des ensembles lumineux. Par exemple, si l'on choisit convenablement les transformateurs d'isolement, on peut utiliser des lampes à 6,6A sur des circuits à 20A et des lampes à 20A sur des circuits à 6,6A ou combiner des lampes d'intensité différente sur l'un ou l'autre des circuits.

- **Dispositifs lumineux d'approche et balisage lumineux de piste**

Tous les réseaux de feux d'approche et des feux de piste doivent être imbriqués sur au moins deux circuits. Les figures III-2, III-3, III-4, III-5 donnent des exemples de circuits imbriqués de manière à assurer une bonne intégrité. Chaque circuit d'un réseau doit s'étendre sur l'ensemble du réseau et sa disposition doit être telle que l'aspect général du balisage lumineux reste symétrique et équilibré en cas de panne d'un ou plusieurs circuits. Les sections du dispositif formées de deux feux blancs seulement ou de deux feux rouges peuvent être imbriquées comme le montre le schéma(III-2.). Des exemples de circuits imbriqués permettant de maintenir le codage de couleur prescrit sont représentés par les schémas B et C de la figure III-2. Avec la disposition des feux et des circuits imbriqués que représente le schéma C de la figure III-2, si l'un des circuits tombe en panne, il reste une disposition des feux de couleurs alternées rouge et blancs uniformément espacés au double de l'intervalle normal. Cet espacement est le même que pour les sections entièrement rouges et entièrement blanches lorsqu'un circuit tombe en panne. Avec la disposition des feux et des circuits imbriqués que représente le schéma B de la figure III-2, l'espacement serait alternativement égal au triple de l'intervalle normal et à l'intervalle normal.

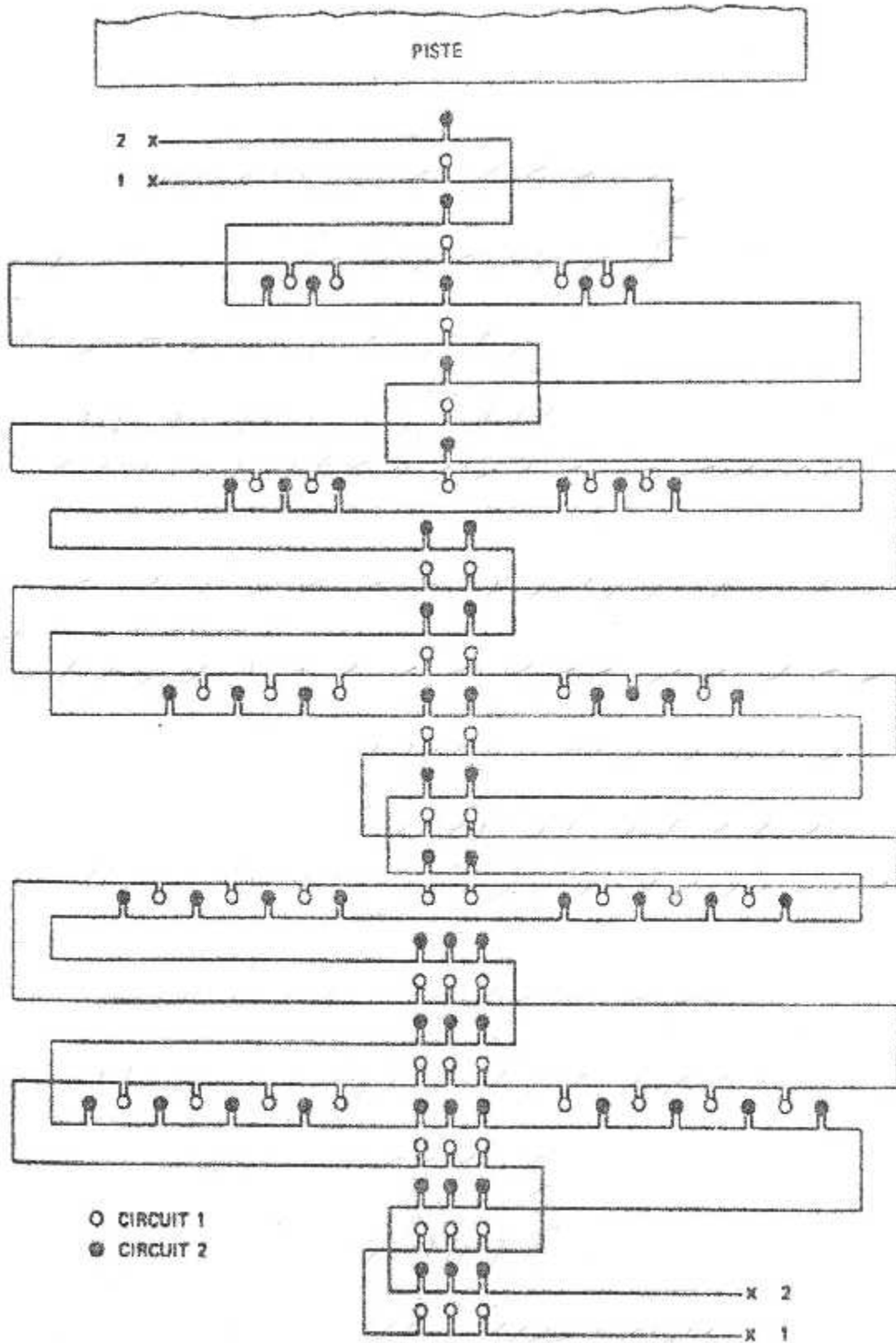
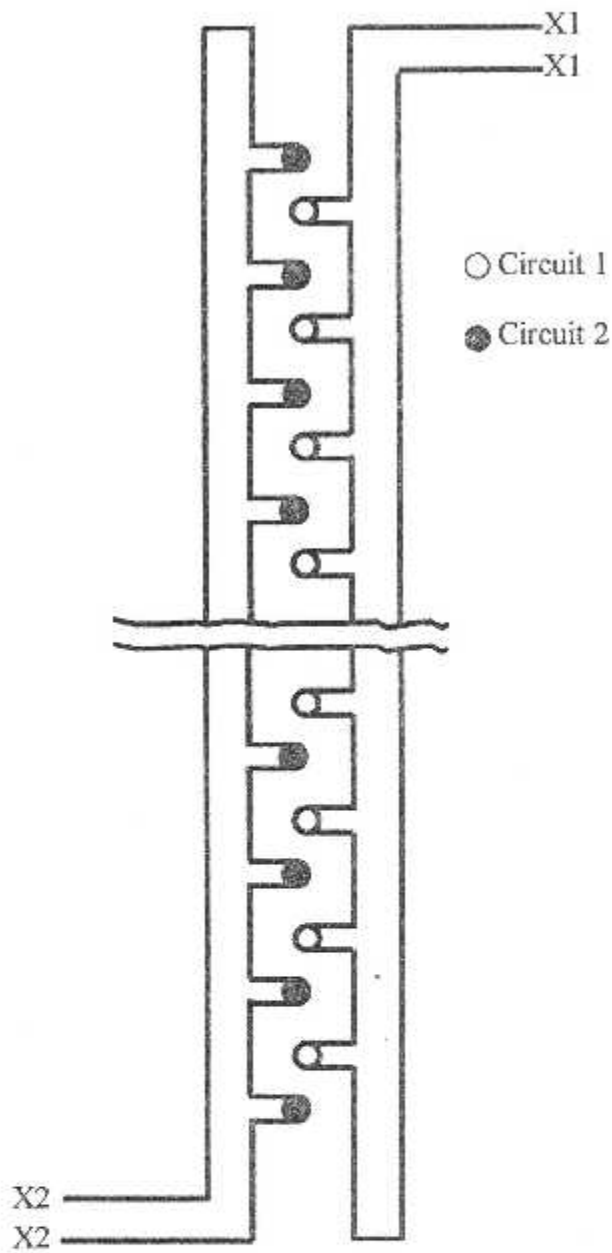
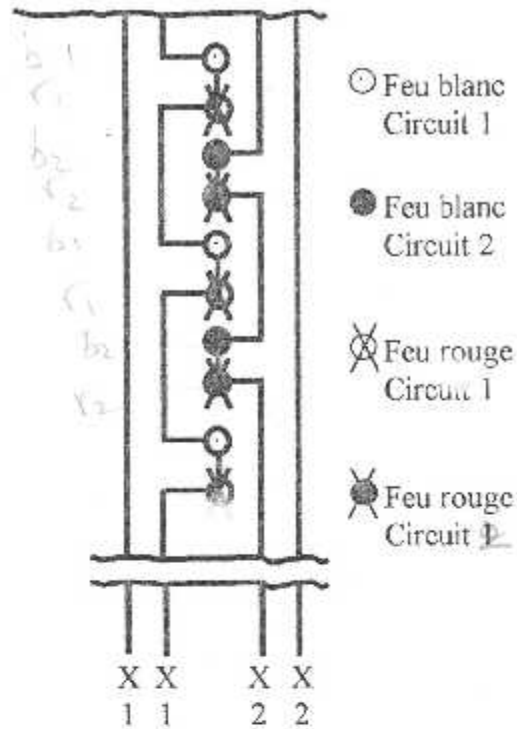


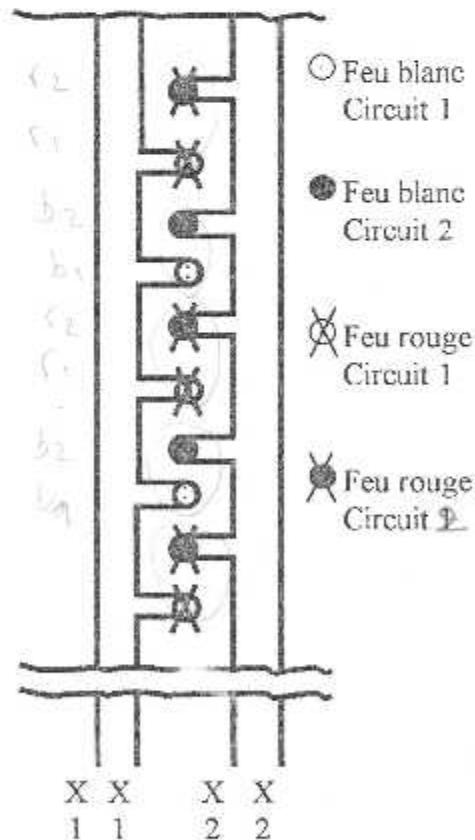
Fig.III.2 : Dispositif lumineux d'approche de précision de type A
(avec ligne axiale codée en distance).



A. Imbrication par sections dans lesquelles tous les feux ont la même couleur

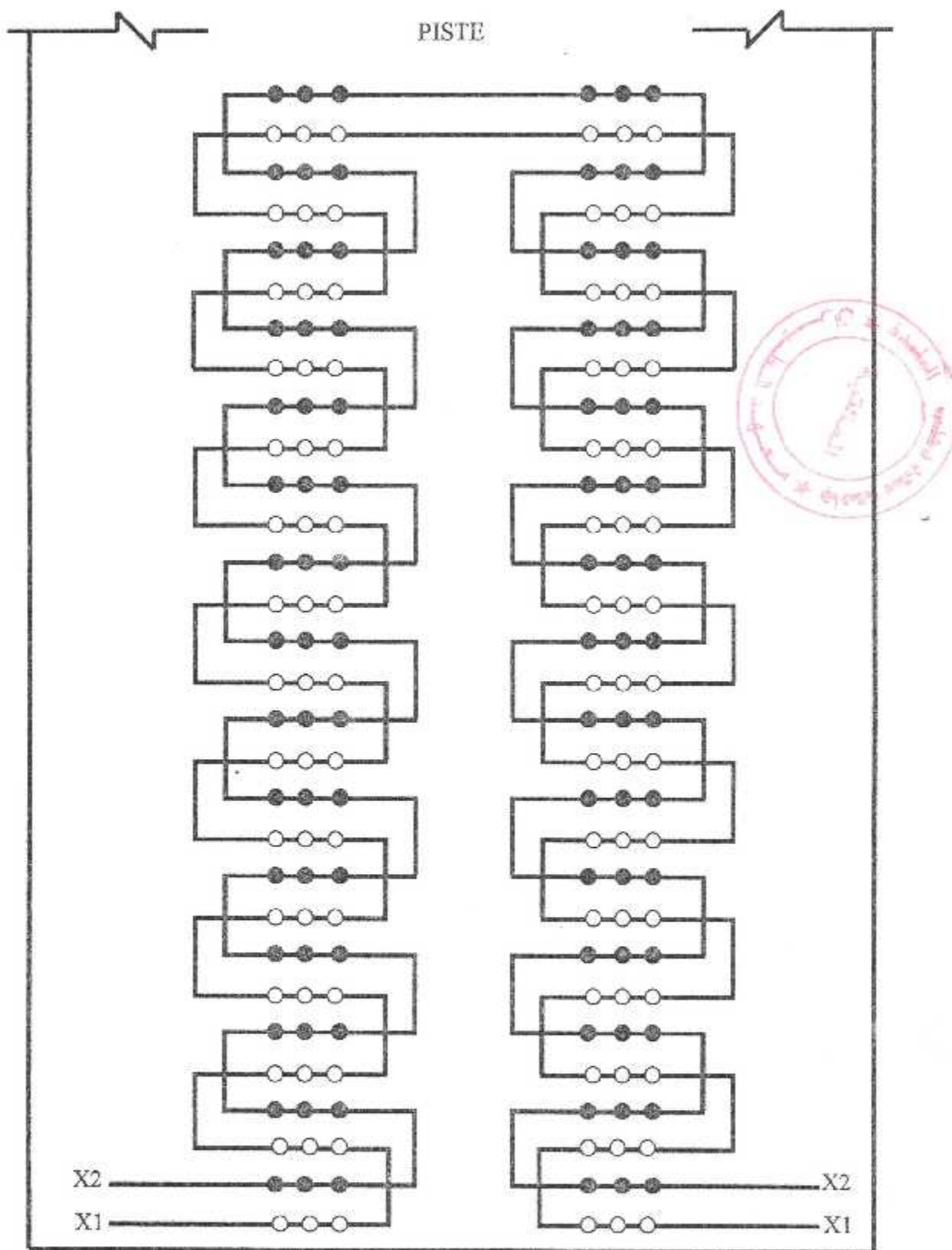


B. Imbrication par sections formées de feux alternés rouges et blanc pour espacements de 15 et 30m



B. Imbrication par sections formées alternativement deux feux rouges et deux feux blanc pour espacements de 7.5m

Fig.III.3 : Balisage lumineux axial de piste ou de voie de circulation sur deux circuits imbriqués



NOTE : lorsque cette configuration est utilisée avec un dispositif lumineux d'approche de précision de type A, chaque barrette doit comporter quatre feux.

Fig.III.4 : Feux de zone de toucher des roues sur deux circuits série imbriqués.

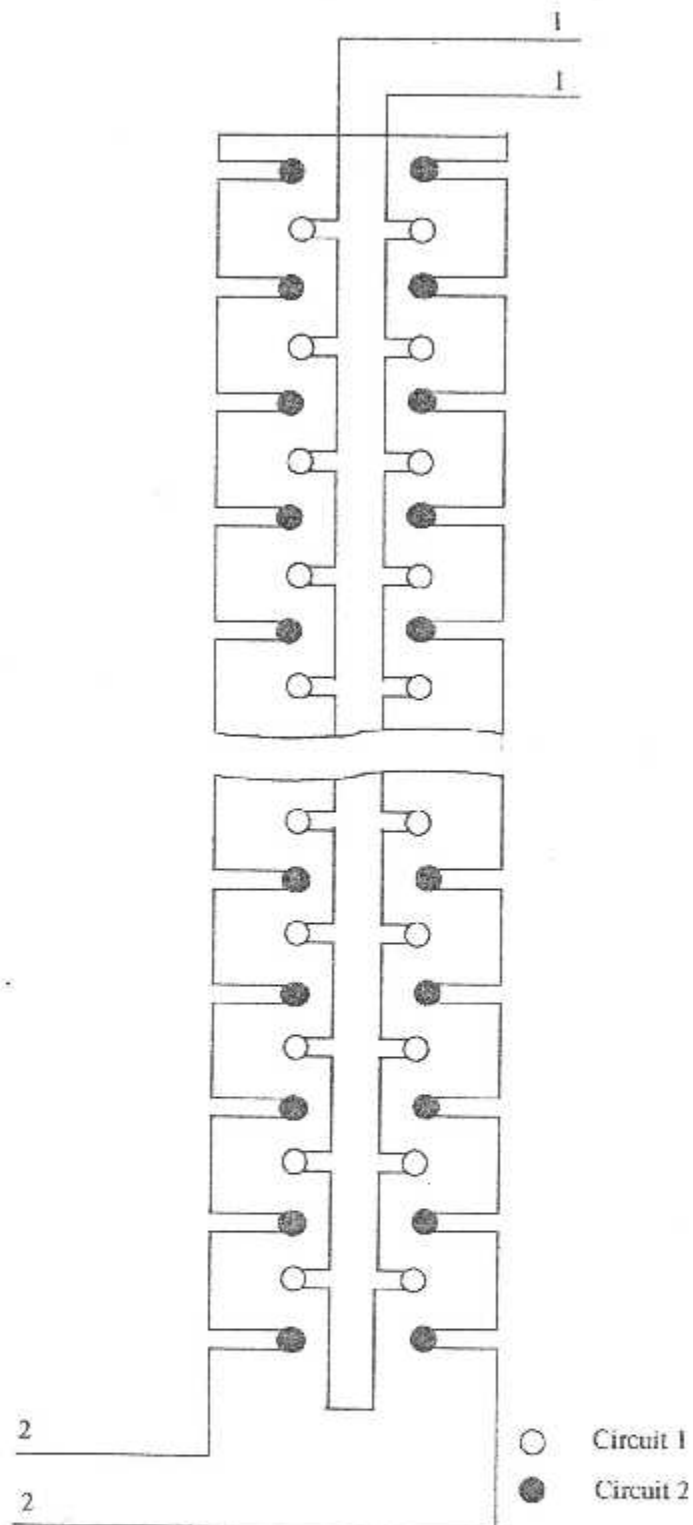


Fig.III.5 : Feux de bord de piste sur deux circuits série imbriqués.

- **Indicateurs visuels de pente d'approche**

Les indicateurs visuels de pente d'approche doivent avoir deux circuits d'alimentation par extrémité de piste. S'il s'agit d'un VASIS ou d'un T-VASIS, tous les ensembles lumineux situés d'un même côté de la piste doivent être alimentés par le même circuit. Cette disposition garantit qu'en cas de panne d'un circuit, l'indicateur conserve sa configuration complète de l'autre côté de la piste. Lorsque les indicateurs visuels de pente d'approche sont installés d'un seul côté de la piste, comme c'est le cas pour le PAPI, 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, mais avec une intensité lumineuse réduite. Les indicateurs visuels de pente d'approche doivent être mis hors circuit lorsque la panne d'un ensemble lumineux entraîne un signal qui peut prêter à confusion.

- **Mise à la terre**

Tout l'équipement placé dans le centre de commande et de distribution doit être mis à la terre. Une prise de terre doit aussi être disposée dans les câbles des circuits série à partir du centre de distribution. Le secondaire de tout le transformateur d'isolement, aussi que les supports de tous les feux hors-sol doivent être raccordés à cette prise de terre. Le fil de mise à la terre doit être placé au dessus des câbles du circuit dans une conduite passant de plus près de la surface ou dans la même tranchée que les câbles du circuit, à 10cm au moins au dessus du câble supérieur. Les fils de mise à la terre sont habituellement des conducteurs non isolés.

III-2-2-4-2- Régulateur à courant constant

La plupart des circuits de balisage lumineux d'aérodrome sont alimentés par des régulateur à courant constant (circuit série) qui sont conçus de manière à fournir une sortie à courant constant, quelles que soient les variations de charge du circuit et les variations de tension de la source d'alimentation. La conception de ces régulateurs permet d'obtenir deux ou plusieurs intensité de sortie lorsqu'il faut réduire l'intensité lumineuse des feux.

Les types de régulateur à courant constant ci-dessous sont couramment employés pour le balisage lumineux d'aérodrome :

- Régulateurs à bobinage mobiles
 - Régulateurs monocycliques résonnants
 - Régulateurs statiques à compensation
 - Régulateurs avec commande à l'état solide.
-

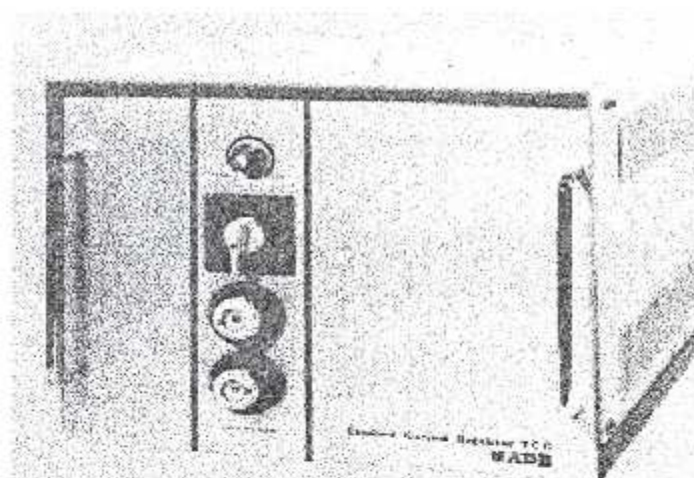


Fig.III.6 : Régulateur à courant constant
Type TCC 500



III-2-2-4-3- Transformateur d'isolement

La plupart des circuits de balisage lumineux d'aérodrome emploient des transformateurs d'isolement pour assurer la continuité des circuits série de sorte que la défaillance d'une lampe n'entraîne pas une panne générale par l'ouverture du circuit.

Ces transformateurs sont aussi des dispositifs de sécurité qui assurent un isolement électrique entre les lampes et le circuit à haute tension.

Pour maintenir la continuité du circuit, on peut monter aussi des dispositifs de dérivation, par exemple des rupteurs à pellicule de claquage qui court-circuitent une lampe lorsqu'elle tombe en panne mais, dans ce cas, la lampe risque de se trouver sous un potentiel élevé lorsque le circuit est alimenté.

Les transformateurs d'isolement servent à fournir le courant voulu à la lampe s'il diffère de celui du circuit série

III-2-2-4-4- Dispositifs de dérivation pour les lampes

Que les lampes soient branchées directement dans les circuits série ou par groupe en série aux bornes d'un même transformateur d'isolement, toutes les lampes du groupe s'éteignent lorsque le filament d'une de ces lampes se brûle, à moins qu'un dispositif de dérivation approprié soit branché aux bornes de la lampe défaillante.

III-2-2-4-5- Branchements sur les circuits série

Les branchements sur les circuits série doivent être effectués avec soin pour assurer la continuité des circuits et éviter les défauts à la terre. Une panne par ouverture des circuits dans le primaire entraîne la panne de tous les feux branchés sur ces circuits. Sauf s'il est équipé d'une protection contre les circuits série, la plupart des défauts à la terre n'entraînent pas la panne des feux, mais deux ou plusieurs défauts à la terre mettent en court-circuit tous les feux branchés entre ces défauts.

III-2-3- Circuits parallèles

III-2-3-1- Les éléments d'un circuit parallèle

Leurs éléments sont branchés en parallèle aux bornes des conducteurs auxquels la tension d'entrée est appliquée. En théorie, la même tension est appliquée à chaque feu ; cependant, l'intensité qui traverse les conducteurs crée une chute de tension (perte en ligne).

III-2-3-2- Avantages des circuits parallèles de balisage lumineux

Les avantages des circuits parallèles pour le balisage lumineux d'aérodrome comprennent les points suivants :

1. Les frais d'installation sont moins élevés ;
-

2. Le rendement d'utilisation de l'énergie électrique est meilleur ;
3. Il est facile d'ajouter ou de supprimer des éléments d'un circuit existant ;
4. La plupart des gens comprennent mieux le fonctionnement de ces circuits ;
5. Un circuit ouvert n'empêche pas le reste du circuit de fonctionner ;
6. Les pannes du câble, sont plus facile à repérer, surtout s'il s'agit de pannes par ouverture de circuit ;
7. Ce genre de circuit n'exige pas de dispositifs de dérivation et peut se passer de transformateurs d'isolement.

III-2-3-3- Inconvénients des circuits parallèles de balisage lumineux

Les inconvénients des circuits parallèles pour le balisage lumineux sont les suivants :

3. L'intensité lumineuse des feux diminue en cas de chute de tension dans le circuit ;
2. Il faut deux conducteurs tout le long du circuit et il peut être nécessaire d'utiliser des conducteurs de plus fort calibre pour réduire la chute de tension en ligne ;
3. Les filaments des lampes sont généralement plus longs, ce qui peut nécessiter l'emploi d'éléments optiques et d'ensemble lumineux de plus grandes dimensions ;
4. Il est plus difficile de régler l'intensité avec précision, surtout dans la plage des faibles valeurs, car le coût de l'équipement augmenterait sensiblement les frais d'installation ;
5. Un seul défaut à la terre sur la ligne d'arrivée à haute tension suffit pour mettre un circuit hors service ;
6. Les défauts à la terre sont difficiles à repérer.

III-2-3-4- Emploi de circuits parallèles pour le balisage lumineux des aérodromes

L'emploi de circuits parallèles pour le balisage lumineux des aérodromes n'est pas recommandé sur les grands aérodromes, ni pour les dispositifs lumineux complexes. Les raisons sont les suivantes :

- Les circuits parallèles exigent généralement des installations de câbles beaucoup plus coûteuses que les circuits série à haute tension ;
- Il n'est pas facile d'obtenir un équilibre exact de l'intensité de tous les feux qui font partie de la configuration ;
- Le claquage d'un grand nombre de lampes dans un même circuit est beaucoup plus probable parce que les régulateurs de tension couramment utilisés ne sont pas capable d'éliminer les fluctuations très rapides de la tension d'alimentation.

*balancements
Valeurs*

III-2-3-5- Effets de panne

Les ensembles lumineux sont branchés aux bornes du circuit de balisage, le claquage d'une lampe ou une panne par ouverture de circuit dans un accessoire ne compromet pas gravement le fonctionnement du circuit de balisage, mais une panne par court-circuit entraîne une surcharge et, selon le type du dispositif de protection installé (fusible ou disjoncteur) le circuit de feux risque de ne plus fonctionner.

Pour protéger le circuit de balisage lumineux, chaque lampe est souvent raccordée par un fusible au côté du circuit qui reçoit la tension de secteur.

III-2-4- Comparaison entre les circuits série et les circuits parallèles pour le balisage lumineux

Il est souvent possible d'installer un balisage lumineux acceptable avec des circuits série ou des circuits parallèles. Les circuits parallèles servent pour l'éclairage de la plupart des aires, pour les aides visuelles isolées ou peu nombreuses et pour la distributions de l'énergie.

III-3- Câblage

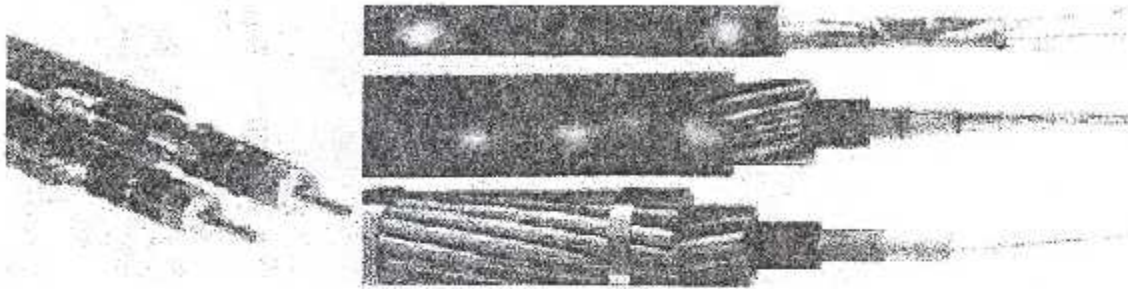


Fig.III.7. câble des circuits série de balisage lumineux d'aérodrome

III-3-1- Câbles des circuits série de balisage lumineux d'aérodrome

Le courant série qui passe dans ces circuits a une valeur comprise entre 6 et 20A. Les conducteurs utilisés ont généralement une section de $8,4 \text{ mm}^2$ mais on utilise parfois des câbles de $3,3 \text{ mm}^2$. Ce sont des câbles monoconducteurs.

Le conducteur est habituellement torsadé mais on peut également utiliser des conducteurs pleins. Le plus souvent, l'isolant a une tension nominale de 5000 v et il est protégé par une chemise non métallique.

Un blindage de ruban métallique est souvent disposé entre l'isolant et la chemise ou entre la chemise et l'enveloppe non métallique, mais ce blindage n'est pas toujours nécessaire.

Les câbles des circuits série de balisage lumineux comporte de préférence un conducteur torsadé en circuit de $8,3 \text{ mm}^2$ de section, isolé au polyéthylène réticulé (XLP), au caoutchouc d'éthylène propylène (ERP) ou au caoutchouc de butadiène, avec chemise en polyéthylène, en polyéthylène chlorosulfané en chlorure polyvinyle ou en néoprène à grande résistance ; Enfin, ils sont blindés par un ruban métallique.

III-3-2- Causes d'endommagement des câbles

Les pannes des circuits de balisages lumineux sont souvent dues à des défauts de câbles dont la détection et la réparation demandent beaucoup de temps et d'effort.

L'emploi de méthodes efficaces pour réduire la fréquence des défauts des câbles permet d'augmenter la fiabilité du système. Mieux connaître les causes d'endommagement des câbles aide à choisir le type de câbles et la méthode d'installation. Certaines de ces causes sont exposées ci-dessous :

III-3-2-1- Causes mécaniques

Les mauvaises techniques d'installation sont probablement la cause la plus courante de dommages mécaniques mais les câbles peuvent aussi être matériellement endommagés de bien d'autres façons (gonflement dus au gel, vibrations provoqué par le passage des avions ou des véhicules, attaque par les rongeurs, déplacements ou tassements de terrain, etc....). Les différentes façons des dommages mécaniques sont :

- Entailles et éraflures de l'isolant ;
- Contraintes excessives exercées sur le câble pendant le tirage dans les conduites ou le déroulement du touret pour l'enfouissement direct dans le sol ;
- Pierres ou objets étrangers dans le lit ou dans le remblai des tranchées ;
- Entailles dans le conducteur au droit des épissures ou des joints de connecteurs, qui peuvent finir par entraîner la rupture du conducteur;
- Séparation insuffisante des câbles dans les tranchées (dans le sens vertical ou horizontal), aux boucles de reprises du câble ou en des points où le tassement de la terre ou l'effet du gel peut amener deux sections des câbles en contact direct;
- Effets du gel amenant le câble au contact de la glace, de la gelée ou de tout autre objet ou matériau solide; en pareil cas, il faut prévoir un bon matelassage et donner du mou au câble pour réduire les contraintes;

- Fatigue du conducteur ou de la chemise et de l'isolant due à des vibrations provoquées par la circulation au-dessus du câble ou par le fonctionnement de l'équipement relié au câble ou situé à proximité;
- Rupture ou séparation de conduites ou de canalisations de nature à entraîner la rupture du câble; il faut ajuster correctement les conduites et canalisations lors de pose puis remblayer correctement et damer le terrain.

III-3-2-2- Infiltration d'eau

Un défaut à la terre se produit lorsque de l'eau parvient à s'infiltrer jusqu'au conducteur à travers la gaine et l'isolant. Pour éviter l'infiltration d'eau aux extrémités des câbles, il faut veiller à ce que ces extrémités soient propres et sèches avant comme après le branchement des équipements.

La foudre peut causer de graves dommages aux câbles ou créer des tensions induites suffisantes pour endommager l'isolant par piqûres qui se produisent le plus souvent aux points où les câbles se croisent ou lorsqu'un câble à proximité immédiate de conducteurs métalliques ou entre en contact avec eux. Des fils de terre ou les contrepoids bien installés permettent de réduire les dégâts causés par la foudre.

III-3-2-3- Produits chimiques

Les câbles de balisage lumineux d'aérodrome sont souvent placés dans des secteurs où il y a, couramment ou parfois, du carburant, de l'huile, des acides ou autres produits chimiques. Ces produits compromettent la résistance d'isolement de certains types de câbles. Si l'on sait ou si l'on craint que les câbles risquent d'être exposés à des produits chimiques de ce genre, il faut choisir un type de câble capable d'y résister.

III-3-2-4- Rongeurs

Il semble bien que ces animaux soient attirés par la chaleur que le câble; enfouis directement, émet ou par son goût. Lorsque les rongeurs causent de graves problèmes, il peut être souhaitable de poser les câbles dans des conduites ou dans des gaines métalliques.

III-3-2-5- Rayons ultraviolets

Certains isolants de câbles, qui se comportent bien dans les installations souterraines, peuvent devenir cassant ou se dégrader rapidement lorsqu'ils sont exposés au soleil sur des supports hors-sol, par exemple sur des pylônes de feux d'approche. Lorsqu'il s'agit d'installations de ce genre, choisir des câbles dont l'isolant résiste aux rayons ultraviolets ou poser le câble dans une conduite métallique.

III-3-2-6- Usure des câbles

La plupart des isolants de câbles se dégradent lentement. La durée de vie utile des câbles souterrains devrait être de 10 à 20 ans.

III-3-3- Boîtes de jonction pour le balisage lumineux d'aérodrome

Ces boîtes coûtent assez cher, mais il est souhaitable de les employer parce qu'elles permettent de gagner du temps à l'installation qu'il est possible de les ouvrir et de les refermer, facilitant ainsi l'accès aux circuits pour repérer les défauts. Comme les bornes de la plupart des transformateurs d'isolement sortent maintenant d'usine équipées de connecteurs, il faut que les câbles aient également des connecteurs ce qui permet de brancher et de débrancher facilement les transformateurs sur les circuits série et sur les feux. La figure III-8 représente des connecteurs pour monoconducteur.

a) PRISE MALE MOULEE EN USINE

b) PRISE FEMELLE MOULEE EN USINE

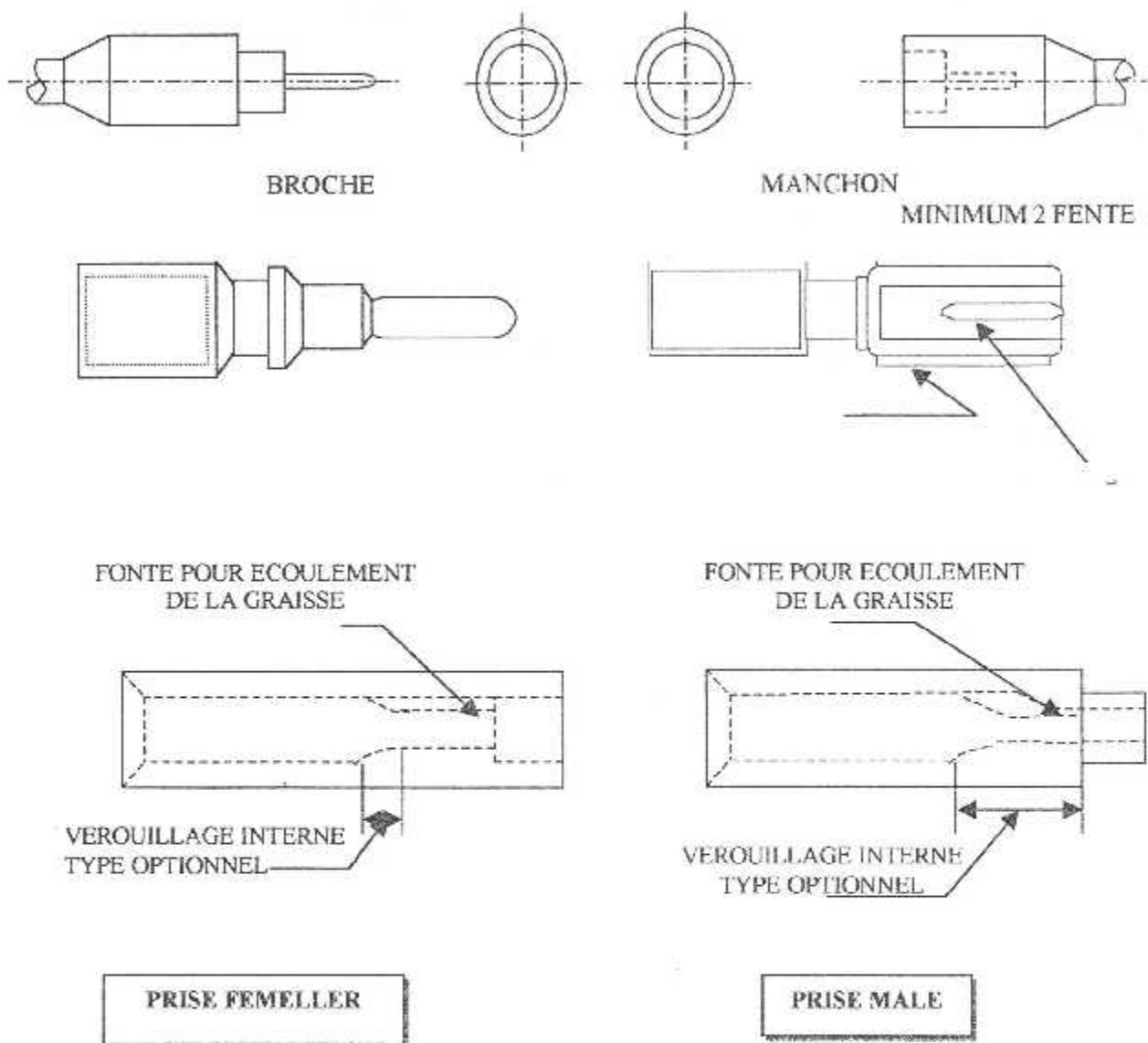


Fig.III.8 : Connecteurs pour monoconducteur.

III-3-4- Installation des câbles par enfouissement direct

Les principales étapes de l'installation des câbles par enfouissement direct sont le creusement des tranchées, la pose du câble et le remblayage.

a- Creusement des tranchées

Tous les câbles qui passent au même endroit et suivent la même direction générale doivent être posés dans la même tranchée dont le fond doit être uni et exempt d'agrégats minéraux grossiers. Les parois des tranchées doivent être verticales.

La profondeur des tranchées doit être d'au moins 5 cm au-dessous du niveau de câble le plus bas. Les câbles doivent passer au moins à 50 cm au dessous du revêtement superficiel s'ils sont dans l'enceinte de l'aérodrome et au moins à 15 cm au dessous du revêtement s'ils sont à l'extérieur. La profondeur d'une tranchée doit permettre de ménager ces séparations verticales.

Lorsqu'on rencontre de la roche, il faut creuser à un minimum de 8 cm au-dessous de profondeur prescrite pour les câbles et remplacer la roche par un lit de terre ou de sable exempt de particules d'agrégats minéraux de plus de 6 mm de diamètre. Si la couche rocheuse est continue, on peut envisager de détourner la tranchée ou de poser les câbles dans une conduite rigide en acier.

b- Pose des câbles

On utilise de longs câbles afin de réduire au minimum les épissures. S'il faut couper un câble, on protège les surfaces de coupes par un joint étanche à l'humidité. Le câble ne doit pas présenter des courbes de rayons inférieur à 8 fois son diamètre s'il s'agit d'un câble sous caoutchouc ou matière plastique, ou inférieur à 8 fois son diamètre s'il s'agit d'un câble à armure métallique. Si un câble a été soudé, il ne doit pas être installé.

Le câble doit être déroulé sur place dans la tranchée ouverte ou à côté de la tranchée, puis posé avec soin au fond de la tranchée. Il ne faut jamais tirer sur un câble pour l'amener dans la tranchée en raclant le sol.

c- Boucles de reprise

On laisse une boucle de reprise d'environ 1 m aux niveaux des extrémités de chaque longueur de câble et en tous les points où des branchements sont amenés au-dessus du sol. Elle doit être à la même profondeur minimale que le câble et présenter au rayon extérieur du câble.

Au point où le câble sort de la terre, il faut laisser une longueur supplémentaire de reprise au-dessus du sol. A chaque épissure, ou à épissure, ou à 30 cm au maximum des extrémités de chaque épissure, il faut également une boucle de reprise sans coude brusque.

d- Remblayage final

Après la pose du câble, il faut combler la tranchée comme il est indiqué ci-après :

- le remplissage séparant deux câbles doit être bien damé. Les séparations doivent être ménagées entre les câbles. Elles peuvent être horizontales, verticales ou obliques.
 - La première couche de remplissage doit avoir au moins 7,5 cm d'épaisseur mesurée avant le tassement ; elle est formée de terre ou de sable ne contenant pas de particules d'agrégats minéraux de plus de 6 mm de diamètre. Cette couche ne doit pas être compactée.
 - La deuxième couche ne doit pas avoir moins de 12 cm d'épaisseur, mesurée avant tassement, et ne doit pas contenir de particules de plus de 25 mm de diamètre.
-



Fig.III.9 : Enduit transformateurs



FIG.III.10 : Socle

III-3-5- Installation de canalisation (conduites)

III-3-5-1- Techniques et méthode d'installation

A/ le choix du tracé des canalisations de câble correspond au meilleur compromis entre le maximum de souplesse et le minimum de coût. Les câbles électriques doivent être séparés de toutes les autres conduites souterraines, notamment les conduites d'eau chaude et de vapeur.

B/ les matériaux classiques acceptables utilisés pour les canalisations de fibres, amiante-ciment, poterie et matière plastique. On peut aussi installer sous terre des conduites rigides en acier qui doivent parfois être protégées par un revêtement appliqué sur place ou en usine.

C/ le diamètre intérieur minimal des canalisations en galerie souterraine est de 10cm.

D/ pour l'installation des canalisations :

Les tranchées destinées à recevoir une seule canalisation doivent avoir une largeur comprise entre 15cm et 30cm. Les tranchées destinées à deux ou plusieurs canalisations installées au même niveau doivent avoir une largeur calculée en proportion.

Au fond des tranchées est déposé un lit de terre fine d'au moins 10cm d'épaisseur pour servir à la canalisation de couche d'assise, cette dernière est faite de terre meuble, de sable ou d'autre matériaux à grain fine et ferme sans aucune particule de plus de diamètre.

On espace les conduites d'au moins 5cm (entre les parois) dans le plans horizontal, ou d'au moins 15cm dans le plans vertical lorsqu'elles sont installées à plusieurs dans la même tranchée sans enveloppe de béton. Les conduites rigides en acier et les conduites à parois épaisses peuvent être enfouir directement dans le sol.

E/ Toutes les canalisations installées sous enveloppe en béton doivent reposer sur une couche de béton d'au moins 7.5cm d'épaisseur. Lorsque deux ou plusieurs canalisations sont

placées sous enveloppe en béton, elles doivent être espacées d'au moins 5 cm (mesure prise entre les parois extérieures).

On coule au moins 7,5 cm d'épaisseur de béton sur les côtés et au-dessus de la galerie dans laquelle passent les conduites. On place des cales d'écartement à intervalle ne dépassant pas 1,5 m pour assurer un écartement uniforme entre les conduites. Les joints des conduites adjacentes sont décalés de 60 cm au minimum et imperméabilisés avant de couler le béton.

Ces canalisations sont posées de manière que la partie supérieure de l'enveloppe en béton ou de la canalisation passe à un minimum de 40 cm au-dessous de la partie inférieure du revêtement.

F/ toutes les conduites rigides en acier sont munies de douilles de mise à la terre à l'entrée et à la sortie des puits de visite et des regards.

G/ pour assurer les meilleures conditions de dissipation de la chaleur, on dispose des canalisations deux par deux dans le sens de la hauteur ou de la largeur.

H/ toutes les canalisations de réserve contiennent un câble de tirage en acier cuivré d'une section minimale de 5 mm². Les extrémités ouvertes de ces canalisations sont obturées par des bouchons coniques amovibles qui sont solidement fixés aux câbles de tirage.

I/ dans tout réseau souterrain neuf, on inclut un nombre suffisant de canalisations pour les installations prévues et les agrandissements ultérieurs, ainsi qu'un minimum de 25% de canalisations de réserve.

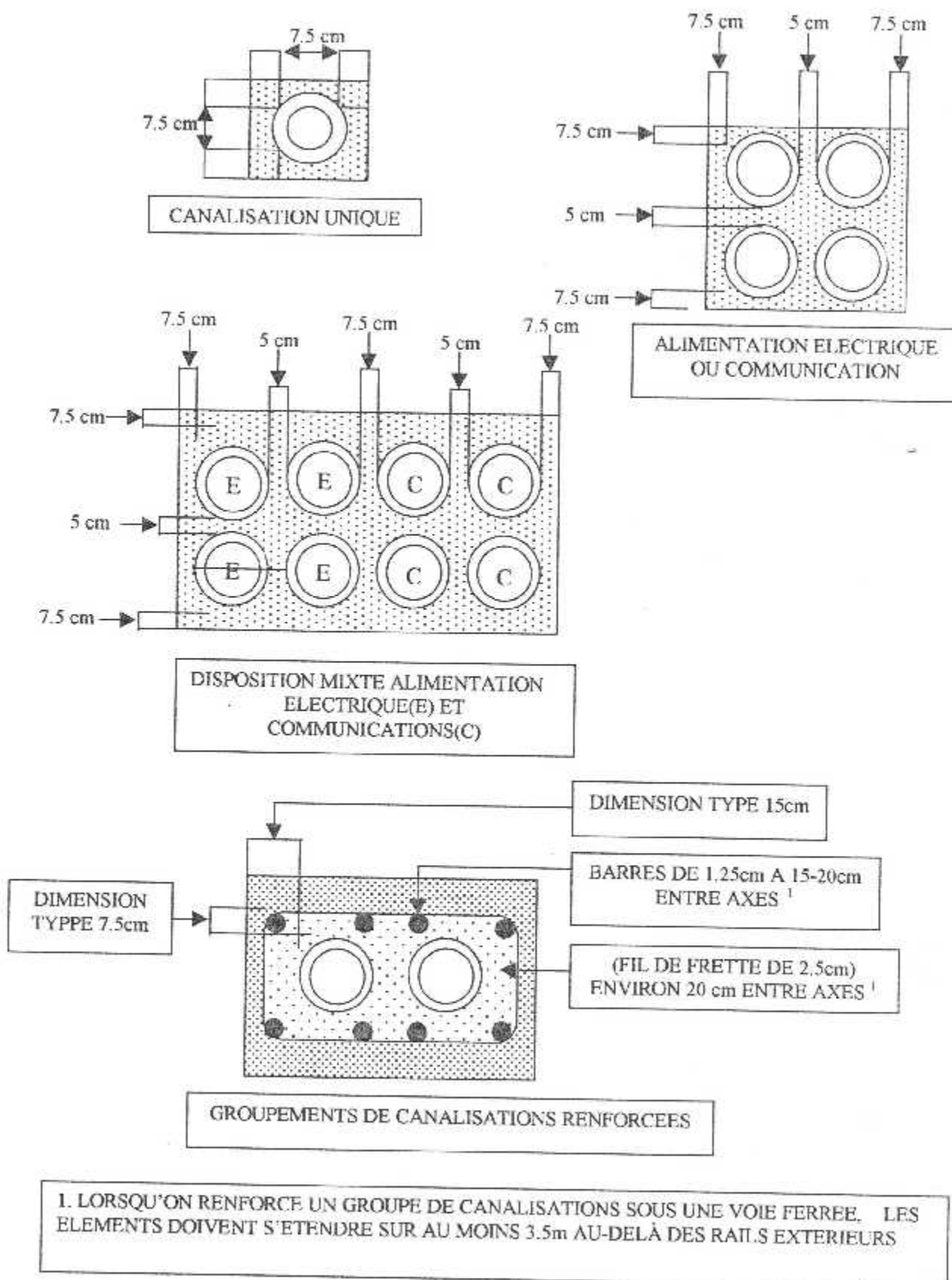


Fig.III.11 : Sections de canalisations

III-3-5-2- Tirage des câbles dans les canalisations

A/ pour installer un câble dans une canalisation, on tire à la main ou avec un treuil à moteur, tout en le recouvrant avec une bonne quantité d'enduit spécial sans utiliser de graisse à base de pétrole. Le câble ne doit pas être aplati d'un dixième de son diamètre extérieur.

Pour tirer un groupe de câbles dans une canalisation, on exerce un effort total qui ne dépasse pas la somme des efforts admissibles pour chaque câble, augmentée de 15 %.

B/ pour éviter les épissures, on tire dans les canalisations la plus grande longueur possible de câble à chaque fois. L'intervalle entre les puits de visite et les regards pour les câbles ne dépasse pas 200 m.

C/ si l'on pose deux ou plusieurs câbles dans la même canalisation, on respecte les principes suivants :

- plusieurs câbles d'alimentation à la même tension peuvent être posés dans la même canalisation ;
 - plusieurs câbles d'alimentation à moins de 600 V peuvent être posés dans la même canalisation ;
 - il ne faut pas poser des câbles d'alimentation à moins de 600 V dans la même canalisation que des câbles de commande, des câbles téléphoniques ou des câbles coaxiaux ;
 - il ne faut pas poser des câbles d'alimentation à plus de 600 V dans la même canalisation que des câbles de commande, des câbles téléphoniques ; des câbles coaxiaux ou des câbles d'alimentation à moins de 600 V,
 - les câbles de commande, les câbles téléphoniques et les câbles coaxiaux peuvent être posés dans la même canalisation ;
-

III-3-5-3- Enfouissement direct des transformateurs d'isolement

On installe les transformateurs d'isolement à la même profondeur que les câbles leurs sont raccordés. On installe les transformateurs et les câbles de manière à éviter les coudes et les contraintes sur les connecteurs et on donne assez de mou au aux câbles et aux conducteurs pour tenir compte du tassement de la terre et du gonflement dû au gel. On ne fait pas d'épissure pour raccorder les câbles aux transformateurs.

III-4- Lampes

III-4-1- Lampes à incandescence

La plupart des montures installées sur les dispositifs de balisage lumineux d'aérodrome font usage de lampes à incandescence dont les caractéristiques sont la quantité de lumière émise, la vie utile, la puissance consommée et le rendement des lampes à incandescence qui varient de manière complexe en fonction de la tension ou de l'intensité d'alimentation, comme l'indiquent le Tableau III-1. ainsi, quand la tension d'alimentation d'une lampe est supérieure de 5% à la tension nominale, la quantité de la lumière émise sera égale à environ 120% de la quantité nominale mais la vie utile de la lampe ne sera qu'environ la moitié de sa durée théorique. Les effets des variations de courant dans la lampe sont encore plus grands.

Si l'intensité du courant qui passe dans une lampe dépasse de 5% sa valeur nominale, la quantité de lumière émise sera égale à environ 135% de la quantité nominale mais la vie utile de la lampe diminuera à environ 3/10 de la durée théorique. Ces indications mettent en évidence la nécessité d'une régulation précise de la tension ou du courant d'alimentation.

	Unité (volts/VOLTS)	Unité (ampères/AMPERES)
Lumière produite/ LUMIERE PRODUITE	3.38	6.25
Vie utile/ VIE UTILE	13.1	24.1
Watts/WATTS	1.54	2.85
Ampères/AMPERES	0.54	/

Tableau.III.1 : La puissance consommée et le rendement des lampes à incandescence

Note: Les majuscules correspondent aux valeurs nominales.

Les caractéristiques ci-après interviennent dans le choix des lampes pour les divers types de feux d'aérodrome – lampes en série, lampes basse tension en parallèle ou lampes en parallèle à tension plus élevée:

- La chute de tension aux bornes des lampes type série correspond habituellement à celle de la catégorie "basse tension"; la chute de tension aux bornes d'un feu de bord de piste de 200W à 6.6A est de 30V et la chute de tension aux bornes d'une lampe de feu d'approche de 500W à 20A est de 25V ;

- Étant donné les différences de tolérances de calcul, les lampes type série ne doivent pas être utilisées dans les circuits parallèles et les lampes type parallèle ne doivent pas être utilisées dans les circuits série ;

- La vie utile d'une lampe "basse tension" est plus longue que celle d'une lampe "haute tension" pour consommation nominale donnée et une quantité de lumière produite donnée.

III-4-2- Lampes pour feux d'approche à éclats successifs (lampes 'stroboscopiques')

Les lampes utilisées dans les feux d'approche à éclats successifs sont des lampes à décharge de condensateur en atmosphère gazeuse et non des lampes à incandescence. La lampe elle-même est un tube qui peut avoir diverses formes, et qui contient un gaz inerte comme l'argon ou le krypton, qui émet de la lumière lorsqu'on provoque un arc dans l'atmosphère gazeuse.

L'intensité de pointe de ces feux peut être très élevée mais de courte durée. C'est par intégration de l'éclat que l'on peut déterminer l'intensité efficace de la lumière émise et son efficacité comme aide visuelle. La fréquence des éclats de ces feux est limitée par le temps nécessaire pour recharger les condensateurs et n'est habituellement que de quelques éclats par seconde.

La lumière produite est proportionnelle au carré de la tension appliquée à l'ensemble lumineux, sauf s'il y a un régulateur d'alimentation.

III-5- Méthodes employées pour assurer l'intégrité et la fiabilité du balisage lumineux d'aérodrome

III-5-1- Définition

Les expressions intégrité et fiabilité utilisées pour qualifier le balisage lumineux d'aérodrome sont ni précises, ni faciles à définir, ni mesurable. La fiabilité dépend de la mesure moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) des composants, tandis que l'intégrité englobe certaines caractéristiques comme la survie du dispositif en cas de panne.

La fiabilité dépend donc du choix des éléments et de leurs utilisations opérationnelles, tandis que l'intégrité dépend de la conception et de l'installation des dispositifs et de l'entretien des équipements. En général, on considère les aides visuelles bien conçues et bien entretenues ont une très bonne intégrité et que la probabilité d'une défaillance survenant à un moment critique est extrêmement faible. Néanmoins, il est raisonnable de s'efforcer au maximum d'améliorer l'intégrité et la fiabilité. Les facteurs électriques dont dépendent l'intégrité et la fiabilité peuvent se classer comme suit :

1. Panne au circuit,
 2. Panne de l'alimentation,
 3. Panne du circuit de commande.
-

III-5-2-Moyens permettant d'améliorer l'intégrité et la fiabilité du point de vue électrique

III-5-2-1- Réduction du risque de panne du circuit

Il est d'usage courant d'utiliser plusieurs circuits pour éviter que la panne d'un circuit ne provoque l'extinction de tout un dispositif de balisage lumineux. On installe parfois trois circuits pour les feux d'approche qui sont conçus de façon que, si l'un tombe en panne, une barrette sur trois ne fonctionne pas. Lorsqu'une configuration de feux est alimentée par plusieurs circuits, il n'est pas recommandé que chaque circuit corresponde à une section déterminée de cette configuration, car la panne d'un circuit risque, en pareil cas, de modifier son aspect général et de lui donner une apparence tout à fait différente.

Par exemple, un dispositif lumineux d'approche comprenant une ligne axiale et cinq barres transversales. Si deux circuits alimentent chacun une moitié distincte de ce dispositif et que l'un d'eux tombe en panne, on ne verra plus une ligne axiale avec dispositif à cinq barres mais, une ligne axiale avec dispositif à trois barres.

III-5-2-2- Réduction du risque de panne de l'alimentation

On peut prendre des dispositions pour assurer une alimentation continue du dispositif de balisage lumineux. L'une des méthodes les plus simples et les plus sûres consiste à prévoir deux sources d'énergie provenant de deux groupes électrogènes différents capables de démarrer automatiquement en cas de panne d'alimentation. Il existe des équipements qui permettent de faire intervenir le réseau auxiliaire dans un délai extrêmement bref à la suite d'une panne d'alimentation.

L'équipement installé pour les pistes avec approche de précision permet actuellement d'obtenir des délais de commutation de l'ordre de 0.3 à 0.5 s. pour d'autres dispositifs, les délais de commutation varient entre 10 et 20 s. il y'a une autre méthode qui consiste à alimenter les circuits en permanence sur les groupes auxiliaires pendant les périodes critiques,

par exemple par mauvaise visibilité ou lorsqu'on prévoit un orage. En cas de panne du groupe auxiliaire, on passe sur l'alimentation principale.

III-5-2-3- Réduction du risque de panne du circuit de commande

On néglige parfois les circuits de commande auxiliaires. Les circuits de balisage font l'objet de soins attentifs et sont dotés d'alimentations auxiliaires, mais on ne se préoccupe pas de prévoir des circuits auxiliaires pour commander les feux depuis la tour de contrôle. La probabilité de panne est aussi grande pour les circuits de commande que pour les circuits de balisage lumineux et les circuits de commande doivent aussi être doublés.

III-5-2-4- Modes de conception assurant l'intégrité et la fiabilité

Le choix des composants et l'imbrication des circuits ne sont pas les seuls éléments de conception et d'installation qui peuvent influencer sur l'intégrité et la fiabilité des dispositifs de balisage lumineux d'aérodrome. Ces caractéristiques sont souvent les mêmes que celles que l'on utilise pour réduire et simplifier la maintenance.

Les caractéristiques déterminées par les décisions prises au stade de la conception consistent par exemple à installer les câbles dans des conduites (canalisations) au lieu de les enfouir directement, à installer des feux encastrés au lieu de feux hors sol dans les zones où les mouvements à la surface entraînent souvent le bris des montures des feux, à prévoir des circuits avec fil de mise à la terre dans tout le dispositif pour réduire les effets de la foudre et des surtensions, à installer des éléments de chauffage sur les montures des feux pour éliminer la condensation et les problèmes de givrage, etc.

la fiabilité et l'intégrité sont des facteurs dont il faut tenir compte dans la conception et l'installation.

III-6- Contrôle du fonctionnement de circuits du balisage lumineux d'aérodrome

III-6-1- Méthode de contrôle

Il est recommandé d'employer un système de contrôle de fonctionnement des aides visuelles afin d'assurer la fiabilité du balisage lumineux. Ce contrôle peut être exercé visuellement au moyen d'un détecteur automatique. Le contrôle visuel est rarement utilisé.

Certains systèmes de contrôle du balisage lumineux actuellement en usage se composent de voyants lumineux qui ne font qu'indiquer si les interrupteurs qui commandent les circuits sont bien fermés ou si un ou plusieurs feux d'un circuit sont brûlés.

Les voyants indicateurs qui ne réagissent qu'à la position des interrupteurs ou au fonctionnement des relais de commande risquent de ne pas détecter la panne d'un régulateur à courant constant ou la mise à la terre accidentelle d'un circuit de balisage lumineux ; de même, des dispositifs qui contrôlent la distorsion harmonique du courant d'alimentation pour détecter les pannes de lampes peuvent ne pas réagir aux pannes des circuits de balisage lumineux ou à celles des équipements d'alimentation ou de commande.

III-6-2- Conception des dispositifs de contrôle

Le dispositif idéal de contrôle de fonctionnement des feux d'aérodrome mesure l'intensité lumineuse de chaque feu en direction des appareils d'observation et indique l'emplacement et l'ampleur des déficiences éventuelles.

Les notices d'utilisation d'un système de contrôle doivent expliquer les limites et les possibilités de ce système.

Les grandeurs habituellement mesurées sont le courant, la tension, la puissance, la forme d'onde, le temps et l'émission photoélectrique. Les appareils qui enregistrent ces valeurs sont

en quelque sorte des dispositifs de contrôle, mais le type d'indication qu'ils donnent sert rarement à déclencher une réaction immédiate ou automatique.

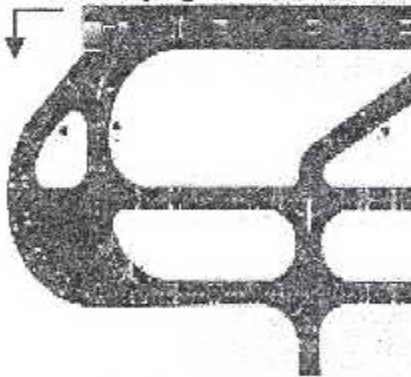
pupitre de commande d'un système de
commande de piste de roulement.



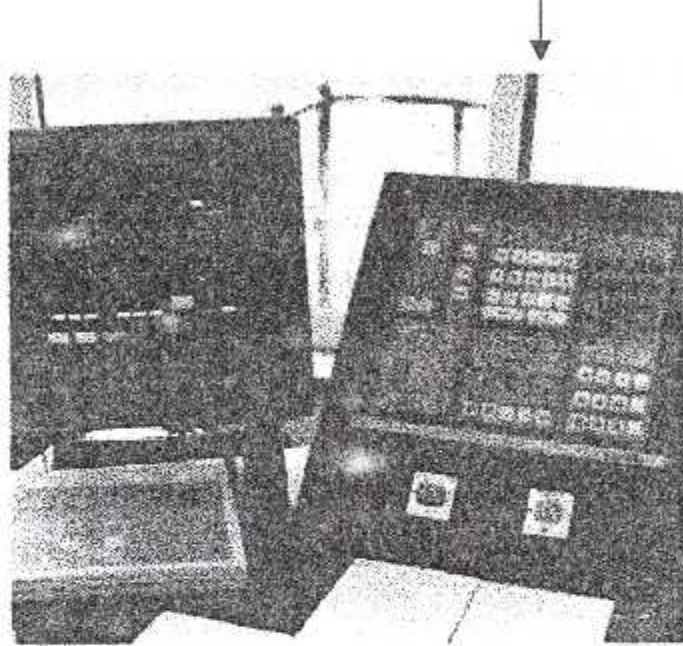
panneau d'affichage avec les câbles à fibres
optiques pour un système de commande de
piste de roulement.



éclairage de piste de roulement
avec des progrès de sûreté.



commander le centre dans la tour avec un moniteur de surveillance.



Centre de commande de SICOMOS avec le PC, le
moniteur, l'enregistreur, le modem et l'UPS.

Fig.III.12.b : système de
commande de piste de roulement.

Fig.III.12.a : Système de contrôle
et de surveillance.

Fig.III.12 : Système de commande d'opérations pour des installations d'éclairage.

III-6-3- Catégories de dispositifs de contrôle

On distingue les dispositifs de contrôle actifs et passifs. Les dispositifs de contrôle actifs réagissent d'une manière prédéterminée après l'apparition de cette situation.

On range par exemple dans cette catégorie les détecteurs de tension de l'alimentation principale qui déclenchent automatiquement le démarrage du groupe électrogène auxiliaire et branchent la charge sur ce groupe en cas de panne de l'alimentation principale, ainsi que les minuteries qui abaissent automatiquement la valeur de l'intensité et déclenchent un ronfleur et/ou allument un voyant lorsque les feux sont à pleine intensité depuis 15 minutes.

Les dispositifs passifs déclenchent un signal, par exemple un voyant ou un ronfleur, lorsqu'il se produit une situation déterminée mais ne modifient aucune des caractéristiques de l'installation.

On range par exemple dans cette catégorie les dispositifs de contrôle des feux à éclats successif, qui déclenchent un signal d'alerte lorsqu'un nombre prédéterminé de feux sont en panne, ainsi que les voyants qui indiquent que tel ou tel circuit déterminé est sous tension et fonctionne.

III-6-4 - Commandes de surpassement des dispositifs de contrôle

On utilise souvent des commandes ou des procédures pour surpasser ou annuler l'intervention des dispositifs de contrôle. En actionnant un circuit spécial ou en réenclenchant une commande, l'opérateur peut maintenir sans changement le fonctionnement des circuits pendant un laps de temps déterminé ou indéfini.

Le signal qui indique la réaction du dispositif de contrôle peut continuer pendant que le circuit fonctionne dans des conditions anormales. Il arrive par exemple qu'on réenclenche la minuterie à l'intensité maximale au début de chaque approche par faible visibilité pour que les feux ne passent pas automatiquement à une intensité plus faible au cours de l'approche.

III-7- Essais de réception des circuits électriques d'aérodrome

III-7 -1- Application

Les procédures d'essai s'appliquent aux essais de réception des nouvelles installations et ces essais doivent être effectués avant que le système devienne opérationnel.

III-7-2- Période de garantie

Tous les contrats d'installation doivent comporter une clause de garantie spécifiant une période d'au moins un an pendant laquelle l'entrepreneur qui procède à l'installation peut être tenu responsable des réparations et du remplacement de tous les câbles et équipements en cas de panne imputable à une défectuosité du travail ou du matériel. (Des connecteurs de câbles humides ou sales ou des câbles endommagés à la suite d'une installation défectueuse, tombent souvent en panne au bout de plusieurs mois.).

III-7-3- Procédures d'inspection

III-7-3-1- Examen visuel

L'inspection visuelle qui revêt la plus grande importance, doit avoir lieu fréquemment pendant et à la fin de l'installation, et enfin avant de mettre les circuits sous tension. Dans le cadre des inspections visuelles, on évalue notamment :

- ♣ Si les connexions extérieures sont correctement installées ;
 - ♣ Si le travail est bien fait ;
 - ♣ Si l'ensemble est propre ;
 - ♣ S'il n'y a pas de risques pour la sécurité ;
 - ♣ Si les conditions particulières à certains éléments sont respectées.
-

III-7-3-2- Inspection des câbles, des connecteurs et des transformateurs d'isolement

Au cours de l'installation, il faut inspecter ces éléments pour déterminer :

♣ Que les surfaces jointives des connecteurs moulés sont propres et sèches les connecteurs sont enfichés. S'ils sont propres et secs à l'intérieur et protégés par du ruban adhésif, ces connecteurs assurent, sur les conducteurs à haute tension, des connections au moins aussi bonnes que les épissures classiques. Par contre, s'ils sont mouillés ou sales à l'intérieur, ils ne constitueront jamais une connexion satisfaisante, quelle que soit la quantité de ruban adhésif employée. Pour maintenir en contact les deux parties d'un connecteurs et conserver la propreté des surfaces jointives, il est recommandé de les entourer de deux ou trois tours de ruban adhésif.

Pour que les surfaces jointives soient propres au montage, le mieux est de laisser en place les bouchons protecteurs venus d'usine jusqu'au branchement définitif. Après avoir ôté ces bouchons protecteurs, il ne faut ni poser les surfaces jointives par terre, ni les toucher ni même laisser la respiration les toucher. Si l'on doit séparer les deux parties d'une connexion, il faut immédiatement mettre protecteurs en place ;

♣ Que les connecteurs sont bien enfichés à fond. Après le premier enfichage, la partie mâle et la partie femelle peuvent s'écarter partiellement sous la pression de l'air emprisonné à l'intérieur. Si cela se produit, il faut attendre quelques secondes et enfoncer de nouveau les deux parties en place, puis les maintenir serrées par deux ou trois tours de ruban adhésif ;

♣ Que les câbles n'ont pas été coupés par un coup de pelle, ni écrasés par les roues de véhicules, ni abîmés par des pierres, ni endommagés d'une manière ou d'une autre au cours des manutentions et de l'installation ;

♣ Que les câbles soient enfouis à la profondeur spécifiée sous le revêtement et que toutes les autres conditions détaillées de la spécification d'installation aient été respectées ;

♣ Que les câbles ne font pas de coudes brusques à l'entrée (ou à la sortie) des conduites et qu'ils reposent sur du sol damé, qui ne risque pas de s'affaisser en créant des coudes brusques.

♣ Que les câbles ne se croisent pas directement entre eux ;

♣ Que le lit placé autour des câbles est formé d'un matériau passé au crible et ne contient pas des pierres ;

III-7-3-3- Inspection de régulateurs à courant constant

Il y a lieu d'inspecter tous les régulateurs à courant constant pour s'assurer que les manchons de porcelaine ne soient pas fissurés, qu'il n'y ait pas de dommages dûs au transport, que les branchements soient corrects, que les interrupteurs et relais fonctionnent librement et ne soient ni collés ni grippés, que les fusibles soient en bon état et que, pour les régulateurs à bain huile, le niveau d'huile soit correct.

Lors de cette inspection, on ne doit retirer que les couvercles des tableaux de relais. Il n'est pas nécessaire d'ouvrir le réservoir principal des régulateurs à bain huile. Il faut suivre les indications qui figurent sur la plaquette d'inspection du régulateur. Une fois l'inspection et les essais terminés, on nettoie tous les couvercles et les resserre à fond.

III-7-3-4- Inspection des ensembles lumineux et des phares

Il faut procéder à une inspection pour vérifier que la couleur, la quantité et la disposition des feux sont bien conformes aux schémas d'installation. On s'assurera que tous les feux fonctionnent bien, que les verrines ne sont ni cassées ni fissurées, que les lampes sont du type voulu et que les ensembles ont été convenablement mis de niveau et orienté.

III-7-3-5- Inspection de fonctionnement de l'installation

Après avoir inspecté les éléments et les circuits, il faut faire l'essai de l'installation complète en procédant comme suit :

♣ Manœuvrer chacun des interrupteurs des tableaux de balisage lumineux situés dans la tour de contrôle de manière à amener au moins deux fois chacun d'eux à toutes ses positions de fonctionnement. Pendant cette opération, observer tous les feux et tout l'équipement sous abri pour vérifier que chaque interrupteur commande correctement le circuit correspondant ;

♣ Répéter l'essai ci-dessus sur les tableaux de la station (ou poste) de commande auxiliaire et le reprendre encore une fois pour les interrupteurs de commande locale sur les régulateurs ;

♣ Essayer chaque circuit de balisage lumineux en le faisant fonctionner continuellement à l'intensité maximale pendant au moins 6 heures. Une inspection visuelle doit être effectuée au commencement et à la fin de cet essai pour vérifier que le nombre voulu de feux fonctionne à pleine intensité. Si l'intensité lumineuse de la totalité ou d'une partie des feux d'un circuit diminue, c'est qu'il y a des défauts à la terre. Il faut aussi mesurer la tension aux bornes des lampes sur au moins un feu de chaque circuit de $\pm 5\%$ de la tension nominale marquée sur la lampe.

III-7-3-6- Essais électriques sur les câbles

Les câbles enfouis dans le sol (c'est à dire ceux qui ne passent pas dans des canalisations) doivent être essayés avant et après le remblayage de la tranchée. Chaque circuit série doit être soumis à un essai de continuité à l'aide d'un ohmmètre ou par une méthode équivalente. On vérifie ensuite la résistance entre le circuit et la terre à l'aide d'un appareil de mesure approprié pour s'assurer qu'il n'a pas de défauts à la terre. Si ces essais révèlent des anomalies, il faut les situer et les réparer avant de procéder aux essais sous haute tension.

Chaque circuit série doit être soumis à des essais de résistance d'isolement sous haute tension pour vérifier qu'il n'y a aucun défaut à la terre. Dans la mesure du possible, on effectuera ces essais quand le sol est bien détrempé. L'expérience montre que, malgré des essais satisfaisant de résistance d'isolement par temps sec, des circuits peuvent tomber en panne à la suite d'une forte pluie. Il faut vérifier chaque circuit, y compris transformateur, comme suit :

- ♣ Débrancher les deux conducteurs des bornes de sortie du régulateur. Placer ces deux conducteurs sur les supports avec un écart d'au moins une dizaine de centimètres entre les conducteurs nus et le sol. S'assurer que la gaine du câble est propre et sèche sur une longueur d'au moins 30 cm à partir de l'extrémité du câble. S'assurer également que la partie de l'isolant exposée à chaque extrémité du câble est propre et sèche ;

- ♣ Essayer chaque circuit immédiatement après son installation;

- ♣ Pour être admissible, le courant de fuite maximale, en microampères, ne doit pas dépasser la valeur calculée pour chaque circuit, comme suit :

- Prévoir deux microampères pour chaque transformateur série ;
- Prévoir un microampère par cent (100) mètres de câble ;
- Ajouter les valeurs obtenues pour déterminer le courant de fuite admissible (en microampères) pour chaque circuit complet ;

- ♣ Lorsqu'on ajoute des sections à des circuits existants, seules ces nouvelles sections doivent être essayées. Il faut vérifier l'ensemble du circuit à des tensions réduites pour s'assurer la fiabilité de son fonctionnement ;

- ♣ Relier les deux conducteurs et appliquer les tensions d'essai indiquées ci-dessous pendant 20 minutes entre les conducteurs et la terre.

III-7-3-7- Essais électriques des équipements des circuits série

Les essais électriques aident à vérifier la qualité de l'installation et à s'assurer que celle-ci répondra aux besoins opérationnels. Certains de ces essais comportent des mesures sur des circuits à haute tension. Ces essais ne doivent être effectués que par des personnes qualifiées

qui connaissent bien l'équipement électrique à haute tension et les précautions de sécurité à observer.

III-7-3-8- Essais électriques des régulateurs

Après avoir vérifié la tension d'alimentation et celle de l'entrée du régulateur, on s'assure qu'elles correspondent. Une fois la charge débranchée, on met le régulateur sous tension une première fois et on vérifie que le dispositif de protection contre l'ouverture du circuit met le régulateur hors tension dans un délai de deux (02) ou trois (03) secondes.

III-7-3-9- Essai de dépannage

L'essai ci-après devrait permettre de situer une anomalie si les essais précédents révèlent un fonctionnement défectueux.

On débranche la charge, on met les bornes de sortie du régulateur en court-circuit sur un ampèremètre et on mesure le courant de sortie. Si les valeurs mesurées sont égales ou légèrement supérieur à celles qui figurent sur la plaque d'identification, le régulateur fonctionne de manière satisfaisante et c'est dans le circuit de charge qu'il faut rechercher la défectuosité.

On branche les câbles du circuit de charge (après s'être assuré qu'il n'y a ni ouverture de circuit ni mise à la terre, et après avoir vérifié que les lampes voulues sont bien montées sur tous les transformateurs), puis on mesure simultanément le courant et la tension de sortie, tandis que le régulateur fonctionne au réglage d'intensité maximale. Les lectures ainsi relevées donnent les indications suivantes :

- Le fonctionnement est satisfaisant si le courant de sortie a la valeur voulue et si la tension de sortie dépasse légèrement la valeur estimée pour la charge sans toutefois dépasser la tension nominale de sortie. On peut évaluer la tension nécessaire pour la charge en multipliant la tension du primaire du transformateur d'isolement à la charge nominale

(nombre de watts divisé par l'intensité de courant du primaire) par le nombre de transformateurs montés en série dans le circuit de charge ;

- Si le courant de sortie a la valeur voulue mais que la tension de sortie dépasse la valeur nominale pour la charge, cela indique une surcharge ;

- Si le courant de sortie a la valeur voulue, que la tension de sortie soit nettement inférieure à la valeur estimée pour la charge, cela signifie que la charge est complètement ou partiellement en court-circuit ;

- Si le courant de sortie est réduit et que la tension de sortie indique une surcharge, cela peut éventuellement provenir d'une connexion médiocre dans le circuit de charge. Il faut mettre immédiatement le régulateur hors tension pour éviter qu'il soit endommagé ;

- Si le courant de sortie est réduit sans que la tension de sortie dépasse la valeur nominale, cela signifie soit que le régulateur est défectueux, soit que la tension d'alimentation est réduite ;

- Si le courant de sortie est nul et que la tension de sortie soit excessive, cela signifie qu'il y a une discontinuité dans le circuit de charge et que le protecteur contre les ouvertures de circuit du régulateur n'a pas fonctionné. Dans ce cas, il faut mettre immédiatement le régulateur hors tension pour éviter de graves dégâts.

ATTENTION : pendant ces essais, il ne faut ni débrancher ni mettre en dérivation le protecteur contre les ouvertures de circuit du régulateur.

III-7-3-10- Essais électriques des autres équipements

On mesure les tensions et les courants d'entrées et de sortie et on détermine les charges des circuits qui sont branchées. On vérifie si ces tensions et ces charges sont dans les limites des valeurs nominales prévues par le constructeur. On consigne ces mesures pour nous y reporter ultérieurement lors de travaux d'entretien ou de modifications du circuit.

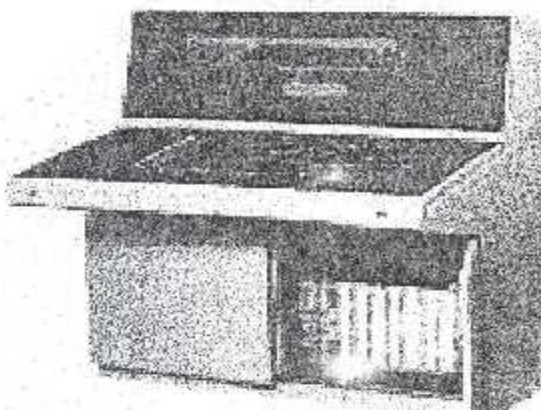


Fig.III.13 : Pupitres de commande pour le système de d'éclairage de terrain d'aviation.

III-7-3-11- Essai des dispositifs de contrôle

Lorsque les essais énumérées ci-dessus ont été effectués et que le système fonctionne de la manière prévue, il y a lieu de procéder à l'essai des dispositifs de contrôle en simulant diverses pannes – ouverture de circuit, court-circuit, défauts à la terre, pannes de feux, pannes d'alimentation dans les circuits de balisage lumineux et les circuits de commande.

Au cours de ces essais, on observe le fonctionnement des dispositifs de contrôle. S'ils ne fonctionnent pas de la manière prévue, on les répare avant la réception de l'installation.

Station de commande

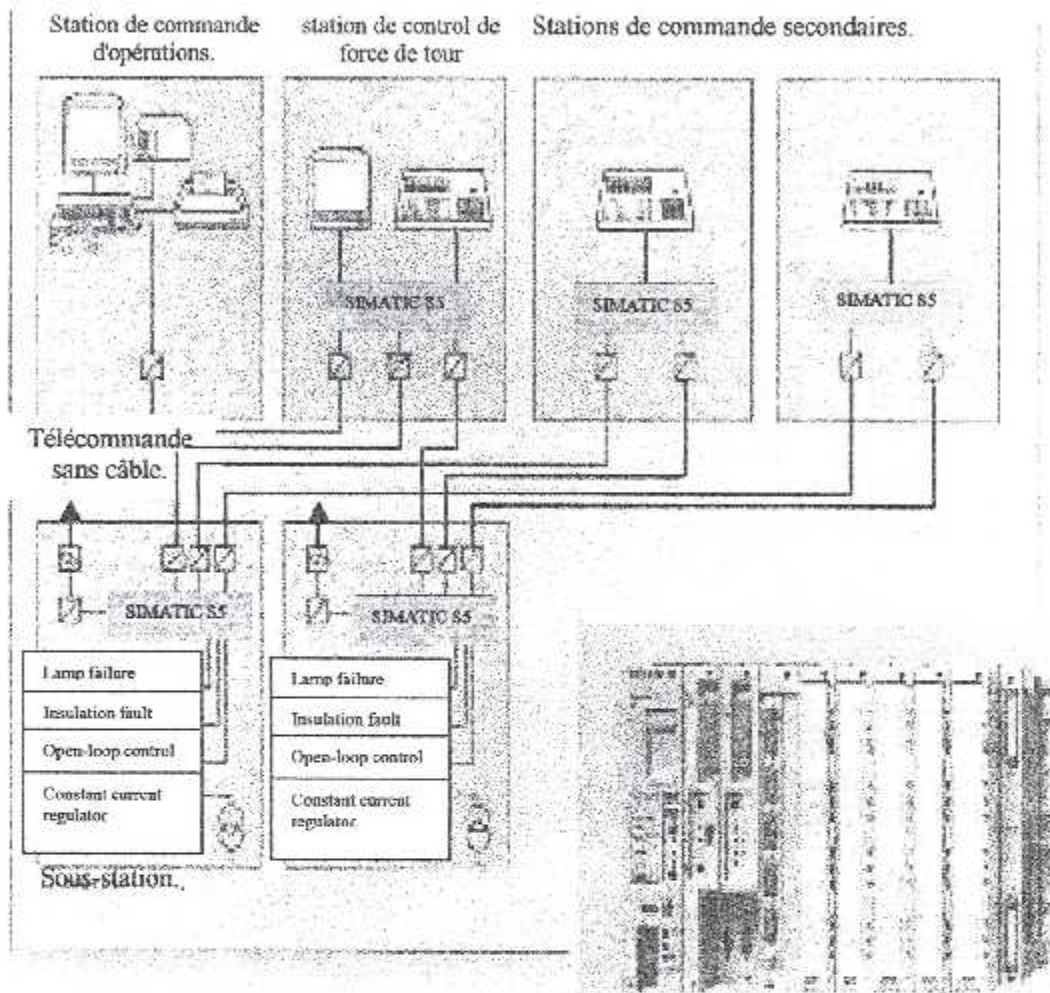


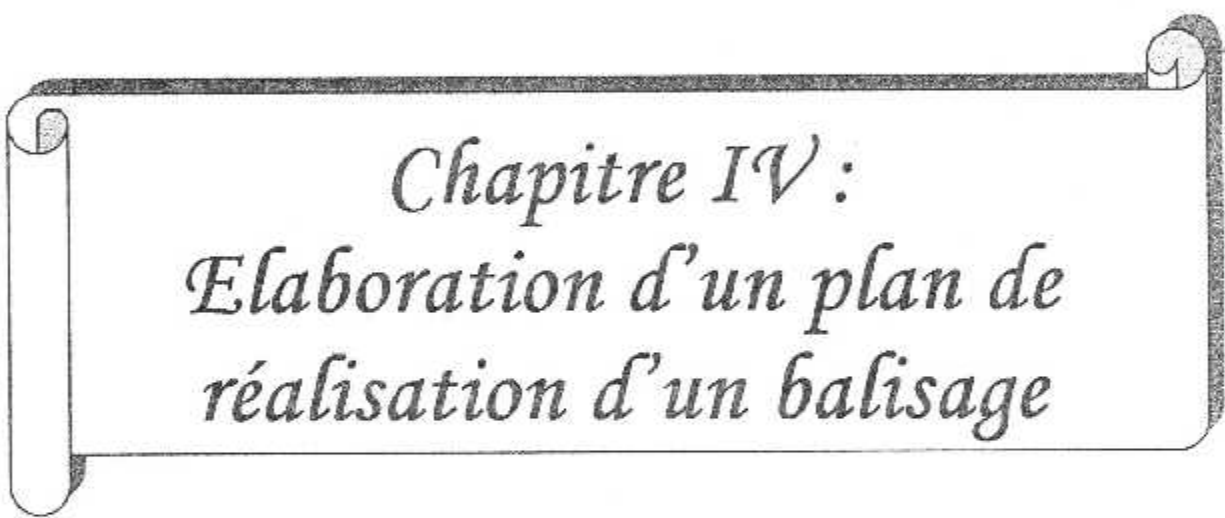
Fig.III.14 : Schéma fonctionnel de la version Simple du système de surveillance d'opération.

III-8- CONCLUSION

L'intégrité et la fiabilité du balisage lumineux d'aérodrome qui sont des facteurs dont il faut tenir compte dans la conception et l'installation, sont ni précises ni faciles à définir, ni mesurables.

Les aides visuelles doivent être bien conçues et bien entretenues de façon à avoir une bonne intégrité et une probabilité d'une défaillance survenant à un moment critique, soit extrêmement faible.

Pour cela, il est essentiel d'appliquer des procédures d'inspection, des procédures d'essai et de contrôle afin d'assurer opérationnellement le système de balisage lumineux, la continuité des circuits de sorte que la défaillance d'un élément n'entraîne pas une panne générale et de réduire la fonction de défauts de l'ensemble.



Chapitre IV :
Elaboration d'un plan de
réalisation d'un balisage

IV-1- Introduction

Dans cette partie du travail, nous essayerons de faire l'élaboration d'un plan de réalisation d'un balisage lumineux d'un aéroport qui a les mêmes conditions météorologiques, les mêmes considérations écologiques et la même topographie de l'emplacement de l'aéroport de HASSI-MESSAOUD. Et de ses abords.

Nous énumérerons toutes les étapes suivies pour la réalisation de ce plan et cela, nous avons choisi un système P.A.L.S (Portable Approach Lighting system) dont l'emplacement et les avantages seront présentés ci-dessous.

IV-2- Pourquoi, quand et ou utiliser un système de Balisage 'P.A.L.S'

• POURQUOI ?

L'équipement P.A.L.S a tout d'abord été développé pour répondre aux besoins des pistes de secours, des pistes gazonnées ou provisoires et des héliports. Ceci n'empêche pas son utilisation sur des pistes à revêtement dur ou sur des plates-formes de forage. Plusieurs installations à caractère semi-permanent ont ainsi pu être réalisées.

Un P.A.L.S. peut convertir un tronçon de route dégagé en un aérodrome tactique de redéploiement. L'objectif est de combiner en un ensemble compact, les avantages de l'équipement conventionnel fixe, et de l'alimentation série avec la mobilité et la facilité de déploiement.

• QUAND ?

Lorsqu'un système de balisage doit être transporté, manipulé et installé rapidement, quand son coût entre en ligne de compte, quand sa flexibilité, sa réutilisation, sa faculté d'adaptation sont des facteurs importants, le système P.A.L.S. sera employé pour réaliser le balisage temporaire d'un aérodrome, d'une piste, d'une voie de circulation, d'une approche, d'un héliport. Toutefois, compte tenu de sa robustesse, il peut également être utilisé de façon permanente.

Tout système de balisage hors d'état de fonctionnement peut être temporairement remplacé par le système de secours P.A.L.S.

Utilisation :

- Temporaire ou permanente.
 - Soudaine, non prévisible.
 - En attente d'une solution définitive.
 - De secours.
-

- OU ?

Le système P.A.L.S. peut être installé sur une infrastructure existante, sur des pistes provisoires, sur une piste bétonnée, asphaltée, gazonnée, sur des lacs gelés, des tronçons de route ou sur un sol naturel, en terre, en sable... en d'autres mots : Partout où des avions ou des hélicoptères peuvent atterrir et décoller.

IV-3- Avantages essentiels du système P.A.L.S

- Intensité uniforme de tous les feux grâce à l'alimentation série, par régulateur à courant constant.
 - Contrôle de la brillance en trois échelons ou plus.
 - Commande et réglage de l'ensemble du système depuis les régulateurs ou depuis le point de télécommande.
 - Raccordement facile grâce à l'emploi exclusif de câbles souples, mono polaires et de connecteurs rapides.
 - Fixation rapide des feux au sol.
 - Résistant à la corrosion.
 - Après démontage du système, rangement et stockage aisés grâce aux coffres et tourets fournis.
 - Facile et rapide à installer.
 - Robuste : résiste aux transports et manipulations fréquents.
 - Simple : ne requiert aucun main d'œuvre spécialisée.
 - Extensible : l'équipement de base (balisage latéral de piste, seuils) peut être étendu lors de l'allongement de la piste. Il peut de plus être complété ultérieurement par :
 - Un balisage latéral des voies de circulation.
 - Un balisage d'approche simple OACI.
 - Un ou deux systèmes PAPI.
 - Léger : l'équipement de base complet pour une piste de 900m, emballage inclus, n'existe pas 1.090Kg.
-

- Autonome : par l'utilisation d'un petit groupe d'électrogène.
- Performant : excède les impositions de l'OTAN et de l'US Air force.

IV-4- Les composants du système P.A.L.S

- Les feux.
- Les indicateurs d'approche P.A.P.I.
- Les câbles munis de connecteurs rapides.
- Le système d'alimentation avec ses régulateurs à courant constant.
- Un tableau de distribution.
- Un groupe d'électrogène.
- Un système de télécommande.
- Des équipements additionnels (manche à air, feux d'obstacle, phare d'identification, éclairage des parkings d'avions, etc....)

Le P.A.L.S. peut être containérisé.

IV-4-1- Transfo-feu portable Type DGRC/2

IV-4-1-1- Description (Figure IV.1.)

1. Globe en verre prismatique pressé donnant une répartition lumineuse omnidirectionnelle. Vissé dans l'épaulement supérieur du corps en polychloroprène.
 2. Lampe 30 ou 45 W, 6,6A – 1 000 hrs.
 3. Douille P28 enfichable et connectée au secondaire du transformateur.
 4. Capuchons protecteurs pour les connecteurs unipolaires.
 5. Prise et fiche unipolaire type FAA L-823, moulées dans l'enrobage du transfo-feu, permettant son raccordement aux câbles du circuit série.
 6. Transformateur d'isolement 30/45 W – 6,6/6,6 A – 50/60 Hz – 5000 V.
 7. Anneau de compression extérieur, acier inoxydable.
 8. Piquet d'ancrage, acier inoxydable.
 9. Ressorts de retenue, acier inoxydable.
-

IV-4-1-2- Montage (Fig.IV.1)

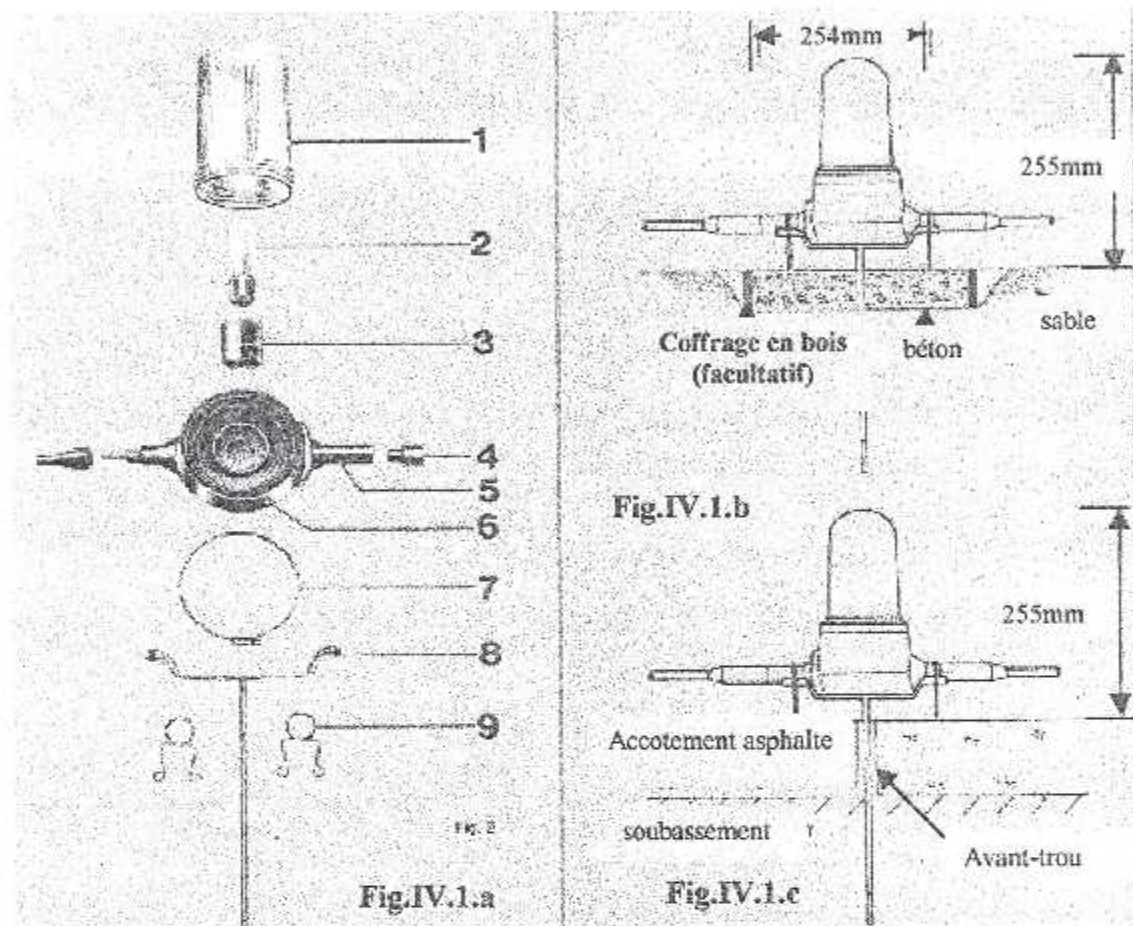


Fig.IV.1 : Montage d'un transfo-feu type DGRC/2

Le système standard de montage doit être installé comme suit :

- Enfoncer le piquet d'ancrage verticalement dans le sol.
- Placer le transfo-feu sur le piquet et le fixer au moyen des ressorts de retenue.
- Poser les câbles d'alimentation sur le sol.
- Enlever les capuchons protecteurs des connecteurs des câbles et du transfo-feu.
- Embrocher les connecteurs des câbles sur ceux des transfo-feu.

- Appliquer une couche de ruban adhésif sur les jonctions prise/fiche.

Dans certains cas particulier, le transfo-feu peut être simplement déposé le long de la piste sans aucun système de fixation.

Dans d'autre cas, le piquet d'ancrage peut être scellé dans une petite dalle de béton (figure IV-2) ou enfoncé dans un épaulement de piste, en asphalte, après le forage d'un avant-trou de 25 mm de diamètre (figure IV.1.b).

IV-4-2- Régulateur à courant constant Type TCC 500

Ce type de régulateur convient pour des circuits série jusqu'à 3kVA. La régulation du courant de sortie est assurée par des thyristors série commandés par un circuit électrique à haute performance.

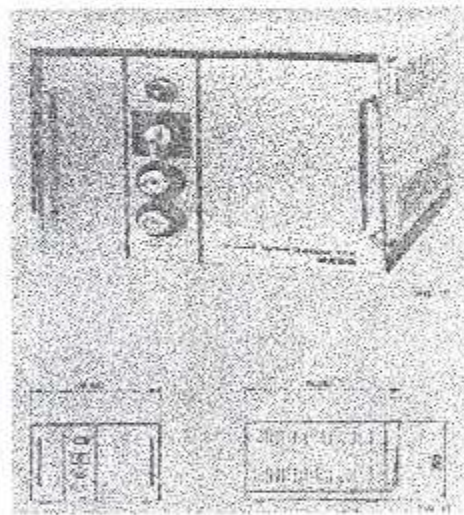


Fig.IV.2 : Régulateur à courant constant Type TCC 500

IV-4-2-1- Principales caractéristiques

- Tension d'alimentation : 220 V, -5% + 10%, 50 ou 60 Hz, monophasé.
- Courant de sortie réglable jusqu'à 6,6A.
- Puissance : 3kVA (prises à 2 ; 2,5 et 3 kVA).

- Télécommande (si incluse) : 48 à 60 V CC.

IV-4-2-2- Avantages essentiels

- Refroidissement dans l'air : la températures ambiantes de fonctionnement : -20°C à $+40^{\circ}\text{C}$.
- Les modèles à commande locale seulement sont munis d'un réglage continu de la brillance entre 2,8A et 6,6A.
- Les modèles à commande locale et à distance ont normalement d'un réglage de la brillance en trois échelons, respectivement 4,8A ; 5,5A et 6,6A.
- Précision du courant de sortie : $\pm 1,5\%$ à 6,6A pour les variations de la tension d'alimentation de -5 à $+10\%$ pour toute charge allant du court-circuit à la charge nominale.
- Avec 30% de transformateurs en circuit ouvert et une tension d'alimentation nominale, la régulation reste à $\pm 3\%$ du courant de sortie nominal.
- Le TCC 500 peut être équipé d'un sélecteur de circuit permettant l'alimentation alternée de deux circuits série.
- Conception compacte (possibilité de montage en casier 19 pouces).

IV-4-3- Câbles et connexions

Les transfo-feux sont connectés entre eux et au régulateur à courant constant par des tronçons de câble monopolaire se composant de :

- Une longueur de câble adapté à la norme FAA L-824-Echlon 3Kv.
 - Conducteur en cuivre étamé multibrin de 6mm^2 .
 - Isolement au butyl.
 - Gaine en polychloroprène résistant à l'ozone, aux U.V et autres agents extérieurs.
 - Un conducteur FAA L-823 en polychloroprène, moulé en usine à chaque extrémité du tronçon (prise et fiche).
-

Pour le stockage et la manipulation, les connecteurs des tronçons de câble (aussi bien que ceux des transfo-feux et des transformateurs d'isolement) sont équipés de capuchons protecteurs afin de rester propres et en parfait état et d'assurer des jonctions étanches en service (figure IV.3). Les longueurs standards de ces tronçons de câble sont : 3,31,62,93,124 et 300 mètres.

Dans les systèmes portables, les tronçons de câbles sont enroulés sur des entourés métalliques qui peuvent recevoir soit un tronçon de 300m, deux tronçons de 124m, trois tronçons de 93m, quatre tronçons de 62m ou enfin six tronçons de 31m (figure IV.5).

Pour les installations semi-permanentes, le câble peut aussi être fourni sur tourets bois de 1 000 mètres. Dans ce cas, le câble est coupé sur place à la longueur requise et équipé de connecteurs en kit (figure IV.4).

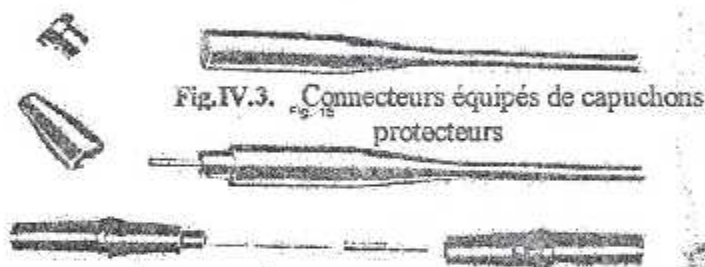


Fig.IV.3. Connecteurs équipés de capuchons protecteurs



Fig.IV.4. Connecteur en kit

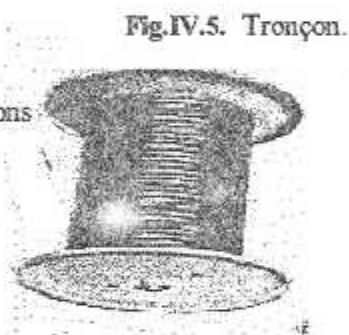


Fig.IV.5. Tronçon.

Dans les installations portables, le câble est posé sur le sol. Des piquets peuvent être utilisés pour maintenir le câble au sol aux endroits critiques. Dans les installations semi-permanentes, il est recommandé d'enterrer les câbles à faible profondeur.

IV-4-4- Groupe électrogène

Pour permettre l'exploitation autonome du système de balisage ainsi que de quelques autres utilisations telles que les aides radio, un groupe électrogène est recommandé.

La capacité du générateur est calculée cas par cas de manière à couvrir les besoins en énergie du système.

Le groupe électrogène est généralement composé de :

- Une remorque avec freins et vérins de parcage, timon d'attelage, feux et signalisation pour circulation routière ;
- Un moteur diesel entraînant un alternateur auto-excité et auto-régulé ;
- Un panneau de commande avec voltmètre, ampère-mètre et fréquencemètre, boutons de démarrage et d'arrêt et lampes témoins pour le moteur ;
- Une batterie de démarrage ;
- Un réservoir de carburant ;
- Des sorties protégés par disjoncteur soit une sortie pour chaque utilisation, soit une seule sortie alimentant un tableau de distribution ;
- Une carrosseries pour usage extérieur ;
- La figure IV.6. montre une réalisation typique.



Fig.IV.6. Groupe électrogène.

IV-4-5- Système de télécommande

Le coffret de télécommande standard est illustré aux figures 7 et 8. il est équipé d'une poignée et de patins en caoutchouc pour sa pose sur une table. Il comprend essentiellement :

- Un transformateur 220V/48V et redresseur pour la télécommande et la télésignalisation ;
 - Des interrupteurs ON-OFF ;
 - Des interrupteurs rotatifs de sélection de brillance ;
 - Des lampes témoins ;
-

- Des bornes, fusibles etc....

En option :

- Télécommande et télésignalisation du groupe électrogène ;
- Connecteurs rapides pour les câbles d'alimentation et de télécommande.
- Conception spéciale pour son incorporation dans un pupitre existant (p.ex : Pour tour de contrôle mobile). Dans ce cas un synoptique de la piste peut être inclus.

A ce coffret est associé un répartiteur à borne permettant de raccorder les régulateurs à courant constant au câble principal de télécommande en provenance du coffret de télécommande (figure 8).

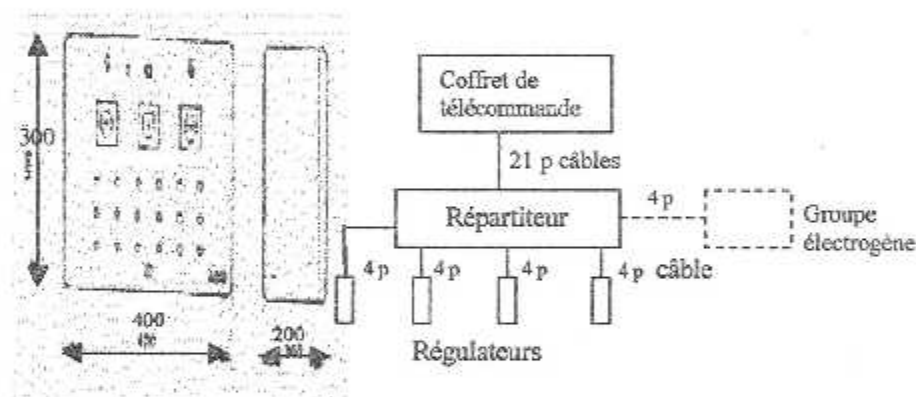


Fig.IV.7. Le coffret de télécommande standard.



Fig.IV.8. Le coffret de télécommande

IV-4-6- Indicateur visuel de pente d'approche (PAPI) TYPE PPL400

IV-4-6-1- Application

L'indicateur visuel de pente d'approche de précision (PAPI) donne aux pilotes de tout type d'avion une indication permanente de la pente d'approche à suivre pour assurer un atterrissage précis et sûr. Ils lui permettent de savoir si sa trajectoire est dans un plan de descente plus ou moins pentu que celui qui est considéré comme nominal.

Le système PAPI est fortement recommandé car, là où un balisage portatif est installé il n'y a généralement pas d'aides non visuelles donnant une information similaire.

De plus le système PAPI étant purement visuel, il ne requiert aucun instrument à bord de l'avion et peut être utilisé par tout type d'avion dès son installation. Le système est opérationnel de jour et de nuit dans toutes les circonstances permettant le vol à vue (VFR.).

IV-4-6-2- Avantages essentiels

- Dimensions réduites grâce à l'emploi d'un système optique optimisé. Les lentilles de très haute qualité optique assurent la grande précision du faisceau lumineux et une transition blanc/rouge franche n'excédant pas 3' d'arc.
 - Consommation d'énergie réduite ; en effet, les performances excédant les exigences de l'annexe 14 de l'OACI sont obtenues avec seulement deux lampes aux halogènes pré focalisées de 200w -6.6A-1.000heures.
 - Construction frangible mais robuste grâce aux dimensions réduites et à la forme minimisant les effets du vent et du souffle des réacteurs.
 - Entretien réduit et facile : lampes pré focalisées aux halogènes ne nécessitant aucun réglage. Connexions électriques rapides (Fast-On.). Les autres composants ne nécessitent pratiquement aucun entretien si ce n'est le nettoyage occasionnel de la verrerie.
 - Protection totale contre la corrosion : toutes les structures et le boîtier sont réalisés en tôles d'aluminium de forte épaisseur protégée par une couche de peinture polyester cuite au four. Les réflecteurs sont en aluminium extrêmement purs polis mécaniquement et chimiquement et anodisés pour leur assurer une protection optimum. Toute la visserie est en acier inoxydable massif et de matériaux non-ferreux.
-

IV-4-6-3- Avantages du PAPI

Des essais extensifs ont démontré que les pilotes préfèrent le PAPI au VASIS parce que :

- Le PAPI facilite l'interception de la pente d'approche correcte à plus longue distance et permet aux pilotes de détecter rapidement toute déviation de l'angle de descente, évitant ainsi des changements importants de vitesse et de taux de descente ; une fois établi sur la pente d'approche une enveloppe de vol plus précise qu'avec un VASIS peut être suivie.

- L'information du PAPI est disponible jusqu'à la prise de contact avec la piste (particulièrement utile en cas de plafond nuageux bas ou de vent traversier.).

- Le PAPI est l'aide idéal quand la distance d'atterrissage est critique.

- Le PAPI peut être parfaitement harmonisé avec un ILS, pratiquement jusqu'à la prise de contact avec la piste.

En plus des avantages opérationnels du PAPI, il offre une économie substantielle sur le coût initial, l'installation, la consommation d'énergie et l'entretien.

IV-4-6-4- Performances

L'unité PAPI type PPL 400 est équipée de deux lampes de 200W – 6,6A – 1 000 heures – répond aux exigences de l'OACI.

IV-4-6-5- Montage

L'implantation suggérée sur le plan comprend quatre unités installées sur le côté gauche de la piste et formant une barre. Dans le cas où le guidage en roulis n'est pas assuré par d'autres aides, une seconde barre de quatre unités pourra être installés sur le côté droit de la piste.

La meilleure manière d'installer parfaitement l'unité PPL 400 est que chaque unité lumineuse sera fixée rigidement par intermédiaire d'un ou plusieurs pieds supports sur un socle constitué par un massif de béton enterré. L'ensemble sera réalisé de façon à présenter une stabilité maximale et un danger minimal pour un avion qui viendrait à le heurter.

Dans le cas général, une dalle, coulée en fond de fouille (figure IV.9.) permettra de répondre aux objectifs précédents. Ce mode d'installation assure un alignement durable des faisceaux lumineux et sera préféré dans le cas d'installations permanentes ou semi-permanentes.

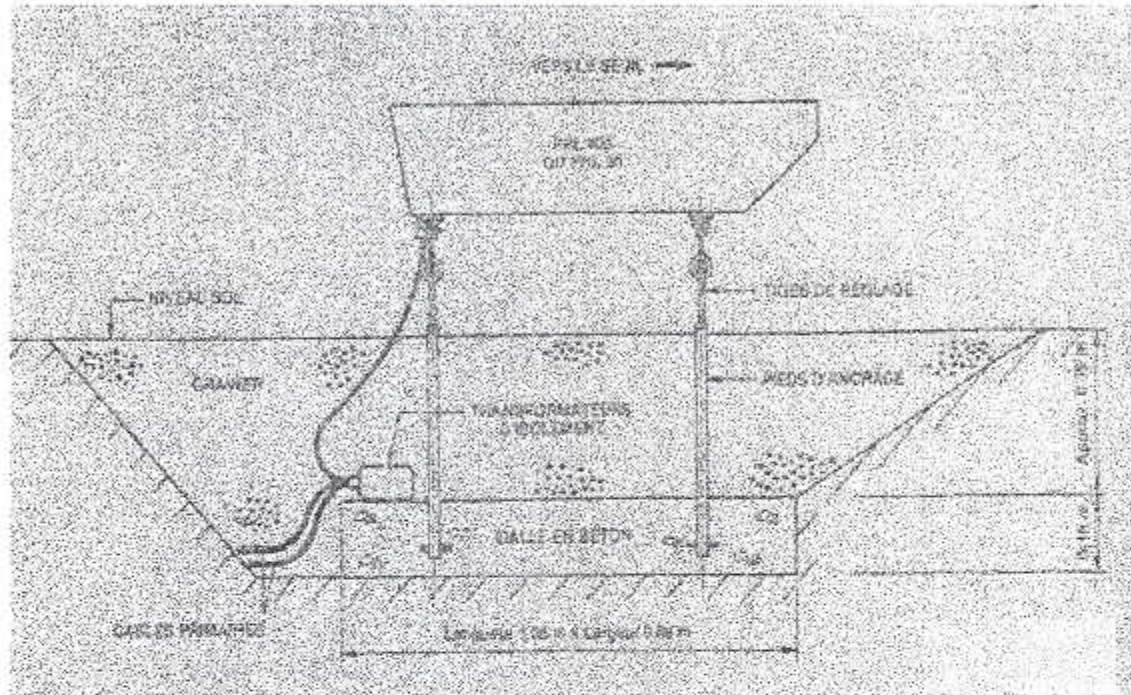


Fig.IV.9. Fixation au sol

Pour les installations temporaires, chaque unité est montée sur un châssis qui est fixé au sol par des piquets d'ancrage. Dans ce cas, le sol sera soigneusement nettoyé, la couche de terre meuble et la végétation enlevées et la surface du sol stable et compact sera nivelée.

Ces travaux préparatoires du terrain sont nécessaires pour permettre un alignement correct des unités.

En effet, la précision du système se base sur la stabilité de chaque unité (figure IV.10.).

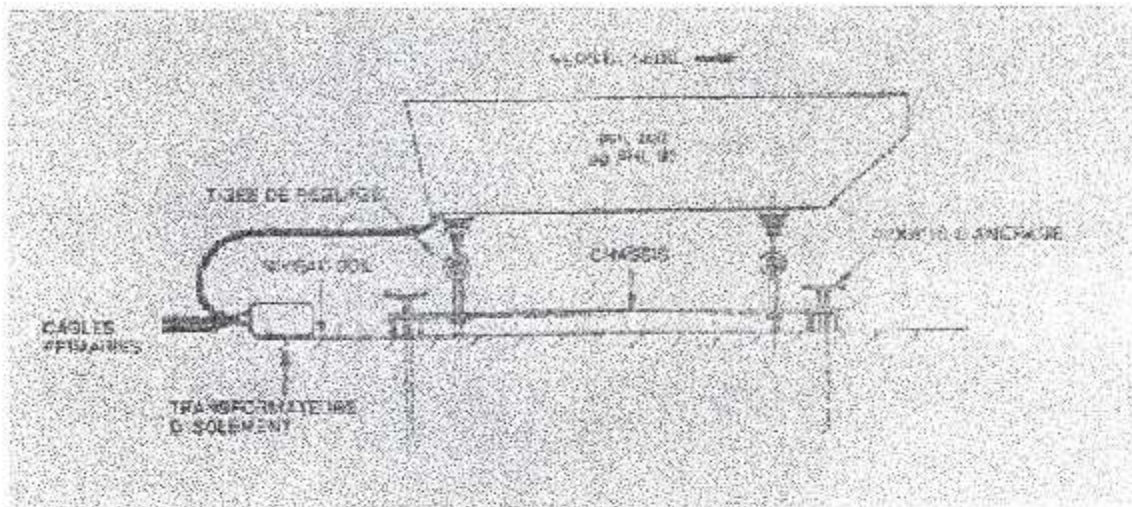


Fig.IV.10. Installation montée sur un châssis.

IV-4-6-6- Fixation

Le ou les éléments de fixation seront scellés dans le massif de béton. Leur positionnement sera tel que les unités lumineuses soient dans un même plan vertical perpendiculaire à l'axe de la piste (tolérance ± 5 cm), et dans un même plan (tolérance $\pm 2,5$ cm) horizontal (tolérance $\pm 1,25\%$ de pente transversale maximale uniformément répartie le long des ensembles).

Leur positionnement sera tel que les unités lumineuses soient calées en azimut parallèlement à l'axe de la piste (tolérance 1°).

IV-4-6-7-Frangibilité et résistance au souffle

Les unités lumineuses seront installées à la plus faible hauteur possible au-dessus du sol qui garantisse leur visibilité dans toutes les directions utiles pour un pilote en approche. La hauteur hors-sol totale ne devra pas dépasser 0,9 m. Les unités lumineuses seront fixées sur leur socle par l'intermédiaire de bagues cassantes, assurant le détachement de l'ensemble en cas de collision par un avion.

La conception des unités lumineuses et de leur fixation sera telle qu'aucune variation permanente détectable de leur angle de calage ne se produise en cas d'exposition normale au souffle des réacteurs ou à des vents forts.

IV-4-6-8- Alimentation électrique

L'alimentation électrique des quatre unités lumineuses constitutives d'un dispositif PAPI sera assurée par une boucle série unique refermée sur un seul régulateur d'intensité. Chaque lampe sera alimentée par l'intermédiaire d'un transformateur d'isolement de puissance convenable. La masse métallique de chaque unité lumineuse sera raccordée à la cosse de masse de l'un de ses transformateurs d'isolement. Le régulateur sera doté d'au moins quatre niveaux d'intensité électrique correspondant à une intensité lumineuse émise égale à 100%, 30%, 10% et 3% environ de l'intensité maximale.

Les transformateurs d'isolement et les connexions sont logés dans un regard au pied du massif en béton. Le câble d'alimentation est placé dans une tranchée de 60 cm de profondeur avec lit de sable et film de signalisation. L'alimentation électrique, comme celle d'autres installations dites « de navigation aérienne », doit bénéficier d'une alimentation de secours. La commutation de l'une à l'autre doit être conçue pour que le temps maximal de commutation soit de 15 secondes.

IV-4-6-9-Réglage des angles de calage en site

Les réglages d'un dispositif P.A.P.I. seront effectués à l'installation à l'aide du dispositif fourni par le constructeur et en suivant scrupuleusement les indications données par ce dernier.

La mesure du calage en site de chaque unité lumineuse devra être effectuée avec une précision de ± 1 minute d'arc. Le réglage de l'horizontalité transverse de l'unité lumineuse devra être réalisé au préalable, avec une précision de ± 4 minutes d'arc au moins.

Lorsque le principe de réglage de l'angle de site et/ou de l'horizontalité transverse fait intervenir la longueur des pieds supports, on veillera à ce que l'opération de calage respecte, en ce qui concerne les hauteurs relatives des unités lumineuses, les tolérances fixées au paragraphe précédent relatif aux fixations (les centres optiques des lentilles étant pris comme référence).

Lorsque le nombre de pieds supports est supérieur à trois, on veillera à ce que l'opération de calage n'introduise pas de contrainte mécanique de torsion dans le corps de l'unité lumineuse.

IV-4-7- Mise en service et maintenance

Lors de la mise en service du P.A.P.I., les services de l'Aviation Civile compétents effectueront un contrôle complet de l'installation au sol et en vol.

Par la suite, un contrôle périodique au sol sera entrepris tous les ans par les services locaux chargés de la maintenance de ces équipements et habilités par les services de l'Aviation Civile. Il pourra être complété avantageusement par un vol de contrôle simplifié.

*** Schéma d'installation**

A : Piste + Seuil + Fin de piste.

B : A + + voie de circulation.

(La quantité de feux bleus est arbitrairement fixée à 30 pièces et sera revue en fonction des réalités)

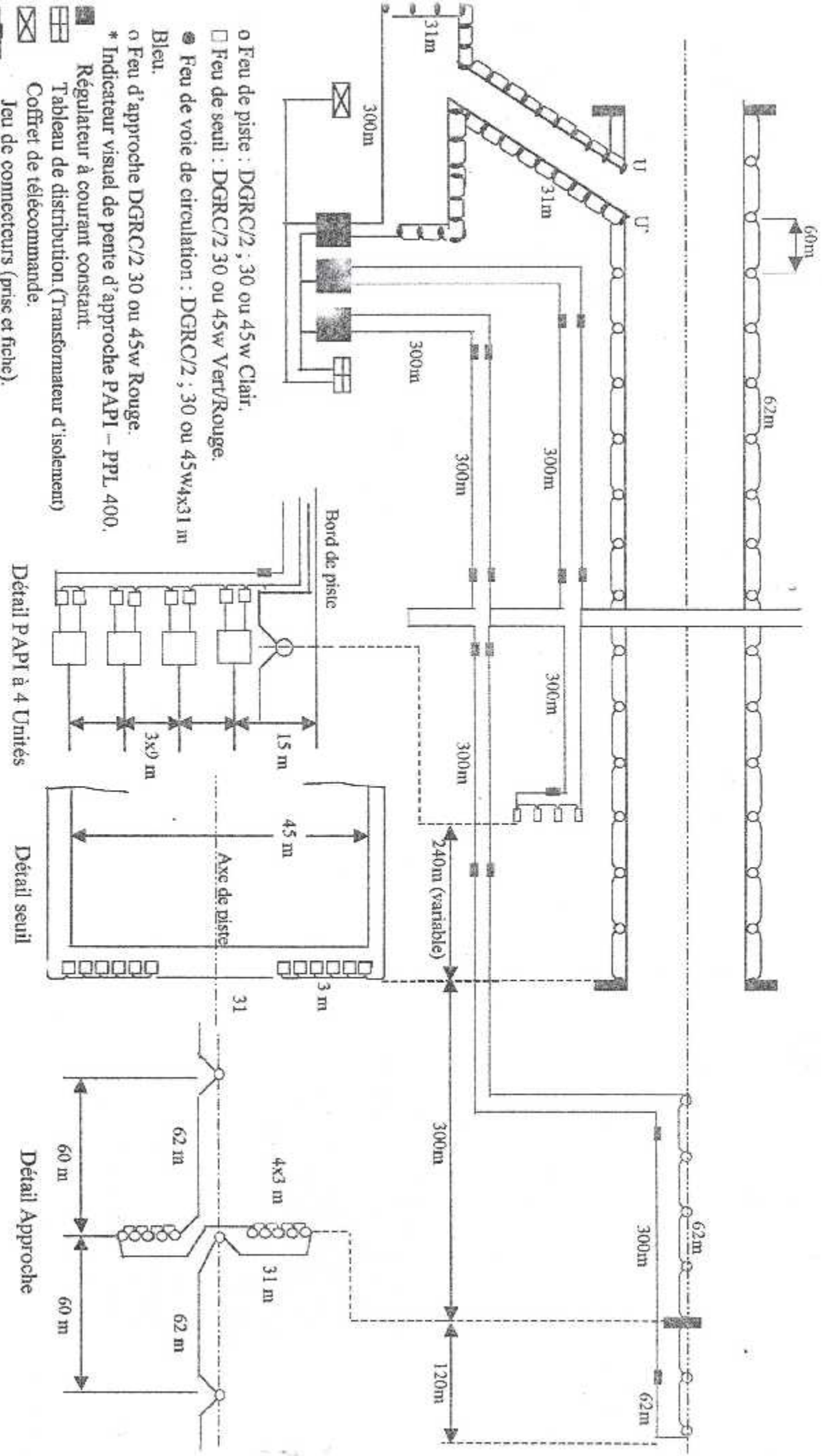
C : B + une approche simple OACI

D : C + un système (PAPI), à 4 unités alimenté en un seul circuit.

E : C + un système PAPI à 8 unités (bilatéral), alimenté en deux circuits.

** : Pour information.

*** : Monophasé.



o Feu de piste : DGRC/2 ; 30 ou 45w Clair.
 □ Feu de seuil : DGRC/2 30 ou 45w Vert/Rouge.
 ● Feu de voie de circulation : DGRC/2 ; 30 ou 45w 4x31 m Bleu.
 o Feu d'approche DGRC/2 30 ou 45w Rouge.
 * Indicateur visuel de pente d'approche PAPI – PPL 400.
 Régulateur à courant constant.
 Tableau de distribution. (Transformateur d'isolement)
 Coffret de télécommande.
 Jeu de connecteurs (prise et fiche).
 U et U' S'il n'a pas de battage de voie de circulation, raccorder directement U et U' au régulateur à courant constant avec des tronçons de câble de 300m

Fig.IV.11 : Circuit du Schéma- Type d'un Aéroport.



*CONCLUSION
GENERALE*

Conclusion générale

Dans le cadre du projet de fin d'études, nous avons présenté dans ce mémoire l'étude de conception d'un balisage lumineux au niveau d'un aéroport, en se basant sur les normes OACI en vigueur.

Notre travail est basé sur l'application des Normes et lois OACI (Aéroports Annexe 14, T1 & T2), pour la conception et la réalisation d'un balisage lumineux. Nous avons choisi un aéroport ayant des caractéristiques physiques semblables à celles de l'aéroport de HASSI-MESSAOUD.

Nous avons réalisé un schéma électrique de raccordement de l'ensemble du balisage lumineux sur l'aéroport, ainsi que la disposition des équipements lumineux sur la piste d'atterrissage et de décollage, et sur les aires de manœuvres. Les normes d'espacements, de couleurs, ont été respectés (voir le schéma détaillé).

Nous avons mentionnés les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'un Balisage lumineux fixe au niveau de l'aéroport, et on a également mentionné l'intérêt d'un dispositif de secours de type PALS, car celui-ci offre la possibilité de remplacement du dispositif fixe, et ce pour les mêmes performances de fonctionnement.

Par ailleurs nous avons pu voir les contraintes et les exigences en matière de fiabilité du Balisage lumineux, pour avoir un fonctionnement normale, et par conséquent une sécurité optimale pour le guidage des avions de nuit.

Parmi ces exigences, la notion de fragibilité du balisage lumineux et des dispositifs de signalisation qui devrait être disponibles sur l'aéroport.

Notre travail peut être l'objet d'une amélioration permettant la réalisation d'une interface informatique de commande et de surveillance des paramètres de fonctionnement du balisage lumineux des différents aires de l'aéroport (télésurveillance).

Définitions :

Les expressions ci-dessous ont les significations indiquées :

- **Aérodrome** : surface définie sur terre ou sur l'eau, destinée à être utilisée, en totalité ou en partie, pour l'arrivée, le départ et les évolutions des aéronefs à la surface.
 - **Aire à signaux** : Aire d'aérodrome sur laquelle sont disposés des signaux au sol.
 - **Aire d'atterrissage** : Partie d'une aire de mouvement destinée à l'atterrissage et au décollage des aéronefs.
 - **Aire de manœuvre** : Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic.
 - **Aire de mouvement** : Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, et qui comprend l'aire de manœuvre et les aires de trafic.
 - **Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA)** : Aire symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste et adjacente à l'extrémité de la bande, qui est destinée principalement à réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste.
 - **Altitude d'un aérodrome** : Altitude du point le plus élevé de l'aire d'atterrissage.
 - **Approche à vue** : approche effectuée par un aéronef en vol IFR qui n'exécute pas ou interrompt la procédure d'approche aux instruments et exécute l'approche par repérage visuel au sol.
 - **Approche finale** : partie d'une procédure d'approche aux instruments qui commence au repère ou point spécifique d'approche finale, ou lorsque ce repère ou ce point ne sont pas spécifiés :
-

- a- A la fin du dernier virage conventionnel, virage de base ou virage en rapprochement d'une procédure d'attente en hippodrome si celle-ci est spécifiée ; ou
 - b- Au point d'interception de la dernière route spécifiée dans la procédure d'approche ; et qui se termine en un point situé au voisinage d'un aérodrôme et à partir duquel :
 - 1- Un atterrissage peut être exécuté ; ou
 - 2- Une procédure d'approche interrompue et amorcée.
 - Balise : objet disposé au-dessus du niveau du sol pour indiquer un obstacle ou une limite.
 - Défaillance d'un feu : Un feu sera considéré comme défaillant lorsque, pour une raison quelconque, l'intensité lumineuse moyenne, déterminée au moyen des angles spécifiés pour le calage en site du faisceau, pour son calage en azimut et pour son ouverture, devient inférieur à 50% de l'intensité moyenne spécifiée pour un feu neuf.
 - Feu à décharge de condensateur : feu produisant des éclats très brefs à haute intensité lumineuse obtenus par des décharges à haute tension à travers un gaz en vase clos.
 - Feux hors sol : sont des feux de piste, de prolongement d'arrêt et de voie de circulation frangibles.
 - Feux d'approche hors sol : si un feu d'approche hors sol et sa monture, qui sont frangibles, se trouvent dans la partie du balisage lumineux d'approche qui est située à plus de 300m du seuil :
 - a- Et que la hauteur de la monture dépasse 12m, seuls les 12m supérieurs doivent être frangibles ;
 - b- Et que la monture est entourée d'objets non frangibles, seule la partie de la monture, qui s'élève au-dessus des objets avoisinant devra être frangible.
-

- Feux encastrés : sont des feux à la surface des pistes, des prolongements d'arrêt, des voies de circulation et des aires de trafic, seront conçus et montés de manière à supporter le passage des roues d'un aéronef sans dommages pour l'aéronef ni pour les feux.
 - Feu aéronautique à la surface : Feu, autre qu'un feu de bord, spécialement prévu comme aide de navigation aérienne.
 - Feu fixe : Feu dont l'intensité lumineuse reste constant lorsqu'il est observé d'un point fixe.
 - Feux de protection de piste : Feux destinés à avertir les pilotes et les véhicules qu'ils sont sur le point de s'engager sur une piste en service.
 - Fiabilité de balisage lumineux : Probabilité que l'ensemble de l'installation fonctionne dans les limites des tolérances spécifiées et que le dispositif soit utilisable en exploitation.
 - Indicateur de direction d'atterrissage : Dispositif indiquant visuellement la direction et le sens désignés pour l'atterrissage et le décollage.
 - Piste : aire rectangulaire définie, sur un aérodrome terrestre, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs.
 - Intensité efficace : Intensité efficace d'un feu fixe de même couleur, qui permettront d'obtenir la même portée visuelle dans des conditions identiques d'observation.
 - Piste aux instruments : pistes destinées aux aéronefs qui utilisent des procédures d'approche aux instruments :
 - Une piste avec approche classique
 - Une piste avec approche de précision, catégorie I
 - a. une piste avec approche de précision, catégorie II
 - b. une piste avec approche de précision, catégorie III
-

- Portée visuelle de piste (RVR) : Distance jusqu'à laquelle le pilote d'un aéronef placé sur l'axe de la piste peut voir les marques ou les feux qui délimitent la piste ou qui balisent son axe.
- Seuil : début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage.

Fig. I.1	Caractéristiques des pistes	6
Fig. I.2	vue générale d'une piste.	7
Fig. II.1	Exemples d'atterrissage en ligne droite avec aide d'approche classique.	16
Fig. II.2	Dispositif lumineux d'approche simplifié.	20
Fig. II.3	dispositif lumineux d'approche de précision de catégorie I.	24
Fig. II.4	Balisage lumineux de la piste et des 300 derniers mètres de l'approche pour les pistes avec approche de précision des catégories II et III.	26
FIG. II.5	Balisage lumineux de voie de circulation.	29
Fig. II.6	Balise de jour en forme de dièdre.	30
Fig. II.7	Balisage de piste Basse intensité.	32
Fig. II.8	Les feux d'extrémité de piste.	32
Fig. II.9	Un dispositif lumineux d'approche.	33
Fig. II.10	Feux de seuil de piste	33
Fig. II.11	Balisage de piste Haute intensité	34
Fig. II.12	Ligne d'approche haute intensité.	35
Fig. II.13	Indicateurs visuels de pente d'approche.	39
Fig. II.14	faisceau lumineux et calage angulaire en site d'un T-VASIS.	40
Fig. II.15	Ensemble lumineux VASIS __ système optique type (à fente)	42
Fig. II.16	Ensemble lumineux VASIS __ système optique type (à projection).	43
Fig. II.17	Emplacement des ensembles lumineux du T-VASIS.	44
Fig. II.18	Ensemble lumineux du T-VASIS (à volet d'occultation).	48
Fig. II.19	Ensemble « montez » du T-VASIS système optique type (à projection).	49
Fig. II.20	Implantation du PAPI et de l' A-PAPI.	50
Fig. II.22	Faisceaux lumineux et calage en site d'un PAPI et d'un APAPI.	54
Fig. II.23	Disposition des ensembles du PAPI et configuration résultante.	55
Fig. II.24	Disposition des ensembles du APAPI et configuration résultante.	55
Fig. II.25	Piste avec approche de précision des catégories II et III, muni d'un indicateur PAPI à 4 unités.	56
Fig. III.1	Schéma d'un circuit série.	60
Fig. III.2	Dispositif lumineux d'approche de précision de type A.	64
Fig. III.3	Balisage lumineux axial de piste ou de voie de circulation sur deux circuits imbriqués.	65
Fig. III.4	Feux de zone de toucher des roues sur deux circuits série imbriqués.	66
Fig. III.5	Feux de bord de piste sur deux circuits série imbriqués	67
Fig. III.6	Régulateur à courant constant Type TCC 500.	70
Fig. III.7	câble des circuits série de balisage lumineux d'aérodrome.	74
Fig. III.8	Connecteurs pour monoconducteur.	78
Fig. III.9	Enduit transformateur.	81
Fig. III.10	Socle.	81
Fig. III.11	Sections de canalisations.	84
Fig. III.12.a	Système de contrôle et de surveillance.	93
Fig. III.12.b	système de commande de piste de roulement.	93
Fig. III.12	Système de commande d'opérations pour des installations d'éclairage.	93
Fig. III.13	Pupitres de commande pour le système de d'éclairage de terrain d'aviation.	102
Fig. III.14	Schéma fonctionnel de la version Simple du système de surveillance d'opération.	103
Fig. IV.1	Montage d'un transfo-feu type DGRC/2.	109

Fig. IV.2. Régulateur à courant constant Type TCC 500.....	110
Fig. IV-3. Connecteurs équipés de capuchons protecteurs	112
Fig. IV-4. Connecteur en kit.....	112
Fig. IV-5. Tronçon.....	112
Fig. IV-6. Groupe électrogène.....	113
Fig. IV-7. Le coffret de télécommande standard.....	114
Fig. IV-8. Le coffret de télécommande.....	114
Fig. IV-9. Fixation au sol d'un système PAPI.....	117
Fig. IV.10. Installation montée sur un châssis d'un système PAPI.....	118
Fig. IV.11. Circuit du Schéma- Type d'un Aérodrome.....	
Fig. IV.12. Schéma-Type d'un Aérodrome.....	

Tableau. I.1. Code de référence d'aérodrome.....	5
Tableau. I.2. Largeur des pistes.....	9
Tableau. II.1. Codage de distance pour les catégories II et III.....	18
Tableau III 1. La puissance consommée et le rendement des lampes à incandescence.....	87
Tableau. IV.1. Tableau des quantités.....	

Glossaire

APAPI : Abreviation Precision Approach Path indicato.

Abréviation Indicateur de Trajectoire d'approche de précision.

CA : Courant alternatif.

CAP : Circulation Aérienne Public.

CC : Courant continu.

DH : Hauteur de décision.

E : Eclairage Minimal perceptible.

I : Intensité d'une source lumineuse.

Kg : kilogramme.

m : mètre.

m³ : mètre cube unité de mesure du volume.

MEHT=M, la hauteur la plus faible à laquelle le pilote percevra une indication sur la pente au passage du seuil.

MTBF : La moyenne des temps de bon fonctionnement.

PAPI : Precision Approach Path Indicator.

Indicateur de Trajectoire d'approche de précision.

OACI : Organisation de L'Aviation Civile et Internationale.

OPS : Surface de protection contre les obstacle.

PALS : Portable Airfield Lighting System.

Système de Balisage Lumineux portable.

T : Facteur de transmission par distance internationale.

V : Distance.

VASIS : Visual Approach Slope Indicator System.

Indicateur Visuel de pente d'approche.

θ : Angle de référence.

Bibliographie

- *Les Documents :*

- *Aérodromes et Aéroports 3^{ème} partie APM 2002 – 029.*
- *AIP. ALGERIE : Publications d'information Aéronautique.*
- *Airoport Engineering, "Airfield Lighting Systems and products".*
- *Annexe 14 volume N°1.*
- *Balisage Portable, Système PALS.ADB. "Aviation Lighting Systems".*
- *Notice technique sur le balisage "AUGIER".*
- *Manuel de conception 4^{ème} partie.*
- *Manuel de conception 5^{ème} partie.*
- *Programme de 3^{ème} Année Ingénieur – Module : Circulation Aérienne.*
- *Programme de 3^{ème} Année Ingénieur – Module : Infrastructure.*
- *ENNA : Aérodrome- IAB FORMATION DE TSNA/E PAR M^r:A.Otmane.*

- *Les sites Internet :*

- *<http://www.yahoo.fr>*
- *<http://www.caramail.com>.*
- *<http://www.Voilà.com>.*
- *<http://www.google.com>.*
- *<http://www.avionics.com>.*
- *<http://www.icao.int>.*
- *<http://www.stna.dgac.fr>*
- *<http://www.faa.gov>.*