



OACI

# Doc 9157

## Manuel de conception des aérodrômes

Cinquième édition, 2021

Partie 4 — Aides visuelles



Approuvé par la Secrétaire générale et publié sous son autorité

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE





| OACI

# Doc 9157

## Manuel de conception des aérodromes

Cinquième édition, 2021

Partie 4 — Aides visuelles

Approuvé par la Secrétaire générale et publié sous son autorité

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE

Publié séparément en français, en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol et en russe par l'ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE 999, boul. Robert-Bourassa, Montréal (Québec) H3C 5H7 Canada

Les formalités de commande et la liste complète des distributeurs officiels et des librairies dépositaires sont affichées sur le site web de l'OACI ([www.icao.int](http://www.icao.int)).

*Cinquième édition, 2021*

**Doc 9157, Manuel de conception des aérodromes**  
**Partie 4 — Aides visuelles**

Commande n° : 9157P4  
ISBN 978-92-9265-443-6 (version imprimée)  
ISBN 978-92-9265-577-8 (version électronique)

© OACI 2021

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire, de stocker dans un système de recherche de données ou de transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, un passage quelconque de la présente publication, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'Organisation de l'aviation civile internationale.







## AVANT-PROPOS

La présence d'aides visuelles bien conçues et convenablement installées constitue l'une des conditions nécessaires à la sécurité et à la régularité de l'aviation civile. C'est pourquoi le présent manuel comporte des éléments indicatifs sur les caractéristiques des aides visuelles utilisées aux aéroports.

Les textes ci-après sont étroitement liés aux spécifications de l'Annexe 14 — *Aérodromes, Volume I — Conception et exploitation technique des aérodromes*. Depuis la publication de la quatrième édition en 2004, les éléments indicatifs présentés dans ce manuel ont été progressivement actualisés à la lumière des amendements apportés à l'Annexe 14, Volume I, notamment des amendements 6, 10-A, 11-A, 13-A et 15. Ce manuel a essentiellement pour objet d'aider les États à appliquer ces spécifications et ainsi de veiller à ce que celles-ci soient uniformément appliquées.

Cette cinquième édition contient des modifications et additions résultant d'un examen général du manuel effectué par le Secrétariat. Les plus importantes sont énumérées ci-après :

- a) mise à jour des textes concernant la description des critères d'essai des ensembles lumineux de l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI), notamment des dispositifs à lentille unique ou à double lentille, ainsi que des diverses méthodes d'inspection et de vérification. Des orientations ont été ajoutées sur l'utilisation d'un clinomètre, sur les vérifications au sol, sur la méthode d'analyse d'images et sur la surveillance automatique. En conséquence, les exemples ont été révisés pour le calcul de l'implantation d'un PAPI et l'harmonisation avec le système d'atterrissage aux instruments (ILS) (Chapitre 8) ;
- b) éléments indicatifs sur le système autonome d'avertissement d'incursion sur piste (ARIWS) (Chapitre 11) ;
- c) mise à jour des éléments indicatifs sur les panneaux de signalisation (Chapitre 12).

Il est prévu que le présent manuel sera tenu à jour. Les éditions futures seront améliorées en fonction des travaux du Groupe d'experts de la conception et de l'exploitation technique des aérodromes de l'OACI, ainsi que de l'expérience acquise et des observations et suggestions communiquées par les utilisateurs du présent manuel. Le lecteur est donc invité à s'adresser à la Secrétaire générale de l'OACI pour lui faire connaître son opinion, ses commentaires et ses suggestions à propos de la présente édition.



## ABRÉVIATIONS

A-SMGCS	Système perfectionné de guidage et de contrôle de la circulation de surface
ACI	Conseil international des aéroports
AIP	Publication d'information aéronautique
ALS	Dispositif lumineux d'approche
AODB	Base de données opérationnelle aéroportuaire
APAPI	Indicateur de trajectoire d'approche de précision simplifié
ARIWS	Système autonome d'avertissement d'incursion sur piste
AT-VASIS	Indicateur visuel de pente d'approche en T simplifié
ATC	Contrôle de la circulation aérienne
CAO	Conception assistée par ordinateur
DCC	Dispositif à couplage de charge
DH	Hauteur de décision
EAH	Distance verticale œil-antenne
EWH	Distance verticale œil-roues
FIDS	Affichage public actualisable relatif aux vols
GPI	Interception de l'alignement de descente
IATA	Association du transport aérien international
IFR	Règles de vol aux instruments
ILS	Système d'atterrissage aux instruments
IMC	Conditions météorologiques de vol aux instruments
MEHT	Hauteur minimale de l'œil du pilote au-dessus du seuil
MLS	Système d'atterrissage hyperfréquences
OCP	Groupe d'experts sur le franchissement des obstacles
OPS	Surface de protection contre les obstacles
PAPI	Indicateur de trajectoire d'approche de précision
PMI	Inspection de maintenance préventive
REL	Feux d'entrée de piste
RVR	Portée visuelle de piste
RWSL	Feux d'état d'utilisation de piste
SMGCS	Système de guidage et de contrôle de la circulation de surface
T-VASIS	Indicateur visuel de pente d'approche en T
THL	Feux d'attente au décollage
UA	Aéronef non habité
UAS	Système d'aéronef non habité
VFR	Règles de vol à vue
VMC	Conditions météorologiques de vol à vue



# TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
<b>Chapitre 1. Caractéristiques fonctionnelles des aides visuelles au sol .....</b>	<b>1-1</b>
1.1 Introduction.....	1-1
1.2 Facteurs opérationnels .....	1-1
1.3 Besoins opérationnels .....	1-11
1.4 Utilité des aides et repères visuels pour les pilotes .....	1-14
1.5 Signification des expressions « balisages à haute, moyenne et faible intensités » .....	1-28
<b>Chapitre 2. Marques et balises .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 Généralités .....	2-1
2.2 Marques supplémentaires pour les accotements en dur .....	2-1
2.3 Marques d'aire de trafic .....	2-2
2.4 Balises de bord de voie de circulation .....	2-12
<b>Chapitre 3. Aire à signaux et panneaux de signalisation .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Généralités .....	3-1
3.2 Conception .....	3-1
<b>Chapitre 4. Caractéristiques des feux pour les pistes et voies de circulation utilisées par faible visibilité .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Facteurs qui déterminent la répartition lumineuse requise .....	4-1
4.2 Enveloppes des trajectoires de vol .....	4-1
4.3 Besoins et hypothèses d'exploitation.....	4-2
4.4 Procédures d'exploitation par RVR de moins de 350 m .....	4-2
4.5 Analyse de la conception du balisage lumineux .....	4-3
4.6 Spécifications relatives au balisage lumineux .....	4-5
<b>Chapitre 5. Niveaux d'intensité lumineuse .....</b>	<b>5-1</b>
<b>Chapitre 6. Dispositif lumineux de guidage vers la piste.....</b>	<b>6-1</b>
<b>Chapitre 7. Feux de guidage sur circuit.....</b>	<b>7-1</b>
7.1 Introduction.....	7-1
7.2 Besoins en balisage lumineux.....	7-1
<b>Chapitre 8. Indicateurs visuels de pente d'approche .....</b>	<b>8-1</b>
8.1 Généralités .....	8-1
8.2 T-VASIS .....	8-3
8.3 PAPI .....	8-16

	<i>Page</i>
<b>Chapitre 9. Balisage lumineux de piste et de voie de circulation .....</b>	<b>9-1</b>
9.1 Feux encastrés .....	9-1
9.2 Feux de bord de voie de circulation — effet « océan de bleu » .....	9-4
9.3 Balisage lumineux de voie de sortie de piste.....	9-4
<b>Chapitre 10. Systèmes de guidage et de contrôle de la circulation de surface .....</b>	<b>10-1</b>
10.1 Généralités .....	10-1
10.2 Besoins de l'exploitation .....	10-2
10.3 Rôle des aides visuelles .....	10-3
10.4 Aides visuelles d'un SMGCS .....	10-4
10.5 Mise en œuvre .....	10-9
<b>Chapitre 11. Système autonome d'avertissement d'incursion sur piste .....</b>	<b>11-1</b>
11.1 Introduction.....	11-1
11.2 Exigences opérationnelles.....	11-1
11.3 ARIWS — Description du système des feux d'état d'utilisation de piste (RWSL).....	11-2
11.4 Emplacements et caractéristiques des feux d'entrée de piste (REL) .....	11-3
11.5 Emplacements et caractéristiques des feux d'attente au décollage (THL).....	11-5
11.6 Exemples d'installations comportant des RWSL .....	11-7
<b>Chapitre 12. Panneaux de signalisation .....</b>	<b>12-1</b>
12.1 Généralités .....	12-1
12.2 Conception .....	12-1
12.3 Panneaux à message variable .....	12-3
12.4 Panneaux d'obligation .....	12-4
12.5 Panneaux d'indication .....	12-6
12.6 Emplacement des panneaux de signalisation .....	12-10
12.7 Évaluation des panneaux de signalisation.....	12-11
<b>Chapitre 13. Systèmes de guidage visuel pour le stationnement et l'accostage.....</b>	<b>13-1</b>
13.1 Introduction.....	13-1
13.2 Feux de guidage pour les manœuvres sur poste de stationnement.....	13-1
13.3 Systèmes de guidage visuel pour l'accostage.....	13-1
<b>Chapitre 14. Éclairage des aires de trafic .....</b>	<b>14-1</b>
14.1 Introduction.....	14-1
14.2 Fonctions.....	14-1
14.3 Spécifications de performances .....	14-2
14.4 Critères de conception.....	14-7
<b>Chapitre 15. Marquage et balisage lumineux des obstacles.....</b>	<b>15-1</b>
15.1 Généralités .....	15-1
15.2 Méthodes utilisées pour rendre les obstacles plus visibles .....	15-2
15.3 Marques .....	15-3



	<i>Page</i>
15.4	Caractéristiques des balisages lumineux ..... 15-3
15.5	Emplacement des feux ..... 15-7
15.6	Installation de feux d'obstacle à haute intensité ..... 15-9
15.7	Surveillance et entretien ..... 15-14
15.8	Système autonome de détection des aéronefs ..... 15-15
<b>Chapitre 16.</b>	<b>Frangibilité des aides visuelles ..... 16-1</b>
16.1	La frangibilité ..... 16-1
16.2	Obstacles qui doivent être frangibles ..... 16-1
16.3	Aides visuelles ..... 16-2
<b>Chapitre 17.</b>	<b>Utilisation des balisages lumineux d'approche et de piste ..... 17-1</b>
17.1	Généralités ..... 17-1
17.2	Conception des balisages lumineux ..... 17-1
17.3	Balisage lumineux des pistes à vue et des pistes avec approche classique ..... 17-2
17.4	Dispositifs lumineux d'approche de précision de catégories I, II et III ..... 17-3
17.5	Variantes et additions ..... 17-5
17.6	Suppression de certains feux ..... 17-5
17.7	Choix des configurations de balisage ..... 17-6
<b>Chapitre 18.</b>	<b>Maintien du rendement des balisages lumineux ..... 18-1</b>
18.1	Généralités ..... 18-1
18.2	Le milieu ..... 18-1
18.3	Entretien nécessaire ..... 18-1
18.4	Contrôle de l'intensité lumineuse ..... 18-3
18.5	Démonstration de la conformité ..... 18-8
<b>Chapitre 19.</b>	<b>Mesure de l'intensité lumineuse des feux fixes et des feux à éclats ..... 19-1</b>
19.1	Introduction ..... 19-1
19.2	Critères ..... 19-1
19.3	Feux à éclats ..... 19-5
<b>Appendice 1.</b>	<b>Besoins opérationnels auxquels doivent répondre les systèmes de guidage visuel pour l'accostage « nez dedans » ..... A1-1</b>
<b>Appendice 2.</b>	<b>Besoins opérationnels auxquels doivent répondre les systèmes de guidage visuel pour le stationnement ..... A2-1</b>
<b>Appendice 3.</b>	<b>Choix, application et enlèvement des peintures ..... A3-1</b>
<b>Appendice 4.</b>	<b>Méthodes de calcul des intensités lumineuses pour les conditions de jour ..... A4-1</b>
<b>Appendice 5.</b>	<b>Méthode de construction des graphiques des Figures 5-1 à 5-3 ..... A5-1</b>
<b>Appendice 6.</b>	<b>Distances verticales œil-roues et œil-antenne des avions ..... A6-1</b>



# Chapitre 1

## CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES DES AIDES VISUELLES AU SOL

### 1.1 INTRODUCTION

L'objet du présent chapitre est de donner au personnel technique un aperçu général de la tâche du pilote commandant de bord en ce qui concerne l'utilisation des aides et repères visuels lors de l'approche, de l'atterrissage et des manœuvres à la surface de l'aéroport, ainsi que la dépendance à l'égard de ces aides et repères. Les renseignements figurant ci-après ne sont donnés qu'à titre indicatif et n'impliquent pas nécessairement que l'OACI approuve ou entérine les pratiques et procédures opérationnelles décrites. En ce qui concerne la description détaillée des procédures et pratiques opérationnelles en vigueur, il convient de se référer à la documentation pertinente sur l'exploitation et la formation.

### 1.2 FACTEURS OPÉRATIONNELS

#### Le problème du pilote

1.2.1 Dans ses déplacements, l'être humain évolue dans deux dimensions. Dès le moment où nous commençons à marcher « à quatre pattes », nous interprétons les repères visuels et utilisons notre sens de l'équilibre pour nous déplacer à la surface de la terre. Ce processus long et progressif d'assimilation se poursuit lorsque, plus tard, nous acquérons la maîtrise de divers types de moyens de transport mécaniques sur terre ou sur l'eau, et nous accumulons ainsi des années d'expérience sur lesquelles nous pouvons nous appuyer. Dès l'instant où nous nous élevons dans les airs, il nous faut tenir compte d'une troisième dimension et cela veut dire que toutes les années d'expérience qui nous ont permis de résoudre les problèmes à deux dimensions ne nous suffisent plus.

1.2.2 Nous disposons de deux moyens pour commander un aéronef en vol : nous pouvons utiliser le pilote automatique ou agir manuellement. Le pilote peut assurer une commande manuelle soit en se référant au tableau de bord, soit encore en se référant à des repères visuels du monde extérieur. Cette dernière méthode suppose a priori une bonne visibilité et un horizon bien défini, qui peut être l'horizon réel ou un horizon apparent créé par les dénivellations du relief ou les détails de la surface terrestre.

1.2.3 Dans le pilotage à vue, certaines des tâches les plus difficiles sont celles qui consistent à évaluer l'approche vers la piste et les manœuvres d'atterrissage qui s'ensuivent. Pendant l'approche, il faut non seulement surveiller étroitement la vitesse, mais aussi procéder, simultanément et constamment, aux corrections nécessaires dans les trois dimensions pour suivre la bonne trajectoire de vol. Pour une approche directe, celle-ci peut être définie comme étant l'intersection de deux plans perpendiculaires, le plan vertical contenant le prolongement de l'axe de la piste et l'autre contenant la pente d'approche.

1.2.4 Le maintien d'une pente d'approche correcte par seule référence au monde extérieur est souvent difficile et sa difficulté varie selon le type d'aéronef. Les avions à hélices répondent presque instantanément à une augmentation de la puissance car, en tournant plus vite, les hélices accélèrent l'écoulement de l'air sur l'aile, ce qui entraîne une augmentation immédiate de la portance. Le turboréacteur est non seulement plus lent à répondre aux déplacements de

la commande de puissance, mais il n'a pas non plus d'effet direct sur l'écoulement de l'air sur la surface de l'aile. Il faut que toute la masse de l'avion ait subi une accélération à la suite d'une augmentation de la poussée pour qu'il en résulte une augmentation de la portance. Les conditions dans lesquelles un indicateur visuel de pente d'approche doit être installé sont décrites dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.5.1.

1.2.5 Il est essentiel que les aéronefs traversent le seuil de piste avec une marge suffisante de hauteur et de vitesse. Pour prendre contact en douceur, il faut réduire simultanément la vitesse anémométrique et la vitesse verticale de descente au cours de la manœuvre connue sous le nom d'arrondi à l'atterrissage, de façon que les roues touchent la piste juste avant le décrochage ou au moment précis où il se produit.

1.2.6 Après le toucher des roues, le pilote doit disposer sans interruption d'un guidage directionnel pour maintenir l'aéronef aussi près que possible de l'axe de la piste (à des vitesses d'atterrissage généralement comprises entre 100 et 160 kt soit 185 et 296 km/h). Il lui faut également des indications qui lui permettent d'évaluer la longueur de piste restante et, dès que l'avion a suffisamment ralenti, il doit être informé le plus tôt possible de la voie de sortie qu'il pourra prendre pour dégager la piste, les côtés de cette voie étant clairement délimités lorsqu'elle n'est pas dotée d'un balisage lumineux axial.

1.2.7 Une fois qu'il a dégagé la piste, le pilote doit conduire un véhicule incontestablement difficile à manier, le long de tout un réseau de voies de circulation, jusqu'au poste de stationnement qui lui a été assigné sur une aire de trafic souvent très encombrée. Le pilote doit alors recevoir une indication claire de la route à suivre sans traverser aucune piste en service et il doit aussi être protégé vis-à-vis des autres aéronefs et véhicules qui circulent au sol.

1.2.8 Si nous considérons le cas des avions à réaction à fuselage long, le pilote qui dirige un appareil de ce type sur une voie de circulation se trouve en fait aux commandes de l'un des véhicules tricycles les plus grands, les plus lourds et les plus inefficacement motorisés qui aient jamais existé. Il est assis sur son siège à au moins 6 m au-dessus du sol et il ne peut rien voir à moins de 12 m en avant de lui. La roue avant directrice de l'appareil se trouve à plusieurs mètres en arrière de son siège (ce qui pose des problèmes particuliers lorsqu'il s'engage sur une courbe), alors que les boggies des atterrisseurs principaux sont à une distance d'au moins 27 m derrière lui. Bien entendu, il n'y a aucune « transmission directe » pour entraîner ces roues et il faut utiliser la poussée des réacteurs, qui est notoirement inefficace à faible vitesse. De plus, sur de nombreux avions à réaction modernes à ailes en flèche (grands ou petits), le pilote est souvent dans l'impossibilité de voir les extrémités des ailes depuis le poste de pilotage.

1.2.9 La manière dont les aides visuelles sont utilisées pour répondre aux divers besoins opérationnels exposés ci-dessus est décrite en détail dans la section 1.4.

### Les quatre caractéristiques

1.2.10 Les caractéristiques du dispositif de balisage lumineux d'aéroport, élaborées à partir de travaux de recherche et de développement et à la suite de l'expérience acquise en exploitation depuis de longues années, peuvent se ranger sous quatre rubriques principales, à savoir : configuration, couleur, intensité lumineuse et couverture. La configuration et la couleur sont les éléments qui fournissent les renseignements essentiels à l'orientation dynamique dans trois dimensions. 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. Un pilote compétent connaîtra parfaitement la configuration et la couleur du dispositif et il percevra les variations qui ont pour effet d'augmenter ou de diminuer l'intensité lumineuse. Ces quatre éléments s'appliquent à tous les dispositifs lumineux d'aéroport, mais à des degrés très variables et selon divers facteurs comme les dimensions de l'aéroport et les conditions de visibilité dans lesquelles l'exploitation aérienne est prévue. Ils sont analysés dans les paragraphes qui suivent.

## Configuration

1.2.11 Cette caractéristique concerne l'emplacement des composants et l'espacement des feux et des marques à l'intérieur du dispositif. Les feux sont disposés en rangées longitudinales et transversales par rapport à l'axe de piste, alors que les marques peintes sont alignées seulement le long de l'axe de la piste. (Il n'est pas possible d'utiliser des marques peintes transversales à cause de l'effet de perspective qu'elles produisent aux angles d'approche.)

1.2.12 L'espacement des feux varie essentiellement selon qu'il s'agit d'une configuration longitudinale ou transversale. Il est évident que, pour le pilote, la perspective d'un dispositif d'aides visuelles fait que, dans une rangée longitudinale, les feux à grand espacement produisent un « effet linéaire ». Par contre, pour obtenir un « effet linéaire » dans une rangée transversale, il faut un faible espacement entre les feux. Les conditions de visibilité dans lesquelles le dispositif est appelé à être utilisé influent aussi sur l'espacement des feux. Dans le cas d'opérations exécutées par mauvaise visibilité, il faut un espacement plus réduit entre les feux, surtout dans les rangées longitudinales, pour fournir des repères visuels appropriés dans un champ de vision restreint.

1.2.13 L'implantation et l'installation des feux de bord de piste, de seuil et d'extrémité de piste n'ont jamais posé de problème, car leur désignation suffit à indiquer leur emplacement. Par contre, l'installation des feux de seuil est, jusqu'à un certain point, compliquée quand le seuil est décalé. La mise au point de montures semi-encastrées permet d'installer les feux de piste selon une configuration standard, dans le revêtement même de la piste. L'espacement des feux de balisage des bords de piste a très peu évolué depuis l'origine de ce type de balisage. Le guidage visuel primaire par mauvaise visibilité est assuré par les nouveaux dispositifs lumineux d'axe de piste et de zone de toucher des roues.

1.2.14 Tandis que la mise au point du balisage des pistes n'est pas trop compliquée, les travaux de recherche et de développement des feux d'approche ont donné, dans divers États, des résultats très différents en ce qui concerne l'emplacement et l'espacement des feux. Lorsqu'on a envisagé l'utilisation de pistes avec approche de précision de catégorie II, il a été convenu qu'une configuration standard du dispositif était nécessaire, au moins pour la section de 300 m située en amont du seuil. Un programme coopératif réalisé par des États de l'OACI a permis d'atteindre cet objectif dans les années 1960.

## Couleur

1.2.15 La fonction des signaux lumineux de couleur est d'aider à identifier les différents dispositifs lumineux de l'aérodrome, de les rendre plus visibles et de transmettre des instructions ou des informations. Ainsi, par exemple, les feux de bord de piste sont blancs et ceux des bords de voie de circulation sont bleus ; les feux d'obstacle rouges sont mieux perçus sur un fond de lumière blanche que les feux d'une autre couleur. De plus, leur couleur rouge avertit d'un danger.

1.2.16 S'il est possible de distinguer la plupart des couleurs lorsque les zones colorées sont assez grandes pour être perçues comme des surfaces, il n'y a que quatre signaux lumineux de couleur qui peuvent être distingués lorsqu'on les voit isolément comme des sources « ponctuelles ».

1.2.17 Avec un choix judicieux des spécifications de couleur, on peut généralement 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 couleurs apparaissent simultanément dans des parties adjacentes d'un même dispositif ;
- b) si le blanc et le jaune apparaissent comme les phases successives d'un même signal ; ou
- c) si le dispositif a une dimension appréciable qui empêche de le percevoir comme une source ponctuelle.

Étant donné le nombre restreint de couleurs identifiables, chaque couleur a plus d'une signification, et ce sont l'emplacement et la configuration des feux de couleur qui assurent la différenciation voulue. Par exemple, le vert est utilisé pour les feux de seuil de piste, les feux axiaux de voie de circulation et les feux destinés au contrôle de la circulation.

1.2.18 Pour obtenir les feux de couleur, on peut utiliser une source incandescente au tungstène conjointement avec le filtre lumineux approprié. Ce filtre peut être en verre teinté ou comporter une pellicule plaquée sur un substrat de verre. Il peut soit être constitué par une pièce additionnelle montée sur un luminaire qui, sans ce filtre, émettrait un signal blanc, soit faire partie intégrante du bloc optique du luminaire. Dans un cas comme dans l'autre, l'action du filtre 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. De plus, sur cette dernière longueur d'onde, une certaine quantité de lumière est éliminée. Ainsi, l'intensité d'un dispositif émettant une lumière de couleur est inférieure à celle d'un dispositif prévu pour l'émission de lumière blanche. Les intensités des signaux de couleur correspondent à un pourcentage de l'intensité que l'on peut obtenir avec un signal blanc, soit environ 40 % pour le jaune, 20 % pour le rouge et le vert, et 2 % pour le bleu.

1.2.19 On notera cependant que, dans le cas d'une lumière rouge, le seuil d'éclairement étant approximativement égal à la moitié du seuil d'éclairement pour la lumière blanche, la portée optique effective d'une lumière rouge produite par l'addition d'un filtre rouge à un feu blanc est supérieure à la valeur indiquée par le pourcentage donné ci-dessus.

### **Intensité lumineuse**

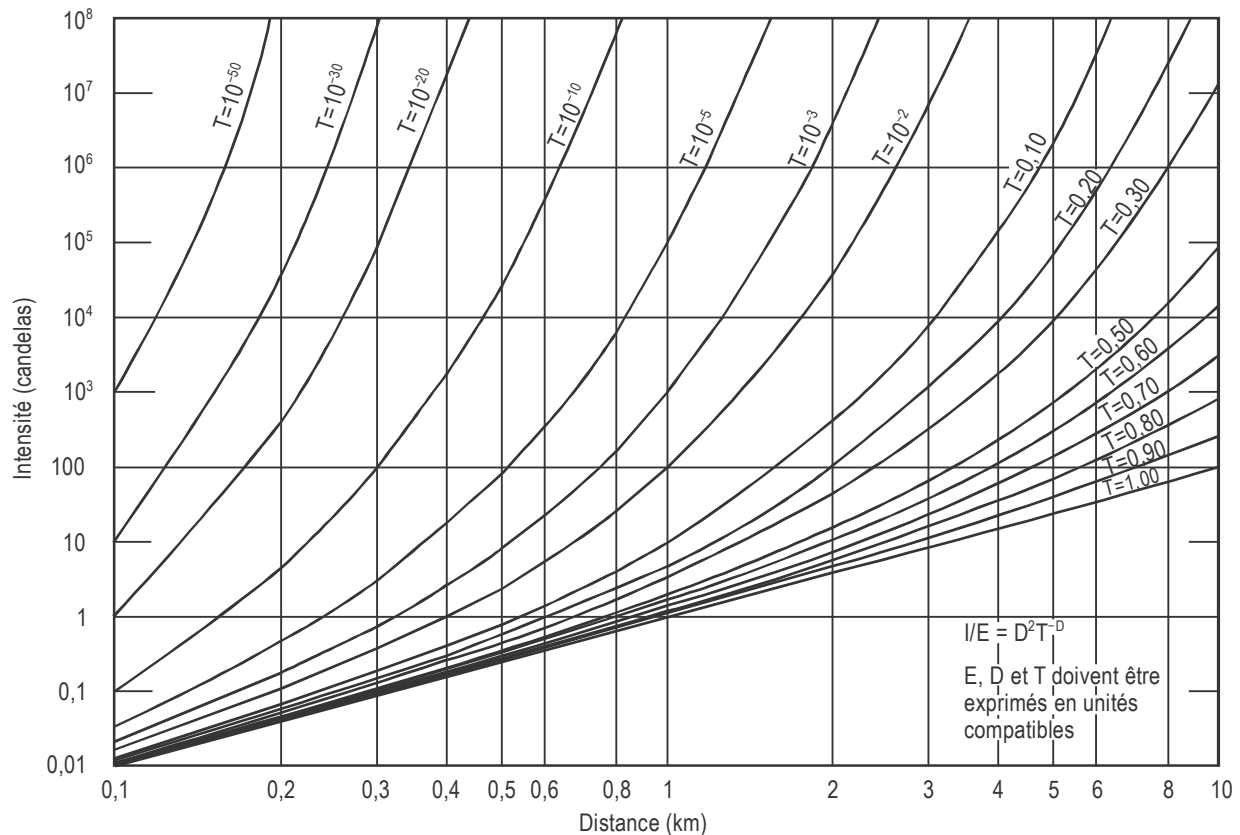
1.2.20 C'est l'éclairement, mesuré à l'œil de l'observateur, qui déterminera si le feu qui le produit sera perçu. L'éclairement produit à une distance  $V$  par une source lumineuse d'intensité  $I$ , mesurée en candelas (cd), dans une atmosphère ayant une transmissivité (facteur de transmission par unité de distance)  $T$ , est donné par la loi d'Allard :

$$E = \frac{IT^V}{V^2}$$

Lorsque l'éclairement est égal à  $E_c$  — éclairement minimal perceptible — le feu peut tout juste être perçu et  $V$  est égale à la portée optique du feu. Les valeurs de l'éclairement minimal perceptible utilisées pour déterminer la portée visuelle de piste (voir Annexe 3, Supplément C) sont les suivantes :

	<i>Seuil d'éclairement</i>	
	<i>lux</i>	<i>bougies-kilomètre</i>
Nuit	$8 \times 10^{-7}$	0,8
Période intermédiaire	$8 \times 10^{-5}$	10
Jour normal	$8 \times 10^{-4}$	100
Jour brillant (brouillard lumineux)	$8 \times 10^{-3}$	1 000

1.2.21 La relation entre la transmissivité  $T$ , la distance  $V$  et le rapport de l'intensité à l'éclairement ( $I/E$ ) est illustrée à la Figure 1-1. Les intensités des feux utilisés pour le balisage des aérodrômes varient entre 10 et 200 000 cd. La transmissivité de l'atmosphère s'étend sur une plage considérable, variant entre plus de 0,95 par km par temps très clair et moins de  $10^{-50}$  par km par brouillard épais.



**Figure 1-1. Intensité requise pour produire un éclairage égal à l'unité en fonction de la distance pour différentes valeurs de la transmissivité atmosphérique**

1.2.22 Comme le montre clairement la Figure 1-1, un feu d'intensité relativement faible peut être perçu à grande distance par temps clair. Considérons, par exemple, des conditions nocturnes dans lesquelles la transmissivité est égale à 0,90 par km. Le rapport intensité/éclairage, pour un feu dont l'intensité est de 80 cd, serait alors de 80/0,8, soit 100, et la portée visuelle serait d'environ 7 km. Dans le brouillard, par contre, la loi du rendement non proportionnel intervient à des distances relativement courtes. Par exemple, pour une transmissivité de 10<sup>-20</sup> par km (brouillard épais), un feu d'une intensité de 80 cd serait visible à environ 0,17 km et un feu d'une intensité de 80 000 cd ne serait pas visible au-delà d'environ 0,3 km. Il est donc impossible, dans les exploitations de catégories II et III, d'obtenir un guidage suffisant avec les feux de bord de piste en augmentant l'intensité de feux conçus pour être utilisés par temps plus clair. Il faut alors modifier la configuration et réduire l'espacement entre les feux. On ajoute des feux de zone de toucher des roues et des feux axiaux à espacement réduit au dispositif de balisage lumineux de manière à réduire les distances auxquelles il faut absolument que les feux soient perçus et ainsi à améliorer les repères visuels.

1.2.23 Un autre phénomène atmosphérique doit être pris en compte. Il est caractérisé par l'effet marqué du facteur de transmission atmosphérique sur l'aspect des feux ; par exemple, un feu de 80 000 cd qui est tout juste visible à une distance de 0,3 km lorsque la transmissivité est de 10<sup>-20</sup> par km produirait à l'œil de l'observateur et par temps parfaitement clair, un éclairage un million de fois supérieur à celui qui serait nécessaire pour que le feu soit juste visible. Dans ce cas, l'intensité doit être réduite. Cependant, même si l'intensité de ce feu était réduite à 0,1 % de sa valeur maximale, elle serait toujours plus forte que l'intensité requise. Par conséquent, si l'atténuation des feux à haute intensité et des feux de piste est nécessaire, elle ne peut pas compenser entièrement les effets des variations du facteur de transmission atmosphérique.

## **Couverture**

1.2.24 Les tout premiers feux aéronautiques au sol étaient constitués par des ampoules électriques nues ou avec verrine en verre transparent. La lumière émise avait essentiellement la même intensité dans toutes les directions. À mesure que le besoin d'avoir de plus fortes intensités se faisait sentir, on a utilisé des feux munis de réflecteurs, de lentilles ou de prismes. En réorientant les faisceaux lumineux de façon à les supprimer dans les directions inutiles et à les concentrer dans les directions voulues, il a été possible d'augmenter l'intensité dans ces directions sans augmenter la consommation d'énergie. De plus, on a pu réduire l'éblouissement gênant causé par des lampes voisines en réorientant une partie de la lumière émise dans des directions où elle n'est visible qu'à de très faibles distances, vers des directions où elle est visible à de plus grandes distances avec de meilleures visibilité. Pour une consommation électrique donnée, plus le faisceau émis par le bloc optique est mince et plus l'intensité de la lumière à l'intérieur du faisceau est forte.

1.2.25 Il est théoriquement possible de concevoir un système optique tel que, pour une ligne d'approche fixe et une transmissivité atmosphérique donnée, l'intensité maximale du faisceau lumineux soit dirigée vers le point auquel on commencera à percevoir le feu. À 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. (Sont exclues les trajectoires orientées directement vers le feu.) De ce fait, pour une valeur donnée de transmissivité atmosphérique, il est possible de concevoir un feu dont les écarts auront une brillance constante pour le pilote d'un aéronef qui se dirige vers le feu à une hauteur fixe au-dessus de ce dernier. Ce genre de conception réduit au minimum l'énergie requise pour obtenir la portée optique désirée. Cependant, 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 à couvrir un éventail de trajectoires et de valeurs de la transmissivité atmosphérique.

1.2.26 Ces principes ont été observés pour établir les ouvertures de faisceau spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2. Ils étaient fondés sur des considérations géométriques simples et un brouillard de structure homogène.

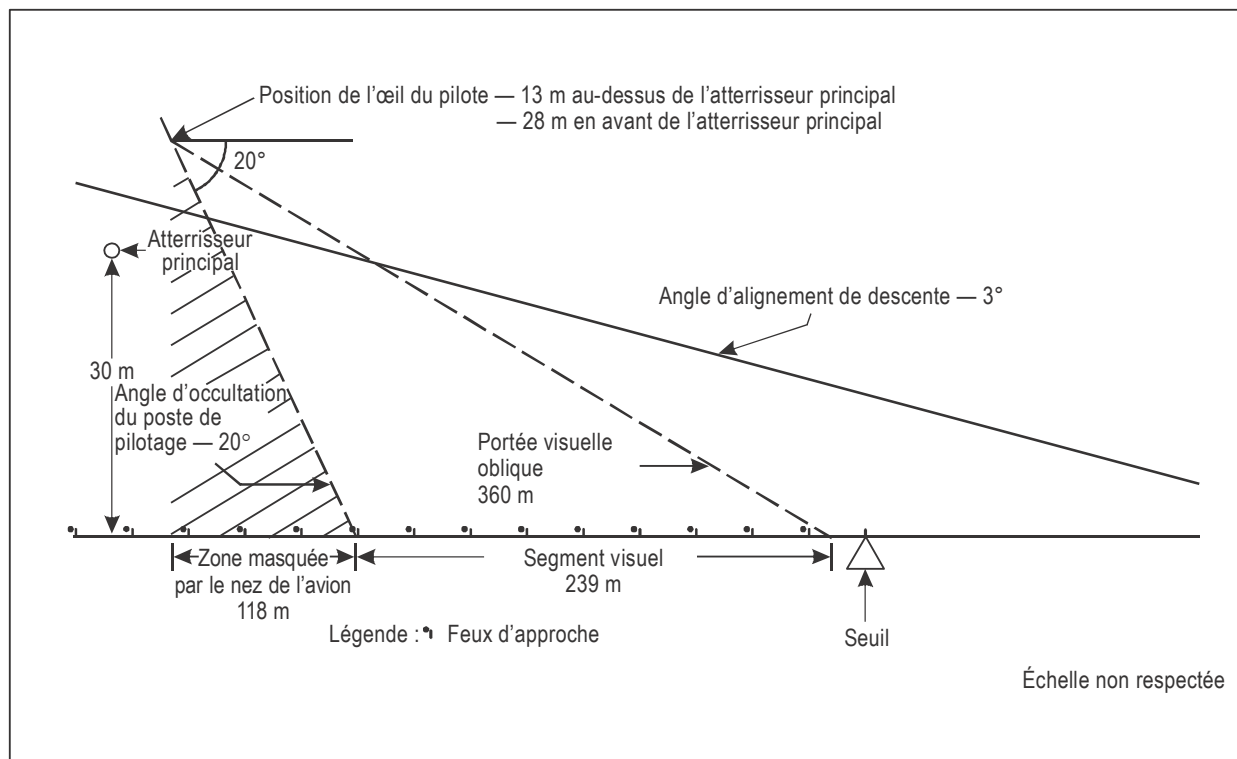
## **Facteurs humains intervenant dans l'utilisation des aides visuelles au sol**

1.2.27 De nombreux facteurs déterminent le degré d'efficacité de la réaction des pilotes aux aides visuelles, en ce qui concerne la perception, l'interprétation et l'utilisation des éléments de guidage et d'information perçus pendant une approche. Comme il serait impossible de passer en revue les causes et les effets de tous les problèmes, les paragraphes qui suivent se limitent à l'étude des problèmes liés à la conception des dispositifs et aux repères visuels dans le voisinage immédiat, ainsi qu'à l'éventualité d'une erreur de la part du pilote au cours des manœuvres d'approche et d'atterrissage.

## **Normalisation des dispositifs**

1.2.28 Le pilote voit toujours en perspective, jamais en plan, les dispositifs lumineux d'approche et de piste, et il ne peut voir l'ensemble de ces dispositifs que dans les meilleures conditions météorologiques. Tandis qu'il suit la trajectoire d'approche, le pilote doit interpréter le guidage que lui fournit un « segment visuel mobile » de feux, qui se déplace continuellement vers le bas de son pare-brise. La longueur de ce segment varie selon l'altitude de l'aéronef et la portée visuelle oblique depuis le poste de pilotage (voir Figure 1-2). L'information que le pilote peut recueillir à partir d'un segment relativement court de la configuration lumineuse d'approche est rigoureusement limitée lorsque cette configuration est observée à grande vitesse et par mauvaise visibilité. Comme, par visibilité réduite, le pilote ne dispose que de quelques secondes pour voir les aides visuelles et réagir, il est extrêmement important que la configuration soit normalisée, mais également qu'elle soit simple.





Note.— Les feux de seuil sont tout juste hors de la portée visuelle du pilote.

Figure 1-2. Segment visuel pour le pilote d'un avion à réaction gros-porteur

### Différences individuelles

1.2.29 L'acuité visuelle et la sensibilité à l'éblouissement varient d'un pilote à l'autre et sont partiellement fonction de l'âge, du degré de fatigue et de l'adaptation aux niveaux lumineux utilisés. De plus, l'habileté et les réactions d'un même pilote varient d'un jour à l'autre. Enfin, le même système de guidage visuel doit pouvoir être utilisé par tous les pilotes, quelle que soit leur expérience.

### Importance du réglage de l'intensité

1.2.30 Deux facteurs importants doivent être pris en compte lorsqu'il s'agit de fournir constamment aux pilotes le meilleur guidage visuel possible. Tout d'abord, il est essentiel que le réglage de l'intensité soit parfaitement adapté aux conditions ambiantes. Ensuite, les intensités des différentes sections qui composent le dispositif doivent aussi être parfaitement adaptées les unes aux autres, notamment lorsqu'il s'agit de feux de couleur. Ces deux facteurs garantissent que le pilote ne manquera pas un repère essentiel, comme les feux verts de seuil, parce que le signal est trop faible, et qu'il ne sera pas ébloui parce que certains feux sont trop brillants, compte tenu des conditions existantes.

1.2.31 Les configurations des dispositifs lumineux d'approche et de piste sont conçues pour faire ressortir la ligne axiale. Il y a deux raisons à cela. La première, qui est évidente, est que l'atterrissage doit idéalement s'effectuer le long de l'axe de la piste. La seconde est que la fovéa de l'œil, où l'acuité visuelle est maximale, ne correspond qu'à une ouverture angulaire d'environ 1,5 degré.

1.2.32 Des études ont démontré qu'un pilote met en moyenne quelque 2,5 secondes pour déplacer son regard des repères visuels extérieurs vers les instruments de bord et pour le reporter de nouveau sur les repères extérieurs. Étant donné que les aéronefs à hautes performances parcourent au moins 150 m pendant ce laps de temps, il est évident que, dans la mesure du possible, les aides visuelles doivent assurer un guidage maximal et fournir le plus d'indications possible pour permettre au pilote de ne pas avoir à consulter les instruments. D'autres membres de l'équipage ou un système synthétique d'alerte vocale annoncent généralement les lectures instrumentales critiques, ce qui renforce la sécurité des opérations.

### **Degré d'activité visuelle**

1.2.33 L'aptitude du pilote à traiter les données est très bonne si certaines conditions sont remplies, notamment lorsque la situation évolue comme prévu et que les repères successifs confirment cette évolution. Dans ce cas, le pilote peut se pencher sur un schéma de données qui évolue rapidement, ménager sa capacité de juger de la situation et obéir à une série de réflexes appropriés, ajustés avec précision dans le temps et selon leur importance. L'aptitude du pilote à traiter l'information risque d'être réduite à néant si les données d'entrée ne sont pas conformes aux prévisions et si elles sont ambiguës ou transitoires. En pareil cas, le pilote aura tendance à poursuivre la procédure en cours, alors que les conditions sont telles que l'approche devrait être interrompue.

1.2.34 Les considérations ci-dessus montrent qu'il est extrêmement important de veiller à ce que le guidage visuel fonctionne effectivement comme un système intégré. Les composants du dispositif doivent être équilibrés du point de vue de l'intensité et de l'espacement, de manière que le pilote voit une configuration qu'il peut identifier comme le dispositif standard auquel il s'attend et non un assemblage désordonné d'éléments sans coordination. Le degré d'activité visuelle est tempéré de façon optimale par la normalisation, l'équilibre et l'intégrité des éléments. Un dispositif sans cohésion auquel il manque plusieurs feux risque de rompre la configuration aux yeux du pilote, dont la vue est déjà restreinte du fait de l'angle d'occultation du poste de pilotage et, éventuellement, de la présence de bancs de brouillard ou d'autres conditions. Il est possible qu'en détachant son regard du tableau de bord le pilote soit momentanément désorienté si le dispositif est mal entretenu ou visuellement déséquilibré.

### **Difficultés de vision pendant l'approche et l'atterrissage**

1.2.35 Les pilotes doivent faire face à des problèmes visuels complexes lorsqu'ils s'approchent d'une piste dépourvue de dispositifs de guidage visuel ou non visuel permettant de suivre la pente d'approche correcte. Si certains de ces problèmes sont couramment classés dans la catégorie des illusions d'optique, le principal, en fait, n'est pas tant la présence de repères faux ou prêtant à confusion, mais plutôt l'absence ou l'insuffisance de repères visuels sur lesquels puissent se fonder les évaluations de hauteur et de distance. Toutes les pistes peuvent présenter cette difficulté dans une certaine mesure. Celles qui sont normalement desservies par une aide non visuelle la présentent quand cette aide est en panne. Les aéronefs dépourvus d'un dispositif utilisant les aides non visuelles connaissent eux aussi ces difficultés. Dans l'exposé ci-dessous sur les problèmes relatifs à l'approche à vue, on pose en hypothèse qu'il n'y a pas d'aides visuelles ou non visuelles (ou que, s'il en existe, elles ne sont pas en service) permettant de guider le pilote vers la piste le long de la pente d'approche.

### **Problèmes liés à la topographie**

1.2.36 De jour, des problèmes d'évaluation de la hauteur et de la distance se posent lorsqu'un pilote exécute une approche en survolant de grandes étendues d'eau, un sol dépourvu de caractéristiques remarquables (enneigé par exemple) ou un terrain situé à une altitude inférieure à celle de la piste, notamment dans le cas de vallées profondes, de pentes abruptes, etc. Cela est dû à l'absence ou au nombre limité de repères visuels normaux qui facilitent les évaluations de hauteur et de distance. Pour cette même raison, il est difficile d'évaluer la hauteur ou la distance par une nuit obscure,

lorsqu'il n'y a pas suffisamment de feux non aéronautiques marquant la surface du sol sur l'aire d'approche et à son voisinage. Toutefois, la présence de feux non aéronautiques dans les vallées profondes, sur les pentes abruptes, etc., risque de compliquer le processus de prise de décision car le pilote peut penser qu'il est trop haut, alors qu'il se trouve en fait sur la pente d'approche correcte vers la piste. En corrigeant sur la base de renseignements erronés, il risque de se placer sur une pente d'approche incorrecte.

1.2.37 Même de jour, les décollages effectués dans la brume au-dessus de grandes étendues d'eau ou de terres arides peuvent être dangereux si les pilotes ne sont pas capables de voler aux instruments. Ce problème est encore plus grave pour cette catégorie de pilotes s'ils ne peuvent disposer de repères visuels après le décollage, sans avoir à tourner la tête de manière excessive pour établir le contact visuel avec le sol. Le fait d'incliner la tête au cours d'un virage provoque un trouble de l'orientation appelé vertige, qui est souvent accompagné de nausée. Il faut faire confiance aux instruments de vol pour surmonter le vertige et, par conséquent, les pilotes non qualifiés pour le vol aux instruments s'exposent à des risques graves.

1.2.38 Les pilotes chevronnés gardent en mémoire une image en perspective « idéale » de la piste et, de ce fait, ils ont tendance à adopter un angle d'approche inférieur à l'angle normal quand les pistes présentent une pente montante, et un angle d'approche supérieur à l'angle normal quand elles présentent une pente descendante. Comme la pente longitudinale moyenne d'une piste ne doit pas dépasser 2 % (1 % pour les chiffres de code 3 et 4), l'erreur introduite ne pose normalement aucun problème sérieux. On constate toutefois que les conditions peuvent s'allier pour atténuer ou renforcer l'effet total. Par exemple, si l'approche en direction d'une piste à pente montante est exécutée au-dessus d'une vallée profonde, cela renforce la tendance du pilote à diminuer l'angle d'approche par rapport à l'angle normal.

1.2.39 Les pilotes qui ne sont pas familiarisés avec les techniques de vol particulières aux régions montagneuses risquent d'adopter des angles d'approche inférieurs à la normale lorsqu'ils atterrissent en direction d'une chaîne de montagnes. Cela est dû au fait que l'horizon apparent se situe au-dessus de l'horizon réel et fausse le jugement du pilote quant à la position correcte du point de visée sur la piste par rapport à l'horizon réel. Si l'approche est exécutée par une nuit obscure au-dessus d'un terrain non éclairé, il y a d'autant plus de risque d'effectuer un atterrissage trop court.

### **Problèmes liés aux dispositifs lumineux d'approche et de piste**

1.2.40 Étant donné que les feux brillants paraissent plus proches que les feux moins brillants ou atténués, le maintien d'une intensité raisonnablement équilibrée pour le balisage lumineux d'approche et de piste joue un rôle important lorsqu'on évalue la hauteur et la distance au cours de l'approche. Pour l'étude des problèmes associés aux illusions d'optique, ce facteur est très important lorsque, dans la phase d'approche, la visibilité permet aux pilotes d'apercevoir à la fois les dispositifs lumineux d'approche et de piste. Par faible visibilité, les divers balisages lumineux doivent être conçus de façon à fournir au pilote des renseignements continus pendant l'approche et l'atterrissage.

1.2.41 Il faut veiller à ce que le balisage des deux côtés de la piste soit bien équilibré. Il est possible que les feux deviennent plus faibles d'un côté de la piste que de l'autre si le dispositif du premier côté est accidentellement mis à la terre ou si de la neige s'accumule d'un côté de la piste au cours d'opérations de déneigement ou de soufflage (ou sous l'effet d'un vent traversier).

1.2.42 Il est souhaitable que les pilotes utilisent des pistes à espacement uniforme entre les rangées de feux de bord de piste, de feux de zone de toucher des roues et de feux axiaux et entre les différents feux à l'intérieur du dispositif.

1.2.43 Lorsqu'on pénètre dans une mince couche de brouillard au sol, la manœuvre peut être difficile car les balisages lumineux d'approche et de piste, qui sont visibles à travers le brouillard lors de la descente en approche, diminuent rapidement de longueur ou disparaissent complètement dès que l'aéronef arrive près de la partie supérieure de la couche de brouillard et y pénètre. Dans le brouillard mince, les repères lumineux ne sont plus visibles aux faibles hauteurs et les pilotes qui volent à vue pendant la période de transition rapide, entre le moment où les repères sont visibles

et celui où ils ne le sont plus, peuvent avoir l'impression fautive d'être en montée et non en descente. S'ils réagissent à cette impression en augmentant encore la pente de descente à partir d'une faible hauteur et sans l'aide de repères visuels ou, au mieux, avec l'aide de repères visuels très limités, leur descente se terminera par un impact à grande vitesse angulaire sur le terrain ou sur la piste.

### **Problèmes liés aux dimensions des pistes et aux effets de contraste**

1.2.44 Les pistes de largeurs et longueurs diverses peuvent amener les pilotes à se méprendre sur l'angle de la pente d'approche, car les pistes larges et longues paraissent plus proches que les pistes étroites et courtes. Les pilotes d'avions lourds utilisent normalement des aéroports qui offrent des perspectives raisonnablement uniformes. Les pilotes d'avions légers sont appelés à évoluer sur des pistes de largeurs et de longueurs extrêmement variables et ce sont donc ces pilotes qui éprouvent le plus souvent des difficultés à l'approche et à l'atterrissage du fait de la configuration de la piste et qui ont tendance à adopter des angles d'approche inférieurs à la normale pour atterrir sur les pistes longues. Lors de la mise en place des aides visuelles, notamment des marques des pistes de dimensions anormales, il est important de respecter scrupuleusement leurs espacements et leurs dimensions spécifiés. Toute réduction provoquera de fausses estimations des distances et des dimensions.

1.2.45 Si l'on exécute une approche face au soleil par temps clair, on peut éprouver des problèmes visuels extrêmement sérieux. Dans certaines conditions, l'éblouissement gêne la vision au point qu'il est difficile de repérer la piste et que, lorsqu'on l'a repérée, il est difficile de l'observer tout au long de l'approche. En plus du problème de l'éblouissement, le contraste que présente la piste est modifié (normalement atténué) car l'angle d'incidence des rayons du soleil fait voir « à contre-jour » tout ce qui entoure la chaussée et réduit également le contraste que présentent les marques de piste.

1.2.46 Le contraste est très important pour l'acquisition visuelle, qui est optimale quand la piste et le terrain qui l'entoure sont de couleurs très contrastantes.

### **Problèmes liés à l'expérience des pilotes**

1.2.47 Les changements par rapport aux repères visuels auxquels un pilote est habitué peuvent causer des illusions d'optique. Les pilotes habitués à survoler des arbres de haute taille risquent de suivre des pentes d'approche plus basses que la normale lorsqu'ils survolent des arbres « rabougris » qui leur semblent être de la même famille que les grands arbres. Les pilotes qui volent surtout au-dessus de terrains plats peuvent avoir des difficultés à évaluer une approche vers une piste située dans une région accidentée ou montagneuse. Il faut aussi citer le cas des pilotes qui sont habitués à survoler des zones bâties à forte densité de population et qui doivent atterrir sur des pistes aménagées dans des espaces dégagés et démunis de toutes constructions ou d'objets verticaux naturels de grandes dimensions.

### **Problèmes liés à l'aéronef**

1.2.48 Les pilotes ne pourront tirer le meilleur parti des aides et repères visuels au sol que si le pare-brise de leur appareil est propre et sans traces de précipitations. Un pare-brise balayé par la pluie forme des taches et des rides, qui provoquent la distorsion des images. Les configurations géométriques des aides visuelles au sol peuvent ainsi être détruites, ce qui rend difficile, voire impossible, l'interprétation correcte des signaux perçus. Les pilotes doivent faire le meilleur usage possible des dispositifs antipluie (essuie-glaces, chasse-pluie pneumatiques ou chimiques) lorsqu'ils exécutent une approche par forte pluie.

## 1.3 BESOINS OPÉRATIONNELS

### Généralités

1.3.1 Les besoins opérationnels auxquels les aides visuelles doivent répondre varient selon le type d'aéronef utilisé, les conditions météorologiques, le type d'aide de navigation utilisée pour l'approche, les caractéristiques physiques de la piste ou des voies de circulation et selon qu'il est possible ou non d'obtenir par radio des renseignements pour l'atterrissage.

### Petits aéroports

1.3.2 Les aéroports conçus pour les petits monomoteurs et les bimoteurs légers de moins de 5 700 kg sont souvent dépourvus d'aides pour l'approche aux instruments et de moyens de contrôle de la circulation aérienne. Il faut donc souvent, sur les petits aéroports, que les aides visuelles au sol répondent à tous les besoins opérationnels des pilotes. Il arrive que certains de ces aéroports ne soient pas dotés de pistes avec revêtement, situation qui aggrave le problème lorsqu'il s'agit de fournir aux pilotes des aides visuelles appropriées.

1.3.3 Les besoins de l'exploitation sont les suivants :

- a) repérage de l'aéroport ;
- b) identification de l'aéroport ;
- c) renseignements pour l'atterrissage :
  - 1) direction et vitesse du vent ;
  - 2) identification de la piste ;
  - 3) état de la piste — fermée ou utilisable ;
  - 4) identification de la piste ;
- d) guidage sur circuit ;
- e) guidage d'approche finale jusqu'au toucher des roues :
  - 1) délimitation des bords et du seuil de piste ;
  - 2) guidage sur pente d'approche ;
  - 3) guidage vers le point de visée ;
  - 4) indication de l'axe de piste ;

*Note.— L'axe ne peut pas être indiqué sur les pistes non revêtues. Ces pistes sont, en principe, utilisées seulement par bonne visibilité. L'indication de l'axe n'est donc pas aussi importante que dans le cas des aéroports où les mouvements sont autorisés par visibilité réduite avec utilisation d'une aide d'approche aux instruments.*

- f) guidage de roulement à l'atterrissage :
  - 1) indication de l'axe de piste [voir la note suivant l'alinéa e) 4) ci-dessus] ;
  - 2) délimitation des bords de piste ;
  - 3) emplacement de la voie de sortie de piste ;
  - 4) délimitation des voies de sortie de piste et indication de leur axe ;
  - 5) indication de l'extrémité de piste ;
- g) guidage de circulation au sol :
  - 1) délimitation des bords et/ou indication de l'axe de la voie de circulation ;
  - 2) panneaux indicateurs vers les aires de stationnement et d'entretien courant ;
  - 3) panneaux d'obligation ;
- h) renseignements pour le départ ;

*Note.— Les renseignements nécessaires sont les mêmes que ceux qui sont donnés à l'alinéa c) ci-dessus ; cependant, les pilotes obtiennent en principe tous ces renseignements au « bureau des opérations », sans avoir à consulter les aides visuelles.*
- i) guidage au décollage :
  - 1) indication de l'axe de piste [voir la note suivant l'alinéa e) 4) ci-dessus] ;
  - 2) délimitation des bords de piste ;
  - 3) indication de l'extrémité de piste.

### Grands aérodromes

1.3.4 Les grands aérodromes sont normalement dotés d'aides de radionavigation et de moyens de contrôle de la circulation aérienne qui nécessitent des communications radio. Lorsqu'on utilise ces aérodromes dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC), sans recourir aux aides radio, les besoins en aides visuelles au sol sont les mêmes que dans le cas des petits aérodromes. De plus, les grands aérodromes sont dotés de systèmes de guidage pour l'utilisation des postes de stationnement et de systèmes de guidage visuel pour l'accostage aux aérogares équipées de passerelles d'embarquement. Il faut aussi que l'aire de trafic soit bien éclairée pour faciliter le stationnement des aéronefs, protéger les passagers qui se déplacent entre l'aérogare et l'aéronef et faciliter l'entretien courant des aéronefs.

1.3.5 Les vols effectués dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) nécessitent des aides visuelles qui s'ajoutent à celles qui sont énumérées ci-dessus pour les petits aérodromes. Les aides visuelles, le guidage non visuel et les fonctions de contrôle constituent ensemble un dispositif complet pour l'approche, l'atterrissage et le roulement au sol. De même, une combinaison d'aides visuelles et non visuelles est mise en place pour faciliter le roulement au sol et les départs. Les besoins opérationnels supplémentaires ci-après sont applicables aux conditions de visibilité pertinentes se rapportant aux quatre catégories de pistes aux instruments (voir Annexe 14, Volume I, Chapitre 1, section 1.1). Dans le cas des décollages, il faut tenir compte de considérations complémentaires pour les feux de bord de

piste et les feux d'axe de piste (voir Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.9 et 5.3.12). Dans certaines conditions, ces dispositions peuvent être les plus contraignantes. Par exemple, en l'absence d'un guidage de précision sur une piste particulière, la limite de visibilité pour le décollage peut être le facteur qui détermine si des aides lumineuses devront être installées.

### ***Piste avec approche classique***

Guidage d'approche finale jusqu'au toucher des roues :

- Guidage pour l'alignement sur l'axe de piste sur une distance d'au moins 420 m en amont du seuil.
- Indication de la distance à 300 m en amont du seuil.

### ***Piste avec approche de précision — catégorie I***

Guidage d'approche finale jusqu'au toucher des roues :

- Guidage pour l'alignement sur l'axe de piste sur une distance de 900 m en amont du seuil.
- Indication de la distance à 300 m en amont du seuil.
- Guidage dans la zone de toucher des roues.

### ***Piste avec approche de précision — catégorie II***

Guidage d'approche finale jusqu'au toucher des roues :

- Guidage pour l'alignement sur l'axe de piste sur une distance de 900 m en amont du seuil.
- Indication de la distance à 300 m et à 150 m en amont du seuil.
- Guidage d'alignement sur la zone de toucher des roues sur une distance de 300 m en amont du seuil.
- Guidage dans la zone de toucher des roues.

Guidage pour le roulement à l'atterrissage :

- Indication de la distance restante.

Guidage pour la circulation au sol :

- Guidage de voie de sortie de piste, avec délimitation des bords et indication de l'axe.
- Indication de l'axe de la voie de circulation avec codage de changement de direction.

### **Piste avec approche de précision — catégorie III**

Les besoins opérationnels en aides visuelles dans les conditions météorologiques de catégorie III sont, du point de vue des configurations d'approche et d'atterrissage, identiques à ceux qui sont spécifiés pour les conditions météorologiques de catégorie II. Les caractéristiques photométriques des feux convenant aux opérations des catégories I et II doivent être modifiées pour assurer une plus grande couverture verticale, notamment pour les aéronefs à grande « distance verticale œil-roues ».

1.3.6 Dans les conditions météorologiques de catégorie III, les pilotes disposent des mêmes aides visuelles que dans les conditions de catégorie II, mais le temps nécessaire pour obtenir un guidage visuel au moyen de ce même dispositif décroît en proportion du degré de détérioration des conditions météorologiques pendant l'approche. Un guidage visuel pour des conditions de portée visuelle de piste (RVR) supérieures à 200 m environ peut être assuré par le balisage lumineux d'approche, ce qui permet au pilote d'évaluer sa trajectoire de vol en fonction de son alignement sur l'axe de piste. Pour des conditions de RVR inférieures à 200 m environ, toutefois, le contact visuel ne peut être établi avant que l'avion soit sur ou au-dessus de la piste. Il n'est pas possible de juger de la pente d'approche au moyen des aides visuelles quand la visibilité est réduite à ce point.

1.3.7 Pour les mouvements au sol qui sont exécutés par faible RVR sur les grands aéroports, il est souvent nécessaire de disposer de signaux visuels supplémentaires. Il s'agit, par exemple, des barres d'arrêt et des feux de protection de piste qui sont spécifiés dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5. Ce besoin s'applique aussi aux grands aéroports quand la visibilité est meilleure, mais il est énoncé dans la présente section parce qu'il est encore plus important quand la visibilité est plus faible. Ces dispositifs ne sont pas vraiment destinés à fournir un guidage visuel, mais plutôt à faciliter le contrôle des mouvements à la surface et à prévenir les collisions entre aéronefs circulant au sol, en assurant notamment la séparation entre ceux qui roulent sur les pistes d'atterrissage et de décollage et ceux qui se déplacent lentement sur les voies de circulation.

## **1.4 UTILITÉ DES AIDES ET REPÈRES VISUELS POUR LES PILOTES**

### **Généralités**

1.4.1 L'établissement et le maintien d'une orientation tridimensionnelle dynamique par rapport à la piste pendant l'approche et l'atterrissage constituent une tâche complexe et difficile, notamment lorsque la visibilité est restreinte (IMC). Une fois au sol, le pilote qui circule dans toutes les conditions doit pouvoir disposer d'aides visuelles jusqu'à ce qu'il ait atteint le point d'accostage. Les besoins opérationnels sont énumérés à la section 1.3. La présente section traite de la relation entre le pilote, son appareil et les aides visuelles et non visuelles, en insistant particulièrement sur la façon dont les aides visuelles au sol fournissent les renseignements et le guidage nécessaires.

1.4.2 **Cadre de référence.** On peut saisir l'importance de cette relation entre le pilote et la machine, dans le cas du vol à vue, en observant un pilote installé aux commandes d'un aéronef. Le pilote ajuste la hauteur de son siège de manière que la position de ses yeux lui permette de bien voir le bord inférieur du pare-brise et l'horizon, qui constituent ensemble son cadre de référence pour le vol à vue. Cette position l'aide à évaluer l'angle que fait l'aéronef par rapport aux aides visuelles tandis qu'il approche de la piste, l'angle le plus important étant celui qui est formé à l'intersection de sa trajectoire de vol et de la piste, c'est-à-dire au point de visée. La position de l'œil choisie par le pilote est influencée par le champ de vision au-dessus du nez de l'aéronef, qui tient compte de ce qu'on appelle l'angle d'occultation du poste de pilotage. Le bord inférieur du pare-brise sert aussi à établir et à maintenir le vol à vue en palier, ainsi qu'à faciliter l'évaluation de l'angle d'inclinaison latérale par rapport à l'horizon ou aux éléments transversaux des dispositifs lumineux quand l'horizon n'est pas visible. On voit donc que le pare-brise de l'aéronef joue un rôle important en tant qu'aide au vol à vue.



1.4.3 Les avions sont équipés de dispositifs d'alignement qui aident le pilote à régler la hauteur de ses yeux de façon que la limite inférieure du champ de vision coïncide avec la ligne d'occultation du poste de pilotage pour le type d'avion dont il s'agit. L'emploi de ces dispositifs d'alignement est particulièrement important par faible visibilité. Une position des yeux plus basse que celle spécifiée lors de la conception de l'avion relève la ligne d'occultation, ce qui diminue le nombre de repères visuels que le pilote peut voir.

### Aides visuelles pour les conditions météorologiques de vol à vue (VMC)

1.4.4 La dynamique du monde visuel tel que le pilote le perçoit détermine dans une large mesure la conception des aides visuelles. Généralement, lorsqu'on parle de mouvement perçu, on se réfère au « mouvement d'un objet ». Cependant, lorsqu'il s'agit de l'utilisation des aides visuelles par un pilote, il est évident que le mouvement dont il s'agit est le « mouvement de l'observateur », qui s'accompagne de l'élargissement du champ visuel que le pilote perçoit à mesure qu'il se rapproche de la piste. Le point vers lequel est orientée la trajectoire de vol est le point de fuite, c'est-à-dire le point où les repères visuels paraissent immobiles. La vitesse apparente des repères visuels augmente à mesure que ceux-ci s'éloignent du point de fuite et elle est plus élevée dans la zone située entre le point de fuite et la position de l'observateur.

1.4.5 **Repérage de l'aéroport.** Il y a plusieurs méthodes par lesquelles les pilotes repèrent les aéroports, selon leurs dimensions et la nature des aides visuelles et non visuelles dont ils sont équipés. De jour, les pistes longues se voient de très loin par temps clair, la distance variant selon la hauteur de l'aéronef, la position du soleil, le contraste entre la piste et le terrain environnant, etc. L'emplacement des petits aéroports, notamment ceux dont les pistes ne sont pas revêtues, est souvent plus difficile à repérer. Les aides non visuelles et/ou la lecture de carte constituent des aides fondamentales, de jour comme de nuit, et le phare d'aérodrome est extrêmement utile de nuit aux aéroports qui ne sont pas dotés d'aides non visuelles.

1.4.6 **Identification de l'aéroport.** L'identification des aéroports constitue souvent un problème pour les pilotes peu expérimentés, surtout lorsqu'il s'agit d'aéroports très proches les uns des autres. Sur certains petits aéroports, le nom de l'aéroport apparaît sur une voie de circulation ou sur le toit d'un hangar, tandis que d'autres utilisent un code d'identification au lieu du nom de l'aéroport. Assez peu souvent, le nom ou le code est éclairé pour être lisible de nuit. Les phares d'identification sont rarement utilisés. Un aéroport terrestre est identifié par un phare à éclats alternatifs verts et blancs et un hydroaérodrome, par un phare à éclats alternatifs jaunes et blancs. Dans certains États, les phares des aéroports civils et militaires sont codés de manière à permettre la distinction entre ces deux catégories d'aéroports.

1.4.7 Lorsque les aides visuelles ci-après sont fournies, et en l'absence de communications radio, elles sont généralement observées par le pilote depuis une position très rapprochée et à une hauteur bien supérieure à l'altitude du circuit d'aérodrome, ce qui lui permet d'éviter les autres aéronefs qui évoluent dans le circuit. (La couleur de ces aides devrait assurer le maximum de contraste avec le terrain environnant.) Le pilote rejoint ensuite le circuit en vue de l'atterrissage.

### Renseignements pour l'atterrissage

1.4.8 Les indicateurs de direction du vent (manches à air) sont des aides visuelles importantes pour le repérage de toutes les extrémités de piste. Des indicateurs de grandes dimensions sont importants en particulier aux aéroports qui ne diffusent pas de renseignements pour l'atterrissage par radio. En revanche, on utilise rarement des indicateurs de direction d'atterrissage car on serait astreint à modifier leur orientation à mesure que le vent varie. Les signaux visuels au sol destinés à indiquer l'état d'utilisation des pistes et voies de circulation figurent dans l'Annexe 2. (Voir aussi le Chapitre 3 du présent manuel.) Les spécifications relatives aux marques d'identification des pistes figurent dans l'Annexe 14, Volume I.

1.4.9 Les pilotes préfèrent en général les manches à air en toile parce qu'elles donnent une indication générale de la vitesse du vent. Les manches qui se déploient entièrement avec un vent d'environ 15 kt sont les plus utiles car cette vitesse est la valeur maximale admissible du vent traversier à l'atterrissage pour les avions légers.

### Guidage sur circuit

1.4.10 Pour l'atterrissage en VMC, la plupart des circuits d'aérodrome doivent être interceptés à un angle de 45 degrés par rapport au parcours vent arrière (Figure 1-3). Les pilotes s'alignent sur le parcours vent arrière en évaluant la distance qui les sépare de la piste et l'angle que fait celle-ci au-dessous de l'horizon. Le parcours vent arrière ne pose d'habitude aucun problème car le vent traversier est ordinairement très faible. Pour tenir la hauteur de l'avion sur le parcours vent arrière, on se réfère à l'altimètre de bord et à la ligne d'horizon en avant de l'appareil.

1.4.11 Le seuil de piste sert de point de référence pour s'établir sur le parcours de base. Les pilotes d'avions légers peuvent commencer à virer sur le parcours de base dès que l'avion passe par le travers du seuil de piste, tandis que les pilotes d'avions lourds allongent le parcours vent arrière pour pouvoir disposer d'un parcours plus long en approche finale. Le pilote voit l'angle que fait la piste avec son appareil diminuer alors qu'il effectue son virage et intercepte le parcours d'approche finale, la piste paraissant tourner sur elle-même jusqu'à ce qu'elle s'arrête perpendiculairement à l'horizon. Tous les pilotes, d'aéronefs lourds ou légers, ont les mêmes besoins : il leur faut déterminer leur position par rapport au seuil et ils ont besoin du guidage nécessaire pour intercepter et suivre le prolongement de l'axe de piste en approche finale.

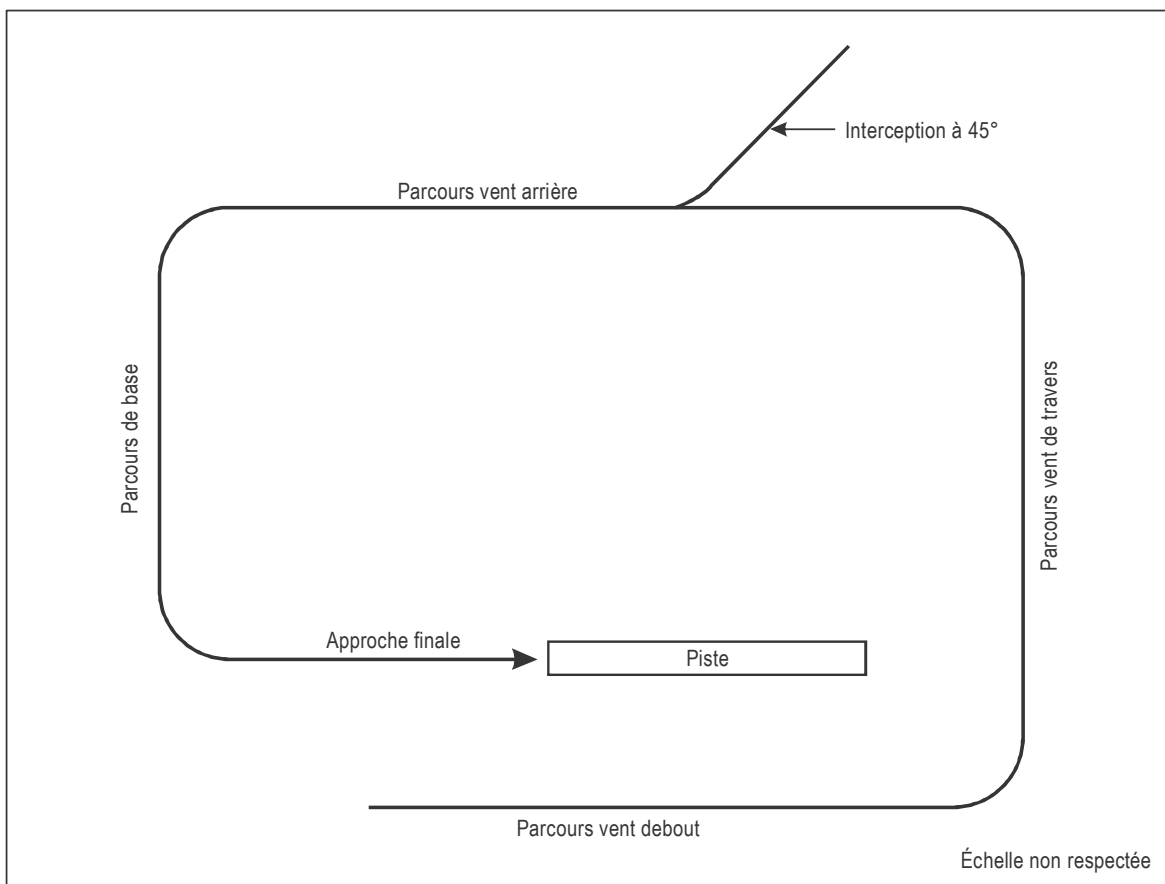


Figure 1-3. Circuit d'aérodrome standard pour conditions VMC

**Approche finale, arrondi et atterrissage**

1.4.12 Cette phase du vol est très délicate et suppose des estimations complexes de la distance, de la hauteur, de la dérive et de l'angle de la trajectoire de vol par rapport à la piste.

1.4.13 Lorsque le pilote vole en VMC, les minimums opérationnels lui permettent généralement de disposer d'un horizon de référence pour manœuvrer en se servant des repères visuels extérieurs. L'horizon peut être l'horizon réel ou un horizon apparent, c'est-à-dire une ligne de référence horizontale observée ou imaginaire, matérialisée par des repères visuels au sol, le contour des nuages ou la démarcation apparente ciel/sol si l'horizon réel n'est pas nettement visible. Lorsque le pilote voit la piste d'atterrissage par bonne visibilité, il n'a aucune difficulté à déterminer la position de l'aéronef par rapport à la piste (ce qui n'est pas le cas en IMC). La phase d'approche finale se divise en deux parties : d'abord, l'approche jusqu'au seuil et, ensuite, une fois franchi le seuil de piste, l'atterrissage.

1.4.14 En approche finale, la trajectoire que le pilote désire suivre peut être considérée comme l'intersection de deux plans — d'une part, le plan incliné correspondant à la pente d'approche optimale et, d'autre part, le plan vertical passant par l'axe de la piste.

1.4.15 Pour pouvoir atteindre son but, le pilote doit avoir continuellement connaissance de trois variables :

- a) son déplacement par rapport à chacun des deux plans de référence ;
- b) sa vitesse de rapprochement par rapport à chacun des deux plans de référence (information de vitesse relative) ;
- c) le taux de variation de sa vitesse de rapprochement par rapport à chacun des deux plans de référence (information de variation de vitesse relative).

1.4.16 Les pilotes font constamment correspondre les indications de déplacement et les indications de vitesse de rapprochement pour obtenir en fin de compte un déplacement nul et un taux de variation nul ; en d'autres termes, ils doivent savoir :

- a) où ils se trouvent à un moment déterminé ;
- b) où ils se dirigent à ce moment précis ;
- c) où ils se trouveront quelques instants plus tard.

Les indications visuelles associées à ces deux plans diffèrent considérablement et font l'objet des § 1.4.17 et 1.4.18.

**Guidage en azimuth**

1.4.17 Le déplacement par rapport au plan vertical (déplacement latéral) est nul lorsque l'image en perspective de la piste et, le cas échéant, des feux d'approche, apparaît au pilote perpendiculaire à l'horizon. Comme la piste proprement dite est très longue, le repérage du déplacement [variable du § 1.4.15, alinéa a)] se fait instantanément. La route suivie et le taux de variation de cette route [variables du § 1.4.15, alinéas b) et c)] ne sont pas repérés instantanément, mais les erreurs peuvent être corrigées de manière que le pilote puisse poursuivre son approche finale avec des écarts minimes par rapport à la route à suivre. Ainsi, la piste ou les feux de bord de piste peuvent être considérés comme des repères visuels permettant au pilote de s'aligner rapidement et de maintenir cet alignement avec de faibles écarts par rapport au prolongement de l'axe de la piste.

### **Indications sur la pente d'approche**

1.4.18 Les indicateurs visuels de pente d'approche fournissent un guidage de pente d'approche, mais les autres aides visuelles associées à la piste ne peuvent fournir que des indications approximatives sur l'angle de pente d'approche obtenu. Lorsque les pilotes utilisent l'indicateur visuel de pente d'approche, ils sont déchargés de l'énorme tâche que représente l'évaluation de la pente d'approche correcte. La méthode à employer en l'absence d'un guidage d'alignement de descente est décrite ci-après.

1.4.19 À mesure que l'aéronef se rapproche de la piste d'atterrissage avant d'amorcer sa descente pour l'approche finale, le pilote voit les repères visuels associés à la piste se déplacer de haut en bas sur son pare-brise. Lorsque le point de la piste vers lequel l'aéronef sera dirigé au cours de la descente (point de visée) passe au-dessous de l'horizon suivant l'angle d'approche voulu apparent, le pilote amorce sa descente en dirigeant l'aéronef vers le point de visée choisi. Ce point varie selon les dimensions de l'aéronef et la longueur de piste utilisable pour l'atterrissage. Les avions légers sont normalement dirigés vers les marques d'identification de piste ou juste au-delà de ces marques ; les avions lourds sont en principe dirigés vers les marques du point de visée dont la position varie selon la distance d'atterrissage disponible.

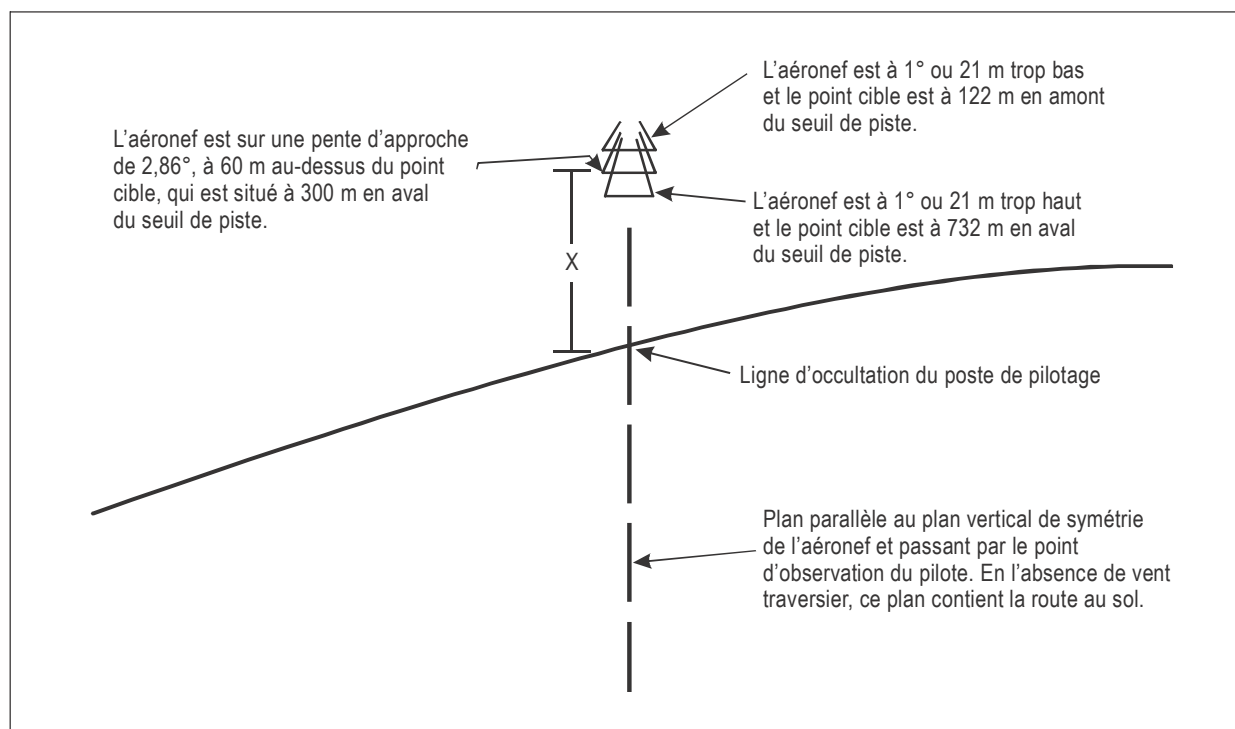
1.4.20 Le déplacement au-dessus ou au-dessous de la pente d'approche idéale se traduit par une extension ou une compression verticale de l'image en perspective de la piste, accompagnée de modifications des angles que forment les bords de piste avec le seuil de piste et avec l'horizon (Figure 1-4). Les pilotes expérimentés peuvent déterminer s'ils se trouvent à proximité de l'angle d'approche voulu en comparant l'image réelle de la piste avec l'image idéale qu'ils ont à l'esprit, c'est-à-dire avec une image formée par l'entraînement et la pratique. À mesure que l'avion descend, les bords de piste semblent se rapprocher de l'horizontale. Lorsque l'avion monte, ils semblent se rapprocher de la verticale.

1.4.21 Tandis que l'avion descend en passant par des hauteurs de quelque 45 à 20 m au-dessus de la piste (selon l'angle de pente d'approche et la vitesse), le pilote prend de plus en plus conscience de l'image grandissante de la piste alors qu'il voit les repères visuels se déplacer rapidement du point de fuite vers l'extérieur. Cette impression est due au fait que la vitesse du « champ visuel flottant » augmente en raison inverse de l'éloignement du pilote. C'est à ces hauteurs relativement faibles que le pilote devient pleinement conscient de l'orientation précise de la trajectoire de vol de l'aéronef, qu'il perçoit le point de déplacement nul et, s'il y a lieu, procède aux derniers ajustements de la trajectoire de vol afin d'atterrir sur la piste avec la sécurité voulue, à l'intérieur de la zone de toucher des roues.

### **Arrondi et atterrissage**

1.4.22 L'arrondi est la manœuvre par laquelle l'angle de la trajectoire de l'aéronef en approche finale s'aplatit et se transforme en une trajectoire sensiblement parallèle à la surface de la piste avant l'atterrissage. L'arrondi peut être amorcé bien avant le seuil dans le cas des avions lourds et au-dessus du seuil dans le cas des avions légers.

1.4.23 Les aides visuelles utilisées pour l'arrondi et l'atterrissage sont celles qui balisent le seuil, délimitent les bords de la chaussée à résistance maximale ainsi que la zone de toucher des roues et indiquent l'axe de la piste. De jour, les bords sont normalement visibles parce que la chaussée contraste avec le fond du terrain environnant, alors que, de nuit, les feux de bord de piste sont nécessaires. Les marques de seuil de piste et d'axe de piste sont utilisées de jour comme de nuit. Les aides visuelles assurent un guidage d'alignement. La texture de la chaussée constitue la principale source d'appréciation de la hauteur, de jour comme de nuit (les phares d'atterrissage de l'aéronef étant utilisés la nuit) à moins, évidemment, que des feux de zone de toucher des roues soient disponibles et utilisés pour les opérations en VMC. Le balisage lumineux de piste et, plus particulièrement, le balisage lumineux d'axe de piste et de zone de toucher des roues, permettent de mieux juger les repères de vitesse et la hauteur.



## NOTES.—

1. La convergence des feux de bord de piste augmente en fonction inverse de la hauteur.
2. La hauteur, X, de l'image au-dessus de la ligne d'occultation du poste de pilotage donne aux pilotes une idée approximative de l'angle de la pente d'approche lorsque l'horizon n'est pas visible.
3. Le point de visée est à une distance de 1 200 m. La portée visuelle est de 3 350 m. La piste est visible sur 2 438 m.

**Figure 1-4. Erreurs apparentes de hauteur et de visée lorsque la piste est seule visible et qu'il n'y a pas d'horizon**

### Guidage de roulement à l'atterrissage

1.4.24 Le roulement à l'atterrissage commence dès que les roues des atterrisseurs principaux ont pris contact avec la surface de la piste. À ce stade, les marques ou feux axiaux de piste assurent le guidage visuel principal pour l'alignement. Le balisage lumineux de bord de piste est utilisé de nuit pour compléter le balisage axial, notamment lorsque la piste n'est pas dotée d'un balisage axial lumineux.

1.4.25 Si les feux d'axe de piste sont assortis d'un codage de couleur, cela aide le pilote à évaluer la position de son aéronef tandis qu'il ralentit au cours du roulement à l'atterrissage. Ce codage est constitué par des feux alternatifs rouges et blancs dans la zone comprise entre 900 et 300 m en amont de l'extrémité de piste et de feux rouges sur les 300 derniers mètres avant l'extrémité de piste. Les marques de zone de toucher des roues facilitent également l'évaluation de la distance pendant le roulement à l'atterrissage. Les marques de distance constante indiquent la position à 300 m de l'extrémité de piste. Les feux d'extrémité de piste marquent la limite de la longueur de piste utilisable pour le roulement à l'atterrissage.

### **Guidage de sortie de piste**

1.4.26 Au moment où le pilote passe progressivement à la vitesse de sortie de piste, il importe qu'il dégage la piste très rapidement, surtout aux aéroports où la circulation est dense. Sur les pistes dotées de sorties à grande vitesse, le dégagement peut être très rapide. Les pilotes ont besoin d'être informés à l'avance du point de sortie à utiliser ; si cette information ne leur est pas fournie, il arrive trop souvent qu'ils soient obligés de continuer à rouler à la recherche d'une voie de sortie, qu'ils aperçoivent, la plupart du temps, trop tard. Le balisage lumineux axial de voie de circulation prolongé jusqu'à l'axe de la piste, conformément aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I, pour les voies de circulation autres que les voies de sortie à grande vitesse, constitue de nuit une aide visuelle utile.

### **Guidage de circulation au sol**

1.4.27 En général, le guidage de circulation au sol à l'arrivée ou au départ ne pose pas de problèmes majeurs pour les pilotes familiarisés avec l'aéroport et qui manœuvrent en VMC. Les pilotes des avions à fuselage long doivent être prudents aux intersections de voies de circulation, surtout la nuit. Les dispositifs de guidage décrits au Chapitre 10 permettent de dissiper les difficultés de guidage de la circulation au sol.

### **Guidage au décollage**

1.4.28 Du point de vue du guidage visuel, la phase de décollage ne pose pas de problème. Le pilote emprunte la voie de circulation pour se rendre au point de décollage en utilisant les feux de bord de piste ou les feux axiaux pendant la nuit pour centrer l'avion sur la piste. Le guidage d'alignement est assuré par les marques et/ou les feux axiaux de piste. Le codage des feux axiaux de piste, s'ils existent, et les feux d'extrémité de piste sont d'une importance capitale pour les pilotes qui interrompent leur roulement au décollage de nuit ou par faible visibilité.

## **Aides visuelles pour les conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC)**

1.4.29 Aux § 1.4.4 à 1.4.28, nous avons étudié le cas des vols VMC et analysé la conception des aides visuelles au sol destinées à faciliter la tâche des pilotes. La même analyse s'applique à la présente section quand, lors d'une approche aux instruments, le pilote, à partir d'un point prédéterminé, exécute l'approche, l'arrondi et l'atterrissage en se référant uniquement à des repères visuels extérieurs.

1.4.30 Seuls les pilotes expérimentés, qualifiés pour le vol aux instruments et l'utilisation de la radio, sont autorisés à voler en IMC. Cependant, les approches, atterrissages et décollages effectués en IMC, notamment si la visibilité est inférieure à 800 m, nécessitent l'utilisation d'aides visuelles plus puissantes et plus perfectionnées que celles qui sont utilisées en VMC.

### **Repérage de l'aéroport**

1.4.31 En IMC, le repérage de l'aéroport fait essentiellement appel aux aides non visuelles. Lorsque les procédures d'approche classique sont établies, les aides visuelles au sol aident à repérer les aéroports, particulièrement de nuit. Les feux d'approche, les feux de bord de piste et de guidage sur circuit et le phare d'aéroport sont tous utilisés selon la manœuvre exécutée.

### **Identification de l'aéroport**

1.4.32 L'identification de l'aéroport ne pose un problème que si l'on utilise une aide classique. Le pilote tient l'identification de l'aéroport pour acquise lorsqu'il aperçoit un environnement de piste à l'issue du temps de vol calculé à partir du repère d'approche finale. Quand deux aéroports sont situés à proximité immédiate l'un de l'autre, il est très possible qu'un pilote qui utilise des aides d'approche classique se trompe d'aéroport si les pistes sont orientées à peu près dans la même direction. Dans ces conditions, un phare d'identification pourrait constituer une aide visuelle des plus utiles.

### **Renseignements pour l'atterrissage**

1.4.33 Afin d'éviter de longues et inutiles procédures d'approche interrompue, il est essentiel que les pilotes obtiennent tous les renseignements nécessaires pour l'atterrissage (plafond et visibilité, direction et vitesse du vent, piste en service, etc.) avant d'amorcer une procédure d'approche aux instruments. Les aides visuelles qui fournissent les renseignements pour l'atterrissage en VMC ne sont d'aucune utilité en IMC.

### **Piste avec approche classique**

1.4.34 Une procédure d'approche classique en ligne droite ne devrait pas nécessiter en approche finale un changement de cap supérieur à 30 degrés (Figure 1-5). Les procédures d'approche classique autorisent en principe des manœuvres d'approche indirecte sur d'éventuelles autres pistes en plus de celle qui est située à moins de 30 degrés du segment d'approche finale. La tâche du pilote est moins compliquée et comporte de ce fait moins de risques lorsque la trajectoire d'approche finale est dans l'alignement de la piste d'atterrissage. Le degré de difficulté peut être considéré comme étant directement proportionnel à l'importance du changement de cap nécessaire entre la trajectoire d'approche finale et la piste.

1.4.35 Les procédures d'approche classique sont conçues de telle sorte que l'aéronef puisse descendre à l'altitude minimale établie pour la procédure (Figure 1-6). Le guidage en azimuth est assuré, le cas échéant, par le dispositif lumineux d'approche (ALS). Si l'aéroport n'est pas doté d'un ALS, il faut appliquer des minimums de visibilité plus élevés pour donner au pilote le temps d'intercepter le prolongement de l'axe de piste en utilisant, pour son guidage visuel, le contraste entre la piste et le terrain environnant, ou encore les feux de bord de piste.

### **Guidage sur circuit**

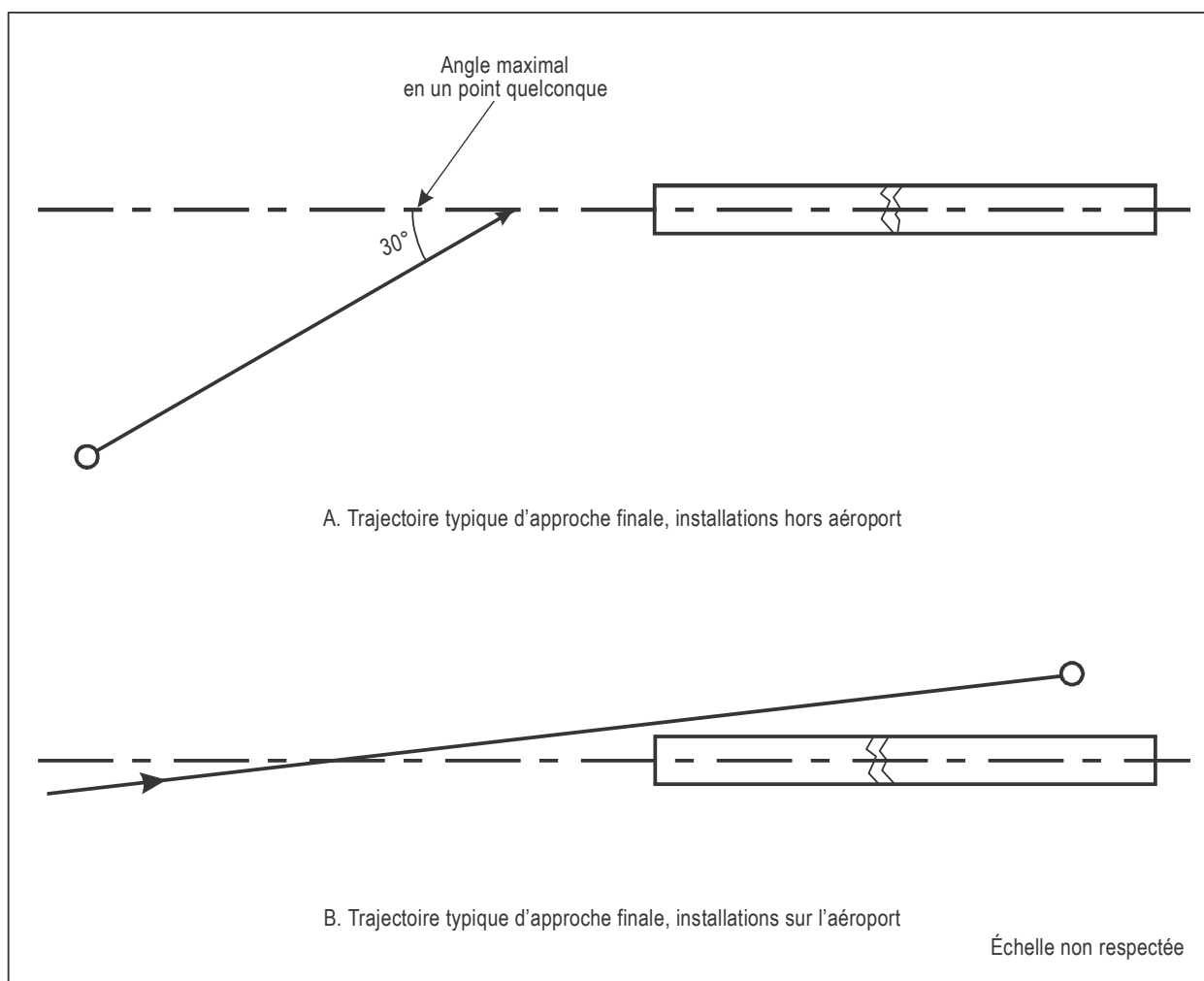
1.4.36 Lorsque les conditions météorologiques correspondent approximativement aux minimums établis pour la procédure, le circuit de piste qui fait suite à une approche classique est une tâche qui exige une grande habileté de la part du pilote. Les pilotes doivent établir une référence visuelle avec la piste tout en maintenant une marge de l'ordre de 90 m au-dessus des obstacles. Les repères visuels sont analogues à ceux qui sont requis en VMC (voir § 1.4.10 et 1.4.11), mais les pilotes utilisent davantage les instruments de bord pour maintenir leur alignement et leur altitude. Les dimensions apparentes d'objets connus, le mouvement apparent des objets, la présence d'un objet en éclipsant un autre, et le relief des éléments topographiques constituent des repères importants pour les évaluations de la hauteur et de la distance pendant le jour. Les feux de bord de piste omnidirectionnels peuvent faciliter ce genre de guidage.

### **Approche finale, arrondi et atterrissage**

1.4.37 Alors que l'aéronef est dans l'alignement de la piste à la suite d'une approche directe ou indirecte, le pilote utilise les aides visuelles d'une manière tout à fait semblable, à quelques exceptions près, à celle qui est indiquée ci-dessus pour les approches VMC. Comme l'horizon n'est pas visible, l'angle de pente d'approche (si la piste n'est pas dotée d'un

indicateur visuel de pente d'approche) s'obtient par la hauteur du point de visée sur la piste au-dessus du bord inférieur du pare-brise. Ce repère n'est toutefois pas toujours constant et fiable en raison des changements d'assiette. Tandis que les bords de piste deviennent visibles, ils aident le pilote à évaluer son angle d'approche vers le point de visée. Le guidage d'alignement n'est pas toujours instantané car une grande partie de la piste est masquée pendant l'approche finale.

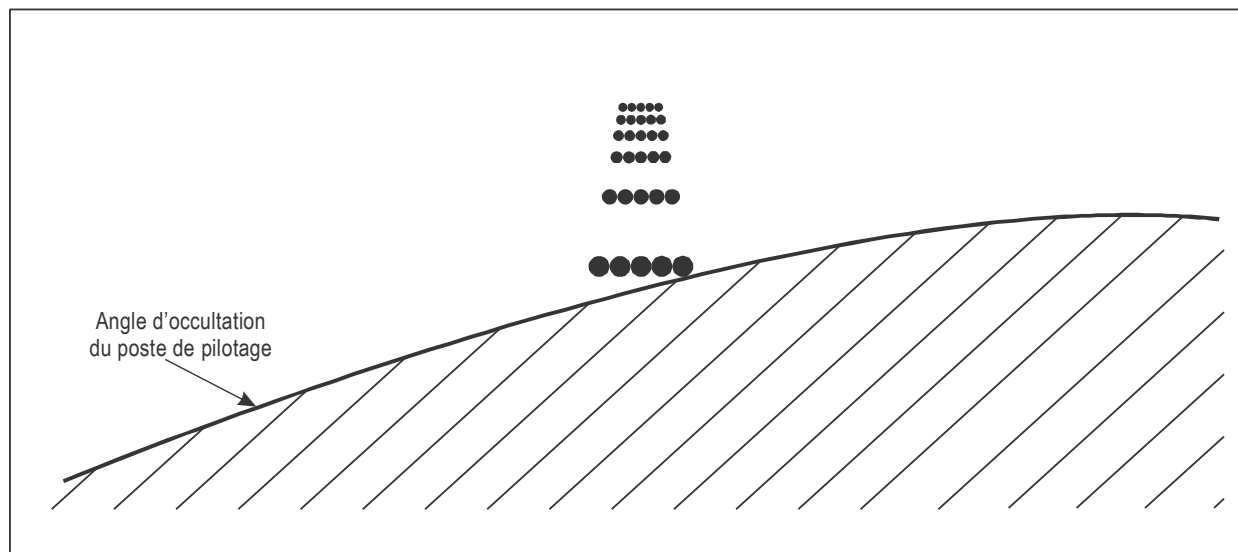
1.4.38 Les indicateurs visuels de pente d'approche sont les aides visuelles les plus importantes. Les pilotes éprouvent souvent de très grandes difficultés lorsqu'ils exécutent des approches sans l'aide d'un indicateur visuel de pente d'approche, notamment au-dessus de l'eau ou d'une surface terrestre dépourvue de caractéristiques remarquables.



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

**Figure 1-5. Exemples d'atterrissages en ligne droite avec aides d'approche classique**





**Figure 1-6. Segment visuel au sol d'une longueur de 150 m, tel que le perçoit un pilote volant à une hauteur de 15 m au-dessus du dispositif lumineux d'approche**

### ***Piste avec approche de précision***

1.4.39 Le même type d'aide non visuelle au sol [ILS/système d'atterrissage hyperfréquences (MLS)] est utilisé pour toutes les catégories d'approche de précision. Une plus grande précision est exigée tant de l'équipement au sol que de l'équipement de bord pour répondre aux normes de certification régissant l'exploitation par très faibles visibilités. Cette plus grande précision est prise en compte dans les conditions relatives aux enveloppes de trajectoires de vol qui font l'objet de l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, Figure A-6.

1.4.40 La plus grande préoccupation du pilote, lorsqu'il exécute une approche aux instruments dans des conditions de visibilité très réduite, réside dans le fait que plus les minimums sont faibles (le pilote étant ainsi amené à voler aux instruments plus près du seuil), plus la phase de vol aux instruments est longue et plus la phase de vol à vue est courte. Par exemple, la hauteur de décision (DH) minimale à laquelle les aides visuelles sont utilisées est de 60 m pour l'exploitation de catégorie I et de 30 m pour l'exploitation de catégorie II ; aucune hauteur de décision n'est applicable aux approches de catégorie III ; enfin, pour l'exploitation de catégorie III, il n'y a plus aucune référence à des aides visuelles. Pour un aéroport donné, la hauteur de décision réelle est fonction des conditions locales.

1.4.41 Pendant la phase de vol aux instruments, le pilote cherche à déterminer la position de l'aéronef latéralement, verticalement et longitudinalement, et ce que sera probablement son angle de crabe lorsqu'il établira le contact visuel avec le dispositif lumineux. Au moment où il aperçoit le balisage lumineux, le pilote doit vérifier rapidement la position de l'avion et décider, le cas échéant, s'il dispose de repères suffisants pour poursuivre l'approche au-dessous de la hauteur de décision.

### ***Approche finale — guidage en azimut***

1.4.42 Au moment où une courte section de la ligne axiale de l'ALS lui apparaît, le pilote peut rapidement évaluer tout écart par rapport à l'axe. Si le dispositif comporte des barrettes latérales sur les 300 derniers mètres, le pilote obtient des indications complémentaires sur l'amplitude de l'écart. Il lui faut environ trois secondes pour déterminer quelle est sa trajectoire de vol par rapport à la ligne axiale [variable du § 1.4.15, alinéa b)]. Si l'aéronef est aligné, les éléments de l'axe

de l'ALS semblent symétriques. En cas de non-alignement, les éléments de l'axe de l'ALS apparaissent de biais et le pilote doit décider s'il se rapproche de l'axe, s'il lui est parallèle, ou s'il s'en éloigne. Dans les deux derniers cas, l'amplitude de la correction qui peut être effectuée sans danger dépend non seulement de la vitesse d'approche et de la distance par rapport au seuil, mais aussi de la manœuvrabilité de l'appareil et de la longueur de piste disponible pour l'atterrissage. Cette décision vitale fondée sur plusieurs paramètres doit être prise en quelques secondes.

1.4.43 Les barrettes latérales du dispositif lumineux d'approche sont particulièrement utiles lorsque la visibilité est réduite. Elles permettent de prendre des décisions plus rapides parce qu'elles sont alignées avec les barrettes de la zone de toucher des roues et constituent, de ce fait, un repère positif quant à la zone de la piste sur laquelle l'aéronef devrait se poser. Cette zone intérieure de l'ALS fournit d'excellents repères pour évaluer l'assiette en roulis — repères essentiels pour garder l'alignement par rapport à la piste. Lorsque l'aéronef arrive à la hauteur de décision minimale de catégorie II (30 m), la piste se trouve à moins d'environ cinq secondes de vol et la décision de poursuivre l'approche dépend donc dans une large mesure de la possibilité de maintenir sa trajectoire à l'intérieur des barrettes latérales.

### **Approche finale — indications de hauteur**

1.4.44 S'il n'y a pas d'indicateur visuel de pente d'approche ou si cet indicateur n'est pas visible parce que la visibilité est insuffisante, il faut obtenir un point de visée visible pour permettre le guidage sur pente d'approche au moyen d'aides visuelles. Il est donc évident que, dans les conditions de visibilité les plus faibles de la catégorie II ou dans des conditions inférieures, les approches sont exécutées sans le concours d'un guidage visuel de pente d'approche (Figure 1-4). Dans ces conditions, lorsqu'un aéronef descend au-dessous de la trajectoire de descente jusqu'à des hauteurs d'environ 15 m au-dessus de l'ALS, les composantes transversales définissent un plan d'apparence linéaire où la perception de la hauteur est bonne, dans la mesure où la visibilité permet au pilote de voir sans interruption un segment équivalant à environ trois secondes de vol. La vitesse verticale de descente ou la pente de descente est toutefois mal évaluée (Figure 1-6).

### **Arrondi et atterrissage**

1.4.45 À l'époque où les aéroports n'étaient pas encore équipés de feux d'axe de piste et de zone de toucher des roues, les pilotes devaient s'acquitter d'une tâche extrêmement difficile lorsqu'ils atterriçaient dans des conditions de visibilité équivalant aux conditions météorologiques actuelles de la catégorie II ou à des conditions inférieures. Le problème était particulièrement critique pendant la nuit et l'on parlait alors, à juste titre, de « trou noir ». Les projecteurs d'atterrissage des aéronefs étaient inutiles car ils éclairaient le brouillard plutôt que la surface de la piste, ce qui avait pour effet d'aggraver encore la situation. Les feux axiaux et les feux de zone de toucher des roues fournissent aux pilotes un guidage en azimut et des indications de hauteur — solution au problème du « trou noir ». Les éléments transversaux du balisage lumineux de la zone de toucher des roues assurent un guidage en roulis, essentiel pour maintenir l'aéronef dans l'alignement de la piste. Ces feux matérialisent également les limites latérales (gauche-droite) et longitudinales de la zone de toucher des roues, notamment pour les aéronefs de grandes dimensions.

1.4.46 De jour, les marques de piste à l'intérieur de la zone de toucher des roues assurent un guidage en azimut et fournissent des indications de hauteur pour les approches de catégorie I. Les marques constituent également des aides visuelles importantes pour les approches des catégories II et III, notamment de jour lorsque les niveaux de la luminosité de fond sont élevés.

1.4.47 Lorsqu'il approche de la piste, le pilote perçoit les feux d'axe de piste et de zone de toucher des roues comme des sources ponctuelles mais, pendant l'arrondi à faible hauteur, les sources ponctuelles les plus rapprochées se transforment en sources linéaires (effet de « traînées lumineuses »). La distance en avant de l'aéronef à laquelle les sources ponctuelles deviennent linéaires varie avec la vitesse de l'appareil et la hauteur du poste de pilotage. L'effet de « traînées lumineuses » est dû à la grande vitesse angulaire de déplacement des points lumineux sur la rétine de l'œil ; en d'autres termes, l'œil ne peut pas les fixer en se déplaçant. Il en résulte que le pilote perçoit mieux la rapidité du changement de la trajectoire de vol.

### **Guidage de roulement à l'atterrissage**

1.4.48 Par faible portée visuelle de piste (RVR), le pilote compte de plus en plus sur le balisage lumineux d'axe de piste, jusqu'au moment où l'axe de piste est la seule chose qui demeure visible dans les conditions de catégorie III. Les feux et marques d'axe de piste continuent d'être efficaces pour la circulation au sol avec des portées visuelles très faibles, notamment lorsque le pilote se trouve au-dessus des feux. Un décalage de 5 à 9 m à gauche ou à droite constitue généralement un maximum, mais à sa valeur la plus élevée, ce décalage complique nettement la tâche aux plus faibles visibilités. La Figure 1-7 montre que ces feux se déplacent en suivant une direction qui fait un angle assez important avec l'axe longitudinal de l'aéronef. En pareil cas, les pilotes dirigent en principe leur appareil vers l'axe de piste et le suivent (ou s'en rapprochent) pour améliorer le guidage en azimut.

### **Guidage de sortie de piste**

1.4.49 Le repérage de la sortie de piste pouvant constituer un problème majeur de nuit, quand la surface est mouillée ou lorsque la RVR est inférieure à environ 400 m, les feux verts d'axe de voie de circulation sont prolongés jusqu'à l'axe de piste, conformément aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I. Même en VMC, l'expérience a montré qu'une sortie de piste peut être assez lente, à moins que ces feux et des feux de voie de circulation ne soient installés. Les pilotes utilisent ces deux catégories de feux pour décider s'il est approprié et sans danger d'utiliser la sortie, compte tenu de la vitesse de l'avion. Quand les bords de chaussée ne sont pas bien visibles, les pilotes demeurent sur la piste jusqu'à ce que l'avion ait ralenti au point d'assurer qu'il restera sur la chaussée. Le balisage lumineux à haute intensité, les effets de halo autour des feux, le niveau élevé de luminosité ambiante associée à la présence de brouillard et à la pluie sur le pare-brise sont autant de facteurs qui, alliés à la fatigue des pilotes, montrent à quel point un bon balisage lumineux de sortie de piste est indispensable à l'exploitation de nuit, quand la surface est mouillée ou par faible visibilité.

### **Information de distance**

1.4.50 Un dispositif lumineux 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'aides visuelles au sol qui renseignent constamment le pilote sur sa position dans les conditions de visibilité réduite constitue, du point de vue de la sécurité, l'une des principales caractéristiques de ce système.

### **Guidage pour la circulation de surface**

1.4.51 La circulation de surface ne pose normalement aucun problème important en VMC sauf si la configuration des chaussées est complexe, confuse ou très dense ; elle devient progressivement plus difficile en IMC (surtout la nuit) à mesure que la visibilité diminue, même pour les pilotes qui connaissent parfaitement l'aéroport. Des aides visuelles nécessaires pour permettre aux aéronefs de circuler en surface rapidement et en sécurité sont constamment mises au point. Les pilotes utilisent des panneaux, des marques et des feux pour établir que la queue de leur appareil a dégagé la piste et les autres voies de circulation. Les pilotes sont prévenus qu'ils approchent d'une courbe de la voie de circulation par la diminution de l'espacement de ces feux axiaux. À l'entrée de l'aire de trafic, la délimitation des voies de circulation d'aire de trafic est tout aussi importante que celle des autres voies de circulation. Par mauvaise visibilité, ou quand la configuration des chaussées est complexe, confuse ou très dense, il peut être très difficile de repérer et d'identifier les voies de circulation à utiliser à la sortie de l'aire de trafic.

1.4.52 Le balisage lumineux axial des voies de circulation, y compris celui des voies d'aire de trafic, que l'on allume sélectivement pour indiquer le parcours à suivre, fournit une solution efficace en matière d'aides visuelles. Faute de système de commutation sélective, les panneaux indicateurs constituent l'aide visuelle la plus utile pour les pilotes.

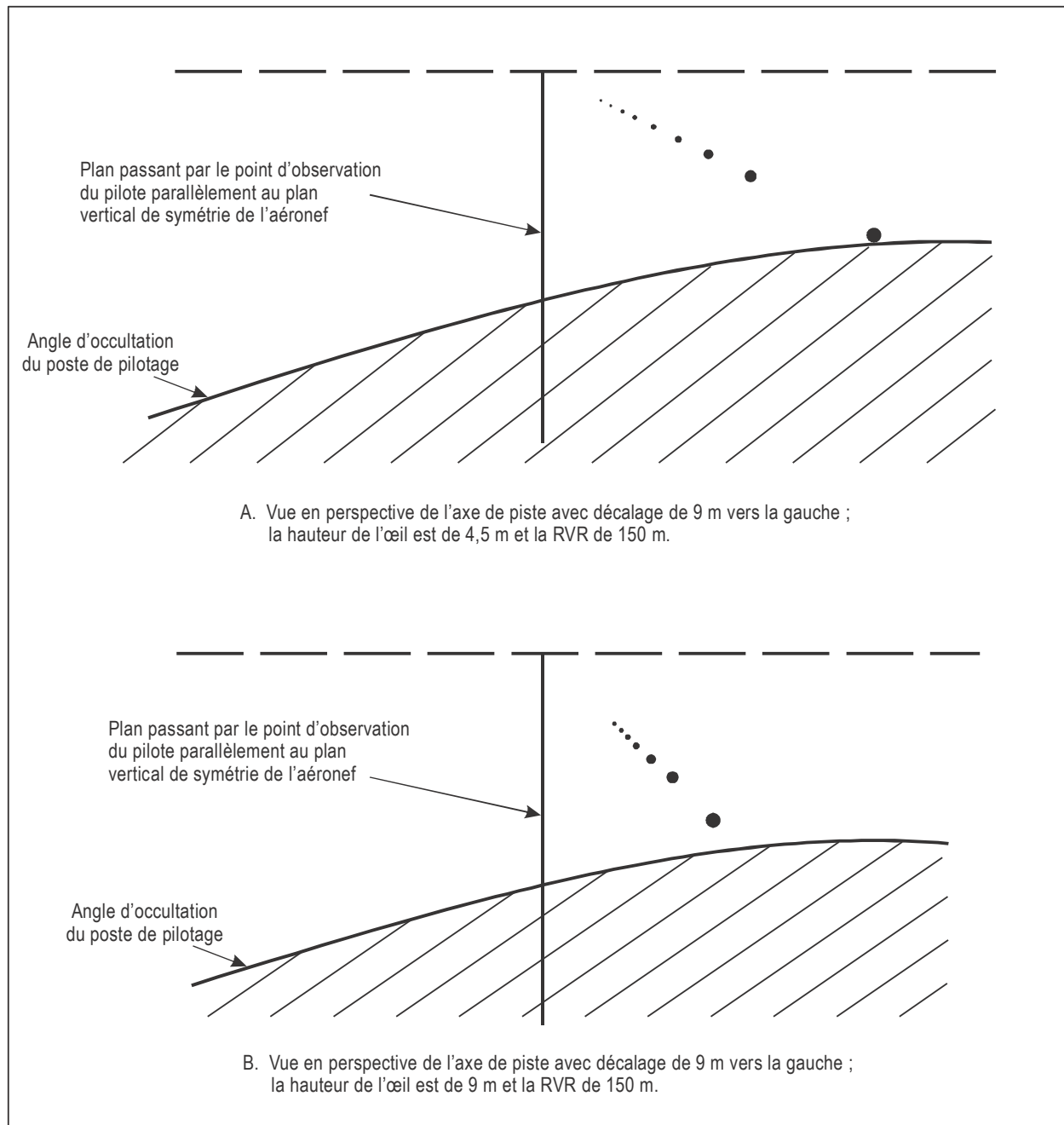


Figure 1-7. Vue en perspective de l'axe de piste pour différentes hauteurs de l'œil

Tableau 1-1. Codage de distance pour les catégories II et III

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 et 30 m du seuil	Blanc	Barre transversale à 300 m	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 150 m	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	Seuil de piste	Vert	Rangée transversale qui peut être interrompue dans la partie centrale	Début de la surface d'atterrissage
Axe et zone de toucher des roues	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	Repères 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	900-300 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
Axe	300 derniers mètres de la piste	Rouge	Feux exclusivement rouges sur une distance de 300 m	Définissent la zone finale de la piste
Extrémité de piste	Extrémité de piste	Rouge	Rangée transversale normalement interrompue dans sa partie centrale	Extrémité de la piste

### **Guidage pour l'accostage et le stationnement**

1.4.53 Dans des conditions de visibilité réduite, un guidage axial vers le point d'accostage est nécessaire jusqu'à ce que les signaux d'accostage apparaissent. Ces signaux assurent un guidage directionnel gauche-droite, indiquent la distance du point d'accostage et la vitesse de rapprochement, et donnent une instruction d'arrêt à la position du pilote qui n'oblige pas celui-ci à tourner la tête ni à se faire aider par un placeur. En l'absence de manœuvres d'accostage, des aides visuelles sont nécessaires pour aider les pilotes à stationner à l'intérieur des aires de trafic ouvertes, avec ou sans le concours d'un placeur, de façon à ne pas entrer en collision avec d'autres objets sur l'aire de stationnement. Les dispositifs d'éclairage général de l'aire de trafic devraient éclairer les indications de stationnement, ainsi que les objets de nature à gêner les mouvements d'aéronefs, sans nuire à la clarté des signaux d'accostage ou de stationnement.

### **Guidage au décollage**

1.4.54 Le guidage au décollage est assuré par les feux et les marques d'axe de piste. Le guidage d'alignement est excellent et les décollages peuvent être effectués en sécurité avec des portées visuelles de l'ordre de 100 m. L'axe de piste codé sur les 900 derniers mètres est extrêmement utile en cas de décollage interrompu, car les repères permettent au pilote de décider s'il doit recourir aux procédures de freinage d'urgence pour s'arrêter dans les limites de la piste.

## **1.5 SIGNIFICATION DES EXPRESSIONS « BALISAGES À HAUTE, MOYENNE ET FAIBLE INTENSITÉS »**

1.5.1 Dans le présent manuel, l'intensité des divers types de feux à fonction particulière, par exemple les feux d'obstacle ou les feux de piste, est généralement qualifiée de haute, moyenne ou faible.

1.5.2 Les plages d'intensité correspondant à ces trois catégories varient selon chaque fonction (chaque type de feu). Ainsi, l'intensité d'un feu d'obstacle à haute intensité peut atteindre 200 000 cd, alors que celle d'un feu d'approche à haute intensité n'est que de 20 000 cd.

1.5.3 Cette différence apparente peut être expliquée par le niveau d'éclairement de l'œil quand, pendant l'exploitation, les feux sont vus de diverses distances. Ainsi, par bonne visibilité, un feu d'obstacle de 200 000 cd vu d'une distance de 3 km éclairera l'œil autant qu'un feu d'approche de 20 000 cd vu d'une distance de 1 km. En d'autres termes, ces deux feux seront à haute intensité pour le pilote.

---

## Chapitre 2

### MARQUES ET BALISES

#### 2.1 GÉNÉRALITÉS

2.1.1 Le présent chapitre complète les spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, sur les marques et les balises. Par leur emplacement, leur dimension et leur couleur, elles fournissent aux pilotes des renseignements essentiels. Leur normalisation est importante. Elles contribuent à la sécurité et à l'efficacité opérationnelle des mouvements d'aéronef et des véhicules. Il est essentiel qu'elles soient bien entretenues pour faire en sorte que les repères qu'elles fournissent soient disponibles dans toutes les circonstances.

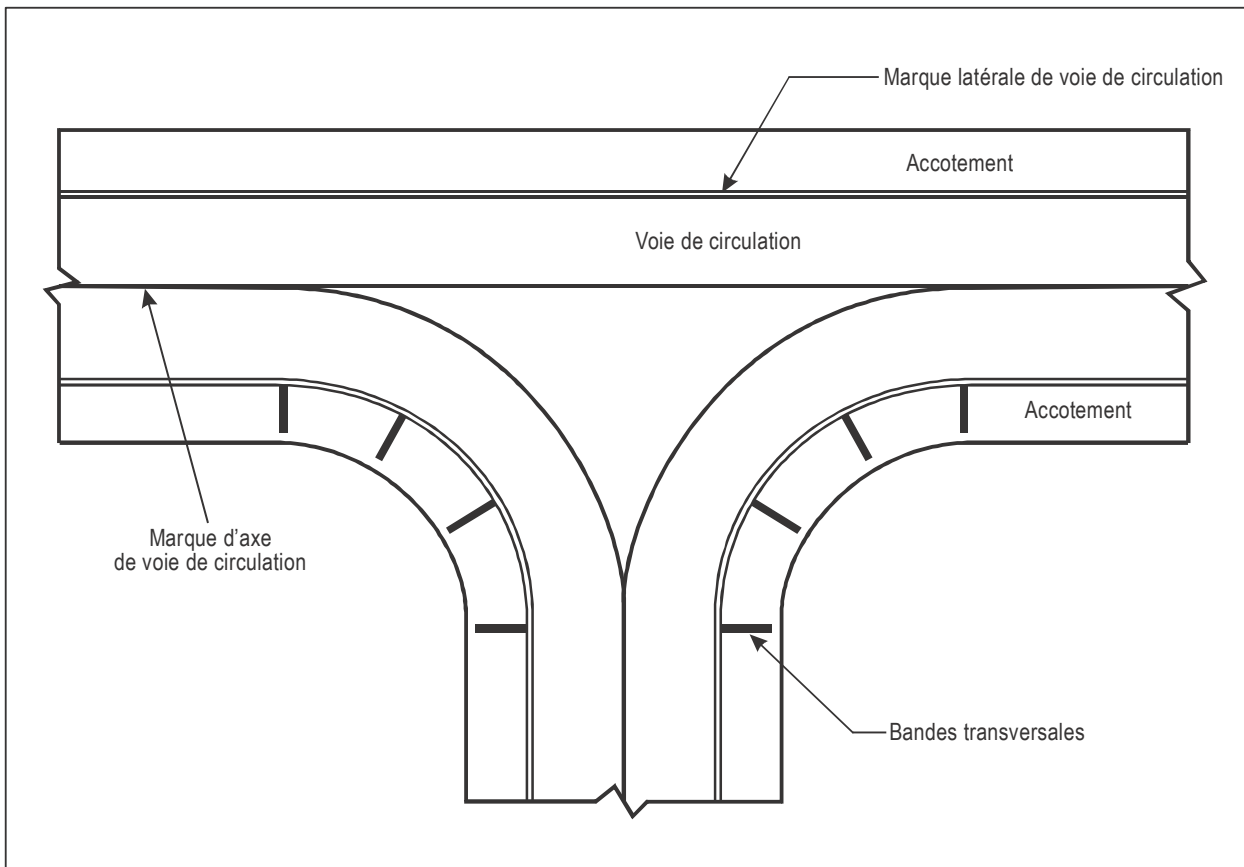
2.1.2 Des renseignements complémentaires sur les marques d'aire de trafic figurent dans le document intitulé *Apron Markings & Signs Handbook* publié par le Conseil international des aéroports (ACI) et l'Association du transport aérien international (IATA), qui donne des exemples des meilleurs usages actuels en la matière.

#### 2.2 MARQUES SUPPLÉMENTAIRES POUR LES ACCOTEMENTS EN DUR

2.2.1 Les aires de trafic et les voies de circulation peuvent être pourvues d'accotements stabilisés ayant l'apparence d'un revêtement, mais qui ne sont pas censés supporter les avions. De même, il arrive parfois que de petits secteurs de l'aire de trafic aient un revêtement non portant ayant l'apparence d'un revêtement portant. La stabilisation de ces surfaces peut avoir pour but de prévenir l'érosion par le souffle et par l'eau, tout en ménageant des surfaces lisses que l'on peut maintenir exemptes de débris.

2.2.2 Les sections rectilignes des surfaces stabilisées peuvent être rendues facilement reconnaissables au moyen des marques latérales de circulation recommandées dans l'Annexe 14, Volume I. Aux intersections de voies de circulation et sur les autres surfaces où, en raison d'un virage, le pilote risque de confondre les marques latérales et les marques axiales ou de ne pas pouvoir déterminer avec certitude de quel côté des marques latérales se trouve la surface non portante, il s'est révélé utile d'ajouter des bandes transversales sur ladite surface non portante.

2.2.3 Comme le montre la Figure 2-1, les bandes transversales devraient être disposées perpendiculairement aux marques latérales. Dans les virages, des bandes devraient être disposées à chaque point de tangence de la courbe et en des points intermédiaires tels que l'intervalle entre bandes successives ne dépasse pas 15 m. Au cas où l'on jugerait souhaitable de placer des bandes transversales sur de petites sections rectilignes, l'intervalle ne devrait pas dépasser 30 m. Les bandes devraient mesurer 0,9 m de large et elles devraient s'étendre jusqu'à un maximum de 1,5 m du bord extérieur de la surface stabilisée, ou mesurer 7,5 m de long si cette dernière dimension est plus courte que la première. Les bandes transversales devraient être de la même couleur que les marques latérales, c'est-à-dire jaunes.



**Figure 2-1. Marquage des accotements de voie de circulation à revêtement**

## 2.3 MARQUES D'AIRE DE TRAFIC

### Objet du guidage sur les postes de stationnement

- 2.3.1 Le guidage aux postes de stationnement a essentiellement pour objet :
- a) d'assurer la sécurité des manœuvres des aéronefs aux postes de stationnement ;
  - b) d'assurer la précision de positionnement des aéronefs.

Ce guidage peut souvent être effectué au moyen de marques d'aire de trafic. On utilise actuellement plusieurs dispositifs lumineux pour compléter, de nuit et par mauvaise visibilité, le guidage fourni par les marques d'aire de trafic. Il est particulièrement intéressant de mentionner, à cet égard, les feux de guidage pour les manœuvres aux postes de stationnement d'aéronef et le système de guidage visuel pour l'accostage, qui sont décrits plus en détail au Chapitre 13.



### **Sécurité des manœuvres des aéronefs**

2.3.2 Les postes de stationnement sont généralement disposés relativement près les uns des autres, de manière à réduire le plus possible la surface à revêtement utilisée et la distance que les passagers doivent parcourir à pied. Les manœuvres des aéronefs doivent donc être contrôlées avec précision, de manière que chaque aéronef soit constamment tenu à distance des aéronefs en stationnement sur les postes voisins, des bâtiments et des véhicules de service présents sur l'aire de trafic. Il faut aussi veiller à ce que le souffle des aéronefs qui manœuvrent ne gêne pas les activités qui se déroulent sur les postes voisins et que le marquage tienne compte des caractéristiques de braquage de tous les aéronefs appelés à utiliser les postes de stationnement. Les marges de dégagement à assurer, dans diverses conditions, entre les aéronefs en cours de manœuvre et les autres aéronefs, bâtiments ou autres obstacles sont indiquées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 3. Il y a lieu d'exercer un contrôle sur le matériel et les véhicules au sol afin de maintenir dégagée la zone de manœuvre des postes de stationnement. Le matériel et les véhicules au sol doivent être maintenus à l'extérieur de lignes de sécurité prédéterminées lorsque des aéronefs manœuvrent ou lorsque le matériel est laissé sans surveillance.

### **Lignes de guidage**

2.3.3 Il y a deux méthodes reconnues qui permettent aux aéronefs de suivre les lignes de guidage. L'une consiste à maintenir le nez de l'aéronef (ou le siège du pilote) au-dessus de la ligne. L'autre consiste à suivre la ligne de guidage avec la roue avant. Il est spécifié dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 3, que les courbes des voies de circulation devraient être conçues de telle façon que les marges de dégagement nécessaires soient assurées lorsque le poste de pilotage d'un avion reste à la verticale des marques axiales d'une voie de circulation. Cette spécification répond principalement aux difficultés qu'éprouverait le pilote à maintenir la roue avant sur les lignes de guidage. Sur certains avions, en effet, la roue avant est située jusqu'à 5 m en arrière du poste de pilotage. Les caractéristiques exigées des marques de poste de stationnement ne sont cependant pas comparables à celles des marques axiales de voie de circulation. La manœuvre des aéronefs aux postes de stationnement diffère en effet sur deux points :

- a) étant donné la superficie réduite qui est disponible pour les manœuvres, il faut prévoir des rayons de virage beaucoup plus faibles ;
- b) on a souvent recours à des placeurs spécialement entraînés pour aider les pilotes à manœuvrer les aéronefs.

C'est pourquoi l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, recommande que les marques de poste de stationnement d'aéronef soient conçues selon le principe de « la roue avant sur la ligne de guidage ».

### **Types de marques de poste de stationnement d'aéronef**

2.3.4 Les marques de poste de stationnement d'aéronef comprennent des lignes de guidage pour indiquer la trajectoire à suivre par l'aéronef et des barres de référence pour fournir des indications complémentaires. Les lignes de guidage peuvent comprendre :

- a) des lignes d'entrée ;
- b) des lignes de virage ;
- c) des lignes de sortie.

### **Lignes d'entrée**

2.3.5 Ces lignes assurent le guidage depuis les voies de circulation d'aire de trafic jusqu'à des postes de stationnement déterminés. Elles peuvent être nécessaires pour permettre aux aéronefs qui circulent au sol de maintenir une marge prescrite par rapport aux autres aéronefs en stationnement sur l'aire de trafic. Ces lignes peuvent être jugées aussi importantes que les lignes de virage pour aligner l'axe de l'aéronef dans la position finale prédéterminée. Pour les postes de stationnement « nez dedans », les lignes d'entrée marquent la ligne médiane du poste jusqu'à la position d'arrêt des aéronefs. Il n'y a pas de lignes de sortie et les conducteurs des tracteurs utilisent les lignes d'entrée pour se guider lors des manœuvres de repoussage.

2.3.6 La Figure 2-2 représente une ligne d'entrée simple. L'avantage de cette ligne est qu'elle présente la méthode de virage la plus naturelle et le minimum de risque de prêter à confusion. Elle présente, par contre, les inconvénients de ne pas permettre de marquer les postes où les aéronefs doivent être axés sur la ligne d'entrée et de nécessiter une surface d'aire de trafic plus grande que celle qui convient à ce type de marquage. Ces lignes doivent être suivies par la roue avant des aéronefs. On notera qu'avec ces lignes la trajectoire du centre de l'aéronef se situe à l'intérieur de la courbe que décrit la ligne de guidage. Dans certains cas, la superficie disponible sur l'aire de trafic peut exiger l'emploi de marques d'un type différent. La Figure 2-3 représente une ligne d'entrée décalée. Lorsque la roue avant de l'aéronef suit cette ligne, la trajectoire décrite par le centre de l'aéronef ne s'inscrit pas aussi loin à l'intérieur de la courbe mais décrit un virage plus serré. En conséquence, les dimensions du poste de stationnement n'ont pas besoin d'être aussi importantes. On notera toutefois que, si ce type de marque permet d'axer les aéronefs sur la ligne d'entrée, une ligne donnée ne peut convenir parfaitement qu'à un seul type d'aéronef ou aux différents types d'aéronefs qui utilisent le poste, à condition que, du point de vue de l'empatement, ils présentent tous pratiquement la même géométrie. Si un poste est appelé à être utilisé par divers types d'aéronefs qui ne présentent pas tous la même configuration de train d'atterrissage, l'espace disponible obligeant toutefois à axer ces aéronefs sur la ligne d'entrée, la meilleure méthode consiste à tracer une courte flèche orientée perpendiculairement à l'axe de la voie de circulation, comme le montre la Figure 2-4. Cette disposition présente l'inconvénient que le point d'entrée et le rayon de virage nécessaires pour axer l'aéronef sur la ligne d'entrée sont laissés au jugement du pilote.

### **Lignes de virage**

2.3.7 Quand les aéronefs doivent exécuter un virage sur le poste de stationnement avant l'arrêt ou au départ, il peut être nécessaire de prévoir une ligne de virage qu'ils pourront suivre. Cette ligne a essentiellement pour objet de limiter le virage de l'aéronef à l'intérieur de la zone désignée, de façon à le maintenir à l'écart des obstacles et à permettre de l'orienter avec précision. Le premier de ces objectifs est particulièrement important lorsqu'il n'y a qu'une faible marge de manœuvre entre le poste et les structures avoisinantes ou les autres postes.

2.3.8 La Figure 2-5 montre un exemple typique de ligne de virage pour la roue avant. Cette ligne peut éventuellement être complétée par des barres de référence, comme le montre la figure et comme on le verra au § 2.3.15 ci-après.

2.3.9 **Section rectiligne de la ligne de virage.** La ligne de virage devrait comprendre une section rectiligne d'au moins 3 m orientée selon la position finale de l'aéronef. On dispose ainsi d'une section de 1,5 m avant la position finale d'arrêt, ce qui permet de réduire la pression sur les atterrisseurs et, en même temps, de corriger l'orientation de l'aéronef, et d'une section d'au moins 1,5 m de long après la position d'arrêt, pour réduire la poussée nécessaire et, par conséquent, le souffle des moteurs au moment de la mise en mouvement. La longueur de la section rectiligne dont il est question ci-dessus peut être ramenée à 1,5 m dans le cas des postes de stationnement destinés aux petits aéronefs.

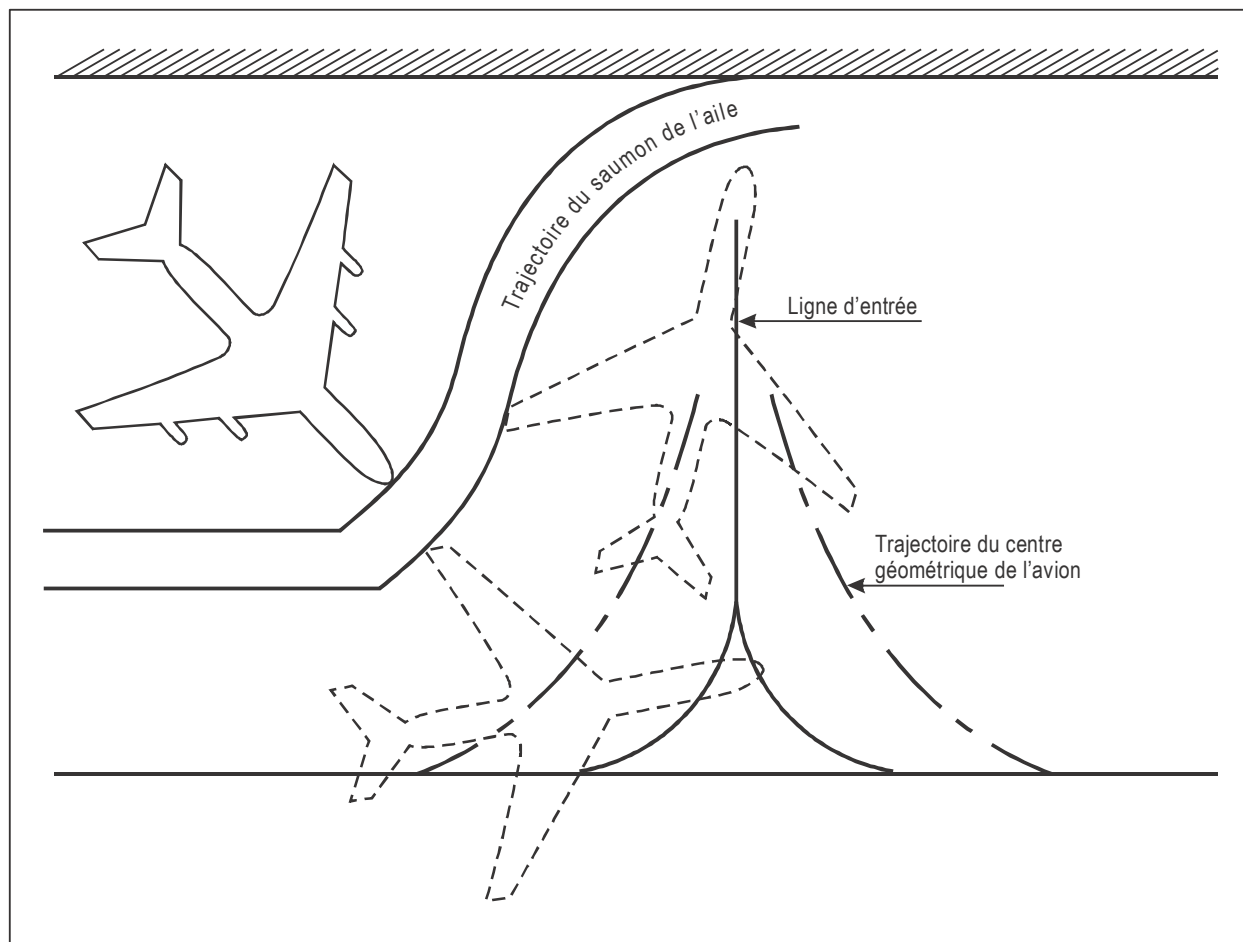


Figure 2-2. Ligne d'entrée simple pour le guidage de la roue avant

### Lignes de sortie

2.3.10 Ce type de ligne, représenté à la Figure 2-6, fournit un guidage entre les postes de stationnement et les voies de circulation, et permet de maintenir la marge prescrite par rapport aux autres aéronefs et aux obstacles. Quand les aéronefs doivent exécuter un virage avant de quitter le poste de stationnement afin d'éviter les obstacles voisins, la ligne de sortie peut être celle que représente la Figure 2-6 a). Si la marge de manœuvre par rapport au poste voisin est moins critique, il pourrait être commode d'utiliser la ligne de sortie représentée à la Figure 2-6 b) ou c). Lorsque les marges sont critiques, il peut être nécessaire de prévoir des lignes de sortie décalées pour le guidage de la roue avant, comme le montre la Figure 2-7.

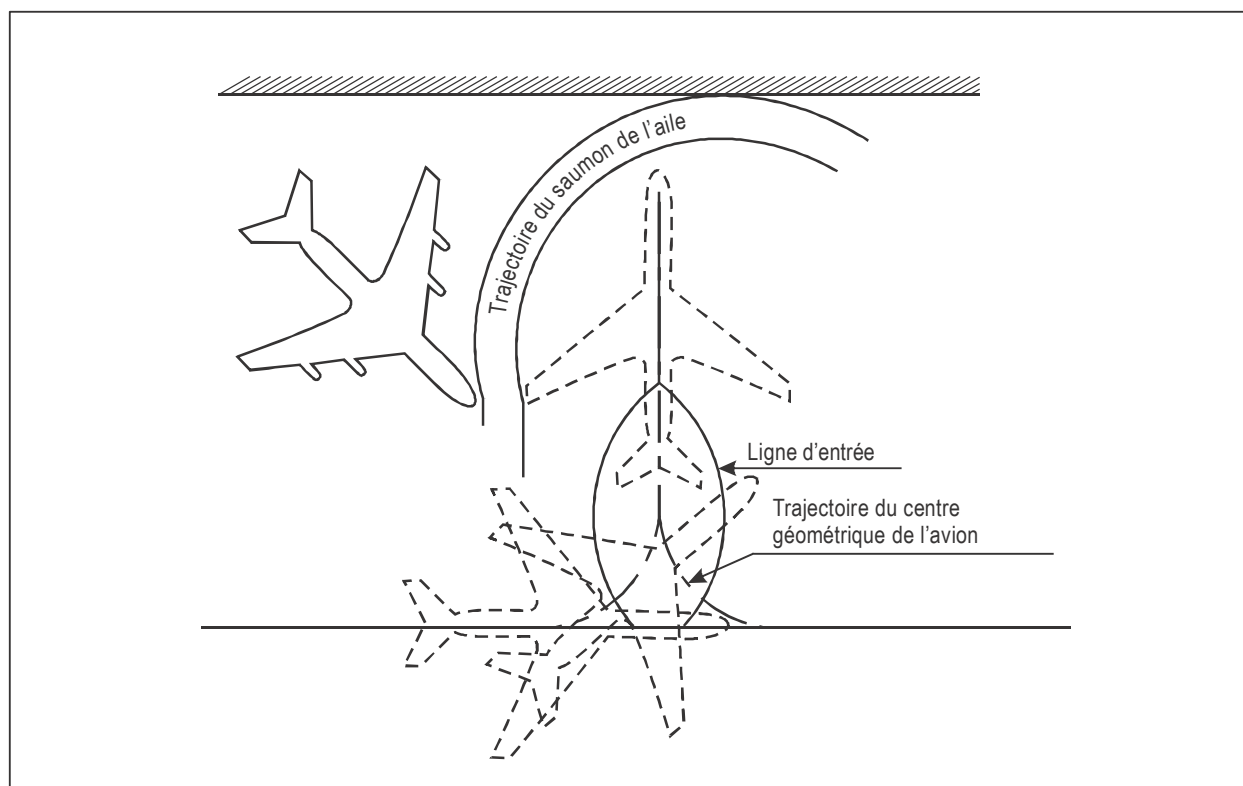


Figure 2-3. Ligne d'entrée décalée pour le guidage de la roue avant

**Méthode de calcul du rayon des sections courbes des lignes d'entrée, de virage et de sortie**

2.3.11 Que l'on utilise une ligne de guidage de la roue avant ou seulement une ligne d'entrée droite comme celle de la Figure 2-4, le rayon théorique ou marqué doit tenir compte des caractéristiques de braquage des aéronefs auxquels le poste de stationnement est destiné. Dans le calcul du rayon, il faut évaluer l'effet de souffle probable qui peut résulter de l'emploi d'un rayon trop court. Il est également possible que le rayon de virage minimal acceptable diffère selon les exploitants, même s'ils utilisent le même aéronef. En outre, plus le rayon de virage est faible et plus l'angle de braquage de la roue avant est grand, plus on peut s'attendre à un déplacement du pneu. En d'autres termes, si l'on braque la roue avant à un angle de 65 degrés, par exemple, le rayon de virage effectif équivaut seulement à un angle quelque peu inférieur, cette réduction angulaire pouvant atteindre 5 degrés. Pour déterminer les rayons, il faut donc consulter les manuels publiés par les avionneurs pour les besoins de la planification d'aéroport. Il serait bon de consulter également les exploitants des divers types d'avions, pour établir dans quelle mesure ils modifient les instructions du constructeur pour une raison ou pour une autre, et il faudrait ensuite étudier la situation de chaque aire de trafic pour déterminer s'il y aurait lieu d'apporter d'autres modifications.

**Guidage multiple**

2.3.12 Lorsqu'un poste de stationnement est utilisé par différents types d'aéronefs et que l'orientation des aéronefs ne présente pas une grande importance, un même ensemble de marques peut éventuellement convenir à tous les types. En pareil cas, on utilise le plus grand rayon de virage. Tous les aéronefs du groupe peuvent alors manœuvrer en

conservant une marge de dégagement suffisante si la roue avant suit les lignes de guidage. Par contre, s'il est indispensable d'orienter les aéronefs avec précision sur le poste de stationnement, il peut être nécessaire de prévoir des lignes de guidage secondaires. Ces lignes secondaires sont également nécessaires lorsqu'un poste de stationnement pour gros-porteurs doit avoir aussi la possibilité de recevoir simultanément deux ou plusieurs aéronefs de moindre tonnage (voir Figure 2-8). De tels postes de stationnement sont désignés communément sous le nom de postes superposés. Dans tous ces cas, la ligne principale devrait être tracée pour l'aéronef le plus critique, c'est-à-dire celui qui exige l'aire de manœuvre la plus grande.

### Caractéristiques des lignes de guidage

2.3.13 Les lignes de guidage devraient en principe être constituées par des lignes pleines continues de couleur jaune, d'une largeur d'au moins 15 cm et de préférence de 30 cm. Cependant, si l'on trace une ligne de guidage secondaire, elle devrait être discontinue afin de se distinguer de la ligne principale. En outre, les types d'aéronefs qui sont censés suivre chacune de ces lignes doivent être clairement indiqués.

2.3.14 Si l'on estime nécessaire d'établir une distinction entre les lignes d'entrée et les lignes de sortie, il y a lieu d'ajouter à ces lignes des flèches indiquant la direction à suivre. Le numéro ou la lettre d'identification du poste de stationnement devrait être incorporé à la ligne d'entrée (voir Figure 2-9). Un panneau d'identification devrait aussi être installé à l'arrière du poste de stationnement, par exemple sur l'aérogare ou sur un poteau, de manière à être bien visible depuis le poste de pilotage d'un avion.

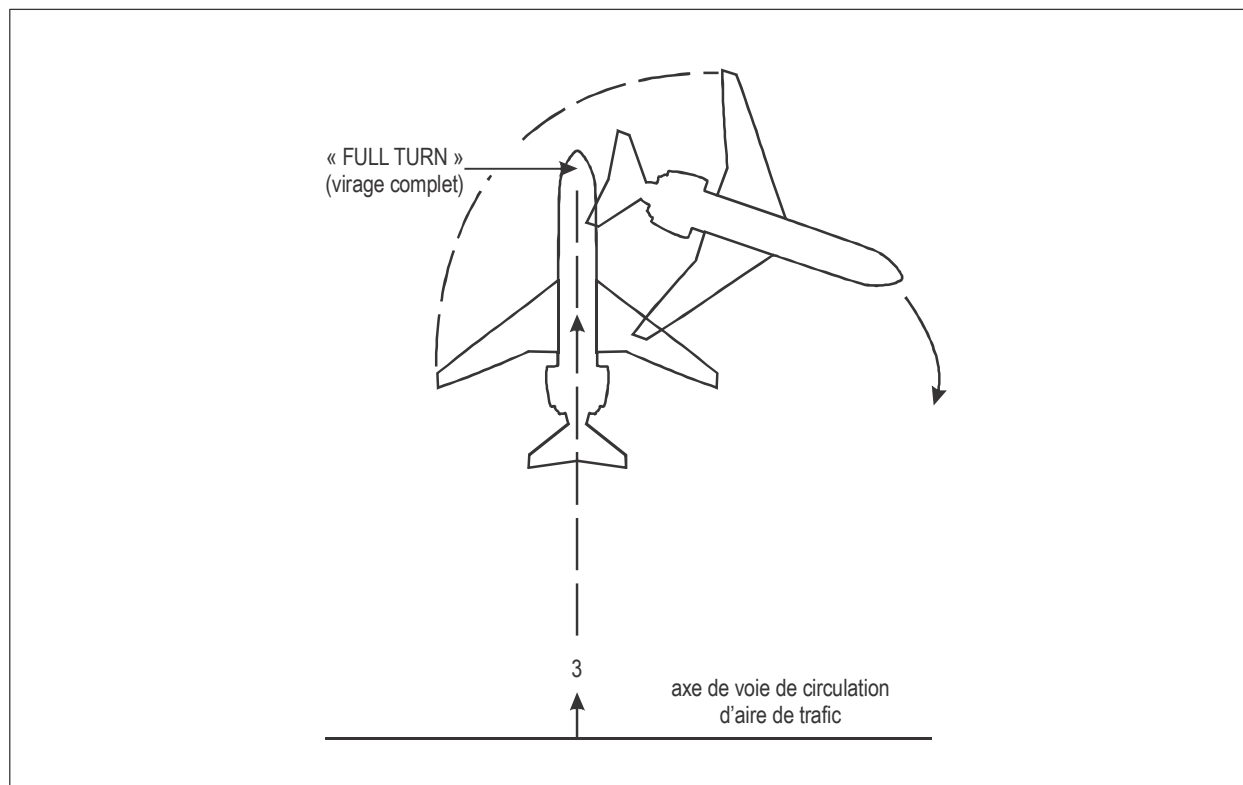


Figure 2-4. Ligne d'entrée droite

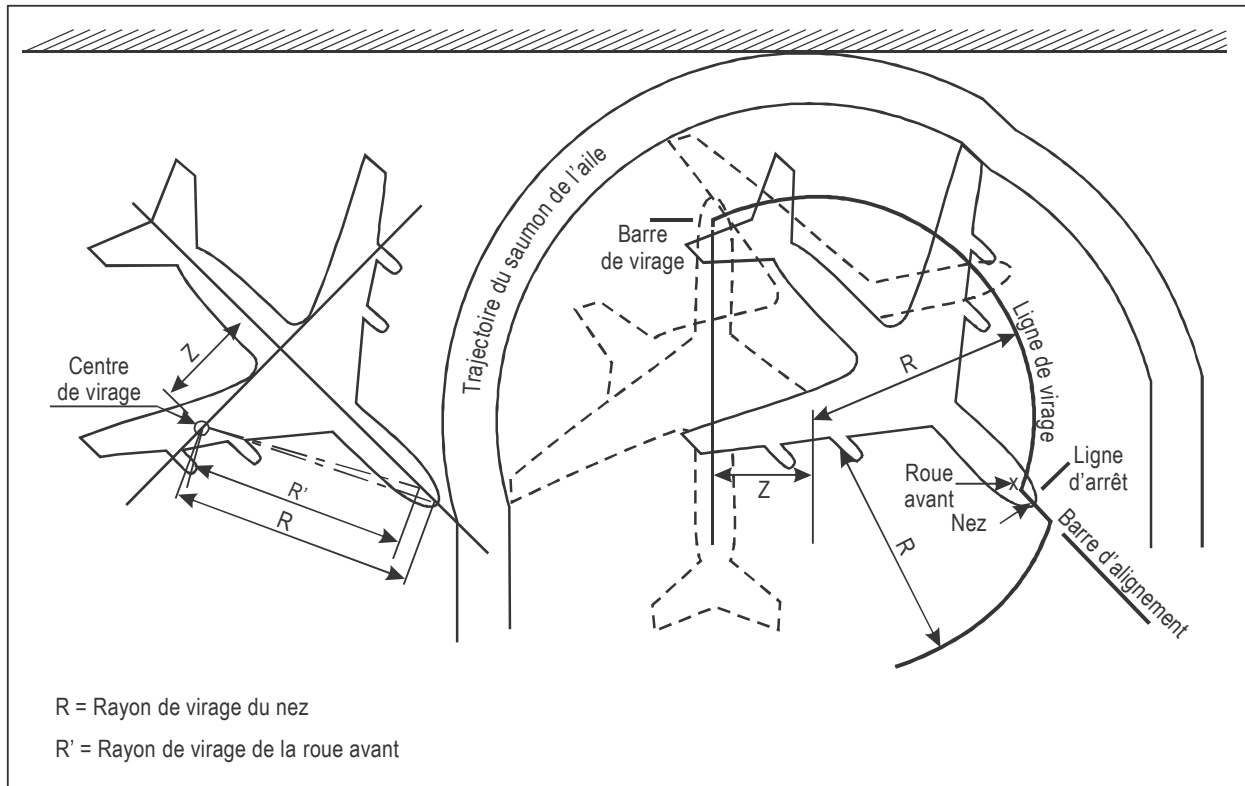


Figure 2-5. Ligne de virage et barres de référence

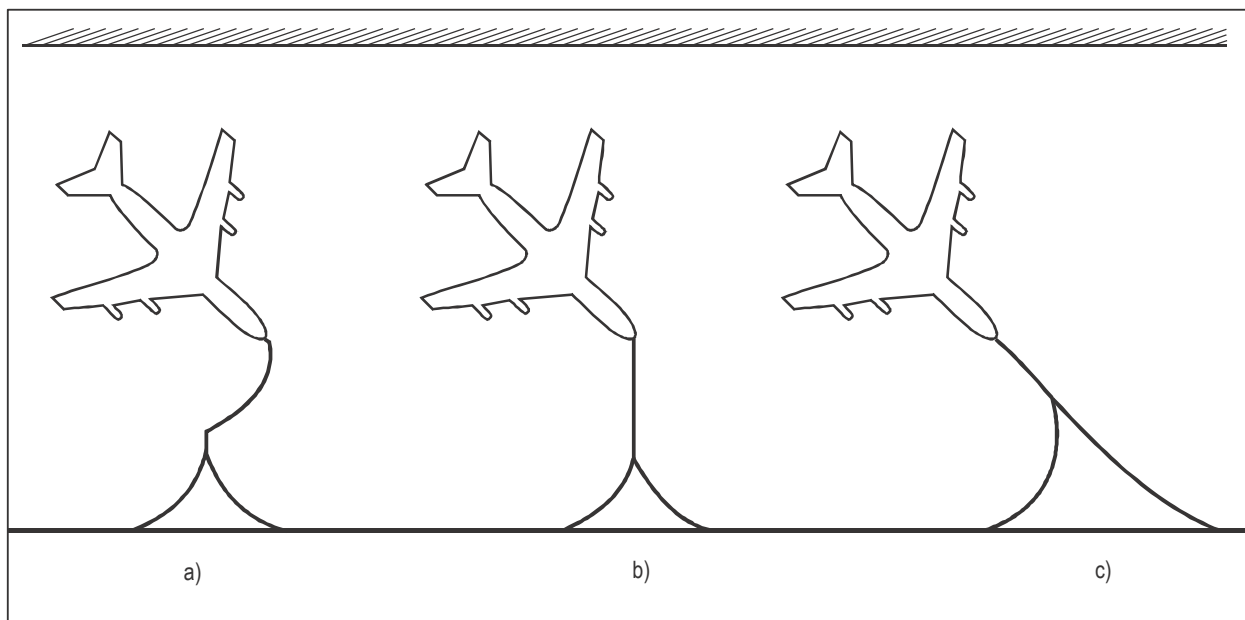


Figure 2-6. Lignes de sortie simples pour le guidage de la roue avant

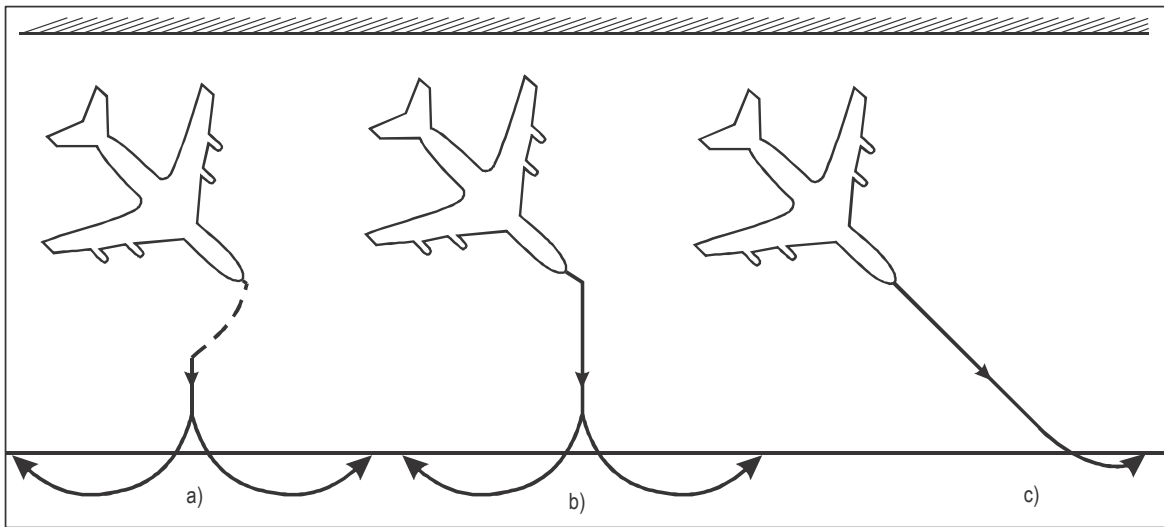


Figure 2-7. Lignes de sortie décalées pour le guidage de la roue avant

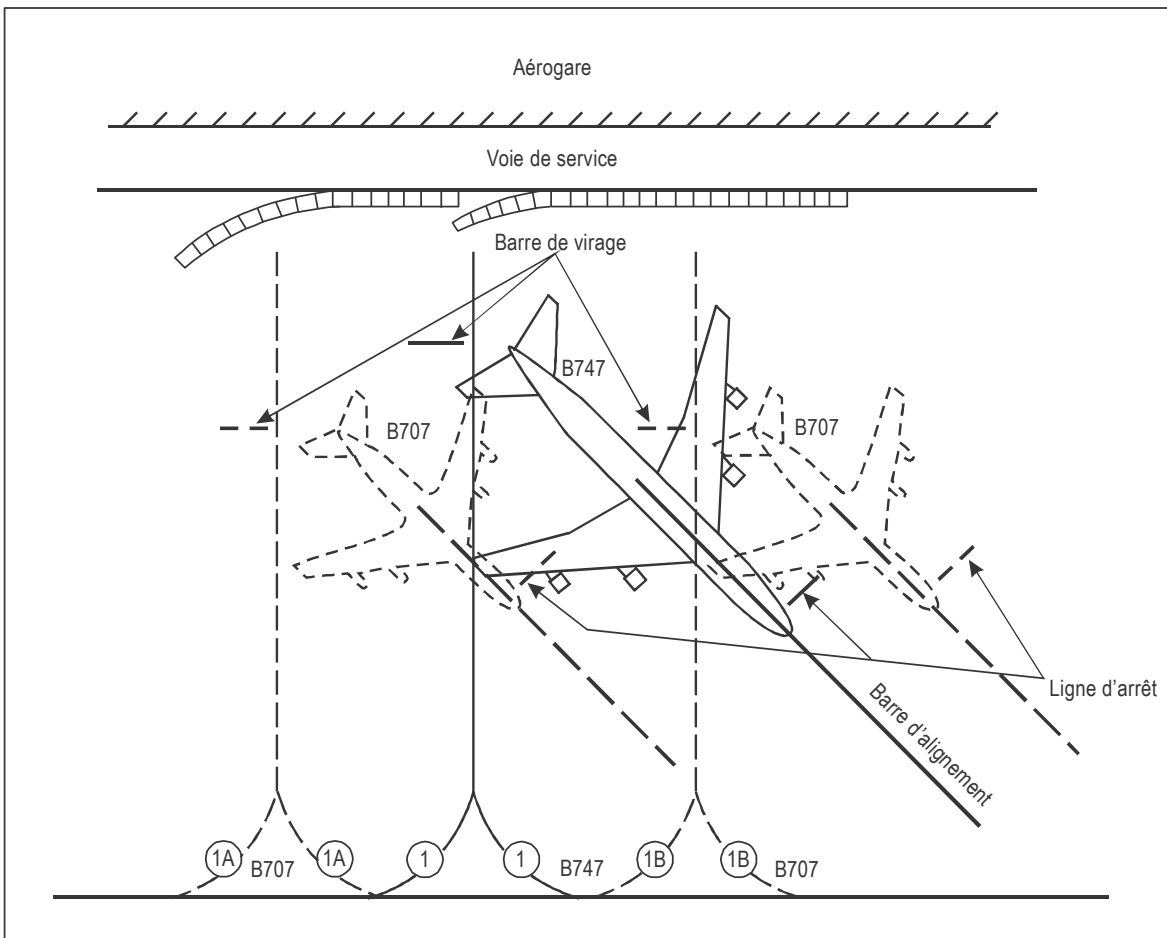
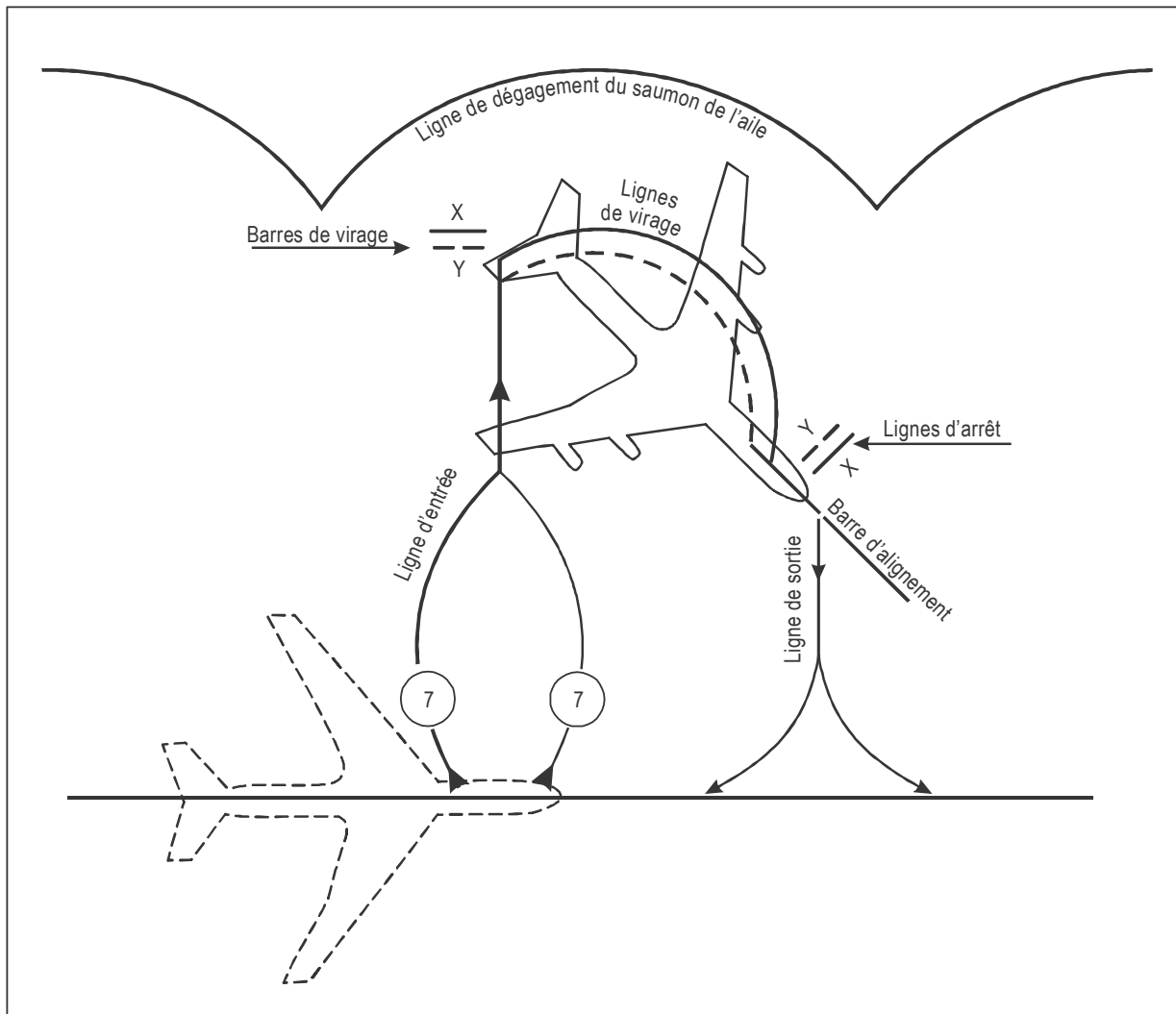


Figure 2-8. Méthode de marquage de postes de stationnement superposés



## NOTES.—

1. Le chiffre 7 représente le numéro du poste de stationnement.
2. Les lignes et barres en trait plein sont destinées à l'avion X et les lignes et barres en trait discontinu, à l'avion Y.
3. La barre d'alignement est destinée à tous les types d'aéronefs qui utilisent le poste de stationnement.

**Figure 2-9. Exemples de barres de référence**

### Barres de référence

2.3.15 Les barres de référence servent à diverses fins, par exemple :

- a) la barre de virage sert à indiquer au pilote l'endroit où il doit commencer son virage ;
- b) la ligne d'arrêt sert à indiquer au pilote le point où il doit s'arrêter ;
- c) la barre d'alignement sert à aider le pilote à aligner l'axe de l'aéronef selon l'angle voulu.

La Figure 2-9 représente des exemples d'utilisation des barres a), b) et c).



2.3.16 **Caractéristiques des barres de référence.** Les barres de référence et les lignes d'arrêt devraient avoir environ 6 m de long et au moins 15 cm de large et elles devraient être de la même couleur que la ligne de guidage, c'est-à-dire de couleur jaune. Elles devraient être disposées à gauche des lignes de guidage et perpendiculairement à celles-ci, au droit du siège du pilote, aux points de virage et d'arrêt. Les barres de virage comportent parfois une flèche et les mots « FULL TURN » (virage complet), comme le montre la Figure 2-4. Les barres d'alignement devraient avoir environ 15 m de long et 15 cm de large et elles devraient être disposées de façon à être visibles depuis le siège du pilote.

2.3.17 **Classification des avions par groupes en vue de réduire le nombre des barres de virage et des lignes d'arrêt.** Lorsqu'un poste de stationnement d'aéronef est destiné à être utilisé par des avions de plusieurs types, il y a lieu de classer ces avions par groupes afin de réduire le nombre des barres de virage et des lignes d'arrêt. Il n'y a toutefois pas de méthode reconnue ou largement répandue pour la classification des avions par groupes. Dans le cas des postes de stationnement à manœuvre autonome, on peut grouper les avions dont la géométrie et la capacité de braquage sont analogues ; on peut même inclure dans un même groupe des avions de moindre tonnage présentant éventuellement des différences, dans la mesure où, en suivant les lignes de guidage, ils ne dépassent pas le contour de l'aire nécessaire aux autres types d'avions en fonction desquels sont calculées les marges de dégagement de poste de stationnement. Dans le cas des postes de stationnement « nez dedans », on se souciera peut-être moins des dimensions et de la capacité de braquage des avions que d'autres facteurs comme l'emplacement des sorties et le type de passerelle d'embarquement disponible. Lorsque des prises de carburant sont installées, il faut également tenir compte des points d'avitaillement. Il faut donc étudier la situation qui existe à chaque aéroport et déterminer les différents groupes d'avions en fonction des moyens disponibles, de la diversité des types d'avions et de leur nombre, de la configuration de l'aire de trafic, etc.

2.3.18 **Système de codage pour les barres de virage et les lignes d'arrêt.** Lorsqu'un poste de stationnement n'est utilisé que par deux ou trois types d'aéronefs, il est possible d'identifier par une inscription peinte le type auquel chaque ensemble de marques est destiné. S'il est destiné à un plus grand nombre de types, il peut être nécessaire de recourir à un codage des barres de virage et lignes d'arrêt afin de simplifier les marques et de faciliter l'exécution de manœuvres sûres et rapides. Il n'y a toutefois pas de système de codage reconnu ou largement répandu. Le système de codage adopté devrait pouvoir être compris et utilisé sans difficulté par les pilotes.

2.3.19 **Lignes de guidage de remorquage.** Lorsque les avions doivent être remorqués, il peut y avoir lieu de prévoir des lignes de guidage que le conducteur du tracteur pourra suivre.

### Lignes de sécurité d'aire de trafic

2.3.20 Des lignes de sécurité sont nécessaires sur les aires de trafic pour marquer les limites des zones de stationnement destinées au matériel au sol, ainsi que les voies de service, les lignes d'acheminement des passagers, etc. Ces lignes sont moins larges et d'une couleur qui permet de les différencier des lignes de guidage utilisées pour les aéronefs.

2.3.21 **Lignes de dégagement du bout d'aile.** Ces lignes devraient délimiter la zone de sécurité située en dehors de la trajectoire du bout d'aile de l'avion critique. Elles devraient être tracées à la distance appropriée mentionnée au § 2.3.2, à l'extérieur de la trajectoire normale du bout d'aile de l'avion critique. Ces lignes devraient avoir une largeur d'au moins 10 cm.

2.3.22 **Lignes de délimitation des zones de remisage du matériel.** Ces lignes sont utilisées pour indiquer les limites des zones destinées au stationnement des véhicules et au remisage du matériel d'avitaillement et d'entretien des avions. Plusieurs méthodes sont actuellement utilisées pour indiquer de quel côté d'une ligne de sécurité ces véhicules et ce matériel peuvent être remisés en sécurité. À certains aérodromes, les mots « Equipment Limit » (limite de remisage du matériel) sont peints du côté utilisé par le matériel au sol et lisibles de ce côté. La hauteur des lettres est d'environ 30 cm. À d'autres aérodromes, des marques en forme de pointes ou une ligne supplémentaire (ligne discontinue de même couleur ou ligne continue de couleur différente) ont été ajoutées d'un côté de la ligne de sécurité. Le côté où sont situées les pointes ou la ligne supplémentaire est considéré comme offrant la sécurité voulue pour les véhicules et le matériel en stationnement.

2.3.23 **Lignes de cheminement des passagers.** Ces lignes sont destinées à assurer la sécurité des passagers lorsqu'ils traversent l'aire de trafic. Elles sont généralement formées de hachures comprises entre deux lignes parallèles.

## 2.4 BALISES DE BORD DE VOIE DE CIRCULATION

2.4.1 Sur les petits aérodromes, on peut utiliser des balises au lieu de feux pour délimiter les bords des voies de circulation, particulièrement la nuit. L'Annexe 14, Volume I, recommande d'installer ces balises sur les voies de circulation dont le chiffre de code est 1 ou 2, lorsque ces voies ne sont dotées ni de feux axiaux ni de feux de bord de voie de circulation.

2.4.2 Sur les parties rectilignes des voies de circulation, les balises devraient être espacées uniformément à intervalles longitudinaux de 60 m au maximum. Dans les virages, les balises devraient être espacées de moins de 60 m de manière à bien indiquer le virage. Les balises devraient être placées aussi près que possible des bords de la voie de circulation, ou à l'extérieur des bords à une distance ne dépassant pas 3 m.

2.4.3 Les balises doivent être de couleur bleue rétro réfléchissante conformément aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 1. La surface balisée vue par le pilote devrait être un rectangle et son aire apparente minimale devrait être d'au moins 150 cm<sup>2</sup>.

*Note.— L'efficacité des matières rétro réfléchissantes varie selon la géométrie de la source lumineuse et selon le point de vue du pilote. Elle est maximale quand le phare avant de l'avion est proche de la position du pilote.*

2.4.4 Les balises couramment utilisées sont de forme cylindrique. Dans les conditions idéales, elles devraient être conçues de telle sorte qu'une fois convenablement installées, leur hauteur totale ne dépasse pas 35 cm au-dessus de la surface sur laquelle elles sont montées. Cependant, sur les aérodromes où la neige peut atteindre des hauteurs appréciables, on peut utiliser des balises dépassant 35 cm, mais à condition que leur hauteur totale laisse une marge suffisante pour les hélices et les fuseaux-moteurs suspendus des avions à réaction.

2.4.5 Les balises de bord de voie de circulation doivent être légères et fragibles. Un type de balise répondant à ces critères est représenté à la Figure 2-10. Le support est en PVC souple de couleur bleue. Le manchon est également bleu et il est rétro réfléchissant. On notera que l'aire de la surface balisée est de 150 cm<sup>2</sup>.

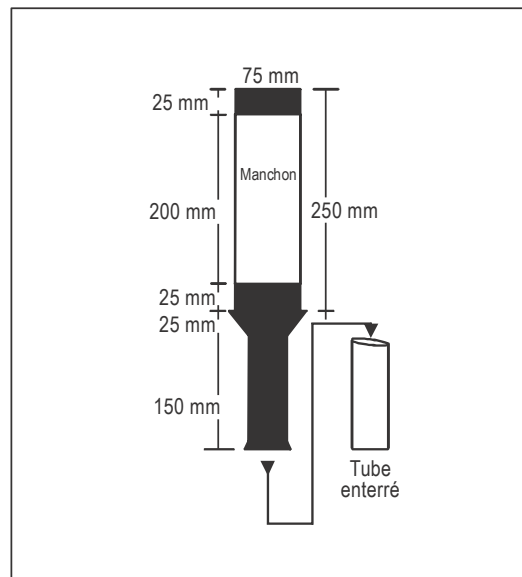


Figure 2-10. Balise de bord de voie de circulation

## Chapitre 3

# AIRE À SIGNAUX ET PANNEAUX DE SIGNALISATION

### 3.1 GÉNÉRALITÉS

3.1.1 L'aménagement d'une aire à signaux ne se justifie que lorsqu'il est prévu d'utiliser des signaux visuels au sol pour communiquer avec les aéronefs en vol. De tels signaux peuvent être nécessaires si l'aérodrome n'est pas doté d'une tour de contrôle ou d'un service d'information de vol, ou s'il est utilisé par des avions dépourvus d'équipement radio. Les signaux visuels au sol peuvent aussi se révéler utiles en cas d'interruption des communications radio bilatérales avec les aéronefs. Il faut toutefois se rendre compte que le type d'information qui peut être transmis par signaux visuels au sol devrait normalement figurer dans les Publications d'information aéronautique (AIP) ou les NOTAM. Il convient donc d'évaluer s'il sera nécessaire de recourir éventuellement à des signaux visuels au sol avant de décider d'aménager une aire à signaux.

3.1.2 L'Annexe 2, Chapitre 4, présente des spécifications relatives à dix types différents de signaux visuels au sol, dont elles abordent divers aspects — forme, couleur(s), emplacement et emploi de chaque signal. Par ailleurs, l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, présente des spécifications détaillées sur l'indicateur de direction d'atterrissage et l'aire à signaux. Les paragraphes qui suivent expliquent brièvement comment l'aire à signaux, les panneaux de signalisation et le T d'atterrissage devraient être construits.

### 3.2 CONCEPTION

#### Aire à signaux

3.2.1 L'aire à signaux devrait être une surface carrée, plane et horizontale d'au moins 9 m de côté. Elle devrait être construite en béton suffisamment armé pour éviter des fissures qui peuvent résulter d'un tassement inégal du terrain. La surface devrait être lissée à la truelle d'acier et enduite d'une peinture de couleur appropriée. La couleur de l'aire à signaux devrait être choisie pour faire contraste avec les couleurs des panneaux de signalisation qui doivent y être disposés. L'aire à signaux devrait être entourée d'une bordure blanche d'au moins 0,3 m de largeur.

#### Panneaux de signalisation et T d'atterrissage

##### *Haltère*

3.2.2 Ce signal devrait être construit en bois ou autre matériau léger. L'haltère devrait comprendre deux cercles de 1,5 m de diamètre, reliés par une barre transversale de 1,5 m de longueur sur 0,4 m de largeur, comme le montre la Figure 3-1A. Il devrait être peint en blanc.

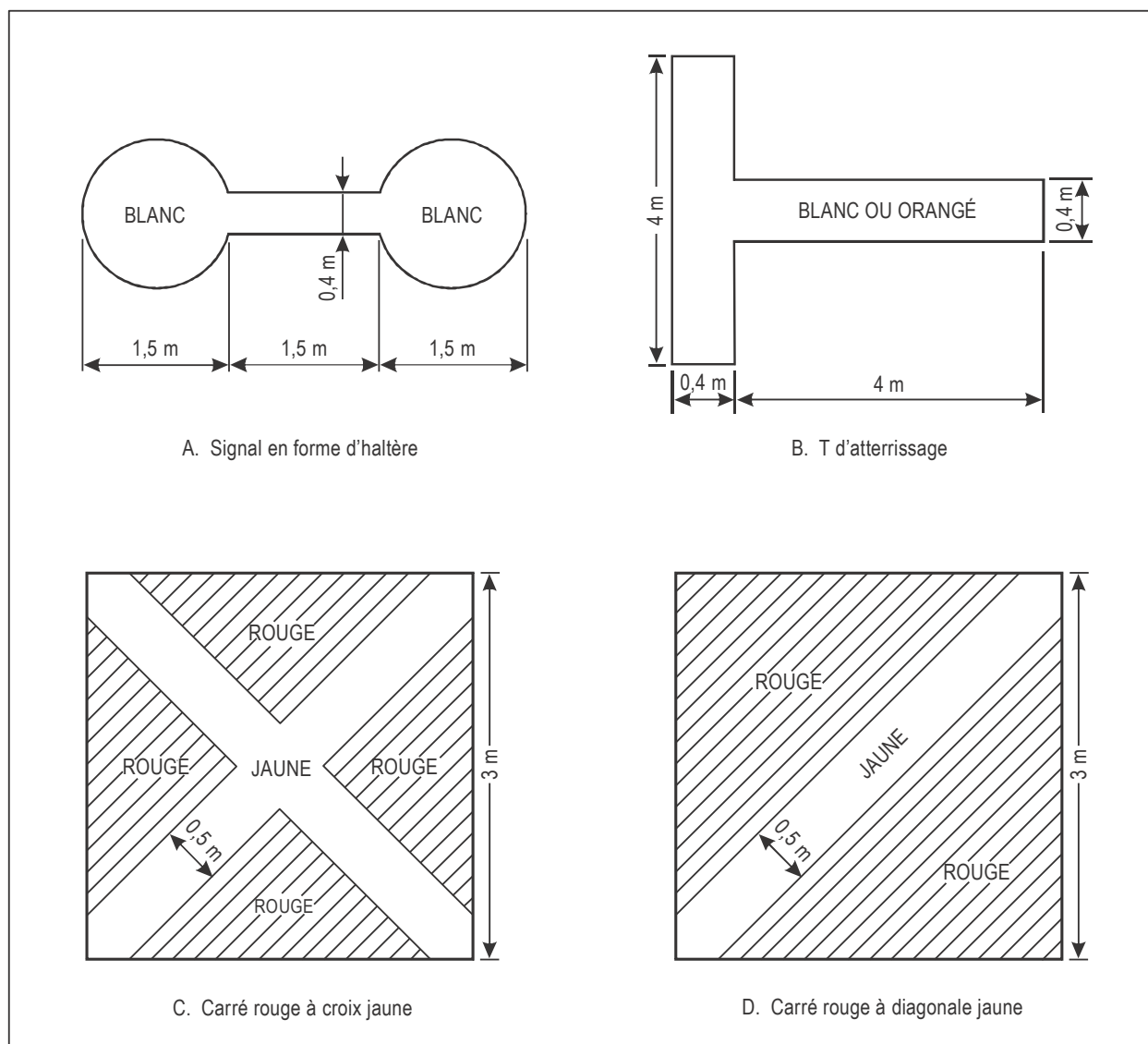


Figure 3-1. Panneaux de signalisation et T d'atterrissage

### T d'atterrissage

3.2.3 Le T d'atterrissage devrait être construit en bois ou autre matériau léger et ses dimensions devraient correspondre aux indications de la Figure 3-1B. Il devrait être peint en blanc ou en orangé. Le T d'atterrissage devrait être monté sur un socle en béton suffisamment armé pour éviter les fissures qui peuvent résulter d'un tassement inégal du terrain. La surface du socle devrait être lissée à la truelle d'acier et enduite d'une peinture de couleur appropriée. La couleur du socle devrait faire contraste avec celle du T d'atterrissage. Avant de fixer le T d'atterrissage sur le socle en béton, il faudrait vérifier que les boulons de fixation sont correctement espacés. Le T d'atterrissage devrait être monté et installé conformément aux instructions du constructeur. Il devrait tourner librement sur un axe vertical afin de pouvoir être orienté dans n'importe quelle direction. Quand le T d'atterrissage est installé sur son socle, sa surface inférieure ne devrait pas être à moins de 1,25 m au-dessus du sol. S'il doit être utilisé de nuit, le T d'atterrissage devrait être éclairé par des feux blancs sur toute sa surface ou sur son contour.

### **Carré rouge à croix jaune**

3.2.4 Les dimensions de ce panneau de signalisation, qui signifie une interdiction d'atterrir, devraient correspondre aux indications de la Figure 3-1C. Le panneau de signalisation peut être construit avec une plaque de tôle galvanisée de 3 × 3 m. Il est recommandé de peindre d'abord la croix en jaune et ensuite le reste du carré en rouge. Il faudrait prévoir au moins deux poignées pour faciliter la manipulation du panneau.

### **Carré rouge à diagonale jaune**

3.2.5 Ce panneau de signalisation est représenté à la Figure 3-1D. Pour le construire, il sera bon de suivre les principes généraux expliqués au paragraphe précédent. La seule différence est que le panneau portera une diagonale jaune au lieu d'une croix jaune.

---



## Chapitre 4

# CARACTÉRISTIQUES DES FEUX POUR LES PISTES ET VOIES DE CIRCULATION UTILISÉES PAR FAIBLE VISIBILITÉ

### 4.1 FACTEURS QUI DÉTERMINENT LA RÉPARTITION LUMINEUSE REQUISE

La répartition lumineuse requise est fonction des quatre facteurs principaux suivants :

- a) l'amplitude prévue des écarts des aéronefs par rapport à leur trajectoire de vol nominale ou idéale au cours de l'approche en vue de l'atterrissage. Ces écarts sont contenus à l'intérieur de ce qu'il est convenu d'appeler l'« enveloppe des trajectoires de vol » ;
- b) la plage des distances verticales « œil-roues » et « œil-antenne » pour les aéronefs actuellement exploités ou dont l'exploitation est prévue ;
- c) la distance jusqu'à laquelle les feux doivent être visibles en tout point des phases d'approche, de toucher des roues, de roulement à l'atterrissage, de décollage et de circulation au sol, et les conditions de visibilité dans lesquelles les feux doivent assurer le guidage ;
- d) le champ de vision du pilote vers le sol en avant de l'aéronef ;
- e) la mesure dans laquelle on peut s'attendre à ce que l'aéronef s'écarte de l'axe de voie de circulation quand il roule au sol.

### 4.2 ENVELOPPES DES TRAJECTOIRES DE VOL

#### Catégories I et II

4.2.1 Les enveloppes des trajectoires de vol utilisées pour la conception du balisage lumineux d'approche et de roulement sur les pistes sont représentées dans l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, Figure A-6. Elles sont fondées sur des valeurs d'isoprobabilité de 99 % tirées des données fournies par le Groupe d'experts sur le franchissement des obstacles (OCP) pour des points situés à des distances de 600 m et 1 200 m du seuil.

4.2.2 Les limites supérieures tiennent compte de la distance verticale des yeux du pilote au-dessus de l'antenne du récepteur ILS ou MLS des avions. Les limites des catégories I et II, fondées sur ces données, ont été arrêtées aux hauteurs de décision minimales respectives de 60 m et 30 m. Au-dessous de ces hauteurs, les enveloppes de vol sont définies par les limites des trajectoires de vol qui donneraient lieu à un atterrissage satisfaisant dans les conditions de vol à vue. La limite inférieure de l'enveloppe de catégorie I a été définie suivant un angle de site de deux degrés à partir du premier feu d'approche pour permettre les approches classiques par bonne visibilité.

### **Catégorie III**

4.2.3 À l'époque où les enveloppes des trajectoires de vol ont été définies, on ne disposait pas, en catégorie III, de données de vol suffisantes sur lesquelles on puisse fonder les enveloppes de vol de cette catégorie. Les limites verticales représentées dans l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, Figure A-6, sont celles qui ont été calculées pour les limites de catégorie II, arrêtées à une limite supérieure de la hauteur de décision de 30 m, généralement associée à la valeur supérieure de la RVR de 350 m. Dans le plan horizontal, la limite latérale de décalage au toucher des roues est de 10 m de part et d'autre de l'axe de la piste. À la hauteur de 30 m l'aéronef devrait se trouver à l'intérieur des limites de largeur de la piste et ce point de la limite inférieure est pris comme point de départ de la limite latérale.

## **4.3 BESOINS ET HYPOTHÈSES D'EXPLOITATION**

### **Catégorie I**

4.3.1 En exploitation de catégorie I, les dispositifs lumineux de piste et d'approche doivent être efficaces non seulement à la RVR limite de 550 m, mais aussi par visibilité moyenne ou par bonne visibilité.

### **Catégorie II**

4.3.2 Dans les conditions d'exploitation de catégorie II, c'est-à-dire lorsque la RVR est comprise entre 550 et 300 m, des barrettes latérales rouges sont installées pour compléter l'information de position latérale et longitudinale que fournit le balisage lumineux sur les 300 derniers mètres de l'approche, des feux de zone de toucher des roues sont mis en place pour faire ressortir les repères texturaux de la surface pendant l'arrondi et des feux d'axe de piste viennent améliorer le guidage en direction pendant le roulement au sol et pendant les décollages dans cette plage de visibilité.

### **Catégorie III**

4.3.3 En exploitation de catégorie III, un guidage visuel semblable à celui qui est fourni en conditions de catégorie II est nécessaire pour la circulation au sol, le décollage, l'atterrissage et le roulement à l'atterrissage. Ce guidage est nécessaire lorsque la RVR est d'au moins 50 m.

## **4.4 PROCÉDURES D'EXPLOITATION PAR RVR DE MOINS DE 350 m**

### **Circulation au sol**

4.4.1 Les pilotes qui circulent au sol par faible visibilité sont guidés par référence visuelle aux feux axiaux verts de voie de circulation à moyenne ou haute intensité. Dans ces conditions, le principe « voir et être vu » ne permet pas toujours de maintenir une séparation sécuritaire entre les aéronefs. Pour protéger les aéronefs qui approchent des intersections entre les voies de circulation et les pistes et pour empêcher les aéronefs qui circulent au sol de pénétrer dans les aires critiques ou sensibles de l'ILS ou du MLS alors que d'autres avions sont en approche, des barres d'arrêt sont nécessaires pour contrôler la circulation au sol à certains points d'attente désignés. Le Chapitre 10 du présent manuel contient des renseignements plus détaillés sur ce sujet.



### Décollage

4.4.2 Les feux et les marques d'axe de piste sont les principaux repères visuels que le pilote utilise pour le guidage directionnel jusqu'au moment du cabrage. (Les feux de bord de piste jouent un rôle au décollage ou à l'atterrissage si l'aéronef commence à s'écarter nettement de l'axe de la piste.) À partir de ce point, le pilote termine le décollage en se référant aux instruments de bord. S'il interrompt le décollage avant d'avoir atteint la vitesse de cabrage, il continue de se guider sur les feux et les marques d'axe de piste jusqu'à ce que l'aéronef s'immobilise ou s'engage sur une voie de sortie de piste.

### Atterrissage

4.4.3 Dans tous les types d'exploitation de catégorie III, les dispositifs de guidage non visuel sont conçus de manière à amener l'aéronef qui atterrit jusqu'à une position au-dessus de la piste à partir de laquelle il pourra se poser avec la sécurité voulue. Si l'aéronef n'est pas amené à la position prescrite dans l'espace, à l'intérieur de limites rigoureusement définies, la procédure d'approche interrompue est amorcée. Dans des conditions de RVR supérieure à 200 m, le pilote atterrit lorsqu'il s'est assuré, en se guidant sur les feux ou les marques de piste, que l'aéronef se trouve bien à l'intérieur des limites de largeur de la zone de toucher des roues et qu'il est convenablement aligné en azimut. Le pilote doit déterminer si le segment visuel du balisage lumineux d'axe de piste est suffisant pour lui permettre de terminer manuellement le roulement à l'atterrissage. Dans les conditions les plus favorables de visibilité de la catégorie III, il est possible de tirer parti des 300 derniers mètres du balisage lumineux d'approche car le pilote est alors en mesure d'évaluer sa position et sa trajectoire par rapport à l'axe de piste avant de traverser le seuil. Pour l'exploitation par RVR de 50 m, l'approche, l'arrondi et le roulement initial à l'atterrissage sont entièrement automatiques. Le pilote utilise ensuite les repères visuels pour identifier le point auquel il doit dégager la piste, puis pour suivre les feux du balisage axial de la voie de circulation.

## 4.5 ANALYSE DE LA CONCEPTION DU BALISAGE LUMINEUX

4.5.1 Pour le calcul des caractéristiques des feux que précise l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10, les méthodes et principes ci-après ont été appliqués :

- a) la densité du brouillard est uniforme ;
- b) l'ensemble du balisage lumineux devrait être équilibré en ce sens que la longueur du segment de balisage que voit le pilote augmente en général progressivement ;
- c) pour une visibilité météorologique donnée, la longueur du segment visuel qui est vu après le contact initial devrait être la même pour toutes les trajectoires qui se situent à l'intérieur des enveloppes d'approche.

4.5.2 Il est admis par hypothèse que les aéronefs suivent les limites définies dans l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, Figure A-6. La portée visuelle, les angles de site et l'angle d'azimut entre les positions relatives des aéronefs et des feux représentatifs dans les configurations de balisage lumineux d'approche et de piste, en des points situés le long des limites, sont calculés pour un certain nombre de valeurs du segment visuel.

4.5.3 Les valeurs correspondantes de l'intensité nécessaire pour obtenir la portée visuelle requise sont calculées dans chaque cas, par application de la loi d'Allard, pour une gamme de valeurs de la visibilité météorologique équivalente correspondant aux trois catégories OACI d'exploitation par faible visibilité, et pour les valeurs de jour du seuil visuel d'éclairement pour les pilotes (de  $10^{-4}$  à  $10^{-3}$  lux).

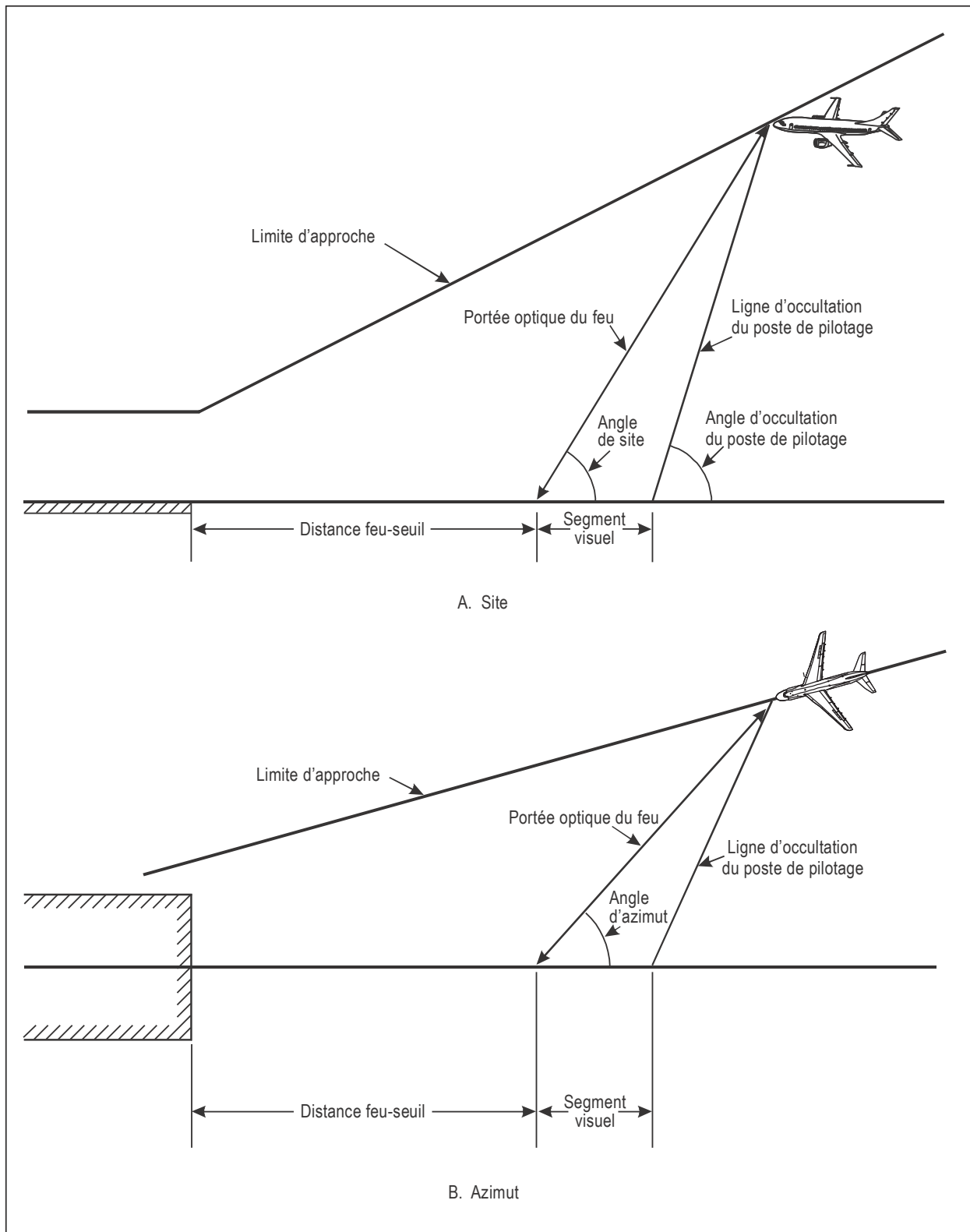


Figure 4-1. Géométrie du segment visuel

4.5.4 Les calculs expliqués ci-dessus sont répétés pour divers types d'aéronefs en utilisant des valeurs appropriées de l'angle d'occultation du poste de pilotage (distance, en avant de l'avion qui, pour le pilote, est occultée par le poste de pilotage et le nez de l'aéronef — voir Figure 4-1) et les dimensions de l'aéronef, c'est-à-dire la distance verticale « antenne du récepteur ILS/MLS-œil du pilote » pendant l'approche, et la distance verticale « roues-œil du pilote » pendant le roulement à l'atterrissage. Les renseignements ainsi obtenus sont reportés sur un graphique pour fournir la répartition angulaire théorique de l'intensité lumineuse nécessaire pour chaque feu du balisage. Le meilleur moyen d'établir ces spécifications consiste à procéder par modélisation sur ordinateur.

### Tolérances de calage et de construction

4.5.5 En général, les feux en saillie sont plus sujets à des défauts d'alignement en cours d'utilisation, tandis que les feux encastrés exigent un calage très précis dès l'installation initiale parce qu'il est difficile d'effectuer ultérieurement des corrections. Les écarts par rapport à la norme dépendent manifestement, entre autres facteurs, de la qualité de la conception, de la construction et de l'entretien, mais il est peu probable qu'ils soient supérieurs à un degré. On devrait donc, pour la spécification des caractéristiques de rendement lumineux, ajouter une tolérance d'un degré aux deux limites des ouvertures de faisceau que précise l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10. En outre, il est important que, dans la construction des feux, on respecte les tolérances spécifiées afin que tous les feux répondent bien aux spécifications. Si les tolérances spécifiées de construction et de calage ne sont pas respectées, le balisage aura un aspect irrégulier et, par conséquent, les segments visuels qu'il fournira ne seront pas très fiables.

4.5.6 Lors de la conception et de l'évaluation du balisage spécifié dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10, il a été pris pour hypothèse que le point de référence pour la désignation des angles de calage serait le centre géométrique de l'ellipse intérieure (faisceau principal). Il a aussi été supposé que la répartition de la lumière à l'intérieur du faisceau principal serait symétrique par rapport à son axe et que, en utilisant les points de corroyage de la Figure A2-11, l'intensité serait maximale jusqu'à un degré autour de l'axe géométrique du faisceau. Les ensembles non conformes à ces hypothèses de conception peuvent créer des discontinuités importantes dans le guidage fourni aux pilotes.

## 4.6 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AU BALISAGE LUMINEUX

### Généralités

4.6.1 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10, représente les diagrammes isocandelas, les valeurs de convergence (s'il y a lieu) et les angles de calage (s'il y a lieu) relatifs à une configuration du balisage lumineux convenant à toutes les catégories (c'est-à-dire I, II ou III) de pistes aux instruments. Les courbes isocandelas sont des ellipses calculées à partir de l'équation  $(x^2/a^2) + (y^2/b^2) = 1$ , dans laquelle les valeurs de  $a$  et de  $b$  sont respectivement égales à la moitié des ouvertures de faisceau dans les plans vertical et horizontal. Dans le tracé de ces courbes, l'axe des faisceaux a été pris pour origine et les angles de calage ne sont pas mentionnés. Les intensités sont indiquées pour la couleur spécifiée de chaque feu, mais seule la couleur blanche est représentée pour les feux de bord et d'axe de piste. Les intensités spécifiées ont les valeurs requises en service pour répondre aux critères opérationnels. Les balisages lumineux devraient donc être conçus de manière qu'une fois installés, ils puissent fournir les intensités lumineuses spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10. Les intensités spécifiées sont les intensités minimales applicables à tous les ensembles neufs et l'entretien devrait être tel que ces intensités soient maintenues en service. Voir aussi le Chapitre 18 du présent manuel.

4.6.2 Les feux représentés dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10, ont été conçus à titre d'aides complémentaires à l'atterrissage, avec une RVR pouvant descendre jusqu'à environ 75 m, pour les aéronefs

couplés avec exactitude à un ILS ou un MLS de précision approprié. Ils assurent également un guidage pour les approches manuelles utilisant des aides d'approche aux instruments de faible précision. Pour le décollage, ces feux fournissent un guidage satisfaisant tant que la RVR n'est pas inférieure à une centaine de mètres.

4.6.3 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-12 à A2-14, donne les valeurs d'intensité et d'ouverture de faisceau nécessaires pour les feux axiaux des voies de circulation prévues pour être utilisées avec des RVR inférieures à une valeur de l'ordre de 350 m. Ces feux fournissent un guidage satisfaisant jusqu'aux RVR d'environ 100 m.

4.6.4 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-15 et A2-16, donne les valeurs d'intensité et d'ouverture de faisceau nécessaires pour les feux axiaux des voies de circulation prévues pour être utilisées avec des RVR égales ou supérieures à 350 m.

4.6.5 L'intensité et la couverture représentées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-17 à A2-19, sont spécifiées pour l'utilisation dans des systèmes perfectionnés de guidage et de contrôle de la circulation de surface (A-SMGCS) et là où, du point de vue opérationnel, des intensités plus élevées sont nécessaires pour maintenir à une certaine vitesse les mouvements au sol par très faibles visibilité ou par temps ensoleillé. Il faudrait faire une étude spéciale pour établir les circonstances dans lesquelles ce balisage serait utilisé. Pareille étude pourrait par exemple montrer que, dans ces circonstances, le balisage conforme aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-12 à A2-14 ne permettra pas au pilote de voir suffisamment de feux pour maintenir continuellement son avion sur le parcours qui lui a été affecté, peut-être à cause de la densité du brouillard le plus épais dans lequel l'exploitation est prévue ou parce qu'une grande partie de son champ de vision est masquée immédiatement devant l'avion (occultation par le poste de pilotage).

### Feux axiaux de voie de circulation

4.6.6 **RVR égale ou supérieure à une valeur de l'ordre de 350 m.** Pour l'exploitation avec des valeurs de la visibilité de cet ordre, les feux de voie de circulation servent généralement à assurer un guidage directionnel et non à indiquer le choix d'un itinéraire donné. De jour, les feux de voie de circulation ne sont pas nécessaires. De nuit, des intensités de l'ordre de 20 cd en lumière verte sont suffisantes. Ces valeurs peuvent aussi bien être obtenues avec des feux omnidirectionnels qu'avec ceux qui sont spécifiés dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-15 et A2-16. Dans les cas difficiles (par exemple une forte luminosité de fond associée à un brouillard de densité variable), une intensité minimale moyenne de 50 cd peut être nécessaire.

4.6.7 **RVR inférieure à une valeur de l'ordre de 350 m.** L'expérience acquise en exploitation et les essais sur simulateur ont montré qu'un aéronef peut manœuvrer sans danger sur une voie de circulation dont la ligne axiale est définie par des feux si le pilote dispose d'un segment visuel de l'ordre de 50 m. À l'intérieur d'un tel segment, la position de l'axe peut être perçue de manière satisfaisante avec un minimum de trois feux espacés de 15 m. Ainsi, la distance qui sépare le pilote du feu le plus éloigné qu'il percevra sera de 45 m plus la distance qui est masquée à la vue du pilote par le poste de pilotage et le nez de l'aéronef.

4.6.8 Sur les sections rectilignes des voies de circulation, l'ouverture du faisceau en azimuth est relativement facile à définir. Il suffit de fournir un éclairage suffisant pour permettre au pilote de rouler le plus près possible de la ligne axiale.

4.6.9 Diverses méthodes sont actuellement employées pour diriger les aéronefs de gros tonnage dans les courbes. La méthode préférée consiste à maintenir constamment le poste de pilotage au-dessus de la ligne axiale de la voie de circulation. Pour permettre l'utilisation de cette technique, il faut aménager des congés de raccordement sur les bords intérieurs des courbes et aux intersections car les roues du train principal passent nettement à l'intérieur de la courbe que décrit la roue avant. Il y a une autre méthode qui consiste à s'efforcer de maintenir la roue avant de l'aéronef sur l'axe de la voie de circulation. Sur les avions gros-porteurs, le poste de pilotage est situé loin en avant de la roue avant et, dans ce cas, la position du pilote suit une trajectoire qui se trouve nettement à l'extérieur de l'axe de la courbe, de sorte que des congés de raccordement peuvent encore être nécessaires.

4.6.10 Les caractéristiques du balisage lumineux d'axe de voie de circulation qui sont spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, sont fondées sur la technique qui consiste à maintenir le poste de pilotage au-dessus de la ligne axiale, en conformité avec la recommandation de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 3. Lorsqu'on utilise d'autres techniques, il y a lieu de ménager de plus grandes ouvertures de faisceau en azimut, de manière à prolonger la couverture lumineuse nettement en dehors de la tangente à la courbe.

4.6.11 Pour les courbes et les intersections dont le rayon est inférieur à 400 m, l'espacement normalisé entre feux devrait être égal à la moitié de celui des sections rectilignes. (Le rayon de la plupart des courbes est inférieur à 200 m.) En général, on ne trouve des courbes de rayon supérieur à 400 m que dans des cas particuliers, par exemple dans le cas des voies de sortie de piste à grande vitesse, dont le rayon de courbure est tel que l'espacement des sections rectilignes est suffisant. Pour l'exploitation avec une RVR inférieure à une valeur de l'ordre de 350 m, il faut donc adopter un espacement de 15 m entre les feux des sections rectilignes de voie de circulation et un espacement normalisé de 7,5 m dans les courbes et à proximité.

4.6.12 L'expérience a montré que cet espacement plus serré des feux avant les courbes donne un avertissement suffisant de changement de direction imminent aux pilotes qui circulent au sol par faible visibilité et leur permet donc d'ajuster leur vitesse en conséquence. L'espacement entre les feux devrait être plus serré sur une distance minimale de 60 m avant l'amorce de la courbe.

4.6.13 Les pilotes qui utilisent les techniques consistant à aligner le poste de pilotage ou la roue avant sur l'axe de la voie de circulation risquent de sortir des virages avec une erreur d'orientation appréciable par rapport à l'axe de la voie de circulation. C'est pourquoi, pour répondre aux besoins de l'exploitation par faible visibilité, il est souhaitable de prolonger l'espacement serré entre feux sur une distance égale de 60 m au-delà de la courbe. Cela permet au pilote d'aligner plus facilement l'aéronef et de s'habituer progressivement à l'espacement plus large qui sépare les feux de la section rectiligne.

4.6.14 L'ouverture de faisceau en azimut pour les feux situés dans les courbes est subordonnée à la nécessité :

- a) de conserver un segment minimal de trois feux au-delà de la distance d'occultation du poste de pilotage ;
- b) de donner des indications sur le taux de changement de direction de la courbe ;
- c) d'indiquer l'amplitude des éventuels écarts de l'aéronef par rapport à l'axe de la voie de circulation ;
- d) de pouvoir circuler normalement dans les deux directions.

4.6.15 La Figure 4-2 représente la manière de calculer l'ouverture de faisceau nécessaire pour un feu axial en virage, en prenant comme exemple une distance de 60 m entre la position du pilote et la courbe. La figure montre la relation entre la position du feu sur la courbe, l'ouverture nécessaire du faisceau en azimut ( $\theta$ ) et le rayon de la courbe (R). Elle montre également que ce sont les courbes à faible rayon qui déterminent les besoins car ce sont elles qui exigent la plus grande ouverture de faisceau. Si toute la courbe doit être visible,  $\theta = 90^\circ$  ; pour un rayon de courbure de 40 m, l'ouverture nécessaire du faisceau est de 68 degrés. Si  $\theta$  est réduit à 60 degrés (2/3 de la courbe), l'ouverture du faisceau à l'intérieur du virage devrait être de 50 degrés. Il faut ajouter 3 degrés d'ouverture à l'extérieur de la tangente à la courbe car, en pratique, le poste de pilotage ne suit pas exactement la ligne axiale. Si la RVR est inférieure à une valeur de l'ordre de 400 m alors que trois feux seulement peuvent être vus depuis le début de la courbe, l'ouverture de faisceau à l'intérieur de la tangente devrait être de 35 degrés, mais cette ouverture n'est pas optimale pour des valeurs de la RVR supérieures à 400 m. Aux aéroports où il y a un réseau complexe de voies de circulation, des feux multiples à ouverture de faisceau limitée permettent de répondre aux besoins aux intersections où convergent plusieurs itinéraires de voies de circulation.

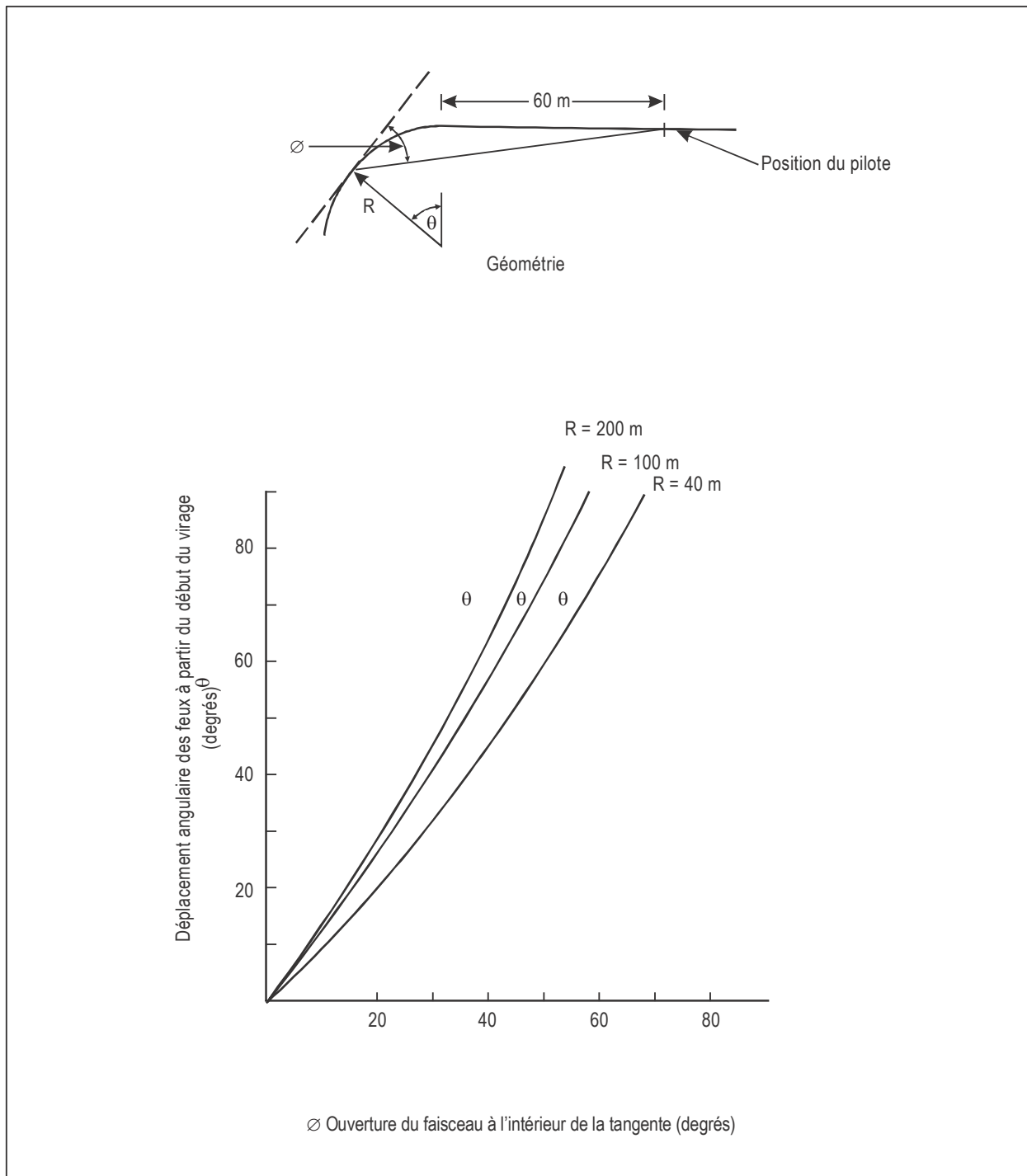


Figure 4-2. Géométrie du balisage lumineux de voie de circulation

4.6.16 Les feux devraient avoir la même ouverture de faisceau sur une distance de 60 m au-delà du virage, faute de quoi le segment visuel se raccourcirait à mesure que l'aéronef progresserait dans le virage. Par mauvaise visibilité, il pourrait alors y avoir moins de trois feux visibles pour le pilote avec un espacement de 7,5 m.

4.6.17 **Barres d'arrêt.** L'intensité et l'ouverture de faisceau des feux ne devraient pas être inférieures aux valeurs spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-12 à A2-16, selon le cas.

4.6.18 Quand des intensités supérieures sont nécessaires pour améliorer la perceptibilité des feux ou améliorer leur portée optique, en particulier quand le balisage lumineux fait partie intégrante d'un système perfectionné de guidage et de contrôle de la circulation de surface, les spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-17 à A2-19, devraient être utilisées. Il faudrait faire une étude spéciale pour établir les circonstances dans lesquelles ce balisage serait utilisé.

---





## Chapitre 5

### NIVEAUX D'INTENSITÉ LUMINEUSE

5.1 Les niveaux d'intensité lumineuse correspondant à différentes plages de visibilité (conditions de jour) sont présentés au Tableau 5-1. Les intensités spécifiées s'appliquent aux ouvertures de faisceau recommandées par l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10. Les luminances de fond se situent entre 1 000 et 40 000 cd au mètre carré. Dans les conditions de « jour brillant » (luminance de fond supérieure à 40 000 cd au mètre carré, par exemple en présence de brouillard éclairé par le soleil), il convient d'utiliser toujours le niveau d'intensité maximal. Bien que le niveau d'intensité maximal soit normalement utilisé de jour, certains États ont pour pratique d'utiliser un réglage inférieur lorsque les conditions le permettent, car la durée de service des lampes est beaucoup plus longue lorsqu'elles sont utilisées à intensité réduite.

5.2 Le Tableau 5-3 spécifie les niveaux d'intensité lumineuse correspondant à différentes plages de visibilité (conditions de nuit). Les intensités spécifiées s'appliquent, malgré les différences par rapport aux ouvertures de faisceau recommandées par l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-10. Selon l'Annexe 3, Supplément D, les valeurs de luminance de fond dans les conditions normales de nuit (à utiliser pour calculer la RVR à partir des lectures du transmissomètre) se situent entre 4 et 50 cd au mètre carré. Cependant, des mesures effectuées sur plusieurs aérodromes ont montré qu'avec les réglages d'intensité actuellement recommandés, les valeurs de la luminance de fond sont inférieures à 15 cd au mètre carré. Par bonne visibilité et en dehors des zones urbaines, la luminance de fond est parfois de l'ordre de 0,1 cd au mètre carré ou même inférieure à cette valeur. En pareil cas, les réglages d'intensité les plus faibles (Tableau 5-3, colonne 6) pourraient se révéler utiles.

5.3 Alors que le Tableau 5-1 se fonde sur des pratiques bien établies, le Tableau 5-3 repose sur des considérations théoriques associées à l'expérience tirée d'essais en vol. Une gamme de niveaux d'intensité est indiquée pour chaque condition de visibilité. Il est recommandé que les États adaptent leurs procédures de réglage de l'intensité lumineuse de manière à suivre d'aussi près que possible les valeurs et, plus particulièrement, les rapports d'intensité lumineuse indiqués dans le Tableau 5-3, afin d'obtenir des intensités lumineuses bien équilibrées.

5.4 Le Tableau 5-2 spécifie les niveaux d'intensité correspondant aux conditions de lumière crépusculaire (matin et soir). Il est fondé sur l'hypothèse que les réglages nécessaires doivent correspondre à des valeurs qui se situent entre celles des Tableaux 5-1 et 5-3.

5.5 Les Figures 5-1 à 5-3 présentent, sous forme graphique, les données indiquées dans les Tableaux 5-1 à 5-3. Chaque figure combine les données correspondant à chaque type de feu spécifié. L'Appendice 5 donne des renseignements sur la méthode utilisée pour établir cette présentation graphique.

**Tableau 5-1. Réglage de l'intensité lumineuse pour les conditions de jour  
(luminance de fond = de 1 000 à 40 000 cd/m<sup>2</sup>)**

Dispositif lumineux	Portée visuelle de piste <sup>a</sup> ou visibilité			
	RVR ≤ 800 m (Notes b et c)	De RVR 800 m à RVR 1 500 m (Notes b et d)	De RVR 1 500 m à VIS 5 000 m (Note e)	VIS ≥ 5 000 m (Note f)
Ligne axiale d'approche et barres transversales	20 000	20 000	10 000	—
Barrettes latérales d'approche	5 000	5 000 <sup>g</sup>	2 500 <sup>g</sup>	—
Zone de toucher des roues	5 000	5 000 <sup>g/h</sup>	2 500 <sup>g</sup>	—
Axe de piste	5 000 <sup>h</sup>	5 000 <sup>g</sup>	2 500 <sup>g</sup>	—
Seuil et barres de flanc	10 000	10 000	5 000	—
Extrémité de piste	2 500	2 500	2 500	—
Bord de piste	10 000	10 000	5 000	—

**NOTES.—**

- a. Dans le tableau ci-dessus, les valeurs de la RVR sont, par hypothèse, fondées sur une intensité de 10 000 cd et une luminance de fond de 10 000 cd/m<sup>2</sup>. En l'absence de mesure de la RVR, on utilise la visibilité météorologique.
- b. Pour les valeurs de la RVR inférieures à 1 500 m, l'intensité devrait être réglée de façon à assurer l'équilibre du dispositif lumineux qui est spécifié dans l'Annexe 14, Volume 1, Chapitre 5, § 5.3.1.10.
- c. Lorsque la RVR est inférieure à 400 m, ou que la luminance de fond est supérieure à 10 000 cd/m<sup>2</sup>, des intensités supérieures présenteraient un avantage opérationnel.
- d. Lorsque la luminance de fond est inférieure à 10 000 cd/m<sup>2</sup>, une intensité égale à la moitié de la valeur spécifiée peut être utilisée.
- e. Ces intensités doivent être utilisées pour les approches face à un soleil bas sur l'horizon.
- f. Lorsque la visibilité est supérieure à 5 km, le balisage peut être fourni à la demande du pilote.
- g. Lorsque ces intensités ne peuvent pas être obtenues, l'intensité maximale devrait être fournie.
- h. L'installation et l'utilisation de ces feux sont facultatives dans cette plage de visibilité.

**Tableau 5-2. Réglage de l'intensité lumineuse pour les conditions de crépuscule<sup>a</sup>  
(luminance de fond = de 15 à 1 000 cd/m<sup>2</sup>)**

Dispositif lumineux	Portée visuelle de piste <sup>b</sup> ou visibilité				
	RVR ≤ 800 m	De RVR 800 m à RVR 1 500 m	De RVR 1 500 m à VIS 5 000 m	De RVR 5 000 m à VIS 8 000 m	VIS ≥ 8 000 m
Ligne axiale d'approche et barres transversales	5 000–10 000	3 000–6 000	1 500–3 000	500–1 000	150–300
Barrettes latérales d'approche	1 000–2 000	500–1 000 <sup>c</sup>	250–500 <sup>c</sup>	100–200 <sup>c</sup>	—
Zone de toucher des roues	1 000–2 000	500–1 000 <sup>c</sup>	250–500 <sup>c</sup>	100–200 <sup>c</sup>	—
Axe de piste	1 000–2 000	500–1 000 <sup>c</sup>	250–500 <sup>c</sup>	100–200 <sup>c</sup>	—
Seuil et barres de flanc	2 500–5 000	1 500–3 000	750–1 500	250–500	75–150
Extrémité de piste	2 500	1 500–2 500	750–1 500	250–500	75–150
Bord de piste	2 500–5 000	1 500–3 000	750–1 500	250–500	75–150

NOTES.—

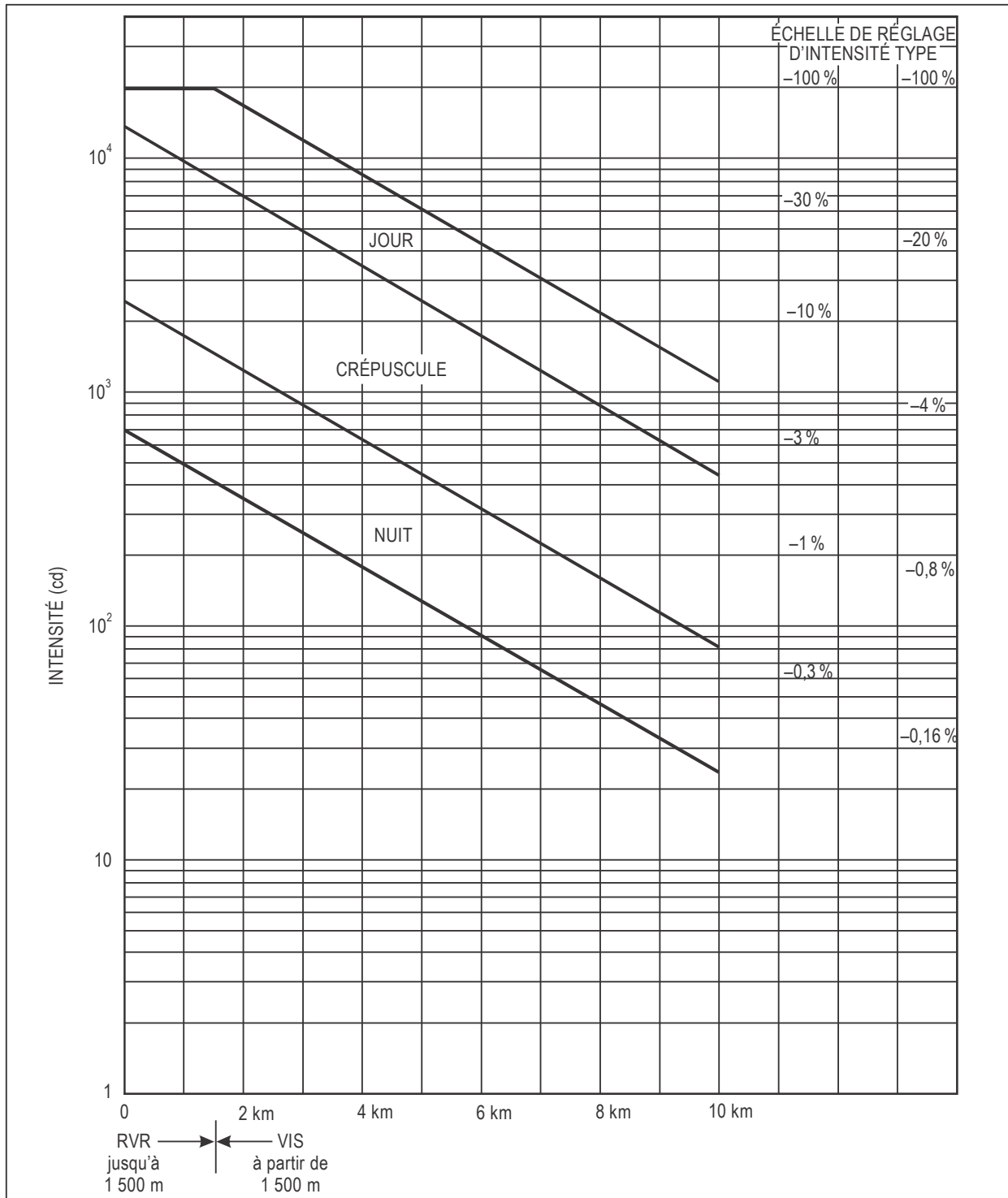
- Afin d'assurer la répartition équilibrée des valeurs adoptées pour les différents éléments du dispositif lumineux d'approche et de piste, tous les réglages d'intensité devraient se situer uniformément dans une partie des plages de tolérance indiquées, c'est-à-dire vers la limite supérieure, vers le centre ou vers la limite inférieure.
- Dans le tableau ci-dessus, les valeurs de la RVR sont, par hypothèse, fondées sur une intensité de 5 000 cd et une luminance de fond de 200 cd/m<sup>2</sup>. En l'absence de mesure de la RVR, on utilise la visibilité météorologique.
- Si ces feux sont installés, ils doivent être allumés aux intensités indiquées ; ces feux sont toutefois facultatifs dans cette plage de visibilité.
- Lorsque ces intensités ne peuvent pas être obtenues, l'intensité maximale devrait être fournie.

**Tableau 5-3. Réglage de l'intensité lumineuse pour les conditions de nuit<sup>a</sup>  
(luminance de fond = 15 cd/m<sup>2</sup>)**

Dispositif lumineux	Portée visuelle de piste <sup>b</sup> ou visibilité				
	RVR ≤ 800 m	De RVR 800 m à RVR 1 500 m	De RVR 1 500 m à VIS 5 000 m	De RVR 5 000 m à VIS 8 000 m	VIS ≥ 8 000 m
Ligne axiale d'approche et barres transversales	1 000–2 000	600–1 200	300–600	100–200	50–100
Barrettes latérales d'approche	250–500	150–300 <sup>c</sup>	100–150 <sup>c</sup>	25–40 <sup>c</sup>	—
Zone de toucher des roues	200–500	150–300 <sup>c</sup>	100–150 <sup>c</sup>	25–40 <sup>c</sup>	10–20 <sup>c</sup>
Axe de piste (30 m)	200–500 <sup>d</sup>	150–300 <sup>c</sup>	100–150 <sup>c</sup>	25–40 <sup>c</sup>	10–20 <sup>c</sup>
Axe de piste (15 m)	200–500 <sup>d</sup>	150–300 <sup>c</sup>	100–150 <sup>c</sup>	25–40 <sup>c</sup>	10–20 <sup>c</sup>
Axe de piste (7,5 m)	200–500 <sup>d</sup>	150–300 <sup>c</sup>	100–150 <sup>c</sup>	25–40 <sup>c</sup>	10–20 <sup>c</sup>
Seuil et barres de flanc	1 000–2 000	600–1 200	300–600	100–200	20–40 <sup>c</sup>
Extrémité de piste	1 000–2 000	600–1 200	300–600	100–200	20–40
Bord de piste	1 000–2 000	600–1 200	300–600	100–200	20–40

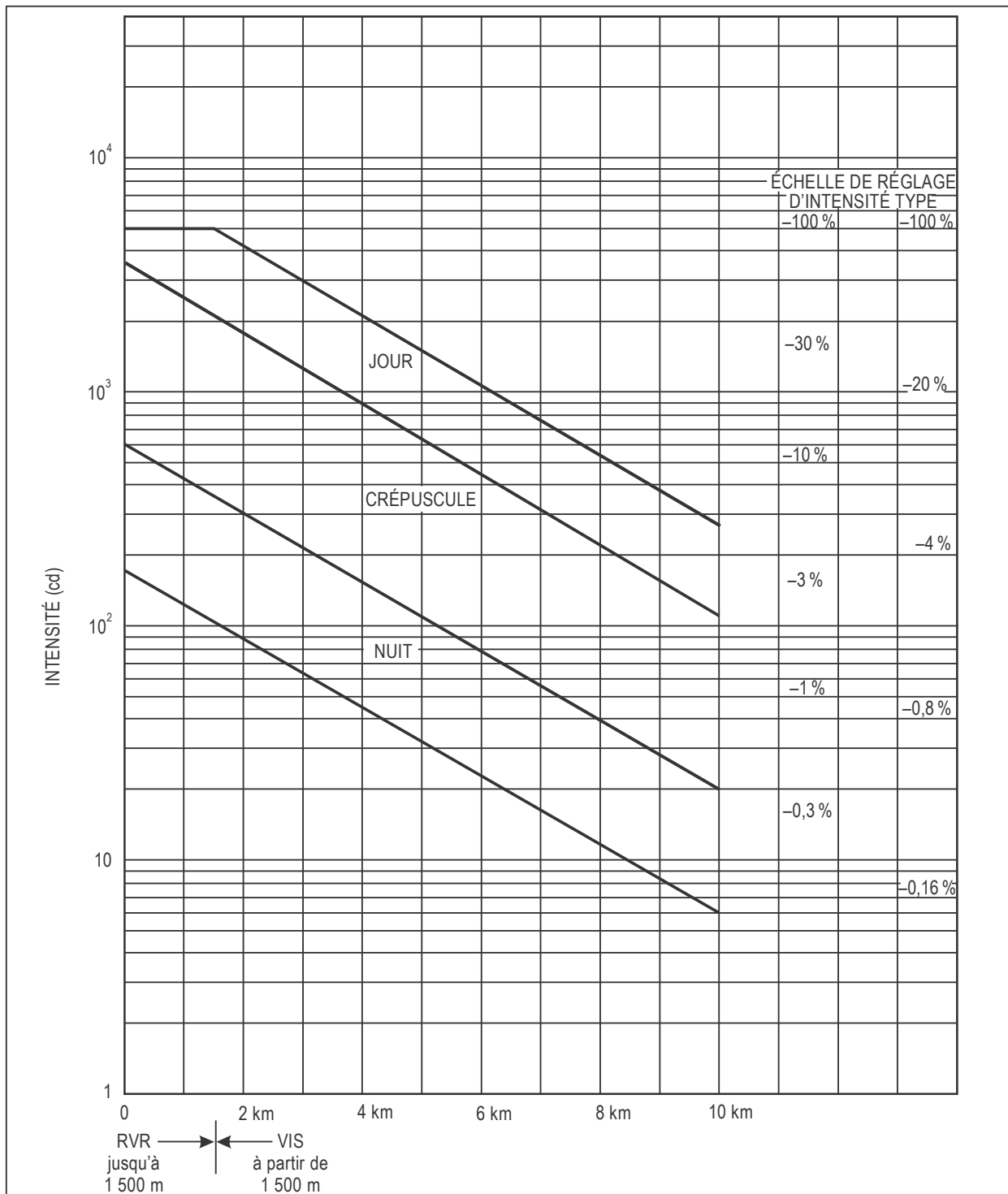
NOTES.—

- Afin d'assurer la répartition équilibrée des valeurs adoptées pour les différents éléments du dispositif lumineux d'approche et de piste, tous les réglages d'intensité devraient se situer uniformément dans une partie des plages de tolérance indiquées, c'est-à-dire vers la limite supérieure, vers le centre ou vers la limite inférieure.
- Dans le tableau ci-dessus, les valeurs de la RVR sont, par hypothèse, fondées sur une intensité de 1 000 cd et une luminance de fond de 15 cd/m<sup>2</sup>. En l'absence de mesure de la RVR, on utilise la visibilité météorologique.
- Si ces feux sont installés, ils doivent être allumés aux intensités indiquées ; ces feux sont toutefois facultatifs dans cette plage de visibilité.
- Il peut être nécessaire d'augmenter ces réglages d'intensité pour le décollage si la RVR est inférieure à 400 m.



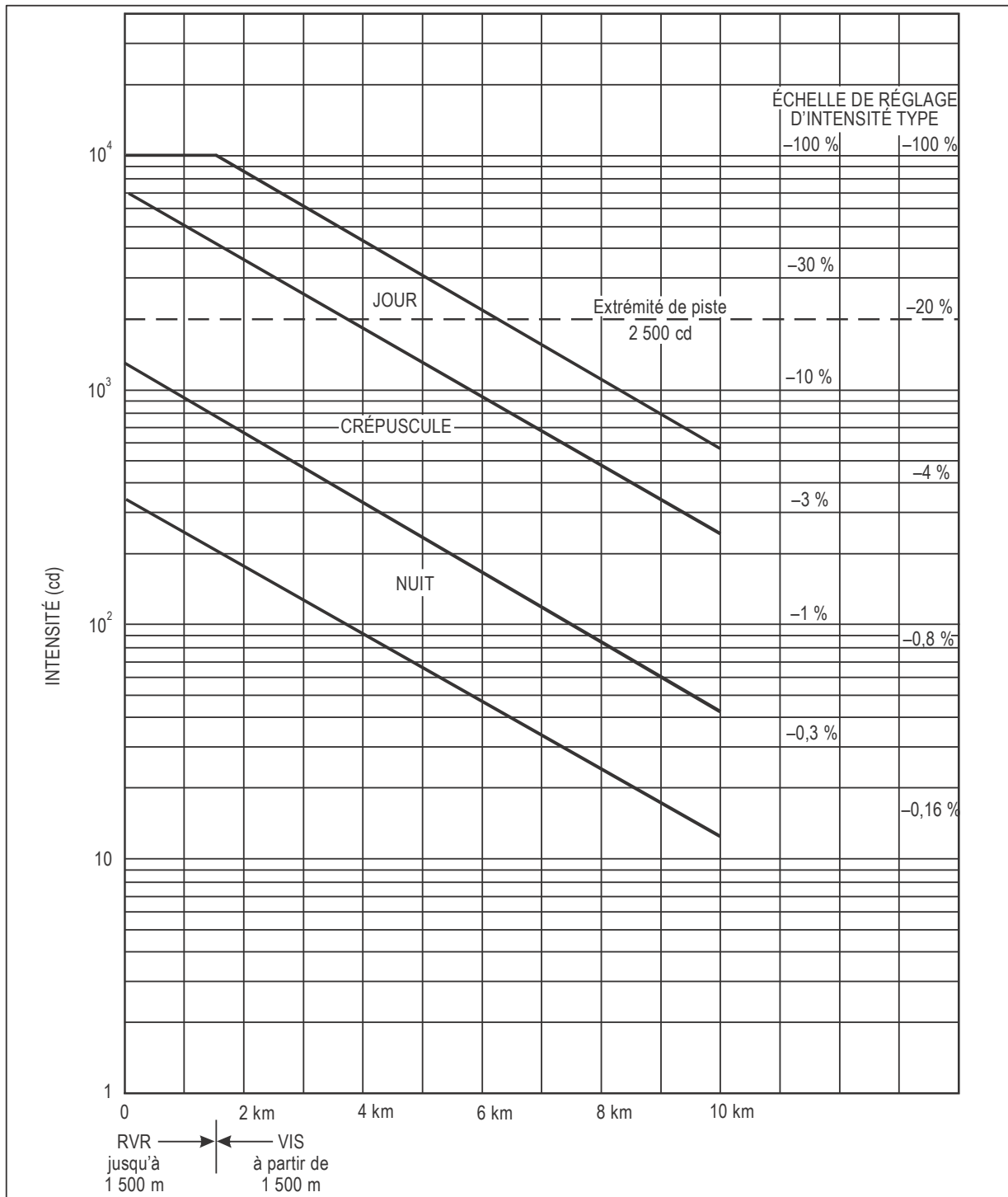
Note.— Jour = luminance de fond de 1 000 à 40 000 cd/m<sup>2</sup>  
 Crépuscule = luminance de fond de 15 à 1 000 cd/m<sup>2</sup>  
 Nuit = luminance de fond de 15 cd/m<sup>2</sup>

Figure 5-1. Ligne axiale d'approche et barres transversales



Note.— Jour = luminance de fond de 1 000 à 40 000 cd/m<sup>2</sup>  
 Crépuscule = luminance de fond de 15 à 1 000 cd/m<sup>2</sup>  
 Nuit = luminance de fond de 15 cd/m<sup>2</sup>

Figure 5-2. Barrettes latérales d'approche, zone de toucher des roues et axe de piste



Note.— Jour = luminance de fond de 1 000 à 40 000 cd/m<sup>2</sup>  
 Crépuscule = luminance de fond de 15 à 1 000 cd/m<sup>2</sup>  
 Nuit = luminance de fond de 15 cd/m<sup>2</sup>

Figure 5-3. Seuil et barres de flanc, extrémité de piste et bord de piste





## Chapitre 6

### DISPOSITIF LUMINEUX DE GUIDAGE VERS LA PISTE\*

6.1 Un dispositif lumineux de guidage vers la piste peut être nécessaire pour assurer un guidage visuel positif le long d'une trajectoire d'approche donnée, en général segmentée, lorsqu'un relief dangereux, des obstacles ou des procédures antibruit créent des problèmes particuliers. Ce dispositif consiste en une série de feux à éclats installés le plus près possible du niveau du sol pour indiquer le parcours à suivre vers la piste ou l'approche finale. Chaque groupe de feux est placé et orienté de manière à pouvoir être facilement repéré à partir du groupe précédent. L'avion en approche suit les feux dans des conditions égales ou supérieures aux minimums d'approche. Le parcours peut être segmenté, rectiligne, ou présenter une combinaison de ces deux caractéristiques, selon les besoins. Le dispositif lumineux de guidage vers la piste peut se terminer au point où commence un balisage lumineux d'approche approuvé, ou à une distance du seuil d'atterrissage qui soit compatible avec des minimums de visibilité autorisés pour permettre le repérage visuel de l'environnement de piste. La section initiale comporte des groupes de feux pour marquer les segments de la trajectoire d'approche en commençant en un point facilement visible à partir d'un repère de position d'approche finale. Ces groupes peuvent être placés à des intervalles suffisamment rapprochés (environ 1 600 m) pour fournir un guidage continu. Un groupe comprend au moins trois feux à éclats disposés en ligne ou en grappe et peut être renforcé par des feux fixes à incandescence, selon les besoins. Si possible, les groupes devraient émettre des éclats séquentiels en direction des pistes. Chaque dispositif devrait être conçu en fonction des conditions locales et de manière à assurer le guidage visuel désiré. La Figure 6-1 représente une configuration type de ce dispositif.

6.2 À certains emplacements, on peut avoir besoin d'un guidage horizontal très précis en raison de la présence d'obstacles ou de résidences à proximité de la trajectoire normale d'approche. En pareil cas, le dispositif doit être renforcé à chaque groupe par un feu qui fournit avec précision des données d'alignement.

---

\* Éléments fournis par les États-Unis.

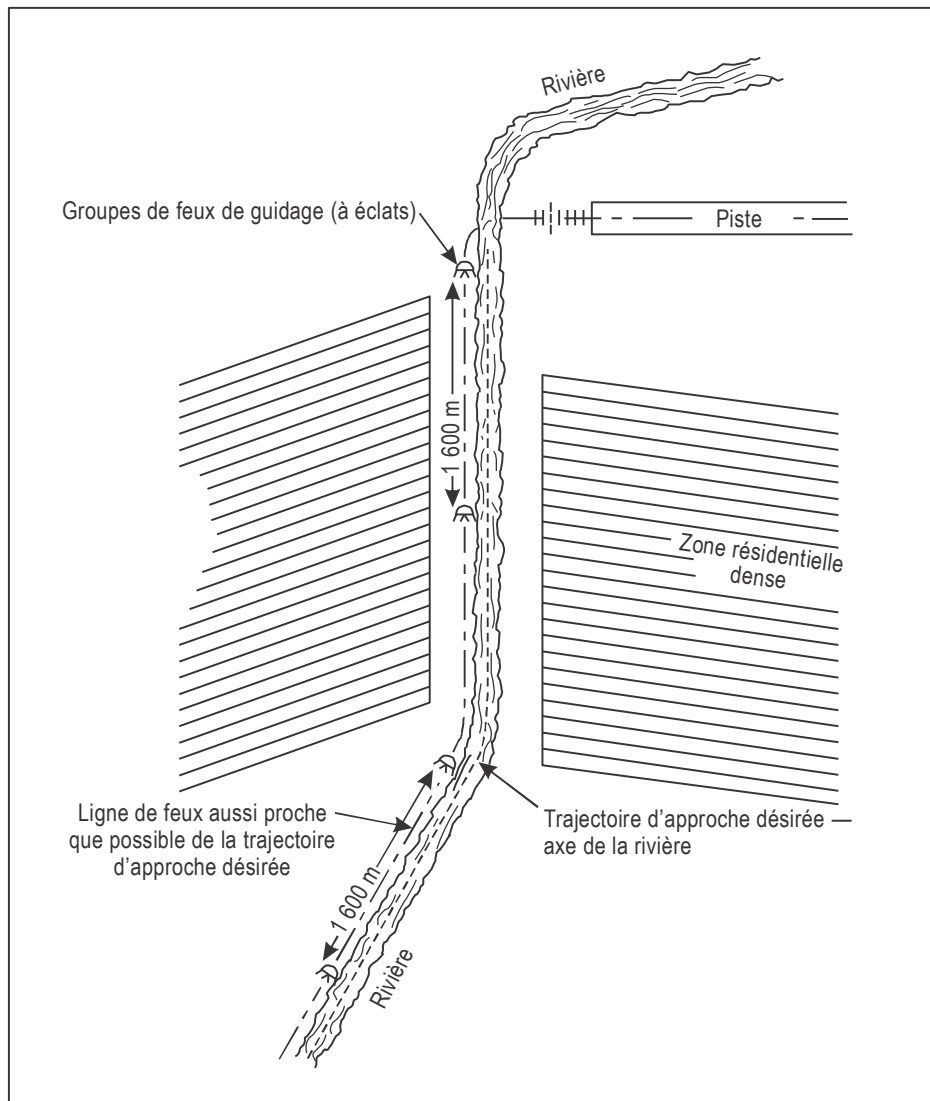


Figure 6-1. Configuration type d'un balisage lumineux de guidage vers la piste

## Chapitre 7

# FEUX DE GUIDAGE SUR CIRCUIT

### 7.1 INTRODUCTION

7.1.1 Les § 1.4.10 et 1.4.36 du présent manuel indiquent comment sont utilisés les feux de guidage sur circuit en conditions VMC et IMC, respectivement. Par ailleurs, la Figure 1-3 représente le circuit d'aérodrome standard pour le vol à vue. Les *Procédures pour les services de navigation aérienne — Exploitation technique des aéronefs*, Volume II — *Construction des procédures de vol à vue et de vol aux instruments* (Doc 8168), Partie I, Section 4, Chapitre 1, § 1.7, contiennent des éléments indicatifs sur la construction des aires de manœuvre à vue (approche indirecte) et le calcul des dimensions de ces aires.

7.1.2 Pour une approche indirecte, le guidage devrait comprendre les éléments suivants :

- a) une indication adéquate de la direction ou de l'emplacement de la piste. Cela permettrait au pilote de rejoindre le parcours vent arrière ou de s'aligner et d'ajuster la trajectoire dans le sens de la piste ;
- b) une indication distincte du seuil afin que le pilote puisse le distinguer au passage ;
- c) une indication adéquate du prolongement de l'axe de piste dans la direction de l'approche, compatible avec l'indication du seuil, pour permettre au pilote d'ajuster le virage vers le parcours de base et l'approche finale.

7.1.3 La nécessité des feux de guidage sur circuit et leur conception varient d'un emplacement à l'autre, selon divers facteurs comme la procédure d'approche indirecte utilisée, les types d'aéronefs qui utilisent la piste, les conditions météorologiques et les types de feux disponibles. Sur la plupart des aéroports, les feux de bord de piste et les dispositifs lumineux d'approche fournissent tout le guidage nécessaire. Des feux spéciaux pour le guidage sur circuit ne seraient donc nécessaires que si ces dispositifs n'assurent pas de façon satisfaisante le guidage décrit au § 7.1.2. L'installation de feux supplémentaires pour le guidage sur circuit ne présente habituellement aucune difficulté sérieuse. En général, les feux devraient être conçus et installés de manière à être visibles depuis le parcours vent arrière, sans constituer toutefois une source d'éblouissement ou de confusion pour le pilote qui exécute une approche, décolle ou circule au sol.

### 7.2 BESOINS EN BALISAGE LUMINEUX

7.2.1 Les paragraphes ci-après indiquent dans quelle mesure les besoins définis au § 7.1.2 sont satisfaits par les dispositions de l'Annexe 14, Volume I, concernant les dispositifs lumineux. Ils indiquent également comment ceux-ci peuvent être améliorés en vue de fournir un guidage adéquat pour les approches indirectes lorsque ces améliorations s'imposent.

#### Feux servant à indiquer la direction de la piste

7.2.2 L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, comprend des spécifications relatives aux feux de bord de piste. Ces feux sont principalement destinés à indiquer aux aéronefs en approche finale les limites latérales de la piste. Toutefois,

l'Annexe 14, Volume I, précise notamment que les feux de bord de piste doivent être visibles sous tous les angles d'azimut lorsqu'ils sont destinés à assurer un guidage sur circuit. Les feux à basse intensité qui sont utilisés pour les approches par nuit claire sont généralement omnidirectionnels et répondent donc à ce besoin. Les feux à haute intensité qui sont utilisés pour les approches exécutées par mauvaise visibilité sont bidirectionnels mais peuvent aussi être conçus pour émettre un faisceau omnidirectionnel à basse intensité capable de fournir un guidage sur circuit. Pour que ce type de feu puisse fournir un guidage sur circuit, il faut veiller à ce que la faible intensité nécessaire puisse être obtenue quand le balisage haute intensité est en fonctionnement aux faibles intensités normalement réglées par nuits claires. C'est ce qui se fait normalement pour éviter l'éblouissement pendant l'approche finale et l'atterrissage. Une intensité de 50 cd à la brillance maximale tombera à moins de 0,5 cd quand le balisage lumineux haute intensité est réglé pour la nuit. Lorsque ce feu omnidirectionnel à basse intensité n'existe pas, des feux supplémentaires devraient être installés le long des bords de la piste pour permettre le guidage sur circuit. Si ces feux supplémentaires sont à haute intensité, ils devraient être unidirectionnels, leurs faisceaux étant perpendiculaires à l'axe de la piste et orientés à l'écart de celle-ci. Ils devraient de préférence être de couleur blanche, mais des feux jaunes comme ceux dont le signal est émis par des décharges dans un gaz peuvent être utilisés.

### **Feux servant à indiquer le seuil**

7.2.3 L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, recommande l'installation de deux feux blancs à éclats au seuil d'une piste avec approche classique lorsqu'il y a lieu de rendre le seuil plus visible ou lorsqu'il n'est pas possible d'installer d'autres aides lumineuses d'approche. Une augmentation de la visibilité peut aussi être nécessaire lorsque le seuil de piste est décalé temporairement ou de façon permanente. Ces feux peuvent également être utilisés sur d'autres pistes pour faciliter l'identification du seuil, notamment dans les zones à forte concentration d'éclairage ou dont le sol ne présente aucune caractéristique remarquable. Si les feux utilisés ont un faisceau à grande ouverture ou omnidirectionnel, ou s'ils sont orientés perpendiculairement à la piste, ils assureront un guidage sur circuit.

### **Feux servant à indiquer le prolongement de l'axe de piste**

7.2.4 Les feux axiaux de tous les dispositifs lumineux d'approche décrits dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, sont destinés à indiquer le prolongement de l'axe de la piste. Les dispositifs à basse intensité sont normalement dotés de feux omnidirectionnels et peuvent donc également assurer un guidage sur circuit. Les dispositifs à haute intensité sont formés de feux unidirectionnels qui ne sont pas visibles pour un pilote qui se trouve sur parcours vent arrière. Ces dispositifs peuvent être améliorés par l'installation de feux supplémentaires à côté des feux existants ou au-delà de l'extrémité amont du dispositif lumineux d'approche (le long du prolongement de la ligne axiale). Ces feux devraient être fixes ou à éclats. Lorsque des feux sont installés au-delà de l'extrémité amont d'un dispositif lumineux d'approche, leur intensité et l'ouverture de leur faisceau devraient être suffisantes pour qu'ils soient visibles depuis le parcours vent arrière. Lorsqu'on utilise des feux à éclats, ils devraient émettre des éclats séquentiels en commençant par le feu extrême amont du dispositif et en progressant vers le seuil, à la fréquence d'un éclat par seconde.

---

## Chapitre 8

### INDICATEURS VISUELS DE PENTE D'APPROCHE

#### 8.1 GÉNÉRALITÉS

8.1.1 Les indicateurs visuels de pente d'approche qui sont définis dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, sont conçus pour fournir des indications visuelles de la pente d'approche désirée. Il en existe quatre types normalisés : l'indicateur visuel de pente d'approche en T (T-VASIS), l'indicateur visuel de pente d'approche en T simplifié (AT-VASIS), l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) et l'indicateur de trajectoire d'approche de précision simplifié (APAPI). Leur efficacité a été démontrée en exploitation.

8.1.2 Le présent chapitre a pour objet de fournir des éléments indicatifs pour l'application des dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.5, sachant que :

- a) différents modèles d'ensembles lumineux sont en usage ;
- b) ces dispositifs sont installés sur des aéroports qui présentent des caractéristiques physiques extrêmement diverses ;
- c) ces dispositifs sont utilisés par tous les types d'aéronefs, des plus gros aux plus petits.

8.1.3 L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Figure 5-20 et Tableau 5-3, donne en détail les caractéristiques (c'est-à-dire l'origine, les dimensions et la pente) des surfaces de protection contre les obstacles des dispositifs T-VASIS, AT-VASIS, PAPI et APAPI. Étant donné que la configuration de ces surfaces se conforme essentiellement à celle de la surface d'approche de la piste, les données obtenues lors du recensement des obstacles intéressant cette dernière surface seront utiles pour déterminer s'il y a des objets qui font saillie au-dessus d'une surface de protection contre les obstacles. Si une étude aéronautique révèle qu'un objet faisant saillie au-dessus d'une telle surface risque de compromettre la sécurité de l'exploitation, une ou plusieurs des mesures ci-dessous devront être prises pour éliminer le problème :

- a) relever la pente d'approche de l'indicateur ;
- b) réduire l'ouverture en azimut de l'indicateur de façon que l'objet se trouve à l'extérieur des limites du faisceau ;
- c) décaler de 5 degrés au maximum l'axe de l'indicateur et la surface de protection contre les obstacles qui lui est associée ;
- d) décaler le seuil ;
- e) lorsqu'il se révèle impossible d'appliquer la mesure indiquée à l'alinéa d), décaler le dispositif en aval du seuil afin d'assurer une augmentation de la hauteur de franchissement du seuil égale à la hauteur de pénétration de l'obstacle au-dessus de la surface de protection contre les obstacles.

8.1.4 Avec sa large couverture en azimut, le dispositif fournit des indications valides aux aéronefs sur le parcours de base, mais il ne faut pas se fier uniquement à ces indications pour la descente à moins qu'une étude

aéronautique n'ait confirmé que la zone de couverture du dispositif ne contient aucun obstacle. Si l'on constate qu'un objet situé à l'extérieur de la surface de protection contre les obstacles du dispositif, mais à l'intérieur des limites latérales de son faisceau lumineux, fait saillie au-dessus du plan de la surface de protection contre les obstacles et si une étude aéronautique révèle que cet objet risque de compromettre la sécurité de l'exploitation, il est recommandé de réduire l'ouverture de l'indicateur en azimut du côté approprié de façon que l'objet se trouve à l'extérieur des limites du faisceau.

8.1.5 La pente d'approche normale est de 3 degrés, mais on peut choisir une pente d'approche différente pour obtenir un angle de pente d'approche visuelle égal à l'angle de pente d'approche d'un alignement de descente non visuel, si cette installation existe. S'il y a des obstacles dans l'aire d'approche, on peut être amené à choisir un plus grand angle de pente d'approche.

*Note.— Les angles de pente d'approche dépassant environ 3 degrés ne sont normalement pas utilisés pour l'exploitation des grands avions de transport, mais ils le sont pour faciliter l'exploitation des avions de transport légers à certains aérodromes.*

8.1.6 Les indications fournies définissent une trajectoire normale d'approche avec sept indications d'écart distinctes dans le cas du T-VASIS, une trajectoire d'approche normale avec quatre indications d'écart distinctes dans le cas du PAPI, et une trajectoire d'approche normale avec deux indications d'écart distinctes dans le cas de l'APAPI.

*Note 1.— Dans le présent chapitre, l'expression T-VASIS englobe aussi l'AT-VASIS et l'expression PAPI englobe aussi l'APAPI.*

*Note 2.— Les indicateurs visuels de pente d'approche fournissent les repères visuels essentiels aux pilotes en approche, assurant ainsi :*

- a) *une marge minimale de sécurité pour les roues au-dessus du seuil de la piste ;*
- b) *une marge de sécurité pour le franchissement de tous les obstacles en approche finale ;*
- c) *la corrélation avec les signaux non visuels de l'alignement de descente lorsque la piste est équipée d'un système d'approche de précision.*

*Note 3.— Les signaux « sur la pente » visuels et non visuels peuvent diverger très près du seuil en raison de la différence entre la hauteur de l'antenne et celle des yeux du pilote.*

8.1.7 Au stade de la conception en vue de l'installation d'un dispositif, il peut être nécessaire de modifier les dimensions prévues dans la configuration idéale en raison de l'emplacement de voies de circulation ou d'autres éléments situés le long de la piste. On a constaté que ces dimensions peuvent être modifiées dans la proportion maximale de 10 % sans nuire au fonctionnement du dispositif.

8.1.8 Le profil de la bande de piste ne devrait provoquer aucune distorsion apparente du dispositif vu par un pilote se trouvant sur la pente d'approche correcte. Les ensembles lumineux sont donc décalés pour compenser la différence de niveau entre le seuil et leur extrémité aval, un décalage longitudinal égal à 19 fois la différence de niveau étant nécessaire pour une pente d'approche à 3 degrés.

8.1.9 Pour le T-VASIS, observé depuis la pente d'approche, un ensemble lumineux devrait paraître au même niveau que tout autre ensemble équivalent situé de l'autre côté de la piste. Après compensation de la différence de hauteur entre les deux côtés de la piste, la différence entre les positions longitudinales de chacun des ensembles lumineux d'une même paire devrait être inférieure à 1,5 m.

8.1.10 Normalement, les piliers en béton qui supportent les ensembles lumineux reposent sur des fondations de béton. Pour éviter que les dalles constituent des obstacles pour les aéronefs qui passeraient sur l'installation, on devrait les enfoncer au-dessous du niveau du sol, ou tailler leurs bords en biseau de manière que les aéronefs puissent rouler dessus sans risquer de subir de dommages. Dans le premier cas, la cavité formée au-dessus de la dalle devrait être comblée avec un matériau approprié. Cette façon de procéder, jointe au fait que les ensembles et leurs montures sont frangibles, permet de réduire au minimum les dommages que subirait un avion qui roulerait sur un ensemble. Si les ensembles lumineux ne sont pas conçus pour résister au souffle des réacteurs des aéronefs qui décollent ou qui virent sur la piste, il peut être nécessaire de les protéger contre le souffle en installant des déflecteurs ou en prenant d'autres mesures.

## 8.2 T-VASIS

### Implantation

#### Généralités

8.2.1 Une méthode graphique simple est suggérée pour représenter schématiquement la configuration d'un T-VASIS ou d'un AT-VASIS.

#### Définitions

8.2.2 En matière de configurations d'implantation du T-VASIS, on utilise les termes et expressions qui suivent :

- a) **Configuration type.** Cette configuration est représentée dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Figure 5-17. Elle repose sur une pente d'approche normalisée à 3 degrés et une bande de piste parfaitement horizontale.
- b) **Hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil.** 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. Pour le dispositif normalisé, cette hauteur est de 15 m.
- c) **Pente d'approche.** La pente d'approche normalisée est de 3 degrés. Cet angle peut être modifié en cas de besoin par l'autorité compétente pour assurer le franchissement d'obstacles, l'harmonisation avec un ILS ou d'autres considérations de ce genre. La pente d'approche normalisée à 3 degrés correspond à une pente réelle de 1:19,08. Dans la présente méthode de tracé graphique, on utilise une pente de 1:19 pour raison de commodité tout en conservant une précision de tracé suffisante.
- d) **Décalage.** Déplacement de l'ensemble du système en éloignement ou en direction du seuil. Il a pour effet de modifier la hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil par rapport à la valeur type de 15 m mais n'entraîne aucune modification de la configuration vue par le pilote en vol.
- e) **Déformation.** 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 passant par le centre de la barre de flanc et parallèle à la piste. S'il y a lieu d'appliquer une tolérance à ces dimensions, le résultat obtenu s'appelle déformation car il tend à déformer la configuration vue par le pilote.
- f) **Compensation du relief.** Étant donné que la bande de piste n'est pas, dans son ensemble, au même niveau que le seuil, l'implantation des ensembles lumineux à l'espacement normalisé en suivant le plan

horizontal passant par le seuil ne peut pas convenir. Une autre modification dimensionnelle est nécessaire de manière que les ensembles lumineux soient situés au niveau du sol en un point où une ligne parallèle à la pente d'approche et passant par le point théorique de l'ensemble lumineux sur le plan horizontal coupe le profil du sol.

- g) **Chaînage de l'implantation des ensembles lumineux.** Emplacement réel où la source lumineuse de chaque ensemble devrait être située, au niveau du sol. Dans la pratique on peut admettre qu'il s'agit du bord arrière de chaque ensemble lumineux et on l'utilise comme point de référence pour l'installation effective de chaque ensemble. Cette approximation demeure valide tant que tous les ensembles lumineux se trouvant nominalement au niveau du sol (c'est-à-dire ceux qui ne sont pas surélevés sur des piliers) sont montés à une distance uniforme et minimale au-dessus du niveau du sol.

8.2.3 Le chaînage de l'implantation finale des ensembles lumineux consiste en une dimension type avec des ajustements, à l'intérieur des limites de tolérance décrites ci-dessous, concernant :

- le décalage ;
- la déformation ;
- la compensation du relief.

### **Tolérances**

8.2.4 **Hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil.** La dimension type de 15 m peut être modifiée d'un maximum de +1 ou -3 m, ce qui donne une fourchette acceptable de 12 à 16 m. Pour toute variation dépassant ces limites, il y a lieu de solliciter l'avis de l'autorité compétente.

8.2.5 **Décalage.** Le décalage et la hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil sont directement liés et toute variation de l'une de ces valeurs influe directement sur l'autre proportionnellement à la pente d'approche.

*Note.— Pour une pente d'approche normalisée à 3 degrés (1:19) 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. Si l'on modifie la hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil entre 12 et 16 m, la distance de la barre de flanc varie de 228 à 304 m, ce qui correspond respectivement à un décalage maximal de 57 m en direction du seuil et de 19 m en éloignement du seuil.*

8.2.6 **Déformation.** La distance longitudinale type entre la barre de flanc et les ensembles qui forment les barres verticales de la configuration en T, selon le § 8.2.2, alinéa e), peut être modifiée dans les limites d'une tolérance maximale de  $\pm 10$  %.

*Note.— Cette tolérance peut être utilisée pour éviter des voies de circulation, etc. Il doit être clairement entendu que cette tolérance de 10 % est distincte des variations par rapport à la distance type qui sont dues à la compensation du relief.*

8.2.7 **Compensation du relief.** Bien que tous les schémas d'implantation du T-VASIS puissent tirer profit de toutes les combinaisons possibles des tolérances applicables à la hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil, au décalage ou à la déformation, il faut aussi tenir compte de l'effet de la compensation du relief pour chacun des ensembles lumineux. Il faut prendre les plus grandes précautions lorsqu'on implante des ensembles à proximité de voies de circulation ou de pistes sécantes et, dans certains cas, on peut aussi envisager de surélever dans ce but les ensembles lumineux sur des piliers, comme on le verra au § 8.2.16.

8.2.8 La ligne longitudinale formée par les ensembles lumineux d'une barre verticale parallèle à l'axe de la piste doit être située à une distance de 30 m ( $\pm 3$  m) du bord de la piste. Le bord de la piste est défini comme la distance par rapport à l'axe de la piste, qui est égale à la moitié de la largeur nominale de la piste, à l'exclusion des accotements.



8.2.9 Par conséquent, au stade de la conception du projet, les tolérances ci-dessous s'appliqueront :

Dimension : Hauteur de la pente d'approche au seuil

Normale : 15 m

Tolérance acceptable : +1 m, -3 m (hauteur au-dessus du seuil)

Dimension : Espacement des ensembles lumineux des barres verticales du T

Normale : 45 m

Tolérance acceptable :  $\pm 4,5$  m (déformation)

Normale : 90 m

Tolérance acceptable :  $\pm 9$  m (déformation)

Dimension : Distance entre la ligne longitudinale des ensembles lumineux et le bord de la piste

Normale : 30 m

Tolérance acceptable :  $\pm 3$  m

### **Levé d'implantation**

8.2.10 Avant de pouvoir déterminer l'emplacement effectif de chaque ensemble lumineux du dispositif, il faut procéder à un levé topographique du secteur. Ce levé devrait englober une zone entourant les positions prévues des barres de flanc et les deux lignes d'ensembles lumineux des barres verticales du T. Il faut aussi relever un niveau sur l'axe de la piste au passage du seuil. Les niveaux à l'intérieur des zones où les ensembles lumineux seront implantés devraient être relevés en des points distants de 10 m l'un de l'autre afin que les niveaux intermédiaires puissent être estimés avec assez d'exactitude si la position d'un ensemble se trouve entre les points auxquels les niveaux ont été effectivement relevés. En même temps que les niveaux, le levé doit porter sur l'emplacement et les dimensions de tous les éléments — chaussées, objets, canalisations, drains, etc. — qui risquent de faire obstruction à la mise en place des ensembles lumineux. La Figure 8-1 représente le secteur à l'intérieur duquel les divers points doivent être relevés.

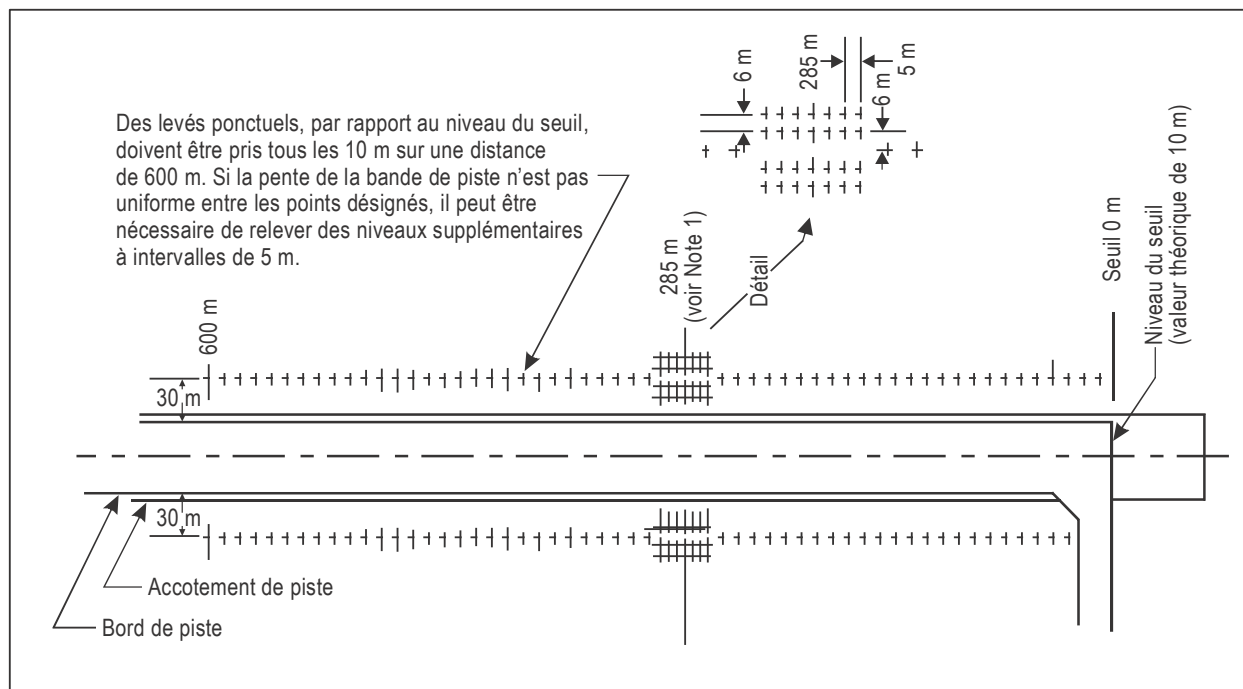
### **Franchissement d'obstacles**

8.2.11 Sachant que le signal de nuit du T-VASIS peut être visible jusqu'à environ 15 degrés de part et d'autre du prolongement de l'axe de piste (c'est-à-dire bien au-delà de la surface de protection contre les obstacles), il est recommandé que la personne chargée de concevoir l'installation vérifie toute probabilité de dépassement du relief que l'on peut prévoir dans cette zone non protégée et détermine :

- a) la possibilité pratique d'éliminer les obstacles ;
- b) la nécessité de réduire l'ouverture en azimut ;
- c) la nécessité de prendre d'autres mesures appropriées, par exemple l'éclairage des obstacles.

### **Conception**

8.2.12 La Figure 8-2 représente un modèle de T-VASIS pour une pente d'approche normalisée à 3 degrés (1:19) et une valeur normale de 15 m de la hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil. Si l'on prévoit d'utiliser d'autres valeurs, soit dans les limites de tolérance acceptables, soit hors de ces limites avec l'approbation de l'autorité compétente, les modifications appropriées doivent être apportées s'il y a lieu.



## NOTES.—

1. Le point de grille correspondant aux niveaux doit être déplacé de 10 m le long de la piste pour chaque tranche de 0,5 m de dénivellation entre le niveau théorique du seuil (10 m) et le niveau le plus élevé des quatre niveaux de grille sur la ligne de 285 m ; p. ex. niveau du seuil : 10 m, niveau à 285 m : 9,5 ; déplacer la grille de 10 m *en éloignement du seuil*.
2. Il n'est pas nécessaire de relever les niveaux sur les voies de circulation sécantes.
3. Les objets, canalisations, drains, etc. qui risquent de faire obstruction à la mise en place d'un ensemble lumineux doivent être représentés avec leurs dimensions.

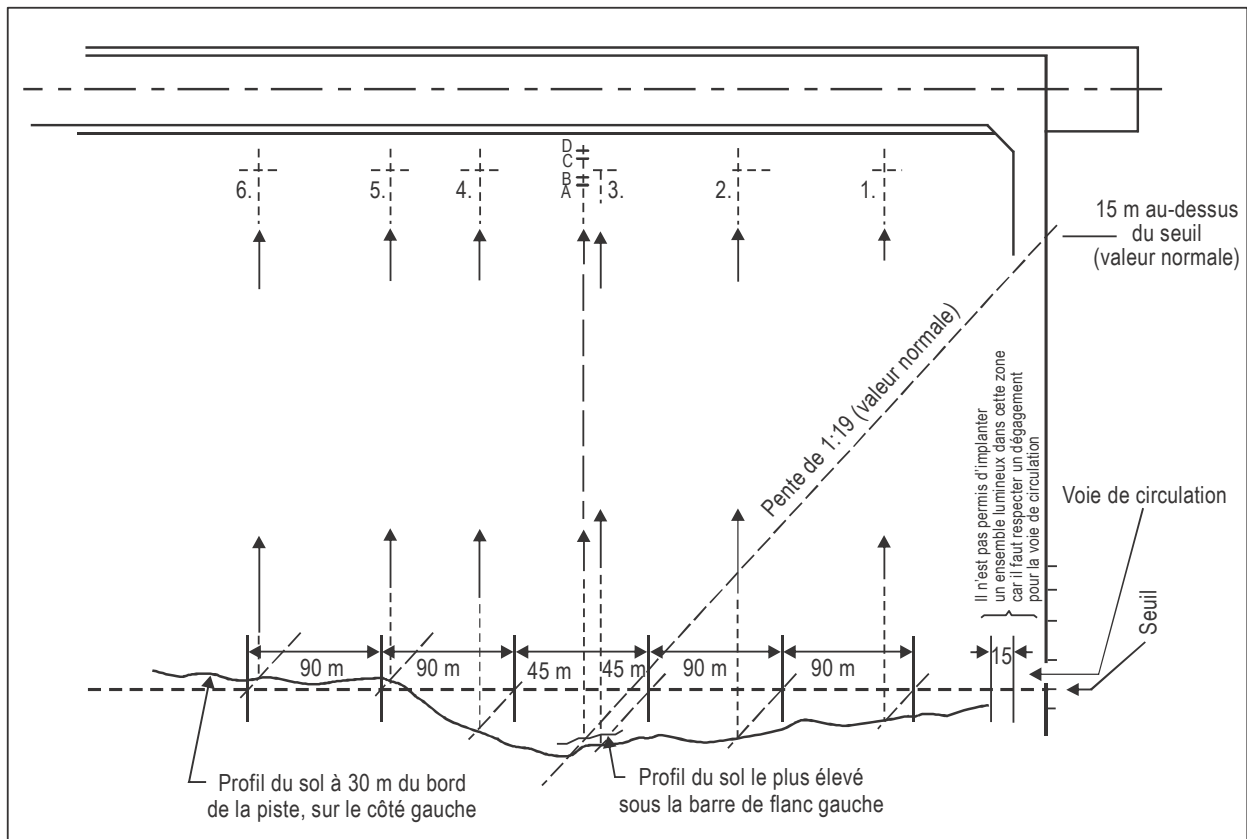
Figure 8-1. Levé d'implantation du T-VASIS

8.2.13 Lorsqu'un T-VASIS ou un AT-VASIS doit être installé en complément d'un ILS (ou d'un MLS), il doit être conçu de manière à être compatible avec l'alignement de descente de l'ILS (ou du MLS). Si la hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil se situe à 1 m au-dessus de la hauteur de l'alignement de descente ILS au-dessus du seuil, on a constaté que cette situation satisfait la plupart des aéronefs. Dans le cas des grands aéronefs dont la distance verticale œil-antenne (EAH) est nettement supérieure à 1 m dans l'assiette d'approche, les pilotes peuvent harmoniser les repères de pente d'approche de leurs instruments et du T-VASIS en prenant la barre de flanc et un feu « descendez » du T-VASIS comme leur indication « sur la pente ».

8.2.14 En utilisant le niveau du seuil sur l'axe de la piste comme point de référence, on trace un profil des niveaux dans la bande le long de la ligne des ensembles lumineux des barres verticales gauche ou droite du T à 30 m du bord de la piste.

*Note 1.— Une échelle verticale exagérée aide à relever les niveaux et augmente la précision pour déterminer les emplacements des ensembles lumineux.*

*Note 2.— Il est important à ce stade d'indiquer les limites de toutes les voies de circulation ou pistes sécantes et leurs limites de dégagement sur le profil pour montrer où on ne peut pas placer les ensembles lumineux.*



**Figure 8-2. Schéma d'un T-VASIS pour une pente d'approche à 3 degrés et une valeur de 15 m de la hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil**

8.2.15 Par un point à la hauteur normale de 15 m au-dessus du seuil, on fait passer une ligne de pente de 1:19 coupant le profil à l'emplacement approximatif de la barre de flanc. À l'aide des données topographiques du levé, on trace les profils longitudinaux de chacun des ensembles lumineux de la barre de flanc. L'intersection de la ligne de pente et du plus haut de ces quatre profils constitue le chaînage d'implantation de l'ensemble lumineux de référence de la barre de flanc.

*Note 1.— Si une pente d'approche différente de 1:19 doit être utilisée, l'angle de la pente doit être déterminé avec une précision permettant son utilisation pratique avec cette méthode graphique, mais il ne doit pas différer de plus de 0,1 de l'angle effectivement calculé.*

*Note 2.— Il y a généralement une pente transversale descendant depuis la piste de telle façon que l'ensemble lumineux de barre de flanc qui est le plus proche de la piste se trouvera le plus élevé et servira par conséquent d'ensemble de référence pour la barre de flanc.*

8.2.16 Étant donné que les quatre ensembles lumineux de la barre de flanc doivent nécessairement être montés au même niveau, dans les limites de tolérance de  $\pm 25$  mm, les autres ensembles lumineux doivent être montés sur des piliers à moins que la dénivellation soit faible ou que toutes les positions se trouvent au même niveau. La hauteur des piliers peut être déterminée d'après les dénivellations du sol entre les emplacements des ensembles lumineux.

8.2.17 On trace une droite horizontale à une position convenable, c'est-à-dire juste au-dessus du niveau du seuil et complètement dégagée du profil du sol. En partant du point d'intersection de cette droite avec la ligne de pente précédemment tracée, on marque les distances utiles de 45 m, 90 m et 90 m dans chaque direction sur la droite horizontale. Depuis ces points, on trace des parallèles à la ligne de pente précédente pour venir couper le profil du sol. Ces nouveaux points d'intersection sont les chaînages d'implantation de chacun des ensembles lumineux de la barre verticale du T.

*Note.— Lorsqu'on modifie l'intervalle normal entre la barre de flanc et les ensembles lumineux adjacents de la barre verticale du T pour tirer profit de la tolérance de déformation, la barre de flanc doit, dans toute la mesure possible, être située à mi-distance entre ces ensembles adjacents.*

8.2.18 Si ce schéma est tel qu'un ensemble lumineux se trouve à moins de 15 m d'une voie de circulation ou d'une piste sécante, on pourra recourir aux tolérances de décalage et de déformation ou utiliser des piliers, comme indiqué au § 8.2.22, pour placer cet ensemble hors de la zone interdite.

8.2.19 S'il s'agit d'un T-VASIS bilatéral, on utilise la même procédure pour déterminer les positions de tous les ensembles lumineux de l'autre côté de la piste. Les lignes de pente qui servent à déterminer les chaînages d'implantation des ensembles lumineux doivent être communes aux deux côtés du dispositif.

### **Dégagement des chaussées**

8.2.20 Un dégagement minimal de 15 m sera assuré entre une partie quelconque d'un ensemble lumineux de T-VASIS (mais non la dalle de fondation) et la chaussée adjacente d'une piste ou d'une voie de circulation.

*Note.— Ce dégagement de 15 m impose certaines contraintes à l'implantation d'un dispositif. Par exemple, il n'est pas possible de faire passer une voie de circulation de 22,5 m dans l'espace situé entre la barre de flanc et l'un quelconque des ensembles lumineux adjacents d'une barre verticale du T. Par contre, une piste sécante peut normalement passer entre deux éléments lumineux adjacents d'une barre verticale du T qui ne sont pas en même temps adjacents à la barre de flanc.*

8.2.21 On peut faire en sorte qu'un ensemble lumineux paraisse plus éloigné du seuil qu'il ne l'est en réalité en le surélevant sur un pilier, le changement apparent dans le sens longitudinal étant égal à 19 fois le changement apporté en hauteur, ce qui correspond à la pente d'approche type de 1:19. (Le rapport de ce changement apparent sera modifié en conséquence si l'angle de la pente d'approche est différent.)

8.2.22 En cas de besoin, on peut utiliser des piliers pour déplacer les ensembles lumineux en vue de maintenir le dégagement par rapport aux chaussées voisines. La hauteur maximale admissible d'un pilier est de 0,6 m. Il faut éviter d'employer des piliers dans toute la mesure possible lorsque les ensembles lumineux sont situés dans des positions qui sont vulnérables au souffle direct des réacteurs. Lorsqu'on utilise des piliers, leur hauteur doit être indiquée d'une part sur le plan du site du T-VASIS et, d'autre part, de façon permanente sur une plaque de métal ou d'un matériau analogue, fixée à la dalle de fondation.

### **Vérification arithmétique**

8.2.23 Une fois que l'on a déterminé graphiquement les chaînages d'implantation des ensembles lumineux, il est recommandé de procéder à une vérification arithmétique de la configuration pour déterminer si les emplacements calculés sont exacts et si les emplacements des ensembles lumineux des deux côtés de la piste sont compatibles. La Figure 8-3 représente un modèle de formule qu'il est suggéré d'utiliser pour effectuer la vérification arithmétique et consigner les résultats.

Emplacement		N°							
Niveau du seuil									
Angle de la pente d'approche									
Hauteur du plan d'approche au-dessus du seuil									
Distance entre la ligne d'ensemble lumineux d'une barre verticale du T et le bord de la piste									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ensemble lumineux n°	Distance relevée	Dénivellation	Compensation du relief (col. 3 × 19)	Distance type	Distance calculée (col. 5 + col. 4)	Différence (col. 2 et col. 6)	Chaînage calculé (col. 4 P-S)	Chaînage relevé (col. 2 P-S)	Différence (col. 8 et col. 9)
1									
2									
3									
Barre de flanc									
4									
5									
6									
7							Plan de levé n°		
8									
9									
Barre de flanc							Plan d'implantation n°		
10									
11									
12							Graphique n°		

Remarques :

Signature \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_

Figure 8-3. Formule de vérification arithmétique de la configuration du T-VASIS

8.2.24 Sur cette formule, les termes et expressions ci-dessous sont utilisés :

- a) **Distance relevée (colonne 2).** Il s'agit du chaînage depuis le seuil jusqu'au chaînage d'implantation de l'ensemble lumineux, déterminé graphiquement.
- b) **Dénivellation (colonne 3).** Différence entre le niveau du seuil et le niveau du sol à l'emplacement du chaînage d'implantation de l'ensemble lumineux, déterminée d'après les données du levé topographique. Dans le cas de la barre de flanc, on utilise le niveau de la position d'ensemble lumineux la plus élevée. Lorsqu'on utilise des piliers pour les ensembles lumineux des barres verticales du T, la hauteur de ces piliers doit être incluse dans la valeur de la dénivellation.
- c) **Compensation du relief (colonne 4).** Distance sur laquelle un ensemble lumineux est décalé par rapport à sa position normale en raison d'une différence entre le niveau du seuil et le niveau du sol à la position de cet ensemble. Pour un dispositif à pente d'approche normalisée de 1:19, cette distance est égale à la dénivellation (colonne 3) multipliée par 19. Pour les systèmes dont la pente est différente de 3 degrés, le coefficient de multiplication est déterminé dans la Note 1 qui fait suite au § 8.2.15.
- d) **Distance type (colonne 5).** Distance du seuil au chaînage d'implantation de l'ensemble lumineux si le dispositif était installé sur un sol horizontal. Tout décalage ou toute déformation de la configuration due à la présence de voies de circulation, etc., doit être incluse dans la distance type aux fins de la vérification arithmétique.
- e) **Distance calculée (colonne 6).** Somme de la distance type (colonne 5) et de la compensation du relief (colonne 4).
- f) **Différence entre les colonnes 2 et 6 (colonne 7).** Comparaison représentant la différence entre la distance relevée et la distance calculée du seuil au chaînage d'implantation de l'ensemble lumineux. Si la différence est inférieure à 1,5 m, la configuration est acceptable ; sinon, il y a lieu de réexaminer le tracé.

8.2.25 Étant donné que chaque paire d'ensembles lumineux, côté droit et côté gauche, doit apparaître au même niveau que les barres de flanc correspondantes pour un pilote qui les voit en descendant la pente d'approche, il y a lieu de vérifier les points suivants :

- a) **Variation du chaînage calculé (colonne 8).** Il s'agit de la différence que présente le chaînage calculé d'un ensemble lumineux de droite par rapport à l'ensemble lumineux correspondant de gauche, d'après la colonne 4.
- b) **Variation du chaînage relevé (colonne 9).** Il s'agit de la différence que présente le chaînage relevé d'un ensemble lumineux de droite par rapport à l'ensemble lumineux correspondant de gauche, d'après la colonne 2.
- c) **Différence entre les colonnes 8 et 9 (colonne 10).** Il s'agit de la différence entre la variation du chaînage calculé et la variation du chaînage relevé. Si cette différence est inférieure à 1,5 m, la configuration est acceptable ; sinon, il y a lieu de réexaminer le tracé.

*Note.*— Pour cette vérification, il est indispensable d'utiliser des signes compatibles dans les colonnes 7 et 9.

8.2.26 Pour l'AT-VASIS, les instructions du § 8.2.25 ne s'appliquent pas.

### Plan du site

8.2.27 Une fois terminés le schéma d'implantation et la vérification arithmétique, il y a lieu d'établir un plan du site de l'installation prévue, montrant toutes les chaussées et les autres caractéristiques physiques, par exemple les drains, se trouvant dans la zone, tous les chaînages d'implantation des ensembles lumineux, et les hauteurs des piliers, s'il y a lieu.

### Calcul des valeurs de la hauteur minimale de l'œil du pilote au-dessus du seuil (MEHT)

8.2.28 L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 2, section 2.12, alinéa e), spécifie que des renseignements sur les valeurs de la MEHT\* du T-VASIS (AT-VASIS) doivent être publiés dans les publications d'information aéronautique pertinentes. Cette valeur doit correspondre à la hauteur la plus faible à laquelle le pilote apercevra seulement la barre (ou les barres) de flanc ; cependant, les hauteurs auxquelles la barre (ou les barres) de flanc plus un, deux ou trois feux « descendez » deviennent visibles peuvent également être indiquées si ces renseignements présentent de l'intérêt pour les aéronefs en approche. Pour le T-VASIS (AT-VASIS), la MEHT est la hauteur au-dessus du seuil de la partie supérieure du signal blanc du premier ensemble lumineux « montez » du dispositif (c'est-à-dire celui qui est le plus près de la barre de flanc, voir Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Figure 5-17). De même, la hauteur au-dessus du seuil de la partie supérieure du signal blanc de la barre de flanc représente la hauteur minimale à laquelle la barre (ou les barres) de flanc plus un feu « descendez » deviennent visibles. On emploie la même méthode pour calculer les hauteurs auxquelles la barre de flanc plus deux ou trois feux « descendez » deviennent visibles.

### Hauteur de l'œil du pilote au-dessus du seuil

8.2.29 Étant admis que la hauteur nominale de l'œil du pilote au-dessus du seuil est de 15 m, les pilotes peuvent choisir, d'après le tableau ci-après, une indication de trajectoire d'approche visuelle qui leur assure la marge nécessaire des roues au passage du seuil.

<i>Feux visibles</i>	<i>Hauteur de l'œil au-dessus du seuil</i>
Barre de flanc seulement	de 13 à 17 m
Barre de flanc et un feu « descendez »	de 17 à 22 m
Barre de flanc et deux feux « descendez »	de 22 à 28 m
Barre de flanc et trois feux « descendez »	de 28 à 54 m

*Note.— Quand la hauteur de l'œil au-dessus du seuil dépasse environ 30 m, c'est-à-dire deux fois la pente d'approche nominale, les feux deviennent progressivement invisibles, en commençant par la barre de flanc.*

### Ensembles lumineux du T-VASIS (à volet d'occultation)

#### Description des ensembles

8.2.30 Le T-VASIS emploie trois types d'ensembles lumineux dont la construction de base est la même et qui ne varient que dans le détail. Ces trois types sont les suivants :

---

\* La MEHT est la hauteur la plus faible à laquelle le pilote percevra une indication « sur la pente » au passage du seuil.

- a) L'ensemble lumineux « descendez », représenté à la Figure 8-4A, est utilisé dans la barre verticale du T inversé. Il est doté d'un volet d'occultation arrière monté au-dessus du faisceau et d'un volet d'occultation avant monté au-dessous du faisceau. Il émet un faisceau ayant une limite supérieure en site de 6 degrés et une limite inférieure correspondant approximativement à la pente d'approche, où il est brusquement occulté. Son couvercle de fibre de verre n'atteint pas le bord avant de l'ensemble.
- b) L'ensemble lumineux de barre de flanc, représenté à la Figure 8-4B, est utilisé dans la barre transversale du T. Il est doté d'un volet d'occultation arrière monté au-dessus du faisceau et d'un filtre rouge situé à la partie inférieure avant. Il émet un faisceau dont l'ouverture en site s'étend depuis le niveau du sol jusqu'à 6 degrés, la partie inférieure de ce faisceau, jusqu'à 1°54', étant rouge. Comme pour l'ensemble lumineux « descendez », le couvercle n'atteint pas le bord avant de l'ensemble.
- c) L'ensemble lumineux « montez », représenté à la Figure 8-4C, est utilisé pour la barre verticale du T vu à l'endroit. Il est doté d'un volet d'occultation arrière au-dessous du faisceau qui, avec un volet avant au-dessus du faisceau, produit une occultation brusque à la limite supérieure du faisceau. Un secteur de lumière rouge est obtenu au moyen d'un filtre rouge arrière monté au-dessus du faisceau et d'un volet avant au-dessous du faisceau. Cet ensemble lumineux produit un faisceau qui s'étend approximativement depuis la pente d'approche jusqu'au niveau du sol, la partie inférieure, au-dessous de 1°54', étant rouge. Contrairement aux autres types, l'ensemble lumineux « montez » est entièrement couvert.

8.2.31 Les volets de chaque ensemble lumineux sont dotés de deux petits supports fixés à chaque extrémité et au sommet desquels sont fixés des plateaux. Les volets sont montés de manière que la distance entre la surface d'appui du volet et le plateau reste dans des limites de tolérance nominales très précises.

8.2.32 Un niveau de conception spéciale à haute sensibilité reposant sur le plateau du volet avant et sur le plateau du volet arrière est placé sur les supports ; l'ensemble est alors ajusté jusqu'à ce que les plateaux soient de niveau, et l'ensemble lumineux se trouve ainsi réglé à l'angle voulu.

### **Lampes**

8.2.33 La plupart des lampes utilisées dans le balisage lumineux d'aérodrome sont conçues pour être employées avec un équipement de projection précis en vue d'émettre un faisceau lumineux contrôlé répondant aux normes applicables. À cet égard, les lampes du T-VASIS ne font pas exception. Étant 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, le réflecteur et la lentille, qui sont soudés ensemble) sont celles qui répondent le mieux aux besoins.

8.2.34 Les lampes peuvent être réglées indépendamment en azimut et 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.

### **Réglage final**

8.2.35 Le réglage final du dispositif comprend le réglage directionnel de chaque lampe, la mise de niveau transversale et la mise de niveau longitudinale précise de chaque ensemble lumineux. La précision de l'ensemble du système dépend du soin avec lequel les réglages sont effectués.

8.2.36 En utilisant le niveau pour régler d'abord un côté d'une source lumineuse, puis l'autre, il est possible de régler l'ensemble du dispositif de manière que les bords d'occultation des faisceaux lumineux obtenus correspondent aux angles de site requis, à 30 secondes d'arc près.



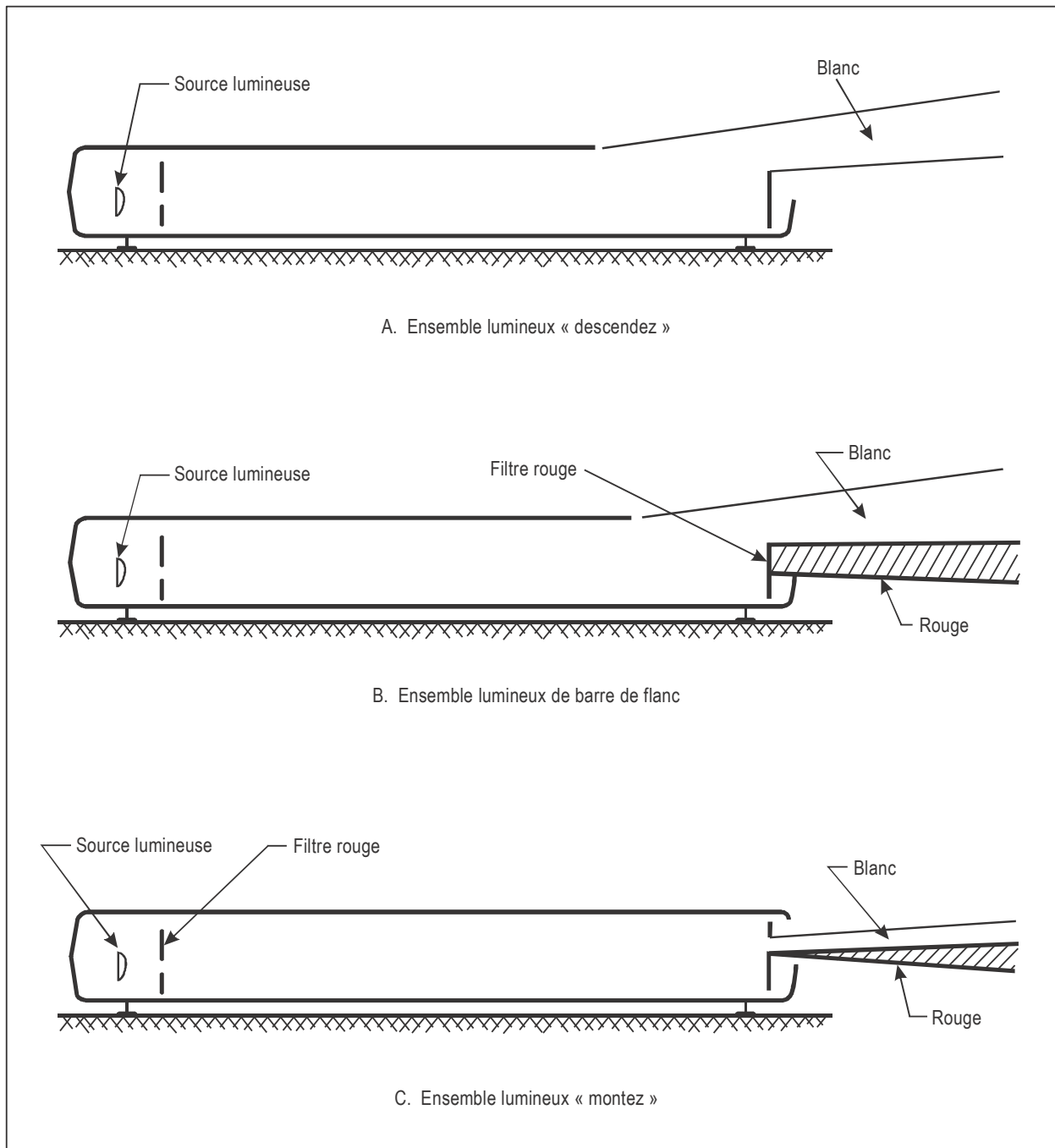


Figure 8-4. Ensembles lumineux du T-VASIS (à volet d'occultation)

8.2.37 Une fois que tous les ensembles lumineux sont ainsi réglés, il faudrait vérifier périodiquement si chaque ensemble est de niveau ; au début, la vérification devrait se faire à intervalles rapprochés mais, lorsque la stabilité a été confirmée, l'intervalle peut être porté à six mois.

8.2.38 Pour obtenir un signal net et la portée maximale du dispositif, il est indispensable d'utiliser le secteur le plus intense des faisceaux de lampes.

8.2.39 À cet effet, on peut utiliser une mire montée temporairement à l'avant de l'ensemble lumineux, de manière que la direction du faisceau lumineux de chaque lampe puisse être ajustée en azimut et en site.

8.2.40 En raison des différences de construction qui existent entre les lampes, il est indispensable de procéder, après le réglage, à une vérification visuelle de chaque ensemble lumineux à une distance d'environ 10 m. À travers l'ouverture ménagée entre les volets supérieur et inférieur, l'observateur peut vérifier la linéarité de l'intensité lumineuse et, s'il y a lieu, faire apporter des corrections par une aide ; l'observateur peut vérifier que les signaux sont occultés simultanément sur toute la largeur du faisceau, c'est-à-dire qu'ils ne paraissent pas glisser le long de l'ouverture lorsqu'il lève ou baisse les yeux. En outre, chaque lampe doit éclairer la zone maximale, c'est-à-dire que l'étroit pinceau lumineux doit être ininterrompu sur toute sa largeur.

8.2.41 La répartition de l'intensité des ensembles lumineux doit être conforme aux données de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-22.

### **Ensembles lumineux du T-VASIS (à projection)**

8.2.42 Une autre méthode permettant d'émettre les faisceaux lumineux qui doivent caractériser le T-VASIS est représentée à la Figure 8-5.

8.2.43 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. Un certain nombre de blocs optiques sont prévus pour l'utilisation de jour et un plus petit nombre, pour l'utilisation de nuit.

8.2.44 Étant donné les principes de construction utilisés, un seul modèle d'ensemble lumineux peut être employé pour tous les éléments d'un T-VASIS, c'est-à-dire comme ensemble de barre de flanc, ensemble « montez » ou ensemble « descendez ». Les seules différences se situent dans le filtre et le diaphragme, ainsi que dans les angles de calage en site des blocs optiques. C'est pourquoi un seul ensemble lumineux est représenté à la Figure 8-5. C'est le faisceau « montez » qui est représenté car il est le plus critique.

### **Lampes**

8.2.45 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. Pour obtenir la différence entre les ouvertures de faisceau nécessaires de jour et de nuit, on utilise des lentilles différentes dans les blocs optiques correspondants.

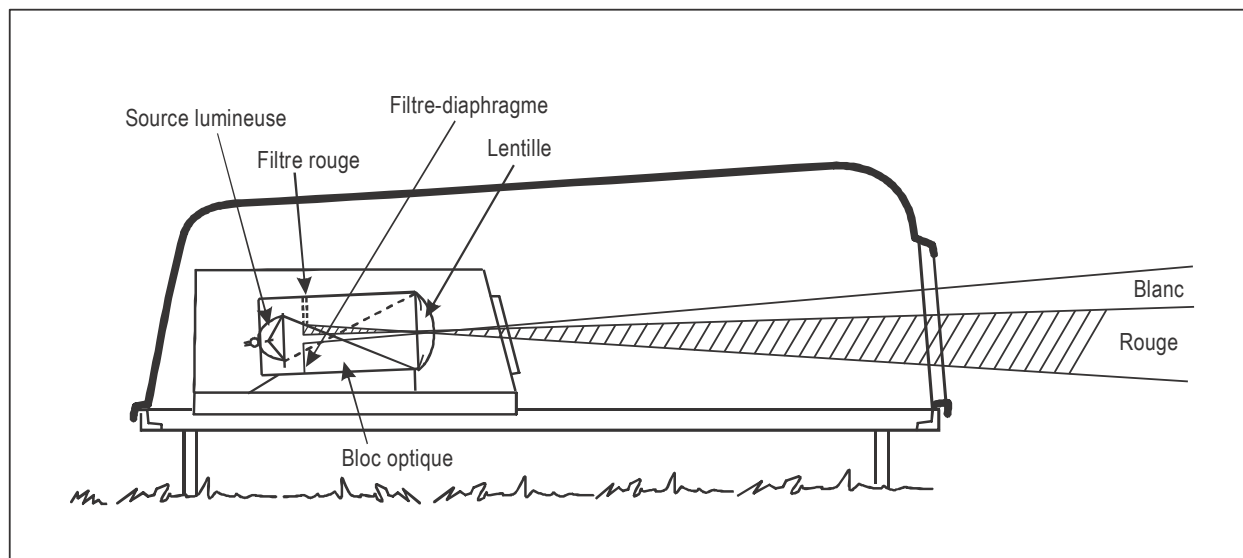


Figure 8-5. Ensemble « montez » du T-VASIS — Système optique type (à projection)

### Réglage final

8.2.46 Le réglage final consiste à mettre le bloc optique de niveau dans le sens transversal et à le mettre de niveau avec précision dans le sens longitudinal. Les ouvertures de faisceau ayant été réglées en usine et les blocs optiques étant compacts et rigides, les vérifications ultérieures des ouvertures de faisceau ne sont effectuées qu'à titre de confirmation.

8.2.47 La vérification initiale et les vérifications au sol faites ultérieurement pour confirmation sont effectuées au moyen d'un dispositif comportant un niveau de précision et une lunette en combinaison avec une mire de visée réglable. Il n'est pas nécessaire que cette mire soit montée sur un socle en béton.

8.2.48 Des blocs d'alimentation à trois réglages d'intensité de jour et trois réglages d'intensité de nuit sont normalement fournis. Dans certains cas, on utilise des blocs d'alimentation à cinq réglages d'intensité.

### Vérifications en vol

8.2.49 À l'occasion des essais de réception, il est recommandé de procéder à des vérifications en vol, de jour et de nuit ; ces vérifications devraient porter sur les points suivants :

- a) tous les feux du dispositif émettent des faisceaux d'intensité uniforme ;
- b) tous les feux qui constituent la configuration apparaissent dans un plan sensiblement horizontal ;
- c) les feux correspondants de part et d'autre de la piste apparaissent et, le cas échéant, changent de couleur, simultanément ;
- d) le dispositif indique la pente d'approche correcte, et les angles d'occultation qui apparaissent sont corrects eux aussi ;

- e) les ensembles lumineux « descendez » et « montez » du T apparaissent par paliers uniformes à mesure que la pente d'approche varie ;
- f) les barres de flanc et les ensembles lumineux « montez » du T changent de couleur à la valeur correcte de l'angle ;
- g) la distance depuis laquelle le dispositif peut être utilisé est acceptable ;
- h) l'angle d'azimut, mesuré par rapport au prolongement de l'axe de piste, à l'intérieur duquel le dispositif complet est visible, de jour comme de nuit, est satisfaisant ;
- i) la progression des paliers de réglage d'intensité est acceptable ;
- j) l'intensité du dispositif concorde avec celle des feux de piste lorsque les deux sont réglés à la même valeur ;
- k) la marge de franchissement d'obstacles, lorsque le dispositif « passe au rouge », est satisfaisante.

Si les angles effectivement observés aux alinéas d), f) et k) sont mesurés au cours de la vérification de jour, il n'est pas nécessaire de les mesurer de nuit et une évaluation subjective sera suffisante.

8.2.50 Les points ci-dessous devraient être vérifiés lors des essais en vol périodiques :

- a) la pente d'approche correcte est indiquée ;
- b) la sensibilité du signal « sur la pente » est acceptable. Si le premier ensemble « montez » et le premier ensemble « descendez » sont réglés à des angles différents, le signal ne sera pas assez sensible ;
- c) le signal rouge des ensembles lumineux des barres de flanc et des ensembles « montez » est satisfaisant ;
- d) le passage d'un T « montez » à un T « descendez » est régulier et progressif, et les feux situés de part et d'autre de la piste fonctionnent simultanément ;
- e) l'intensité des feux est uniforme.

### 8.3 PAPI

#### Configuration et angles de calage en site

8.3.1 Les différentes dispositions des ensembles du PAPI et de l'APAPI, ainsi que les différentes configurations qui en résultent sont représentées respectivement aux Figures 8-6 et 8-7, en même temps que les angles de calage différentiel normalisés. L'angle d'approche nominal est désigné par la lettre  $\phi$ , l'angle de référence MEHT\*, par la lettre M (voir § 8.3.62), et la surface de protection contre les obstacles, par l'abréviation OPS (voir § 8.3.55 à 8.3.57).

8.3.2 Le bord intérieur de l'ensemble du PAPI le plus proche de la piste devrait se trouver à 15 m ( $\pm 1$  m) du bord de piste. Les ensembles ne devraient jamais se trouver à moins de 14 m d'une voie de circulation, d'une aire de

---

\* La MEHT est la hauteur la plus faible à laquelle le pilote percevra une indication « sur la pente » au passage du seuil.

trafic ou d'une autre piste. Dans le cas de l'APAPI, le bord intérieur de l'ensemble le plus proche de la piste devrait être à 10 m ( $\pm 1$  m) du bord de piste. Les ensembles ne devraient jamais se trouver à moins de 9 m d'une voie de circulation, d'une aire de trafic ou d'une autre piste.

8.3.3 L'espacement entre deux ensembles consécutifs du PAPI (voir Figure 8-6) sera en principe de 9 m ( $\pm 1$  m) ; toutefois, cet espacement peut être réduit jusqu'à un minimum de 6 m lorsque la bande n'est pas assez large pour loger les quatre ensembles avec un espacement de 9 m. En pareil cas, l'ensemble « D » du PAPI situé le plus à l'intérieur devrait de préférence être tout de même implanté à 15 m mais jamais à moins de 10 m ( $\pm 1$  m) du bord de piste. L'espacement entre les ensembles de l'APAPI (voir Figure 8-7) sera de 6 m ( $\pm 1$  m).

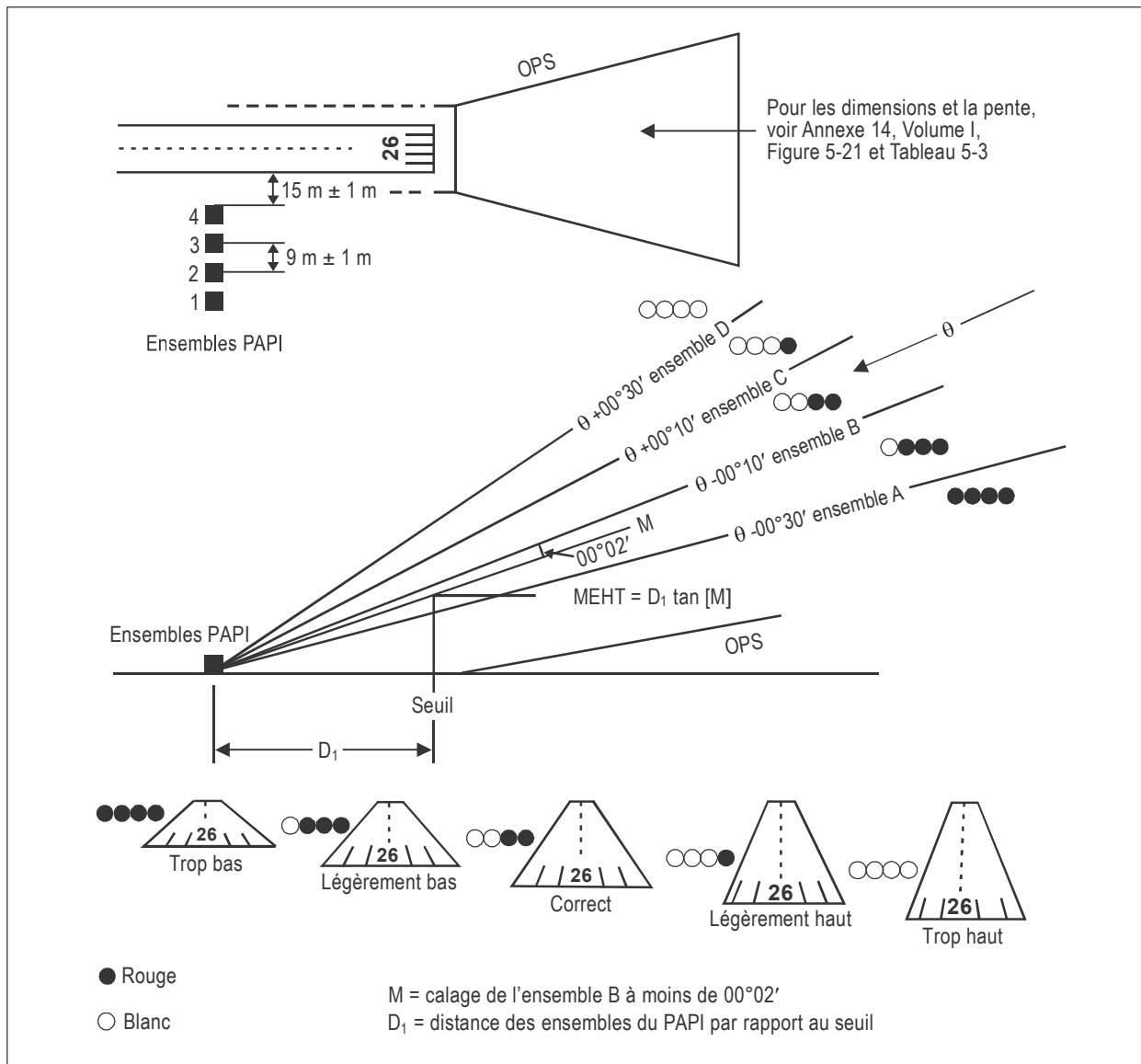


Figure 8-6. Disposition des ensembles du PAPI et configuration résultante

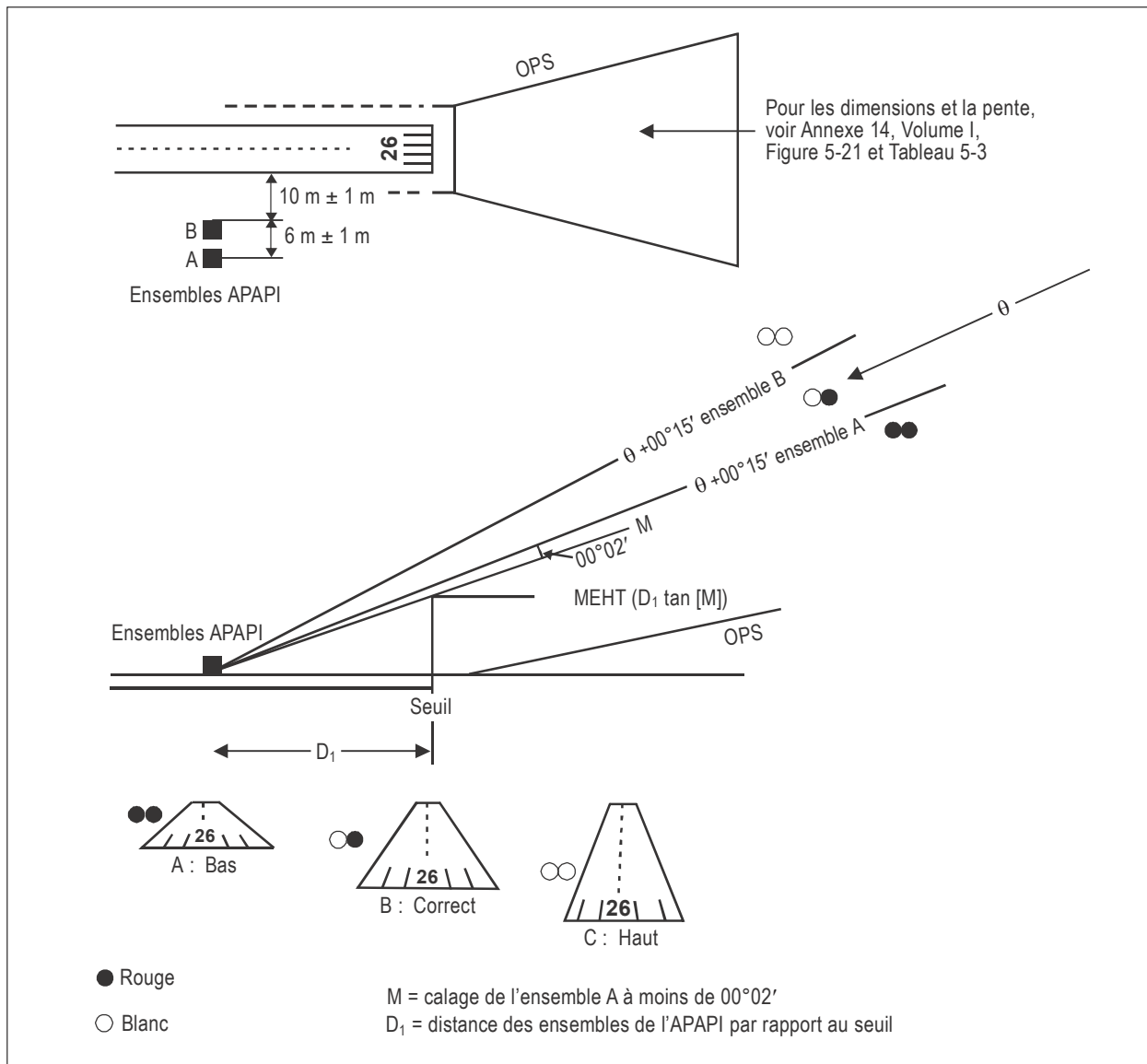


Figure 8-7. Disposition des ensembles de l'APAPI et configuration résultante

8.3.4 Le dispositif devrait être placé du côté gauche de la piste, à moins que cette solution soit impossible dans la pratique. Si le dispositif est installé du côté droit, l'angle de calage maximal devrait être celui de l'ensemble le plus proche de la piste et l'angle de calage minimal, celui de l'ensemble le plus éloigné. La combinaison des éléments gauche et droit donne la configuration symétrique représentée à la Figure 8-8, qui peut être utilisée lorsque la piste reçoit des aéronefs ayant besoin d'un guidage extérieur en roulis qui n'est pas assuré par d'autres moyens (voir les notes qui font suite aux § 5.3.5.23 et 5.3.5.24 de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5).

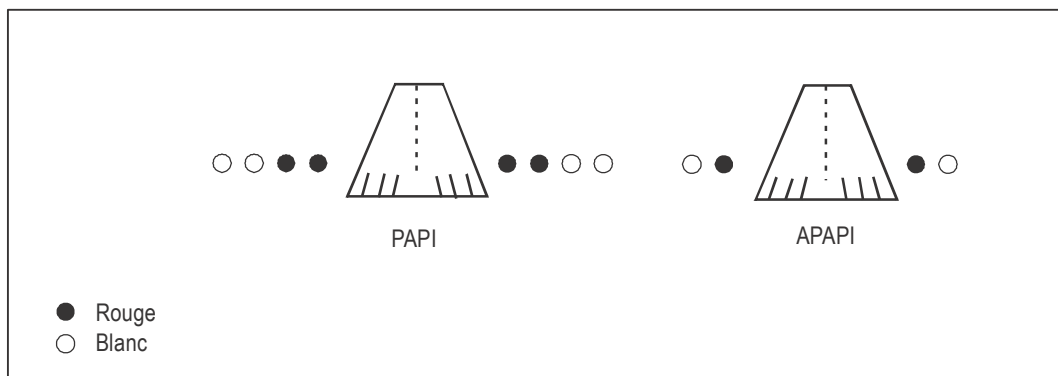


Figure 8-8. Ensembles du PAPI et de l'APAPI de part et d'autre d'une piste

8.3.5 Le PAPI comprend une barre de flanc de quatre ensembles lumineux alignés perpendiculairement à la piste. L'ensemble le plus proche de la piste est calé plus haut que l'angle d'approche nominal et le calage des autres ensembles est réduit progressivement en fonction de leur éloignement par rapport à la piste. La différence normale entre les angles de calage est de 20 minutes d'arc. Cette valeur peut être modifiée lorsque le PAPI est utilisé avec un guidage non visuel (voir § 8.3.49) et avec des angles d'approche supérieurs à 4 degrés (voir § 8.3.64 et 8.3.65).

8.3.6 Le dispositif APAPI comprend une barre de flanc de deux ensembles lumineux alignés perpendiculairement à la piste. Pour les angles d'approche de plus de 7 degrés, l'ensemble le plus proche de la piste est calé à 15 minutes plus haut que l'angle d'approche nominal et celui qui est le plus éloigné de la piste est calé à 15 minutes plus bas que l'angle d'approche nominal. Pour les angles d'approche supérieurs à 7 degrés, 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, à 30 minutes plus bas que l'angle d'approche nominal.

### Caractéristiques des ensembles du PAPI et de l'APAPI

#### Type de signal

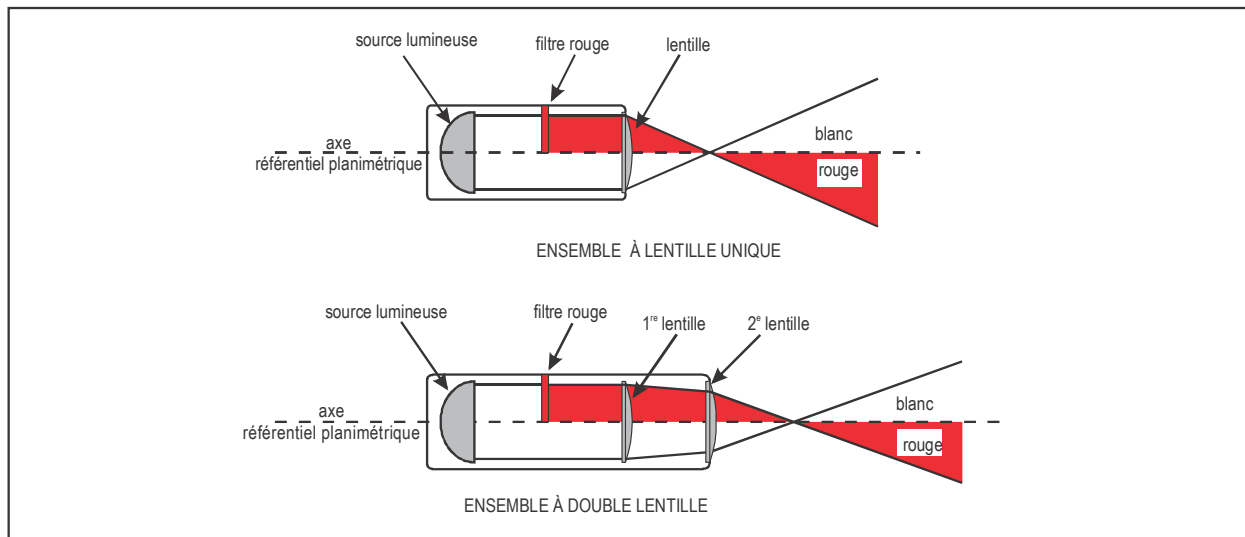
8.3.7 Les dispositifs PAPI et APAPI utilisent des ensembles qui émettent un signal lumineux dont la moitié inférieure est rouge et la moitié supérieure, blanche. Le principe optique des ensembles à lentille unique ou à double lentille est représenté à la Figure 8-9.

### Essai des ensembles du PAPI et de l'APAPI

8.3.8 Il faut procéder à des essais des ensembles lumineux du PAPI et de l'APAPI pour vérifier leur performance en termes d'intensité, de couleur et de zone de transition.

#### Spécifications de l'équipement

8.3.9 La zone de transition entre le signal rouge et le signal blanc devrait paraître définie de manière franche et se produire de façon quasi instantanée lorsqu'on l'observe à des distances supérieures à 300 m. Les spécifications d'équipement des dispositifs PAPI et APAPI devraient donc définir non seulement le diagramme isocandela général et les coordonnées chromatiques des secteurs rouge et blanc du signal, mais aussi les caractéristiques (la largeur) de transition franche.



*Note.— Les ensembles du PAPI à LED peuvent ne pas avoir de filtre car la couleur est fournie par les diodes elles-mêmes.*

**Figure 8-9. Ensembles lumineux du PAPI, à lentille unique et à double lentille**

8.3.10 Les ensembles qui assurent une transition suffisamment franche présentent une zone de transition ne dépassant pas 3 minutes d'arc en site et à des angles d'azimut pouvant atteindre jusqu'à 8 degrés, de part et d'autre du centre du faisceau, zone pouvant s'ouvrir jusqu'à un maximum de 5 minutes à 15 degrés de part et d'autre de l'axe du faisceau.

8.3.11 Comme le montre la Figure 8-10, l'intensité est mesurée aux nœuds d'une grille à intervalles de 0,5 degré dans le plan vertical et de 1 degré dans le plan horizontal. L'intensité n'est pas mesurée dans la zone de transition à 0 degré dans le plan vertical. Le champ de données qui en résulte est ensuite comparé aux exigences de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-23.

8.3.12 Comme le montre la Figure 8-10, les mesures de la couleur sont prises à intervalles de  $\pm 0,5$  degré dans le plan vertical pour les bords donnés du faisceau lumineux au centre du faisceau (0 degré dans le plan horizontal) et à  $\pm 8,0$  degrés dans le plan horizontal. La couleur est aussi mesurée à 0 degré dans le plan horizontal et à  $\pm 4,0$  degrés dans le plan vertical, ce qui donne au total 8 points de mesure.

8.3.13 La zone de transition est évaluée par observation à une distance de 300 m. Il y a au moins trois observateurs. La transition du signal blanc au signal rouge se fait sur 3 minutes d'arc au centre du faisceau et sur 5 minutes d'arc aux bords du faisceau. Une ligne passant par le centre de la zone de transition à +8 degrés, 0 degré et -8 degrés doit être droite dans l'angle de 3 minutes d'arc.

### **Angles de calage**

8.3.14 En usine, l'axe du plan de transition est aligné avec précision sur l'axe de référence de l'ensemble, qui est l'élément de référence de l'angle de calage (Figure 8-9). L'angle de calage de l'ensemble coïncide donc avec l'angle de site du faisceau et peut être calé ou vérifié à l'aide d'un clinomètre ou par un moyen équivalent.



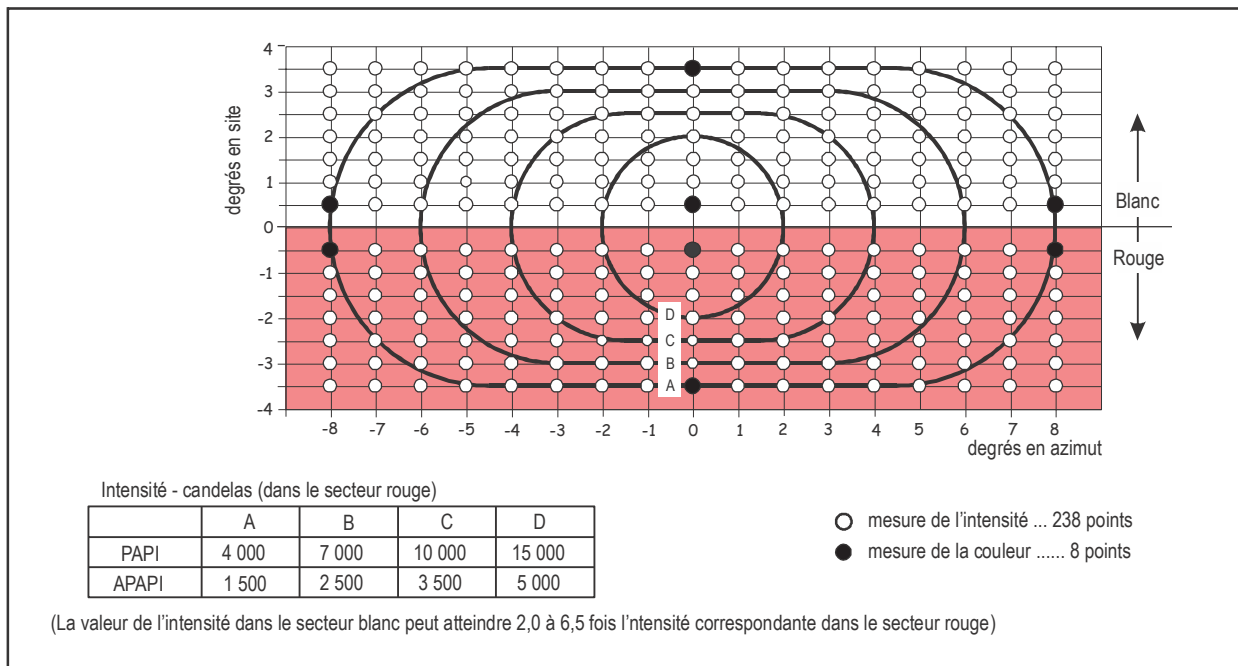


Figure 8-10. Mesures de l'intensité et de la couleur

### Brillance

8.3.15 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-23, présente en détail la répartition d'intensité des ensembles lumineux du PAPI et de l'APAPI pour une largeur de 8 degrés en azimut et de 5 degrés en site, de part et d'autre de l'axe du faisceau. Ce graphique ne présente en détail que la partie centrale du faisceau. Les ensembles lumineux normalement utilisés dans les dispositifs PAPI et APAPI devraient avoir une ouverture en azimut d'environ 30 degrés (soit 15 degrés de part et d'autre de l'axe du faisceau) et une ouverture en site établie en proportion pour assurer que le dispositif puisse fournir le guidage nécessaire dans toutes les conditions d'exploitation. Jusqu'à cinq réglages de brillance dans la plage de 100 à 1 % peuvent être nécessaires, selon la puissance des ensembles, les conditions de fonctionnement et l'environnement de l'aérodrome. Les réglages de plus forte intensité peuvent être requis lorsqu'à l'arrière-plan, le soleil éclaire la neige. Des intensités supérieures à 10 % peuvent éblouir les pilotes dans des conditions de nuit claire.

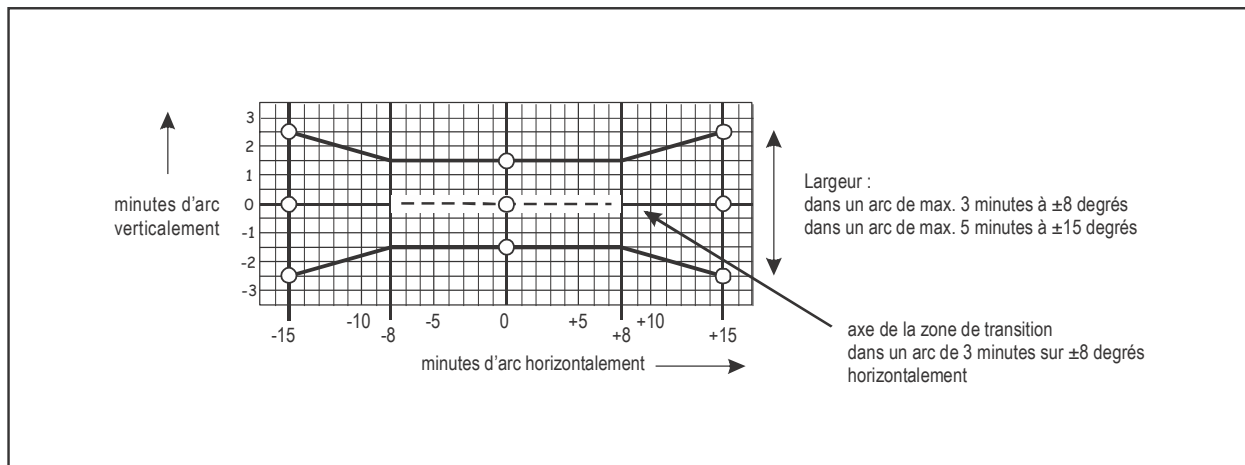
### Frangibilité et résistance au souffle des réacteurs

8.3.16 Les ensembles devraient être conçus pour être fixés sur leurs bases au moyen de montures frangibles pour qu'ils puissent se détacher en cas de collision.

8.3.17 Les ensembles devraient être conçus de façon à minimiser le risque que le souffle des réacteurs les endommage.

### Résistance aux corps étrangers

8.3.18 Les ensembles devraient être conçus de façon à résister à la pénétration de corps étrangers, d'insectes, etc.



**Figure 8-11. Évaluation de la zone de transition**

### Condensation et glace

8.3.19 Des éléments chauffants peuvent être nécessaires pour prévenir la formation de condensation et de glace sur les lentilles des ensembles lumineux. Il est aussi possible de prévenir la formation de condensation et de glace en laissant les ensembles fonctionner à plus faible puissance lorsque le dispositif n'est pas utilisé. Les ensembles qui ne sont pas dotés d'un moyen permettant de tenir chaud le verre des lentilles ont besoin d'une brève période de réchauffage à intensité maximale avant utilisation pour chasser la condensation ou enlever la pellicule de glace sur les lentilles. Les mesures préventives qui seront prises devraient être fonction des conditions d'exploitation.

### Inspection et vérification

#### Installation initiale

8.3.20 L'installation initiale sera effectuée soit par l'agent du constructeur, soit en stricte conformité avec ses instructions de montage. Par la suite, l'autorité compétente devrait fixer un intervalle de temps raisonnable pour les vérifications au sol au moyen d'un clinomètre et des méthodes décrites aux § 8.3.23 à 8.3.42. Il sera nécessaire de vérifier les ensembles plus souvent aux endroits où le sol est moins stable ou dont le climat est caractérisé par des conditions extrêmes qui risquent de provoquer un déplacement des socles. Dans de nombreuses conditions, une vérification mensuelle de l'alignement des angles de calage est suffisante.

#### Inspection régulière — Méthode de vérification

8.3.21 Les angles de calage des ensembles lumineux sont vérifiés individuellement à l'aide d'un clinomètre ou d'un moyen équivalent de mesure angulaire, conformément aux instructions du fabricant. Les ensembles lumineux sont alignés le mieux possible sur les angles requis car des erreurs non corrigées auront une incidence sur l'ouverture du secteur « sur la pente ».

8.3.22 Une comparaison visuelle de tous les ensembles du système calés au même angle peut être utilisée pour repérer un éventuel défaut d'alignement entre le système optique et le plan de référence. Il est aussi possible d'évaluer

le faisceau lumineux par des moyens externes, tels que des méthodes de levé et d'analyse d'images, qui sont indépendantes de la construction de l'ensemble lumineux. Il est nécessaire que les éléments d'optique soient alignés en tenant compte des éléments de structure physique de leur boîtier, donc de la lampe, des lentilles et du bord du filtre également. La cause de toute erreur d'alignement doit être vérifiée et corrigée avant tout nouvel ajustement des angles de calage.

#### **Utilisation d'un clinomètre**

8.3.23 Les dispositifs PAPI sont généralement fournis avec un clinomètre qui sert à vérifier l'angle de visée des ensembles lumineux. Le clinomètre, comme le montre la Figure 8-12, se compose d'une base et d'un bras mobile sur lequel on peut placer un niveau à bulle de précision. Le clinomètre est placé sur la structure du PAPI et ouvert à l'angle de visée souhaité. L'angle du clinomètre étant inverse à celui de l'ensemble lumineux, le niveau à bulle indique zéro lorsque le bras est ouvert et que l'ensemble lumineux est correctement orienté. Une autre version du clinomètre consiste uniquement en une base et un rapporteur numérique est utilisé pour lire directement l'angle. Le clinomètre peut aussi être doté d'un deuxième niveau à bulle qui est utilisé pour mettre l'ensemble lumineux à l'horizontale dans la direction transversale. Le dispositif peut être placé dans ou sur l'ensemble lumineux et l'angle de visée peut être présenté sous la forme d'un affichage numérique à l'extérieur du PAPI. Ce type d'affichage est avantageux car il permet de vérifier rapidement si l'ensemble lumineux a été déplacé.

#### **Vérification au sol**

8.3.24 Le géomètre du site effectue une vérification au sol du PAPI à l'intervalle approprié pour l'aéroport, en utilisant une méthode indépendante du clinomètre. Cette vérification au sol n'est cependant pas une technique d'étalonnage et si une anomalie est identifiée, la remise à zéro de l'ensemble lumineux est effectuée avec le clinomètre.

*Note.— Avec certains modèles de PAPI, il se peut que le faisceau émis ne se forme pas à des distances proches de l'ensemble lumineux. Dans ces cas, la méthode de levé de terrain et les autres méthodes de vérification/surveillance des angles de calage décrites ci-dessous ne seront peut-être pas possibles ou devront être modifiées de manière appropriée.*

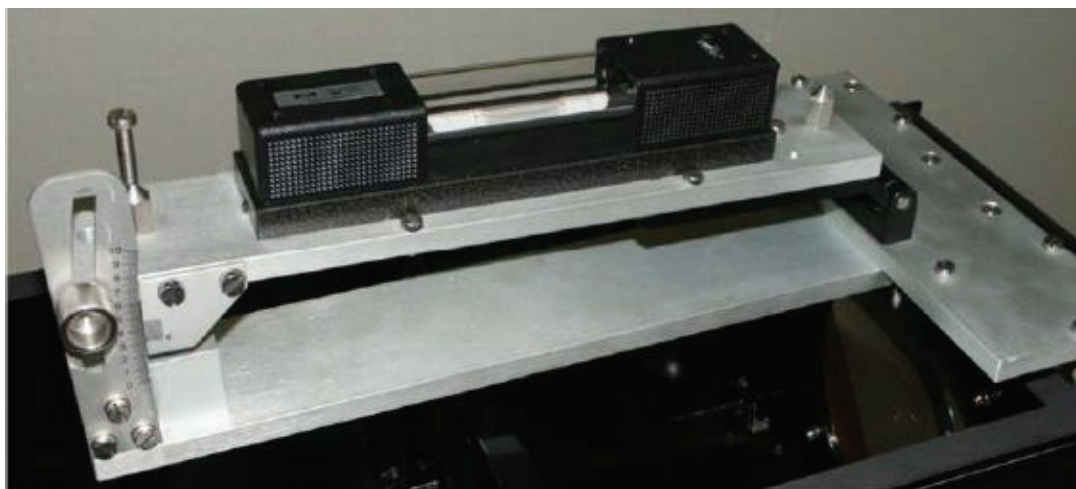


Figure 8-12. Clinomètre à niveau à bulle

Photo : ADB Safegate

### Méthode du levé de terrain

8.3.25 La méthode du levé de terrain, avec une précision d'environ 3 minutes d'arc, repose sur l'utilisation d'un théodolite, d'une mire et d'une équerre d'ingénieur. La mise en place est illustrée dans les Figures 8-13 et 8-14. Cette méthode consiste à se placer face à un ensemble lumineux du PAPI pour observer le faisceau émis depuis le blanc jusqu'au rouge. Si l'intensité ne peut être réduite à une valeur appropriée pour l'observation, on utilise des lunettes noires ou des lunettes de soudeur.

8.3.26 Un théodolite est placé sur le dessus de l'ensemble lumineux et mis de niveau. Le théodolite pourrait être placé à un autre endroit mais le sommet de l'ensemble lumineux s'avère simplement pratique. L'important est que le théodolite soit mis de niveau de manière à être indépendant du PAPI sur lequel il est placé. On détermine le décalage,  $h_2$ , du centre du théodolite (le centre du pivot horizontal de la lunette) par rapport au point de référence de l'ensemble lumineux (bord inférieur du filtre, milieu de la lentille ou filament de la lampe). La distance entre la paroi extérieure du boîtier de l'ensemble lumineux et l'axe du bloc optique varie en fonction de la marque et du modèle ; elle est généralement de 30 cm.

8.3.27 L'observateur se place à une distance où il voit le faisceau blanc lorsqu'il est debout et le faisceau rouge lorsqu'il fléchit les jambes. La distance par rapport au PAPI importe peu, mais est généralement de 30 m car l'angle est obtenu par le théodolite lui-même. Un moyen spécial d'observation peut être requis pour des systèmes dont les pentes de descente dépassent largement les 3 degrés.

8.3.28 L'observateur tient la mire dans une main et glisse l'équerre d'ingénieur vers le haut le long de la mire jusqu'à un point où il obtient le signal blanc. Ce point est indiqué comme le point  $h''$ . L'observateur glisse ensuite l'équerre vers le bas jusqu'à obtention du signal rouge. Ce deuxième point est indiqué comme le point  $h'$ .

8.3.29 Le point intermédiaire de la zone de transition est  $h_1 = (h' + h'')/2$ . Le décalage est ajouté pour obtenir la hauteur  $h = h_1 + h_2$ . L'observateur tient l'équerre à la hauteur  $h$  et l'angle est lu sur le théodolite. La lecture de la hauteur est répétée dans « l'autre sens » du théodolite pour éliminer toute erreur.

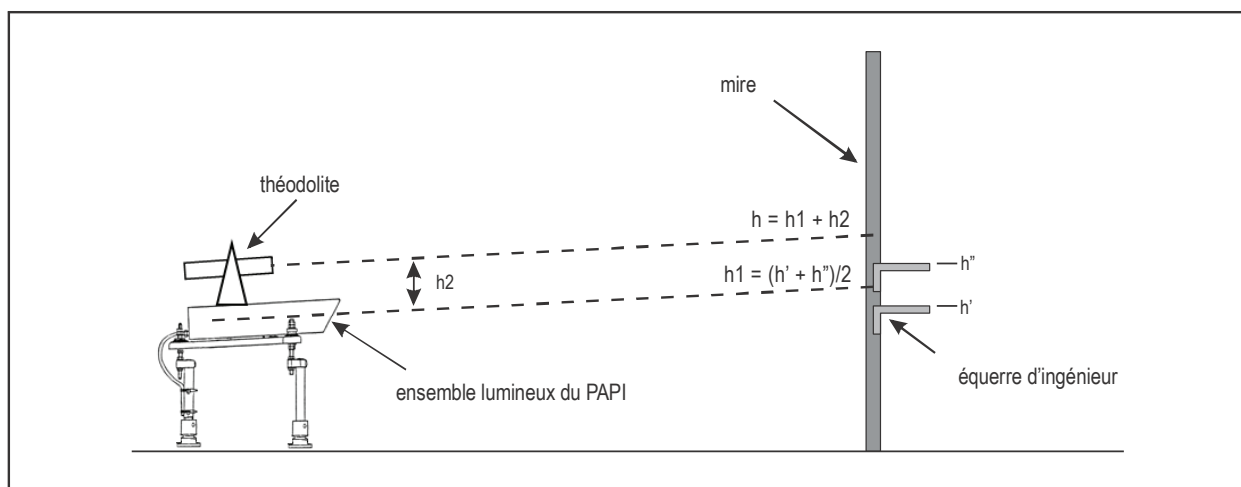


Figure 8-13. Méthode de levé — Mise en place

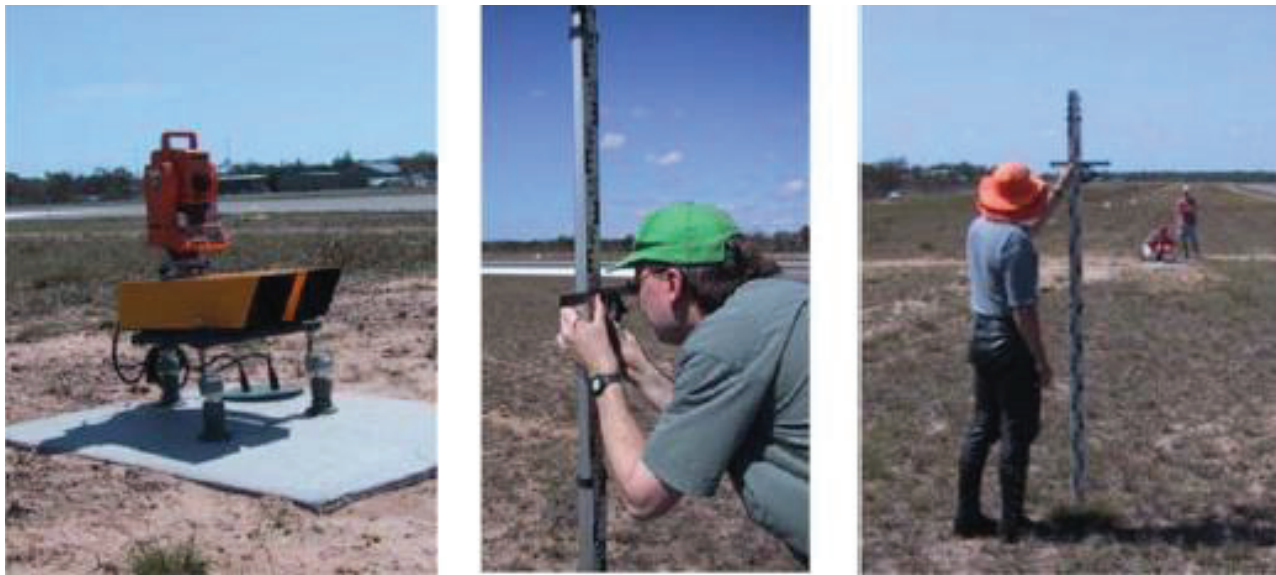


Figure 8-14. Méthode de levé de terrain

Photo : Research Engineers

8.3.30 La méthode de levé de terrain génère une série de valeurs obtenues avec un clinomètre et un théodolite dans un angle de 3 minutes d'arc. En cas d'anomalie, il convient de tenir compte des facteurs suivants :

- a) La performance de l'observateur : Répétez le processus avec un autre observateur. Pour chaque itération, veillez à ce que ce soit la même personne qui réalise la mesure de tous les feux d'un système, afin d'assurer la cohérence.
- b) Intensité : Une intensité trop forte va toujours mener à des lectures de mesures (mesures de la hauteur sur la mire) trop basses.
- c) Calages : Réutilisez le clinomètre et vérifiez que le feu est orienté correctement. Il se peut qu'il faille réétalonner le clinomètre lui-même selon les instructions du fabricant, bien que ce soit une cause d'erreur peu probable mais néanmoins possible.
- d) Lampes : De vieilles lampes proches de leur fin de vie peuvent présenter un affaissement du filament, ce qui altère la focalisation du faisceau. Vérifiez que la lampe est positionnée correctement dans le réflecteur.
- e) Mesures : La mesure de l'angle est prise sur une portée relativement courte et doit être revérifiée. Une légère erreur de mesure du décalage du théodolite ou de la marque sur la mire peut avoir une incidence significative sur le résultat final.
- f) Structure de l'ensemble lumineux : Si d'autres facteurs n'apportent pas de réponse, l'ensemble lumineux lui-même peut avoir été endommagé pendant le transport ou pendant son installation.

#### **Utilisation d'une nacelle**

8.3.31 Certains États utilisent une nacelle, comme illustré aux Figures 8-15 et 8-16, pour accroître la distance d'observation jusqu'à 150 m afin d'améliorer la précision des mesures.



Figure 8-15. Utilisation d'une nacelle Photo : STAC, France



Figure 8-16. PAPI vu depuis une nacelle Photo : STAC, France



### **Méthode de l'analyse d'images**

8.3.32 Bien que le clinomètre ait un haut degré de précision, il donne une mesure de la visée par rapport à la structure physique de l'ensemble lumineux et non par rapport au faisceau lumineux réel projeté. Il se peut que l'axe optique ne coïncide pas avec l'axe mécanique de l'ensemble lumineux en raison de l'impact produit par l'échappement d'une souffleuse à neige ou en raison de dommages subis pendant le transport.

8.3.33 La méthode de l'analyse d'images permet une mesure indépendante de l'orientation spatiale du centre de la zone de transition rose. Comme illustré à la Figure 8-17, cette méthode repose sur une caméra/un capteur à déclenchement automatique relié à un ordinateur portable équipé d'un logiciel d'analyse d'images spécialisé. Une fois que l'opérateur a effectué le positionnement initial, le logiciel du système ordonne à la caméra de rechercher automatiquement un point d'inclinaison égal à celui du centre de la zone de transition, comme le montre la Figure 8-18. La mesure est indépendante car le système obtient son plan de référence au moyen d'une plate-forme gravitationnelle électronique. La tête de mesure au sommet d'un trépied spécifique est généralement placée à une distance de 10 à 15 m de l'ensemble lumineux soumis à vérification et à une hauteur qui coupe la zone de transition du faisceau. La mesure de l'angle, avec une précision de moins d'1 minute d'arc, est disponible immédiatement sur l'écran de l'ordinateur, y compris les instructions sur la façon de corriger le positionnement horizontal/vertical de l'ensemble lumineux, si nécessaire.

8.3.34 La caméra utilisée pour la méthode de l'analyse d'images est orientée directement sur l'ensemble lumineux du PAPI pour identifier le positionnement de la zone de transition, contrairement à la méthode du levé de terrain, qui dépend de la moyenne des observations faites par un opérateur humain. En recueillant les informations sur la luminance, le système d'analyse d'images peut effectuer des évaluations d'autres caractéristiques du faisceau lumineux du PAPI, telles que la chromaticité, l'intensité et la planéité de la zone de transition. De plus, le logiciel présente des outils de diagnostic pour une mise au point et un alignement précis des éléments optiques et mécaniques du PAPI. D'autres capacités de diagnostic incluent l'analyse de composants tels que l'état des ampoules, la propreté du réflecteur et l'inclinaison transversale des filtres. Par rapport à d'autres moyens, cette méthode a été considérée comme la plus précise et la plus rapide pour vérifier les angles de calage du PAPI et elle ne dépend pas de l'habileté de l'opérateur. Le capteur optoélectronique à nivellement automatique peut s'ajuster pour s'adapter à l'intensité de sortie du PAPI, ce qui permet une analyse à pleine intensité, tout en évitant la difficulté posée par l'éblouissement dans le cas d'une observation humaine directe.

8.3.35 En raison de sa précision et de son exactitude, la méthode de l'analyse d'images a été autorisée par certains États comme substitut aux contrôles en vol.

### **Utilisation d'un écran de vérification**

8.3.36 Les angles de calage du PAPI peuvent être confirmés à l'aide d'un écran de vérification, comme le montrent les Figures 8-19, 8-20 et 8-21. L'écran est monté sur une perche de longueur connue et attaché à l'aide d'une fixation frangible fixée sur un socle en béton permanent, à une distance de 20 m en avant de l'ensemble lumineux du PAPI. Il faut huit socles. Si l'on prend, à titre d'exemple, le cas d'un ensemble du PAPI calé sur un angle de 2 degrés 50 minutes, l'écran de vérification et la perche de montage doivent être de dimensions suffisantes pour que la hauteur de la ligne du zéro (H) soit égale à  $20 \cdot \tan 2,8 = 0,98$  m. La hauteur (H) sera différente pour chaque ensemble lumineux.

8.3.37 L'écran comporte des marques à des intervalles de 1 minute d'arc sur une plage de 5 minutes de part et d'autre de la ligne du zéro. La transition rouge/blanc se produit sur la ligne du zéro. Si ce positionnement n'est pas observé, l'angle du PAPI doit être ajusté.

8.3.38 La nuit, le faisceau de sortie de l'ensemble lumineux du PAPI est observé sur l'avant de l'écran. De jour, la couleur du faisceau de sortie est observée depuis l'arrière de l'écran, à travers les trous percés dans ce dernier. Au terme de la vérification, l'écran est retiré afin qu'il n'entrave pas le passage du signal destiné aux pilotes.



Figure 8-17. Mise en place type de la méthode de l'analyse d'images

Photo : Argos Ingegneria

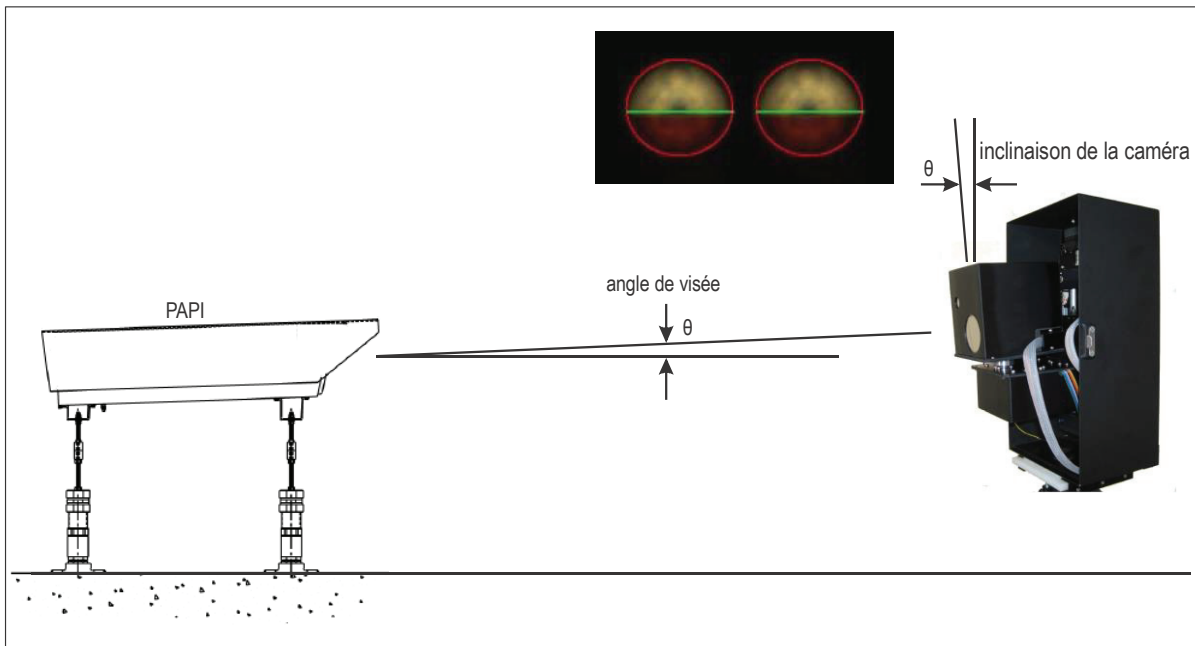


Figure 8-18. Observation externe du faisceau du PAPI

Photo : Argos Ingegneria



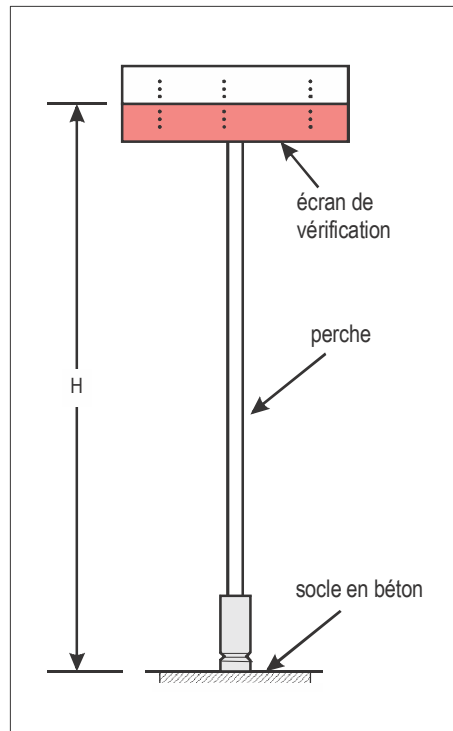


Figure 8-19. Montage de l'écran de vérification

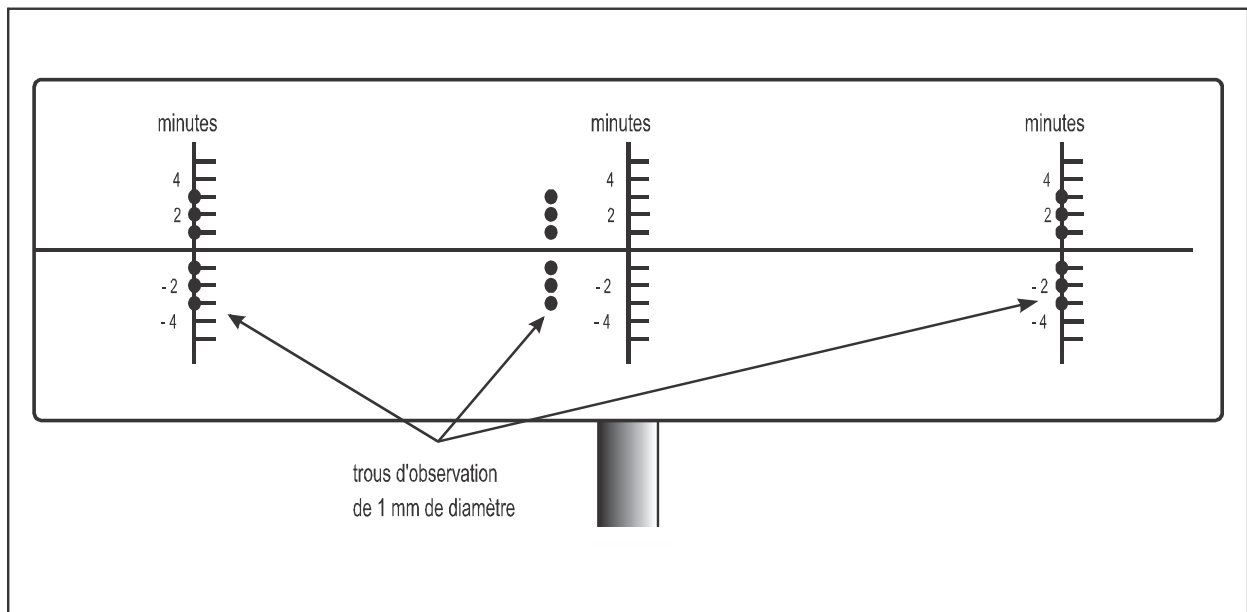


Figure 8-20. Écran de vérification avec ensembles de trous à intervalles de 1 minute

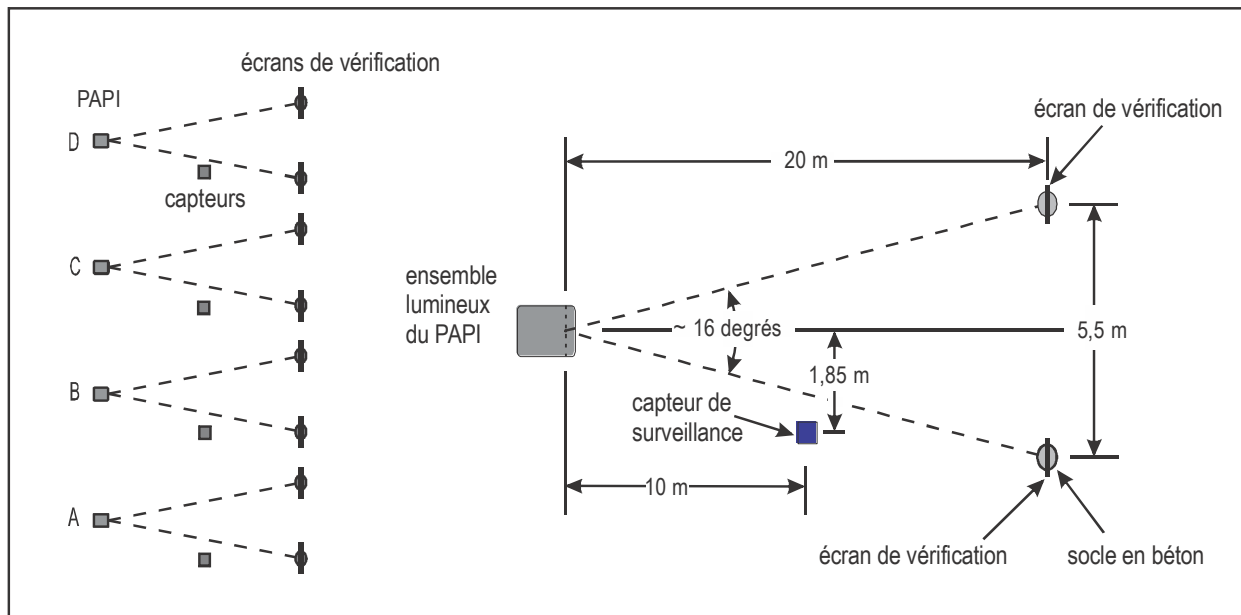


Figure 8-21. Emplacement de l'écran de vérification / des capteurs de surveillance

### Surveillance automatique

8.3.39 Certains aéroports peuvent juger approprié et plus pratique de fournir un moyen de surveillance automatique. Un capteur est placé à 10 m en avant de l'ensemble lumineux du PAPI et monté à la hauteur de la zone de transition, comme le montrent les Figures 8-22 et 8-23. Le capteur est placé à 1,85 m de l'axe du PAPI (10,5 degrés), de sorte que le passage de la partie utilisable du signal lumineux ne soit pas entravé.

8.3.40 Le capteur est capable de détecter des mouvements dans la zone de transition par intervalles de 0,5 minute et générera une alarme en cas de mouvement de 3 à 6 minutes d'arc. Le capteur est installé de façon permanente et fonctionne en continu, transmettant des informations au centre de maintenance de l'aéroport.

8.3.41 En cas de détection d'une anomalie, un nouvel ajustement du calage est effectué à l'aide de l'écran de vérification.

### Inspection en vol

8.3.42 Une inspection en vol d'une nouvelle installation doit être réalisée par l'autorité compétente afin de confirmer le fonctionnement correct du système. Cette inspection doit vérifier la portée, la brillance, les angles de calage (pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs d'alignement flagrantes), et la compatibilité avec l'alignement de descente pour approche de précision (le cas échéant).



**Figure 8-22. Capteur photo**

Photo : Ministère du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme, Japon



**Figure 8-23. Installation de capteurs de surveillance automatique** Photo : Aéroport international de Narita

### Utilisation d'un système d'aéronef non habité (UAS)

8.3.43 On peut aussi utiliser un système d'aéronef non habité (UAS) pour mesurer les angles de calage du PAPI. Un UAS se compose d'ordinaire d'un aéronef non habité (UA), d'une station de commande ou d'un poste de télépilotage (RPS), d'une liaison de données (liaison C2) entre l'UA et le RPS, pour la gestion du vol, et, parfois, d'autres éléments tels qu'un dispositif de lancement et de récupération et un système sol de traitement dans lequel les données des mesures sont téléchargées. Pour assurer une précision dimensionnelle élevée, une station de base fonctionnant en mode cinématique en temps réel (RTK) est nécessaire. Les données recueillies peuvent être visualisées en temps réel sur place et enregistrées pour analyse ultérieure.

8.3.44 Pour une opération type, l'UA est positionné à au moins 300 m en aval du système PAPI. Un balayage ou une mesure dans le plan vertical par l'UA permet à l'opérateur de déterminer les hauteurs  $h_1$  et  $h_2$ , qui correspondent aux limites supérieure et inférieure de la zone de transition du rouge au blanc, comme l'illustre la Figure 8-24. L'angle de calage  $\theta$  de l'ensemble lumineux est par la suite calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(h_1 + h_2)}{2d}$$

où :

$h_1$  et  $h_2$  sont les limites supérieure et inférieure de la zone de transition ;  
 $d$  est la distance horizontale de l'UA par rapport au PAPI.

8.3.45 Un balayage dans le plan horizontal par l'UA, illustré à la Figure 8-25, permet à l'opérateur de déterminer les limites latérales du PAPI, qui correspondent aux points à partir desquels le signal des ensembles lumineux D et A cesse d'être visible.

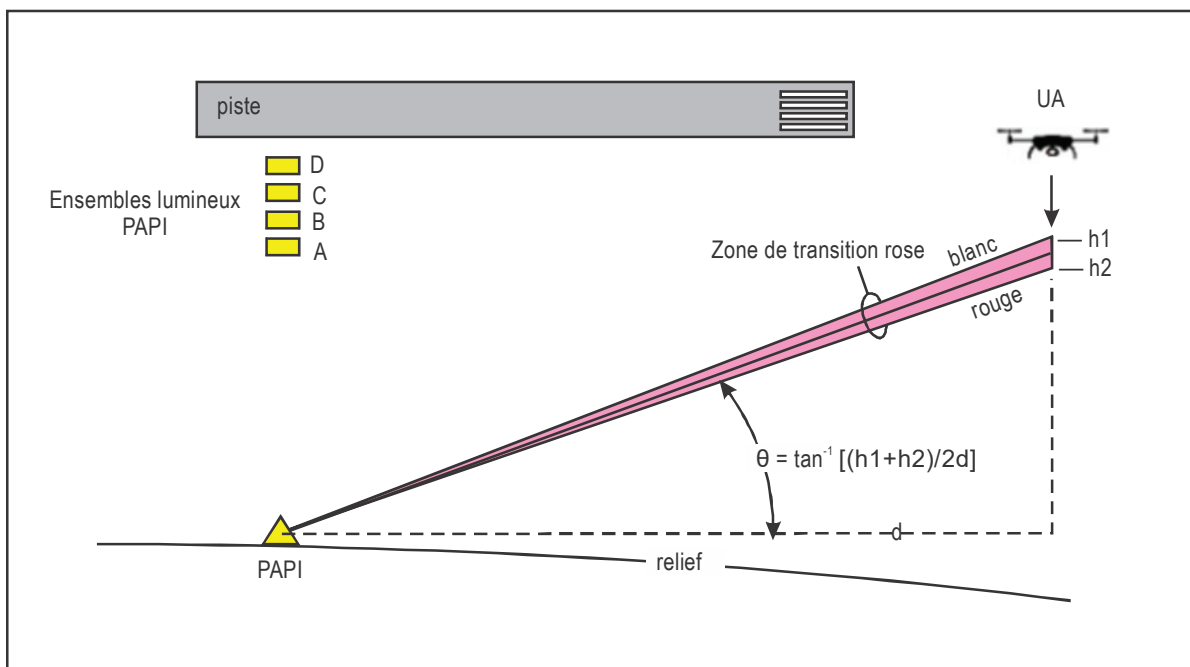


Figure 8-24. Détermination des angles de calage du PAPI

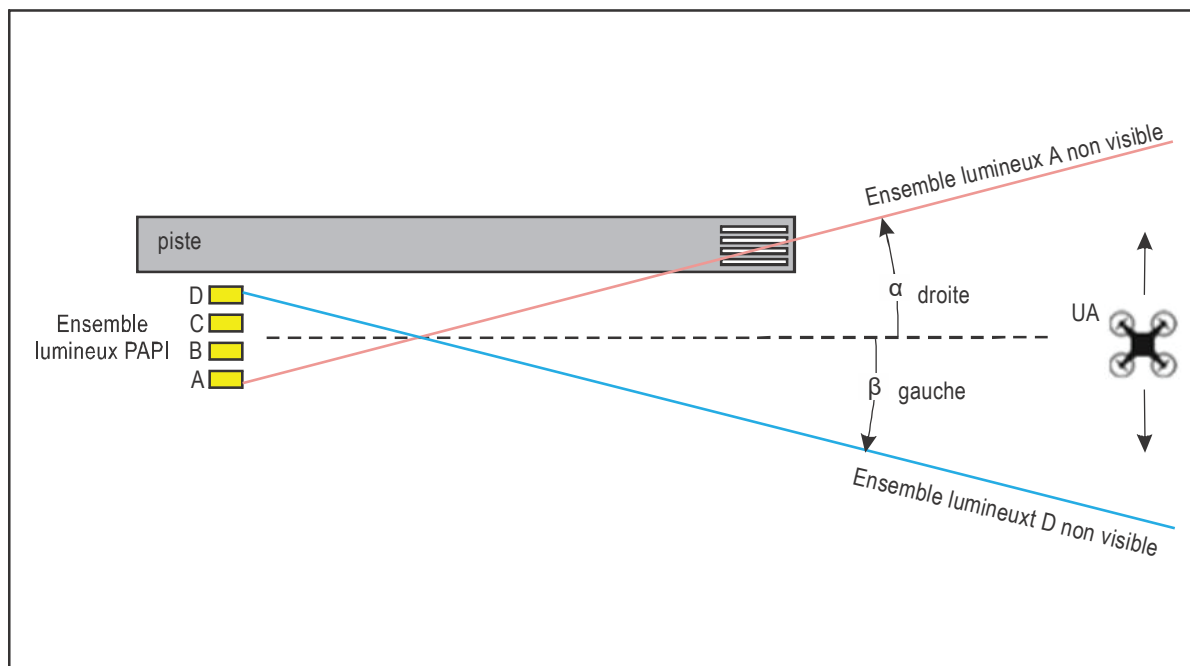


Figure 8-25. Détermination de la plage d'azimut du PAPI

8.3.46 Pour utiliser un UAS afin de mesurer les angles de calage du PAPI, il faut une caméra ou un capteur qui fonctionne dans le spectre visible et qui a été validé sur le plan opérationnel en fonction de la qualité d'image totale perçue. Cette utilisation pourrait nécessiter une autorisation spéciale de l'autorité nationale compétente.

## Maintenance

### État général

8.3.47 Un programme d'inspection de maintenance préventive (PMI) du dispositif du PAPI comporte des instructions par étapes pour la réalisation des tâches qui y sont associées. La PMI établit un programme d'inspections régulières recommandées qui peut être modifié en fonction des conditions locales. Les instructions d'exploitation et de maintenance du constructeur peuvent aussi être consultées pour des types de produits spécifiques.

8.3.48 Une vérification quotidienne devrait être effectuée sur chaque ensemble pour s'assurer que :

- toutes les lampes sont allumées et d'égale brillance ;
- aucun dommage n'est apparent ;
- le passage du rouge au blanc est simultané pour tous les éléments d'un ensemble ;
- les lentilles sont propres.

8.3.49 Des vérifications mensuelles sont effectuées pour repérer et rectifier tout problème physique tel que des dommages causés par des véhicules de service, la présence de rongeurs, des dégâts des eaux et une infestation par

des insectes. Un réaligement et une correction de l'orientation des ensembles lumineux peuvent être réalisés lors de ces vérifications.

8.3.50 Les ensembles lumineux sont vérifiés tous les trimestres pour nettoyer le réflecteur, les lentilles et les filtres. Les lentilles présentant des piqûres de corrosion sont remplacées car la corrosion peut altérer le signal. Les dispositifs de prévention du givre et de la condensation sont aussi vérifiés.

## Installation

### ***Distance par rapport au seuil***

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

- a) la nécessité d'assurer une marge suffisante pour les roues au passage du seuil de piste pour tous les types d'aéronefs qui utilisent la piste ;
- b) 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 minimales ;
- c) toute différence d'altitude entre les ensembles du PAPI/APAPI et le seuil de piste.

8.3.52 On peut être amené à placer les ensembles lumineux du PAPI/APAPI à une distance du seuil de piste qui ne soit pas la distance optimale, compte tenu :

- a) de la longueur de piste restante pour le roulement de l'aéronef à l'atterrissage ;
- b) des problèmes de franchissement d'obstacles (voir Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.5.45).

### ***Harmonisation du PAPI/APAPI avec l'ILS ou le MLS***

8.3.53 Lorsqu'un PAPI/APAPI est installé sur une piste équipée d'un ILS et/ou d'un MLS, la distance ( $D_1$ ) (illustrée dans les Figures 8-6 et 8-7) est calculée de manière à fournir la compatibilité optimale entre les aides visuelles et non visuelles pour la gamme de distances verticales œil-antenne des aéronefs qui utilisent régulièrement cette piste.

### ***Distances verticales œil-antenne***

8.3.54 Selon la position du dispositif du PAPI par rapport à l'origine réelle de l'alignement de descente ILS/MLS, la valeur de la distance verticale œil-antenne pour un type d'aéronef donné influera sur le degré d'harmonisation qui peut théoriquement être obtenu. Cette harmonisation peut être améliorée si l'on porte de 20 à 30 minutes d'arc l'ouverture du secteur « sur la pente » du PAPI.

### ***Correction d'emplacement du PAPI/APAPI en fonction des pentes de piste et autres pentes***

8.3.55 Lorsqu'il y a une différence de plus de 0,3 m entre l'altitude du bombé du seuil de la piste et la projection réelle de la limite inférieure du faisceau du signal « sur la pente » de l'ensemble B du PAPI, ou de l'ensemble A de l'APAPI, il faut décaler le PAPI/APAPI de sa position nominale. En résumé, on décale le PAPI/APAPI afin de placer le centre de la

lentille sur la « projection requise », comme illustré à la Figure 8-27 et exposé dans l'Exemple A. On augmentera cette distance si l'emplacement envisagé pour le centre de la lentille est plus bas que l'altitude du seuil de piste et on la diminuera s'il est plus haut. On détermine le décalage en divisant la différence d'altitude par la tangente de l'angle M des Figures 8-6 et 8-7.

### **Tolérances d'installation**

8.3.56 Les ensembles PAPI/APAPI devraient être placés à la hauteur minimale possible au-dessus du sol, qui ne devrait normalement jamais dépasser 1,2 m. Tous les ensembles d'une même barre de flanc devraient idéalement se trouver dans le même plan horizontal, avec les centres des lentilles à maximum  $\pm 3$  cm du plan horizontal. Le plan horizontal est déterminé comme la hauteur du centre de la lentille de l'ensemble B pour le PAPI ou de l'ensemble A pour l'APAPI. À défaut, une pente transversale ne dépassant pas 1,25 % peut être acceptée, à condition qu'elle s'applique uniformément à tous les ensembles. La face avant de chaque ensemble lumineux d'une barre est placée sur une ligne perpendiculaire à l'axe de la piste avec une marge de  $\pm 15$  cm. Chaque ensemble lumineux doit être orienté vers la zone d'approche, sur une ligne parallèle à l'axe de la piste, avec une tolérance de  $\pm 1/2$  degré.

8.3.57 On détermine les dimensions et la pente de la surface de protection contre les obstacles d'après l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-3, et la surface (voir les Figures 8-6 et 8-7) doit être examinée pour confirmer qu'aucun objet ne pénètre la surface de protection contre les obstacles.

### **Distance utilisable à l'atterrissage**

8.3.58 La distance de roulement à l'atterrissage peut être restreinte, notamment sur les petits aérodromes, et une réduction de la marge de franchissement des roues au-dessus du seuil peut être plus acceptable qu'une perte de la distance d'atterrissage. La marge de franchissement minimale indiquée dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2, colonne 3, peut être utilisée en pareil cas si une étude aéronautique montre qu'une telle réduction des marges est acceptable.

### **Franchissement d'obstacles**

8.3.59 L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Figure 5-21 et Tableau 5-3, donne en détail les caractéristiques des surfaces de protection contre les obstacles (OPS) du PAPI et de l'APAPI. Comme ces surfaces ont été construites dans leurs grandes lignes en fonction de la surface d'approche de la piste, les données recueillies à l'occasion d'un levé des obstacles de cette dernière surface seront utiles pour déterminer la présence ou l'absence d'objets faisant saillie au-dessus d'une OPS.

8.3.60 Si une étude aéronautique révèle qu'un objet faisant saillie au-dessus de l'OPS risque de compromettre la sécurité de l'exploitation aérienne, il faut prendre des mesures conformément aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.5.46.

8.3.61 Lorsqu'on constate qu'un objet situé à l'extérieur des limites de la surface de protection contre les obstacles, mais à l'intérieur des limites latérales du faisceau lumineux, pénètre au-dessus du plan de la surface de protection contre les obstacles et qu'une étude aéronautique révèle que cet objet pourrait nuire à la sécurité de l'exploitation aérienne, l'ouverture du faisceau lumineux en azimut devrait être restreinte de manière que cet objet se trouve à l'extérieur des limites du faisceau lumineux. À défaut, les ensembles lumineux peuvent être tournés de manière à les écarter de l'axe de maximum 5 degrés en azimut.

*Note.— Il est possible de diminuer l'ouverture en azimut du faisceau en réduisant la largeur de l'ouverture du filtre. Toujours consulter le fabricant avant de procéder à cette modification.*

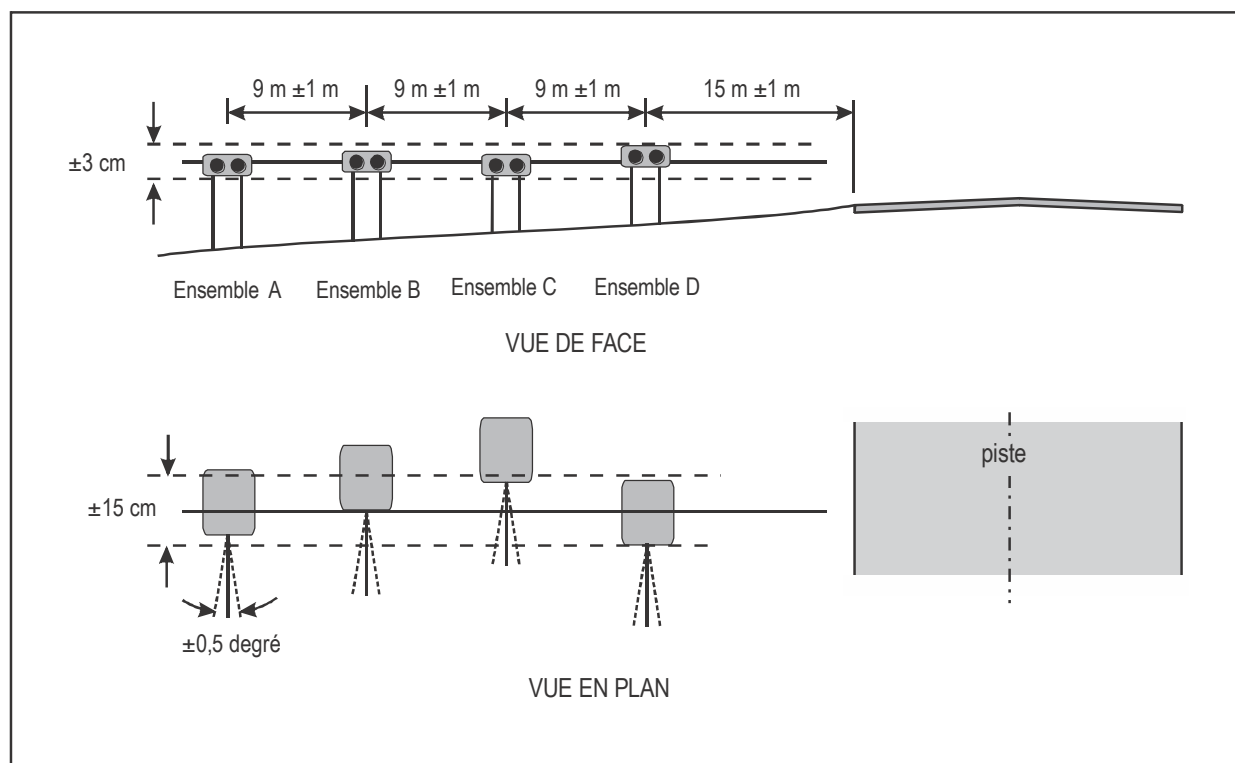


Figure 8-26. Tolérances d'installation

**Procédure pour l'établissement de la distance de la barre de flanc du PAPI/APAPI par rapport au seuil de la piste**

8.3.62 Le Tableau 8-1 indique les angles de calage utilisés pour un dispositif PAPI/APAPI avec une pente d'approche type de 3 degrés.

8.3.63 Lorsque l'angle d'approche requis et les angles de calage appropriés des ensembles ont été déterminés, les paramètres mentionnés aux § 8.3.51 et 8.3.52 s'appliquent, comme indiqué aux § 8.3.64 à 8.3.67.

Tableau 8-1. Angles du dispositif PAPI/APAPI pour une pente d'approche type de 3 degrés

PAPI		APAPI	
Ensemble lumineux	Angle (degrés)	Ensemble lumineux	Angle (degrés)
D	3°30' (3,50°)	B	3°15' (3,25°)
C	3°10' (3,17°)	A	2°45' (2,75°)
B	2°50' (2,83°)		
A	2°30' (2,50°)		

Note.— 2 minutes d'arc = 0,03 degré.



8.3.64 Sur les pistes vers lesquelles aucun guidage non visuel n'est fourni, on commence par consulter l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2, pour déterminer le groupe de distances verticales « œil-roues » (EWH) de l'aéronef (colonne 1) et la marge correspondante de franchissement des roues (colonne 2 ou colonne 3) à prévoir au passage du seuil de piste. Pour établir la MEHT, qui assure la marge voulue de franchissement des roues au passage du seuil, on prend la valeur de l'EWH pour la configuration d'approche de l'aéronef le plus exigeant parmi ceux qui utilisent régulièrement la piste et l'on ajoute cette valeur à la marge souhaitée ou minimale requise de franchissement des roues au passage du seuil. Par exemple, l'A320 a, en configuration d'approche sur une pente d'approche de 3 degrés, une EWH de 7,25 m (23,8 ft) et est classé dans le troisième groupe de distances verticales « œil-roues », groupe qui a une EWH de 5 m à 8 m exclu. Si on applique la marge de franchissement des roues souhaitée de 9 m, la MEHT est de 16,25 m. Si on applique la marge de franchissement des roues minimum de 5 m, la MEHT est de 12,25 m.

8.3.65 Une autre méthode pourrait être de relier la MEHT à la valeur maximale au sein du groupe d'EWH. Si l'aéronef le plus critique était l'A320, la valeur déterminante de l'EWH est les 8 m du troisième groupe d'EWH. Si on applique la marge de franchissement souhaitée de 9 m, la MEHT est de 17 m. Si on applique la marge de franchissement minimale de 5 m, la MEHT est de 13 m. Il est avantageux d'opter pour la valeur maximale car le PAPI ne devra pas être déplacé plus tard si la piste devait accueillir un aéronef plus exigeant. Toutefois, ce choix peut être pénalisant si la distance disponible pour le roulement à l'atterrissage est un critère important.

8.3.66 Dans la mesure du possible, les valeurs souhaitées de marge de franchissement des roues indiquées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2, colonne 2, sont utilisées. L'emplacement final des ensembles lumineux est déterminé par la relation entre l'angle d'approche, la différence de niveau entre le seuil et les ensembles, et la MEHT. L'angle M utilisé pour établir la MEHT est inférieur de 2 minutes d'arc au calage de l'ensemble qui définit la limite inférieure de l'indication « sur la pente » (à savoir l'ensemble B pour le PAPI et l'ensemble A pour l'APAPI).

8.3.67 Pour calculer la position nominale du PAPI/APAPI, on part de l'hypothèse que les ensembles du PAPI/APAPI sont situés au même niveau que le seuil de la piste. On détermine la distance nominale du PAPI/APAPI par rapport au seuil de piste en divisant la MEHT requise par la tangente de l'angle M des Figures 8-6 et 8-7, respectivement.

**Variations des calages différentiels du PAPI/APAPI avec l'augmentation de l'angle d'approche**

8.3.68 Aux angles d'approche plus accentués qui peuvent s'appliquer à certaines formes d'exploitation, il y a lieu de prévoir des différences de calage plus grandes entre les ensembles afin de faciliter l'acquisition et la pilotabilité de la pente d'approche.

8.3.69 Les calages différentiels indiqués dans le Tableau 8-2 se sont révélés satisfaisants.

**Tableau 8-2. Calages différentiels satisfaisants pour les dispositifs du PAPI/APAPI**

Angle d'approche	Angle de calage différentiel	
	PAPI	APAPI
de 2 à 4°	00°20'	00°30'
de 4 à 7°	00°30'	00°30'
plus de 7°	01°00'	01°00'

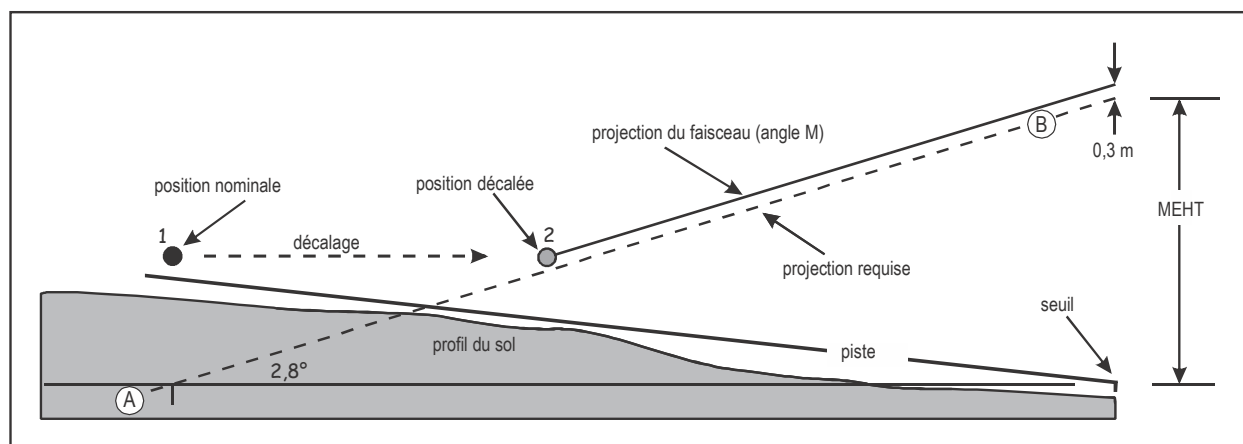


Figure 8-27. Objectif de l'installation du PAPI

#### Exemple A. Calcul de l'emplacement du PAPI

Au final, l'emplacement du PAPI est déterminé par la MEHT requise au seuil. Dans certains cas, la pente longitudinale du terrain peut être telle que la hauteur de la lentille des ensembles lumineux serait supérieure ou inférieure à la hauteur du bombé du seuil. L'emplacement sera alors corrigé de façon à ce que la projection réelle du faisceau du PAPI (angle M de l'ensemble B) soit dans une fourchette de 0,3 m par rapport à la projection A-B requise, comme illustré à la Figure 8-27.

*Note.— Pour représenter de façon adéquate toutes les étapes de détermination de l'emplacement des ensembles lumineux du PAPI, cet exemple et les calculs y afférents nécessitent des procédures relativement complexes. L'emplacement du PAPI peut aussi être déterminé graphiquement à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO).*

### 1. MEHT

La valeur de la MEHT s'obtient à partir des éléments fournis dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2, en additionnant l'EWI et la marge souhaitée ou minimale de franchissement des roues. L'EWI est la valeur attendue pour le franchissement du seuil à la masse maximale à l'atterrissage certifiée dans une configuration d'atterrissage type normale.

Lors du choix du groupe d'EWI, seuls les aéronefs appelés à utiliser le dispositif régulièrement seront pris en considération. Parmi ces aéronefs, le plus critique déterminera le groupe d'EWI. On utilisera si possible les marges de franchissement souhaitées indiquées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2. La marge de franchissement « minimale » ne peut être envisagée que si une étude aéronautique a indiqué qu'elle est acceptable. La marge de franchissement minimale pour le groupe d'EWI, jusqu'à 3 m exclu, peut être ramenée à 1,5 m mais uniquement sur des pistes utilisées principalement par des avions légers autres que des avions à turboréacteurs.

Pour cet exemple, nous choisissons les aéronefs ci-dessous et les EWI correspondantes sur une pente d'approche de 3°, mentionnés dans le Tableau 8-3.

*Note.— Les EWI ci-dessous sont données à titre d'exemples. Le concepteur devrait obtenir les valeurs exactes auprès du constructeur de l'aéronef.*

Le calcul des positions nominales du PAPI peut reposer soit sur la MEHT pour la limite supérieure de l'EWI du groupe d'EWI des aéronefs concernés ou sur l'EWI spécifique de l'aéronef le plus exigeant utilisant la piste.

**Tableau 8-3. Aéronefs et EWH correspondantes utilisés pour l'Exemple A**

Aéronef	EWH
B737-800	5,82 m
ERJ-190-100	6,38 m
A320	7,25 m

## 2. Calcul de la position nominale du PAPI à partir du seuil sur la base du groupe d'EWH des aéronefs

Il faut d'abord déterminer lequel de ces trois aéronefs a l'EWH la plus élevée. Ces aéronefs sont classés dans le troisième groupe d'EWH, pour lequel l'EWH se situe entre 5 m et 8 m. Les marges souhaitées et minimales de franchissement des roues indiquées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2, sont de 9 m et 5 m respectivement pour ce groupe.

La MEHT requise est la somme de la marge souhaitée de franchissement des roues et de la valeur maximale de l'EWH pour le groupe d'EWH pertinent des aéronefs.

$$\text{MEHT} = \text{limite supérieure de l'EWH} + \text{marge souhaitée de franchissement} = 8 \text{ m} + 9 \text{ m} = 17 \text{ m}$$

Si on applique une MEHT de 17 m, la position nominale du PAPI par rapport au seuil est calculée comme suit :

$$17 \text{ m}/\tan M = 17 \text{ m}/\tan 2,8^\circ = 347,6 \text{ m}$$

où l'angle M est l'angle de calage de l'ensemble B moins 2 minutes d'arc. Cette réduction de 2 minutes d'arc tient compte de la largeur de la zone de transition durant laquelle le pilote peut discerner un passage complet du blanc au rouge.

## 3. Calcul de la position nominale du PAPI à partir du seuil sur la base de l'aéronef le plus exigeant.

Si l'on applique la méthode de l'aéronef le plus exigeant et la marge souhaitée de franchissement des roues, la MEHT sera de 9 m plus 7,25 m (pour l'A320) = 16,25 m et, en supposant un terrain plat, l'emplacement nominal du PAPI sera alors déterminé comme suit :

$$16,25 \text{ m}/\tan M = 16,25 \text{ m}/\tan 2,8^\circ = 332,26 \text{ m}$$

## 4. Position nominale correcte du PAPI en cas de variation de la hauteur du sol (à partir de données de levés)

Les paragraphes suivants examinent une MEHT de 16,26 m et une EWH pour l'aéronef le plus exigeant ainsi que la marge souhaitée de franchissement des roues qui y est associée.

Étape 1 : Réaliser un levé détaillé de la zone probable d'installation du PAPI/APAPI

Réaliser un levé détaillé de la zone probable d'installation du PAPI/APAPI, comme illustré à la Figure 8-28. Les intervalles représentés ici sont de 10 m, mais des intervalles plus grands peuvent être utilisés lorsque la zone nivelée est relativement uniforme. La hauteur des lentilles de l'ensemble lumineux B est de 0,4 m. La principale préoccupation concerne l'ensemble lumineux B car c'est lui qui détermine l'emplacement du dispositif. Une fois l'emplacement de l'ensemble B connu, les ensembles A, C et D sont installés avec les tolérances de hauteur autorisées.

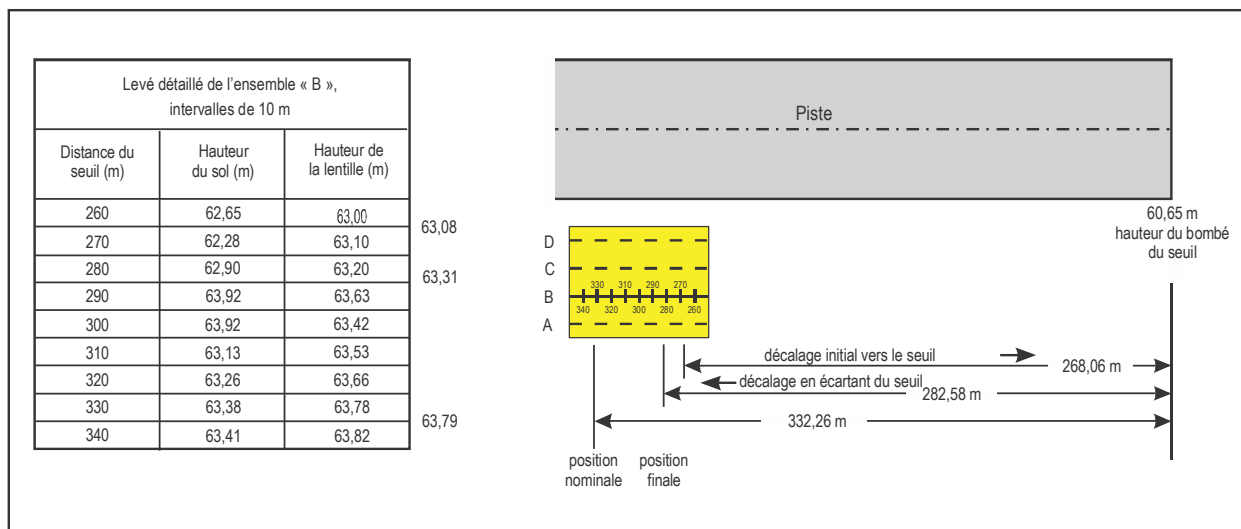


Figure 8-28. Données de levé

## Étape 2 : Déterminer l'emplacement nominal du PAPI

Ce calcul concerne un secteur « sur la pente » d'une ouverture de 20 minutes ou pour lequel l'angle  $M = 3^\circ - 10' - 2' = 2^\circ 48' = 2,8^\circ$ . Pour un secteur « sur la pente » de 30 minutes d'ouverture, l'angle  $M$  serait de  $3^\circ - 15' - 2' = 2^\circ 43' = 2,72^\circ$ .

- La MEHT requise = 16,25 m pour l'aéronef le plus exigeant avec une EWH de 7,25 m.
- L'angle  $M$  est de  $2,8^\circ$ .
- L'emplacement nominal est à une distance du seuil de  $16,25 \text{ m} / \tan 2,8^\circ = 332,26 \text{ m}$ .

## Étape 3 : Décaler l'emplacement du PAPI vers le seuil

- La hauteur de la lentille à l'emplacement nominal est de 63,79 m.
- L'altitude du seuil est de 60,65 m.
- La différence est de 3,14 m ; par conséquent, la projection réelle du faisceau serait de plus de 0,3 m au-dessus de la projection requise. Avoir une hauteur de franchissement de seuil plus élevée n'est pas nécessairement mauvais mais cela décale le point d'atterrissage des aéronefs plus loin sur la piste, ce qui pourrait ne pas être optimal. Il convient donc de mûrement étudier un décalage du PAPI.
- Décaler le PAPI vers le seuil d'une distance de  $3,14 \text{ m} / \tan 2,8^\circ = 64,20 \text{ m}$  afin de placer la lentille du PAPI sur la ligne requise de projection.
- Le nouvel emplacement 2 à partir du seuil est de  $332,26 \text{ m} - 64,20 \text{ m} = 268,06 \text{ m}$ .

*Note.*— Le décalage se fait vers le seuil parce que la différence est positive. Si la différence est négative, l'emplacement est écarté davantage du seuil.

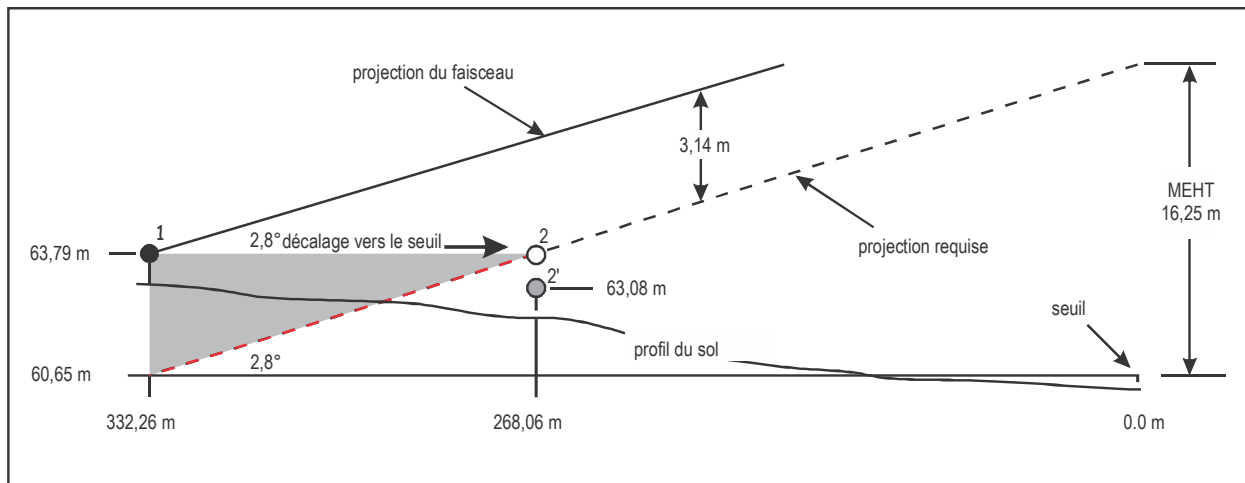


Figure 8-29. Décalage du PAPI vers le seuil

Étape 4 : Décaler le PAPI en l'écartant du seuil à partir de l'emplacement 2'

Revérifier la hauteur de la lentille à l'emplacement modifié. La hauteur réelle peut être supérieure ou inférieure en fonction du profil du sol. Rapprocher ou écarter le PAPI du seuil, selon les besoins.

- Le PAPI à l'emplacement corrigé 2 peut être en fait à une hauteur inférieure à l'emplacement 2' en raison du profil du sol.
- Hauteur de la lentille à 332,26 m = 63,79 m.
- Hauteur de la lentille à l'emplacement modifié à 268,06 m = 63,79 m.
- Hauteur réelle de la lentille à 268,06 m = 63,08 m.
- Différence de hauteur de la lentille = 63,79 m - 63,08 m = 0,71 m.
- Écarter le PAPI du seuil de  $0,71 \text{ m} / \tan 2,8^\circ = 14,52 \text{ m}$ .
- La distance à partir du seuil est de  $14,52 \text{ m} + 268,06 \text{ m} = 282,58 \text{ m}$ .

Étape 5 : Revérifier la hauteur de la lentille

- Hauteur requise de la lentille pour l'emplacement 3 à 282,58 m = 63,08 m.
- Hauteur réelle de la lentille en raison du profil du sol, à l'emplacement 3' à 282,58 m = 63,31 m.
- Différence de hauteur de la lentille = 63,31 m - 63,08 m = 0,23 m.

La différence de hauteur de la lentille est de moins de 0,3 m ; l'emplacement de l'ensemble B ne doit donc pas être ajusté davantage.

Étape 6 : Revérifier la MEHT pour détecter des erreurs flagrantes (voir Figure 8-31)

- La MEHT est  $282,58 \text{ m} * \tan 2,8^\circ + (63,31 \text{ m} - 60,65 \text{ m}) = 282,58 \text{ m} * \tan 2,8^\circ + 2,66 \text{ m} = 16,48 \text{ m}$ .
- La MEHT requise est de 16,25 m.
- La différence est de  $16,48 \text{ m} - 16,25 \text{ m} = 0,23 \text{ m}$ , soit inférieure à la tolérance de 0,3 m.

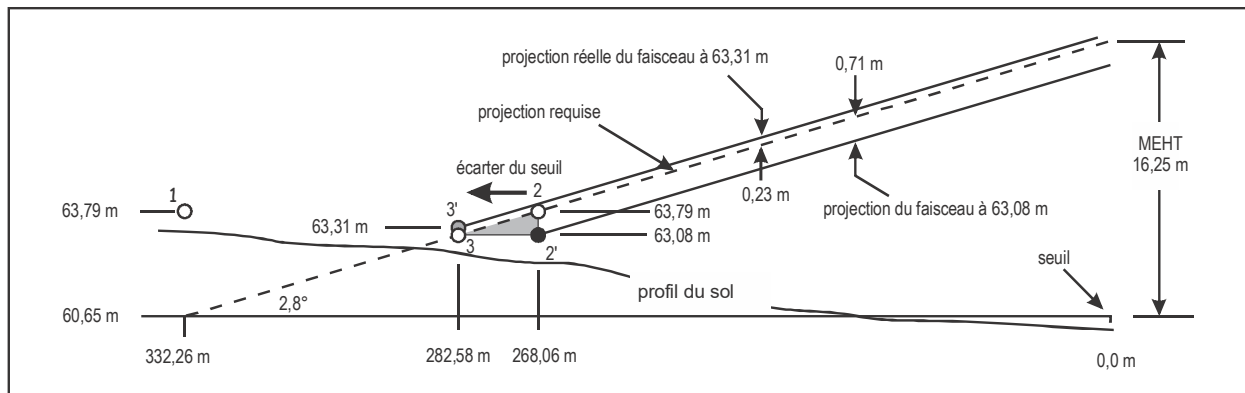


Figure 8-30. Revérification des hauteurs du sol

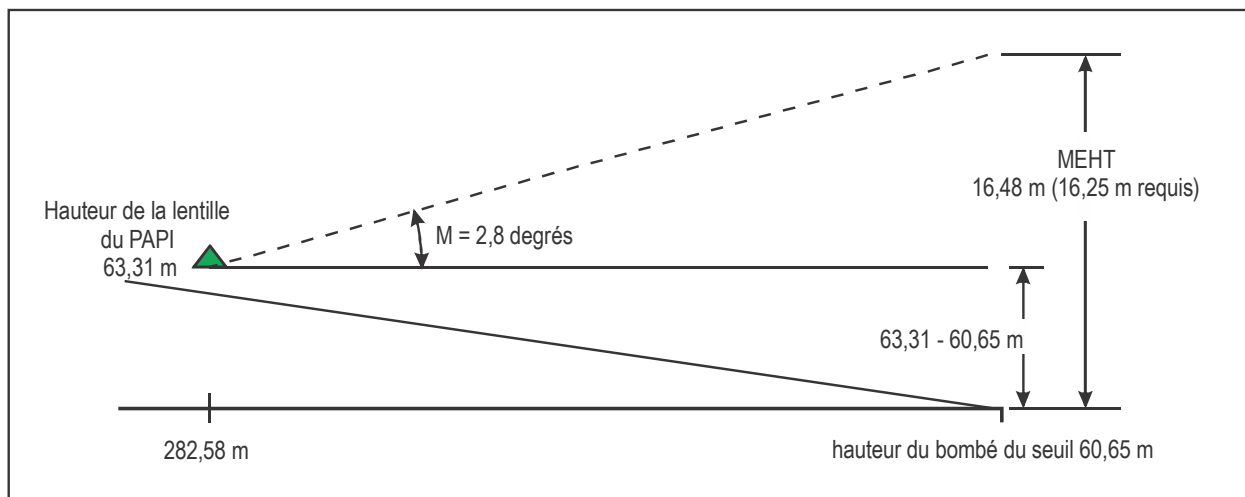


Figure 8-31. Revérification de la MEHT

### Exemple B. Calcul de l'emplacement de l'APAPI

Le calcul de l'emplacement de l'APAPI à partir du seuil suit le même processus que pour le PAPI, hormis le fait que l'ouverture du secteur « sur la pente » est de 30 minutes d'arc. L'angle pour la limite inférieure est celui de l'ensemble B moins 2 minutes d'arc.

Pour une pente de descente de 3 degrés, l'angle de calage de l'ensemble B est de 2 degrés 45 minutes et la limite inférieure du secteur « sur la pente » est alors de 2 degrés 43 minutes = 2,72°.

L'APAPI est généralement fourni à des aérodomes où les aéronefs ont des EWH de maximum 3 m (premier groupe d'aéronefs dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2). Dans ce groupe, la MEHT de l'aéronef le plus exigeant ayant une EWH de 2,9 m serait EWH + marge souhaitée de franchissement des roues de 6 m = 8,9 m.

Dans l'hypothèse d'une piste ayant un gradient horizontal égal à zéro, l'APAPI serait placé à :

$$D = 8,9 \text{ m/tan } 2,72^\circ = 187,3 \text{ m}$$

Comme pour le PAPI, l'emplacement de l'APAPI est ajusté pour tenir compte des pentes longitudinales du terrain.

### Exemple C. Harmonisation du PAPI avec l'ILS

Lorsque la piste est équipée d'un ILS, il est souhaitable d'installer le PAPI de manière telle qu'il soit harmonisé avec l'aide électronique à la navigation. Cette harmonisation est la condition qui permettra aux pilotes (à savoir l'œil du pilote) des aéronefs utilisant cette piste de rester dans le secteur « sur la pente » le plus près possible du seuil pendant que l'antenne de l'aéronef suit le signal ILS. Pour optimiser cette harmonisation, il faut ouvrir le secteur « sur la pente » jusqu'à 30 minutes d'arc de telle sorte que la limite inférieure du secteur « sur la pente » soit l'angle de calage de l'ensemble B moins 2 minutes d'arc, ou soit de  $2,72^\circ$  pour une pente d'approche de 3 degrés. Le regard des pilotes d'avions ayant une distance verticale œil-antenne (EAH) plus élevée tend à se porter au-dessus du secteur « sur la pente », alors que, dans les aéronefs à plus faible EAH, il se portera sous ce secteur.

L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Figure 5-19 b) indique :

*« 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 des 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. Toutefois, la distance sera telle qu'en aucun cas la marge de franchissement du seuil ne sera inférieure à celle qui est spécifiée dans la colonne (3) du Tableau 5-2. ».*

Pour cet exemple, le Tableau 8-4 énumère les aéronefs représentant la gamme d'aéronefs utilisant la piste avec les valeurs pour l'EWH et l'EAH en configuration d'atterrissage. Dans ce cas, les marges minimales de franchissement des roues figurant dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Tableau 5-2 sont utilisées.

**Tableau 8-4. Caractéristiques des aéronefs**

Aéronef	EWH H1 (m)	EAH H2 (m)	Marge minimale de franchissement des roues (m)	MEHT (m)
Aéronef 1	7,3	1,8	5,0	12,3
Aéronef 2	11,4	6,2	6,0	17,4

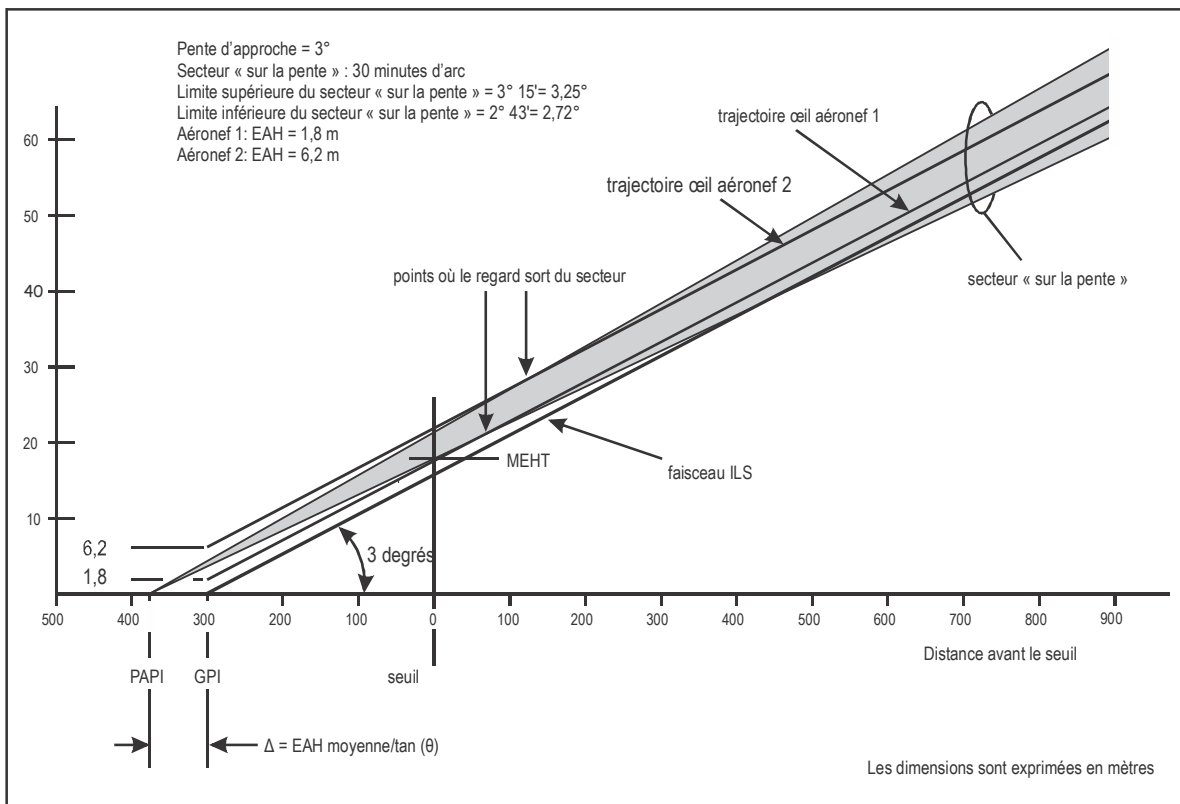
Comme indiqué à la Figure 8-32, pendant que l'antenne de l'aéronef suit le faisceau ILS, l'œil du pilote est sur une trajectoire parallèle à ce faisceau mais décalée verticalement de la valeur de l'EAH. À des fins d'harmonisation, le PAPI est décalé en amont du point d'interception de l'alignement de descente (GPI) d'une distance déterminée en fonction de la moyenne des EAH, comme suit :

$$\Delta = \text{EAH moyenne} / \tan(\theta) = 4,0 / \tan(3) = 76,3 \text{ m}$$

et

$$D_1 = \Delta + 300 \text{ m} = 376,3 \text{ m}$$

*Vérification de la marge de franchissement des roues* : Vu l'emplacement du PAPI, la MEHT disponible pour la limite inférieure du secteur « sur la pente » au seuil est de  $376,3 \text{ m} * \tan(2,72) = 17,9 \text{ m}$ . Par conséquent, la marge de franchissement disponible pour l'Aéronef 1 est de 10,6 m et pour l'Aéronef 2, de 6,5 m, deux valeurs supérieures aux minimums associés requis, de sorte que l'emplacement du PAPI est acceptable. Si la MEHT requise n'est pas fournie pour des aéronefs ayant des EAH supérieures, le PAPI devra être décalé plus en amont du seuil. Cela aura pour effet que le regard des pilotes d'avions à plus faibles EAH s'écartera de la trajectoire plus loin avant le seuil.



**Figure 8-32. Détermination de l'emplacement du PAPI par le calcul de la moyenne des distances verticales œil-antenne (EAH)**



## Chapitre 9

# BALISAGE LUMINEUX DE PISTE ET DE VOIE DE CIRCULATION

### 9.1 FEUX ENCASTRÉS

#### Généralités

9.1.1 Il est recommandable que les montures de feux encastrés présentent, au-dessus de la surface environnante, une protubérance ayant la plus petite dimension verticale compatible avec les caractéristiques photométriques requises et le plus petit volume compatible avec l'aménagement d'une pente douce dans toutes les directions. Ces montures devraient être capables de supporter la plus forte pression des pneus et la masse la plus élevée du type d'aéronef le plus lourd dont le passage est prévu. Il faudrait également tenir compte de la vitesse que peuvent atteindre les aéronefs sur la partie de l'aire de mouvement où doivent être installés les feux encastrés. La dimension de la partie saillante admissible pour une monture de feu destiné au balisage de l'axe d'une voie de circulation (autre qu'une voie de sortie rapide) serait supérieure à celle que l'on pourrait tolérer pour un feu encastré de piste. Les saillies de plus de 12 mm peuvent endommager les pneus gonflés à forte pression des avions qui roulent très vite.

9.1.2 Les montures des feux encastrés gênent les opérations de déneigement et il n'en existe pas qui respectent les spécifications photométriques. Il est toutefois possible d'en concevoir qui les respectent mais dont la saillie est nettement inférieure à 12 mm.

#### Installation

9.1.3 On procède à l'installation des feux de zone de toucher des roues et d'axe de piste du type encastré à plat, en forant dans le revêtement de la piste une cavité légèrement plus profonde que la hauteur du feu. On dépose du produit de scellement dans la cavité ainsi préparée et on installe le feu au moyen d'un dispositif de montage ou de fixation pour veiller à ce que son alignement vertical et latéral soit correct. Des fentes ou des traits de scie sont pratiqués dans la chaussée existante tout le long du bord de la piste pour raccorder les feux entre eux. Des câbles ou des conduits sont déposés dans les fentes, qui sont ensuite remplies d'un produit de scellement.

9.1.4 L'installation des feux de zone de toucher des roues et d'axe de piste du type encastré en profondeur s'effectue au mieux au stade du revêtement. Pour les feux de la zone de toucher des roues, on laisse ouverte une cavité de la dimension voulue au moment où l'on pose le revêtement, pour permettre l'installation ultérieure des douilles encastrées pour une barrette de feux. En partant du bord de la piste, on fait passer un tube rigide sous le revêtement et on le raccorde aux douilles encastrées. On maintient les douilles à la hauteur et à l'alignement voulus au moyen d'un gabarit. On comble ensuite la cavité avec du béton de revêtement. On glisse le câble dans le tube et on le relie aux douilles ; on raccorde les transformateurs d'isolement et on boulonne la partie supérieure amovible, contenant la lampe, sur la douille pour terminer l'installation. On peut aussi recourir à des techniques consistant à encastrer en profondeur des pots qui servent de base.

## Mesure de la température des feux encastrés

### **Effet des feux encastrés sur les pneus**

9.1.5 Des essais ont été effectués dans plusieurs États pour mesurer la température des feux encastrés et l'effet de cette température sur les pneus, tant au contact qu'à proximité des feux. Les résultats ont permis de constater que, si un pneu est en contact avec un feu encastré pendant un court laps de temps (soit environ 10 minutes), une température pouvant atteindre 160 °C ne cause aucun dommage sensible à ce pneu. L'énergie radiante du faisceau lumineux d'un feu encastré peut également soumettre un pneu à des températures élevées mais, là encore, on n'a jamais constaté, à ce jour, qu'il en résulte des effets nuisibles appréciables pour le pneu.

9.1.6 L'une des raisons pour lesquelles la chaleur dégagée par les feux encastrés ne présente pas d'inconvénients est que la température élevée qui règne à la partie supérieure d'un feu encastré est très localisée, habituellement au centre de la partie supérieure du feu. Il y a en général un fort gradient de température entre le centre et le bord d'un feu encastré, si bien que le pneu n'absorbe qu'une énergie totale relativement faible dégagée par ce feu.

### **Différence entre les essais sur le terrain et les essais en laboratoire**

9.1.7 Plusieurs États ont entrepris des essais sur le terrain pour tenter d'analyser ces effets. En outre, des études ont été effectuées en laboratoire et, dans ce cas, les essais se sont déroulés dans une enceinte d'essais d'échauffement à l'abri des courants d'air. Il est significatif que les mesures de température sont nettement plus élevées en laboratoire que sur le terrain. Ce fait est bien connu parce que tout déplacement d'air a un effet de refroidissement considérable sur l'objet soumis aux essais.

### **Limites de température recommandées**

9.1.8 Sur la base des connaissances actuelles, des valeurs appropriées doivent être stipulées pour chacune des deux situations dans lesquelles des mesures peuvent être faites, c'est-à-dire sur le terrain et en laboratoire. En laboratoire, les conditions de mesure sont reproductibles tandis que sur le terrain, ces conditions sont appelées à varier dans une certaine mesure. Étant donné les connaissances limitées dont on dispose en ce qui concerne les effets exercés sur les pneus, les surfaces des pistes, les feux encastrés, etc., par de très hautes températures ambiantes combinées à un fort rayonnement solaire, il semble bien que, dans ces domaines, des recommandations soient nécessaires pour chaque cas et qu'il soit peut-être nécessaire aussi de prévoir des moyens de protection en exploitation.

### **Conditions de mesure sur le terrain**

9.1.9 Pour les essais effectués sur des feux encastrés installés, la température à l'interface entre le pneu de l'aéronef et le feu encastré ne devrait pas dépasser 160 °C au cours d'une période d'exposition de 10 minutes, que ce soit par conduction ou par rayonnement. Le feu encastré devrait être réglé à son intensité maximale pendant un laps de temps suffisant avant qu'on effectue la mesure, de manière qu'il atteigne une température proche de l'équilibre thermique. Ce laps de temps devrait probablement être d'au moins deux heures. La mesure devrait être effectuée au moyen d'un thermocouple placé entre la surface du pneu et la partie du feu encastré qui atteint la plus haute température. Pour certains modèles de feux encastrés, la température à la surface du pneu peut atteindre un maximum sous l'effet de l'énergie radiante du faisceau lumineux et il peut donc y avoir lieu d'effectuer une série de mesures pour déterminer la position la plus critique.

### Conditions de mesure en laboratoire

9.1.10 Les paragraphes qui suivent donnent des indications sur les méthodes de laboratoire utilisées pour évaluer la température des feux encastrés. Elles servent à mettre en évidence tout échauffement excessif des feux quand une roue repose sur eux. Les essais devraient être effectués dans une enceinte d'essais d'échauffement à l'abri des courants d'air, à une température de l'air ambiant de 30 °C. Avant d'effectuer les mesures, on devrait régler le feu encastré à son intensité maximale pendant un laps de temps suffisant pour qu'il atteigne une température proche de l'équilibre thermique, ce qui prendra probablement au moins deux heures.

9.1.11 Pour les essais effectués en laboratoire, il semble que la température à l'interface entre le feu encastré et le pneu soumis à l'essai ne devrait pas dépasser 160 °C au cours d'une période d'exposition de 10 minutes, que ce soit par conduction ou par rayonnement.

9.1.12 Pour ces essais, le feu encastré devrait être placé dans un contenant ayant au minimum les dimensions indiquées à la Figure 9-1. Ce contenant pourrait être soit :

- a) en béton, le feu encastré étant lié au béton de la manière recommandée par le fabricant ; ou
- b) rempli de sable.

On notera que le contenant rempli de sable fournit les conditions d'essais les plus défavorables en raison de la faible conductivité thermique du sable.

9.1.13 Dans la plupart des cas, la mesure devrait être prise alors que le pneu se trouve directement sur le feu encastré et que le thermocouple est placé entre le pneu et la partie la plus chaude du feu. Toutefois, dans le cas de certains modèles de feux encastrés, la température à la surface du pneu peut atteindre un maximum sous l'effet de l'énergie radiante du faisceau et il y a donc lieu d'effectuer une série de mesures pour déterminer la position critique. Une charge suffisante devrait être appliquée sur le pneu de manière que, pendant l'essai, le contact entre le pneu et le feu encastré soit suffisamment représentatif des conditions d'exploitation réelles.

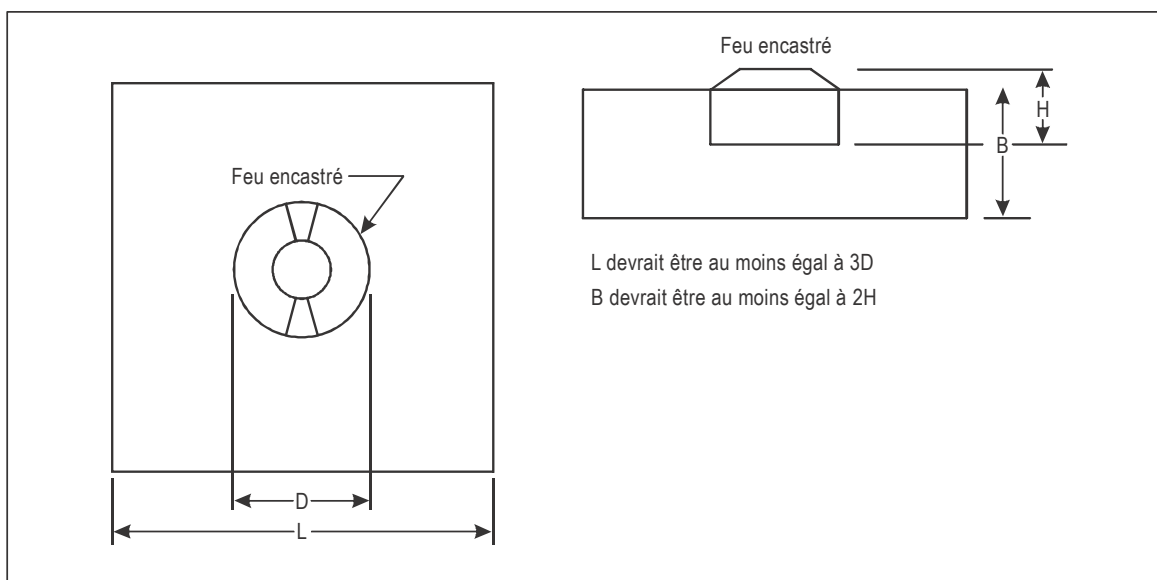


Figure 9-1. Contenant type utilisé pour mesurer la température des feux encastrés

## 9.2 FEUX DE BORD DE VOIE DE CIRCULATION — EFFET « OCÉAN DE BLEU »

9.2.1 Sur de nombreux aérodromes, la concentration des feux de bord de voie de circulation dans la zone opérationnelle prend souvent l'aspect d'une masse confuse de feux bleus communément désignée par l'expression « océan de bleu ». Il en résulte parfois que les pilotes ont du mal à repérer correctement les bords des voies de circulation, surtout lorsque le réseau de ces voies est complexe et que le rayon de leurs virages est très serré.

9.2.2 Le problème peut être éliminé par l'utilisation d'un balisage axial de voie de circulation, qui évite d'avoir à installer des feux de bord de piste sur une grande partie du réseau des voies de circulation. Normalement, ces feux continuent toutefois d'être installés sur les portions curvilignes des voies de circulation, à leurs intersections et à leurs intersections avec des pistes.

## 9.3 BALISAGE LUMINEUX DE VOIE DE SORTIE DE PISTE

9.3.1 Les spécifications de l'Annexe 14, Volume I, relatives aux feux d'axe de piste et aux feux axiaux de voie de circulation ont été amendées pour inclure des tolérances latérales de 60 cm et 30 cm respectivement. Cette modification visait à résoudre les problèmes que pose l'installation des feux sur l'axe en présence d'un joint de revêtement, par exemple un joint de construction longitudinal sur une piste ou une voie de circulation en béton. Néanmoins, lorsque les feux d'axe de piste et les feux axiaux de voie de circulation sont proches les uns des autres, par exemple aux sorties de piste, il faut veiller à ce que les feux soient distants d'au moins 60 cm les uns des autres pour qu'on ne les confonde pas. À cet effet, les spécifications relatives aux feux axiaux de voie de circulation sur les sorties de piste à grande vitesse ou autres voies de sortie de piste ont aussi été amendées. La présente section a pour objet d'expliquer comment, pour se conformer aux nouvelles spécifications, les marques et feux axiaux de piste et de voie de circulation devraient être disposés ou installés aux intersections des pistes et des voies de circulation, dans différentes situations.

9.3.2 On notera que les spécifications continuent de prévoir que les marques d'axe de piste et de voie de circulation doivent être disposées respectivement sur l'axe de la piste et de la voie de circulation. Lorsque les feux sont placés sur les marques, il faut prendre soin de ne pas les contaminer quand les marques sont repeintes.

9.3.3 Parmi les quatre situations représentées à la Figure 9-2, la situation a) est la plus simple. La piste est une chaussée souple (par exemple en béton asphaltique) et il n'est donc pas difficile d'installer les feux d'axe de piste sur l'axe de la piste ni les feux axiaux de voie de sortie de piste sur les marques axiales de cette voie de sortie.

9.3.4 La situation b) représente une piste en béton avec un joint longitudinal le long de l'axe de la piste. En conséquence, les feux d'axe de piste sont décalés de 60 cm. En revanche, il n'est pas difficile de placer les feux axiaux de voie de sortie de piste sur les marques axiales de cette voie de sortie. On notera que les feux d'axe de piste sont décalés du côté opposé à la voie de sortie de piste.

9.3.5 La situation c) représente un cas où des voies de sortie de piste sont situées des deux côtés d'une piste qui est une chaussée souple, par exemple en béton asphaltique. Les feux d'axe de piste sont situés le long de l'axe de la piste et les feux axiaux de voie de sortie de piste sont placés sur les marques axiales de cette voie de sortie.

9.3.6 La situation d) représente un cas où des voies de sortie de piste sont situées des deux côtés d'une piste en béton. Les feux d'axe de piste sont décalés de 60 cm en raison de la présence d'un joint longitudinal le long de l'axe de la piste. Il faut donc décaler les feux axiaux de voie de sortie de piste de 30 cm d'un côté pour maintenir un espacement de 60 cm entre les feux d'axe de piste et les feux axiaux de voie de sortie de piste. De l'autre côté, les feux axiaux de la voie de sortie de piste sont situés sur les marques axiales de cette voie. On notera que les feux d'axe de piste devraient être décalés du côté opposé à celui où se trouvent la majorité des voies de sortie de piste.

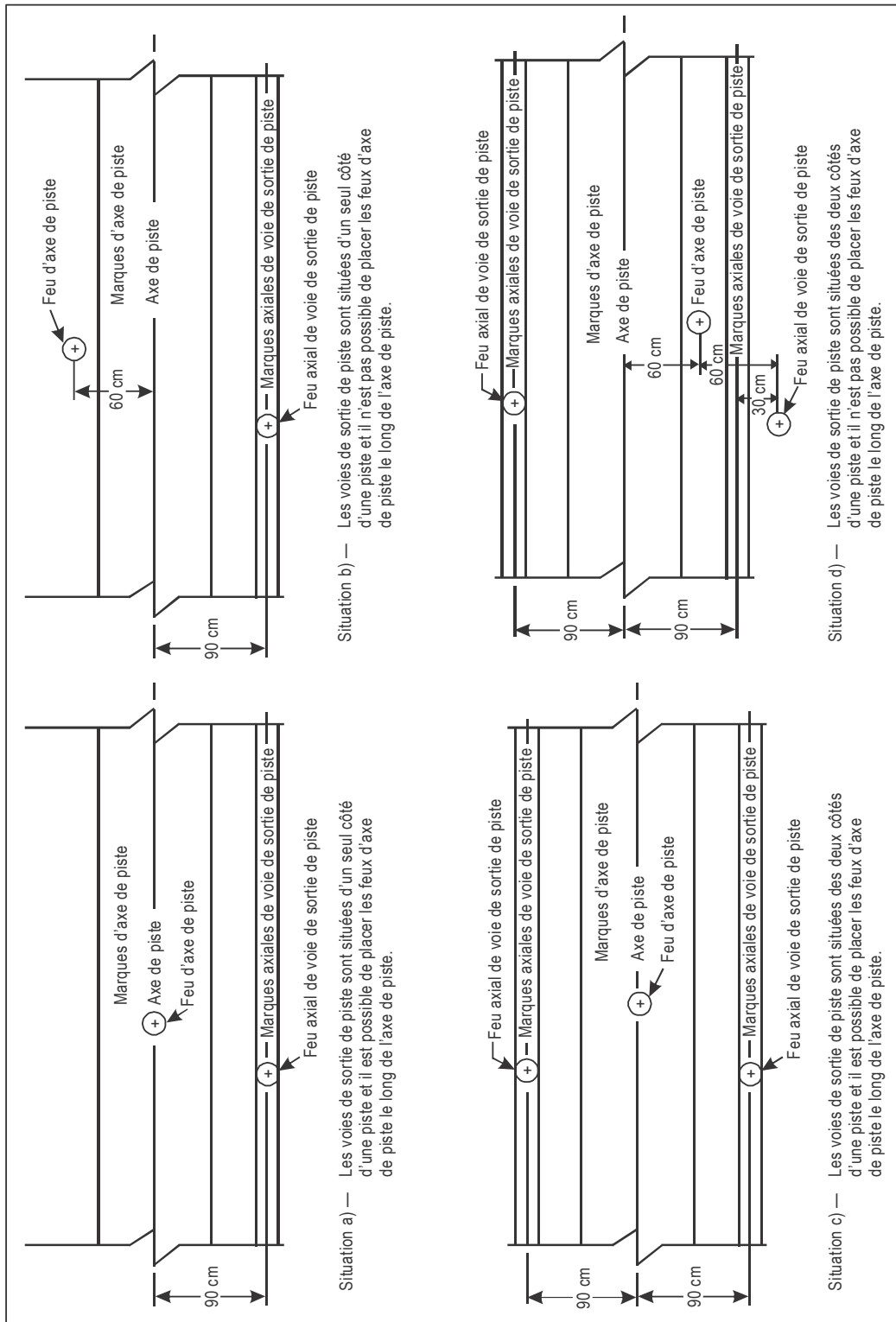


Figure 9-2. Marques et feux de balisage aux intersections des pistes et des voies de circulation



## Chapitre 10

# SYSTÈMES DE GUIDAGE ET DE CONTRÔLE DE LA CIRCULATION DE SURFACE

### 10.1 GÉNÉRALITÉS

10.1.1 L'expression « système de guidage et de contrôle de la circulation de surface (SMGCS) » désigne un système d'aides, d'installations et de procédures conçu pour guider et contrôler la circulation de surface d'une manière compatible avec les conditions opérationnelles particulières d'un aérodrome. Tous les aérodromes comportent un SMGCS sous une forme ou une autre.

10.1.2 Un SMGCS se compose d'une combinaison appropriée d'aides visuelles et non visuelles, de communications radiotéléphoniques, de procédures et de moyens de contrôle et d'information. Ce type de système s'étage entre le plus simple, qui convient aux petits aérodromes à faible circulation ouverts seulement par bonne visibilité, et les plus complexes, que l'on rencontre aux grands aéroports à forte circulation qui fonctionnent même dans les conditions de visibilité très réduites. L'objet du présent chapitre est d'identifier les aides visuelles qui sont utilisées dans le cadre d'un SMGCS. Pour obtenir des éléments indicatifs sur tous les autres aspects des SMGCS, il est conseillé au lecteur de se reporter au *Manuel sur les systèmes de guidage et de contrôle de la circulation de surface (SMGCS)* (Doc 9476).

10.1.3 La mise en place d'un SMGCS a essentiellement pour objet de permettre à un aérodrome de répondre avec sécurité à la demande de mouvements au sol à laquelle il doit faire face dans des conditions opérationnelles spécifiées. Ce système doit donc être conçu pour empêcher les collisions entre aéronefs, entre aéronefs et véhicules de surface, entre aéronefs et obstacles, entre véhicules de surface et obstacles, et enfin, entre véhicules de surface. Dans le cas le plus simple, c'est-à-dire par bonne visibilité et avec une faible circulation, cet objectif peut être atteint au moyen d'un système de signalisation visuelle et d'un ensemble de règles de circulation d'aérodrome. Dans des situations plus complexes, surtout par mauvaise visibilité et/ou lorsque la circulation est dense, un système plus évolué est nécessaire.

10.1.4 Les SMGCS de base décrits dans le *Manuel sur les systèmes de guidage et de contrôle de la circulation de surface (SMGCS)* (Doc 9476) ne permettent pas toujours d'appuyer comme il convient l'exploitation aérienne pour maintenir les niveaux de capacité et de sécurité requis, surtout par mauvaise visibilité. On s'attend à ce qu'un A-SMGCS puisse fournir une capacité et assurer une sécurité suffisantes dans des conditions météorologiques, avec une densité de circulation et une configuration d'aérodrome spécifiques grâce à des technologies modernes et à une intégration très poussée des diverses fonctionnalités. La disponibilité et la mise au point de pareilles technologies, notamment de moyens automatisés, permettent d'augmenter la capacité des aérodromes par mauvaise visibilité ainsi qu'aux aérodromes complexes et très encombrés.

10.1.5 La conception des SMGCS repose sur l'hypothèse que le principe « voir et être vu » permet de maintenir la séparation des aéronefs et/ou des véhicules sur l'aire de mouvement. Les augmentations constantes de la circulation, la difficulté de circuler sur les voies de circulation des aérodromes de configuration complexe et l'érosion du principe « voir et être vu » par faible visibilité sont autant de facteurs qui peuvent provoquer des incidents et des accidents, notamment des incursions sur pistes. Ainsi qu'il a déjà été souligné, la solution de ce problème appelle l'amélioration des SMGCS de base. Les « Besoins opérationnels pour les systèmes perfectionnés de guidage et de contrôle de la circulation de surface (A-SMGCS) », qui figurent dans une pièce jointe à la lettre aux États SP 20/1-98/47 du 12 juin 1998, visent à stimuler et à guider progressivement ces améliorations.

## 10.2 BESOINS DE L'EXPLOITATION

10.2.1 Le SMGCS fourni à un aérodrome devrait être fonction des conditions d'exploitation dans lesquelles il est prévu que le système fonctionnera. Il est important d'admettre qu'un SMGCS complexe n'est pas nécessaire et serait trop coûteux aux aérodromes où la visibilité, la complexité et la densité du trafic ne présentent actuellement pas, séparément ou en combinaison, des problèmes de circulation au sol des aéronefs et des véhicules. Toutefois, un SMGCS dont la capacité ne permettrait pas de répondre comme il convient aux besoins de l'exploitation d'un aérodrome ralentirait l'acheminement au sol et pourrait nuire à la sécurité.

10.2.2 Tous les SMGCS ont quatre fonctions principales :

- a) guidage, c'est-à-dire moyens, renseignements et conseils nécessaires pour fournir aux pilotes et aux conducteurs de véhicules des renseignements continus, non équivoques et fiables pour qu'ils puissent maintenir leur avion ou leur véhicule sur les surfaces et le long des parcours qu'ils doivent suivre ;
- b) acheminement, c'est-à-dire planification et affectation d'un parcours aux aéronefs et véhicules individuels pour assurer leur mouvement sûr, rapide et efficace entre leur position actuelle et leur destination prévue ;
- c) contrôle, c'est-à-dire recours à des mesures visant à éviter les collisions et les incursions sur pistes en assurant ainsi que les mouvements de surface seront sûrs, rapides et efficaces ;
- d) surveillance, c'est-à-dire fourniture de renseignements précis sur l'identification et la position d'aéronefs, de véhicules et d'autres objets.

10.2.3 Le guidage et le contrôle des nombreux véhicules qui circulent dans les postes de stationnement présentent des problèmes particuliers quand il faut choisir le niveau du SMGCS qui sera nécessaire. Ces problèmes peuvent être traités en tenant dûment compte du fait que la fonction de tout poste de stationnement particulier varie avec le temps. Quand un aéronef y stationne alors que ses moteurs tournent ou quand il en sort ou s'en approche, le poste de stationnement fait partie de l'aire de mouvement et des mesures SMGCS appropriées sont nécessaires. Si un poste de stationnement est occupé par un aéronef dont les moteurs sont éteints, s'il n'est pas occupé et si aucun aéronef ne s'en approche, le poste ne fait pas partie à ce moment de l'aire de mouvement et aucune mesure SMGCS n'est nécessaire.

10.2.4 La mise en œuvre des A-SMGCS vise à réduire le nombre des communications vocales, à augmenter l'utilisation des aides de guidage au sol et à se fonder davantage sur les indications de l'avionique de bord pour guider plus facilement les pilotes qui s'approchent ou s'éloignent de la piste. La surveillance qu'exerce le contrôle de la circulation aérienne (ATC) sur les aéronefs et les véhicules utilisera plus les aides électroniques et l'automatisation jouera un rôle croissant dans le contrôle de la dynamique des mouvements de surface.

10.2.5 Il est conseillé de consulter les besoins opérationnels pour les A-SMGCS dans tous les cas où il est envisagé de mettre en œuvre un nouveau SMGCS, pour veiller à sa conformité avec les concepts A-SMGCS appropriés. Les paramètres qui permettent d'établir le niveau de mise en œuvre nécessaire sur la base des conditions de visibilité, de la densité de la circulation et de la configuration de l'aérodrome, sont clairement décrits dans ce document.

*Note.— Un A-SMGCS est un SMGCS existant progressivement amélioré, qui met à disposition plus de moyens à mesure qu'ils sont justifiés par des considérations opérationnelles. L'A-SMGCS n'est pas un système de remplacement qui exige la mise hors service des SMGCS existants.*



### 10.3 RÔLE DES AIDES VISUELLES

10.3.1 Les aides visuelles jouent un rôle dans les fonctions SMGCS de guidage, d'acheminement et de contrôle. La conception de tout SMGCS vise plusieurs objectifs de haut niveau qui concernent expressément mais pas toujours exclusivement la mise en œuvre d'aides visuelles. Ces objectifs sont les suivants :

- a) un SMGCS devrait permettre de contrôler tous les aéronefs et tous les véhicules autorisés ;
- b) la fonction de guidage devrait étayer l'exploitation sûre à l'aérodrome, compte tenu des conditions de visibilité, de la densité de son trafic et de sa configuration ;
- c) les pilotes et les conducteurs de véhicules devraient être en mesure de suivre le parcours qui leur est affecté de façon continue, non équivoque et fiable ;
- d) les aides visuelles devraient faire partie intégrante du système des mouvements de surface ;
- e) un SMGCS devrait se composer de modules pour permettre son expansion en fonction de l'évolution de l'exploitation.

10.3.2 Quand les conditions de visibilité permettent l'acheminement sûr, ordonné et rapide des mouvements autorisés par des moyens visuels, la fonction de guidage d'un SMGCS repose au premier chef sur des aides visuelles normalisées, c'est-à-dire des marques, des feux et des panneaux. Lorsque la visibilité est suffisante pour que les pilotes puissent circuler au sol en se fondant uniquement sur des repères visuels, alors que l'utilisation de ces seuls repères freine l'acheminement des mouvements autorisés, des systèmes visuels ou non visuels supplémentaires peuvent se révéler nécessaires pour étayer la fonction de guidage. Toute aide visuelle supplémentaire éventuellement mise au point devrait être normalisée conformément aux usages de l'OACI.

10.3.3 Dès qu'un parcours lui a été affecté, le pilote ou le conducteur d'un véhicule a besoin de renseignements qui lui permettront de le suivre. Les aides visuelles de guidage lui indiquent où il peut manœuvrer en toute sécurité. Les feux axiaux de voie de circulation qui peuvent être commutés sélectivement et les panneaux à message variable peuvent être utilisés pour établir des parcours spécifiques.

10.3.4 Les pilotes et les conducteurs de véhicules ont toujours besoin de disposer de renseignements d'acheminement et de guidage sous une forme ou une autre. À de nombreux aérodromes, la fonction de contrôle fait aussi appel à des aides visuelles. Des renseignements de surveillance sont nécessaires pour étayer ce service.

10.3.5 La fonction de surveillance d'un SMGCS fait appel à l'utilisation de détecteurs qui fournissent les renseignements d'identification et de position nécessaires concernant tous les aéronefs et tous les véhicules. Dans sa forme la plus élémentaire, la surveillance visuelle par l'ATC permet au contrôleur de la tour de brancher les aides visuelles correctes. Dans les systèmes plus avancés qui peuvent être nécessaires aux aérodromes complexes et très encombrés et par faible visibilité, la surveillance faisant appel à des détecteurs tels que les radars, les systèmes satellitaires de navigation, les systèmes à bande d'induction ou le laser, les détecteurs hyperfréquences ou infrarouges peut être utilisée pour faciliter les fonctions d'acheminement, de guidage et de contrôle. Ces détecteurs peuvent être employés individuellement ou bien les données fournies par plusieurs d'entre eux peuvent être combinées pour améliorer l'identification et la localisation dans toute l'aire de mouvement. Les conditions de performance de la fonction de surveillance sont les plus exigeantes quand les renseignements doivent être utilisés dans la fonction de contrôle pour maintenir l'espacement normalisé entre aéronefs.

## 10.4 AIDES VISUELLES D'UN SMGCS

### Aides visuelles pour le guidage

10.4.1 Les aides ci-après ont une fonction de guidage. Les circonstances dans lesquelles chacune est utilisée sont décrites dans les paragraphes appropriés de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

#### *Marques d'axe de piste*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

#### *Marques axiales de voie de circulation*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

#### *Marques de point d'attente avant piste*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

#### *Marques de point d'attente intermédiaire*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

#### *Marques de poste de stationnement d'aéronef*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : Chapitre 2 du présent manuel.

#### *Panneaux de signalisation*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : Chapitre 12 du présent manuel.

#### *Aides visuelles pour signaler les zones d'emploi limité*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 7.

#### *Feux de bord de piste (nuit)*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

#### *Feux de bord de voie de circulation (nuit)*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : Chapitre 9 du présent manuel.

#### *Feux d'axe de piste*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

#### *Feux axiaux de voie de circulation*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.7 à 10.4.9 du présent manuel.

#### *Feux de point d'attente intermédiaire*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.13 du présent manuel.

#### *Barres d'arrêt*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.10 à 10.4.17 du présent manuel.

*Feux de protection de piste*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.18 à 10.4.26 du présent manuel.

*Systèmes de guidage visuel de stationnement et d'accostage*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : Chapitre 13 du présent manuel.

*Système de contrôle de fonctionnement*

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 8.

Éléments indicatifs : *Manuel de conception des aérodromes* (Doc 9157), Partie 5.

### **Aides visuelles pour l'acheminement**

10.4.2 La commutation sélective des aides lumineuses employées pour le guidage indique les parcours fixes spécifiques que doivent suivre les aéronefs et les véhicules lorsque les circonstances de l'exploitation l'exigent. Dans le cas de parcours fixes, les mêmes aides visuelles sont utilisées pour tous les mouvements tant que persistent les conditions d'exploitation qui rendent ces parcours nécessaires. Aux aérodromes où les acheminements varient fréquemment en fonction des besoins de l'exploitation, les aides visuelles peuvent être commutées sélectivement pour indiquer clairement le parcours à suivre pour des mouvements particuliers. Pour obtenir cette souplesse, il faut que les aides visuelles puissent être commutées sélectivement sur des tronçons qui peuvent être suffisamment courts pour répondre à l'objectif qui est d'indiquer sans ambiguïté le parcours correct. Il est important que les aides puissent être commutées en temps voulu et avec précision, parce que les parcours assignés à deux aéronefs très peu espacés peuvent être différents. Quand on cherche à réduire la charge de travail de l'ATC, la commutation peut être effectuée à l'aide d'un système informatisé dès lors que le contrôleur a vérifié le parcours à affecter.

### **Aides visuelles pour le contrôle**

10.4.3 À tous les aérodromes, les aides visuelles fournissent aux pilotes et aux conducteurs de véhicules des renseignements de guidage. Les indications de parcours sont étroitement liées à la fonction de guidage et, comme indiqué ci-dessus, les renseignements de guidage sont fournis à de nombreux aérodromes par la commutation sélective des aides visuelles. Dans la pratique, tous les SMGCS fournissent des renseignements d'acheminement et de guidage au moyen d'aides visuelles.

10.4.4 L'ampleur du contrôle effectué par un SMGCS dépend des besoins de chaque aérodrome. Lorsque c'est possible, les mouvements devraient surtout être contrôlés au moyen d'aides visuelles.

10.4.5 Pour ce faire, les aides visuelles conçues pour faire partie d'un SMGCS doivent parfois être renforcées, mais leurs principales caractéristiques demeurent toutefois inchangées. Le principal renforcement peut prendre la forme d'un contrôle plus informatisé des aides et de la commutation du balisage lumineux, dans certains cas jusqu'au niveau des feux individuels.

10.4.6 Les aides visuelles qui peuvent être utilisées dans la fonction de contrôle sont les suivantes :

*Feux de signalisation*

Spécifications correspondantes : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5 ; Annexe 2, Appendice 1.

*Marques de surface*

Spécifications correspondantes : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : Chapitre 2 du présent manuel.

**Panneaux de signalisation**

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : Chapitre 12 du présent manuel.

**Feux de point d'attente intermédiaire**

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.13 du présent manuel.

**Barres d'arrêt**

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.10 à 10.4.17 du présent manuel.

**Feux de protection de piste**

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.18 à 10.4.26 du présent manuel.

**Feux axiaux de voie de circulation commutables sélectivement**

Éléments indicatifs : § 10.4.2 et 10.4.7 à 10.4.9 du présent manuel.

**Feux de point d'attente sur voie de service**

Spécifications correspondantes : Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.

Éléments indicatifs : § 10.4.27 à 10.4.30 du présent manuel.

**Système de contrôle de fonctionnement**

Spécification correspondante : Annexe 14, Volume I, Chapitre 8.

Éléments indicatifs : *Manuel de conception des aérodromes* (Doc 9157), Partie 5.

**Feux axiaux de voie de circulation**

10.4.7 Le moyen le plus positif d'assurer le guidage de la circulation de surface consiste à utiliser les feux axiaux de voie de circulation. Si, en outre, ces feux sont commandés sélectivement, on peut exercer un contrôle positif des parcours des avions qui circulent au sol. Les feux axiaux sont particulièrement efficaces et constituent souvent le seul moyen d'assurer le guidage et le contrôle par faible visibilité. Si l'intensité des feux est suffisante, cette méthode peut également être efficace de jour.

10.4.8 Lorsque les feux axiaux de voie de circulation sont installés expressément pour faire partie d'un A-SMGCS, il peut être jugé nécessaire, à la suite d'une étude ponctuelle, d'utiliser les feux à haute intensité, qui sont recommandés dans l'Annexe 14, Volume I. Il est probable que ce renforcement sera nécessaire si l'on veut recourir aux aides visuelles pour assurer la fonction de guidage et de contrôle du A-SMGCS par temps très clair ou par faible visibilité.

10.4.9 Dans la pratique, on assure le guidage en allumant seulement les feux axiaux de voie de circulation qui indiquent le parcours à suivre jusqu'au point de destination. Plusieurs parcours peuvent être indiqués pour permettre à plusieurs aéronefs de circuler en même temps. Pour améliorer la sécurité, il est souhaitable que la conception du système comporte un dispositif électrique ou mécanique permettant matériellement d'allumer un seul parcours à la fois à travers une intersection. Pour permettre de contrôler la circulation, ces systèmes de balisage lumineux comprennent également, aux intersections, des barres d'arrêt dont le fonctionnement est lié à celui des feux axiaux et qui indiquent en outre aux aéronefs qui se présentent aux intersections à quel moment ils doivent s'arrêter et à quel moment ils peuvent avancer.

### Barres d'arrêt

10.4.10 Les barres d'arrêt permettent de contrôler efficacement les mouvements des aéronefs et des véhicules sur l'aire de manœuvre et elles réduisent le nombre d'incidents et d'accidents provoqués par des incursions sur pistes. Les barres d'arrêt doivent être commandées manuellement ou automatiquement par les services de la circulation aérienne.

10.4.11 Les normes de l'Annexe 14, Volume I, disposent qu'une barre d'arrêt doit être installée à chaque point d'attente avant piste desservant une piste appelée à être utilisée dans des conditions correspondant à une portée visuelle de piste inférieure à 550 m, sauf lorsqu'il existe :

- a) des aides et des procédures appropriées pour prévenir les incursions accidentelles de trafic sur la piste ;  
ou
- b) des procédures opérationnelles limitant, en cas de portée visuelle de piste inférieure à 550 m :
  - 1) à un seul aéronef, à tout moment, le nombre d'aéronefs présents sur l'aire de manœuvre ;
  - 2) au minimum nécessaire le nombre de véhicules présents sur l'aire de manœuvre.

*Note.— Un point d'attente avant piste est défini comme étant un point désigné en vue de protéger une piste, une surface de limitation d'obstacles ou une zone critique/sensible d'ILS/MLS, auquel les aéronefs et les véhicules circulant à la surface s'arrêteront et attendront, sauf autorisation contraire de la tour de contrôle d'aérodrome.*

10.4.12 Il est aussi recommandé dans l'Annexe 14, Volume I, qu'une barre d'arrêt soit disposée à un point d'attente intermédiaire lorsqu'on désire compléter des marques par des feux pour assurer le contrôle de la circulation par des moyens visuels.

10.4.13 À un point d'attente intermédiaire où un signal arrêtez-passez n'est pas nécessaire, il est recommandé d'installer des feux de point d'arrêt intermédiaire. Lorsque la RVR est inférieure à 550 m, cette disposition fait l'objet d'une norme.

*Note.— Un point d'arrêt intermédiaire est un point désigné de contrôle de la circulation auquel les aéronefs et les véhicules qui roulent à la surface doivent s'arrêter et attendre jusqu'à ce qu'ils soient de nouveau autorisés à continuer de rouler sur instructions de la tour de contrôle d'aérodrome.*

10.4.14 Les spécifications relatives aux barres d'arrêt contiennent une disposition concernant la suppression des feux axiaux de voie de circulation sur une distance de 90 m à partir d'une barre d'arrêt allumée dans la direction dans laquelle l'avion est censé continuer. Quand la barre d'arrêt est supprimée, ces feux axiaux de voie de circulation interconnectés doivent être allumés simultanément.

10.4.15 Il peut être nécessaire à un avion immobilisé à une barre d'arrêt de disposer d'au moins 30 secondes pour parcourir les 90 m sur lesquels les feux axiaux de voie de circulation interconnectés sont installés. Le pilote aura un guidage lumineux plus court que celui qui est requis si la barre d'arrêt est commutée prématurément après la délivrance de l'autorisation, surtout par mauvaise visibilité.

10.4.16 Les barres d'arrêt seront composées de feux encastrés unidirectionnels espacés de 3 m transversalement à la voie de circulation et ils seront de couleur rouge et visibles dans la direction de l'approche vers le point d'attente avant la piste ou du point d'attente intermédiaire.

10.4.17 Lorsque les barres d'arrêt sont installées spécifiquement pour être des éléments d'un A-SMGCS, il peut être jugé nécessaire, à la suite d'une étude ponctuelle, d'utiliser les barres d'arrêt à haute intensité recommandées dans l'Annexe 14, Volume I.

### Feux de protection de piste hors sol et encastrés

10.4.18 Les feux de protection de piste rendent beaucoup plus visible l'emplacement du point d'attente avant piste, que la portée visuelle de piste soit supérieure ou inférieure à 1 200 m. Ils existent en deux configurations normalisées, hors sol et encastrés, ainsi que l'illustre l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Figure 5-29.

10.4.19 L'Annexe 14, Volume I, contient une norme selon laquelle des feux de protection de piste conformes à la configuration A seront disposés à chaque intersection piste/voie de circulation associée à une piste destinée à être utilisée :

- a) avec une portée visuelle de piste inférieure à 550 m lorsqu'il n'y a pas de barre d'arrêt ;
- b) avec une portée visuelle de piste comprise entre 550 et 1 200 m en cas de forte densité de circulation.

10.4.20 À mesure que le nombre de mouvements continue d'augmenter à de nombreux aéroports du monde, les risques d'incursion sur pistes augmentent eux aussi. Dans le cadre des mesures de prévention des incursions sur piste, l'Annexe 14, Volume I, recommande aussi de placer des feux de protection de piste, en configuration A ou B, à chaque intersection voie de circulation/piste où des points chauds ont été identifiés et d'utiliser ces feux dans toutes les conditions météorologiques, de jour et de nuit.

10.4.21 Les feux de protection de piste, configuration A, doivent être composés de deux paires de feux jaunes hors piste clignotants et les feux de protection de piste, configuration B, doivent être de feux clignotants jaunes encastrés, placés en travers de la voie de circulation à des intervalles de 3 m. Leur faisceau doit être unidirectionnel dans la direction de l'approche vers le point d'attente avant piste.

10.4.22 Il est recommandé que, lorsque les feux de protection de piste sont destinés à être utilisés de jour, ces feux soient à haute intensité, conformément aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I.

10.4.23 Lorsque les feux de protection de piste sont spécifiés comme éléments d'un A-SMGCS, il peut être jugé nécessaire, à la suite d'une étude ponctuelle, d'utiliser des feux à haute intensité conformes aux recommandations de l'Annexe 14, Volume I.

10.4.24 Il est apparu utile d'installer des feux de protection de piste, configuration A, pour rendre plus visibles les barres d'arrêt installées aux points d'attente avant piste associés à des pistes aux instruments.

### Feux de point d'attente sur voie de service

10.4.25 Des feux de point d'attente sur voie de service doivent être utilisés pour contrôler le mouvement des véhicules aux intersections piste/voie de service. Ils devraient aussi être utilisés aux intersections voie de circulation/voie de service.

10.4.26 Les feux de point d'attente sur voie de service devraient être contigus aux points auxquels il est souhaité que les véhicules s'arrêtent.

10.4.27 Les feux de point d'attente sur voie de service devraient être composés de signaux rouges et verts ou de feux clignotants rouges pour indiquer respectivement que le véhicule doit s'arrêter ou continuer de rouler.

10.4.28 Quand un feu de point d'attente sur voie de service est utilisé, il devrait être contrôlé en tant qu'élément du SMGCS.

## 10.5 MISE EN ŒUVRE

10.5.1 La conception d'un SMGCS dépendra, dans son détail, des besoins de l'exploitation et des contraintes particulières de chaque aérodrome. L'architecture du système sera propre à chaque situation. Il faudrait néanmoins que les renseignements présentés aux utilisateurs du système, sur toute aire de mouvement, soient toujours les mêmes et soient normalisés. La Figure 10-1 illustre une architecture de système conforme aux concepts A-SMGCS et pouvant être utilisée à un aérodrome complexe où les mouvements de surface sont très nombreux. Elle illustre particulièrement la façon dont les aides visuelles sont intégrées dans un tel système. La relation entre les divers éléments d'équipement nécessaires pour réaliser le système et pour assurer les quatre fonctions de base (guidage, acheminement, contrôle et surveillance) y est aussi représentée. On peut y observer en particulier que les aides lumineuses et tous les autres éléments du système sont interdépendants.

10.5.2 La commutation sélective du balisage lumineux est importante pour la mise en œuvre d'un A-SMGCS. Les besoins opérationnels pour les A-SMGCS supposent l'utilisation continue de cette technique comme moyen d'indication sélective des parcours, car elle permet de guider tout avion particulier et facilite la fonction de contrôle. Le contrôleur de la tour peut procéder à la commutation manuellement en réagissant à une observation visuelle. Dans certains cas, il peut utiliser des détecteurs de surveillance pour faciliter la commutation manuelle. Dans d'autres, un certain degré d'automatisation peut être possible, par exemple pour rallumer une barre d'arrêt après un laps de temps fixe. L'exemple ci-après illustre la commande des barres d'arrêt au moyen des détecteurs de position. Il convient de noter que l'exemple donné suppose l'emploi de certaines procédures ATC. Des procédures différentes exigent la mise au point de systèmes de conception appropriée.

10.5.3 Chaque barre d'arrêt est dotée de trois détecteurs de position implantés comme le montre la Figure 10-2. Divers types de détecteur de position ou un signal de commande émis par l'A-SMGCS peuvent être utilisés : le détecteur de position 1, situé au milieu de la voie de circulation à 70 m en amont de la barre d'arrêt ; le détecteur 2, situé au milieu de la voie de circulation immédiatement en aval de la barre d'arrêt ; et le détecteur 3, situé au milieu de la piste à 120 m environ en aval du seuil. Lorsqu'un aéronef est autorisé à rouler vers la piste pour décoller, le pilote suit les feux axiaux de voie de circulation qui ne restent allumés que jusqu'à la barre d'arrêt, au point d'attente avant piste. Lorsque l'aéronef franchit le détecteur 1 (voir Figure 10-2), un voyant s'allume sur un panneau de commande spécial, dans la tour de contrôle. Le contrôleur est ainsi avisé qu'un aéronef s'approche de la barre d'arrêt et que le pilote attend l'autorisation de s'engager sur la piste. Pour permettre à l'aéronef de franchir la barre d'arrêt (voir Figure 10-3), le contrôleur émet une autorisation par radiotéléphone et, en même temps, éteint la barre d'arrêt en appuyant sur un bouton. Les feux axiaux de voie de circulation qui sont en aval de la barre d'arrêt s'allument alors automatiquement. Lorsque l'aéronef franchit le détecteur 2 (voir Figure 10-4), la barre d'arrêt se rallume automatiquement pour protéger la piste. Au moment où l'aéronef amorce sa course de décollage et franchit le détecteur 3 (voir Figure 10-5), les feux axiaux de voie de circulation compris entre la barre d'arrêt et le détecteur 3 s'éteignent automatiquement. Si un aéronef franchit la barre d'arrêt sans avoir reçu l'autorisation du contrôleur, le détecteur 2 sert de barrière de sécurité (voir Figure 10-6) et le système alerte le contrôleur visuellement (en allumant un voyant sur le panneau de commande) et en déclenchant une alarme sonore.

10.5.4 La Figure 10-1 illustre la façon dont on peut utiliser la commutation sélective des feux axiaux de voie de circulation pour faciliter le mouvement des avions.

10.5.5 Tous les SMGCS comportent des moyens de surveillance sous une forme ou une autre. Dans la forme la plus simple, le personnel des services de la circulation aérienne procède à la surveillance nécessaire par des observations visuelles. Comme le montre la Figure 10-1, toutefois, cette fonction peut être réalisée fiablement par l'intégration de données provenant de plusieurs types différents de détecteur. Les détecteurs les plus appropriés pour une architecture particulière de mise en œuvre sont choisis au stade de la conception du système.

10.5.6 De même, en utilisant des données de surveillance obtenues par les détecteurs et d'autres données, la commutation et l'autorisation d'un parcours peuvent être effectuées par des moyens informatiques. Les extraits de ces

systèmes peuvent être utilisés pour commander sélectivement l'éclat des feux axiaux des voies de circulation. De cette façon, on peut donner au pilote une indication visuelle du parcours qu'il doit suivre, ainsi que les renseignements visuels nécessaires pour guider l'avion le long de ce parcours.

10.5.7 Des blocs adjacents de feux situés devant l'avion sont commutés simultanément pour indiquer le parcours à suivre. La dimension de ces blocs varie. Selon la topographie du réseau des voies de circulation et l'architecture du SMGCS, le bloc le plus simple peut se composer d'un feu seulement. À l'autre extrême, le bloc peut remplir tout le parcours, depuis le poste de stationnement de l'avion jusqu'au point d'attente avant piste.

10.5.8 Le système est conçu de manière que la longueur du balisage lumineux axial de voie de circulation dont le pilote dispose est toujours telle que la vitesse à laquelle l'avion peut rouler au sol ne dépend pas de la longueur du tronçon du parcours qu'il peut apercevoir.

10.5.9 Aux intersections de voies de circulation, un seul parcours est éclairé à tout moment.

10.5.10 Dès que le dispositif de surveillance a détecté qu'un avion a traversé complètement un bloc, les feux qu'il a dépassés sont éteints conformément au protocole établi pour le dispositif.

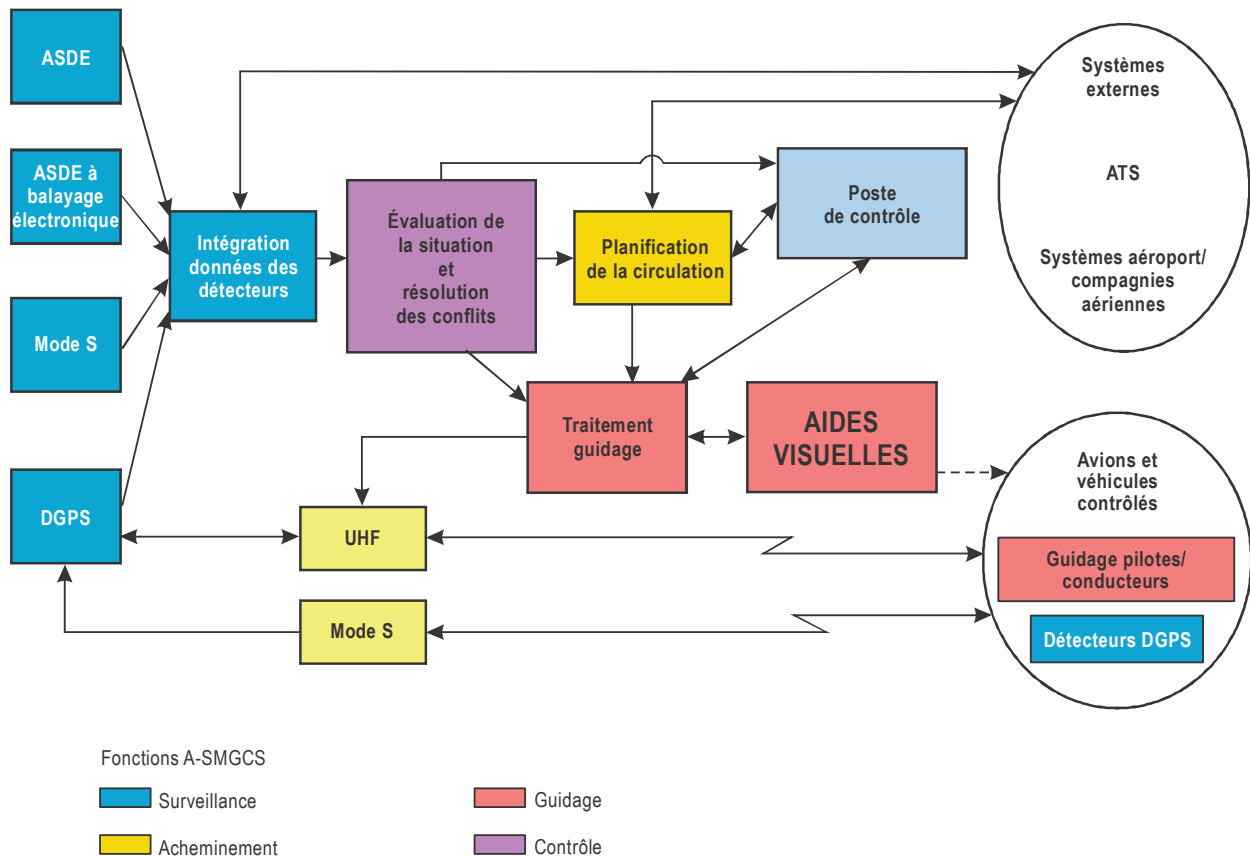


Figure 10-1. Exemple d'architecture d'un A-SMGCS



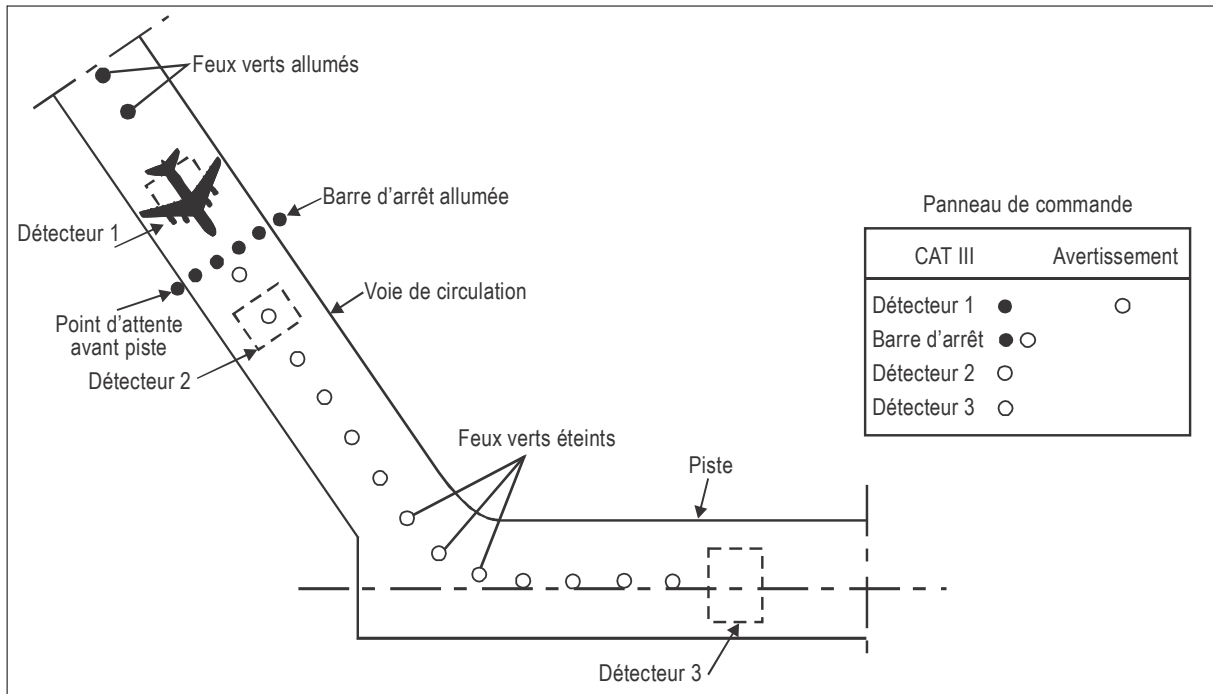


Figure 10-2. Commande de la barre d'arrêt par détecteurs de position — L'avion approche de la barre d'arrêt

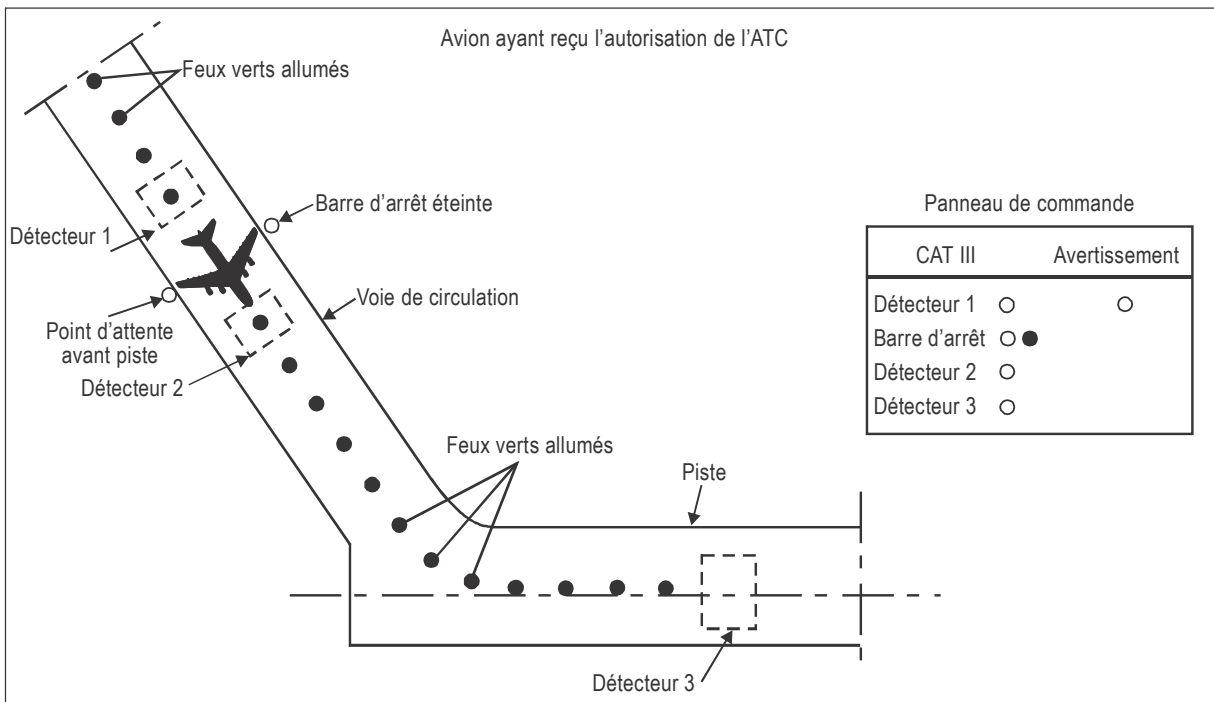
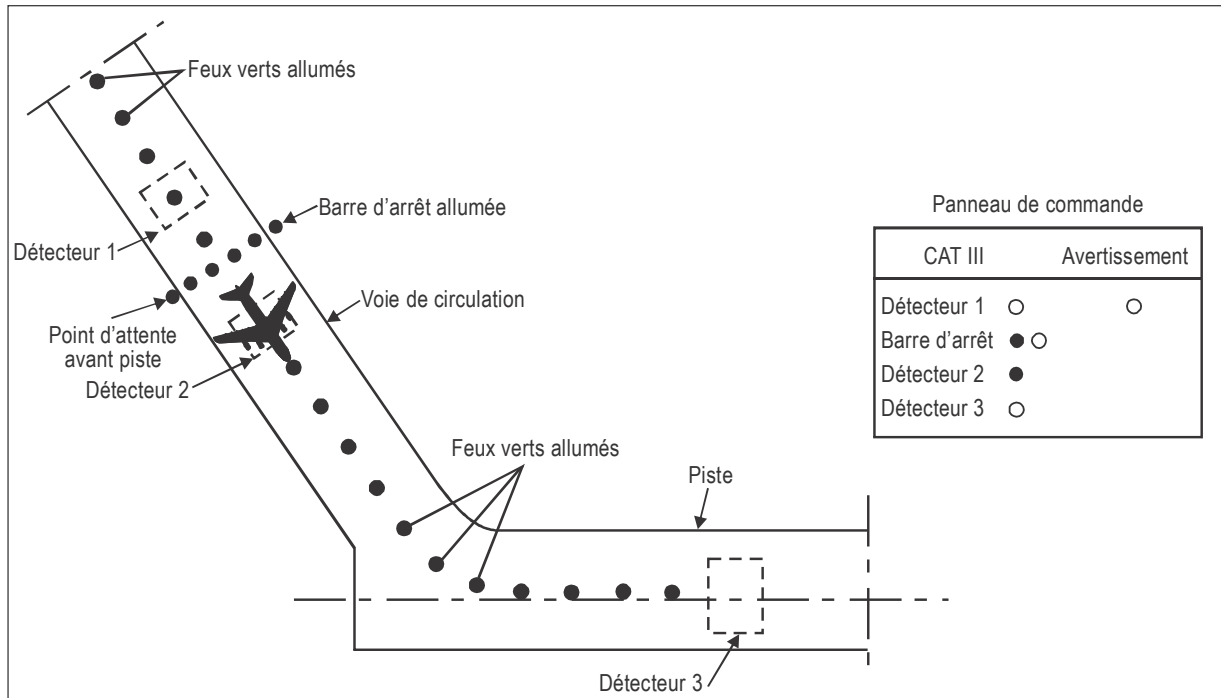
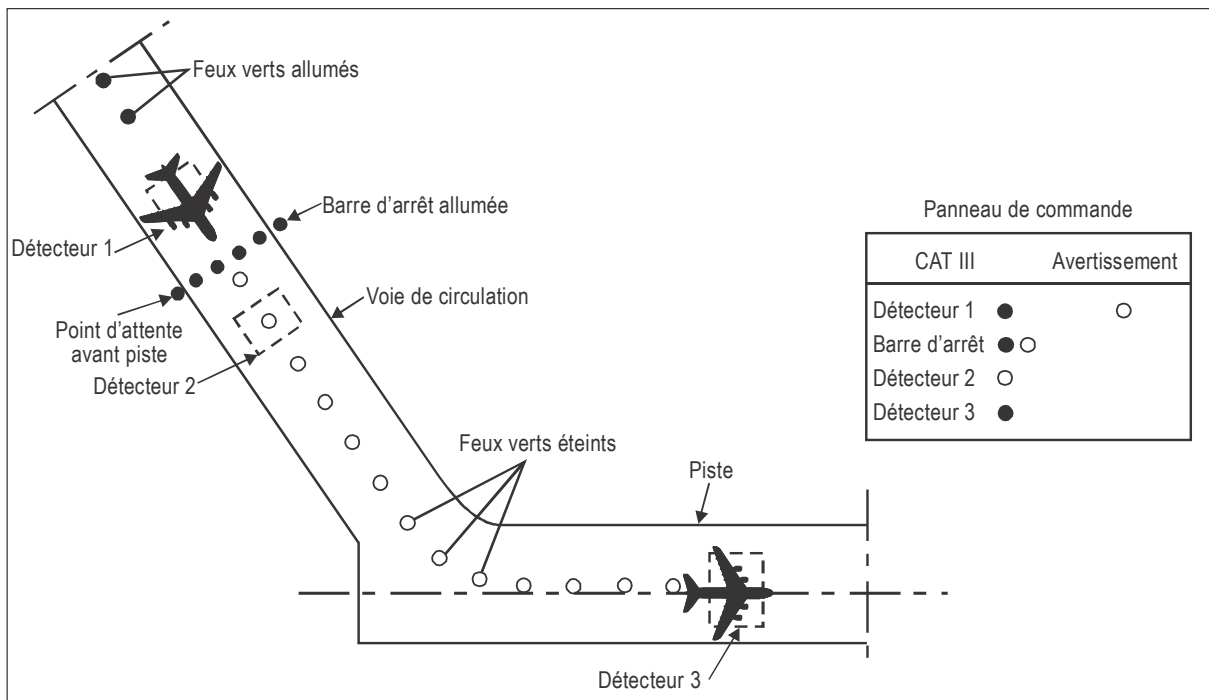


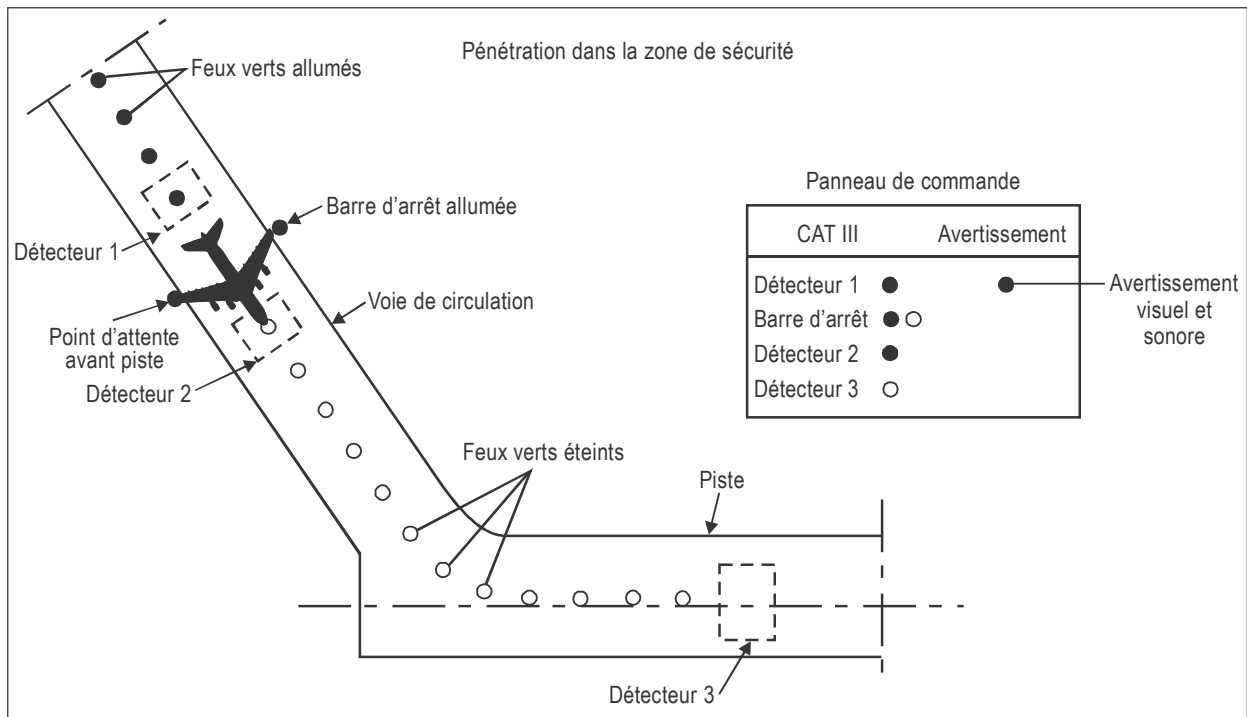
Figure 10-3. Commande de la barre d'arrêt par détecteurs de position — L'avion franchit la barre d'arrêt



**Figure 10-4. Commande de la barre d'arrêt par détecteurs de position — L'avion franchit le détecteur 2**



**Figure 10-5. Commande de la barre d'arrêt par détecteurs de position — L'avion franchit le détecteur 3 et un autre s'approche de la barre d'arrêt**



**Figure 10-6. Commande de la barre d'arrêt par détecteurs de position — L'avion franchit la barre d'arrêt sans autorisation**

10.5.11 Pour assurer le guidage et le contrôle par commutation sélective des barres d'arrêt et des feux axiaux de voie de circulation, le système devrait avoir les caractéristiques ci-après :

- la fin d'un parcours sur voie de circulation devrait être signalée par une barre d'arrêt ;
- les circuits de commande devraient être conçus de façon que, si une barre d'arrêt est allumée, les feux axiaux de la voie de circulation situés au-delà de cette barre sont éteints et hors tension ;
- il devrait y avoir un panneau de commande comportant un schéma du réseau de voies de circulation et du balisage lumineux capable d'indiquer les sections du balisage axial et les barres d'arrêt qui sont sous tension ;
- si nécessaire, le contrôleur de la circulation aérienne devrait disposer d'une commande lui permettant de prendre la priorité sur le système et de mettre hors tension un parcours qui traverse une piste en service ;
- les défaillances et défauts de fonctionnement du système devraient être affichés sur le panneau de commande.

10.5.12 Il est prévu dans les besoins opérationnels pour les A-SMGCS que les nouveaux SMGCS seront de plus en plus automatisés.



## Chapitre 11

# SYSTÈME AUTONOME D'AVERTISSEMENT D'INCURSION SUR PISTE

### 11.1 INTRODUCTION

11.1.1 La mise en œuvre d'un système autonome d'avertissement d'incursion sur piste (ARIWS) est une question complexe qui mérite d'être examinée attentivement par les exploitants d'aérodrome, les services de la circulation aérienne et les États, en coordination avec les exploitants d'aéronefs. L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 9, Section 9.12, contient des spécifications relatives à la fourniture d'ARIWS. En outre, une description générale d'un ARIWS, comprenant les mesures à prendre par les équipages de conduite, les exigences de base pour l'installation du système aux aérodromes, le rôle des services de la circulation aérienne et la publication de renseignements, est fournie dans l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, Section 21.

11.1.2 L'inclusion, dans la présente section, des spécifications détaillées concernant les ARIWS ne doit en aucun cas être interprétée comme une obligation d'équiper les aérodromes d'un ARIWS ; il s'agit plutôt d'un système facultatif dont la mise en place a principalement pour but de permettre à l'aérodrome d'assurer la sécurité des mouvements d'aéronefs au sol dans des conditions d'exploitation spécifiées. Son utilité peut être évaluée par les exploitants d'aérodrome à la lumière de leur connaissance des conditions d'exploitation prédominantes et des caractéristiques de l'aérodrome. Un ARIWS peut être fourni sur une partie seulement de l'aérodrome, en fonction des besoins opérationnels. Ce système a pour but de prévenir les incursions sur piste entre un aéronef et un autre aéronef et entre un aéronef et des véhicules au sol.

### 11.2 EXIGENCES OPÉRATIONNELLES

11.2.1 Le fonctionnement d'un ARIWS repose sur un système de surveillance qui contrôle la situation réelle sur une piste et envoie automatiquement ces renseignements à des feux d'avertissement sur l'infrastructure aéronautique aux seuils et aux entrées de pistes.

11.2.2 Ce système est lié aux conditions d'exploitation pour lesquelles il est destiné. Il importe de reconnaître qu'il est inutile et non rentable d'installer un ARIWS à des aérodromes dont la conception et la densité de trafic ne génèrent aucun problème pour les mouvements au sol des aéronefs et des véhicules.

11.2.3 Les principes opérationnels de base pour les équipages de conduite sont mentionnés dans l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, section 21.2. Pour les opérations ATC, la mise en œuvre d'un ARIWS n'accroît pas la charge de travail en termes de communications vocales et l'utilisation des aides au guidage de la circulation de surface entraîne un recours accru à la surveillance des aéronefs et des véhicules par l'ATC. Les véhicules font dès lors l'objet d'un suivi accru en raison de la reconnaissance croissante du risque potentiel d'incursions sur piste par des véhicules.

### 11.3 ARIWS — DESCRIPTION DU SYSTÈME DES FEUX D'ÉTAT D'UTILISATION DE PISTE (RWSL)

11.3.1 Le système des feux d'état d'utilisation de piste (RWSL) est un type d'ARIWS mis au point en tant que solution de réaction rapide pour prévenir des incursions sur piste ou réduire leur gravité. Les systèmes RWSL améliorent la sécurité aux aéroports en indiquant quand il est dangereux de traverser une piste, de s'y engager ou d'en décoller. C'est un système d'assistance consultatif et automatique qui utilise les données de surveillance primaire et secondaire pour allumer/éteindre les feux afin de signaler directement aux pilotes ou aux conducteurs l'occupation de la piste.

11.3.2 Les systèmes RWSL transmettent l'état d'utilisation de la piste en indiquant comme suit quand un danger se présente sur la piste :

- à l'entrée, par l'utilisation de feux d'entrée de piste encastrés (REL). Les REL allumés (faisceau rouge) indiquent qu'il est dangereux d'entrer sur la piste ou de traverser celle-ci ; ils sont éteints dans les autres cas ;
- au décollage, par l'utilisation de feux d'attente au décollage encastrés (THL). Les THL allumés (faisceau rouge) indiquent qu'il est dangereux de décoller de la piste ; ils sont éteints dans les autres cas ;
- pour ne pas perturber le flux normal de la circulation d'aéroport, les REL et les THL sont éteints en temps voulu, ce qui permet aux contrôleurs d'assurer une séparation efficace des aéronefs.

La décision d'intégrer des REL et des THL sur un aéroport doit reposer sur un examen global de l'infrastructure de l'aérodrome et de ses procédures opérationnelles dans le contexte d'un Programme de prévention des incursions sur piste.

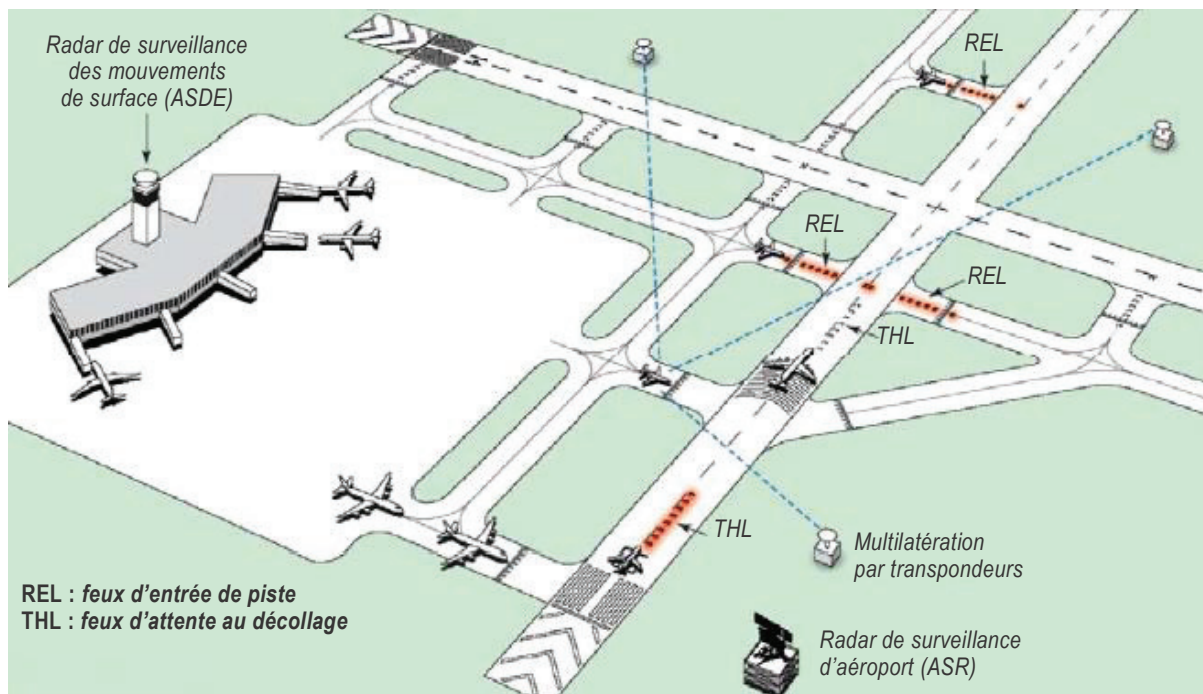


Figure 11-1. Feux d'état d'utilisation de piste (RWSL) Source : [www.RWSL.net](http://www.RWSL.net)

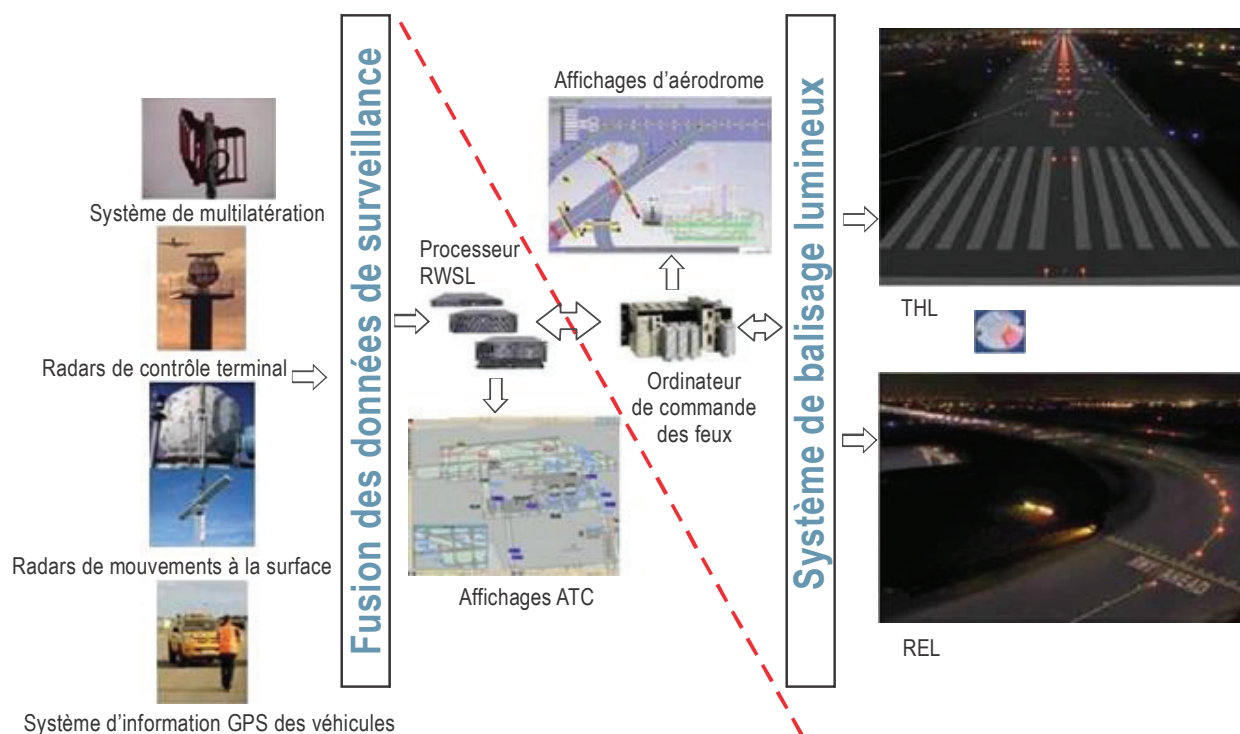


Figure 11-2. Types de systèmes de surveillance alimentant le système RWSL

11.3.3 Pour pouvoir assurer une détection fiable et efficace à des fins d'alerte, les systèmes RWSL requièrent des capteurs et des technologies informatiques pour les opérations de contrôle au sol. L'architecture de base se compose généralement de 2 blocs : un pour la fusion et le traitement des données aux fins de générer les alarmes ; l'autre, pour l'activation de l'éclairage de l'aérodrome et la communication.

11.3.4 Un RWSL opérant en tant que système ARIWS est indépendant d'autres systèmes utilisés à l'aérodrome, en particulier des éléments d'autres systèmes d'éclairage. Il faut dès lors prévoir une source d'alimentation électrique indépendante. L'ATC ne s'immisce pas dans le fonctionnement du RWSL, sauf en cas de dysfonctionnements ou si le RWSL provoque de graves perturbations du trafic aéroportuaire, auquel cas, le RWSL peut être partiellement ou totalement mis à l'arrêt. De plus, l'ATC doit pouvoir surveiller l'état du système et obtenir des rétro-informations de ses indications.

#### 11.4 EMPLACEMENTS ET CARACTÉRISTIQUES DES FEUX D'ENTRÉE DE PISTE (REL)

11.4.1 Là où des REL sont fournis, ils consistent en une rangée unique de feux fixes encastrés émettant un faisceau rouge en direction des aéronefs approchant de la piste, comme illustré à la Figure 11-3.

11.4.2 À chaque intersection de voie de circulation/piste où ils sont installés, les REL s'allument ensemble moins de 2 secondes après détection d'une incursion.

11.4.3 Les REL se composent d'au moins 5 feux espacés d'au moins 3,8 m et de maximum 15,2 m dans le sens longitudinal, selon la longueur de la voie de circulation concernée, à l'exception d'un feu unique placé à proximité de l'axe de piste.



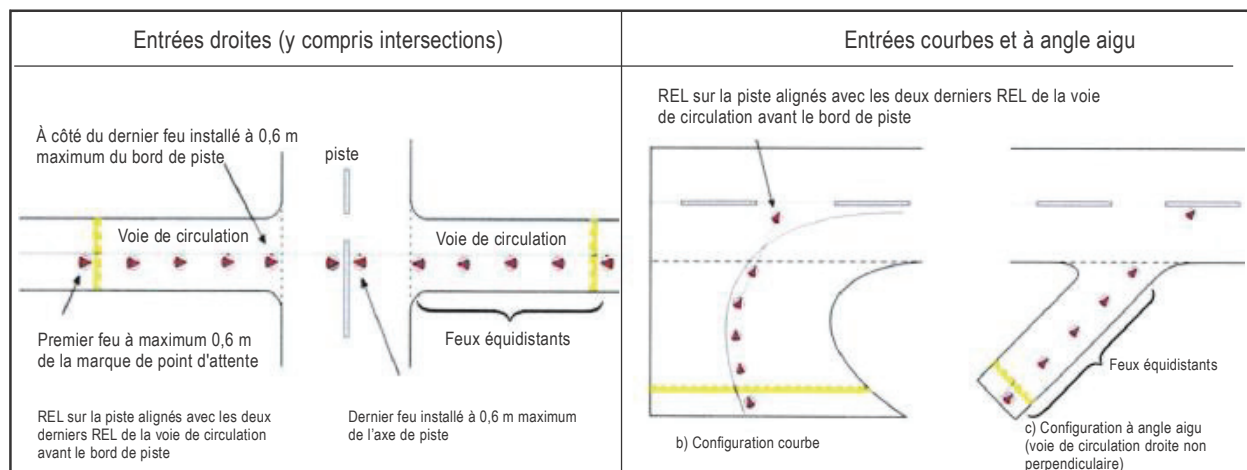
Lorsque les REL s'allument (faisceau rouge), ils indiquent qu'il est dangereux d'entrer sur la piste ou de traverser celle-ci.

**Figure 11-3. Feux d'entrée de piste (REL)**

11.4.4 Si des REL sont installés, ils seront placés à 0,6 m de l'axe de la voie de circulation du côté opposé aux feux axiaux de voie de circulation ; ils commenceront 0,6 m avant le point d'attente avant piste et s'étendront jusqu'au bord de la piste. Un feu supplémentaire unique sera placé sur la piste à 0,6 m de l'axe de la piste et aligné avec les REL de la voie de circulation.

11.4.5 La disposition des REL est liée aux types d'entrées, comme illustré à la Figure 11-4.

11.4.6 Les REL sont installés le long des axes des voies de circulation, comme les feux de guidage aux entrées et aux intersections. Ils doivent avoir au moins des caractéristiques de faisceau similaires à celles des feux axiaux pour garantir une efficacité égale de perception par les pilotes et les conducteurs de véhicules à l'entrée des voies de circulation.



**Figure 11-4. Disposition des REL**



11.4.7 Des dispositifs à large faisceau ( $\pm 10^\circ$ ), tels qu'illustrés dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-12, peuvent être utilisés aux intersections ou aux entrées de pistes qui sont, le plus souvent, droites ou légèrement courbes avant la marque de bord de piste. L'utilisation de dispositifs à large faisceau est recommandée dans l'Annexe 14, Volume I, pour le dernier feu sur la piste.

11.4.8 Pour les voies de circulation courbes ( $\pm 19,25^\circ$ ), des faisceaux encore plus larges, tels qu'illustrés dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-14, peuvent être utilisés afin d'accroître la couverture des signaux d'avertissement, mais il faudra vérifier la configuration des feux afin d'éviter toute perturbation des opérations environnantes.

### 11.5 EMBLEMES ET CARACTÉRISTIQUES DES FEUX D'ATTENTE AU DÉCOLLAGE (THL)

11.5.1 Si des THL sont installés, ils consisteront en deux rangées de feux fixes encastrés émettant un faisceau rouge dans la direction des aéronefs au décollage, comme illustré à la Figure 11-5.

11.5.2 Si des THL sont installés, ils seront placés à 1,8 m de part et d'autre des feux axiaux de piste ; ils commenceront à un point situé à 115 m du seuil de piste ou au point de départ de la course au décollage et s'étendront, par paires espacées de 30 m, sur une distance d'au moins 450 m (voir la Figure 11-6). Cette distance permet un positionnement normal des grands aéronefs au seuil de piste. Cette distance peut être ajustée, avec une marge, à la configuration physique réelle du seuil, ainsi qu'au positionnement des aéronefs aux autres entrées.

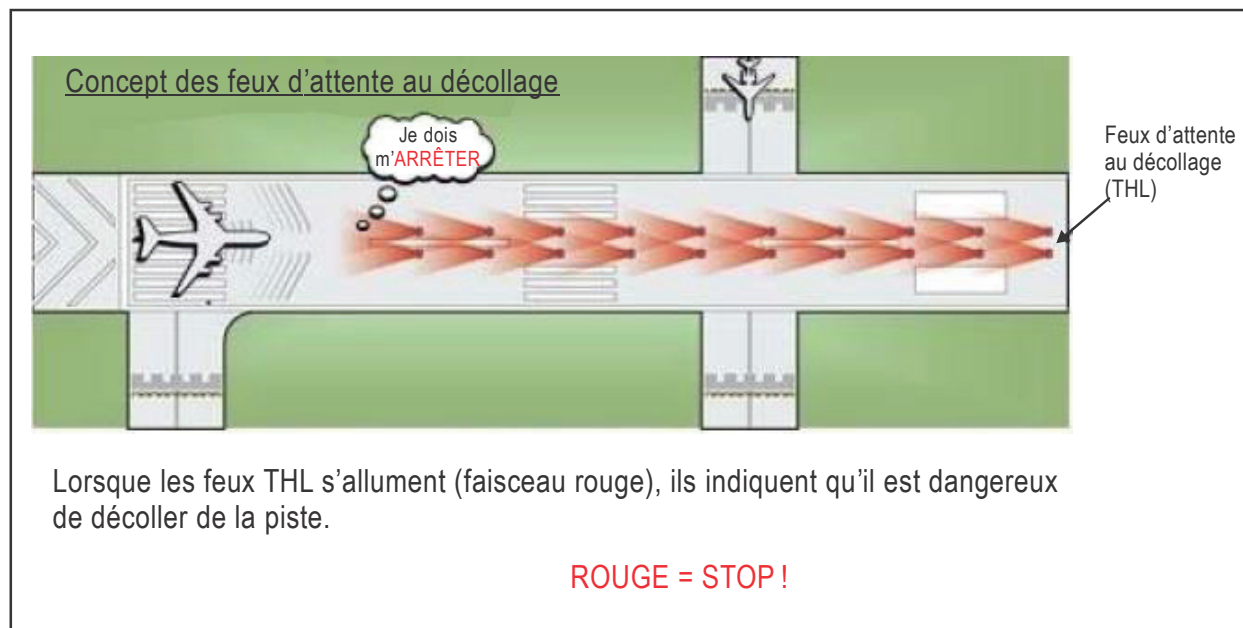


Figure 11-5. Feux d'attente au décollage (THL)

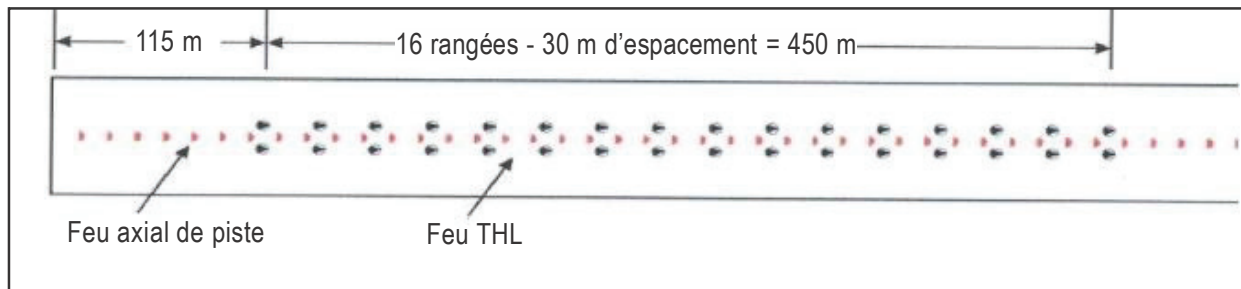


Figure 11-6. Disposition des THL

### Segmentation des rangées de THL pour des entrées successives

11.5.3 Pour des entrées successives, la distance de départ peut être calculée à partir de la marque de bord de piste à l'entrée, comme indiqué dans les cas ci-dessous, et une segmentation des THL peut être requise pour des départs multiples, lorsque les distances entre les entrées successives sont limitées, comme illustré à la Figure 11-7.

### Emplacement des feux des rangées de THL

11.5.4 Les lignes transversales entre des THL adjacents peuvent être positionnées de deux façons, selon la configuration du câblage :

- près du point intermédiaire entre des feux axiaux successifs, comme illustré à la Figure 11-8 ;
- près des feux axiaux, comme illustré à la Figure 11-9.

Si les feux axiaux de piste sont décalés de l'axe réel de piste, les THL sont décalés de la même manière, afin de maintenir une distance de 1,8 m.

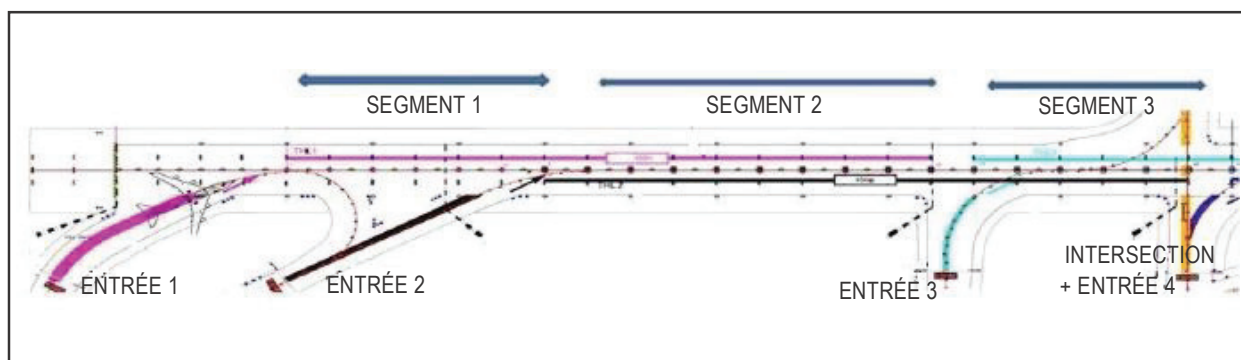


Figure 11-7. Exemple d'entrées successives avec chevauchement des rangées de THL

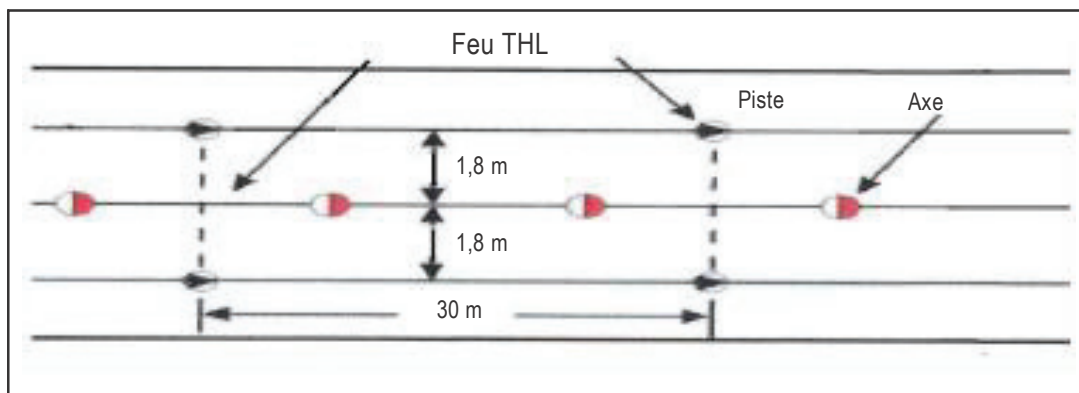


Figure 11-8. Emplacement des feux des rangées de THL

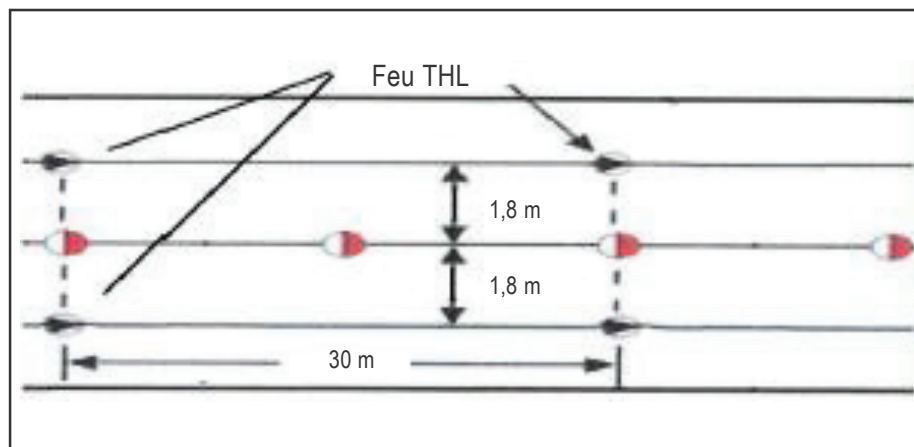


Figure 11-9. Emplacement des feux des rangées de THL

## 11.6 EXEMPLES D'INSTALLATIONS COMPORTANT DES RWSL

### Généralités

11.6.1 Les systèmes ARIWS/RWSL ont pour but de réduire le nombre et la gravité des incursions sur piste. Ils renforcent le niveau de sécurité des aéroports, de leurs infrastructures et de leurs opérations mais peuvent aussi être envisagés en cas d'opérations complexes de traversée de piste.

### Paramètres de conception

11.6.2 Le besoin de tels systèmes requiert, pour chaque application, une étude préliminaire, au cas par cas, de la configuration de la piste et des procédures locales d'exploitation, dont les résultats principaux seront des décisions qui détermineront l'emplacement final des rangées de REL aux entrées de piste et des rangées de THL sur les pistes. Les exemples ci-dessous sont donnés à titre d'information, à l'appui de l'étude de cas requise pour élaborer un programme de prévention des incursions sur piste.

### Exemples d'applications pour piste unique aux États-Unis et au Japon

11.6.3 Pour protéger les mouvements sur une piste unique utilisée de façon bidirectionnelle ou dans les deux sens, il peut être nécessaire de placer des REL aux entrées et des THL aux deux seuils, comme c'est le cas à l'aéroport international de Fort Lauderdale–Hollywood (FLL/KFLL) et à l'aéroport de Fukuoka (FUK/RJFF).



Figure 11-10. RWSL à l'aéroport international de Fort Lauderdale–Hollywood (FLL/KFLL) Photo : FAA

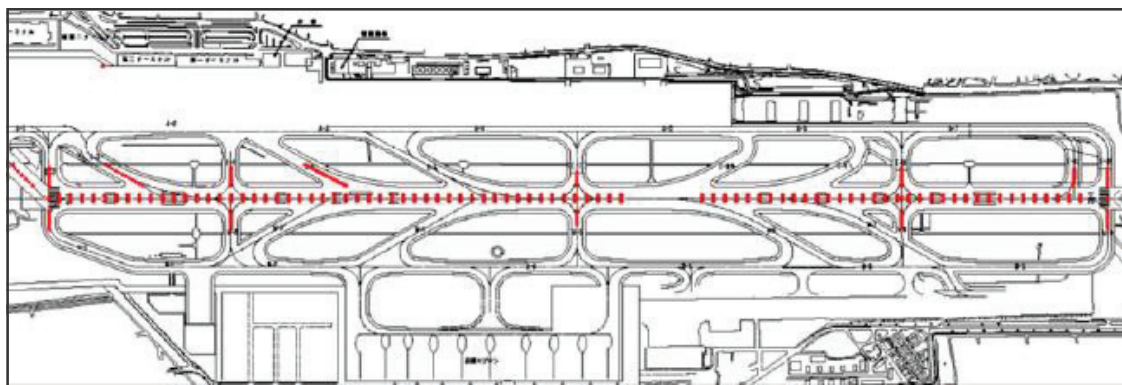


Figure 11-11. RWSL à l'aéroport de Fukuoka (FUK/RJFF) Photo : JCAB

### Exemples de pistes parallèles avec des applications au Japon, en France et aux États-Unis

11.6.4 Des pistes parallèles sont des pistes spécialisées proches utilisées pour accroître la capacité de l'aérodrome et fournir des installations en cas de fermeture de piste. Elles sont utilisées dans de nombreux grands aéroports pour optimiser l'utilisation du terrain pour la navigation aérienne. L'aéroport international d'Osaka (ITM/RJOO) a une seule entrée par seuil sur la piste intérieure. La piste extérieure est utilisée pour les atterrissages. Des REL sont fournis à chacune des intersections avec la piste intérieure.

L'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle (CDG/LFPG) a de multiples entrées, pour des mouvements aux deux seuils, y compris un seuil décalé sur la piste 27L. La piste extérieure est utilisée uniquement pour les atterrissages et des REL sont placés à chacune des intersections avec la piste de décollage.



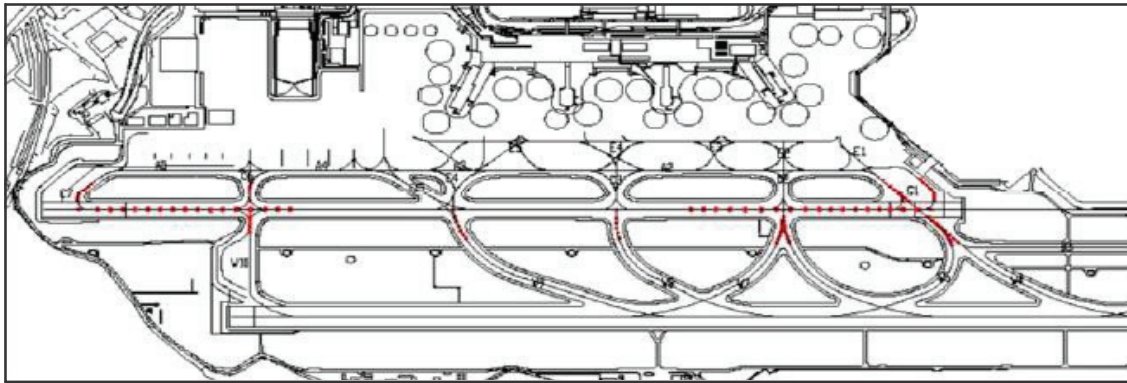


Figure 11-12. RWSL à l'aéroport international d'Osaka (ITM/RJOO)

Photo : JCAB

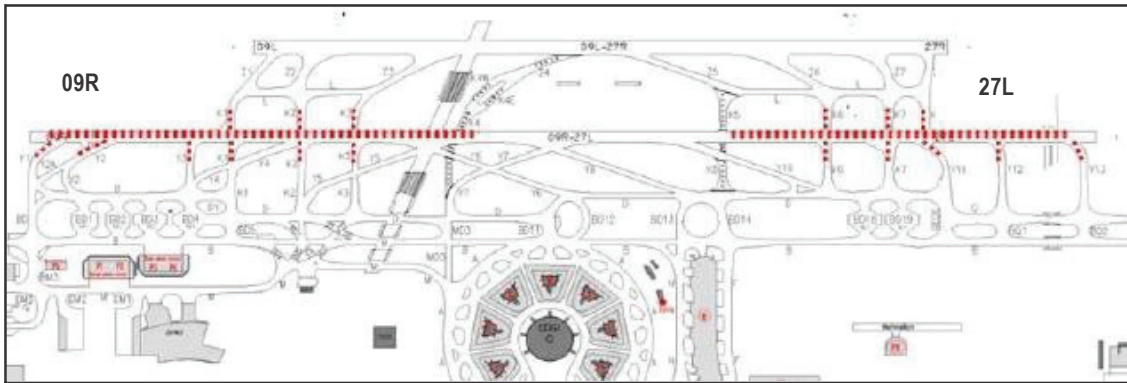


Figure 11-13. RWSL à l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle (CDG/LFPG)

À l'aéroport international de Phoenix Sky Harbor (PHX/KPHX), la paire sud de pistes est équipée de REL à toutes les entrées des deux côtés. Des REL ont aussi été installés sur la piste d'atterrissage.

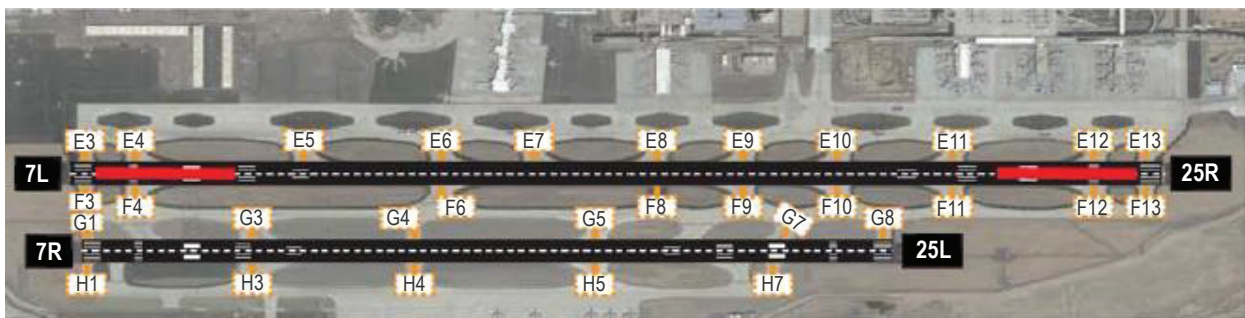


Figure 11-14. RWSL à l'aéroport international de Phoenix Sky Harbor (PHX/KPHX)

Photo : FAA

### Pistes multiples complexes avec configurations parallèles aux États-Unis

11.6.5 La configuration de l'aéroport international de Washington Dulles (IAD/KIAD) consiste en trois pistes parallèles séparées plus une piste extérieure transversale. La piste centrale est réservée aux décollages et est protégée des deux côtés et dans les deux directions par des THL et des REL. Les deux pistes parallèles externes ont des REL à leurs entrées. La piste transversale isolée n'a pas de RWSL.

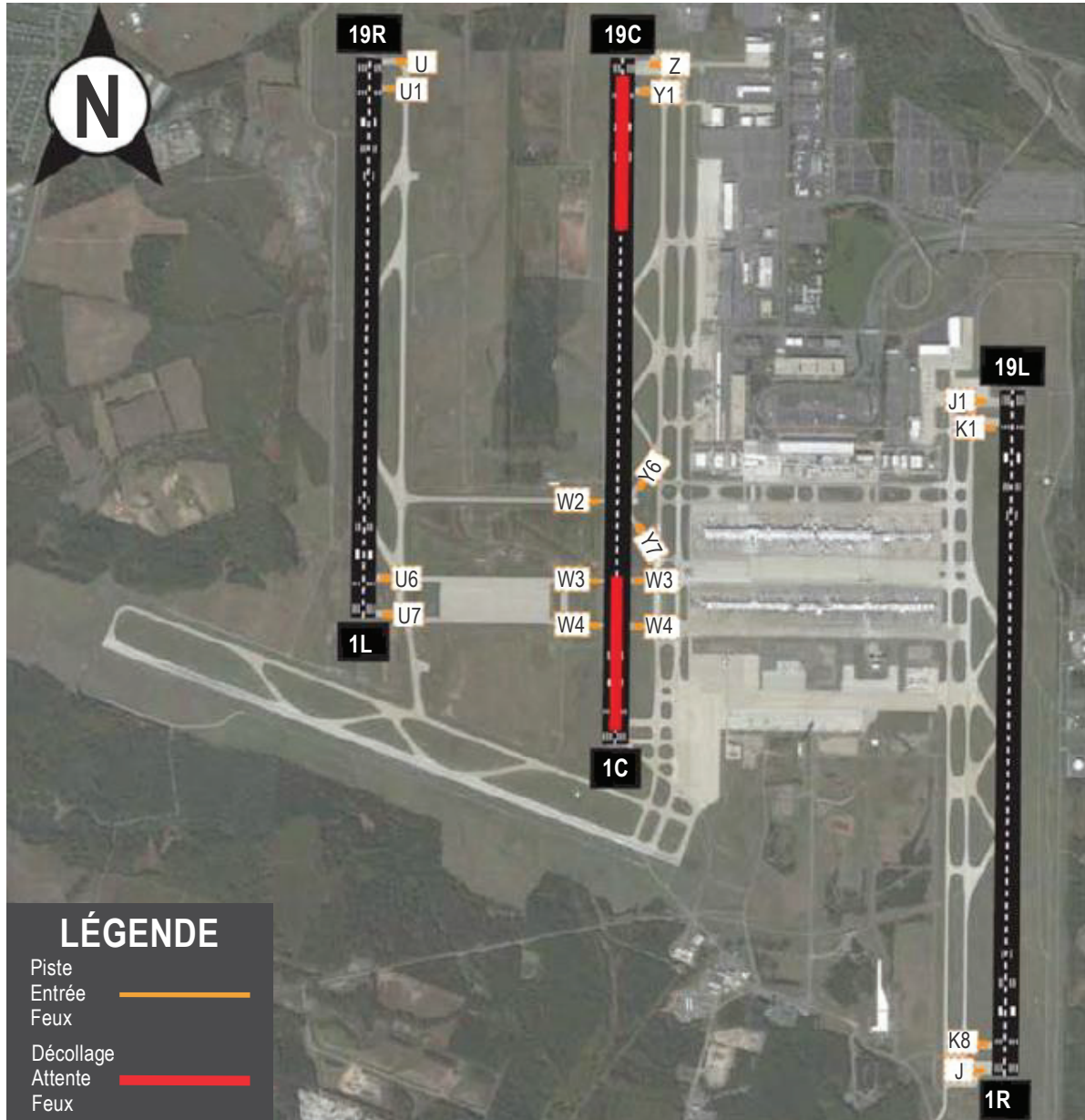


Figure 11-15. RWSL à l'aéroport international de Washington Dulles (IAD/KIAD) Photo : FAA

**Remarques de base principales pour les ARIWS avec RWSL**

11.6.6 Dans la mesure du possible, des REL et des THL sont installés sur les pistes de décollage. Une configuration à piste unique peut utiliser des RWSL en cas de mouvements dans les deux sens. Les pistes exploitées dans les deux sens peuvent dès lors avoir des entrées doubles avec des REL et des rangées de THL en fonction du nombre d'entrées et de l'utilisation des deux seuils. Dans la pratique, les pistes d'atterrissage sont souvent isolées et ne nécessitent pas souvent de RWSL, sauf si elles sont traversées par des voies de circulation ou des pistes actives. La plupart des applications complètes avec THL et REL concernent des cas spécifiques d'intersections à des aéroports ayant de multiples pistes. Des pistes parallèles, en particulier, nécessitent souvent des applications ARIWS avec THL et REL sur les pistes de décollage.

Dans le cas d'une nouvelle installation, telle que l'ajout de pistes, il est d'abord nécessaire d'analyser le potentiel d'incursions sur piste pour décider de l'utilisation d'un ARIWS, et d'ensuite déterminer les divers éléments fonctionnels, tels que l'emplacement des feux.

---





## Chapitre 12

# PANNEAUX DE SIGNALISATION

### 12.1 GÉNÉRALITÉS

12.1.1 La sécurité et l'efficacité des aéronefs et des véhicules qui circulent sur l'aire de mouvement des aérodromes exigent la mise en place d'un système de panneaux destinés à leurs pilotes et conducteurs.

12.1.2 Les pilotes et les conducteurs de véhicules utilisent les panneaux pour s'orienter sur l'aire de mouvement. En établissant la corrélation entre leurs indications et les renseignements des cartes d'aérodrome disponibles dans leur poste de pilotage ou dans leur véhicule, ils peuvent confirmer qu'ils suivent bien à tout moment le parcours qui leur a été affecté. Au besoin, ils peuvent aussi signaler leur position à l'ATC.

12.1.3 Des instructions d'obligation relatives à certains emplacements particuliers sont données par ces panneaux, ce qui contribue à la sécurité de l'exploitation.

12.1.4 Les panneaux placés aux intersections accélèrent les mouvements en indiquant la configuration des voies de circulation. Si les pilotes et les conducteurs de véhicules voient le panneau à temps, ils peuvent facilement déterminer la sortie de l'intersection qu'ils doivent prendre pour suivre le parcours qui leur est affecté.

12.1.5 Tous les panneaux sont des panneaux d'obligation ou d'indication.

12.1.6 Un panneau d'obligation doit être installé pour indiquer un emplacement au-delà duquel un avion ou un véhicule ne peut continuer de rouler sans l'autorisation du service de gestion du trafic aérien.

12.1.7 Un panneau d'indication doit être installé là où l'exploitation exige qu'un panneau donne un renseignement sur un emplacement particulier ou sur un parcours (direction ou destination) ou d'autres renseignements relatifs aux mouvements sûrs et efficaces des avions et des véhicules.

### 12.2 CONCEPTION

12.2.1 Le système de panneaux prescrit dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, section 5.4, et dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4, répond à plusieurs critères de conception.

12.2.2 Tous les panneaux sont conformes à un code couleurs qui indique clairement leur fonction propre. Les panneaux d'obligation sont rouges ou blancs alors que les panneaux d'indication sont jaunes ou noirs. Le choix de ces couleurs a été influencé par les conventions qui régissent les couleurs dans d'autres modes de transport dans lesquels les couleurs ont des significations bien précises et bien comprises. Il a aussi été influencé par la nécessité d'employer des paires de couleurs qui, combinées, rendent les signes lisibles dans la plus vaste gamme possible de conditions. La lisibilité d'un panneau est principalement déterminée par le rapport de contraste entre ses divers éléments.

12.2.3 La conception des panneaux doit satisfaire quatre critères de base. Ils doivent être :

- a) visibles ;
- b) lisibles ;
- c) compréhensibles ;
- d) crédibles.

12.2.4 Chacune de ces qualités est importante. Pour répondre aux besoins de l'exploitation, tous les panneaux doivent pouvoir être vus facilement dans l'environnement complexe d'un aérodrome et les inscriptions qu'ils portent doivent être faciles à lire. Les pilotes et les conducteurs de véhicules doivent comprendre rapidement l'information donnée par le panneau qui doit être absolument correcte.

12.2.5 La dimension totale, la couleur et la luminance d'un panneau déterminent sa visibilité. La dimension, le caractère et la disposition de l'inscription, combinés au contraste de luminance entre l'inscription et la façade du panneau, déterminent sa lisibilité.

12.2.6 Les critères concernant la dimension de la façade des panneaux figurant dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4, doivent être strictement respectés pour rendre les panneaux le plus visibles possible et pour assurer que leurs caractères soient lisibles. La façade doit être au moins 1,5 fois plus haute que l'inscription mais, de préférence, deux fois plus haute. Sa largeur dépend de la longueur totale de l'inscription, à laquelle il faut ajouter, des deux côtés du panneau, une bordure dont la largeur sera au moins égale à la moitié de la hauteur de l'inscription. Pour les panneaux qui contiennent une seule indication, la largeur de la bordure latérale doit être égale à la hauteur de l'inscription. Cela assure que la dimension de la façade sera appropriée dans toutes les situations. Les panneaux d'obligation doivent respecter les spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4, § 11.

12.2.7 La dimension des caractères dépend de la distance maximale de laquelle l'inscription doit être lisible. Pour un avion qui roule à 30 kt, en supposant que le pilote dispose de 10 secondes pour lire le panneau, auxquelles il faut ajouter une petite marge pour le repérage de son emplacement, la hauteur des caractères exigée est d'au moins 30 cm. Des caractères de 40 cm sont utilisés pour améliorer la qualité du panneau, surtout aux emplacements où la sécurité est particulièrement importante. L'Annexe 14, Volume I, Appendice 4, décrit en détail la dimension des caractères à utiliser.

12.2.8 La luminance des panneaux spécifiée vise à maximiser la distance de laquelle les panneaux peuvent demeurer utiles par mauvaise visibilité.

12.2.9 L'emplacement des panneaux et la position des divers éléments du message qu'ils comportent déterminent dans une grande mesure si le système des panneaux sera compréhensible. La configuration des panneaux, en particulier aux intersections complexes où plusieurs panneaux sont coïmplantés, vise expressément à assurer que tous les usagers assimileront facilement les renseignements qu'ils contiennent. Les inscriptions figurant sur les panneaux sont choisies de façon à assurer que les renseignements soient faciles à comprendre par tous les usagers. La Figure 12-1 illustre un exemple de configuration de panneau complexe.

12.2.10 Par mauvaise visibilité ou de nuit, l'éclairage de la façade des panneaux constitue un paramètre de conception important. Les luminances spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4, répondent aux critères opérationnels dans ces circonstances. Deux séries de luminances y sont indiquées. Les plus élevées sont essentielles uniquement quand la portée visuelle de piste est inférieure à 800 m. Par bonne visibilité, de nuit, la luminance des panneaux peut être réduite de la manière indiquée, à condition qu'ils continuent d'être visibles et lisibles.



**Figure 12-1. Exemple de configuration de panneau complexe**

12.2.11 Pour que l'inscription soit le plus lisible possible, il est important que les panneaux soient conçus de manière que la luminance de toute leur façade soit uniforme. De même, les rapports de luminance spécifiés entre les couleurs du panneau devraient toujours être respectés.

### **12.3 PANNEAUX À MESSAGE VARIABLE**

12.3.1 Les panneaux conventionnels qui affichent un message fixe donnent le même renseignement à tout moment, indépendamment des conditions d'exploitation. Cela peut créer des situations assez illogiques, parfois sources de difficultés. Par exemple, un pilote qui roule avant de décoller en VMC s'attendra à pouvoir dépasser le panneau d'obligation du point d'attente de catégorie I, II, III ou II/III sans devoir y être autorisé par l'ATC. Il procède ainsi en se fondant sur le fait que le panneau ne doit pas être respecté en tout temps pendant sa manœuvre. La possibilité de malentendus pourrait être éliminée si l'indication du panneau était seulement visible lorsque les renseignements qu'il

affiche sont applicables. L'utilisation sélective des voies de circulation, soit dans le cadre d'un système complet de guidage et de contrôle de la circulation de surface, soit en tant que moyen permettant de maintenir la séparation entre les très gros avions roulant sur des voies de circulation parallèles très rapprochées, offre d'autres exemples illustrant la nécessité d'une plus grande souplesse dans la manière dont les renseignements des panneaux sont affichés. L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.4.1.2, recommande que des panneaux à message variable soient installés pour répondre aux besoins opérationnels décrits ci-dessus.

12.3.2 Un panneau à message variable devrait donc être installé quand :

- a) l'instruction ou le renseignement qu'il affiche n'est valide que pendant une certaine période ;
- b) le renseignement prédéterminé variable doit être affiché pour répondre aux besoins des systèmes de guidage et de contrôle de la circulation de surface.

12.3.3 Il est possible de concevoir des panneaux à message variable à grande brillance mais non éblouissants qui facilitent l'affichage sélectif des renseignements. On peut notamment employer à cet effet des fibres optiques ou des diodes électroluminescentes. Ces technologies augmentent la distance de laquelle les renseignements sont lisibles par rapport à celle des panneaux éclairés par transparence. La luminance qu'elles fournissent peut être de l'ordre de 10 000 cd/m<sup>2</sup> contre 300 cd/m<sup>2</sup>, valeur la plus élevée pour les panneaux éclairés par transparence.

12.3.4 Il convient d'appliquer les lignes directrices ci-après pour concevoir tout panneau à message variable destiné à être utilisé sur l'aire de mouvement d'un aérodrome :

- a) la façade du panneau devrait être nue quand il n'est pas utilisé. Un pilote ne doit pas pouvoir y discerner une image ou un « fantôme » du message ;
- b) en cas de défaillance du panneau, le renseignement présenté ne devrait pas conduire le pilote à prendre des mesures risquées ;
- c) le délai de passage d'un message à un autre sur un panneau à message variable devrait être aussi bref que possible et ne pas excéder 5 secondes ;
- d) les niveaux de luminance des panneaux devront être différents de jour, de nuit et selon les conditions de visibilité ;
- e) il faudrait veiller à ce que le champ de visibilité d'un panneau soit suffisant, sous tous les angles de vision auxquels les panneaux de voie de circulation doivent pouvoir être lus ;
- f) le panneau devrait comporter uniquement des couleurs et des inscriptions conformes aux conventions de base qui doivent être respectées pour concevoir les panneaux d'obligation et d'indication.

## 12.4 PANNEAUX D'OBLIGATION

12.4.1 Un panneau d'obligation marque un emplacement de l'aire de mouvement qu'un pilote ou un conducteur de véhicule ne doit pas dépasser à moins d'y avoir été expressément autorisé par l'ATC. Les panneaux d'obligation constituent donc un élément important des mesures de sécurité sur les aires de mouvement.

12.4.2 Les panneaux d'obligation doivent toujours être installés de part et d'autre de la voie de circulation ou de la piste. Cela permet aux pilotes de les voir sans interruption en tout temps. Cela permet aussi d'assurer qu'ils seront aperçus très tôt lorsqu'ils sont implantés à proximité d'une intersection vers laquelle on peut s'approcher de plus d'une seule direction.

12.4.3 Les panneaux d'obligation sont notamment les suivants : panneaux d'identification de piste, panneaux de point d'attente de catégorie I, II ou III, panneaux de point d'attente avant piste, panneaux indicateurs de point d'attente sur voie de service et panneaux d'entrée interdite (NO ENTRY). La Figure 12-2 illustre des exemples de ces panneaux.

12.4.4 Un panneau d'obligation doit toujours être installé à l'intersection d'une voie de circulation et d'une piste ou à celle de deux pistes, de part et d'autre du point d'attente avant piste. À cet égard, l'Annexe 14, Volume I, prescrit ce qui suit :

- a) à une intersection voie de circulation/piste ou à une intersection de pistes, une marque de point d'attente avant piste conforme au schéma « A » doit être complétée par un panneau d'identification de piste ;
- b) une marque de point d'attente avant piste conforme au schéma « B » doit être complétée par un panneau indicateur de point d'attente de catégorie I, II ou III.

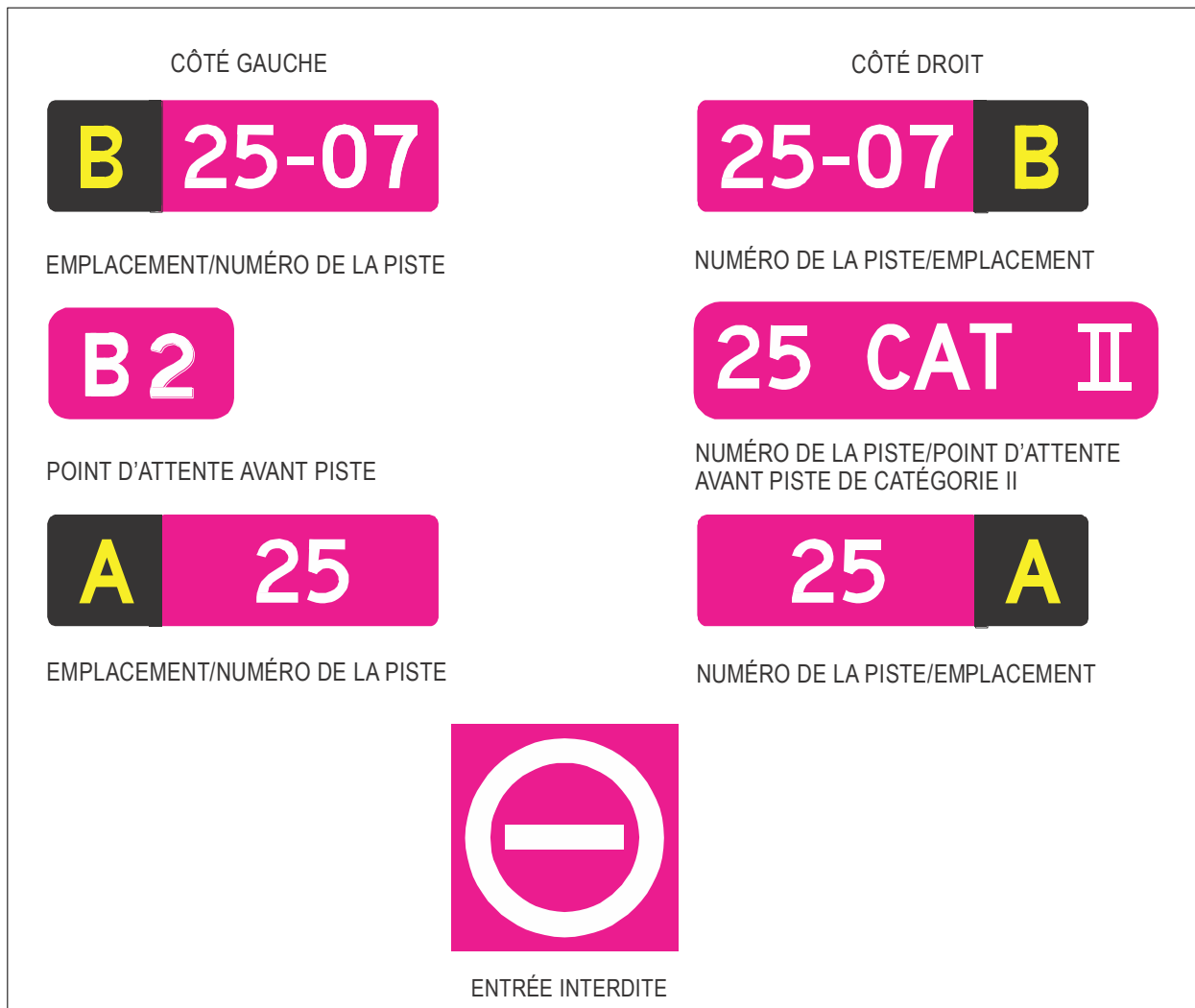


Figure 12-2. Panneaux d'obligation



12.4.5 Ainsi, lorsqu'un point unique d'attente avant piste est établi à l'intersection d'une voie de circulation et d'une piste aux instruments de catégorie I, II ou III, la marque du point d'attente avant piste doit toujours être complétée par un panneau d'identification de piste. Lorsqu'il y a deux ou trois points d'attente avant piste à une telle intersection, la marque de point d'attente avant piste la plus proche de la piste doit être complétée par un panneau d'indication de piste, alors que les plus éloignées doivent l'être par un panneau indicateur de point d'attente de catégorie I, II ou III, selon le cas.

12.4.6 La Figure 12-3 illustre des exemples de positions des panneaux aux intersections voie de circulation/piste.

*Note.— Un point d'attente avant piste est défini comme étant un point désigné en vue de protéger une piste, une surface de limitation d'obstacles ou une zone critique/sensible d'ILS/MLS, auquel les aéronefs et véhicules circulant à la surface s'arrêteront et attendront, sauf autorisation contraire de la tour de contrôle d'aérodrome.*

12.4.7 Un point d'attente avant piste doit être établi sur une voie de circulation si l'emplacement ou la direction de la piste est tel que les avions ou les véhicules qui roulent au sol puissent pénétrer dans une surface de limitation d'obstacles ou perturber le bon fonctionnement des aides de radionavigation. L'Annexe 14, Volume I, dispose qu'une marque de point d'attente avant piste conforme au schéma « A » doit être complétée par un panneau de point d'attente avant piste (le panneau « B2 » de la Figure 12-2) placé de chaque côté du point d'attente avant piste.

12.4.8 Les panneaux indicateurs d'emplacement devraient être associés à un panneau d'identification de piste lorsqu'il est important de veiller à ce qu'aucune ambiguïté du processus d'autorisation ne soit possible. S'ils ne connaissent pas leur position exacte, les pilotes qui roulent à la surface d'un aérodrome comportant de multiples intersections piste/voie de circulation risquent d'interpréter une autorisation donnée à un autre avion comme se rapportant à leur propre mouvement et de pénétrer par erreur sur la piste. C'est pourquoi l'Annexe 14, Volume I, recommande qu'un panneau d'identification de piste placé à une intersection voie de circulation/piste soit complété par un panneau d'emplacement placé à l'extérieur du panneau le plus éloigné de la voie de circulation, s'il y a lieu.

12.4.9 Un panneau d'entrée interdite doit toujours être installé quand il est interdit de pénétrer dans une zone particulière.

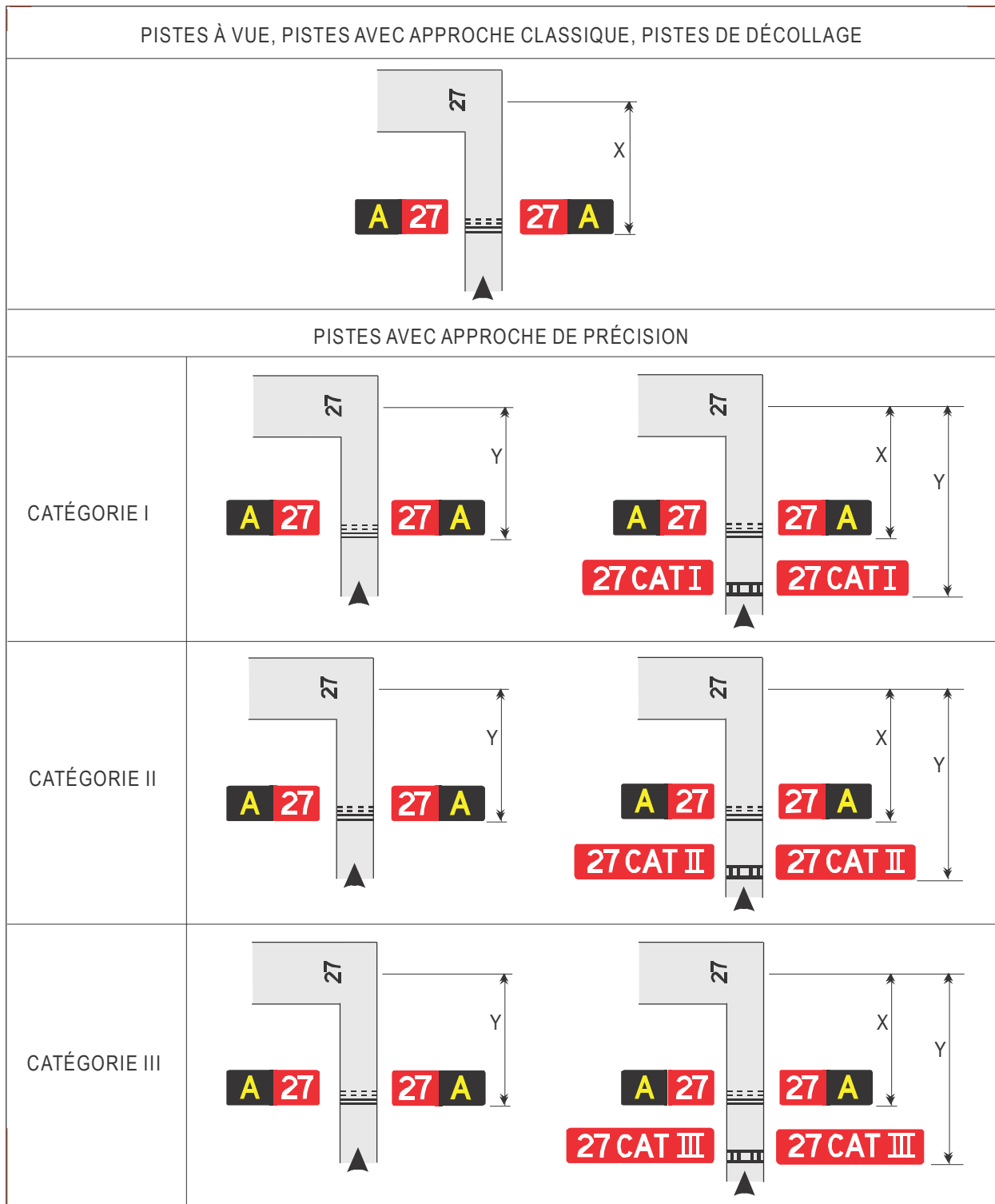
12.4.10 Les dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.4.7, devraient être appliquées aux panneaux indicateurs de point d'attente sur voie de service. La Figure 12-4 illustre un exemple d'un tel panneau. Ces panneaux devant être utilisés par le personnel de l'aérodrome, il est important que l'inscription de leur façade soit rédigée dans une langue que tous les utilisateurs des voies de service comprennent.

## 12.5 PANNEAUX D'INDICATION

12.5.1 Les panneaux d'indication permettent aux pilotes et aux conducteurs de véhicules de contrôler en permanence leur position sur l'aire de mouvement. Ces panneaux visent à faciliter la navigation sûre et efficace de tous les avions et véhicules.

12.5.2 Les panneaux d'indication comprennent : les panneaux indicateurs de direction, les panneaux d'emplacement, les panneaux de destination, les panneaux indicateurs de sortie de piste, les panneaux indicateurs de dégagement de piste et les panneaux indicateurs de décollage depuis une intersection.

12.5.3 Ces panneaux sont illustrés à la Figure 12-5. Les systèmes de signalisation composés d'une combinaison de renseignements d'emplacement et de direction sont les plus fréquents. La Figure 12-5 illustre quatre exemples d'une telle combinaison. Les deux exemples les plus simples permettent tous deux d'indiquer, avant un emplacement auquel deux voies de circulation seulement se coupent, celle sur laquelle l'avion ou le véhicule se trouve et la voie de circulation sécante. Grâce à ce renseignement et à leur carte d'aérodrome, les pilotes et les conducteurs de véhicules peuvent connaître sans risque d'erreur leur position exacte et la direction dans laquelle ils doivent s'engager à cette intersection pour suivre le parcours qui leur est affecté.



Note.— La distance X est établie conformément à l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 3, Tableau 3-2. La distance Y l'est au bord de l'aire critique/sensible ILS/MLS.

Figure 12-3. Exemples de positions des panneaux aux intersections voie de circulation/piste



**Figure 12-4. Panneau de point d'attente sur voie de service**

12.5.4 Le placement des renseignements d'emplacement à l'extrémité de la ligne de panneaux est seulement autorisé dans cette configuration des voies de circulation la plus simple. À toutes les autres intersections complexes, la position du panneau indicateur d'emplacement et des panneaux indicateurs de direction qui lui sont associés doit être telle que les panneaux devraient reproduire fidèlement la géométrie de l'intersection. Toutes les voies de circulation exigeant un virage à gauche doivent être indiquées par une inscription placée à gauche du panneau indicateur d'emplacement, et tous les virages à droite doivent l'être par une inscription placée à droite du panneau. De plus, l'ordre dans lequel les renseignements sur la voie de circulation sécante doivent être décalés par rapport au panneau indicateur d'emplacement est déterminé par l'ampleur du virage nécessaire pour pénétrer sur la voie de circulation désignée. Ainsi, les voies de circulation qui exigent le changement de direction le moins marqué sont placées le plus près du panneau et celles qui exigent le changement de direction le plus marqué sont placées le plus loin de ce panneau.

12.5.5 Il a été démontré lors de la mise au point du système de panneaux que la disposition des panneaux prescrite dans la norme ci-dessus permettait aux pilotes de lire et d'interpréter les renseignements affichés plus rapidement qu'avec toute autre disposition. Ils faisaient aussi moins d'erreurs d'interprétation de la configuration des voies de circulation.

12.5.6 La différence marquée entre les panneaux indicateurs d'emplacement et tous les autres panneaux d'indication obtenue en inversant la combinaison des couleurs jaune/noire est une autre caractéristique importante du système. Les panneaux indicateurs d'emplacement sont un élément essentiel de la signalisation des intersections de voies de circulation, mais ils ont aussi une fonction importante quand il faut identifier sans risque d'erreur une position particulière sur l'aire de mouvement. Par exemple, un panneau d'emplacement implanté à l'endroit le plus approprié peut accélérer les comptes rendus de position quand un avion manœuvre hors d'une piste.

12.5.7 Lorsque les renseignements sont affichés à l'intention d'un pilote qui se trouve sur une piste, les renseignements d'emplacement ne figurent pas sur les panneaux qui, dans cette situation, comportent seulement des renseignements de direction.

12.5.8 Quand il faut ménager des points d'attente intermédiaire sur une voie de circulation à des emplacements autres qu'une intersection piste/voie de circulation, les panneaux indicateurs d'emplacement devraient comporter la désignation de la voie de circulation et un autre numéro.

12.5.9 La Figure 12-6 montre comment des lettres d'identification sont affectées à un réseau de voies de circulation. Sur cette figure, les voies de circulation A, C et D sont des voies de circulation typiques qui peuvent exiger la désignation de points d'attente intermédiaire pour faciliter les mouvements au sol.



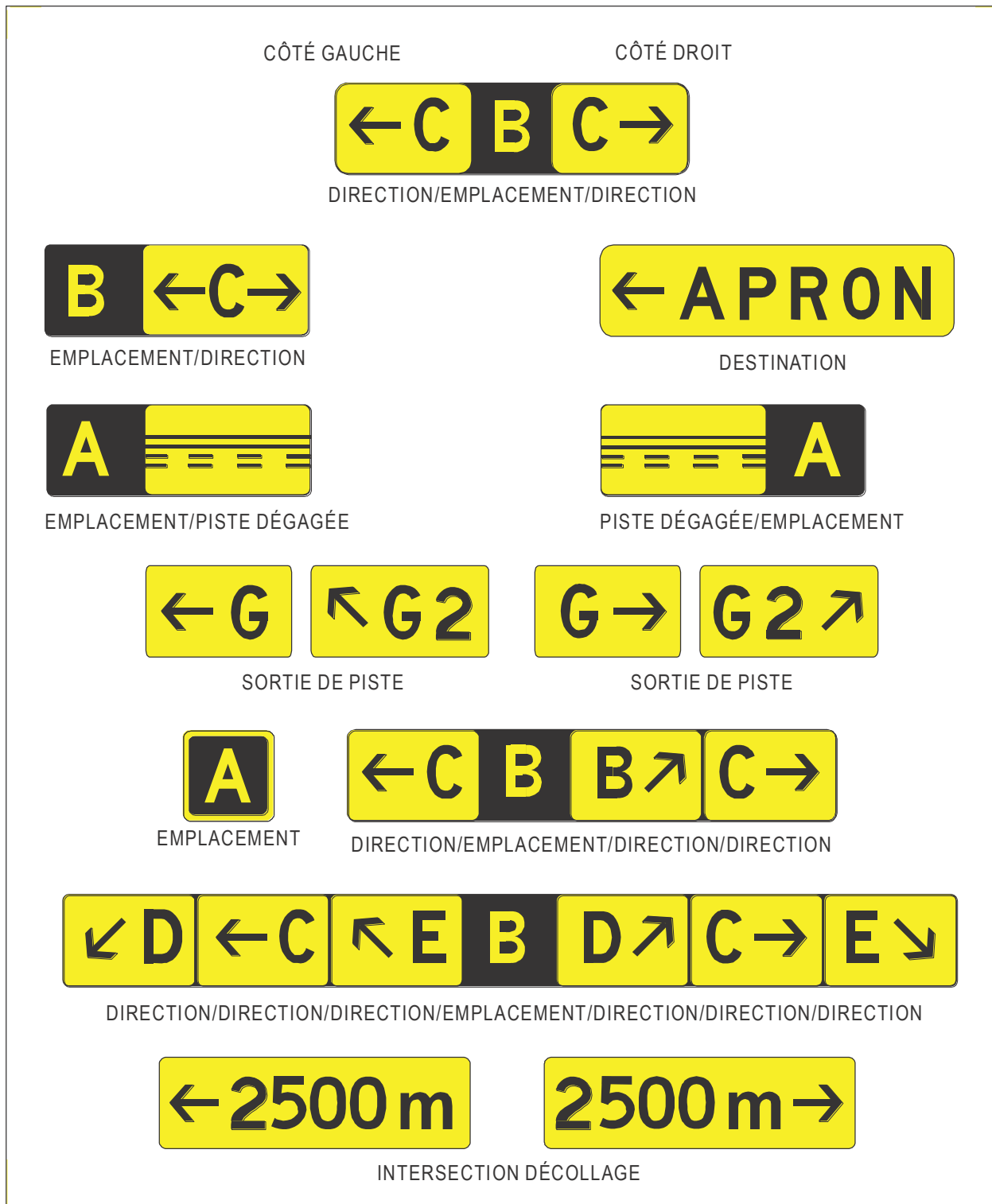
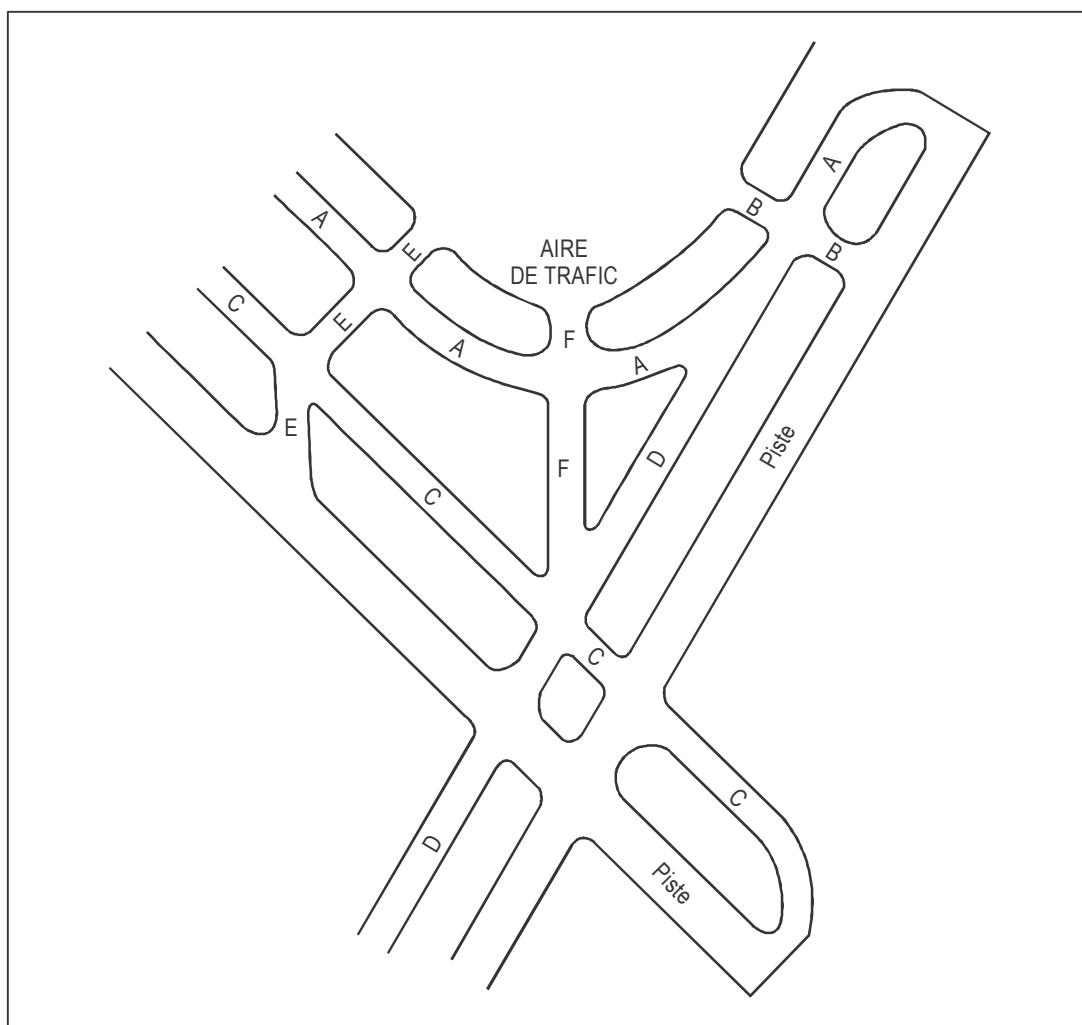


Figure 12-5. Panneaux d'indication



**Figure 12-6. Affectation de lettres aux voies de circulation**

## 12.6 EMPLACEMENT DES PANNEAUX DE SIGNALISATION

12.6.1 Les pilotes et les conducteurs de véhicules doivent être en mesure de voir facilement les panneaux quand ils manœuvrent leur avion ou leur véhicule sur l'aire de mouvement. Cet objectif est le mieux atteint quand les pilotes suivent le guidage donné par les panneaux de la partie de la voie de circulation qui se trouve devant eux. Il convient donc de placer les panneaux aussi près que possible du bord de la chaussée.

12.6.2 Les dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, section 5.4, doivent être appliquées lors du choix de l'emplacement d'un panneau. Le réseau des voies de circulation est tel que les recommandations sur l'emplacement des panneaux doivent être respectées pour éviter que ces panneaux soient endommagés par les fuseaux-moteurs, les hélices ou le souffle des réacteurs.

## 12.7 ÉVALUATION DES PANNEAUX DE SIGNALISATION

### Généralités

12.7.1 Les caractéristiques physiques des panneaux de voie de circulation sont fonction des besoins opérationnels énoncés dans les dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4. Leurs couleurs devraient être conformes aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 1, Figures A1-2 à A1-4.

12.7.2 Il apparaît en général que pour obtenir les performances de luminance spécifiées pour les panneaux éclairés, ceux qui le sont de l'intérieur répondent le mieux aux besoins. L'uniformité de l'éclairage d'un panneau détermine sa lisibilité. Il est difficile de lire les panneaux dont l'éclairage est irrégulier et on ne peut donc pas les utiliser dans un système de signalisation de voies de circulation.

12.7.3 Avant d'installer un panneau, il faudrait pouvoir démontrer que sa conception est conforme aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4. Il est important que les spécifications de luminance et de couleur soient pleinement respectées. Pour démontrer cette conformité, il faut faire des essais sur un panneau qui représente exactement la dimension, la couleur, le lettrage et le balisage lumineux qui seront utilisés en exploitation.

12.7.4 Les dimensions et l'emplacement des points de la grille de référence à utiliser pour vérifier la luminance d'un panneau devraient toujours être strictement conformes aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4, Figure A4-1. Il n'est pas acceptable d'assouplir les spécifications d'essai relatives à la dimension de la grille ou à l'emplacement de ses points pour rendre un panneau particulier conforme aux besoins.

12.7.5 Lors des vérifications de conformité d'un panneau, il convient d'évaluer tous les paramètres, dont la dimension des caractères, l'emplacement de l'inscription, la dimension des bordures autour de l'inscription et les dimensions totales de la façade.

12.7.6 Les panneaux de guidage sur voie de circulation doivent être frangibles mais capables de résister à des vitesses du vent assez marquées. Aux fins de la conception, on peut supposer une vitesse du vent d'au moins 60 m/s. À certains emplacements, par exemple à proximité du point d'une piste où les gros avions relancent leurs moteurs pendant le roulement au décollage, il peut être bon de prendre en compte des vitesses du vent plus élevées. De plus, à certains emplacements de l'aire de mouvement, les panneaux peuvent être exposés à des souffles de réacteur, qui peuvent atteindre 90 m/s.

12.7.7 Les éléments de structure qui supportent la façade d'un panneau ne devraient pas avoir la même dimension qu'elle. Quand la structure recouvre une partie de la façade, les dimensions de la façade devraient être ajustées en conséquence pour assurer que la superficie de la façade sera correcte.

12.7.8 L'envers du panneau devrait être d'une couleur très visible, sauf dans le cas des panneaux montés dos à dos.

12.7.9 La Figure 12-7 illustre des exemples de panneaux conformes à ces spécifications.

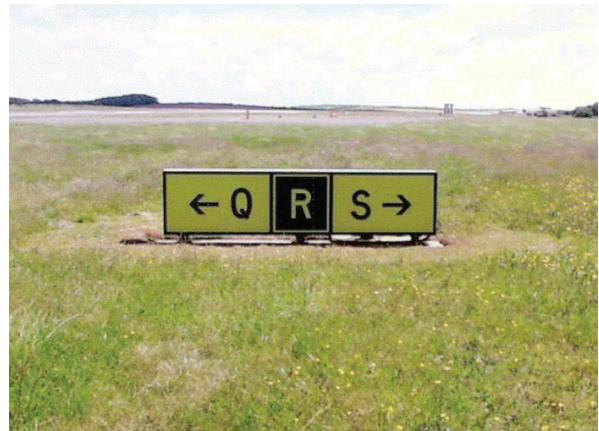


Figure 12-7. Exemples de panneaux types

### **Méthodes d'évaluation**

12.7.10 Pour évaluer les caractéristiques physiques d'un panneau, il convient de procéder comme suit :

- a) évaluer la catégorie d'exploitation pour laquelle le panneau sera utilisé ;
- b) mesurer la hauteur et la largeur de la façade du panneau, sans tenir compte de son cadre s'il en comporte un ;
- c) mesurer la hauteur de tous les caractères ;
- d) mesurer la largeur des traits de chaque caractère et veiller à ce que cette largeur soit uniforme, en particulier dans le cas des caractères dont certains traits sont courbes ;
- e) mesurer la largeur de chaque caractère ;
- f) mesurer l'espace qui entoure les caractères (au-dessus, au-dessous, à droite et à gauche) ;
- g) mesurer la largeur de la bordure, le cas échéant ;
- h) mesurer l'espace qui sépare les mots, quand il y en a plusieurs ;
- i) quand deux types de panneaux sont coïmplantés (par exemple panneaux d'obligation et d'indication de voie de circulation), mesurer l'espace qui les sépare ;
- j) comparer les dimensions et les espacements mesurés aux recommandations de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4.

12.7.11 Il convient de procéder comme suit pour évaluer le rendement photométrique d'un panneau :

- a) évaluer le rendement photométrique du panneau dans un environnement sombre ;
- b) tracer la grille sur la façade du panneau de la manière illustrée dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4, Figure A4-1 (exclure tout cadre). Veiller à ce que les rangées et les colonnes de la grille soient alignées correctement, c'est-à-dire parallèlement aux bords supérieur et gauche de la façade ;
- c) à une distance appropriée du panneau, mesurer la luminance et les coordonnées de couleur à chaque point de grille approprié en veillant à ce que la superficie utilisée pour chaque mesure individuelle ne dépasse pas celle qui est circonscrite par un cercle de 3 cm de diamètre dont le centre est le point de grille. Pour les feux éclairés de l'extérieur, veiller à ce que la mesure soit effectuée en un point situé derrière la source lumineuse ;
- d) calculer le niveau de luminance moyen pour chaque couleur et comparer les valeurs obtenues aux valeurs minimales recommandées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4 ;
- e) confirmer que l'uniformité de la luminance a été obtenue en calculant, pour chaque couleur, le rapport entre ses valeurs maximale et minimale et comparer le résultat obtenu au rapport maximal recommandé dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4 ;
- f) pour un panneau d'obligation (rouge et blanc), confirmer que les rapports maximal et minimal entre les luminances moyennes du rouge et du blanc se situent dans la plage recommandée dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4 ;

- g) évaluer les rapports des niveaux de luminance adjacents, dans les plans vertical et horizontal, et les comparer au rapport maximal recommandé dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 4 (évaluer seulement le rapport entre points adjacents de la même couleur) ;
- h) calculer la moyenne des coordonnées de couleur pour chaque couleur et confirmer que les valeurs obtenues sont dans les limites recommandées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 1.

*Note.— Les rendements photométriques des panneaux qui n'ont pas la même longueur peuvent être différents.*

#### Détermination de la largeur de la façade d'un panneau

12.7.12 Les exemples des Tableaux 12-1 et 12-2 expliquent comment la largeur de la façade d'un panneau est déterminée.

*Note.— La largeur des espaces entre groupes de caractères ou entre groupes de caractères et symboles devrait être égale à la hauteur moyenne de la lettre utilisée.*

Hauteur de la lettre (mm)	Largeur moyenne de la lettre (mm)
400	280
300	210
200	140

**Tableau 12-1. Inscription : 27 CAT III  
(hauteur des lettres : 400 mm)**

Élément de l'inscription	Largeur (mm)
½ H	200
2	274
espacement des caractères	76
7	274
espacement des groupes de caractères	280
C	274
espacement des caractères	50
A	340
espacement des caractères	26
T	248
espacement des groupes de caractères	280
III	440
½ H	200
<b>Largeur totale</b>	<b>2 962</b>

**Tableau 12-2. Inscription : APRON →  
(hauteur des lettres : 300 mm)**

Élément de l'inscription	Largeur (mm)
½ H	150
A	255
espacement des caractères	57
P	205
espacement des caractères	71
R	205
espacement des caractères	57
O	214
espacement des caractères	71
N	205
espacement des groupes de caractères	210
→	300
½ H	150
<b>Largeur totale</b>	<b>2 150</b>





## Chapitre 13

# SYSTÈMES DE GUIDAGE VISUEL POUR LE STATIONNEMENT ET L'ACCOSTAGE

### 13.1 INTRODUCTION

#### Précision du positionnement des aéronefs

Les aéronefs sont souvent tenus de stationner à un emplacement prescrit pour respecter leur dégagement requis par rapport aux autres aéronefs. Un positionnement précis est particulièrement indispensable lorsque des installations spéciales pour l'embarquement des passagers relient l'aérogare à l'aéronef. En outre, s'il y a des installations fixes d'avitaillement en carburant, d'alimentation électrique au sol ou d'alimentation en eau, des lignes de communications au sol, des canalisations d'air comprimé, etc., la précision du positionnement des aéronefs est indispensable à la sécurité et à l'efficacité de fonctionnement de ces installations. On appelle « système de guidage pour le stationnement sur l'aire de trafic » un système comportant des marques et des feux encastrés et servant au positionnement des aéronefs aux aérogares qui ne sont pas équipées de passerelles d'embarquement. Aux aérogares équipées de telles passerelles, un système plus complexe est nécessaire pour l'accostage des aéronefs. Il s'agit alors d'un « système de guidage visuel pour l'accostage ». Les besoins opérationnels auxquels doivent répondre les systèmes de guidage pour l'accostage sont indiqués à l'Appendice 1 et ceux auxquels doivent répondre les systèmes de guidage pour le stationnement figurent à l'Appendice 2.

### 13.2 FEUX DE GUIDAGE POUR LES MANŒUVRES SUR POSTE DE STATIONNEMENT

On a vu au § 2.3.1 que, pour les manœuvres par mauvaise visibilité, des feux disposés à intervalles réduits et semblables aux feux axiaux de voie de circulation étaient nécessaires en plus des marques sur les postes de stationnement. Ces feux, appelés feux de guidage pour les manœuvres sur poste de stationnement, devraient être omnidirectionnels de manière à être vus par les pilotes qui s'en approchent perpendiculairement à l'axe du poste en suivant la voie de circulation. On utilise normalement des feux de voie de circulation jaunes à faible intensité. Par visibilité pouvant descendre jusqu'à une valeur équivalant à une RVR de 50 m, l'intensité de ces feux jaunes doit être d'environ 60 cd. La température à la surface des feux encastrés doit être suffisamment basse pour ne pas endommager les pneus des aéronefs. Les feux sont normalement disposés à intervalles de 15 m.

### 13.3 SYSTÈMES DE GUIDAGE VISUEL POUR L'ACCOSTAGE

13.3.1 Si les feux de guidage pour les manœuvres sur poste de stationnement assurent un guidage suffisant pour permettre d'amorcer le virage et de s'aligner sur l'axe, ils ne suffisent pas nécessairement pour assurer la précision en azimut nécessaire aux postes de stationnement « nez dedans » équipés de passerelles d'embarquement. En outre, pour que les aéronefs s'arrêtent au point voulu, il leur faut un guidage à cet effet. C'est pourquoi des systèmes de guidage visuel pour l'accostage sont installés aux aérogares équipées de passerelles d'embarquement.

13.3.2 Les spécifications de l'Annexe 14, Volume I, relatives aux systèmes de guidage visuel pour l'accostage sont conformes aux besoins opérationnels qui figurent à l'Appendice 1. Le système doit être choisi avec le plus grand soin. Les caractéristiques de base de quelques types de guidage visuel pour l'accostage qui répondent à la plupart, sinon à la totalité, des besoins opérationnels et des spécifications sont décrites dans les paragraphes qui suivent.

### **Systèmes utilisant un affichage graphique faisant appel à des détecteurs de position**

13.3.3 La Figure 13-1 illustre en détail un système de guidage visuel pour l'accostage utilisant un affichage graphique et des détecteurs à laser pour fournir un guidage en azimut ainsi que des indications sur la distance restante et le point d'arrêt. Le système se compose d'un écran d'affichage à LED (diode électroluminescente), d'un dispositif de commande et d'un dispositif d'exploration au laser, tous montés dans le même boîtier fixé à l'aérogare ou à tout autre support proche du prolongement de l'axe du poste de stationnement. Le système comprend aussi un tableau de commande de l'opérateur qui se compose d'un écran d'affichage alphanumérique et d'un bouton-poussoir d'urgence. Le tableau de commande est monté au niveau de l'aire de trafic.

13.3.4 Le dispositif d'affichage comprend trois indicateurs différents pour les indications alphanumériques, d'azimut et de distance restante, qui sont toutes clairement visibles des deux postes « pilote ». L'affichage se compose d'une série d'indicateurs à LED, de plaquettes de voyants jaunes et rouges, dont chacune contient un processeur branché en série au dispositif de commande par un câble ruban. Un protocole de communication en série est utilisé pour les communications entre le dispositif de commande et les modules à LED. Les deux rangées supérieures donnent des indications alphanumériques, la troisième, des informations d'azimut, et la colonne verticale centrale, des indications de distance restante.

13.3.5 L'affichage alphanumérique, en jaune, donne des indications telles que les codes de type d'avion, le code de l'aéroport et le numéro du vol. Pendant la phase d'accostage, des renseignements textuels spéciaux sont aussi affichés pour guider le pilote. L'indicateur de guidage en azimut, qui est une flèche rouge, donne au pilote des indications sur la façon dont il doit diriger son avion. Une flèche verticale jaune montre la position de l'avion par rapport à l'axe du poste de stationnement. Le système peut fonctionner avec des axes convergents multiples et avec des axes curvilignes. L'indicateur de distance restante, en jaune, se compose de 32 éléments horizontaux et a la forme d'une colonne verticale qui représente l'axe. Chaque élément horizontal représente une distance de 0,5 m.

13.3.6 L'utilisation d'un matériau non réfléchissant dans la fenêtre d'affichage et de plaquettes à LED de couleur sombre et le réglage automatique de l'intensité lumineuse des LED rendent l'indication affichée lisible dans toutes les conditions d'éclairage.

13.3.7 Le dispositif d'exploration au laser est monté à la partie inférieure du boîtier du dispositif d'affichage. Fondé sur une technologie tridimensionnelle, il se compose d'un télémètre à laser et de miroirs d'exploration. Il comprend aussi un miroir fixe utilisé pendant l'autocontrôle du dispositif.

13.3.8 Le profil tridimensionnel de certains avions fondé sur des paramètres spécifiques de leur géométrie est programmé dans le système de guidage visuel pour l'accostage. Pendant l'accostage, les appareils à laser mesurent les paramètres correspondants de l'avion qui roule vers le poste de stationnement.

13.3.9 L'opération d'accostage, illustrée à la Figure 13-1, peut être commandée :

- a) par l'opérateur du système de guidage qui sélectionne le type de l'avion en mémoire dans son tableau de commande ;
- b) par sélection à distance du type de l'avion par un système de gestion des portes d'embarquement, que l'opérateur du dispositif de guidage devra confirmer à son tableau de commande ;
- c) par sélection automatique du type de l'avion par un système de gestion des portes d'embarquement, sur la base de renseignements provenant de l'affichage public actualisable relatif aux vols (FIDS).

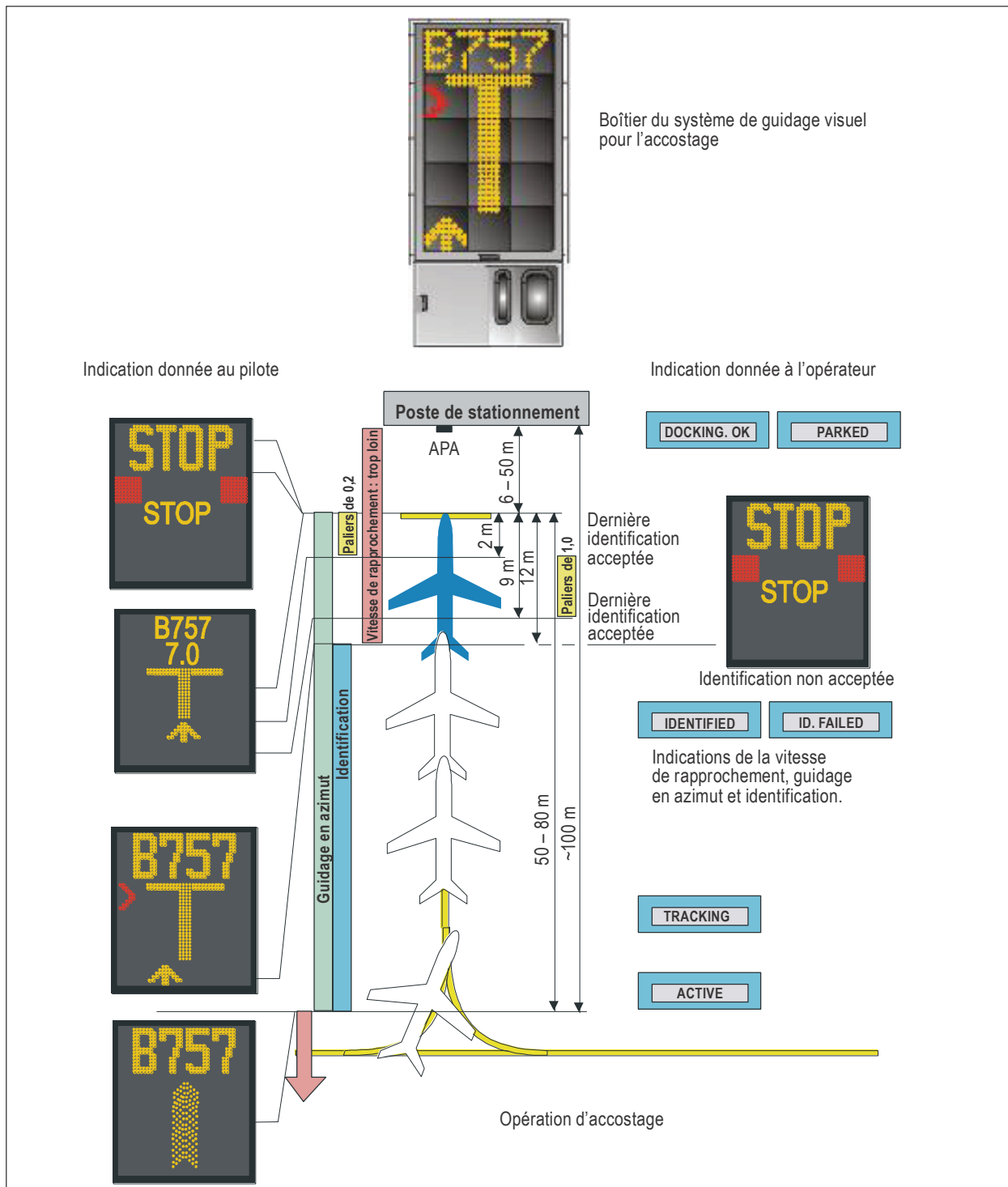


Figure 13-1. Système de guidage visuel pour l'accostage utilisant une visualisation graphique et des détecteurs de distance à laser pour fournir un guidage en azimut et des indications de distance restante et de point d'arrêt

13.3.10 Avant que toute opération d'accostage puisse être engagée, le système procède à un autocontrôle. La position correcte d'une mire située en permanence à une position connue est vérifiée. Un message d'erreur apparaît sur l'affichage à LED si le contrôle n'est pas satisfaisant. S'il l'est, le type de l'avion apparaît sur l'affichage à LED et sur le tableau de commande de l'opérateur. Des flèches flottantes sur l'indicateur d'azimut et de distance restante indiquent que le système est prêt à fonctionner. Le dispositif d'exploration à laser est alors activé et le tableau de commande de l'opérateur indique le type d'avion et le fait que le dispositif d'exploration est « actif ».

13.3.11 Quand le télémètre à laser détecte l'avion, qui se trouve habituellement à plus de 50 m du point d'arrêt, l'affichage de distance restante est activé. L'affichage d'azimut (la flèche jaune) indique la position latérale de l'avion par rapport à l'axe du poste de stationnement et une flèche rouge clignotante indique la direction de toute correction directionnelle nécessaire. L'indication « TRACKING » s'allume sur le tableau de commande de l'opérateur.

13.3.12 Pendant que l'avion se rapproche du point d'arrêt, son type est vérifié par le système qui compare les données saisies à celles qui sont programmées pour l'avion sélectionné. Si la vérification n'est pas achevée quand l'avion se trouve à moins de 12 m du point d'arrêt, l'indication « STOP/ID FAIL » s'allume sur l'affichage à LED. Si les données saisies concordent avec le type de l'avion, l'indication « IDENTIFIED » apparaît sur le tableau de commande de l'opérateur.

13.3.13 Quand l'avion se trouve à une distance donnée (de 12 à 16 m) du point d'arrêt, la hauteur de l'indicateur de distance restante diminue graduellement (les éléments horizontaux de la colonne jaune s'éteignent l'un après l'autre) à mesure que l'avion approche du point d'arrêt. Lorsqu'il l'atteint, l'affichage alphanumérique indique « STOP » avec deux symboles rouges indiquant l'arrêt. Dès qu'aucun mouvement d'avion ne peut être décelé après un laps de temps déterminé, l'indication « STOP » est remplacée par « OK » ou « TOO FAR », selon le cas, sur l'affichage alphanumérique. Cette indication apparaît aussi sur le tableau de commande de l'opérateur et après un laps de temps supplémentaire fixé à l'avance, l'indication « PARKED » s'y affiche.

13.3.14 Il existe aussi un autre système de guidage visuel pour l'accostage qui utilise, d'une part, un affichage graphique du type de franges d'interférences formées par un réseau optique (technique du moiré) pour fournir le guidage en azimut et, d'autre part, un radar à laser pour fournir des indications de distance restante et de point d'arrêt. Ce système est illustré à la Figure 13-2. Il se compose d'un écran de visualisation, d'un dispositif de commande et d'un radar à laser qui sont tous abrités dans un boîtier en aluminium. Le boîtier est fixé à l'aérogare ou à tout autre support proche du prolongement de l'axe du poste de stationnement. Le système comprend aussi un tableau de commande de l'opérateur composé d'un écran de visualisation et d'un bouton-poussoir d'arrêt d'urgence. Le tableau de commande est normalement monté dans la passerelle d'embarquement ou au niveau du sol.

13.3.15 L'écran de visualisation comprend des indicateurs qui donnent trois types d'information : alphanumérique, azimut et distance restante. Les indicateurs alphanumériques et de distance restante donnent des indications au pilote et au copilote. L'indicateur d'azimut fournit des éléments de guidage au pilote seulement. Pour que le copilote puisse aussi disposer de ces renseignements, il faut installer à son intention un système de guidage en azimut supplémentaire.

13.3.16 L'indicateur alphanumérique affiche des renseignements textuels horizontaux, tels que le type de l'avion, l'instruction « STOP », les codes de défaillance, etc. Il se compose de quatre panneaux d'affichage alphanumérique, chacun étant constitué d'une matrice de points fluorescents jaunes de 5 par 7. L'éclairage est fourni par un tube au néon.

13.3.17 L'indicateur de distance restante donne une indication fournie par la technique de mesure de distance au laser. Le laser mesure la distance de l'avion et la visualisation présente la distance jusqu'au poste de stationnement qui est affichée sous forme analogique et/ou numérique. La mesure de distance est rafraîchie toutes les 10 secondes. L'indication de distance restante est fournie sur les 15 derniers mètres de l'approche à intervalles de 0,75 m. L'indicateur se compose de trois panneaux d'affichage alphanumérique formant une barre verticale. Chaque panneau est composé d'une matrice de points fluorescents jaunes de 5 par 7. L'éclairage est fourni par un tube au néon.

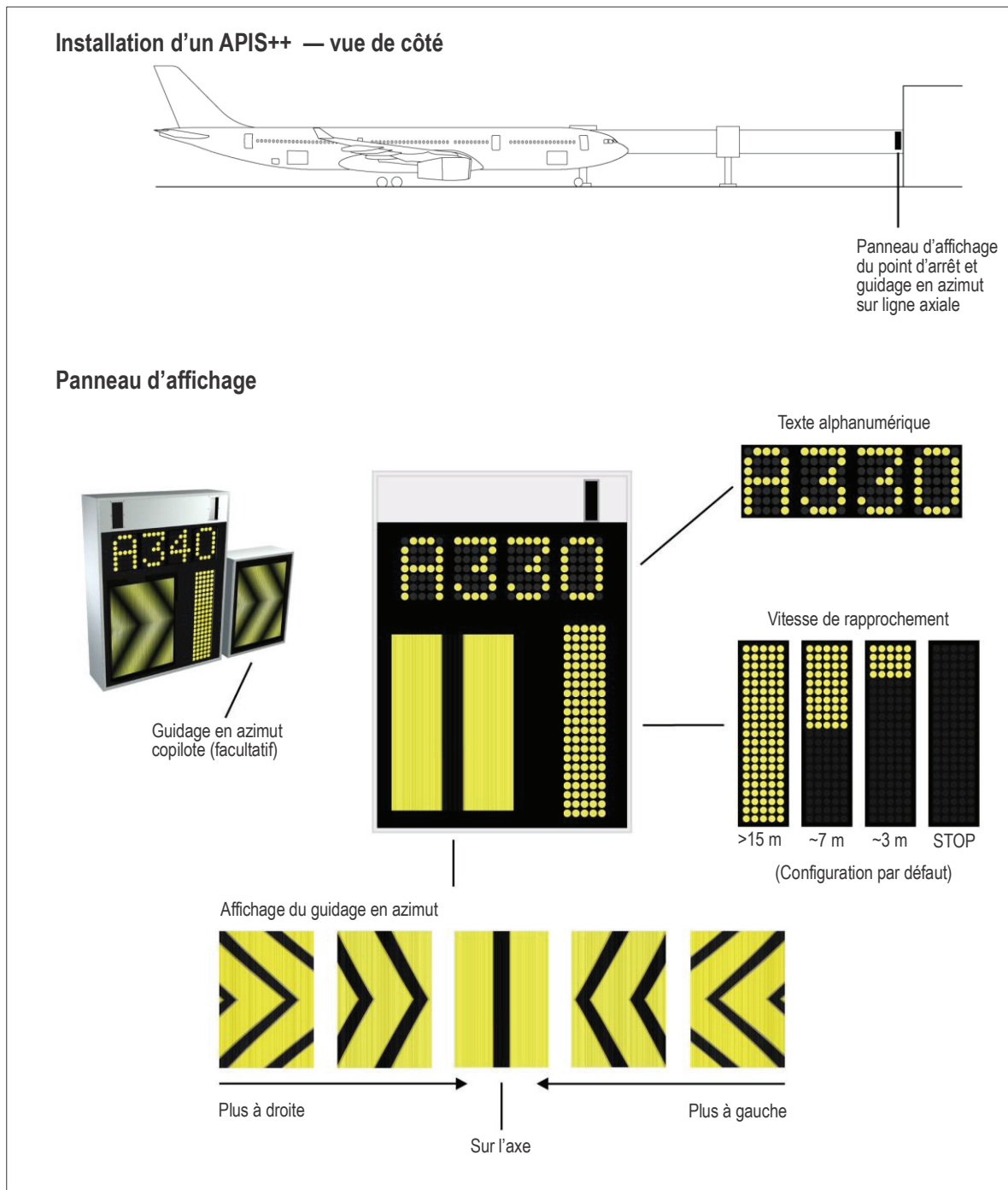


Figure 13-2. Système de guidage visuel pour l'accostage utilisant une visualisation graphique (technique du moiré) pour fournir un guidage en azimuth et un radar à laser pour indiquer la distance restante et le point d'arrêt

13.3.18 Quand le système est mis en marche en prévision d'un accostage, un détecteur de distance transmet des impulsions laser dans le plan vertical pour détecter un avion qui s'approche. Quand ces impulsions frappent l'aéronef, elles sont réfléchies vers le récepteur. La distance est mesurée toutes les 10 secondes. Le système peut détecter un aéronef qui se trouve à plus de 100 m. Les données de distance sont injectées vers le boîtier de commande, qui traite les données relatives à la position d'accostage avant que l'indication de distance restante soit présentée sur la visualisation. Toute l'opération de collecte des données de mesure, de leur traitement et d'affichage de l'information dure moins de 0,2 seconde.

13.3.19 L'indicateur de guidage en azimuth, fondé sur la technique du moiré, donne au pilote, en temps réel, des indications continues de guidage en azimuth. L'indicateur se compose de deux grilles superposées. La lumière traverse les grilles et crée une flèche moirée. De très légers déplacements des deux grilles l'une par rapport à l'autre modifient profondément l'aspect de la flèche. L'éclairage est fourni par des petits tubes au néon. Son intensité est réduite de nuit pour éviter les difficultés causées par l'éblouissement.

13.3.20 Quand il s'approche du poste de stationnement, le pilote oriente l'avion dans la direction indiquée par la flèche jusqu'à ce que celle-ci devienne rectiligne. L'aéronef s'est établi correctement sur l'axe du poste quand la flèche verticale noire de guidage en azimuth devient parfaitement rectiligne.

13.3.21 La commande est effectuée au moyen d'un ordinateur industriel. Les données concernant l'aéronef, telles que sa longueur, son envergure, les distances jusqu'à son nez, la hauteur des yeux des pilotes, la roue avant, le train d'atterrissage principal, les issues 1 et 2 d'aéronef, sont mises en mémoire dans l'ordinateur pour plus de 500 séries et types différents. Le tableau de commande peut aussi enregistrer certains événements.

13.3.22 Le système de guidage visuel pour l'accostage peut être raccordé à une base de données opérationnelle aéroportuaire (AODB) ou à un FIDS. Il peut ainsi fournir au personnel au sol des renseignements sur les vols, tels que leur numéro, leur point de départ et leur destination.

13.3.23 Le système peut être mis en marche automatiquement ou à partir du tableau de commande de l'opérateur. Pour l'activer manuellement, il faut sélectionner l'aéronef à l'arrivée sur le tableau. Il peut être activé automatiquement si on le branche sur l'AODB/FIDS de l'aéroport.

13.3.24 Le système affiche le type de l'avion sur son indicateur alphanumérique. Cela donne au pilote la possibilité d'interrompre son approche vers le point d'arrêt si le type de l'avion traité par le système n'est pas le bon.

13.3.25 Pendant l'accostage de l'aéronef, le système est surveillé et si une défektivité ou une erreur de fonctionnement est détectée, l'indicateur alphanumérique affiche « STOP » ainsi que le code d'erreur et le tableau de commande de l'opérateur affiche le message d'erreur.

13.3.26 L'opérateur actionne le bouton-poussoir d'arrêt d'urgence s'il estime que l'aéronef en approche est en danger. Quand le poussoir est actionné, le système de guidage visuel affiche le guidage en azimuth et la distance restante, alors que l'indicateur alphanumérique affiche « STOP ». Après un laps de temps déterminé, l'indicateur alphanumérique affiche « ESTP » (arrêt d'urgence) et « STOP » jusqu'à ce que l'opérateur relâche le poussoir. Pendant toute la durée de l'arrêt d'urgence, toutes les connexions avec les autres équipements du poste sont normalement relâchées. Quand le poussoir est relâché, le système retourne à son état initial.

### **Systèmes utilisant uniquement des feux**

13.3.27 Un système de guidage visuel pour l'accostage utilisant uniquement des feux pour assurer le guidage est représenté aux Figures 13-3 et 13-4. Ce système comprend deux éléments : un dispositif de guidage en azimuth et un indicateur de point d'arrêt. Le dispositif de guidage en azimuth est installé sur le prolongement de l'axe du poste de stationnement, en avant de l'aéronef (voir Figure 13-3). L'indicateur de point d'arrêt est également installé sur le prolongement de l'axe du poste de stationnement, mais il n'est pas coïmplanté avec le dispositif de guidage en azimuth (voir Figure 13-4).

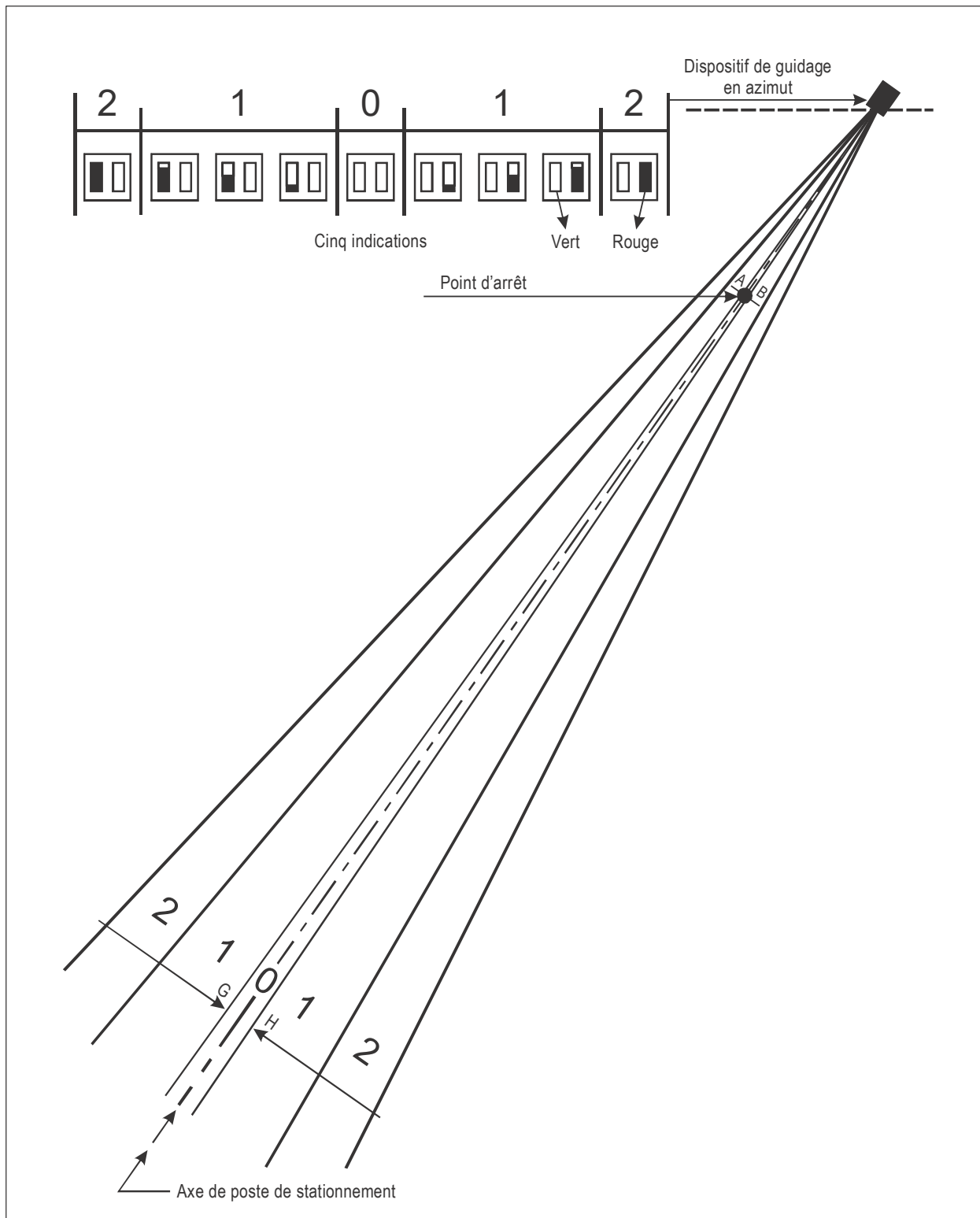
13.3.28 Le dispositif de guidage en azimut fonctionne comme suit :

Si l'on prend l'axe du poste de stationnement pour origine et si l'on admet que les angles situés à gauche de cet axe sont négatifs et que les angles situés à droite sont positifs, un pilote obtient les cinq indications ci-dessous lorsqu'il fait face au dispositif :

- a) entre  $-10^{\circ}37'$  et  $-6^{\circ}37'$ , le faisceau de gauche est rouge et le faisceau de droite est vert ;
- b) entre  $-6^{\circ}37'$  et  $-0^{\circ}7'$ , le faisceau de gauche, qui était rouge sur toute sa hauteur, devient progressivement vert, tandis que le faisceau de droite reste vert ;
- c) entre  $-0^{\circ}7'$  et  $+0^{\circ}7'$ , les deux faisceaux sont verts ;
- d) entre  $+0^{\circ}7'$  et  $+6^{\circ}37'$ , le faisceau de gauche reste vert, tandis que le faisceau de droite, qui était vert sur toute sa hauteur, devient progressivement rouge ;
- e) entre  $+6^{\circ}37'$  et  $+10^{\circ}37'$ , le faisceau de gauche est totalement vert et le faisceau de droite totalement rouge.

13.3.29 De ce qui précède il découle que, si le pilote voit les deux faisceaux en vert sur toute leur hauteur, l'aéronef se trouve sur l'axe du poste de stationnement ou à proximité. Si l'aéronef est à gauche de l'axe du poste de stationnement, le pilote verra le faisceau de gauche partiellement ou totalement rouge, selon l'importance de l'écart, et il verra le faisceau de droite en vert. Le pilote doit alors se déplacer vers la droite pour voir les deux faisceaux en vert. Inversement, si l'aéronef est à droite de l'axe, le pilote verra le faisceau de droite partiellement ou totalement rouge et le faisceau de gauche en vert. Le pilote doit alors se déplacer vers la gauche pour voir les deux faisceaux en vert.

13.3.30 L'indicateur de point d'arrêt du système utilise le vert et le rouge pour indiquer des points d'arrêt précis. Ce dispositif est placé devant le pilote et au-dessus de son niveau de vision, comme le montre la Figure 13-4. Il consiste en une fente horizontale éclairée de l'intérieur, sur laquelle on a marqué trois positions d'arrêt. Chaque position d'arrêt est identifiée par le type d'aéronef auquel elle s'applique. Lorsque l'aéronef arrive sur le poste de stationnement, le pilote voit en vert la totalité de la fente horizontale. À mesure que l'aéronef avance le long de la ligne axiale du poste, la partie gauche de la fente devient rouge et la longueur du secteur rouge augmente progressivement. L'aéronef atteint le point d'arrêt lorsque l'interface entre les secteurs rouge et vert est alignée avec le repère d'arrêt (sur la fente) pour le type d'aéronef en présence.



**Figure 13-3. Dispositif de guidage en azimuth d'un système de guidage visuel pour l'accostage utilisant uniquement des feux**



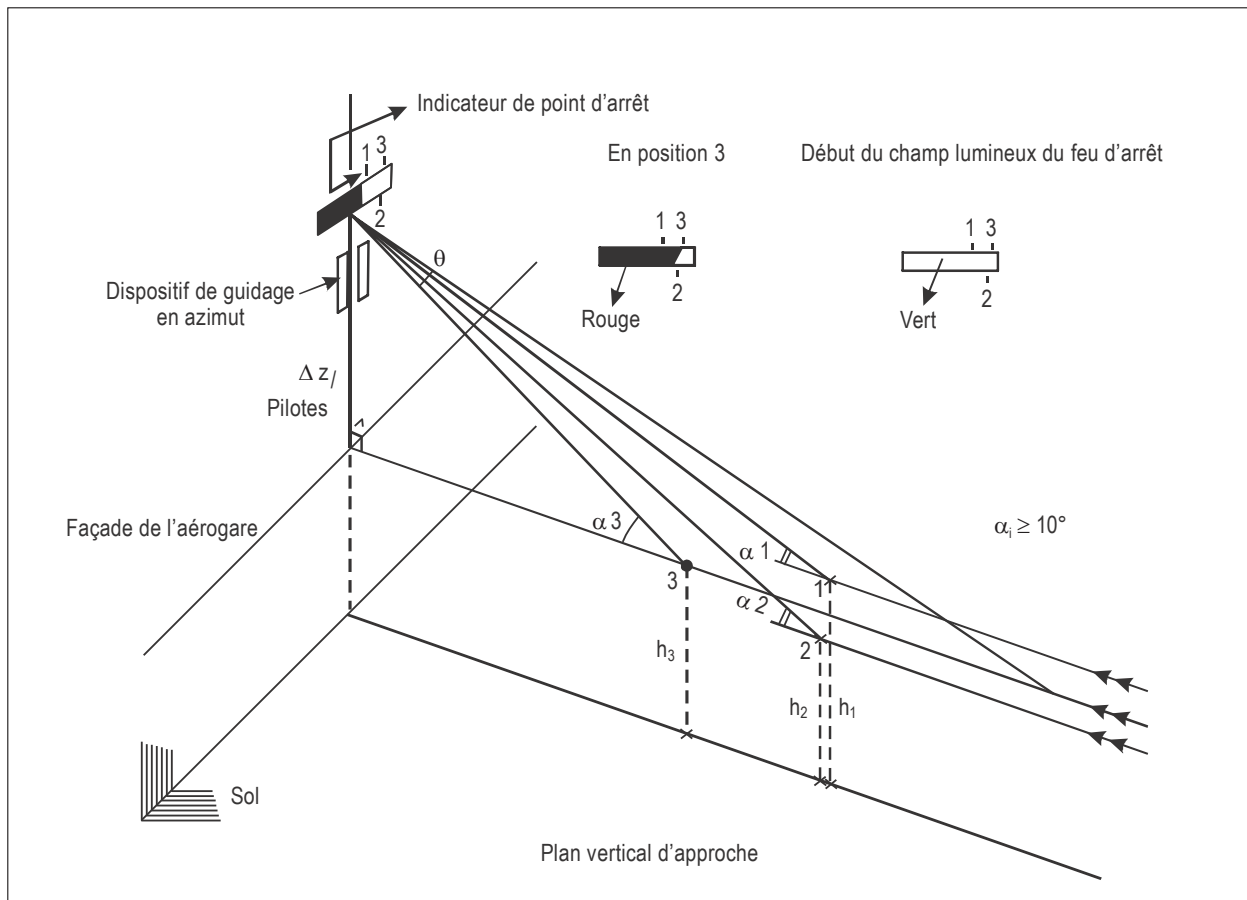


Figure 13-4. Indicateur du point d'arrêt d'un système de guidage visuel pour l'accostage utilisant uniquement des feux



## Chapitre 14

# ÉCLAIRAGE DES AIRES DE TRAFIC

### 14.1 INTRODUCTION

14.1.1 Les éléments ci-après sont fournis pour servir de guide dans l'application des dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.21.

14.1.2 Une aire de trafic est une aire définie sur un aérodrome terrestre, qui est destinée aux aéronefs pendant l'embarquement ou le débarquement des passagers, le chargement ou le déchargement de la poste ou du fret, l'avitaillement en carburant, le stationnement ou l'entretien. Sur ces aires, les aéronefs sont en principe appelés à se déplacer par leurs propres moyens ou en remorque et il est nécessaire de prévoir un éclairage suffisant pour permettre d'exécuter ces tâches de nuit avec la sécurité et l'efficacité voulues.

14.1.3 La partie de l'aire de trafic dans laquelle sont situés les postes de stationnement d'aéronef exige un niveau d'éclairage relativement élevé. Les dimensions de chaque poste de stationnement sont déterminées en grande partie par celles des aéronefs et par la place dont ils ont besoin pour manœuvrer avec sécurité à l'entrée et à la sortie.

### 14.2 FONCTIONS

14.2.1 Les fonctions principales du dispositif d'éclairage de l'aire de trafic sont les suivantes :

- a) aider le pilote à manœuvrer pour arriver au point de stationnement final et en repartir ;
- b) assurer un éclairage approprié pour l'embarquement et le débarquement des passagers et pour les besoins du personnel qui procède au chargement et au déchargement du fret, à l'avitaillement en carburant et aux autres services de piste ;
- c) maintenir la sûreté à l'aéroport.

#### Circulation des aéronefs au sol

14.2.2 Le pilote compte principalement sur l'éclairage de l'aire de trafic lorsqu'il circule sur cette aire. Un éclairage uniforme de la chaussée à l'intérieur des limites du poste de stationnement et l'élimination de l'éblouissement sont des conditions essentielles. Sur les voies de circulation voisines des postes de stationnement, l'éclairage doit être plus faible pour permettre une transition progressive jusqu'au niveau d'éclairage plus élevé de ces postes.

#### Services de piste

14.2.3 Ces services exigent un éclairage uniforme de la zone entourant le poste de stationnement d'aéronef, d'un niveau suffisant pour permettre l'exécution de la plupart des tâches. Lorsque des ombres sont inévitables, certaines tâches peuvent nécessiter un éclairage complémentaire.

## Sûreté de l'aéroport

14.2.4 L'éclairage devrait être suffisant pour permettre de détecter la présence de personnes non autorisées sur l'aire de trafic et d'identifier le personnel qui se trouve sur les postes de stationnement d'aéronef ou à proximité.

### 14.3 SPÉCIFICATIONS DE PERFORMANCES

#### Choix d'une source lumineuse

14.3.1 Différentes sources lumineuses peuvent être employées. La répartition spectrale de ces éclairages sera telle que toutes les couleurs utilisées pour les marques d'aéronefs associées aux services réguliers de petit entretien ainsi que les marques de surface et le balisage des obstacles puissent être identifiées sans ambiguïté. L'expérience montre que des lampes halogènes à incandescence, ainsi que différentes lampes lumineuses à gaz à haute pression, conviennent à cette fin. Étant donné le caractère de leur répartition spectrale, les lampes lumineuses produisent des distorsions chromatiques. Il est donc indispensable de vérifier les couleurs produites par ces lampes à la lumière du jour et à la lumière artificielle pour garantir une bonne identification des couleurs. Dans certains cas, il pourrait être souhaitable de modifier la combinaison de couleurs employée pour les marques de surface et le balisage des obstacles. Pour des raisons d'ordre économique, les lampes à vapeur de sodium à haute pression ou aux halogénures de mercure à haute pression sont recommandées.

#### Éclairage

14.3.2 Un niveau moyen d'éclairage d'au moins 20 lux est nécessaire à la perception des couleurs et on le considère comme le niveau minimal exigé pour les tâches à exécuter sur les postes de stationnement. Afin d'assurer une visibilité optimale, il est indispensable que l'éclairage du poste de stationnement soit uniforme, avec un facteur d'uniformité de 4/1 (intensité moyenne/intensité minimale). À cet égard, l'éclairage vertical moyen à une hauteur de 2 m devrait être d'au moins 20 lux dans les directions utiles.

14.3.3 Pour maintenir des conditions générales de visibilité acceptables, l'éclairage horizontal moyen sur l'aire de trafic, sauf lorsque des services de petit entretien sont en cours, ne devrait pas être inférieur à 50 % de l'éclairage horizontal moyen des postes de stationnement, avec un facteur d'uniformité ne dépassant pas 4/1 (intensité moyenne/intensité minimale) dans ce secteur.

14.3.4 On sait que certaines tâches visuelles nécessitent un éclairage complémentaire, par exemple un éclairage mobile. Il est toutefois recommandé d'éviter l'emploi de phares de véhicules à d'autres fins que pour guider le conducteur.

14.3.5 Pour les besoins de la sûreté, il peut être nécessaire de prévoir un surcroît d'éclairage d'une intensité supérieure à celle qui est spécifiée ci-dessus.

14.3.6 Le niveau d'éclairage horizontal moyen de la zone comprise entre les postes de stationnement d'aéronef et les limites de l'aire de trafic (aire de garage du matériel de service, aire de stationnement, voies de service) devrait être de 10 lux. Si les projecteurs surélevés n'éclairent pas suffisamment cette zone, on peut utiliser des projecteurs non éblouissants analogues aux lampadaires employés pour l'éclairage urbain. Les Figures 14-1, 14-2, 14-3 et 14-4 donnent des exemples de niveaux d'éclairage utilisés sur des aires de trafic.

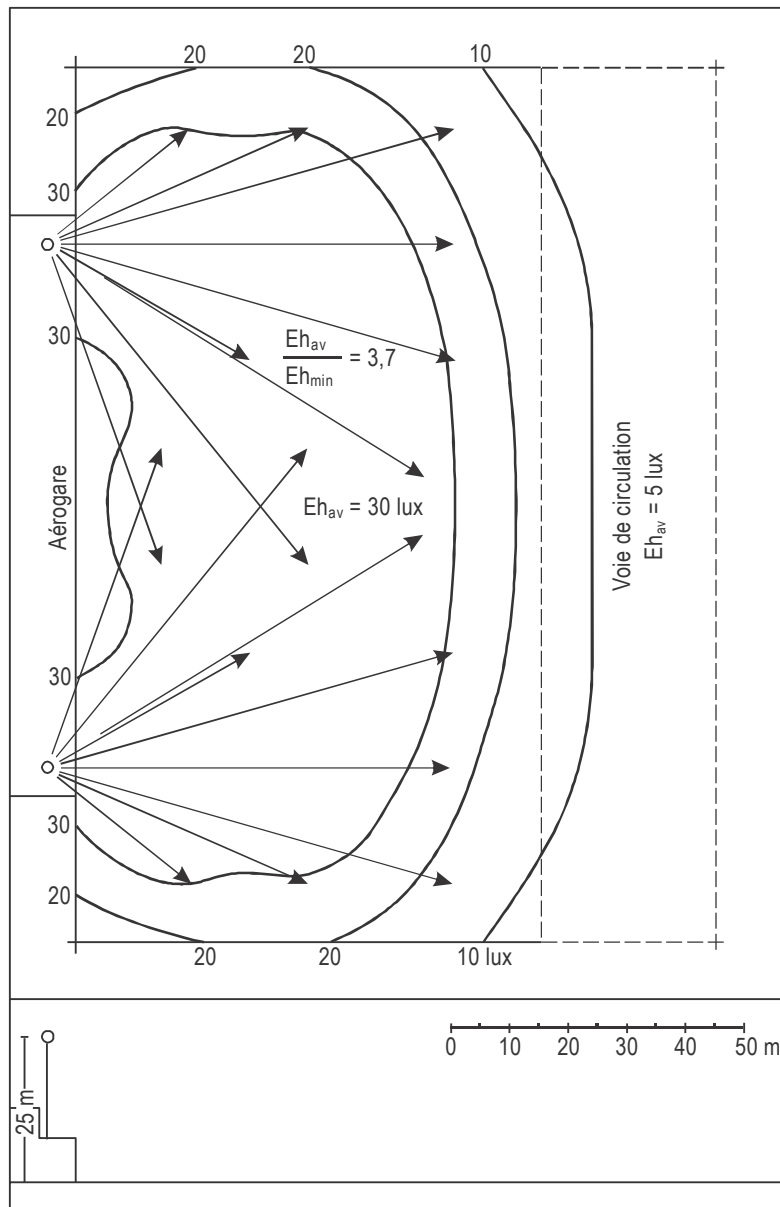


Figure 14-1. Courbes isolux caractéristiques pour l'éclairage horizontal (Exemple A)

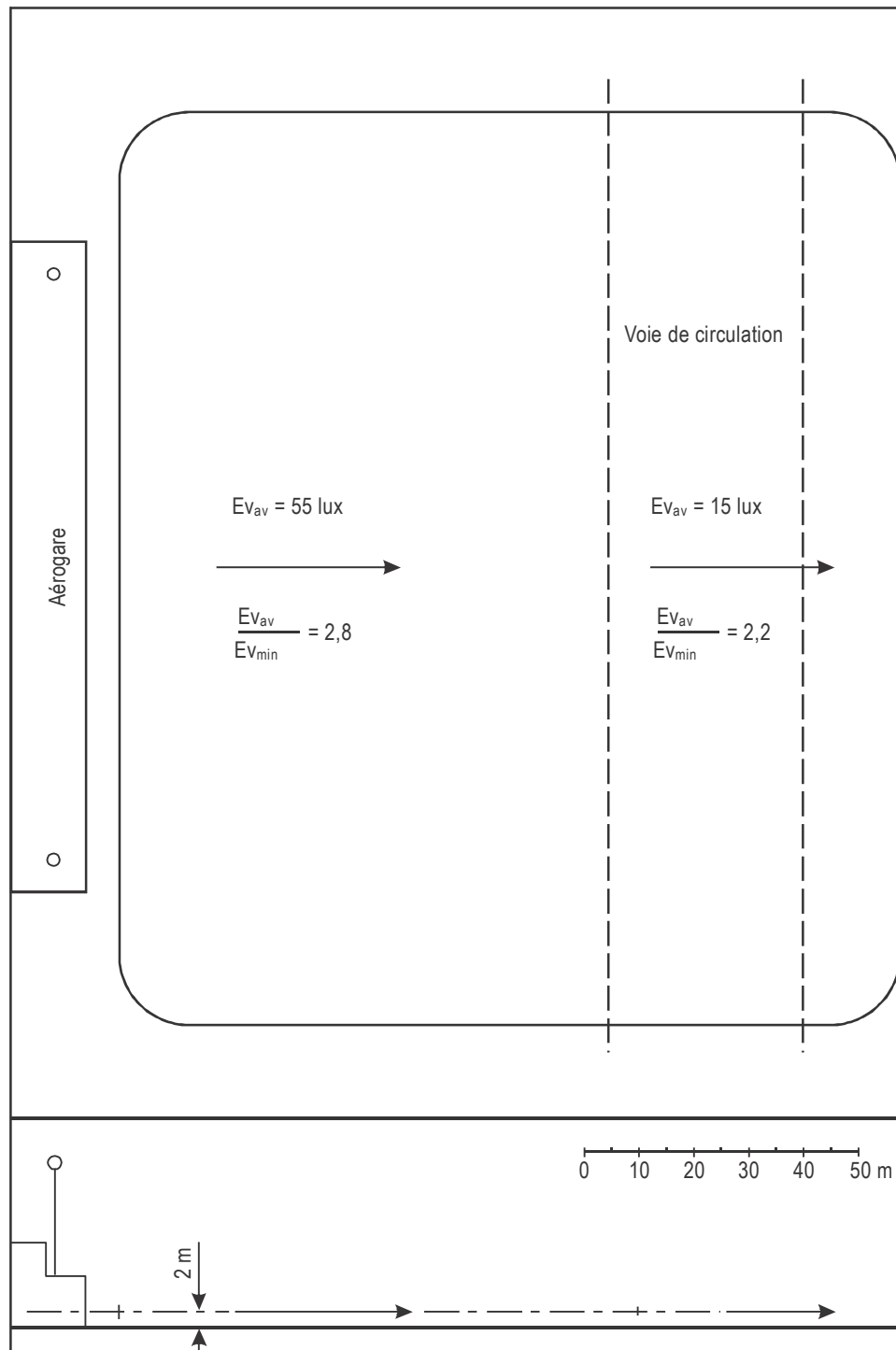


Figure 14-2. Éclairage vertical moyen caractéristique à 2 m de hauteur (Exemple A)

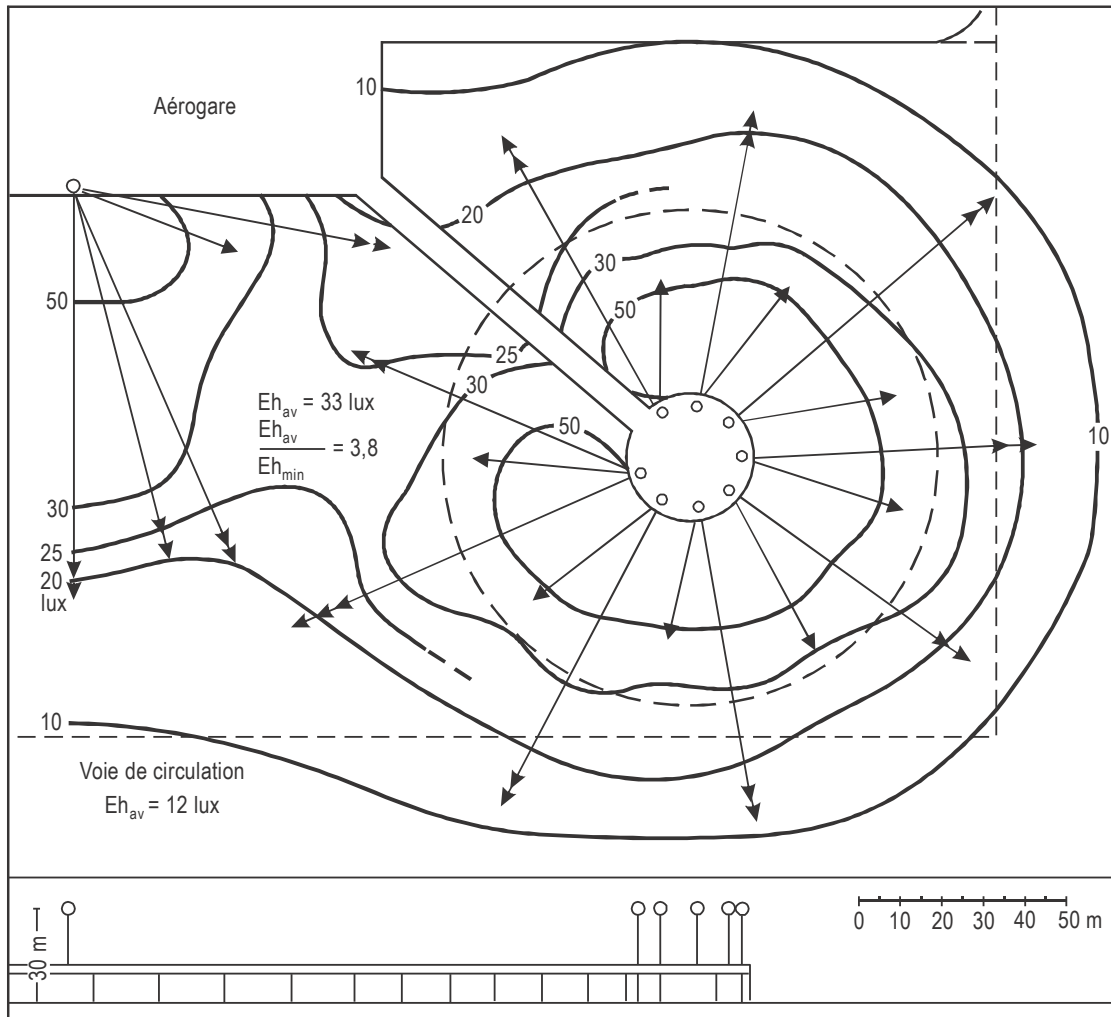


Figure 14-3. Courbes isolux caractéristiques pour l'éclairage horizontal (Exemple B)

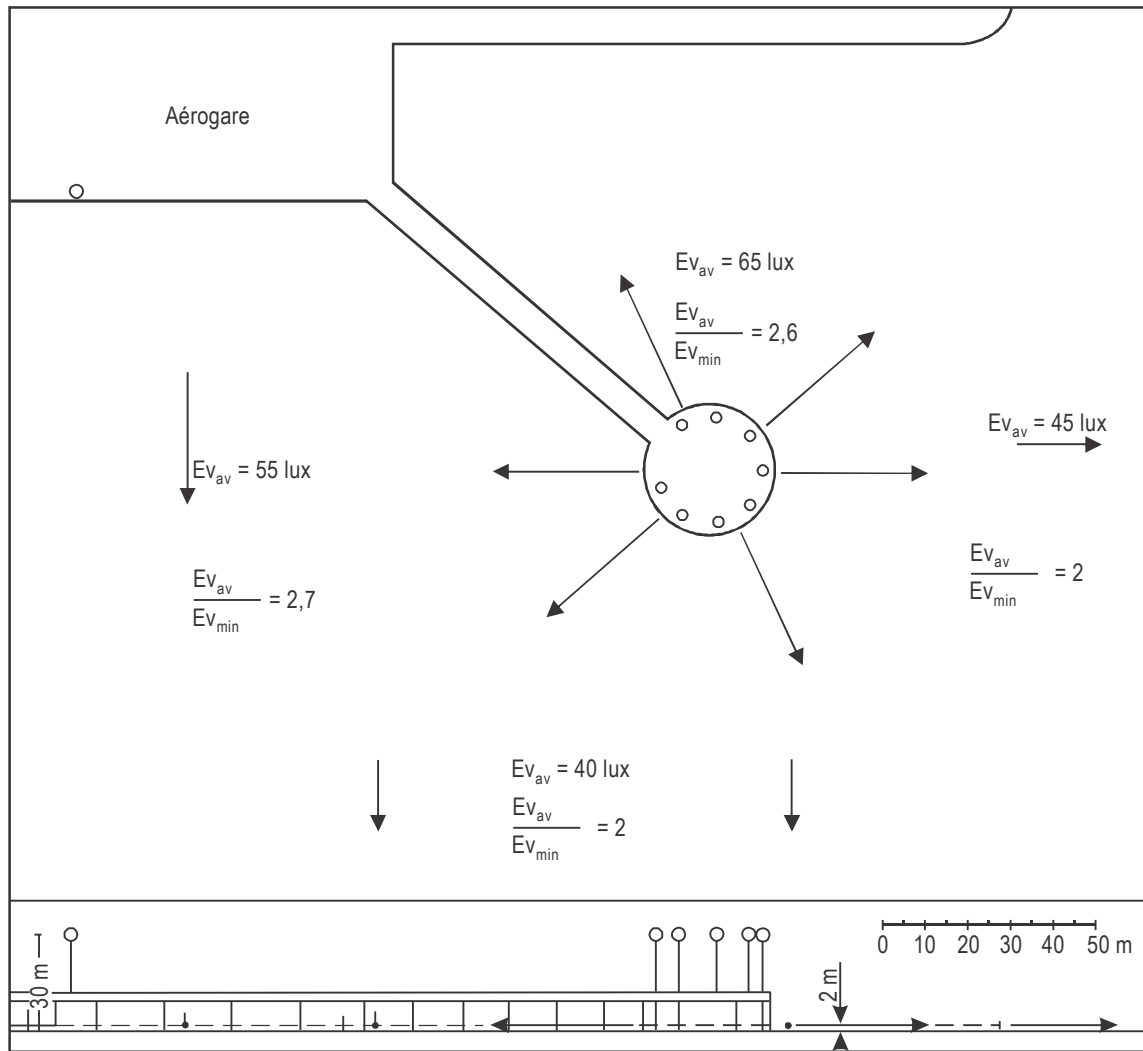


Figure 14-4. Éclairage vertical moyen caractéristique à 2 m de hauteur  
(Exemple B)



### Éblouissement

14.3.7 On évitera d'orienter directement les projecteurs sur la tour de contrôle et les aéronefs à l'atterrissage. En fait, ils devraient, dans la mesure du possible, être orientés à l'opposé de la tour de contrôle ou des aéronefs qui atterrissent. L'éclairage direct au-dessus du plan horizontal devrait être réduit au minimum (voir Figures 14-5 et 14-6).

14.3.8 Afin de réduire le plus possible l'éblouissement direct et indirect :

- a) la hauteur de montage des projecteurs devrait être au moins égale au double de la hauteur maximale des yeux des pilotes des types d'aéronefs qui utilisent régulièrement l'aéroport (voir Figure 14-6) ;
- b) l'emplacement et la hauteur des pylônes devraient être de nature à créer, pour le personnel au sol, le moins possible de gêne due à l'éblouissement.

Pour répondre à ces conditions, les projecteurs devront être orientés avec soin, compte tenu de leur répartition lumineuse. Il peut être nécessaire d'ajuster la répartition lumineuse à l'aide d'écrans.

### Éclairage de secours

14.3.9 En prévision de l'éventualité d'une panne d'alimentation électrique, il est recommandé que des dispositions soient prises pour qu'un éclairage suffisant soit disponible en pareil cas pour garantir la sécurité des passagers (voir également § 14.4.3).

## 14.4 CRITÈRES DE CONCEPTION

### Aspects concernant l'éclairage

14.4.1 Outre les critères de conception qui découlent des spécifications de performances, il y a lieu de tenir compte des aspects ci-dessous lors de la conception d'un dispositif d'éclairage d'aire de trafic :

- a) la hauteur des pylônes d'éclairage de l'aire de trafic devrait être conforme aux spécifications pertinentes de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 4, en matière de franchissement d'obstacles ;
- b) il faut éviter de gêner la vision du personnel de la tour de contrôle. À cet égard, il faut déterminer avec soin l'emplacement et la hauteur des pylônes d'éclairage ;
- c) la disposition et l'orientation des projecteurs devraient être telles que les postes de stationnement d'aéronef reçoivent un éclairage de différentes directions afin qu'il y ait aussi peu d'ombres que possible. Avec un éclairage uniforme de l'aire tout entière, on obtient de meilleurs résultats qu'en dirigeant les projecteurs vers les aéronefs (voir Figures 14-7 et 14-8).

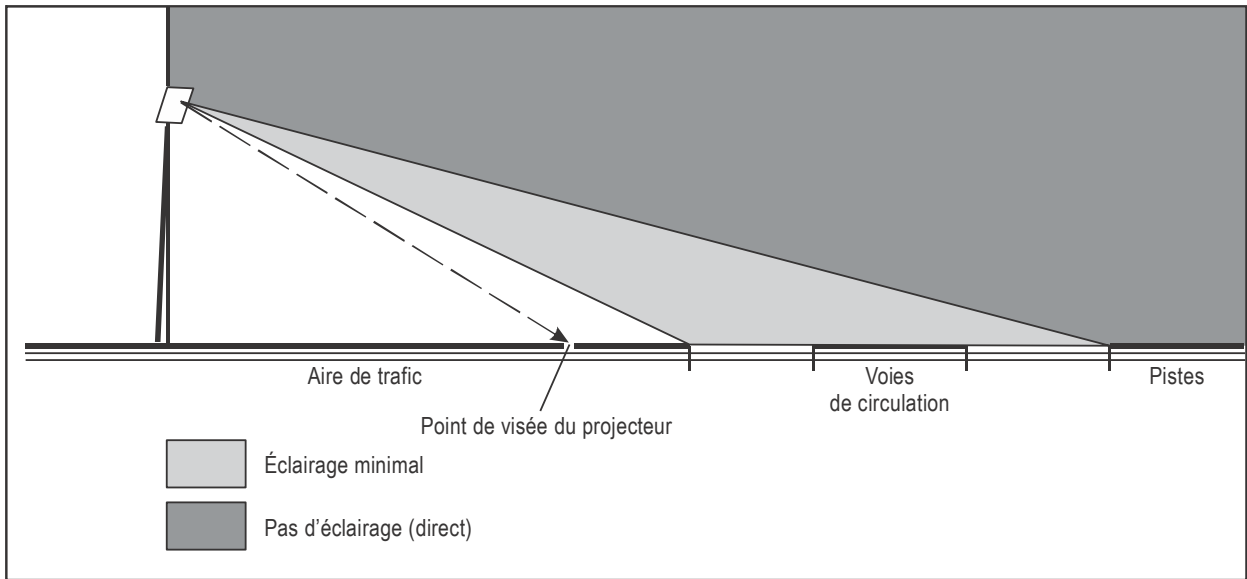


Figure 14-5. Orientation permettant d'éviter l'éblouissement

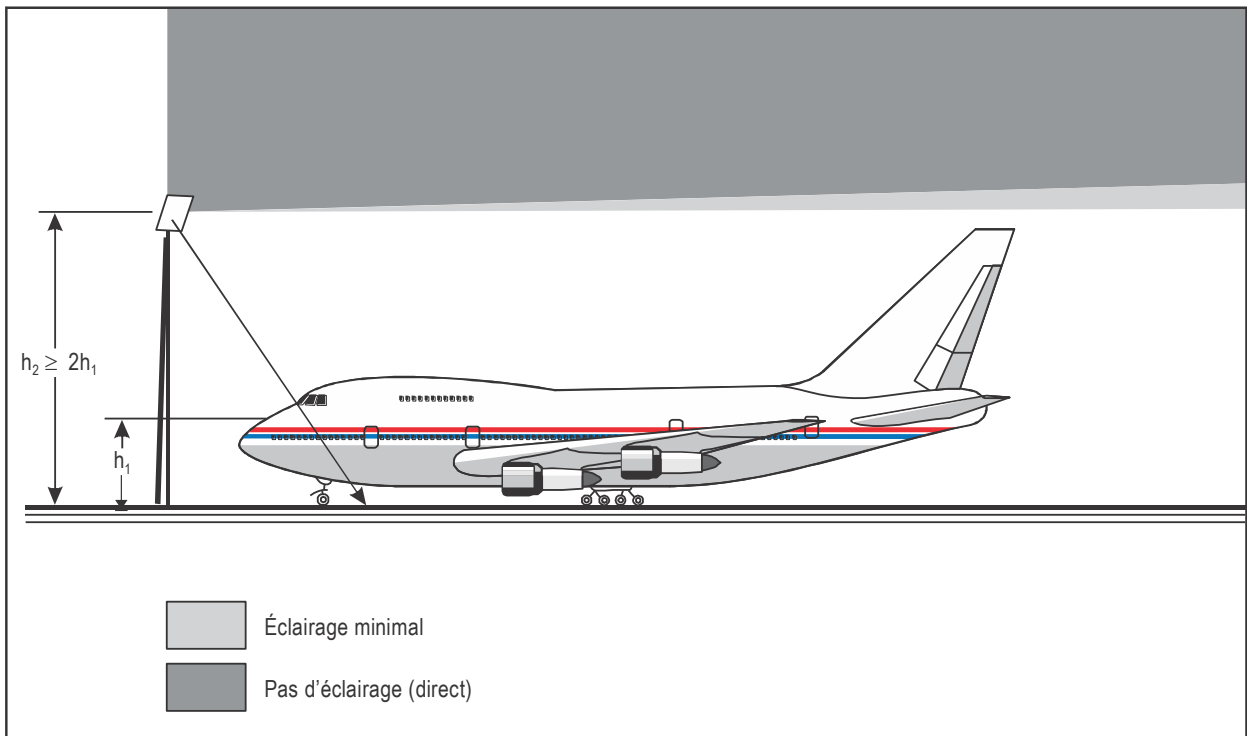


Figure 14-6. Hauteur de montage permettant d'éviter l'éblouissement

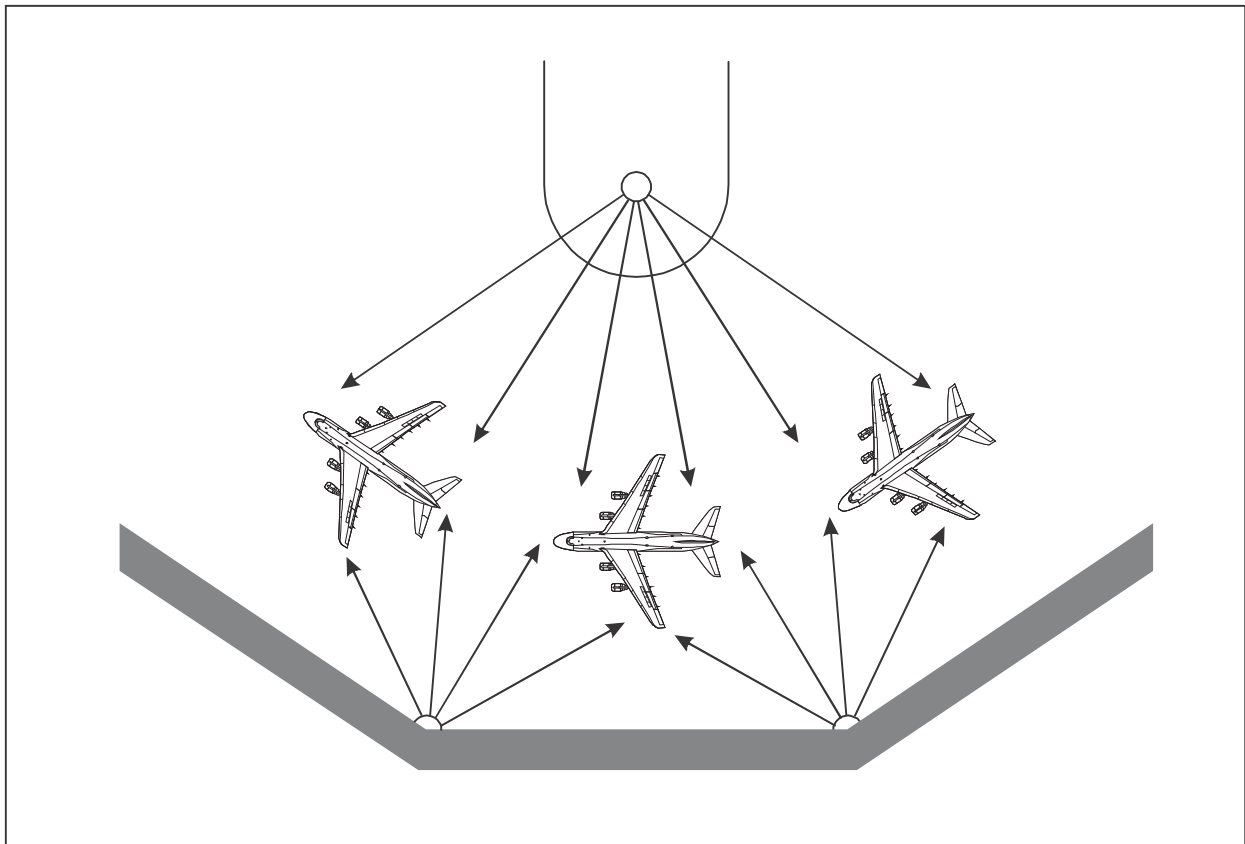


Figure 14-7. Disposition et orientation type des projecteurs pour stationnement parallèle

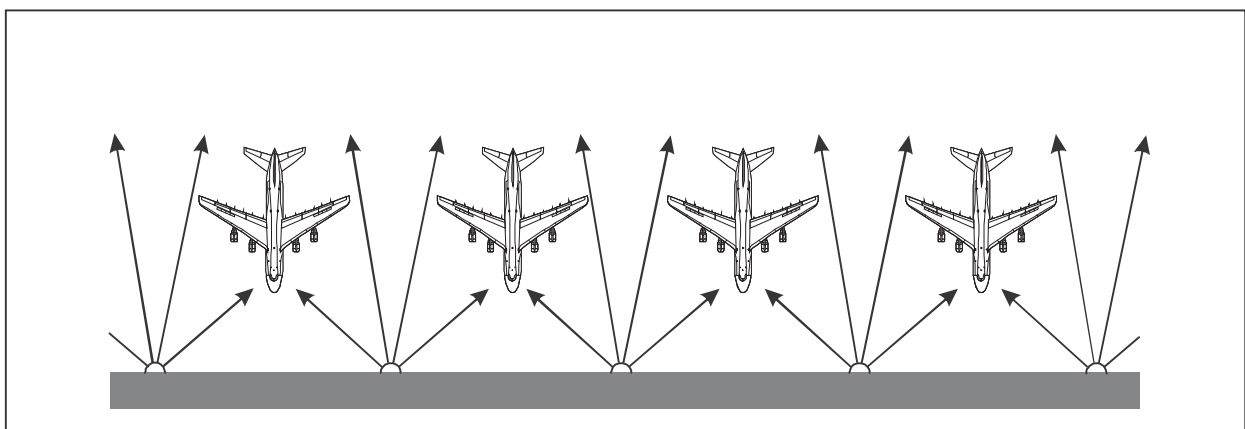


Figure 14-8. Disposition et orientation type des projecteurs pour stationnement « nez dedans »

### Aspects concernant les caractéristiques physiques

14.4.2 Au stade de la conception d'un aéroport, il faut tenir compte des caractéristiques physiques de l'aire de trafic pour assurer un éclairage efficace. En fin de compte, le choix de l'emplacement et de la hauteur des projecteurs dépend des facteurs suivants :

- a) dimensions de l'aire ou des aires de trafic ;
- b) agencement des postes de stationnement ;
- c) agencement des voies de circulation et organisation de la circulation ;
- d) aires et bâtiments adjacents, notamment la ou les tours de contrôle ;
- e) emplacement et catégorie de la piste ou des pistes, et des aires réservées aux hélicoptères.

*Note.— Des éléments indicatifs sur les dimensions des aires de trafic et des postes de stationnement d'aéronef figurent dans le Manuel de conception des aérodromes (Doc 9157), Partie 2.*

### Aspects concernant l'installation électrique

14.4.3 Si l'on utilise des lampes lumineuses, il y a lieu d'employer un circuit triphasé d'alimentation électrique pour éviter les effets stroboscopiques. Si l'on utilise des lampes lumineuses à haute pression, un éclairage de secours peut être assuré soit par des lampes halogènes à incandescence, soit par un montage spécial mettant en circuit quelques-unes des lampes lumineuses à haute pression.

### Aspects concernant l'entretien

14.4.4 Le système d'éclairage devrait être conçu de manière que les dépenses d'entretien puissent être maintenues à un niveau raisonnable. Si l'accès aux lampes est difficile, il est très économique de les changer selon un système de remplacement par groupe. Le remplacement des lampes des dispositifs surélevés peut coûter assez cher et il vaut donc mieux utiliser des lampes de longue durée. Autant que possible, les dispositifs devraient être placés de manière que l'on puisse y accéder facilement sans matériel spécial. Si les poteaux sont très hauts, on pourrait les munir de crampons ou utiliser des appareils élévateurs pour l'entretien du matériel.

---

## Chapitre 15

# MARQUAGE ET BALISAGE LUMINEUX DES OBSTACLES

### 15.1 GÉNÉRALITÉS

#### Besoins de l'exploitation

15.1.1 La sécurité des vols en règles de vol à vue (VFR) aux basses altitudes dépend beaucoup de la possibilité pour le pilote de voir toute obstruction qui constitue un obstacle assez tôt pour pouvoir faire une manœuvre d'évitement contrôlée et non précipitée. La situation est particulièrement difficile quand la visibilité est proche des valeurs limites pour cette catégorie d'exploitation. Les obstacles ne peuvent être aperçus à des distances supérieures à la visibilité du moment, et ils deviennent visibles à des distances moindres. C'est cette différence entre ces deux distances qui met le vol en danger. Dans la pratique, la sécurité des vols exige que les obstacles soient rendus plus visibles pour que la distance de laquelle ils peuvent être vus soit au moins égale à la visibilité quand les conditions météorologiques sont marginales.

15.1.2 La situation est la même de nuit. Les pilotes doivent avoir la même possibilité de voir les obstacles assez tôt pour pouvoir les éviter.

15.1.3 Le pilote devrait constamment être en mesure de déterminer l'emplacement et les dimensions de l'obstacle. De nuit, cela nécessite toujours l'adoption de mesures pour délimiter l'obstacle de façon assez détaillée. De jour, il est important de mettre en relief des repères qui permettent de situer les obstacles, mais il n'est pas toujours essentiel de délimiter leur dimension. Si le pilote peut voir l'obstacle, il peut souvent en apprécier aisément la dimension et la forme.

15.1.4 Dans un État, il est supposé que les pilotes progressant à des vitesses inférieures ou égales à 165 kt doivent être en mesure de voir les feux d'obstacle assez tôt pour pouvoir passer à au moins 600 m de la structure dans le plan horizontal, dans toutes les conditions d'exploitation. Les pilotes qui progressent à des vitesses comprises entre 165 et 250 kt devraient être en mesure de voir les feux d'obstacle d'une distance de 1,9 km, à moins que la visibilité tombe sous 1,5 km de nuit, auquel cas l'intensité des feux doit être de 2 000 cd pour qu'ils soient visibles de la même distance. De nuit, une intensité plus élevée et une meilleure visibilité peuvent beaucoup gêner les riverains des aéroports. En outre, de nuit et par visibilité de 1,5 km, on peut normalement s'attendre qu'à ces vitesses les avions volent en règles de vol aux instruments (IFR).

15.1.5 Dans un autre État, l'intensité requise des feux d'obstacle est fondée sur l'hypothèse qu'ils devraient être visibles d'une distance égale à la visibilité minimale à laquelle un pilote peut voler en VFR, c'est-à-dire 3,7 km.

#### Types d'obstacles

15.1.6 De nombreuses constructions peuvent constituer des obstacles tant aux aéroports qu'en route ; certaines des plus communes sont les pylônes de télécommunication, les ponts, les tours de réfrigération et les pylônes des lignes à haute tension. Tous ces obstacles font l'objet de dispositions de l'Annexe 14, Volume I, où ils sont cependant examinés plus spécialement dans le contexte des mouvements d'aéroport.

### Mise en œuvre

15.1.7 Les riverains des aérodromes considèrent que de nombreux obstacles dégradent l'environnement local. Les besoins opérationnels sont donc inévitablement influencés par un conflit d'intérêts, en ce sens que les pilotes ont besoin que les obstacles soient plus visibles alors que les défenseurs de l'environnement insistent pour qu'ils le soient moins. Il faut donc essentiellement que les obstacles soient rendus plus visibles lorsqu'ils sont vus des avions mais qu'ils le soient moins quand ils sont vus du sol.

15.1.8 La méthode retenue pour rendre les obstacles plus visibles doit pouvoir être efficace en tout temps. Les feux doivent donc être très fiables et très disponibles, ce qui signifie qu'une fois installé, le système doit pouvoir continuer de bien fonctionner pendant longtemps.

## 15.2 MÉTHODES UTILISÉES POUR RENDRE LES OBSTACLES PLUS VISIBLES

15.2.1 Les méthodes recommandées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, pour rendre les obstacles plus visibles recourent principalement à deux moyens : marques et feux. Une troisième méthode selon laquelle la dimension de l'obstacle est augmentée en y ajoutant des éléments structuraux supplémentaires est parfois employée aussi. C'est le cas, par exemple, lorsqu'on fixe des boules le long des lignes à haute tension. La peinture de bandes ou de damiers de réflectance très contrastante pour marquer la surface des obstacles est particulièrement exigée pour les obstacles tels que les bâtiments, les pylônes et les tours. Lorsqu'elles sont appliquées sur une structure pour la première fois, ces couleurs peuvent rendre les obstacles beaucoup plus visibles de jour, quelles que soient les conditions dans lesquelles ils sont vus. Le maintien des caractéristiques initiales de cette solution est cependant coûteux et difficile. En outre, de nuit, le système doit être complété par un balisage lumineux.

15.2.2 On a très souvent recours à des balisages lumineux efficaces. Ces balisages fournissent aux pilotes des renseignements satisfaisants sur l'emplacement et la dimension des objets balisés. L'expérience montre que, de nuit, des feux fixes de couleur et d'intensité appropriées répondent aux besoins opérationnels d'une façon qui satisfait tant les pilotes que les riverains des aéroports.

15.2.3 Les pratiques recommandées pour rendre les obstacles plus visibles ne permettent pas, dans la pratique, d'éliminer certaines difficultés. Ainsi qu'il a déjà été mentionné, le renforcement du contraste au moyen de peintures, ou de colorants semblables, est seulement efficace de jour et doit toujours être complété par un balisage lumineux de nuit. Le coût de l'application de la peinture et de l'entretien est élevé et la situation est encore exacerbée par des problèmes d'accès, en particulier dans le cas des obstacles de grande hauteur.

15.2.4 Alors que de nuit les balisages composés de feux rouges fixes peuvent indiquer comme il convient aux pilotes la présence d'obstacles, l'intensité des feux doit être nettement augmentée de jour pour qu'ils puissent être vus de la même distance. Dans la pratique, des signaux d'intensité si élevée ne peuvent être produits que par des feux blancs à éclats. Des feux de ce type sont très largement utilisés dans certains États. La dimension et le poids d'un balisage de ce genre empêchent souvent de recourir à cette solution sur certains obstacles. De plus, certains riverains n'acceptent pas les caractéristiques des signaux produits par des feux à éclats de jour, et, de nuit, ils s'y opposent avec encore plus de véhémence à de nombreux emplacements, même si l'intensité des feux est réduite. Ces conditions défavorables causent des difficultés particulières loin des agglomérations urbaines où la luminosité du milieu ambiant est généralement faible.

### 15.3 MARQUES

15.3.1 Les circonstances dans lesquelles un obstacle devrait porter une marque et les méthodes d'application des marques sont décrites dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6. Les méthodes employées sont celles qui permettent le mieux de rendre les objets plus visibles, bien qu'elles ne soient pas efficaces dans certaines situations.

15.3.2 Quand le ciel constitue l'arrière-plan, les objets noirs sont vus de la plus grande distance. Par ciel couvert, les objets de couleur orange peuvent avoir une portée optique presque égale à celle des objets noirs. Par temps ensoleillé, pour un pilote qui a le soleil dans le dos, les surfaces noires, orange ou blanches peuvent toutes être vues de la même distance. Pour un pilote qui vole vers le soleil, le contraste produit par l'orange est réduit mais celui du blanc augmente. Ainsi, pour des objets identiques, la peinture orange et blanche est généralement aussi efficace que la peinture noire. De plus, lorsque l'arrière-plan constitué par la surface est complexe, la combinaison orange et blanc comporte des avantages marqués du point de vue de la visibilité.

15.3.3 De jour, il est théoriquement possible d'égaliser ou d'augmenter la distance de laquelle des objets de couleur peuvent être vus par l'emploi de feux appropriés. Pour que cette distance puisse être avantageusement augmentée dans toutes les conditions météorologiques diurnes, l'intensité nécessaire de ces feux serait difficile à obtenir dans certaines applications. Cela vaut particulièrement dans le cas des petits obstacles pour lesquels la dimension et le poids des ensembles lumineux rendent cette solution difficilement applicable.

15.3.4 La portée optique d'un obstacle en treillis métallique élevé et mince, comme un pylône de radio ou de télévision, dépend de manière complexe de la réflectance de ses éléments, de leur superficie et de leur espacement, de l'état du ciel, de la direction du soleil, de la direction de laquelle le pylône est vu, ainsi que de la transmissivité de l'atmosphère et de l'arrière-plan. Quand la portée optique du pylône est faible, ses éléments structuraux peuvent être discernés par le pilote même aux valeurs limites de la visibilité. En revanche, lorsque sa portée optique est grande, les éléments structuraux ne peuvent être discernés et le pylône doit être assimilé à un objet volumineux qui contraste peu avec son arrière-plan. En pareil cas, le contraste est déterminé par l'éclat moyen de toute la surface du pylône, de ses éléments structuraux et de l'arrière-plan contenu dans son enveloppe.

### 15.4 CARACTÉRISTIQUES DES BALISAGES LUMINEUX

15.4.1 Les caractéristiques des balisages lumineux d'obstacle sont spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, Tableau 6-1 et dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5. Selon leur utilisation particulière, les feux doivent être à basse, moyenne ou haute intensité et, dans certaines circonstances, plusieurs types de feux sont combinés.

15.4.2 Les feux d'obstacle émettent une lumière blanche ou rouge sauf dans un cas particulier où elle peut être bleue. Certains types de feux émettent un signal fixe, alors que d'autres sont à éclats, auquel cas la fréquence des éclats est spécifiée. Cette fréquence varie selon le type des feux.

15.4.3 Pour fournir aux pilotes le meilleur signal possible, la fréquence des éclats devrait être d'environ 90 à la minute. Les pilotes estiment en général que des fréquences comprises entre 60 et 120 éclats à la minute leur fournissent des signaux satisfaisants. Ces fréquences assurent que le contact peut être maintenu avec les feux après le moment auquel ils sont aperçus. Des fréquences inférieures rendent l'intervalle entre les signaux beaucoup trop long, si bien que le pilote a du mal à repérer les feux et qu'ils ne demeurent pas dans son champ de vision instantané. Des impératifs de conception peuvent obliger à utiliser des feux à éclats dont la fréquence est inférieure à la fréquence optimale, mais ces feux restent cependant suffisamment efficaces. Inversement, les fréquences plus élevées peuvent être gênantes pour tout observateur.

15.4.4 Le balisage lumineux des obstacles devrait être visible sous tous les angles d'azimut. Pour que ce soit possible, il faut parfois employer des ensembles lumineux multiples, par exemple sur les tours de réfrigération. L'ouverture

du faisceau dans le plan vertical qui est spécifiée assure que le pilote pourra voir un nombre suffisant de feux pour identifier l'emplacement et les dimensions de tout objet qui nuit à la sécurité de la navigation aérienne.

15.4.5 Les intensités spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, Tableau 6-1, ont été choisies pour que la portée optique des feux soit suffisante dans les conditions les plus défavorables dans lesquelles il est prévu qu'ils seront utilisés. Le Tableau 15-1 illustre la relation entre l'intensité des feux et leur portée dans plusieurs situations. Les intensités haute, moyenne et faible qui sont indiquées sont celles des balisages lumineux existants.

**Tableau 15-1. Relation entre l'intensité des feux et leur portée**

Période	Visibilité météorologique (km)	Distance (km)	Intensité (cd)
Jour	1,6	2,4	200 000 ± 25 %
		2,2	100 000 ± 25 %
		1,6	20 000 ± 25 %
Jour	4,8	4,8	200 000 ± 25 %
		4,3	100 000 ± 25 %
		2,9	20 000 ± 25 %
Crépuscule	1,6	1,6 à 2,4	20 000 ± 25 %
Crépuscule	4,8	2,9 à 6,7	20 000 ± 25 %
Nuit	1,6	1,9	2 000 ± 25 %
		1,8	1 500 ± 25 %
		1,0	32 ± 25 %
Nuit	4,8	4,9	2 000 ± 25 %
		4,7	1 500 ± 25 %
		1,4	32 ± 25 %

15.4.6 La Figure 15-1 illustre les avantages opérationnels des feux à haute intensité dans les conditions diurnes. Les données sur la portée optique des feux de 200 000 cd, de 20 000 cd et de 2 000 cd y sont indiquées pour diverses conditions météorologiques.

15.4.7 Pour être utile en exploitation, un feu doit avoir une portée optique supérieure à celle de l'objet non éclairé sur lequel il est installé. Cette dernière peut être égale à la visibilité météorologique mais, par définition, elle ne peut jamais la dépasser et, dans la pratique, elle lui est souvent inférieure. Aux fins des spécifications et de la conception, on peut supposer que la portée optique du feu doit être supérieure à la distance de laquelle l'obstacle non éclairé peut être vu.

15.4.8 Les feux à haute intensité (200 000 cd) permettent d'augmenter la portée requise des feux sur toute la plage des distances importantes pour l'exploitation. À toutes les distances supérieures à environ 6 km, la portée des feux à haute intensité a tendance à tomber sous la portée visuelle météorologique (distance de laquelle l'obstacle peut être vu), mais à ces distances il n'est généralement pas nécessaire de rendre plus visibles les repères naturels.

15.4.9 L'emploi des feux d'obstacle a mis en évidence des problèmes environnementaux dont la gravité est fonction de l'emplacement de l'obstacle. Les préoccupations concernant l'environnement sont plus marquées dans certaines zones. Il s'agit notamment des banlieues, parcs nationaux, vallées et emplacements auxquels les feux sont placés sur des bâtiments d'importance historique ou architecturale. Les caractéristiques des feux qui, en combinaison, produisent une différence subjective entre des solutions critiquables et acceptables sont notamment les suivantes :



- a) couleur ;
- b) intensité dans la direction de l'observateur ;
- c) caractéristiques des éclats ;
- d) disposition des feux sur l'obstacle.

Toujours du point de vue de l'environnement, les diverses couleurs des feux sont acceptées différemment. Il est généralement admis que les feux d'obstacle rouges installés au niveau du sol soulèvent moins d'objections que les feux blancs à éclats.

15.4.10 L'intensité des feux dans la direction de l'observateur détermine plus que toute autre caractéristique si les feux blancs à éclats sont acceptables de nuit. L'éclairage du sol est déterminé par plusieurs facteurs, notamment :

- a) la forme du faisceau ;
- b) la hauteur de l'ensemble lumineux au-dessus du sol ;
- c) la distance entre l'obstacle et l'observateur ;
- d) la visibilité météorologique ;
- e) les réglages de la direction du faisceau.

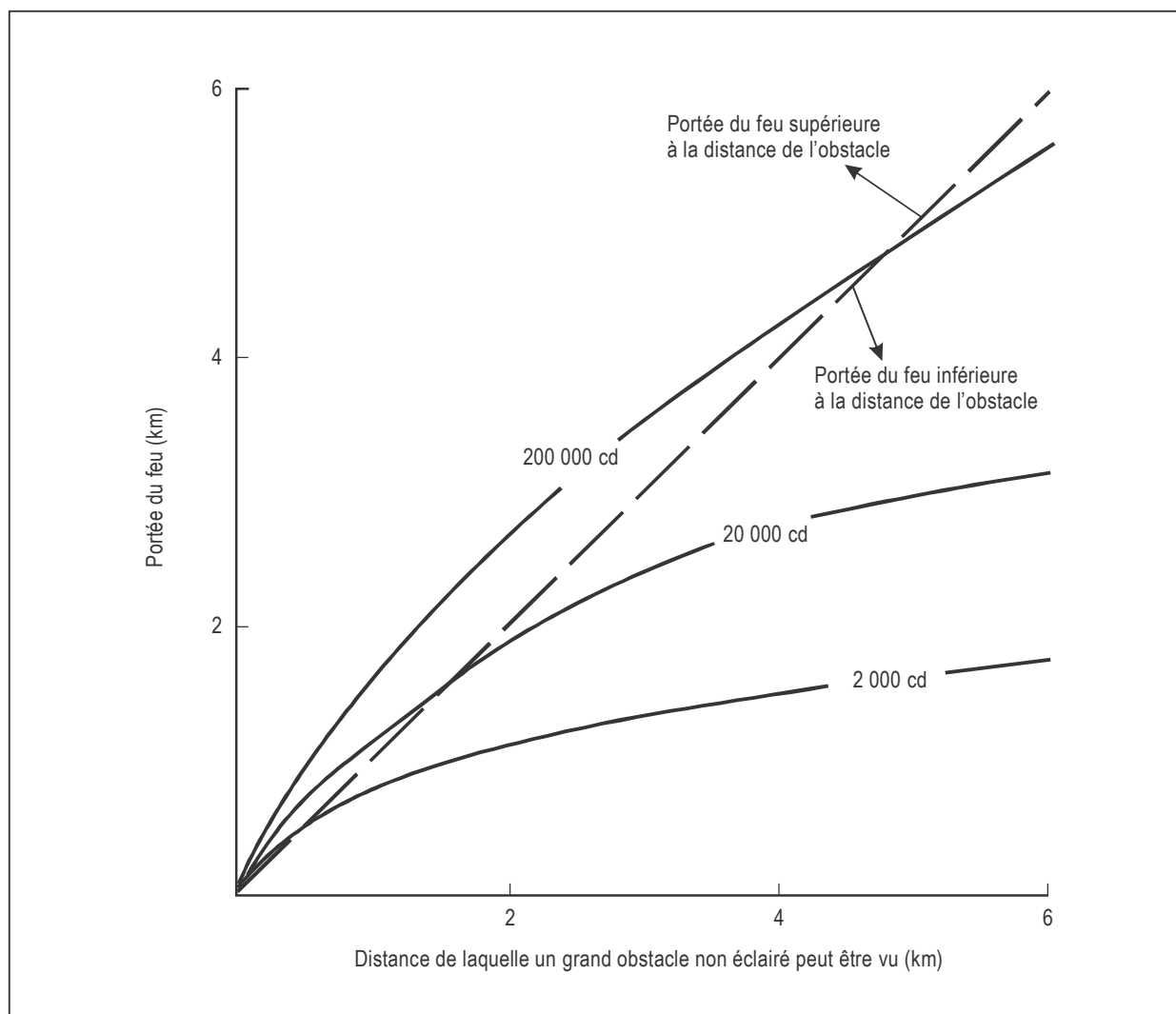
15.4.11 Ainsi que le montre la Figure 15-1, les feux à faible intensité ne sont guère utiles de jour. Sauf par très faibles visibilités, conditions dans lesquelles aucun vol n'est effectué en VFR, les feux à faible intensité ont une portée qui est inférieure à la portée météorologique.

15.4.12 Par visibilité médiocre ou moyenne, les feux à moyenne intensité (20 000 cd) peuvent augmenter légèrement la distance de laquelle les obstacles sont visibles. En pareilles circonstances, ce type de feux peut être considéré comme ayant une portée égale à la portée optique d'un objet peint. Cette équivalence permet de remplacer les marques peintes sur un objet par des feux à moyenne intensité. Le clignotement de ces feux est bénéfique car il rend l'obstacle plus visible en appelant l'attention du pilote sur son emplacement.

15.4.13 L'apposition de marques peintes sur tout obstacle est onéreuse et potentiellement dangereuse. Pour être efficaces, les marques doivent toujours être maintenues en bon état, ce qui est aussi très coûteux. Ainsi, l'utilisation de feux à moyenne intensité offre souvent des avantages économiques évidents. De plus, les ensembles lumineux sont moins coûteux, moins volumineux, plus légers et consomment moins d'électricité que les ensembles à haute intensité qui pourraient les remplacer. Il est difficile d'installer des feux à haute intensité sur de nombreux obstacles.

15.4.14 De jour, lorsqu'il faut rendre un obstacle plus visible à courte et moyenne distances, alors qu'il l'est de très loin, les feux à moyenne intensité remplacent avantageusement les marques.

15.4.15 Quatre types de feux à faible intensité font l'objet de spécifications : tous peuvent être utilisés au crépuscule et de nuit, bien que les intensités spécifiées pour les feux de type C et de type D soient suffisantes pour les rendre clairement visibles de jour aux courtes distances desquelles ils doivent être vus. Par exemple, les feux de type D « suivez-moi » installés sur les véhicules ont normalement une portée inférieure à 100 m. Deux feux à faible intensité, des types A et B, sont spécifiés pour marquer les obstacles fixes. Ceux de type A sont normalement utilisés seuls ou en combinaison lorsqu'ils doivent l'être de nuit. Leur emploi depuis de nombreuses années a confirmé leur efficacité opérationnelle, en particulier sur les aérodromes et à leur voisinage.



**Figure 15-1. Comparaison entre la portée typique des feux, de jour, et la distance de laquelle de gros objets non éclairés peuvent être vus, pour trois valeurs de l'intensité**

15.4.16 Les feux à faible intensité de type B ont été mis au point pour être utilisés avec des feux de moyenne intensité de type A dans un balisage lumineux mixte qui peut être mis en œuvre avec souplesse car il est facile à installer et peut être adapté en fonction des préoccupations environnementales.

15.4.17 Là où la présence d'autres feux rend nettement moins visibles les feux à faible intensité de type A, on peut envisager de les remplacer par des feux de type B.

15.4.18 Les trois types de feux à moyenne intensité ci-après font l'objet de spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, Tableau 6-1 :

- a) type A — feux blancs à éclats à moyenne intensité ;

- b) type B — feux rouges à éclats à moyenne intensité ;
- c) type C — feux rouges fixes à moyenne intensité.

15.4.19 Le feu à moyenne intensité de type A est conçu pour être utilisé le jour, au crépuscule et la nuit. Dans ce dernier cas, son intensité est réglée à 10 % de son intensité maximale. Une intensité de 20 000 cd n'est pas nécessaire de nuit pour rendre le feu efficace et ce réglage peut gêner l'exploitation à cause de l'éblouissement qu'il produit ou de restrictions environnementales. De jour et de nuit, ce type de feu peut être utilisé seul pour donner un avertissement. Le feu de type A est installé là où l'exploitation exige qu'un obstacle porte une marque ou un feu quand il n'est pas aisé ni nécessaire d'installer un feu à haute intensité et quand il serait difficile de bien entretenir les marques. Le feu de type A ne peut pas être vu d'aussi loin que les feux à haute intensité, mais des études environnementales peuvent démontrer qu'il n'est pas nécessaire, dans certaines situations, d'installer des feux à haute intensité et que la distance de laquelle les feux à moyenne intensité peuvent être vus est suffisante.

15.4.20 Le feu à moyenne intensité de type B a été expressément mis au point pour être utilisé dans un balisage mixte. Il a la même intensité (2 000 cd) que le feu à moyenne intensité de type A, et que les feux à haute intensité de types A et B au réglage nocturne, mais du fait qu'il émet une lumière rouge, il dissipe les objections à l'utilisation de nuit de feux blancs à éclats, que d'autres systèmes soulèvent. Du fait que sa consommation d'électricité est moyenne et qu'il n'exige aucun réglage d'intensité, le coût d'un feu de type B rend économiquement viable l'utilisation de balisages lumineux mixtes.

15.4.21 Le feu à moyenne intensité de type B est utilisé avec des feux à haute intensité et à faible intensité pour constituer des balisages mixtes qui peuvent répondre à des besoins différents.

15.4.22 Le feu à moyenne intensité de type C est conçu pour être utilisé de nuit, en particulier lorsque, pour des raisons environnementales, des signaux lumineux blancs ou à éclats ne peuvent être employés. Ce type de feu permet de baliser efficacement les obstacles en milieu urbain où de nombreuses lumières et de nombreuses couleurs compliquent l'arrière-plan devant lequel les feux d'obstacle doivent être vus. Les feux rouges de 2 000 cd répondent à ce besoin. Le caractère continu du signal est particulièrement utile dans ce type d'environnement car il permet au pilote de mieux maintenir le contact visuel avec l'obstacle une fois qu'il l'a aperçu.

15.4.23 L'intensité des feux à haute intensité des types A et B est suffisante pour répondre à la plupart des besoins les plus rigoureux des périodes diurnes. Les réglages d'intensité pour le crépuscule et la nuit (luminances de fond respectivement de 50 à 500 cd/m<sup>2</sup> et de moins de 50 cd/m<sup>2</sup>) fournissent des intensités lumineuses de sortie plus basses appropriées. Quand ces types de feux sont retenus, il faut non seulement tenir compte du fait qu'ils doivent fonctionner à hautes intensités mais aussi avoir à l'esprit leur dimension et leur poids. Alors que la couverture horizontale d'autres types de feux est de 360 degrés, le balisage à haute intensité se compose habituellement d'ensembles dont la couverture horizontale est d'environ 120 degrés. Il faut donc installer plusieurs ensembles à chaque position du balisage pour obtenir une couverture de 360 degrés.

## 15.5 EMPLACEMENT DES FEUX

15.5.1 Le balisage lumineux spécifié dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, section 6.2, peut être installé en diverses configurations qui sont nécessaires pour répondre comme il convient à la grande variété des systèmes opérationnels.

15.5.2 La configuration du balisage à utiliser et l'emplacement des feux à l'intérieur de ce balisage doivent faire l'objet d'une mûre réflexion au stade de la conception. Pour que le balisage lumineux des obstacles réponde pleinement aux besoins opérationnels, il est indispensable que sa configuration et les feux qui le composent soient choisis correctement.

15.5.3 Pour les petits obstacles de moins de 45 m de haut, on utilise normalement des feux à faible intensité. Pour les objets plus volumineux et pour ceux qui mesurent plus de 45 m, il est recommandé d'utiliser des feux à moyenne intensité. Pour ceux dont la hauteur dépasse 150 m, les besoins opérationnels sont normalement satisfaits par l'utilisation de feux d'obstacle à haute intensité.

15.5.4 Dans tous les cas, le feu devrait être installé aussi près que possible du point le plus élevé de tout objet quels que soient les autres feux utilisés.

15.5.5 Pour les objets très étendus, comme un groupe de bâtiments, les feux d'obstacle devraient être disposés de façon à signaler les plus importantes pointes et arêtes de l'objet. Lors de la conception de balisages destinés à être utilisés de nuit, il est particulièrement important de veiller à ce que le pilote puisse localiser l'objet et établir son étendue. À cet effet, il est particulièrement utile que le balisage mette bien en évidence les arêtes et les pointes de l'objet.

15.5.6 Tout obstacle devrait faire l'objet d'une étude de conception visant à déterminer la configuration du balisage lumineux qui répondra le mieux à la situation. La conception devrait être conforme aux recommandations de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, section 6.2, qui contient aussi des exemples de balisages lumineux de constructions de grande hauteur, telles que les pylônes et les cheminées qui, dans certains cas, peuvent dépasser 600 m de haut. Il n'est pas rare que certains bâtis d'antennes de télévision mesurent environ 250 m. Les exemples de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, montrent comment le balisage lumineux peut être choisi et réalisé pour répondre à une vaste gamme de situations rencontrées en exploitation.

15.5.7 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-1, décrit en détail l'emplacement d'un balisage lumineux à moyenne intensité. Cette conception peut être adoptée pour les obstacles tels que les pylônes de communication. Si la hauteur du pylône dépasse 150 m, il faudrait envisager d'utiliser des feux à haute intensité. En leur absence, l'obstacle devra être marqué. Les feux de type A à moyenne intensité sont particulièrement utiles sur les bâtis d'antenne qui ne peuvent supporter des objets lourds et dont l'accès n'est pas aisé quand il faut procéder à leur entretien. La conception de ce type de balisage doit être conforme à plusieurs recommandations. Un feu doit être placé au point le plus élevé d'un bâti de hauteur égale ou supérieure à 45 m. Pour tout bâti de plus de 105 m, au moins deux feux sont nécessaires. Les feux sont équidistants et leur écartement ne doit jamais dépasser 105 m. Le feu le plus bas ne doit jamais être installé au-dessus de 105 m.

15.5.8 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-2, illustre un exemple de balisage mixte pour utilisation de nuit seulement. Il se compose de feux à éclats rouges de 2 000 cd qui alternent avec des feux rouges fixes de 32 cd. Les feux à faible intensité sont installés entre les ensembles à moyenne intensité, qui sont espacés conformément aux paramètres de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, § 6.2.3.25. Les feux à éclats rendent cette disposition du balisage très visible mais la fréquence de leurs éclats est faible. Une fois que le pilote a repéré l'obstacle, les feux fixes à basse intensité présentent une configuration continue qui l'aide à continuer d'être conscient de la présence de l'obstacle. L'expérience montre que sans cette caractéristique, il est possible qu'un pilote ne voie l'obstacle que par intermittence en raison de la faible fréquence des éclats des autres feux. La continuité de l'information visuelle est importante et elle ne peut être obtenue uniquement par des feux qui clignotent lentement. De jour, le balisage lumineux d'un obstacle comme celui qui est représenté dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-2, devrait être conforme aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, section 6.2.

15.5.9 Lorsqu'un balisage lumineux à moyenne intensité composé uniquement de feux fixes rouges est nécessaire, les feux devraient être disposés de la manière illustrée dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-3. Leur espacement doit être tel qu'il y en ait assez sur l'obstacle pour que son emplacement et son étendue soient aisément discernables. L'expérience montre que cette configuration fournit au pilote les repères dont il a besoin sans créer de problèmes environnementaux.

15.5.10 Le balisage mixte illustré dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-4, se compose d'une combinaison de feux à moyenne et faible intensités. De jour, les feux de type A à moyenne intensité doivent être allumés. De nuit, les feux de type B à moyenne intensité sont utilisés et il faut les renforcer par des feux de type B à faible intensité.

Dans la pratique, cette configuration se compose, de jour, de feux blancs à éclats de 20 000 cd dont l'espacement ne dépasse pas 105 m et, de nuit, de feux à éclats de 2 000 cd alternant avec des feux rouges fixes de 200 cd dont l'espacement est égal à la moitié de celui qui est utilisé de jour. Cette disposition des feux est donc la même que celle qui est illustrée dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figures A5-1 et A5-2 respectivement pour le balisage de jour et le balisage de nuit. Ce balisage est particulièrement utile pour les objets de moins de 150 m de haut pour lesquels on préfère un balisage composé de feux blancs à éclats de jour et de feux rouges à éclats de nuit.

15.5.11 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-5, illustre un autre balisage lumineux mixte. Il se compose de feux à moyenne intensité de type C (fixes rouges), et constitue un balisage de nuit identique à celui qui est illustré dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-3. Par l'addition de feux à moyenne intensité de type A disposés alternativement sur l'obstacle, on obtient un balisage diurne utilisant des feux blancs à éclats de 20 000 cd. L'utilisation de feux à éclats blancs de jour et celle de feux fixes rouges (de 2 000 cd) de nuit caractérise ce balisage mixte. Cette configuration permet d'utiliser des feux blancs à éclats à moyenne intensité de jour, mais elle est acceptable de nuit aux emplacements auxquels ni les feux blancs ni les feux à éclats ne sont acceptables. Comme dans le cas des autres balisages composés de feux à moyenne intensité de type A, ce balisage est essentiellement destiné à être utilisé sur les obstacles de moins de 150 m de haut.

15.5.12 Lorsque l'avertissement donné par des feux à haute intensité doit provenir de structures de grande hauteur, la conception doit être conforme aux recommandations illustrées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figures A5-6 à A5-8. La section 15.6 ci-après contient des indications plus détaillées sur l'installation de ce type de balisage lumineux alors que l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-6, illustre sa configuration de base. L'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figures A5-7 et A5-8, illustre un balisage lumineux mixte qui peut être utilisé pour baliser le point le plus élevé d'un obstacle quand sa partie supérieure ne se prête pas à l'installation d'ensembles lumineux à haute intensité. On règle ce problème en y installant des feux à moyenne intensité. De nuit, ainsi que le montre l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-7, le balisage se compose d'une combinaison de feux rouges fixes et à éclats ; ce balisage ne comprend aucun feu blanc. Le balisage représenté dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-8, est semblable à celui de la Figure A5-7 mais, de nuit, il se compose uniquement de feux rouges fixes à moyenne intensité. La configuration illustrée dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 5, Figure A5-8 est surtout utilisée quand il faut tenir particulièrement compte de considérations environnementales.

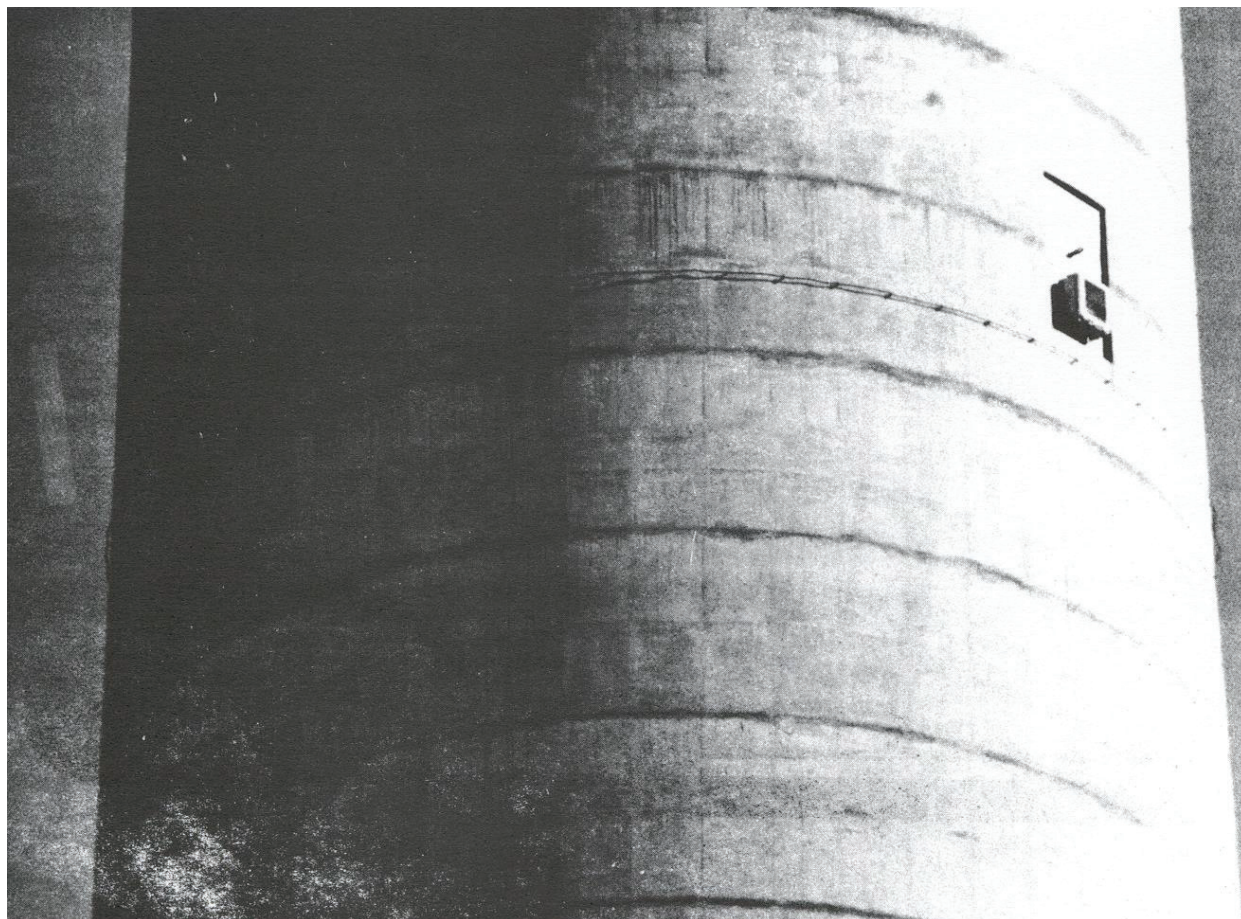
## 15.6 INSTALLATION DE FEUX D'OBSTACLE À HAUTE INTENSITÉ

15.6.1 Les feux d'obstacle blancs à haute intensité sont utilisés pour indiquer la présence de hautes structures, lorsqu'elles s'élèvent à plus de 150 m au-dessus du terrain qui les entoure et qu'une étude aéronautique montre que ces feux sont essentiels pour que la structure puisse être visible de jour. Ces structures de grande hauteur sont notamment les pylônes d'antennes de radio et de télévision, les cheminées et les tours de réfrigération (voir Figures 15-2 et 15-3). Lorsqu'ils servent à baliser ces structures, tous les feux émettent des éclats simultanés. Ils sont aussi utilisés sur les pylônes des lignes à haute tension (voir Figure 15-4). Employés à cet effet, ils émettent des éclats dans un ordre séquentiel codé verticalement qui leur est particulier et qui est utilisé non seulement pour identifier les pylônes et la présence de lignes à haute tension mais aussi pour indiquer aux pilotes qu'ils s'approchent d'un obstacle complexe et non d'un obstacle isolé.

15.6.2 À l'intensité de crête, l'angle du faisceau lumineux doit pouvoir être réglé de zéro à huit degrés au-dessus de l'horizontale. Les feux doivent normalement être installés à un angle de site nul. Si la topographie, les zones résidentielles avoisinantes ou d'autres situations l'exigent, il peut être souhaitable de relever d'un ou de deux degrés le faisceau lumineux des feux les plus bas. Le faisceau lumineux produit par ces feux ne doit pas frapper le sol à moins de 4,8 km de la structure, afin de ne pas gêner les riverains de l'aéroport.

15.6.3 Une ouverture verticale du faisceau relativement étroite est nécessaire pour obtenir son intensité maximale aux altitudes auxquelles il est possible que l'obstacle soit percuté. Le feu devra être le moins visible possible depuis des altitudes supérieures à la hauteur de l'obstacle et depuis le sol.





**Figure 15-2. Feux d'obstacle à haute intensité montés sur une cheminée**

15.6.4 Les feux d'obstacle à éclats blancs à haute intensité placés sur la structure ne devraient pas avoir une intensité efficace de moins de 200 000 cd. Des cellules photoélectriques devraient faire tomber automatiquement cette intensité à 20 000 cd au crépuscule et à 2 000 cd de nuit.

15.6.5 Dans le cas d'une structure — pylône ou antenne — haubanée, au sommet de laquelle il n'est pas possible de monter un feu d'obstacle à haute intensité, un feu devrait être placé le plus haut possible et un feu d'obstacle blanc à moyenne intensité devrait être installé au sommet. Ce feu à moyenne intensité devrait émettre des éclats à l'unisson avec les feux à haute intensité installés sur la structure. De jour, le feu blanc à moyenne intensité sert principalement à signaler le sommet de la structure une fois que le pilote a aperçu les feux d'obstacle à haute intensité.

15.6.6 Les structures complexes qui soutiennent des lignes à haute tension doivent être dotées d'un balisage lumineux vertical qui émet des éclats séquentiels dans un ordre particulier dont l'objet est d'avertir comme il convient le pilote de la présence des pylônes et des câbles suspendus entre eux. Les marques peintes et les feux rouges à moyenne intensité qui balisent ces structures ne donnent aucune indication de la présence des lignes à haute tension. C'est pourquoi il est recommandé dans ce cas d'installer un balisage lumineux à haute intensité. Il est recommandé aussi que les éclats des feux de ces structures soient synchronisés.

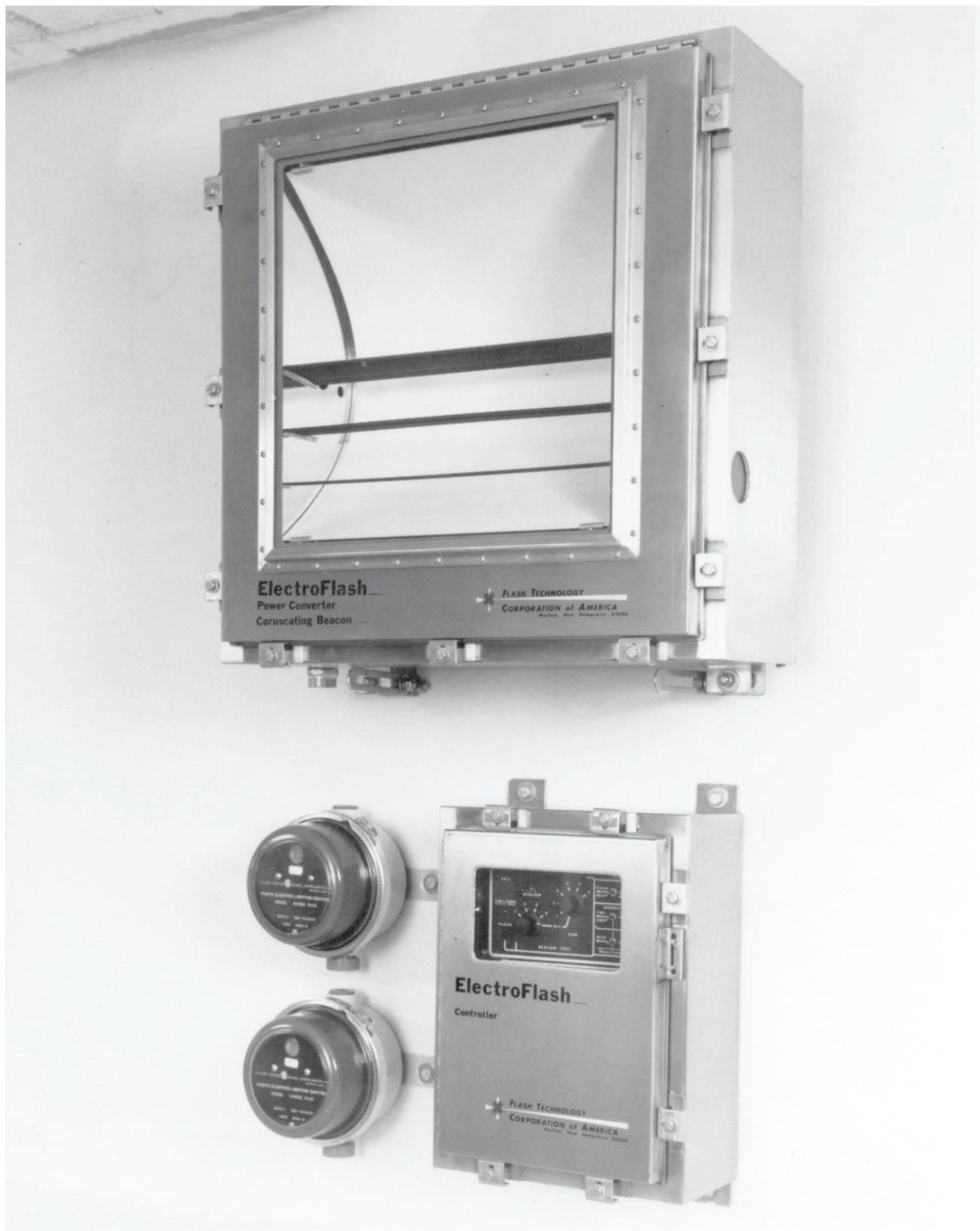
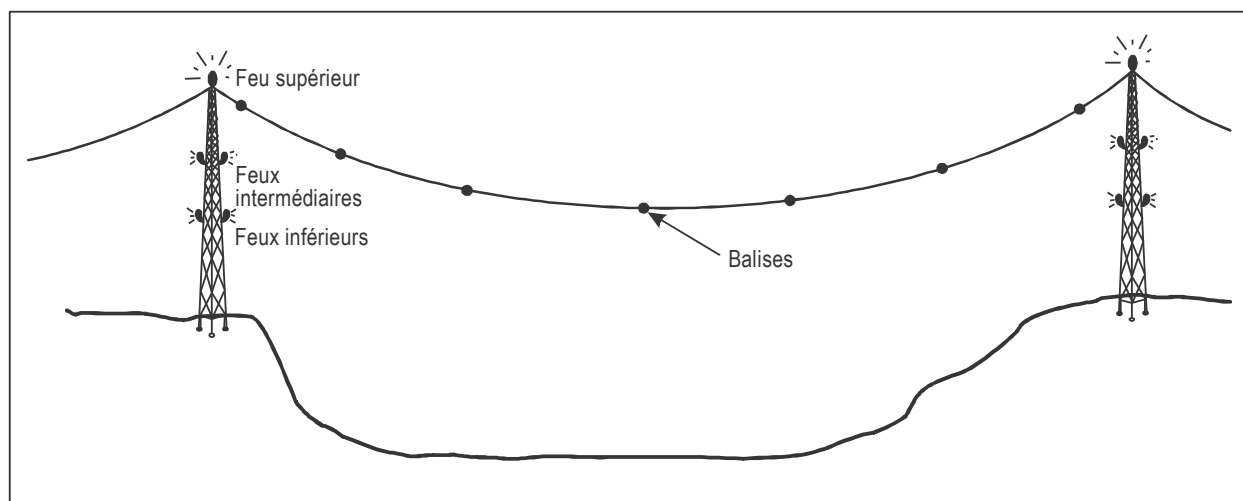


Figure 15-3. Modèle de feu d'obstacle à haute intensité



**Figure 15-4. Emplacement des feux d'obstacle à haute intensité sur des pylônes soutenant des câbles aériens**

15.6.7 Des feux d'obstacle à haute intensité situés sur un pylône soutenant des câbles aériens devraient avoir une intensité efficace de jour d'au moins 100 000 cd. Des cellules photoélectriques devraient faire tomber automatiquement cette intensité à 20 000 cd au crépuscule et à 2 000 cd de nuit.

15.6.8 Quelle que soit leur hauteur, les structures soutenant des câbles aériens doivent être balisées par des feux situés à trois niveaux. Le feu supérieur devrait être placé au sommet du pylône. Sa hauteur effective peut être modifiée pour permettre d'y accéder sans danger en vue de l'entretien. Le feu le plus bas devrait être placé au niveau du point le plus bas de la caténaire du câble entre les deux pylônes. Si la base du pylône est à un niveau plus élevé que le point le plus bas de la chaînette, le feu le plus bas devrait être installé sur le terrain adjacent de manière à pouvoir être vu de tous les azimuts. Le feu intermédiaire devrait être placé à mi-distance entre le feu supérieur et le feu inférieur (voir Figure 15-4).

15.6.9 Le nombre de feux nécessaires à chaque niveau dépend du diamètre extérieur de la structure qui est balisée. Le nombre de ces feux recommandé pour obtenir une bonne couverture est le suivant :

<i>Diamètre</i>	<i>Nombre de feux par niveau</i>
6 m ou moins	3
de 6 à 30 m	4
de 30 à 60 m	6
plus de 60 m	8

15.6.10 Les éclats séquentiels devraient être émis dans l'ordre suivant : d'abord le feu intermédiaire, puis le feu supérieur et enfin le feu inférieur. La durée de l'intervalle entre l'éclat du feu supérieur et celui du feu inférieur devrait être approximativement égale au double de la durée de l'intervalle entre l'éclat du feu intermédiaire et l'éclat du feu supérieur. La durée de l'intervalle entre la fin d'une séquence et le début de la suivante devrait être égale à environ dix fois la durée de l'intervalle entre l'éclat du feu intermédiaire et l'éclat du feu supérieur.

15.6.11 Deux ou plusieurs feux devraient être installés à chaque étage et orientés dans un plan horizontal de manière à fournir une couverture à 180 degrés axée sur la ligne de transport à haute tension. Lorsque la traversée d'une chaînette de câble est située près de la boucle d'un fleuve, etc., les feux devraient être orientés de manière à fournir la couverture



la plus efficace possible pour que les pilotes approchant de l'une ou l'autre direction puissent être avertis de la présence d'une ligne à haute tension.

15.6.12 Les feux d'obstacle à haute intensité nécessitent une alimentation d'environ 200 W par feu. Le calibre du câble d'amenée en haut de la structure devrait être fondé sur une valeur moyenne de 400 V/A par feu. S'il faut utiliser des transformateurs, ceux-ci devraient être conçus pour 600 V/A afin d'éviter la saturation du noyau pendant les périodes de demande de pointe. Les feux d'obstacle à haute intensité fonctionnent généralement sous 240 ou 480 V en alternatif pour réduire le plus possible les dimensions des câbles et des gaines, mais on peut utiliser également des tensions de 120 V minimum en alternatif. Il existe des systèmes à 50 Hz et d'autres à 60 Hz.

15.6.13 Les lignes à haute tension présentent un danger important pour des aéronefs volant à basse altitude. Les portées sont souvent très longues. Il arrive quelquefois que les câbles traversent une gorge ou une rivière sans appuis intermédiaires, ce qui rend inefficace le balisage des pylônes par des feux à basse ou moyenne intensité. En pareil cas, des feux peuvent être installés sur les câbles eux-mêmes.

15.6.14 On éprouve toutefois de sérieuses difficultés pour disposer sur les câbles les feux d'obstacle à basse intensité. En effet, si la tension du courant est très élevée, il est extrêmement difficile de l'utiliser directement pour alimenter des lampes classiques, en raison des problèmes d'isolation et de transformation de tension qui se posent alors. D'autre part, si l'on voulait fournir une source de courant à basse tension (110 ou 220 V) pour alimenter ces lampes, le coût serait considérable. Le dispositif décrit ci-dessous a été conçu pour résoudre ces difficultés et faciliter l'installation de feux d'obstacle conformes aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 6, section 6.2, concernant ces câbles à haute tension. Le système comporte :

- a) une source lumineuse ;
- b) un conducteur auxiliaire permettant d'obtenir l'énergie électrique nécessaire.

15.6.15 La source lumineuse consiste en une lampe à décharge dans une atmosphère de néon à basse pression produisant directement une lumière rouge. La lampe a une durée de vie de plusieurs dizaines de milliers d'heures. Le principe de prélèvement d'énergie implique une source électrique à basse intensité et à forte tension ; la lampe est constituée d'un long tube de verre de faible diamètre, avec un enroulement spiralé et deux électrodes froides. L'ensemble est logé à l'intérieur d'un manchon protecteur en verre type pyrex d'un diamètre approximatif de 50 mm. Les extrémités du tube protecteur sont scellées hermétiquement avec des bouchons métalliques, ce qui permet de remplir l'intérieur d'un liquide spécial pour éliminer les parasites radio. La lampe proprement dite est suspendue par des fixations élastiques, d'un côté à la ligne active et, de l'autre, au conducteur auxiliaire.

15.6.16 Le conducteur auxiliaire est une section de fil conducteur métallique qui est isolée de la ligne principale et sert à produire par effet capacitif l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement de la lampe. La géométrie du conducteur auxiliaire dépend de la ligne active et de sa tension électrique. Ce conducteur est constitué par des tubes de 4 m de long en aluminium de haute pureté ; leur nombre et leur configuration sont déterminés par les conditions d'exploitation. La longueur du conducteur est inversement proportionnelle à la tension de la ligne principale. La suspension du conducteur auxiliaire est réalisée au moyen d'isolateurs en verre à forte résistance mécanique et de mâchoires en aluminium pour éviter tout problème de couplage électrique avec les câbles. Les mâchoires sont prévues pour le diamètre exact des câbles électriques. La plage des diamètres s'étend de 16 à 34 mm. La tension de fonctionnement de la lampe ainsi obtenue atteint plusieurs milliers de volts.

15.6.17 Le système est représenté à la Figure 15-5. Pour différentes tensions, il y a deux configurations qui simplifient le montage et évitent les perturbations supplémentaires des fréquences radioélectriques autres que celles qui sont émises naturellement par les câbles à haute tension. Ainsi, le but fixé, qui est de baliser les câbles à haute tension eux-mêmes avec des feux à basse intensité, est atteint avec sécurité.

### 15.7 SURVEILLANCE ET ENTRETIEN

15.7.1 Le fonctionnement des feux d'obstacle à haute intensité devrait être vérifié soit visuellement toutes les 24 heures, soit en permanence à l'aide d'un système de surveillance automatique.

15.7.2 Tous les éléments d'un ensemble lumineux à décharge, y compris la source lumineuse, doivent être faciles à entretenir et doivent fournir les performances spécifiées pendant au moins un an sans entretien.

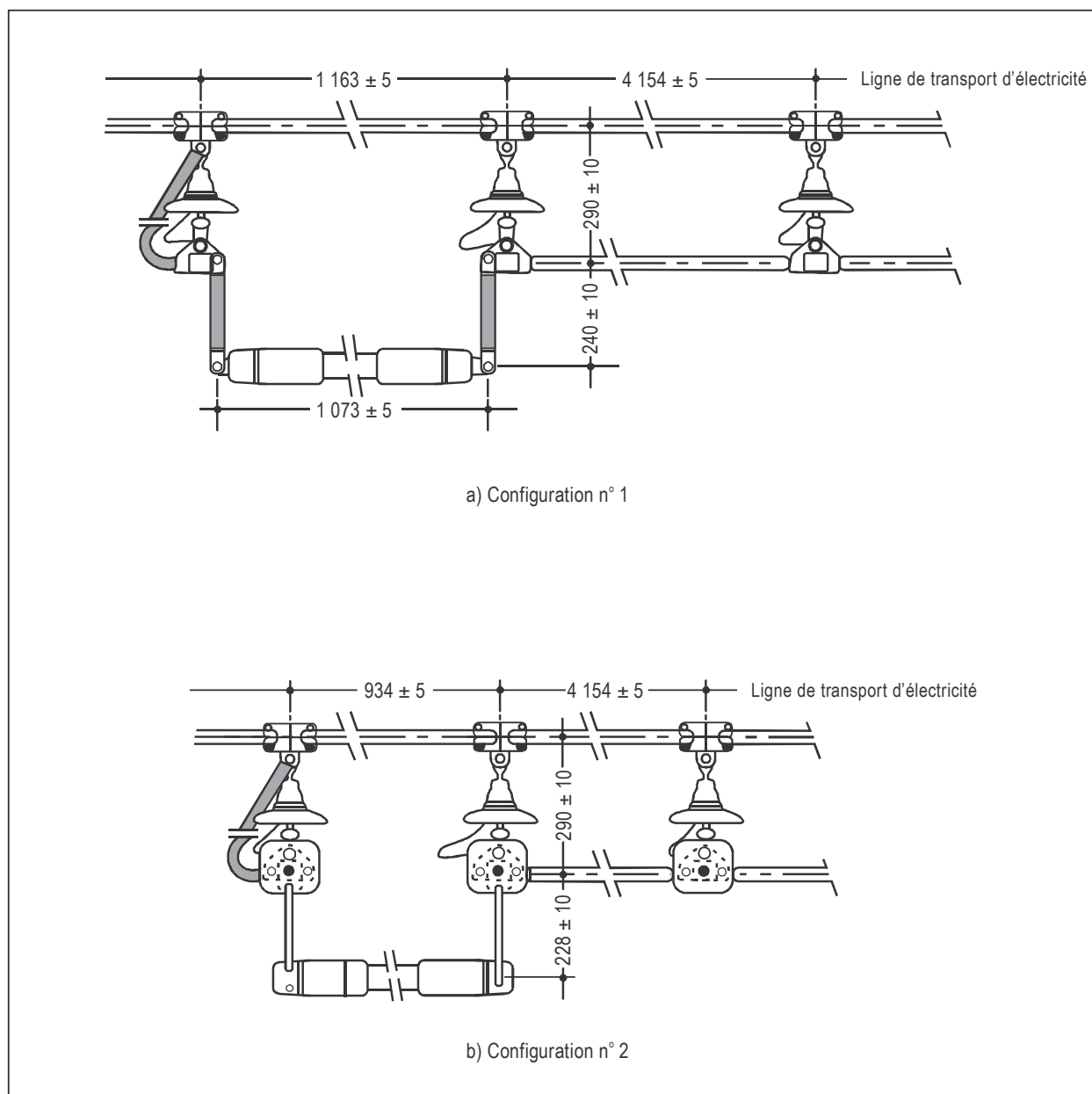


Figure 15-5. Installation de feux d'obstacle sur des câbles à haute tension

## 15.8 SYSTÈME AUTONOME DE DÉTECTION DES AÉRONEFS

15.8.1 Lorsqu'il faut réduire l'exposition des résidents locaux à la lumière des balisages lumineux d'obstacles, on peut installer un système autonome de détection des aéronefs qui allume les balisages seulement lorsqu'ils sont nécessaires pour un aéronef en approche. Certains États utilisent des systèmes à capteurs qui allument les balisages lorsqu'un aéronef en approche entre dans une zone de détection prédéterminée et qui les éteignent lorsque l'aéronef a quitté la zone de détection ou au bout d'un certain temps après la fin de la détection de l'aéronef.

15.8.2 L'avantage d'un tel système de détection est que les résidents sont exposés à la lumière seulement lorsque les balisages répondent à un réel besoin des aéronefs. Lors de la conception du système, il faut tenir compte de ce qui suit :

- a) le système doit être autonome ;
- b) le système doit être capable de détecter un aéronef avant qu'il n'entre dans le volume d'espace aérien ou la zone de couverture entourant l'obstacle (ou le groupe d'obstacles) ;
- c) le système doit être capable de détecter un aéronef avant un moment ou une distance spécifiés suffisants permettant au pilote de reconnaître l'activation du balisage et d'amorcer un virage qui lui fera éviter le ou les objets en respectant la distance de séparation horizontale requise ;
- d) en cas de défaillance, le système doit être capable d'allumer les balisages ;
- e) s'il est basé sur transpondeur, le système ne doit être utilisé que si tous les aéronefs concernés situés dans le volume d'espace aérien ou la zone de couverture entourant l'obstacle ou le groupe d'obstacles sont équipés d'un transpondeur.

*Note.— Si un système autonome de détection des aéronefs est utilisé pour allumer et éteindre des balisages lumineux d'obstacles, les pilotes concernés doivent en être informés par un moyen approprié [publication d'information aéronautique (AIP), cartes VFR, etc.].*



## Chapitre 16

# FRANGIBILITÉ DES AIDES VISUELLES

### 16.1 LA FRANGIBILITÉ

16.1.1 Un objet frangible est défini comme étant un objet de faible masse conçu de manière à se briser, à se déformer ou à céder s'il est percuté, de manière à présenter le risque minimal pour les aéronefs.

16.1.2 Diverses aides de navigation visuelles et non visuelles sont installées près des pistes, des voies de circulation et des aires de trafic où elles peuvent présenter un risque pour les aéronefs en cas de choc accidentel pendant l'atterrissage, le décollage ou les manœuvres à la surface. Toutes ces aides et leurs supports doivent être frangibles et montés le plus bas possible pour assurer que le choc ne provoquera pas une perte de maîtrise de l'aéronef. Cette frangibilité est obtenue par l'utilisation de matériaux légers et de mécanismes de rupture ou de défaillance tels que s'il est percuté l'objet se brisera, se déformera ou cédera.

### 16.2 OBSTACLES QUI DOIVENT ÊTRE FRANGIBLES

16.2.1 Tous les objets fixes, ou leurs éléments, situés sur des aires de mouvement des aéronefs ou qui font saillie au-dessus du sol, conçus pour protéger les aéronefs en vol sont par définition des obstacles. Il faut donc avant tout implanter ces objets de manière qu'ils ne constituent pas des obstacles à proprement parler. Or, en raison de leur fonction, certains matériels et certaines installations aéroportuaires doivent inévitablement être situés d'une manière qui en fait des obstacles. Tous ces matériels et installations et tous leurs supports doivent être aussi légers que possible et ils doivent être frangibles afin de ne pas provoquer une perte de maîtrise de l'aéronef s'ils sont percutés.

16.2.2 L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 9, prescrit dans une norme que, sur les surfaces ci-après, tout matériel ou toute installation nécessaire pour les besoins de la navigation aérienne doit être frangible :

- a) sur la portion d'une bande de piste qui s'étend à moins de :
  - 1) 75 m de l'axe de la piste lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ; ou
  - 2) 45 m de l'axe de la piste lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 ;
- b) sur une aire de sécurité d'extrémité de piste ;
- c) sur un prolongement dégagé ;
- d) sur une bande de voie de circulation (ou à l'intérieur des distances spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 3, Tableau 3-1, colonne 11) ;

e) à moins de 240 m de l'extrémité de la bande et à moins de :

- 1) 60 m du prolongement de l'axe lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ; ou
- 2) 45 m du prolongement de l'axe lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 dans le cas d'une piste avec approche de précision de catégorie I, II ou III.

16.2.3 Il est de plus recommandé dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 8, que tout matériel ou toute installation nécessaire pour les besoins de la navigation aérienne qui doit être situé dans la portion non nivelée d'une bande de piste doit être considéré comme constituant un obstacle et devrait être frangible et monté aussi bas que possible.

16.2.4 Le matériel ou les installations de navigation aérienne devraient être fragibles non seulement dans les zones décrites ci-dessus mais aussi lorsqu'ils font saillie au-dessus des surfaces de limitation d'obstacles spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 4.

16.2.5 Des éléments indicatifs sur la frangibilité des aides visuelles et non visuelles utilisées dans la navigation, notamment sur leurs critères de conception, méthodes d'essai et critères d'acceptation, figurent dans le *Manuel de conception des aérodromes* (Doc 9157), Partie 6.

### 16.3 AIDES VISUELLES

#### Généralités

16.3.1 Les aides visuelles qui, en raison de leur fonction particulière dans la navigation aérienne, doivent inévitablement être situées dans une des zones décrites ci-dessus ou faire saillie au-dessus des surfaces de limitation d'obstacles sont notamment les suivantes : feux hors sol de piste, de voie de circulation et de prolongement d'arrêt, balisages lumineux d'approche, indicateurs visuels de pente d'approche, panneaux et balises.

#### **Feux hors sol de piste, de seuil, d'extrémité de piste, de prolongement d'arrêt et de voie de circulation**

16.3.2 La hauteur de ces feux devrait être telle qu'elle laisse une garde suffisante aux hélices et aux fuseaux réacteurs. Étant donné le fléchissement de la voilure et la compression des amortisseurs sous des charges dynamiques, les fuseaux réacteurs de certains avions peuvent parfois se trouver presque au ras du sol. On ne peut tolérer que des feux de faible hauteur et une hauteur maximale de 36 cm est recommandée.

16.3.3 Ces aides devraient être dotées de montures fragibles. La hauteur maximale souhaitable des feux et des montures fragibles est indiquée ci-dessus. Les feux dont la hauteur totale dépasse la valeur indiquée devraient avoir des caractéristiques de rupture supérieures, mais la frangibilité devrait être telle que l'aéronef qui viendrait à heurter un feu subisse un minimum de dommages.

16.3.4 En outre, tous les feux hors sol installés sur les pistes dont le chiffre de code est 3 ou 4 devraient pouvoir résister à un souffle d'échappement des réacteurs de 300 kt, tandis que, pour ceux qui sont installés sur les pistes dont le chiffre de code est 1 ou 2, il suffirait de pouvoir supporter un souffle de 200 kt. Les feux hors sol de voie de circulation devraient pouvoir résister à un souffle de 200 kt.

### Feux d'approche

16.3.5 Il est plus difficile d'élaborer des éléments indicatifs sur la frangibilité des feux d'approche parce que ces feux présentent une plus grande diversité en ce qui concerne leur installation. Au voisinage des feux installés près du seuil, la situation n'est pas la même qu'au voisinage des feux placés au début du dispositif ; par exemple, les feux placés à l'intérieur d'une distance de 90 m du seuil ou de l'extrémité de piste devraient nécessairement résister à un souffle de 200 kt, tandis que les autres feux n'auraient besoin de résister qu'à un souffle de 100 kt ou au vent local. De même, on peut généralement admettre que le terrain au voisinage du seuil sera sensiblement à la même hauteur que le seuil, ce qui permet d'installer les feux sur des montures basses. Lorsqu'on s'éloigne du seuil, des supports d'une certaine hauteur peuvent être nécessaires.

16.3.6 L'Annexe 14, Volume I, contient une norme selon laquelle les feux d'approche en saillie et leurs supports doivent être frangibles à ceci près que dans la portion du balisage lumineux d'approche située au-delà de 300 m du seuil :

- a) lorsque la hauteur du support excède 12 m, seuls les 12 derniers mètres doivent être frangibles ;
- b) lorsque le support est entouré d'objets non frangibles, seule sa partie qui excède la hauteur de ces objets doit être frangible.

16.3.7 Les feux d'approche en saillie et leurs supports doivent être conçus de manière à résister à des charges statiques et à des charges d'exploitation/de survie dues au vent avec une sécurité suffisante, mais à se briser, à se déformer ou à céder aisément lorsqu'ils sont soumis à l'impact soudain d'un aéronef de 3 000 kg volant à 140 km/h (75 kt). Le support ne devra pas s'enrouler autour de l'aéronef mais s'effriter ou s'effondrer sous l'effet du choc.

16.3.8 La frangibilité des feux devrait être confirmée par des essais complets ou par une évaluation informatique utilisant un code de logiciel approprié pour l'analyse structurelle.

16.3.9 Lorsqu'il est nécessaire d'installer des feux d'approche sur des prolongements d'arrêt, ces feux devraient être encastrés dans la surface si le prolongement d'arrêt a un revêtement. Dans le cas contraire, ils devraient être encastrés ou hors sol (dans ce dernier cas, ils devraient répondre aux critères de frangibilité convenus pour les feux installés au-delà de l'extrémité de piste).

### Autres aides

16.3.10 Ces aides, par exemple le PAPI, le T-VASIS, les panneaux de signalisation et les balises, devraient être aussi légères que possible et placées aussi loin des bords de piste, des voies de circulation et des aires de trafic que le permet leur fonction. Il y aura lieu de veiller à ce que ces aides conservent leur intégrité structurale lorsqu'elles seront soumises aux conditions environnementales les plus rigoureuses. Cependant, si elles sont soumises à un impact d'aéronef dépassant les conditions ci-dessus, ces aides devraient se rompre ou se déformer de manière à ne causer, tout au plus, que des dommages minimes à l'aéronef.

16.3.11 Lorsqu'on installe des aides visuelles sur l'aire de mouvement, il y a lieu de veiller à ce que la base de la monture du feu ne dépasse pas le niveau du sol, mais au contraire se termine au-dessous du sol si les conditions locales l'exigent, afin de ne causer, tout au plus, que des dommages minimes aux aéronefs qui rouleraient dessus. Cependant, le mécanisme de rupture devrait toujours être au-dessus du niveau du sol.





## Chapitre 17

# UTILISATION DES BALISAGES LUMINEUX D'APPROCHE ET DE PISTE

### 17.1 GÉNÉRALITÉS

17.1.1 La plupart des normes et pratiques recommandées relatives au balisage lumineux d'approche et de piste qui figurent dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, ont été adoptées pour promouvoir l'exploitation sûre et régulière des aéronefs qui atterrissent dans toutes les conditions météorologiques. Les besoins de l'exploitation relatifs aux repères de décollage et d'atterrissage ont été définis sur la base de la mise en œuvre de ces balisages.

17.1.2 Au cours des années 1940 et 1950, les principes de conception des configurations des balisages d'approche et de piste utilisés de nos jours ont été le fruit de recherches et d'un programme de mise au point et d'évaluation progressif dans des conditions réelles d'exploitation. La conception des balisages lumineux repose essentiellement sur le principe qu'ils doivent permettre aux pilotes volant de nuit ou par faible visibilité de maîtriser leur aéronef de la même façon que par temps clair, de jour.

### 17.2 CONCEPTION DES BALISAGES LUMINEUX

17.2.1 Les balisages lumineux d'approche et de piste donnent aux pilotes des indications sous la forme de feux configurés d'une manière normalisée aisément reconnaissable. Certains éléments du balisage sont de couleur pour renforcer ces indications, mais la conception vise surtout à présenter au pilote des configurations de balisage qu'il puisse interpréter instinctivement.

17.2.2 La couverture et la sensibilité des repères fournis sont adaptées avec soin à l'exploitation pour laquelle le balisage est conçu.

17.2.3 Les caractéristiques du faisceau des feux de chaque configuration constituent donc un paramètre essentiel de la conception. Les feux à haute intensité sont destinés à l'exploitation de jour par faible visibilité. Dans tous les autres cas, un balisage à moyenne ou faible intensité répond aux besoins de l'exploitation. Dans la pratique, le balisage lumineux spécifié pour une piste donnée doit être compatible avec les conditions les plus astreignantes de son utilisation. Avant d'installer un balisage lumineux à haute intensité, le concepteur et l'exploitant de l'aérodrome doivent s'assurer qu'un tel niveau d'intensité est nécessaire. Par exemple, l'exploitation VFR de nuit exige seulement un balisage lumineux à faible ou moyenne intensité. Le balisage lumineux d'approche peut souvent être assuré au moyen de la configuration abrégée spécifiée dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, c'est-à-dire par un dispositif lumineux d'approche simplifié.

17.2.4 Le balisage lumineux à haute intensité exige la possibilité de régler la brillance par paliers pour que l'éclat des feux soit constamment adapté aux conditions de l'exploitation du moment (voir Chapitre 5). Des intensités trop élevées causent des problèmes d'éblouissement. S'il peut être démontré que seul un balisage lumineux à faible intensité est nécessaire pour appuyer toutes les opérations prévues sur une piste particulière, il faudrait toujours évaluer avec soin les avantages économiques qui résulteraient de la simplification des moyens de commande et des boîtiers des feux ainsi que de la réduction de la consommation d'électricité. Cette évaluation devrait être effectuée au stade de la conception de tout balisage lumineux d'approche et de piste.

17.2.5 Des balisages lumineux d'approche et de piste de plus en plus complexes sont prescrits à l'appui des atterrissages classiques et à vue et des atterrissages de précision des catégories I, II et III. Les parties extrêmes des balisages lumineux d'approche à haute intensité ne sont essentielles que pour les approches de catégorie I. Pendant pareilles approches, l'avion se trouve à au moins 900 m du seuil quand il atteint la DH. Dans cette situation, la distance qui sépare l'avion du feu le plus éloigné qui peut être aperçu n'est généralement pas très grande. Dans les conditions de visibilité associées aux approches classiques et à vue, seul un balisage lumineux d'approche relativement court suffit. Dans ces conditions, le pilote aperçoit normalement le balisage lumineux d'approche quand il perce la base des nuages. Il l'aperçoit d'assez loin, et non immédiatement au-dessus de la ligne d'occultation du poste de pilotage comme c'est le cas par faible visibilité. Le balisage lumineux d'approche est une aide importante pour le pilote qui doit établir l'emplacement et l'orientation relative de la piste et de son axe d'approche et pour faciliter toute autre manœuvre nécessaire pour corriger la trajectoire de l'avion.

17.2.6 Pour le décollage, il peut être nécessaire que le balisage lumineux installé ait un rendement supérieur à celui que l'on pourrait déduire des besoins concernant l'approche. Par exemple, une piste non dotée d'aides de guidage non visuelles et comportant donc uniquement un dispositif lumineux d'approche simplifié exigera tout de même l'installation d'un balisage lumineux de piste conforme aux spécifications plus strictes si, comme cela est possible, les décollages doivent être effectués de cette piste par faible RVR.

### **17.3 BALISAGE LUMINEUX DES PISTES À VUE ET DES PISTES AVEC APPROCHE CLASSIQUE**

#### **Dispositifs lumineux d'approche simplifiés**

17.3.1 Les spécifications de ces dispositifs figurent dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.4 et Supplément A, Figure A-7. Le dispositif se compose d'une rangée de feux disposée dans le prolongement de l'axe de piste et s'étendant si possible sur une distance de 420 m en aval du seuil et d'une barre transversale de feux qui fournit des repères d'inclinaison angulaire à 300 m du seuil. Cette disposition des feux est destinée à prendre en charge les approches classiques, bien qu'il soit conseillé d'envisager d'installer des balisages lumineux d'approche de précision de catégorie I pour ce type de mouvement, si l'on souhaite améliorer le guidage et faciliter la tâche du pilote.

17.3.2 Il est admis qu'il peut être justifié à certains emplacements d'abrèger la longueur de ce type de balisage pour tenir compte de conditions particulières. Cela peut par exemple être nécessaire lorsque, dans la zone d'approche finale, le terrain s'abaisse brusquement avant le seuil de piste. Cette possibilité est décrite en détail dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.4.5.

17.3.3 Il existe aussi des situations dans lesquelles il est pratiquement impossible d'installer le moindre balisage lumineux d'approche. Dans ces cas, les opérations à vue seront limitées de jour et de nuit aux périodes de bonne visibilité. Elles ne pourront être effectuées que s'il peut être démontré que, dans ces circonstances, les feux de bord, de seuil et d'extrémité de piste, ou d'autres aides visuelles, fournissent un guidage suffisant.

17.3.4 Il est recommandé d'installer aussi, là où c'est possible, un dispositif lumineux d'approche simplifié à l'appui des opérations à vue effectuées de nuit par bonnes conditions de visibilité si le numéro de code est 3 ou 4.

17.3.5 S'il faut rendre le balisage lumineux plus visible pour aider le pilote à repérer la piste et à s'aligner sur elle, ou s'il est difficilement possible d'installer un quelconque dispositif lumineux d'approche, il est recommandé d'installer des feux à éclats d'identification de seuil de piste (voir Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.8).

### Balisage lumineux de piste

17.3.6 Lorsqu'il est envisagé qu'une piste sera utilisée de nuit, il faudrait installer un balisage lumineux de bord de piste et des feux de seuil et d'extrémité de piste. L'utilisation d'un balisage lumineux omnidirectionnel à basse intensité constitue le moyen le plus pratique de répondre à tous les besoins, et permet notamment d'assurer que les feux seront visibles sous tous les angles d'azimut pour faciliter les approches indirectes.

## 17.4 DISPOSITIFS LUMINEUX D'APPROCHE DE PRÉCISION DE CATÉGORIES I, II ET III

### Balisage lumineux d'approche à haute intensité

17.4.1 Les spécifications concernant ce balisage lumineux figurent dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.4.10 à 5.3.4.39 et Supplément A, Figure A-8. Les paragraphes appropriés décrivent comment le balisage lumineux de base doit être installé pour appuyer les approches de précision de catégorie I. La longueur du système, 900 m, fournit les repères d'alignement et d'inclinaison angulaire dans les conditions les plus défavorables de catégorie I, c'est-à-dire hauteur de décision de 60 m (200 ft) et RVR de 550 m.

17.4.2 Les balisages lumineux représentés dans l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, Figure A-8, fournissent tous deux les repères requis pour l'exploitation de catégorie I. Le dispositif A comprend expressément un code de distance et fournit d'excellents repères d'inclinaison latérale qui peuvent être bénéfiques quand le balisage lumineux d'approche à vue amène l'avion aux limites d'écart autorisées pour ce type d'approche, ou près de ces limites. Le dispositif B peut dans certains cas être plus aisé à installer parce que les éléments de sa barre transversale sont plus courts. Il est recommandé de compléter cette configuration par des feux à éclats successifs qui rendent l'axe de piste plus visible, ainsi que l'illustre l'Annexe 14, Volume I, Supplément A, Figure A-8.

17.4.3 Il est apparu que les feux à éclats successifs sont particulièrement utiles lorsque le balisage lumineux est utilisé en conditions de visibilité moyenne ou bonne car, dans ces circonstances, les caractéristiques du signal rendent le dispositif lumineux d'approche plus visible. Cette caractéristique est particulièrement évidente de jour, lorsque la visibilité météorologique est telle que le contraste entre le sol et quelques objets ou d'autres traits visibles du relief est faible. De nuit, les feux à éclats peuvent être particulièrement utiles pour repérer la position de la piste dans un environnement urbain très dense comportant de nombreux feux non aéronautiques que le pilote peut voir.

17.4.4 Les spécifications du diagramme isocandela de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-1, sont utilisées pour tous les feux fixes du dispositif lumineux d'approche à haute intensité. Les angles de calage en site devraient toujours être conformes au tableau de cette figure. Ces angles sont compris entre 5,5 degrés près du seuil de piste et 8 degrés dans les parties les plus éloignées du balisage. Ces angles doivent être respectés en tout temps parce qu'ils constituent un élément essentiel de la conception optimale du dispositif. Ils assurent que la partie du balisage lumineux que le pilote peut voir est aussi longue et aussi constante que possible dans toutes les conditions. Il est possible de détecter les erreurs d'alignement ne dépassant pas 1 degré et quand ces écarts sont plus marqués, le balisage qui peut être visible par faible visibilité peut être incomplet.

### Dispositif lumineux d'approche à haute intensité supplémentaire

17.4.5 Lorsque le dispositif lumineux d'approche est mis en place à l'appui de l'exploitation de catégories II et III, les configurations de base sont complétées par des feux supplémentaires installés dans la zone comprise entre le seuil de piste et la barre transversale du balisage lumineux d'approche installée à 300 m.

17.4.6 L'effet pratique de ces besoins supplémentaires est que le dispositif lumineux des 300 m en amont du seuil est le même dans les deux configurations (dispositif A ou B). La ligne axiale de cette section du dispositif lumineux d'approche se compose de barrettes blanches. Des barrettes rouges sont installées de part et d'autre de cette ligne.

17.4.7 Les barrettes rouges supplémentaires fournissent deux repères importants. Leur position latérale donne une indication des limites de l'écart admissible pour qu'une approche de catégorie II puisse être poursuivie jusqu'à l'atterrissage. Le deuxième repère est donné par la position longitudinale des barrettes rouges. Lorsque le pilote les aperçoit, il sait que son avion se trouve à 300 m ou moins de la piste. Ces deux repères sont importants, en particulier pour faciliter la décision relative à l'approche et à l'atterrissage de catégorie II, parce que le pilote n'a plus assez de temps pour évaluer la position de l'avion une fois que le contact visuel avec le balisage lumineux a été établi.

17.4.8 Il convient de noter que dans le dispositif B utilisé en conditions de catégories II et III, aucun feu à éclats n'est installé sur les 300 m intérieurs du balisage lumineux axial. Cela assure que les 300 m intérieurs des dispositifs A et B, destinés à être utilisés dans ces deux types d'exploitation, sont identiques.

### **Dispositif lumineux de piste à haute intensité**

17.4.9 Les spécifications relatives au dispositif lumineux de piste à haute intensité figurent dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.9 à 5.3.11 et Appendice 2, Figures A2-3, A2-4 et A2-8 à A2-10. Ce dispositif comprend trois systèmes : un balisage lumineux de bord de piste, un balisage lumineux de seuil de piste comportant des barres de flanc et un balisage d'extrémité de piste. Comme dans le cas du balisage lumineux destiné à être utilisé pour les approches classiques et à vue, celui-ci est utilisé pour définir les limites de la piste. Les feux de bord de piste émettent une lumière blanche, les feux de seuil en émettent une verte et les feux d'extrémité sont rouges. Les hautes intensités spécifiées sont nécessaires pour que le pilote puisse voir comme il convient les dimensions de la piste pendant l'approche finale, l'arrondi et le roulement au sol. Pour le bon fonctionnement du dispositif, il est crucial que le faisceau et les angles de calage soient constamment corrects.

17.4.10 L'intensité des feux de seuil de piste et des feux d'extrémité de piste devrait être la même que celle des feux de bord de piste. Une atténuation d'environ 80 % de la lumière émise est obtenue au moyen d'un filtre qui permet d'obtenir la couleur de ces feux qui est nécessaire. Il n'est donc pas acceptable d'utiliser les mêmes montures pour les feux de bord, de seuil et d'extrémité de piste. Il existe des montures conçues spécialement pour servir de feux de seuil et d'extrémité de piste et elles doivent toujours être utilisées. Il est particulièrement important que l'intensité spécifiée soit respectée par faible visibilité quand, par exemple, l'emplacement des barres de flanc vertes du seuil constitue un repère important pour les pilotes. Ce repère indique que l'avion a atteint la piste sur laquelle l'atterrissage doit être effectué.

### **Dispositif lumineux de piste à haute intensité supplémentaire**

17.4.11 Ce balisage lumineux de piste supplémentaire est spécifié pour les atterrissages lorsque la RVR est inférieure à 550 m, et pour les décollages lorsqu'elle est inférieure à 400 m. Les spécifications concernant ses feux figurent dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.12 et 5.3.13, et dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-5 à A2-7. Ce dispositif lumineux se compose de deux systèmes : feux d'axe de piste et feux de zone de toucher des roues.

17.4.12 Les feux d'axe de piste fournissent au pilote un guidage latéral pendant l'arrondi et le roulement au sol à l'atterrissage ou durant un décollage. Dans les circonstances normales, un pilote peut maintenir l'avion à environ 1 à 2 m de l'axe de la piste grâce aux repères que lui fournissent ces feux. Les renseignements de guidage fournis par l'axe de piste sont plus sensibles que ceux que le pilote obtient en évaluant l'asymétrie qui existe entre les balisages lumineux de bord de piste. Par faible visibilité, les feux d'axe de piste constituent le meilleur moyen de mettre à la disposition du pilote un segment de balisage satisfaisant qu'il puisse utiliser. Le fait qu'il se trouve plus loin des feux de bord de piste et qu'il doit regarder immédiatement devant l'avion pendant qu'il roule au sol explique aussi pourquoi l'axe de piste doit être bien éclairé.

17.4.13 Les 900 derniers mètres du dispositif lumineux de l'axe de piste sont codés couleurs pour aider les pilotes à évaluer la distance de piste restante pendant l'atterrissage ou le décollage.

17.4.14 Les feux de zone de toucher des roues sont disposés en paires de barrettes blanches placées symétriquement par rapport à l'axe de piste. Ces feux sont installés à la surface de la piste entre le seuil et un point situé à 900 m en aval de celui-ci. L'espacement latéral des deux zones de barrettes est le même que celui des barres de flanc rouges supplémentaires de l'aire d'approche.

17.4.15 Les feux de zone de toucher des roues donnent du relief à la surface de la piste en un point auquel le pilote qui atterrit doit disposer de repères très visuels pour effectuer la manœuvre d'arrondi et évaluer la trajectoire de l'avion. Les feux fournissent ces repères pendant l'arrondi avec beaucoup plus de précision que tout autre feu disposé sur la piste. De plus, les repères se trouvent près du champ de vision du pilote. Des taux de variation de distance précis sont fournis par la disposition des feux, c'est-à-dire par la déformation de la configuration des feux de zone de toucher des roues que le pilote peut voir pendant son arrondi. Le mouvement des feux de bord de piste dans le champ de vision ne fournit pas des repères aussi précis.

## 17.5 VARIANTES ET ADDITIONS

17.5.1 Dans certaines situations, le balisage lumineux de piste doit être renforcé par d'autres balisages lumineux. Par exemple, lorsque le seuil est décalé, la disposition des feux continue d'être conforme aux normes, mais il faut prendre des mesures supplémentaires pour veiller à ce que le guidage fourni soit correct. L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, Figure 5-22, donne un exemple des mesures qui sont prises dans ce cas.

17.5.2 Dans des circonstances particulières, par exemple à un emplacement où il n'est guère pratique d'installer un balisage lumineux complet, la longueur totale du dispositif lumineux d'approche peut être raccourcie, mais cela peut imposer des contraintes d'exploitation.

## 17.6 SUPPRESSION DE CERTAINS FEUX

17.6.1 Une longue expérience acquise en exploitation avec les dispositifs lumineux spécifiés dans l'Annexe 14, Volume I, montre que les repères fournis par les feux répondent très bien aux besoins de l'exploitation. L'Annexe autorise toutefois que, dans des circonstances particulières, le nombre des feux qui définissent certaines configurations à l'intérieur de ces dispositifs lumineux soit réduit.

17.6.2 Les moyens d'exploitation tous temps augmentant tant au sein des compagnies aériennes qu'aux aérodromes pour répondre aux besoins de l'exploitation, plusieurs questions doivent être examinées. Par exemple, à mesure qu'augmente le pourcentage d'atterrissages qui peuvent être réalisés automatiquement, les dispositifs lumineux d'approche deviennent moins essentiels. Du fait que le pilote automatique est utilisé jusqu'aux phases finales de l'approche et que la fin de l'atterrissage est effectuée manuellement à partir d'une position où les écarts de trajectoire sont minimes, il est moins fait appel au balisage lumineux pendant les manœuvres importantes de l'avion à proximité du sol.

17.6.3 L'Appendice 4 décrit les méthodes de calcul à appliquer pour concevoir les balisages lumineux spécifiés dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5. Il y est indiqué aussi que des programmes informatiques améliorés sont maintenant disponibles pour concevoir et évaluer les dispositifs lumineux et leur rendement, et que ces programmes sont fondés sur une meilleure connaissance des caractéristiques du brouillard et de leur effet sur le rendement des dispositifs lumineux.

17.6.4 Il n'est guère possible de transformer radicalement la conception des dispositifs lumineux d'aérodrome. On peut cependant se demander dans quelle mesure le balisage lumineux spécifié peut être réduit sans que cela nuise à la sécurité ou à la régularité de l'exploitation aérienne. Dans la conception initiale de ces balisages, un fort accent était placé sur la fiabilité du guidage. Pour veiller à ce que la disponibilité soit satisfaisante en tout temps, les configurations de balisage étaient très redondantes pour que la défaillance d'un circuit lumineux complet ne présente aucun risque pour l'exploitation. L'excès des feux installés pour obtenir cette fiabilité a été aggravé quand des balisages lumineux supplémentaires ont été ajoutés aux configurations de base à mesure que l'exploitation par faible visibilité se généralisait. Ces tendances ont été à l'origine de la conception des dispositifs lumineux potentiellement simplifiables qui n'entraînerait pas une dégradation marquée du guidage. Des simulations ont clairement démontré que le nombre de feux des balisages lumineux pouvait être considérablement réduit sans que cela nuise à leur rendement.

17.6.5 Selon l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, il serait acceptable dans certaines circonstances très particulières, lorsqu'il est démontré que des objectifs d'entretien particuliers sont atteints, de réduire le nombre de feux qui définissent certaines configurations des dispositifs lumineux. L'état de fonctionnement qui doit être obtenu avant que le nombre de feux puisse être réduit est spécifié dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 10.

17.6.6 La réalisation des objectifs d'entretien spécifiés devrait être démontrée par une surveillance appropriée et par la tenue de dossiers sur le rendement du balisage. Le Chapitre 18 contient d'autres éléments indicatifs sur ce sujet.

17.6.7 Lorsque les normes d'entretien rendent possible une telle réduction, il est admissible :

- a) pour un dispositif lumineux d'approche de précision de catégorie I, de réduire le nombre de feux de la ligne axiale d'approche de façon qu'à chacune de ses positions le balisage se compose d'une source lumineuse unique ou, quand des barrettes sont utilisées, de quatre feux définissant chaque barrette ;
- b) pour les dispositifs lumineux d'approche de précision de catégorie II ou III, de réduire le nombre de feux de la ligne axiale d'approche sur les 300 m intérieurs de cette ligne de façon qu'une position de balisage sur deux se compose d'une source lumineuse unique ou d'une barrette composée de quatre feux. Sinon, une barrette composée de quatre feux peut être utilisée à chaque position ;
- c) d'espacer de 60 m longitudinalement les barrettes latérales ;
- d) d'espacer de 30 m les feux axiaux de piste quand la RVR tombe jusqu'à 350 m.

17.6.8 Pour une piste de 3 000 m, ces réductions permettent d'éliminer environ 120 feux des dispositifs lumineux d'approche et de piste. Les différences entre ces deux types de balisage sont illustrées aux Figures 17-1 et 17-2.

## 17.7 CHOIX DES CONFIGURATIONS DE BALISAGE

17.7.1 Les conditions les plus contraignantes de l'exploitation déterminent le niveau du balisage lumineux d'approche et de piste que l'exploitant d'aérodrome doit mettre en œuvre. Par exemple, une piste destinée à être utilisée seulement pendant les approches classiques et à vue sera desservie convenablement par les plus simples dispositifs lumineux spécifiés dans l'Annexe 14, Volume I. Dans ces circonstances, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre des dispositifs lumineux à haute intensité.

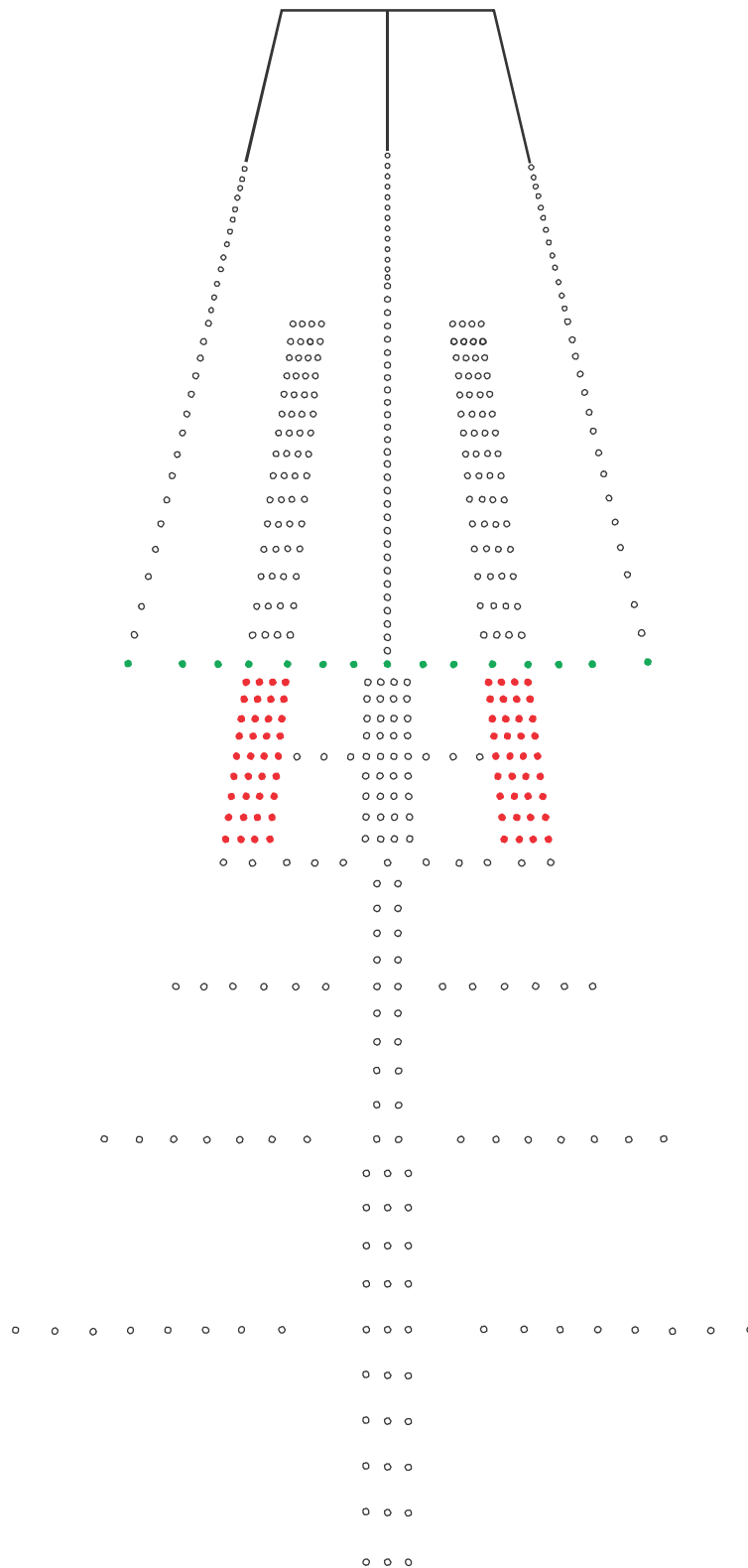


Figure 17-1. Balisage lumineux d'approche et de piste complet

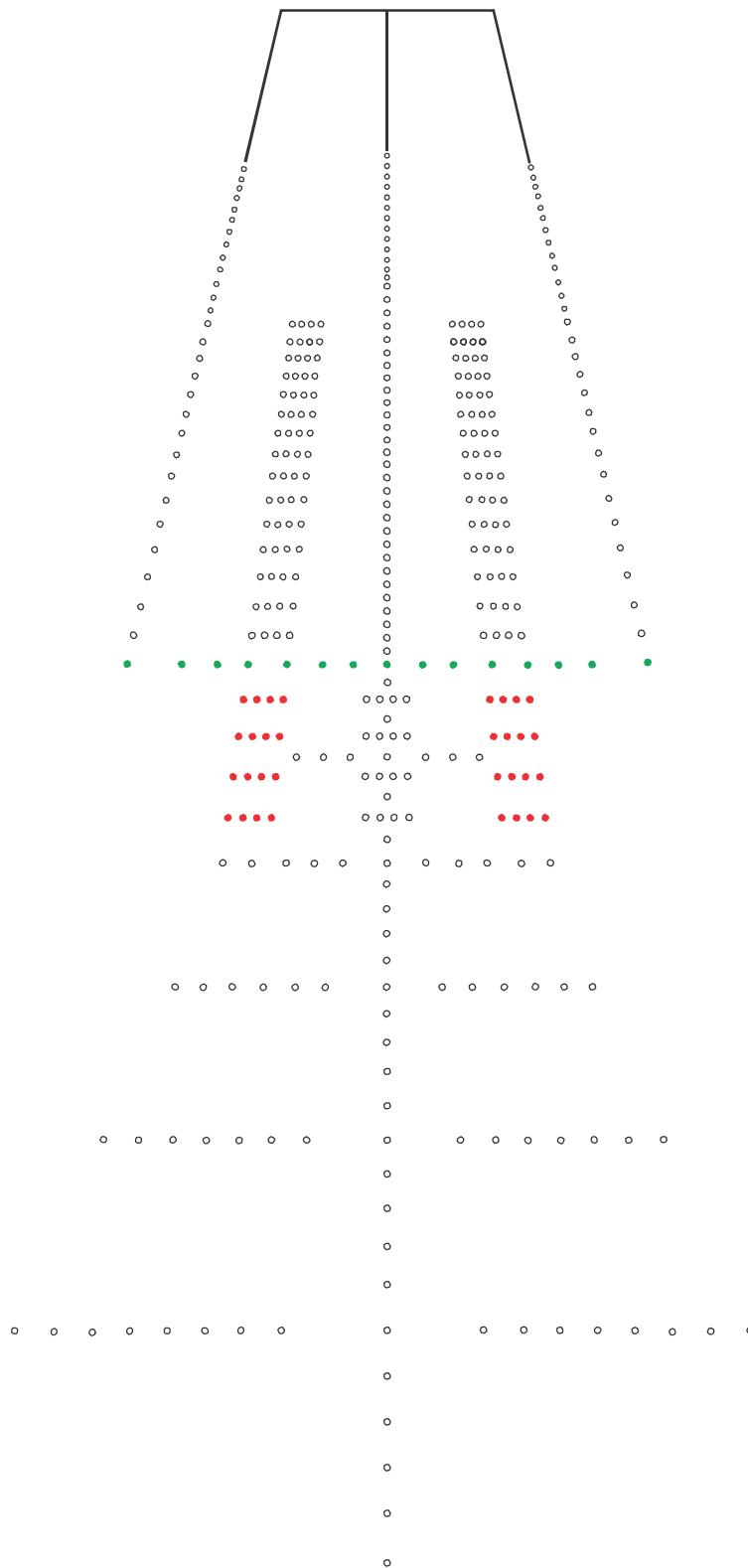


Figure 17-2. Balisage lumineux d'approche et de piste simplifié



17.7.2 Lorsque l'exploitation justifie incontestablement la mise en œuvre de dispositifs lumineux à haute intensité, il faut peser avec soin l'opportunité d'utiliser des configurations de balisage réduites. L'utilisation de ces configurations dépend de l'obtention de niveaux de rendement appropriés en termes de visibilité des feux et de fiabilité des circuits électriques. Or, les spécifications étant fondées sur l'hypothèse que ces niveaux seront obtenus en service, il devrait être possible, pour toute nouvelle installation, de tirer parti d'un assouplissement des dispositions.

17.7.3 Quand il est envisagé de mettre en œuvre un balisage lumineux d'approche et de piste, il faut tenir compte aussi de la nécessité de fournir des indications visuelles de pente d'approche car elles constituent le seul moyen d'assurer un guidage visuel satisfaisant dans le plan vertical.

---



## Chapitre 18

# MAINTIEN DU RENDEMENT DES BALISAGES LUMINEUX

### 18.1 GÉNÉRALITÉS

18.1.1 Les dispositifs lumineux spécifiés dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, sont conçus pour fournir aux pilotes les aides visuelles dont ils ont besoin pour piloter leur avion sûrement et efficacement dans toutes les conditions météorologiques, de jour et de nuit. Pour être efficaces, les caractéristiques de chaque aide doivent être préservées en tout temps. Cet objectif ne peut être atteint que par la mise au point et l'application de méthodes d'entretien appropriées. L'environnement dans lequel le matériel doit fonctionner est tel que l'entretien effectué sur d'autres matériels d'éclairage est souvent inapproprié.

18.1.2 Le présent chapitre contient des éléments indicatifs sur les spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 10, section 10.5, relatives au système d'entretien préventif des dispositifs lumineux d'approche et de piste destinés à être utilisés en conditions des catégories II et III.

18.1.3 Le *Manuel des services d'aéroport* (Doc 9137), 9<sup>e</sup> Partie — *Maintenance*, décrit en détail les méthodes de maintenance des aides visuelles et des circuits électriques nécessaires à un aéroport.

### 18.2 LE MILIEU

18.2.1 Le balisage lumineux d'un aérodrome est soumis à une vaste gamme de températures, aux violents souffles des moteurs ainsi qu'à des contaminants tels que le carburant et les lubrifiants d'aviation, les liquides de dégivrage et les dépôts de caoutchouc qui se détachent des pneus des avions. Le balisage lumineux subit aussi les chocs mécaniques provoqués par les avions qui atterrissent et manœuvrent sur un aérodrome.

18.2.2 Le rendement des ensembles lumineux peut beaucoup se détériorer en peu de temps, surtout aux grands aérodromes où les mouvements sont très nombreux. Il a été démontré par exemple qu'une seule application d'un agent antigivrage sur une piste peut réduire d'un pourcentage pouvant atteindre 70 % l'éclat des feux axiaux.

### 18.3 ENTRETIEN NÉCESSAIRE

18.3.1 Les paramètres de toutes les aides lumineuses spécifiées sur les aérodromes devraient assurer que les pilotes puissent voir et identifier les repères visuels qui y sont fournis dans toute une gamme de conditions d'exploitation bien définies. Pour chaque type d'aide, les positions extrêmes desquelles les feux doivent pouvoir être vus sont clairement définies par des angles de vision et par la distance de laquelle l'aide doit pouvoir être vue dans les conditions de visibilité les plus défavorables de l'exploitation prévue.

18.3.2 À partir de la connaissance des besoins de l'exploitation, un diagramme isocandela et les paramètres de visée qui lui sont associés sont calculés et normalisés pour chaque dispositif lumineux. Lorsqu'un dispositif doit émettre des lumières de diverses couleurs, ces lumières sont elles aussi spécifiées.

18.3.3 Les critères d'exploitation des aéronefs sont fondés sur l'hypothèse que les aides lumineuses fonctionneront conformément à leurs spécifications publiées. Toute défaillance de leur rendement porte atteinte à la possibilité qu'a le pilote d'apercevoir les repères dont il a besoin. Il devra donc peut-être remettre les gaz ou surmonter des difficultés quand il roule au sol. Par faible visibilité, une réduction de l'éclat des feux de 50 % raccourcit de quelque 10 % les distances desquelles les aides visuelles peuvent être vues. Une telle réduction peut être critique au point que le pilote ne puisse apercevoir les repères dont il a besoin. De plus, particulièrement pour les feux encastrés, des réductions de l'intensité lumineuse nettement supérieures à 50 % sont fréquentes si le balisage n'a pas été bien entretenu. Les réductions sont dues principalement à la contamination provoquée par la poussière, les dépôts de caoutchouc et les liquides de dégivrage, à un mauvais alignement des lentilles intérieures des montures des feux et à un mauvais alignement de la monture elle-même.

18.3.4 Dans la pratique, les situations les plus défavorables se présentent par faible visibilité de jour. Ces situations définissent les besoins de l'exploitation et pour éviter des difficultés, il est essentiel que le rendement du balisage lumineux soit maintenu aux valeurs spécifiées.

18.3.5 Les dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 8, indiquent clairement que pour atteindre les hauts niveaux de fiabilité nécessaires pour que les aides visuelles répondent à leur objet, il faut prêter une grande attention à la conception, au fonctionnement et à la surveillance de l'alimentation électrique. Des limites strictes du niveau de disponibilité des diverses aides sont établies. Des indications fiables de leur état de fonctionnement devraient faire partie intégrante de la conception.

18.3.6 L'Annexe 14, Volume I, Chapitre 8, dispose aussi qu'un système de surveillance des aides visuelles doit être mis en œuvre pour assurer la fiabilité du balisage lumineux.

18.3.7 Une norme de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 10, dispose qu'un système d'entretien préventif des aides visuelles doit être mis en œuvre pour assurer la fiabilité du balisage lumineux et des marques. La question de l'entretien des aides visuelles est aussi traitée dans une série de besoins qui définissent le niveau de rendement recherché. Il appartient à l'autorité de réglementation compétente de définir le niveau minimal de fonctionnement au-dessous duquel les mouvements doivent être interrompus.

18.3.8 De plus, il est recommandé dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 10, que le système d'entretien préventif retenu pour une piste avec approche de précision de catégorie II ou III devrait au moins faire l'objet des vérifications suivantes :

- a) une inspection visuelle et des mesures de l'intensité, de l'ouverture de faisceau et de l'orientation des feux compris dans les éléments particuliers des balisages lumineux d'approche et de piste ;
- b) un contrôle et des mesures des caractéristiques électriques de chaque circuit compris dans les balisages lumineux d'approche et de piste ;
- c) un contrôle du bon fonctionnement des réglages d'intensité lumineuse utilisés par le contrôle de la circulation aérienne.

18.3.9 Il est recommandé aussi, dans l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 10, qu'en ce qui concerne les feux des balisages lumineux d'approche et de piste dans le cas d'une piste avec approche de précision de catégorie II ou III :

- a) les mesures d'intensité, d'ouverture de faisceau et de calage prises sur le terrain portent autant que possible sur tous les feux, pour assurer la conformité avec la spécification pertinente de l'Annexe 14, Volume I ;
- b) les mesures d'intensité, d'ouverture de faisceau et de calage des feux devraient être prises à l'aide d'une unité de mesure mobile offrant une précision suffisante pour analyser les caractéristiques de chaque feu.

## 18.4 CONTRÔLE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE

18.4.1 Le bon fonctionnement de l'alimentation électrique et des moyens de commande d'un balisage lumineux est certes important pour l'entretien, mais c'est la disponibilité d'un faisceau spécifié, correctement orienté et émettant la couleur appropriée qui est souvent difficile à obtenir. La détérioration du rendement du balisage lumineux résulte le plus souvent d'erreurs de ces deux paramètres. Lorsqu'un dispositif lumineux est installé, son intensité devrait être celle qui est indiquée dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-1 à A2-21. L'entretien doit viser à préserver le rendement global du balisage à ces niveaux. Il n'est cependant pas toujours possible de maintenir en tout temps les intensités spécifiées pour chaque feu du balisage lumineux.

18.4.2 L'expérience montre que le maintien du rendement du balisage lumineux à tous les niveaux spécifiés dans l'Annexe 14, Volume I, ne peut être obtenu uniquement par des inspections visuelles et des calendriers d'entretien. Au mieux, ils permettent de mettre en évidence les défaillances des lampes, les erreurs d'alignement flagrantes et la détérioration des structures. Le balisage lumineux ne peut fonctionner correctement que si les feux sont propres, sont alignés correctement et émettent le faisceau prescrit. C'est pourquoi, ainsi qu'il est indiqué ci-dessus, il est recommandé dans l'Annexe 14, Volume I, qu'une unité de mesure mobile soit employée pour contrôler le fonctionnement en service des feux individuels composant les dispositifs lumineux d'approche et de piste dans le cas des pistes avec approche de précision des catégories II et III.

18.4.3 La fréquence des mesures nécessaires pour atteindre les objectifs d'entretien doit être établie emplacement par emplacement. Elle sera déterminée par divers facteurs dont la densité du trafic, les degrés de pollution et la fiabilité du matériel. À certains aéroports, les mesures devront être hebdomadaires. À d'autres, en revanche, il peut suffire qu'elles soient mensuelles ou même moins fréquentes dès lors que la qualité du dispositif lumineux a été portée au niveau requis.

18.4.4 Il est important que les mesures soient effectuées aussi rapidement que possible pour que le matériel n'encombre pas la piste, surtout aux aéroports à forte activité. Il est généralement acceptable que le véhicule de mesure roule à plus de 50 km/h.

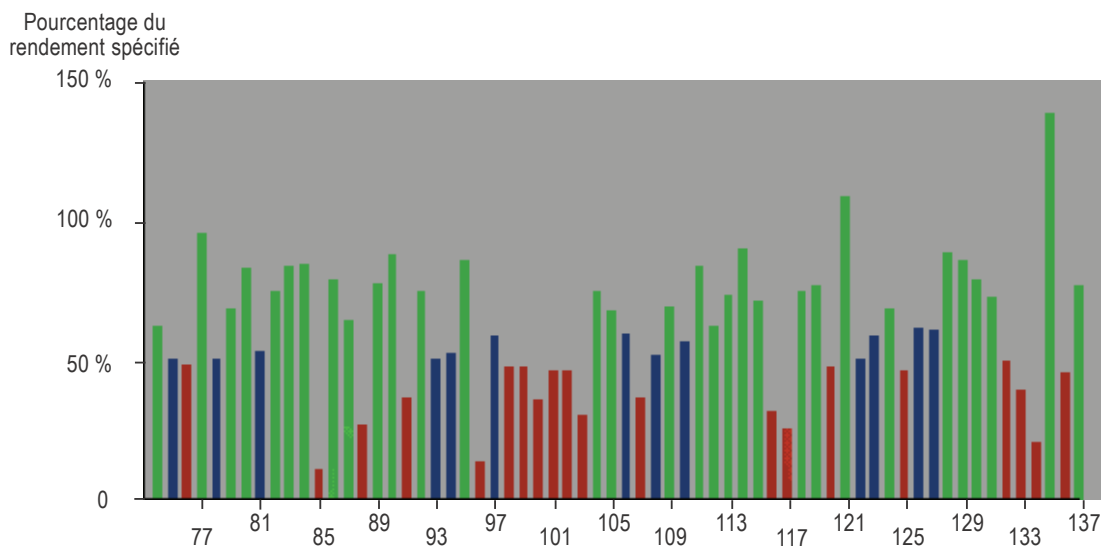
18.4.5 Le matériel devrait pouvoir mesurer et enregistrer le diagramme isocandela, l'alignement et la couleur de chaque feu, la mesure étant effectuée quand le balisage lumineux est réglé à 100 % de son intensité.

18.4.6 Il faudrait disposer de moyens permettant d'analyser et d'afficher les données enregistrées d'une manière qui facilite l'évaluation du degré de conformité avec les spécifications. Il est recommandé de plus que les renseignements soient affichés de manière qu'il soit possible d'établir la cause des défaillances telles que les erreurs d'alignement ou les défaillances prématurées fréquentes des lampes à un endroit particulier.

18.4.7 Il est apparu judicieux de recommander que deux niveaux d'intensité soient définis pour chaque feu individuel : un niveau d'entretien et un niveau de défaillance. L'intensité la plus élevée devrait être réglée de manière à avertir le personnel d'entretien que l'intensité lumineuse d'un ensemble commence à tomber nettement sous la valeur spécifiée dans l'Annexe 14, Volume I. Cette intensité sera toujours supérieure à 50 % de l'intensité spécifiée, niveau sous lequel la tolérance prescrite n'est plus respectée et auquel il est jugé que le feu n'est plus opérationnel. Dès que l'intensité du feu atteint le niveau supérieur, des mesures correctrices peuvent être programmées. Cela évite que le rendement du feu se détériore au point qu'un entretien immédiat soit nécessaire.

18.4.8 Il ressort clairement de l'expérience acquise avec la mise en service d'un matériel conforme aux indications ci-dessus que, après une période initiale d'entretien très poussé, l'utilisation en service d'un système de mesure a des bienfaits opérationnels et économiques très marqués. Les aéroports auxquels une unité de mesure est utilisée régulièrement peuvent appliquer un programme d'entretien efficace et sont donc en mesure de démontrer rapidement la conformité avec les spécifications de rendement. De plus, ils peuvent réduire considérablement les travaux d'entretien nécessaires, ce qui réduit les coûts.

18.4.9 L'amélioration du rendement qui peut résulter de l'application d'un tel système est illustrée ci-dessous. À la Figure 18-1, l'intensité moyenne à l'intérieur du faisceau circonscrit par la courbe isocandela intérieure est représentée pour les feux axiaux d'une piste destinée à être utilisée par très faible visibilité. Les données représentent un résultat typique à un aéroport qui utilise une combinaison d'inspections visuelles, d'entretien correctif et de remplacement des lampes en bloc. Cet exemple n'illustre aucunement la situation la plus défavorable qui puisse exister à un aérodrome auquel des inspections visuelles régulières sont effectuées. Après la mise en service d'une unité de mesure mobile et l'application d'un programme d'entretien approprié fondé sur les données tirées des mesures, le même balisage axial de piste donne les résultats représentés à la Figure 18-2. Le programme d'entretien utilisé pour obtenir les résultats de cette figure ne fait pas appel à une technique de remplacement des lampes en bloc. Seuls sont corrigés les ensembles lumineux dont la non-conformité a été démontrée par l'unité mobile de surveillance (entretien différentiel).



NOTES.—

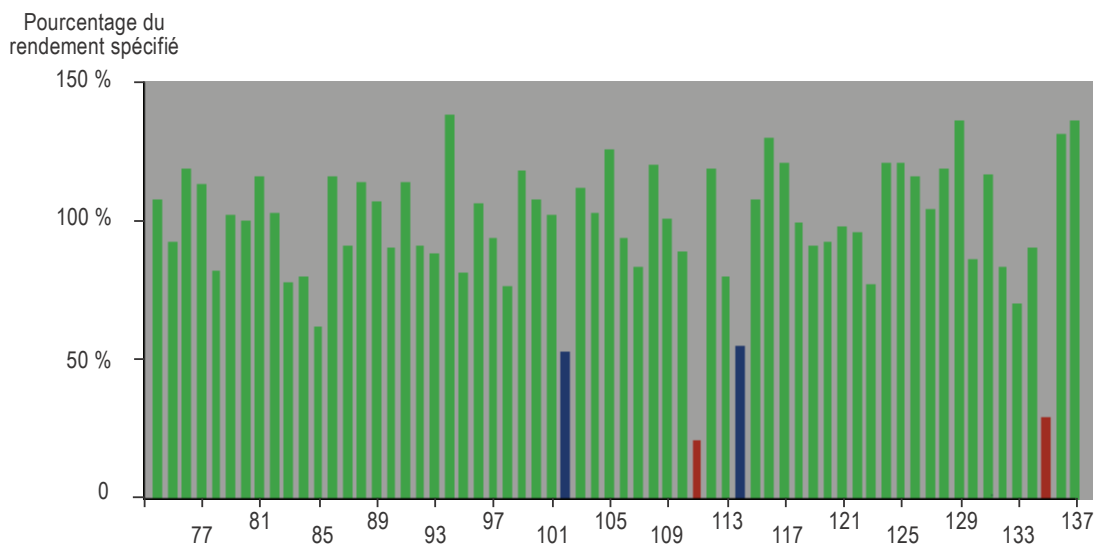
1. L'intensité moyenne dans la partie du faisceau axial de la piste circonscrite par la courbe isocandela intérieure est représentée pour les feux d'une section de piste de catégorie III. L'intensité moyenne est calculée à partir des données obtenues par une unité de mesure mobile.
2. Les chiffres portés en abscisse du graphique se rapportent à des positions de feux particuliers du balisage lumineux axial de piste qui est contrôlé. L'axe des ordonnées indique l'intensité moyenne mesurée de chaque feu sous la forme d'un pourcentage de l'intensité moyenne spécifiée dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-7.
3. Les données d'intensité sont codées couleurs pour faciliter l'entretien différentiel. La priorité de l'entretien nécessaire peut être établie facilement par l'utilisation de ce genre de codage pour présenter les données. Aux fins de la présente illustration, le codage ci-après a été utilisé :

Rouge : moins de 50 % de l'intensité spécifiée

Bleu : entre 50 et 60 % de l'intensité spécifiée

Vert : plus de 60 % de l'intensité spécifiée

**Figure 18-1. Piste de catégorie III avant son entretien différentiel**



NOTES.—

1. Les données représentées sur cette figure sont codées de la même manière que celles de la Figure 18-1.
2. La comparaison des données présentées aux Figures 18-1 et 18-2 montre les avantages qui peuvent découler de l'emploi d'une unité de mesure mobile et d'un entretien différentiel fondé sur les données qu'elle affiche.

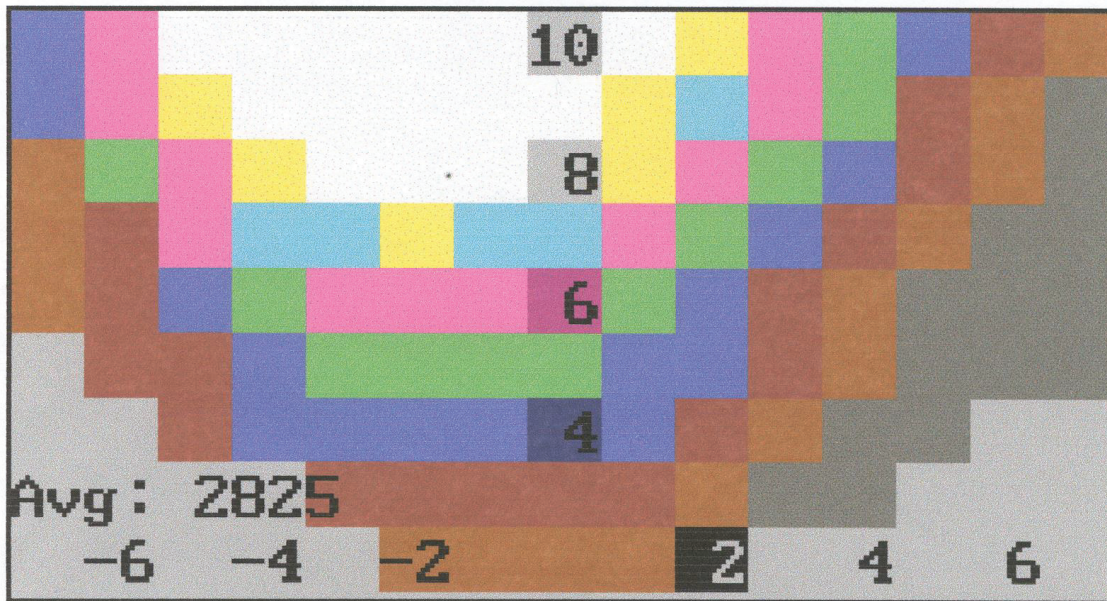
**Figure 18-2. La même piste de catégorie III après son entretien différentiel**

18.4.10 La comparaison des deux figures montre clairement les avantages que l'on peut tirer de l'adoption d'un programme régulier de surveillance des feux à l'appui des activités d'entretien. L'utilisation répétée de l'unité mobile met en évidence diverses causes de détérioration du rendement. Dans la plupart des cas, la détérioration la plus grave et la plus fréquente est due à l'accumulation de poussières et d'autres contaminants sur les lentilles des feux. Aux aéroports à forte activité, il peut être démontré que la contamination est si rapide qu'un nettoyage hebdomadaire ou bimensuel des feux peut être nécessaire pour que les spécifications continuent d'être respectées, en particulier dans le cas de certains feux encastrés de la zone de toucher des roues.

18.4.11 Une fois qu'un programme de nettoyage à intervalles appropriés a été établi pour une piste, d'autres causes de défaillances peuvent être mises en évidence. Dans certains cas, des ensembles lumineux particuliers tomberont souvent en panne. L'examen des données enregistrées montrera peut-être que leur faisceau est mal orienté, ce qui expliquera les mauvais résultats enregistrés au cours des mesures. L'erreur d'orientation pourra être due à un mauvais alignement de l'ensemble lumineux dans son support, au relâchement d'un filament ou au déplacement des lentilles à l'intérieur de l'ensemble. Les données peuvent révéler aussi la défaillance répétée d'ensembles lumineux particuliers parce que leurs lampes grillent constamment. Ce type de défaillance peut être causé par une défektivité du circuit électrique, par exemple d'un transformateur. Sans un contrôle constant avec enregistrement des résultats, il n'est pas aisé de déceler ni d'identifier ce genre de défaillance, ce qui entraîne la nécessité d'un entretien fréquent mais inefficace à l'emplacement de tel ou tel ensemble.

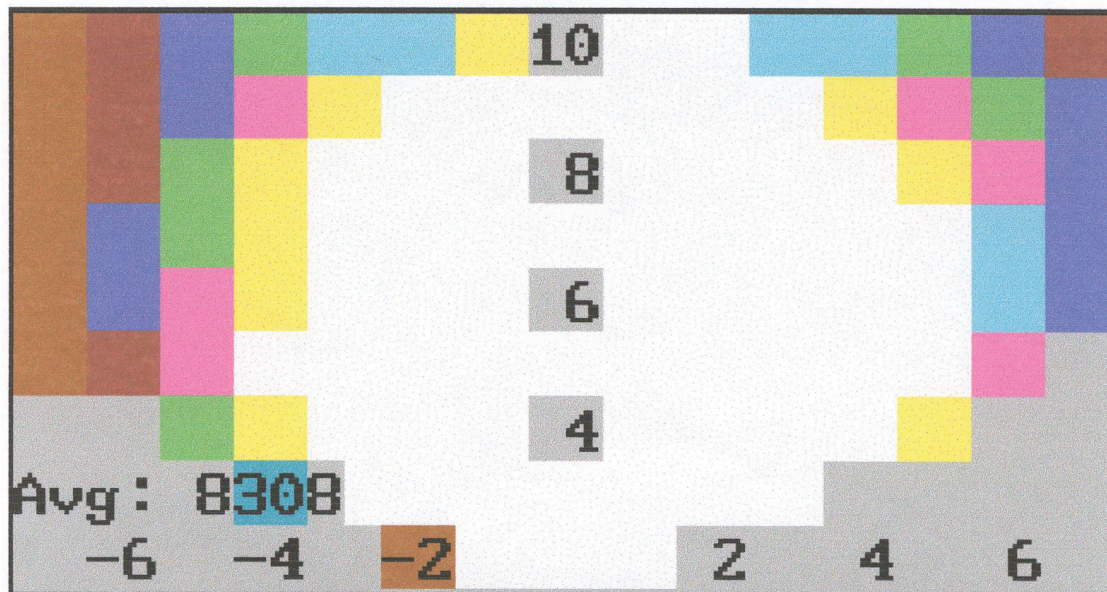
18.4.12 La Figure 18-3A illustre les effets des erreurs d'alignement. Dans l'exemple donné, l'ensemble lumineux a un rendement qui n'est pas acceptable parce que son faisceau n'est pas orienté correctement. Pour être conforme, il devrait être réaligné pour coïncider avec la zone spécifiée (voir Figure 18-3B).





Note.— Les données présentées à la Figure 18-3A correspondent à un feu non conforme. Son intensité moyenne est inférieure à celle qui est spécifiée et il est évident que son faisceau est mal aligné.

Figure 18-3A. Données obtenues pour un feu mal aligné



Note.— Les données codées couleurs de la Figure 18-3B illustrent comment les données obtenues pour un feu correctement aligné et émettant une lumière d'une intensité suffisante pour répondre aux spécifications peuvent être présentées au personnel d'entretien qui doit les évaluer.

Figure 18-3B. Données obtenues pour un feu aligné correctement



18.4.13 La Figure 18-4 représente une unité de mesure mobile. Une batterie de cellules photoélectriques montée sur un véhicule traverse successivement le faisceau de chaque feu. Les intensités mesurées sont utilisées pour construire un diagramme isocandela pour chaque feu et les données sont enregistrées dans le véhicule pour être analysées. Une unité de ce genre peut être adaptée pour mesurer les divers feux d'un balisage lumineux axial de piste et de voie de circulation. L'expérience montre que ces feux sont ceux qui doivent être contrôlés le plus régulièrement et le plus souvent. De manière générale, la détérioration de l'éclat des feux encastrés est causée par la contamination et les défauts des lentilles, alors que celle des feux hors sol l'est par un mauvais alignement de toute leur monture.

18.4.14 La surveillance des panneaux éclairés de l'intérieur peut aussi être effectuée au moyen d'un détecteur qui échantillonne leur intensité lumineuse et enregistre les résultats pour analyse ultérieure. Un de ces dispositifs utilise comme détecteur une caméra à dispositif d'accumulation de charge (CCD).



Figure 18-4. Exemple d'unité de mesure mobile

18.4.15 L'éclat du balisage lumineux d'approche est plus difficile à contrôler. Dans son cas, une méthode d'inspection en vol utilisant des caméras et des techniques de traitement de l'image constitue un moyen possible d'atteindre les objectifs d'entretien. Les indicateurs visuels de pente d'approche peuvent être contrôlés par des cellules photoélectriques placées devant les projecteurs.

18.4.16 L'utilisation sûre et efficace des aéronefs aux aérodromes exige que les dispositifs lumineux aient toujours une intensité lumineuse en service conforme aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5. Seules des mesures sur le terrain permettent d'assurer que le niveau de conformité est respecté. Les unités de mesure mobiles qui peuvent établir la valeur de l'intensité lumineuse à l'intérieur des zones spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, constituent un moyen confirmé de démontrer la conformité. Si la précision et la résolution sont comparables aux niveaux utilisés pendant les vérifications en laboratoire, les exploitants d'aérodrome peuvent démontrer la conformité aux services de réglementation et adopter un programme d'entretien efficace consistant à nettoyer, à réaligner, à réviser et à réparer les feux.

18.4.17 Le contrôle par unité mobile du fonctionnement du balisage fournit non seulement les données nécessaires pour confirmer la conformité, mais il procure aussi des économies en concentrant l'entretien sur les ensembles lumineux défectueux, ce qui diminue l'ampleur des opérations d'entretien nécessaires.

## 18.5 DÉMONSTRATION DE LA CONFORMITÉ

18.5.1 Les services de réglementation publient parfois des éléments d'orientation sur la manière dont la conformité avec les normes de balisage peut être démontrée. Les paragraphes ci-après sont fondés sur de tels éléments publiés dans un État.

18.5.2 La conformité avec les normes photométriques peut être démontrée au moyen d'une unité de mesure mobile. Dans certains cas, toutefois, il suffit simplement de mesurer un feu représentatif par une méthode appropriée comportant l'emploi d'un photomètre manuel. On ne fait appel à l'unité mobile que si la méthode manuelle n'est pas assez précise ni assez efficace ou si la mesure n'est pas représentative de l'ensemble du dispositif lumineux.

18.5.3 C'est aux aérodromes à forte activité où l'exploitation tous temps des gros avions de transport à réaction est possible que la conformité est la moins probable. C'est pourquoi l'utilisation des unités mobiles y est encouragée pour compléter les activités d'entretien courant du balisage lumineux. Tout semble indiquer que ces aérodromes auraient avantage à utiliser des unités mobiles, en particulier parce qu'elles réduisent le coût des activités d'entretien. La fréquence des mesures photométriques nécessaires dépend de nombreux facteurs, dont la densité du trafic, les conditions météorologiques, la saison, etc.

18.5.4 La possibilité pratique de faire des mesures photométriques au moyen d'unités mobiles, qui peuvent durer de 10 à 15 minutes par enquête, est un autre facteur dont il faut tenir compte. La densité du trafic ne laisse pas toujours assez de temps pour faire les mesures sur la piste, même si elles sont normalement faites de nuit. Il peut falloir aussi que la piste soit sèche. Les exploitants d'aérodrome devraient néanmoins s'efforcer de tenir des dossiers crédibles de leurs mesures. Ainsi, il peut être nécessaire pour certaines pistes de programmer une mesure tous les soirs et de tirer parti de toutes les possibilités de mesure qui se présentent. En général, les mesures photométriques peu fréquentes effectuées après des activités de nettoyage ne sont pas acceptables.

18.5.5 Les plus petits aérodromes où les mouvements sont relativement peu nombreux et qui n'accueillent aucun gros avion de transport à réaction sont en général dotés d'un balisage lumineux plus modeste. Dans leur cas, le rendement des feux ne se dégrade pas autant et aussi rapidement. Un programme d'entretien rigoureux fondé sur des inspections et un nettoyage réguliers ainsi que sur des inspections en vol systématiques devrait être suffisant. Cependant, des mesures photométriques permettraient d'accroître l'efficacité des activités d'entretien à ces aérodromes. Étant donné que

pour démontrer la conformité avec les spécifications les mesures ne doivent pas être aussi fréquentes que dans le cas des balisages lumineux plus étendus, il peut être financièrement plus avantageux de sous-traiter les activités de mesure que d'acheter le matériel mobile.

18.5.6 Il peut être difficile de procéder à des mesures photométriques de certains dispositifs lumineux d'approche avec la même précision que celle d'un balisage lumineux de piste. L'emplacement matériel des feux d'approche complique le recours à des appareils de mesure. Dans de nombreux cas, toutefois, les feux des 300 m intérieurs du balisage sont installés au niveau du sol ou hors sol et leur intensité peut être mesurée sans difficulté. Cette portion du balisage lumineux d'approche est surtout critique en exploitation des catégories II et III et elle influence la transition aisée entre les repères visuels d'approche et de piste. Sans un moyen efficace de mesure du rendement du balisage lumineux d'approche, il peut arriver, contrairement à l'objectif qui est de mettre en œuvre une structure de balisage visuel globalement équilibrée, que la perception visuelle des feux d'approche soit nettement différente de celle des feux de piste. Ainsi, si la mesure photométrique du balisage lumineux d'approche n'est pas possible, il faut procéder régulièrement à des vérifications visuelles en vol, jusqu'à ce qu'un moyen plus pratique puisse être trouvé.

---



## Chapitre 19

# MESURE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE DES FEUX FIXES ET DES FEUX À ÉCLATS

### 19.1 INTRODUCTION

19.1.1 Les feux aéronautiques au sol, à l'exception des luminaires des panneaux d'indication, émettent normalement un signal lumineux ponctuel qui est vu par les aéronefs d'une grande distance avant l'atterrissage (feux d'approche et feux de piste) ou de relativement près pour le guidage au sol (balisage lumineux de voie de circulation). Dans ces deux cas, l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, contient des spécifications sur l'intensité lumineuse de ces feux (candelas) sous la forme de diagrammes isocandelas. Pour de nombreux feux aéronautiques au sol, les spécifications portent aussi sur la couleur. L'Annexe 14, Volume I, Appendice 1, contient des recommandations sur la mesure des couleurs pendant l'évaluation de ces feux. De plus, le corps de l'Annexe contient beaucoup d'autres critères les concernant.

19.1.2 Lors du choix des feux à installer à un aéroport, la conformité avec les spécifications, notamment avec les spécifications de couleur, doit être démontrée. Cette démonstration peut prendre la forme d'une attestation établie par un laboratoire agréé ou elle peut être faite par un fabricant ayant des installations et des procédures agréées.

19.1.3 Les méthodes de mesure de l'intensité lumineuse et la qualité requise des mesures et de l'équipement (détecteurs, goniomètres, etc.) sont décrites en détail dans d'autres documents de référence. Les présents éléments indicatifs ont pour objet de décrire en détail les critères propres aux applications d'aérodrome, telles que la distance de laquelle les mesures sont faites, le calcul de l'intensité moyenne, la conformité avec les valeurs minimales et maximales à l'intérieur du faisceau principal, la conformité avec les valeurs minimales à l'intérieur des courbes isocandelas et les tolérances. Dans le cas des feux à éclats, la section 19.3 décrit la méthode de calcul de l'intensité efficace, qui est définie comme étant l'intensité équivalant à celle d'un feu fixe qui a la même portée optique pour un observateur.

### 19.2 CRITÈRES

#### Distance de laquelle la mesure est faite

19.2.1 La plus grande dimension de la source lumineuse et le nombre de sources qui peuvent être utilisées pour créer un feu aéronautique au sol sont deux éléments variables. Pour obtenir des résultats précis et reproductibles, il est recommandé de ne pas faire les mesures d'une distance inférieure à 100 fois l'ouverture du faisceau lumineux. Le plus souvent, cette distance sera de 20 m pour une source lumineuse unique et pas moins de 30 m pour une source lumineuse multiple, telle que les feux d'obstacle à haute intensité et les indicateurs visuels de pente d'approche.



## Préparatifs

### **Viellissement des lampes**

19.2.2 Les mesures devraient être effectuées quand les lampes fonctionnent à un niveau d'émission du flux lumineux représentatif de celui qui sera utilisé en service. Il convient donc de ne procéder aux mesures que sur des lampes déjà utilisées pendant 1 % de leur durée de vie publiée par le fabricant. Pour établir le niveau représentatif des lampes fluorescentes ou autres, il convient de se renseigner auprès de leur fabricant.

### **Axe de référence**

19.2.3 L'ensemble lumineux devrait être installé sur le goniomètre de manière que l'axe de référence de son faisceau reproduise l'alignement utilisé lorsque l'ensemble sera installé. Cela signifie que la mesure doit être faite à partir du centre mécanique de l'ensemble et non de son foyer optique. En effet, le centre de l'axe du faisceau lumineux de certains ensembles ne coïncide pas avec leur centre mécanique. Si l'ensemble lumineux est installé en fonction de cet axe, tout angle de convergence horizontale spécifié ne sera pas vérifié, du fait que le centre photométrique du faisceau n'est pas nécessairement le point où l'intensité est la plus élevée. L'axe horizontal des ensembles lumineux de piste et de voie de circulation traverse le centre de l'ensemble lumineux et est parallèle à son axe. L'axe vertical traverse le centre du feu. Il convient de consulter le fabricant pour placer et orienter correctement la lampe à l'intérieur de sa monture.

19.2.4 L'éclat en service des feux encastrés peut être influencé par la façon dont le feu est installé. Certains fabricants recommandent parfois dans leur manuel d'instructions que les ensembles soient installés un peu au-dessous de la chaussée qui les entoure pour abaisser leur saillie et éviter ainsi que les chasse-neige ne les endommagent. Si c'est le cas, la mesure en laboratoire devrait comprendre certains moyens de simuler l'occultation de la partie inférieure du faisceau par la chaussée. Aux fins des essais en laboratoire, la chaussée devrait être considérée comme étant parfaitement horizontale.

19.2.5 Il faudrait s'efforcer de veiller à ce que l'axe de référence soit établi correctement et que le filament ne se soit pas déplacé dans le plan horizontal ou vertical. Dans le cas des feux encastrés, l'orientation horizontale est établie par la symétrie de l'ensemble lumineux. La mise en place de l'ensemble dans ces deux plans doit être effectuée avec une précision de  $\pm 0,1$  degré.

19.2.6 Les intensités lumineuses mesurées devraient être corrigées en fonction du flux lumineux nominal de la lampe spécifié par son fabricant. Il peut par exemple apparaître que le flux lumineux de 2 800 lumens d'un ensemble produise une intensité de 14 000 cd. Si le flux publié par le fabricant est de 2 400 lumens, l'intensité enregistrée aux fins de la conformité devrait être corrigée par application de la formule suivante :

$$14\ 000\ \text{cd} * (2\ 400/2\ 800) = 12\ 000\ \text{cd}$$

### **Nombre de vérifications**

19.2.7 Les vérifications devraient porter au minimum sur cinq feux comportant leur propre lampe. Les résultats devraient être cohérents pour confirmer que les performances de calcul des ensembles lumineux peuvent être répétées dans la production en masse. La cohérence requise pourrait être obtenue si, par exemple, la différence d'intensité entre les ensembles était de l'ordre de 5 %.

### Mesure des couleurs

19.2.8 La couleur émise par l'ensemble lumineux devrait être vérifiée conformément à l'Annexe 14, Volume I, Appendice 1, § 2.4.1, quand le feu fonctionne à son intensité ou à sa tension nominale. Elle devrait être comprise dans les limites de chromaticité de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 1, Figure A1-1a ou A1-1b, pour ce qui est des limites horizontale et verticale du faisceau principal (dans le cas de courbes isocandelas elliptiques ou circulaires) ou de ses limites diagonales (dans le cas des courbes isocandelas rectangulaires). De plus, la couleur des feux doit être vérifiée par des mesures aux mêmes limites pour la courbe isocandela la plus extérieure (le périmètre). Cette dernière vérification vise à éviter toute distorsion chromatique (p. ex. du rouge au jaune) inacceptable aux angles d'observation très ouverts. Ces distorsions peuvent être produites par les matériaux filtrants utilisés dans certains ensembles. Si la distorsion est telle que la limite de chromaticité de cette couleur est dépassée, l'autorité compétente devrait être consultée pour déterminer si l'ampleur de la distorsion est acceptable.

*Note.— La vérification des coordonnées de couleur décrite ci-dessus peut être élargie à la demande de l'autorité compétente pour couvrir des angles situés au-delà du périmètre isocandela. C'est là une précaution importante pour les ensembles lumineux qui peuvent être utilisés là où l'angle d'observation par le pilote se situe hors des angles spécifiés dans le diagramme isocandela (p. ex. barres d'arrêt aux entrées de piste évasées).*

### Diagramme isocandela

19.2.9 La mesure de conformité avec le diagramme isocandela fait intervenir plusieurs critères. On commence par obtenir les intensités à des points de l'espace situés au-dessus de la portée horizontale et verticale, indiquées par le carroyage du diagramme isocandela applicable. Dans le cas par exemple d'un feu de bord de piste hors sol (Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-10), l'angle de site de l'axe du faisceau doit être de 3,5 degrés. De plus, il faudrait placer une note sous le diagramme pour indiquer que l'angle de divergence horizontale est de 4,5 degrés. Il est important de bien comprendre que certains feux ont un angle de divergence qui n'est pas indiqué sur le diagramme lui-même, étant donné que celui-ci sert uniquement à illustrer la distribution autour de l'axe théorique du faisceau. Quand l'angle de site ou de convergence est établi au moment de la conception de la monture (p. ex. dans le cas des feux de piste encastrés), les données présentées devraient l'indiquer clairement.

19.2.10 Dans l'exemple donné, la courbe la plus extérieure (5 %) varie de  $\pm 10$  degrés. Il est recommandé que pour vérifier l'emplacement du faisceau principal et pour permettre de ménager les tolérances futures, la mesure soit faite avec un prolongement d'au moins 2 degrés. Ainsi, les mesures horizontales seraient effectuées dans la plage de  $10 + 2 + 4,5 = 16,5$  ou 17 degrés à  $10 + 2 - 4,5 = 7,5$  ou 8 degrés. La courbe périmétrique du diagramme isocandela a une limite verticale supérieure de 12 degrés et le bord inférieur du faisceau principal est à 0 degré. Pour permettre les tolérances ultérieures, il est recommandé d'effectuer les mesures verticales dans une plage de  $12 + 2 = 14$  degrés à  $0 - 2 = -2$  degrés.

19.2.11 Le calcul de l'intensité moyenne, expliqué ci-dessous, est fondé sur des valeurs mesurées à intervalles d'un degré, mais les intervalles ne devraient pas dépasser un demi-degré. Cela permettra d'évaluer correctement les ensembles lumineux, la convergence théorique de l'axe du faisceau et/ou les angles de site dont certains sont fractionnaires (p. ex. 4,5 et 3,5 degrés respectivement), ainsi que les tolérances à appliquer.

### Intensité moyenne

19.2.12 L'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figures A2-11 et A2-21, représente les points de grille auxquels les intensités mesurées doivent être prises en compte dans le calcul de l'intensité moyenne. Dans le cas d'un feu de bord de piste, la courbe est de forme elliptique, et les points appropriés se trouvent à l'intérieur de la courbe isocandela du faisceau principal, sauf pour ce qui concerne les limites horizontale et verticale. Dans le cas des feux axiaux de voie de circulation,

la courbe a une forme rectangulaire, si bien que les points situés le long de cette courbe sont pris en compte si elle est située sur une ligne de la grille. L'intensité moyenne calculée est la somme de toutes les intensités mesurées aux points identifiés divisée par le nombre de mesures.

19.2.13 Dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-11, les limites horizontales se situent à  $\pm 6,5$  degrés. Certains points de grille ne sont donc pas pris en compte dans le calcul de l'intensité moyenne. Cette figure illustre cependant typiquement la méthode, et l'opportunité d'inclure dans le calcul de l'intensité moyenne les mesures effectuées à certains points de la grille dépend de l'ampleur de la convergence. Par exemple, une valeur fractionnaire de la convergence (p. ex. 4,5 degrés) déformera la figure de manière que les extrémités de l'ellipse atteindront une ligne de la grille, si bien que les mesures faites à ces points seraient prises en compte dans le calcul.

### **Valeurs minimales et maximales**

19.2.14 Il est prévu que le faisceau devra avoir une certaine uniformité, sans crêtes ni creux d'intensité marqués. Ainsi, conformément à l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5, § 5.3.1.11 et 5.3.1.12, sur le périmètre et à l'intérieur de l'ellipse définissant le faisceau, les intensités ne doivent pas être inférieures à un minimum égal à la moitié de l'intensité moyenne ni supérieures à un maximum égal à trois fois la valeur de l'intensité minimale (une fois et demie la moyenne). Cela signifie que le facteur d'uniformité sera tel que les intensités individuelles se situeront à  $\pm 50$  % de la moyenne. Par exemple, si l'intensité moyenne mesurée est de 240 cd, le minimum sera de 120 cd et le maximum de 360 cd.

### **Valeurs minimales des périmètres isocandelas**

19.2.15 Il est prévu aussi que la distribution photométrique devrait être continue et uniforme à l'intérieur des autres courbes isocandelas. Ainsi, à l'intérieur des zones délimitées par les courbes isocandelas, les intensités individuelles ne devraient pas être inférieures aux valeurs observées à chaque courbe.

### **Tolérances**

19.2.16 Pour déterminer la conformité avec l'intensité moyenne du faisceau principal et avec les intensités minimales à l'intérieur des périmètres isocandelas, la grille devrait être située de manière qu'un de ses points coïncide avec l'intersection des axes horizontal et vertical définis au § 19.2.3.

### **Ensembles lumineux omnidirectionnels**

19.2.17 Dans le cas des ensembles lumineux omnidirectionnels, l'intensité devrait être mesurée pour une grille dont les lignes devraient être séparées d'un degré dans le sens vertical et de 30 degrés dans le sens horizontal. Pour chaque exploration verticale, les valeurs mesurées devraient satisfaire les besoins minimaux, et la moyenne calculée de ces valeurs devrait correspondre à la valeur de l'intensité moyenne minimale. Il faudrait inspecter l'ensemble lumineux pour établir s'il comporte des supports internes ou d'autres éléments qui pourraient occulter le faisceau. Quand un occultage est possible, la diminution de l'intensité lumineuse dans chaque angle d'un degré ne devrait pas être inférieure à 75 % du minimum.

*Note.— Pour les petits feux à faible intensité, il peut se révéler nécessaire de procéder à la mesure photométrique d'une distance inférieure à 20 m, mais non inférieure à 3 m. La validité de toute mesure peut être démontrée en procédant aux mesures à une série de distances croissantes et en comparant les valeurs d'intensité obtenues. Cela devrait permettre d'établir une distance au-delà de laquelle l'intensité calculée demeure constante. On pourrait considérer que cette distance est la distance de mesure minimale acceptable pour le type de feu qui est contrôlé.*



**Norme pour l'aérodrome**

19.2.18 Toutes les valeurs isocandelas spécifiées sont des minimums. Ainsi, il est possible de fabriquer un ensemble lumineux dont l'intensité est nettement supérieure à celle qui est spécifiée. Aucune intensité maximale des feux n'est spécifiée. En supposant que l'intensité spécifiée moyenne doive être de 200 cd (Annexe 14, Volume I, Appendice 2, Figure A2-13), un ensemble lumineux peut être jugé conforme, que son intensité moyenne satisfasse tout juste ce besoin ou qu'elle le dépasse nettement, tant que le facteur d'uniformité des feux individuels ne dépasse pas  $\pm 50\%$  à l'intérieur du faisceau principal. Si tous les ensembles lumineux disponibles jugés conformes aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I, sont traités également aux fins des achats, l'intensité de balisages lumineux différents mais du même type risque d'être déséquilibrée. Ainsi, si les feux installés satisfont tout juste la moyenne requise de 200 cd et si l'on achète par la suite des ensembles dont l'intensité moyenne est de 600 cd, un déséquilibre immédiat de 3 à 1 sera créé dans la configuration. Si les premiers ensembles sont réparés parce que leur intensité initiale a diminué de moitié (tombe à 100 cd) alors que les feux achetés plus tard fonctionnent parfaitement, le déséquilibre peut être de l'ordre de 6 à 1. Les exploitants d'aérodrome devraient donc avoir à l'esprit le niveau d'intensité lumineuse des premiers ensembles achetés. Cela établit une norme pour l'aérodrome, et les nouveaux dispositifs lumineux ou le remplacement des ensembles lumineux existants devraient respecter cette norme. Pareilles considérations devraient être prises en compte à l'égard des rapports d'intensité établis entre les feux de bord de piste, les feux d'axe de piste et les feux d'approche (1,0:0,5:2,0).

**19.3 FEUX À ÉCLATS**

19.3.1 Il est généralement admis que lorsqu'un signal lumineux se compose de brefs éclats successifs, l'intensité maximale pendant les éclats ne peut être utilisée pour estimer la distance de laquelle le signal peut être vu (comme le permet l'application de la loi d'Allard pour les feux fixes). Blondel et Rey ont démontré que le seuil d'éclairement permettant d'apercevoir un éclat instantané (éclat produisant un éclairement relativement constant pendant toute sa durée) est obtenu par l'application de la formule :

$$E = E_0 \frac{a + t}{t} \quad (1)$$

où  $E_0$  est le seuil d'éclairement d'un feu fixe,  $t$  est la durée de l'éclat, et  $a$  est une constante égale à 0,2 quand  $t$  est exprimée en secondes.

19.3.2 Il est commode d'étalonner les feux à éclats en fonction de leur intensité efficace. Un feu à éclats d'une intensité efficace donnée pourra être vu de la même distance qu'un feu fixe ayant la même valeur numérique. Ainsi,

$$I_e = \frac{I^* E_0}{E}$$

où  $I_e$  est l'intensité efficace et  $I^*$  l'intensité instantanée produisant l'éclairement  $E$ .

Pour un éclat instantané d'éclairement constant :

$$I_e = \frac{I^* t}{a + t} \quad (2)$$

19.3.3 L'intensité des feux à éclats d'aéroport ne varie cependant pas brusquement mais elle augmente et diminue graduellement et peut beaucoup varier pendant la durée de l'éclat. Si l'éclat est très bref, ou si la durée pendant laquelle

l'intensité diminue ou augmente est brève par rapport à la durée totale de l'éclat, seules seraient introduites de faibles incertitudes dans la durée de l'éclat calculée en multipliant l'intensité de crête par la durée de l'éclat pour la quantité  $I*t$ . Dans de nombreux cas cependant, des erreurs marquées se produiraient et il faut donc modifier l'équation (2).

19.3.4 C'est pourquoi de nombreuses évaluations des feux à éclats consistent à mesurer leur intensité de sortie en candelas/seconde de l'éclat, intégrée sur toute sa durée, c'est-à-dire :

$$\text{Candelas/seconde} = \int_{t_1}^{t_2} Idt$$

où  $I$  est l'intensité instantanée et  $t_2 - t_1$  ne dépasse pas 0,5 seconde.

19.3.5 Quand la spécification relative aux feux anticollision d'aéronef a été rédigée, il a été suggéré que l'équation (2) soit modifiée comme suit :

$$Ie = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Idt}{0,2 + (t_2 - t_1)} \quad (3)$$

19.3.6 La signification de l'intégrale  $Idt$  et les moments  $t_1$  et  $t_2$  sont illustrés à la Figure 19-1.

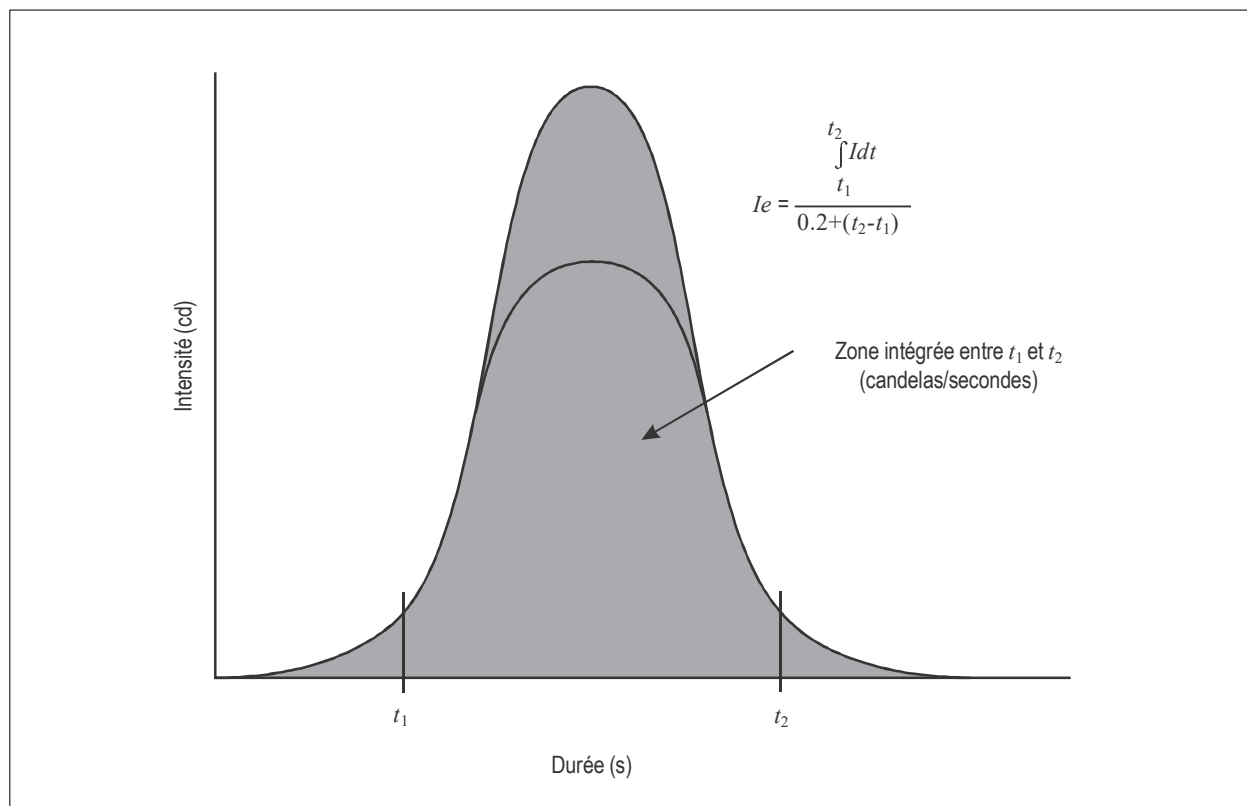


Figure 19-1. Feu à éclats typique dont l'intensité augmente et diminue progressivement

19.3.7 Au lieu d'utiliser une série de limites arbitraires, par exemple en choisissant pour  $t_1$  et  $t_2$  les moments pendant lesquels  $I$  est égale à 10 % de l'intensité de crête de l'éclat, il est recommandé que les limites retenues soient celles qui produisent une valeur de  $I_e$  qui est maximale quand les limites de  $t_1$  et de  $t_2$  sont les moments auxquels l'intensité instantanée est égale à  $I_e$ . Étant donné que l'intensité instantanée  $I$  et les durées  $t$  sont inconnues, il faut répéter les calculs pour maximiser  $I_e$ . Il est important de noter que les moments  $t_1$  et  $t_2$  ne correspondent pas au début exact et ne se terminent pas à la fin exacte de l'éclat, mais qu'ils le suivent et le précèdent, respectivement, pour maximiser  $I_e$ .

19.3.8 Le calcul peut être simplifié quand l'éclat ne dure que quelques millisecondes, auquel cas la valeur de  $(t_2 - t_1)$  est telle que  $[0,2 + t_2 - t_1]$  tend vers 0,2 seconde ; l'intensité efficace est alors obtenue par l'équation :

$$I_e = \frac{\int Idt}{0,2} = 5 * \int Idt \quad (4)$$

où  $Idt$  est intégrée sur tout le cycle de l'éclat.

Dans ce cas, on peut établir  $I_e$  en utilisant un détecteur intégrateur pour mesurer et enregistrer la valeur de l'éclat en candelas/seconde et en multipliant par 5 la valeur obtenue.

19.3.9 Le signal d'un feu à éclats peut se composer d'éclats lumineux uniques, leurs intervalles étant tels que chaque éclat influence très peu l'intensité efficace des éclats suivants. Si l'intensité nécessaire pour rendre le feu visible dans certaines circonstances est inférieure à  $I_e$ , l'éclat observé semble être continu et il comporte deux crêtes. En revanche, si l'intensité seuil est de l'ordre de  $I_e$ , on perçoit deux éclats. La distance maximale de laquelle la lumière peut être vue sera déterminée par l'intensité efficace d'un éclat unique calculée pendant l'intervalle  $t_1$  à  $t_2$ .

19.3.10 Il est possible de concevoir des feux qui produisent plusieurs éclats très brefs en succession si rapide qu'une série d'éclats semble constituer à l'œil un éclat unique. Si, dans une série d'éclats telle que celle qui est représentée à la Figure 19-2, les périodes au cours desquelles l'intensité instantanée du feu est inférieure à l'intensité efficace de l'éclat durent environ 10 millisecondes ou moins, cette série d'éclats sera perçue comme un éclat unique.

19.3.11 Il faut alors calculer l'intensité efficace en appliquant l'équation (5), en choisissant pour les moments  $t_1$  et  $t_2$  le premier et le dernier moment auxquels l'intensité instantanée est  $I_e$ . Il convient de noter que  $I_e$  est l'intensité efficace de la série et non d'un éclat unique.

$$I_e = \frac{t_1 \int^{t_a} Idt + t_b \int^{t_c} Idt + t_d \int^{t_e} Idt + t_f \int^{t_2} Idt}{a + (t_2 - t_1)} \quad (5)$$

19.3.12 L'expérience montre que si les moments choisis pour l'intégration initiale sont ceux auxquels l'intensité instantanée est égale à environ 20 % de l'intensité de crête, seul un calcul supplémentaire est nécessaire pour obtenir la valeur de l'intensité efficace, qui se situe à moins de 1 ou 2 % de la valeur maximale. Cette précision est dans les limites de celle avec laquelle l'intégrale est évaluée au moyen d'un planimètre. Un seul calcul est souvent suffisant si, au lieu d'utiliser comme limites de l'intégration initiale des moments auxquels  $I_e$  est égale à 20 % de l'intensité de crête, les moments utilisés sont ceux auxquels l'intensité instantanée est égale au produit de l'intensité de crête par le nombre de secondes qui s'écoulent entre les moments auxquels l'intensité instantanée est égale à environ 5 % de l'intensité de crête.

### **Assimilation à des feux fixes**

19.3.13 La durée des éclats de certains feux peut être assez longue pour que, si le mécanisme des éclats est désarmé et si l'intensité est mesurée pendant que le feu fonctionne en mode de feu fixe, l'erreur ne soit pas significative. Ce serait le cas quand l'éclat dure plus de 200 ms (0,2 s). C'est pourquoi les feux de protection de piste, certains phares d'aérodrome rotatifs, les feux d'obstacle rouges incandescents à moyenne intensité, etc., peuvent être mesurés comme s'ils étaient des feux fixes.

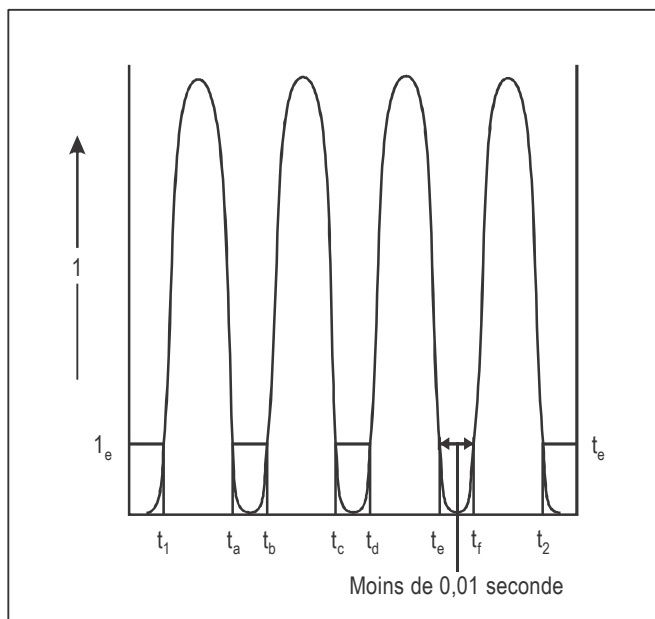


Figure 19-2. Feu à éclats très brefs

### Méthode de mesure

19.3.14 L'Annexe 14, Volume I, ne contient un diagramme isocandela relatif aux ensembles lumineux à éclats que pour les feux de protection de piste. C'est pourquoi la mesure des intensités exige que les besoins minimaux soient vérifiés à des points spécifiés de l'espace et avec des ouvertures verticales minimales des faisceaux. De plus, pour les ensembles lumineux à décharge de condensateur :

- la vérification devrait être effectuée avec la longueur maximale et la dimension réelle du câble qui serait utilisé dans l'installation la plus critique ;
- la mesure devrait commencer au moins 10 minutes après leur mise sous tension ;
- le taux de défaillance des éclats ne devrait pas dépasser 1 sur 100 ;
- la décharge peut être quelque peu instable si bien que l'intensité de crête de chaque éclat ne peut être répétée avec exactitude. C'est pourquoi il faudrait mesurer une série de brefs éclats individuels et établir une moyenne sur au moins 5 éclats pour obtenir une valeur moyenne de candelas/seconde puis multiplier par 5 le résultat obtenu.

## Appendice 1

### **BESOINS OPÉRATIONNELS AUXQUELS DOIVENT RÉPONDRE LES SYSTÈMES DE GUIDAGE VISUEL POUR L'ACCOSTAGE « NEZ DEDANS »**

1. Le système doit fournir un guidage visuel d'entrée positif et, lorsqu'il est en service, il doit pouvoir être vu par le pilote pendant toute la durée de la manœuvre d'accostage.
2. Le guidage assuré doit être facile à identifier et pouvoir être interprété sans ambiguïté.
3. Il ne doit pas y avoir de solution de continuité entre les systèmes de guidage visuel pour le stationnement et pour l'accostage.
4. Les dispositifs de visualisation doivent être facilement visibles pour un pilote qui approche vers le système, quelles que soient les sources de distraction environnantes.
5. Le montage du dispositif au-dessus du niveau de l'aire de trafic ne devrait pas être critique par rapport à l'angle de vision du pilote tandis que l'aéronef se rapproche du poste de stationnement.
6. Le système devrait assurer un guidage directionnel (gauche/droite) utilisant des signaux à signification évidente qui indiquent au pilote la position de l'aéronef par rapport à la ligne de guidage longitudinal.
7. Le guidage fourni par le système devrait être tel que le pilote puisse acquérir et conserver le guidage longitudinal et le guidage d'arrêt sans manœuvres excessives.
8. Le système devrait pouvoir répondre aux variations de la hauteur des yeux du pilote, y compris celles qui résultent du chargement de l'aéronef.
9. Le système destiné à assurer le guidage directionnel (gauche/droite) devrait être aligné pour être utilisé par le pilote qui occupe le siège de gauche.
10. Les indications sur la vitesse de rapprochement longitudinal devraient être associées ou incorporées au système.
11. Un signal d'arrêt non équivoque pour chaque type d'aéronef, de préférence installé en permanence et n'exigeant pas l'intervention sélective du personnel au sol, devrait être associé au système. De préférence, la méthode utilisée pour indiquer le point d'arrêt ne devrait pas obliger le pilote à tourner la tête et devrait pouvoir être utilisée par les deux pilotes.
12. Le guidage fourni ne devrait pas être perturbé par des facteurs extérieurs comme l'état de la chaussée, les conditions météorologiques et les conditions d'éclairage.
13. La précision du système devrait être adaptée au type de passerelle d'embarquement avec lequel il doit être utilisé.

**Besoins connexes pour l'accostage**

14. Des renseignements précisant si le dock est en service ou hors service devraient être fournis et, si le dock est hors service, ces renseignements devraient indiquer le point où le pilote est censé arrêter l'aéronef.

15. Il peut être nécessaire de prévoir la présence d'un surveillant de sécurité capable d'indiquer au pilote s'il faut effectuer un arrêt d'urgence.

---

## Appendice 2

### **BESOINS OPÉRATIONNELS AUXQUELS DOIVENT RÉPONDRE LES SYSTÈMES DE GUIDAGE VISUEL POUR LE STATIONNEMENT**

1. Le système doit fournir un guidage visuel d'entrée positif et, lorsqu'il est en service, il doit pouvoir être vu continuellement par le pilote.
2. Le guidage assuré doit être facile à identifier et pouvoir être interprété sans ambiguïté.
3. Le poste de stationnement doit pouvoir être clairement identifié par le pilote bien avant que l'aéronef n'ait atteint un point de la procédure de stationnement au-delà duquel il serait difficile de changer de direction de manière sécuritaire pour se diriger vers un autre poste de stationnement.
4. Le système devrait comporter un panneau d'identification uniformisé pour les postes de stationnement d'aéronef.
5. Un signal visuel net doit être associé au système pour indiquer le début du virage final lorsqu'un tel virage est nécessaire pour rejoindre le point de stationnement.
6. Un guidage positif est nécessaire pour l'alignement final.
7. Un signal d'arrêt positif doit être associé au guidage d'alignement final.
8. De préférence, la méthode utilisée pour indiquer le point d'arrêt précis ne devrait pas obliger le pilote à tourner la tête.
9. Le système devrait être installé selon le principe de « la roue avant de l'aéronef sur la ligne de guidage ».
10. S'il y a lieu d'indiquer différents points d'arrêt pour différents types d'aéronefs, ces indications devraient, de préférence, avoir un caractère permanent et ne pas dépendre de l'intervention humaine.
11. Un guidage de sortie continu peut être nécessaire depuis le point où le pilote prend le contrôle de l'aéronef jusqu'au point où le guidage de voie de circulation peut être utilisé.
12. Des feux encastrés devraient être utilisés de préférence pour compléter les lignes de guidage et les indications de points de virage et d'arrêt qui sont peintes sur la chaussée. Une commande sélective devrait être prévue lorsque les conditions d'exploitation et de visibilité l'exigent.
13. Il devrait y avoir une différence de couleur entre les feux encastrés et les feux axiaux de voie de circulation.





## Appendice 3

# CHOIX, APPLICATION ET ENLÈVEMENT DES PEINTURES

### GÉNÉRALITÉS

1. Pour que les marques de piste et de voie de circulation soient bien visibles et durables, il faut choisir et appliquer la peinture avec soin. Le présent appendice contient des éléments indicatifs à cet effet. Certaines précautions doivent être prises lorsqu'on doit repeindre ces marques et cette activité doit être coordonnée avec les opérations aériennes pour assurer la sécurité des aéronefs, du personnel et du matériel.

### CHOIX DES PEINTURES

#### Types de peintures

2. On trouve sur le marché plusieurs types de peintures qui sont jugés acceptables pour peindre des marques sur les chaussées. On distingue notamment à cet effet les peintures à base d'huile, de latex, de résines acryliques ou vinyliques, d'oléorésines et d'émulsions aqueuses. Récemment, les liants ont été modifiés dans leurs proportions et différents types de solvants ont été combinés ; on a ainsi amélioré certaines caractéristiques de ces peintures pour qu'elles soient plus faciles à appliquer, qu'elles se conservent mieux et qu'elles donnent en général de meilleurs résultats. Le temps de séchage étant un point très important dans l'application des marques de chaussées sur certaines surfaces, ces peintures peuvent également être classées en fonction de leur temps de séchage, comme suit :

- a) séchage normal — 7 minutes ou plus ;
- b) séchage rapide — de 2 à 7 minutes ;
- c) séchage ultrarapide — de 30 à 120 secondes ;
- d) séchage instantané — moins de 30 secondes.

3. Deux types de peintures ont été spécialement mis au point pour les marques d'aérodrome : une peinture à l'huile (résine alkyde) et une peinture à émulsion aqueuse. Ces deux types de peintures sont tenus de satisfaire à des épreuves portant sur des propriétés physiques et des normes de rendement spécifiées. Ils existent en blanc et en jaune et peuvent être utilisés séparément ou comme liant de grains rétro réfléchissants. À certains aérodromes qui ont des chaussées de couleur claire, on utilise également une peinture à l'huile noire pour tracer une bordure autour des marques et améliorer ainsi le contraste. Un temps de séchage maximal de 30 minutes est généralement acceptable avant que la circulation des véhicules puisse être autorisée sur les nouvelles marques sans que la peinture soit enlevée de la chaussée, adhère aux pneus ou fasse des taches en d'autres points de la surface. Le temps maximal admissible pour que la peinture de l'épaisseur indiquée sèche sur toute l'épaisseur de la couche est de deux heures.

4. D'autres types de peintures utilisés pour les marques de circulation urbaine peuvent convenir pour les marques d'aérodrome mais, avant de les employer, il faudrait évaluer avec soin les résultats que l'on obtient avec ces peintures dans les conditions particulières qui sont liées aux aérodromes. À certains emplacements, il faudra peut-être

des peintures ayant des qualités spéciales du point de vue de l'application ou de la résistance à des facteurs inhabituels ayant une incidence sur la durée de vie des marques. Par exemple, il faudra peut-être des peintures spéciales dans les régions très froides où les températures ne s'élèvent souvent pas suffisamment pour permettre de peindre, dans certaines régions anormalement humides, dans d'autres régions où des micro-organismes ou des plantes attaquent la peinture ordinaire, et partout où l'on rencontre d'autres conditions inhabituelles. Lorsqu'il n'est pas possible de se procurer de la peinture pour marques d'aérodrome, on peut être amené à utiliser un autre type de peinture, par exemple de la peinture pour marques routières, mais les résultats obtenus et la durée des marques seront peut-être moins bons.

### **Types de chaussée**

5. Les deux types de peintures spéciales pour marques d'aérodrome peuvent généralement être appliqués sur le béton de ciment Portland (chaussée rigide) ou de ciment bitumineux/asphaltique (chaussée souple) et sur les zones précédemment peintes de ces surfaces. Il peut être préférable d'utiliser une peinture à émulsion aqueuse sur les revêtements qui n'ont pas encore complètement durci, notamment l'asphalte, parce qu'elle résiste mieux au ressuage. D'autres types de peintures peuvent être satisfaisants pour telle surface et non pour telle autre.

### **Types de service**

6. Les marques tracées sur les pistes et les voies de circulation ne s'usent généralement pas par frottement comme celles qui sont tracées sur les routes. L'usure des marques de seuil, de zone de toucher des roues et d'axe de piste est causée par les particules de caoutchouc qui se déposent lorsque les roues des aéronefs accélèrent au contact de la piste à l'atterrissage. L'usure des autres marques, en particulier des marques latérales de piste, est habituellement due aux effets des conditions météorologiques et à l'accumulation de saleté. La résistance au frottement n'est donc pas un élément primordial dans le choix des peintures à utiliser pour les marques de chaussée d'aérodrome. La meilleure peinture est celle qui est compatible avec le type de revêtement, qui demeure bien visible et qui peut être appliquée facilement à la bonne épaisseur. Une peinture ayant une épaisseur de feuil frais de 0,4 mm s'est révélée satisfaisante dans la plupart des cas.

### **Coefficient de frottement**

7. Les deux peintures courantes de marques d'aérodrome assurent un bon coefficient de frottement sur le béton de ciment Portland ou de ciment bitumineux et fournissent normalement un bon effet de freinage. Si de meilleures propriétés antidérapantes sont requises pour les zones peintes, ce qui pourrait être le cas si des marques réfléchissantes sont prévues, on a constaté que l'on pouvait efficacement ajouter de l'alumine calcinée et du verre angulaire de dimensions telles que le matériau traverse un tamis de 150 microns et que moins de 5 % du matériau soit retenu par un tamis de 45 microns. Il sera bon d'observer les instructions du fabricant en ce qui concerne la quantité d'additifs à utiliser et la méthode de mélange.

### **Caractéristiques des peintures**

8. De légères modifications de la composition peuvent faire varier considérablement la qualité d'une peinture. Pour obtenir une peinture de la qualité voulue, il est préférable de prescrire l'exécution d'essais répondant à certaines exigences plutôt que de prescrire l'utilisation d'une peinture correspondant à une formule donnée. Toutefois, ces essais doivent être choisis avec soin pour évaluer toutes les qualités essentielles d'une peinture permettant de tracer des marques acceptables ; ils doivent être faciles à exécuter et permettre de distinguer à coup sûr entre une peinture satisfaisante et une qui ne l'est pas. Pour les pigments, les critères fondamentaux sont la stabilité de la couleur, l'opacité et la durabilité. Des agents de suspension et de dispersion peuvent être utilisés pour éviter une sédimentation et une

concrétion excessives. Le liant de la peinture fournit un bon nombre des caractéristiques désirées pour la conservation, le mélange, l'application et l'adhérence. On peut ajouter au liant des agents pour éviter la formation de peaux et la sédimentation. Le solvant ou le vernis détermine le temps de séchage, la facilité d'application, la flexibilité, l'adhérence, la résistance au ressuage, les propriétés antidérapantes et la concentration des pigments. Pour certains types de peintures, il peut être nécessaire de spécifier les quantités minimales ou maximales de certains composants des solvants.

### **CHOIX DES ÉLÉMENTS RÉTRORÉFLÉCHISSANTS (GRAINS DE VERRE)**

#### **Conditions d'utilisation des marques réfléchissantes**

9. Des marques d'aérodrome réfléchissantes sont utilisées pour améliorer la visibilité de nuit, notamment lorsqu'elles sont mouillées. Étant donné que ces marques coûtent plus cher que les marques ordinaires, certaines administrations pourront réserver les marques rétroréfléchissantes aux aérodromes qui pourront vraiment tirer profit de leur meilleure visibilité. Les aérodromes qui ne sont ouverts que pendant les heures de jour, ou qui ne sont utilisés que par des aéronefs non dotés de phares d'atterrissage ou de circulation, n'ont pas besoin de marques réfléchissantes. Ces marques ne sont peut-être pas nécessaires non plus sur les pistes dotées de feux axiaux et de feux de zone de toucher des roues en état de marche. Toutefois, les marques rétroréfléchissantes peuvent être utiles pour les mouvements de nuit par bonne visibilité, lorsque les feux axiaux et les feux de zone de toucher des roues ne sont pas allumés. Des essais ont montré que l'inclusion de grains de verre dans les marques les rendent au moins cinq fois plus réfléchissantes.

#### **Caractéristiques des grains de verre**

10. Les principales caractéristiques des grains rétroréfléchissants dont il faut tenir compte en vue de leur utilisation pour les marques d'aérodrome sont la composition, l'indice de réfraction, le calibre et les imperfections. On a constaté qu'il était préférable, pour les marques d'aérodrome, d'utiliser des grains de verre sans plomb et sans enduit, ayant un indice de réfraction égal ou supérieur à 1,9 et un diamètre de 0,4 à 1,3 mm et comportant moins de 33 % d'imperfections. Les grains de verre dont l'indice de réfraction est de 1,5 ne sont pas aussi efficaces que ceux dont l'indice de réfraction est supérieur, mais ils n'en permettent pas moins d'augmenter la réflectivité des marques, et ils sont moins sujets aux dommages mécaniques dans certaines circonstances. C'est pourquoi, dans certaines situations, des marques contenant des grains de verre dont l'indice de réfraction est de 1,5 et des marques contenant des grains de verre dont l'indice de réfraction est de 1,9 ou plus peuvent à la longue se révéler également efficaces.

11. Étant donné le faible degré d'usure par frottement des marques de piste et de voie de circulation, il n'est pas très efficace de prémélanger les grains dans la peinture. La méthode qui consiste à déposer directement les grains sur la peinture fraîche donne les meilleurs résultats. Pour obtenir une bonne adhérence des grains, il faut les déposer immédiatement sur la peinture qui vient d'être appliquée, surtout s'il s'agit d'une peinture à séchage instantané.

### **APPLICATION DES PEINTURES**

#### **Généralités**

12. Avant le début des travaux, tous les matériaux et équipements utilisés pour les exécuter, y compris ceux qui servent à nettoyer convenablement les surfaces, doivent être approuvés par le technicien responsable du chantier.

### Préparation de la surface du revêtement

13. Il faut nettoyer convenablement la surface du revêtement avant de la peindre ou de la repeindre. La surface à peindre doit être sèche et exempte de poussière, de graisse, d'huile, de laitance, de dépôts de caoutchouc ou autres corps étrangers qui pourraient réduire le lien entre la peinture et le revêtement.

14. Il ne faut pas appliquer une peinture froide (à la température normale) lorsque la température de la surface est inférieure à 5 °C. Le temps ne devrait être ni brumeux ni venteux. Lorsque la température ambiante est froide, on peut utiliser une méthode de pulvérisation à chaud ou de réchauffage de la peinture, dans laquelle la peinture est réchauffée à 50 °C ou plus avant d'être appliquée.

15. Pour le traitement des surfaces, il est recommandé de procéder comme suit :

- a) **Nouvelle chaussée (ou chaussée avec nouveau revêtement).** Il faut laisser durcir suffisamment avant de peindre, pour éviter l'écaillage et le cloquage. Il est recommandé de laisser durcir pendant 30 jours avant d'appliquer une peinture à base d'huile.
  - 1) **Béton de ciment Portland.** Après durcissement, la surface doit être nettoyée au jet de sable ou au jet d'eau à haute pression. Il peut être nécessaire d'attaquer le béton à l'acide pour éliminer l'alcalinité et les sels carbonés et pour améliorer l'adhérence à des particules d'agrégat lisses et vitrifiées. On peut utiliser de l'huile de lin en solution pour obtenir une meilleure adhérence.
  - 2) **Béton asphaltique.** Certaines peintures à liants multiples peuvent être appliquées 24 heures après la pause d'un revêtement bitumineux. Une couche de fond peut être utilisée pour empêcher le ressuage de ces surfaces, surtout lorsque le temps de durcissement est réduit. À cet effet, on peut appliquer sur le nouveau revêtement une couche de fond de la peinture normalement utilisée pour les marques, diluée à 50 % environ. Dès que l'asphalte est durci, on peut appliquer une deuxième couche sur les marques. Lorsque l'asphalte pose de graves problèmes de ressuage et que l'on utilise des peintures qui résistent moins bien à ce phénomène, on peut employer pour la couche de fond une peinture à l'aluminium ayant une épaisseur de feuille frais d'environ 0,5 mm.
- b) **Ancienne chaussée (nouvelles marques).** Les marques existantes qui ne sont plus valables doivent être enlevées par les méthodes décrites aux § 20 à 23 et les surfaces doivent être nettoyées.
- c) **Nouvelle peinture sur des marques existantes.** Pour enlever les traces de pneus et les dépôts de caoutchouc sur les marques existantes, il faut utiliser du phosphate trisodique ou d'autres produits de nettoyage, puis frotter et rincer avec de l'eau à basse pression. Tout corps étranger pouvant causer une mauvaise adhérence à la peinture existante doit être enlevé.

*Note.— Ne pas utiliser de solution contenant plus de 1 ou 2 % de savon ou de détergent, car il faudrait rincer longuement pour enlever la pellicule de savon.*

### Matériel de peinture

16. Le matériel de peinture devrait comprendre au moins un marqueur mécanique, un appareil pour le nettoyage de la surface et du matériel auxiliaire de peinture à la main. Le marqueur mécanique devrait être un pulvérisateur convenant pour le type de peinture à utiliser. Il devrait produire un feuillet d'épaisseur uniforme possédant le pouvoir couvrant spécifié et faire des bords bien nets, sans coulures, éclaboussures ni excès de pulvérisation. Il devrait appliquer correctement les grains de verre si l'on veut que les marques soient rétroréfléchissantes.

### Méthodes d'application

17. Une fois que la chaussée est bien sèche et que les surfaces ont été convenablement traitées et nettoyées pour le type de peinture à utiliser, tracer les contours des marques que l'on veut peindre.
18. Avant l'application de la peinture, le tracé des marques, l'état de la surface, l'équipement et les matériaux à utiliser et les méthodes d'application doivent être approuvés par le technicien responsable des travaux.
19. On procédera selon une méthode analogue à celle qui est décrite ci-dessous.
- Établir avec le contrôle de la circulation aérienne des procédures et des communications de sécurité pour protéger les aéronefs, le personnel et le matériel, ainsi que les surfaces fraîchement peintes.
  - Mélanger la peinture conformément au mode d'emploi indiqué par le fabricant.
  - À l'aide de la machine à marquer, appliquer la peinture uniformément au taux de couverture spécifié, sans coulures, éclaboussures ni excès de pulvérisation. Un taux de couverture de 2,25 à 2,5 mètres carrés par litre s'est révélé satisfaisant pour fournir un feuillet frais d'environ 0,4 mm.
  - Veiller à ce que les bords des marques ne s'écartent pas de la ligne droite de plus de 12 mm en 15 mm et à ce que la tolérance pour les dimensions soit de  $\pm 5$  %.
  - Si l'on veut que les marques soient rétroréfléchissantes, appliquer les grains (billes) de verre uniformément sur la peinture fraîche au taux spécifié, avec un épandeur mécanique, au bon moment et avec la bonne pression pour obtenir une bonne adhérence. Un taux d'application compris entre 0,7 et 1,2 kg par litre de peinture s'est révélé satisfaisant.
  - Dès que la peinture est suffisamment sèche pour que l'on puisse marcher dessus, vérifier la couverture, l'aspect, l'uniformité, les dimensions et les défauts éventuels des zones peintes. S'assurer en outre qu'il n'y a pas de coulures, d'éclaboussures ni de peinture répandue sur les zones non marquées.
  - S'il y a des surfaces non recouvertes, des endroits où le feuillet est trop mince, des décolorations, des endroits où les tolérances n'ont pas été respectées ou qui présentent des défauts, retoucher ces endroits pour assurer une bonne uniformité.
  - Protéger les surfaces fraîchement peintes jusqu'à ce qu'elles soient suffisamment sèches pour recevoir le trafic.

### ENLÈVEMENT DES MARQUES PEINTES

20. Il peut être nécessaire d'enlever les marques existantes lorsqu'il faut les déplacer ou lorsque les aires ou les procédures d'exploitation sont modifiées, ou encore lorsque l'épaisseur des couches de peinture devient excessive. Il n'est pas conseillé de masquer des marques existantes avec de la peinture, sauf à titre provisoire, car la couche de peinture de surface finira par s'user et la couche sous-jacente deviendra visible et pourra prêter à confusion.

### Enlèvement mécanique

21. Le décapage au jet de sable est efficace et n'endommage guère la surface du revêtement. Le sable déposé sur la chaussée devrait être enlevé à mesure que le travail avance, pour éviter son accumulation. Un jet d'eau à haute pression ou un décapage hydraulique peut réussir sur certaines marques. Il n'est pas recommandé de passer les marques à la meule car cette opération risque d'endommager la surface du revêtement et de réduire le frottement pour le freinage.

### Enlèvement chimique

22. Si l'on utilise des produits chimiques pour enlever la peinture, une arrivée d'eau abondante et continue est généralement nécessaire pour réduire le risque d'endommager la surface de la chaussée et pour diluer les produits chimiques envoyés à l'égout ou dans les caniveaux.

### Enlèvement par brûlage

23. On enlève souvent les peintures par brûlage. Toutefois, les brûleurs utilisant un mélange d'air et de butane ou de propane, ou des mélanges de gaz et de pétrole liquide, ne dégagent pas une flamme très chaude et la longue durée d'exposition à la chaleur peut endommager la surface du revêtement. L'excès de chaleur fait fondre le béton asphaltique et fait s'effriter la surface du béton de ciment Portland. Des brûleurs utilisant du propane et de l'oxygène pur et produisant une flamme beaucoup plus chaude ont été récemment mis au point. Un excès d'oxygène a pour effet d'oxyder rapidement la peinture et de transférer moins de chaleur à la surface sous-jacente. Avec ces brûleurs, plusieurs couches de peinture peuvent être oxydées rapidement avec un risque minime, voire inexistant, d'endommager le revêtement. Des couches de peinture d'environ 0,5 mm peuvent être enlevées en une seule passe. Si la peinture est plus épaisse, il peut être nécessaire de repasser la flamme une ou plusieurs fois. Une fois la peinture oxydée, le résidu doit être enlevé de la surface avec une brosse métallique, une brosse mouillée ou un léger décapage au jet de sable.

## CONSIDÉRATIONS SPÉCIALES

### Marques striées

24. Dans certaines régions où il fait très froid, on utilise parfois des marques striées pour réduire les effets des gonflements provoqués par le gel, surtout lorsqu'il s'agit de marques assez larges comme les marques de seuil, les marques d'identification de piste, les marques de zone de toucher des roues et les marques de distance constante. Les marques striées sont constituées par des bandes alternativement peintes et non peintes, habituellement d'égale largeur ne dépassant pas 15 cm, et respectant les dimensions spécifiées de la marque. Toutefois, les marques striées sont moins visibles que les marques ordinaires lorsqu'elles sont observées à grande distance pendant l'approche, car le brillant de chaque marque devient égal à la moyenne du brillant des bandes peintes et non peintes. Les marques striées ne devraient donc être utilisées que si c'est nécessaire.

### Marques soulignées par une bordure noire

25. Les marques blanches de piste et les marques jaunes de voie de circulation risquent de ne pas offrir beaucoup de contraste lorsqu'elles sont peintes sur des chaussées de couleur claire. On peut améliorer leur visibilité en les soulignant d'une bordure de peinture noire. Cette bordure devrait être de préférence une bande de couleur noir mat d'au moins 15 cm de largeur, peinte avec une peinture routière de bonne qualité. Des bordures noires plus larges que la valeur minimale indiquée augmenteront la visibilité des marques. Les bordures noires n'ont pas besoin d'être repeintes aussi fréquemment que les marques.

---

## Appendice 4

### MÉTHODES DE CALCUL DES INTENSITÉS LUMINEUSES POUR LES CONDITIONS DE JOUR

1. Le pilote d'un aéronef qui atterrit dans de mauvaises conditions de visibilité a normalement besoin de distinguer un segment d'au moins 150 m de balisage lumineux d'approche et de piste. En exploitation de catégories I et II, le pilote doit voir ce segment à la hauteur de décision ou après l'avoir franchie ; en exploitation de catégorie III, un segment comparable de balisage lumineux est nécessaire aux fins du contrôle au-dessous de 30 m de hauteur. Une des méthodes appliquées pour formuler les spécifications des balisages lumineux de l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, est décrite ci-après.

2. La Figure A4-1 est une représentation géométrique du segment visuel de 150 m et de la position de ce segment, qui est déterminée par la trajectoire de vol de l'aéronef à une hauteur donnée quelconque.

3. Dans les calculs on admet les hypothèses suivantes :

- a) la pente de descente est de 3 degrés ;
- b) l'œil du pilote se trouve à 13 m au-dessus et à 28 m en avant de l'atterrisseur principal (dimensions typiques pour un avion gros-porteur) ;
- c) la hauteur de l'avion est rapportée à l'atterrisseur principal ;
- d) le point de visée pour l'atterrissage (où doit se poser l'atterrisseur principal) se situe à 300 m au-delà du seuil de piste ;
- e) l'angle d'occultation du poste de pilotage, qui définit le point le plus proche du segment visuel de 150 m, est de 15 degrés.

Il n'est pas tenu compte du temps correspondant au processus de prise de décision qui aura normalement pour effet, dans chaque calcul, d'augmenter la hauteur d'une valeur équivalant à 3 secondes de temps avant le passage à la hauteur de décision.

4. D'après la Figure A4-1, la portée visuelle nécessaire  $R$  pour un segment visuel de 150 m est donnée par :

$$R = \sqrt{h^2 + (150 + h / \tan 15)^2} \quad (1)$$

Toujours d'après la Figure A4-1, on peut calculer la distance  $d$  entre la partie la plus éloignée du segment visuel et le seuil de piste, en utilisant la formule :

$$d = h \left( \frac{1}{\tan 3} - \frac{1}{\tan 15} \right) - \left( \frac{13}{\tan 3} + 300 + 28 + 150 \right) \quad (2)$$

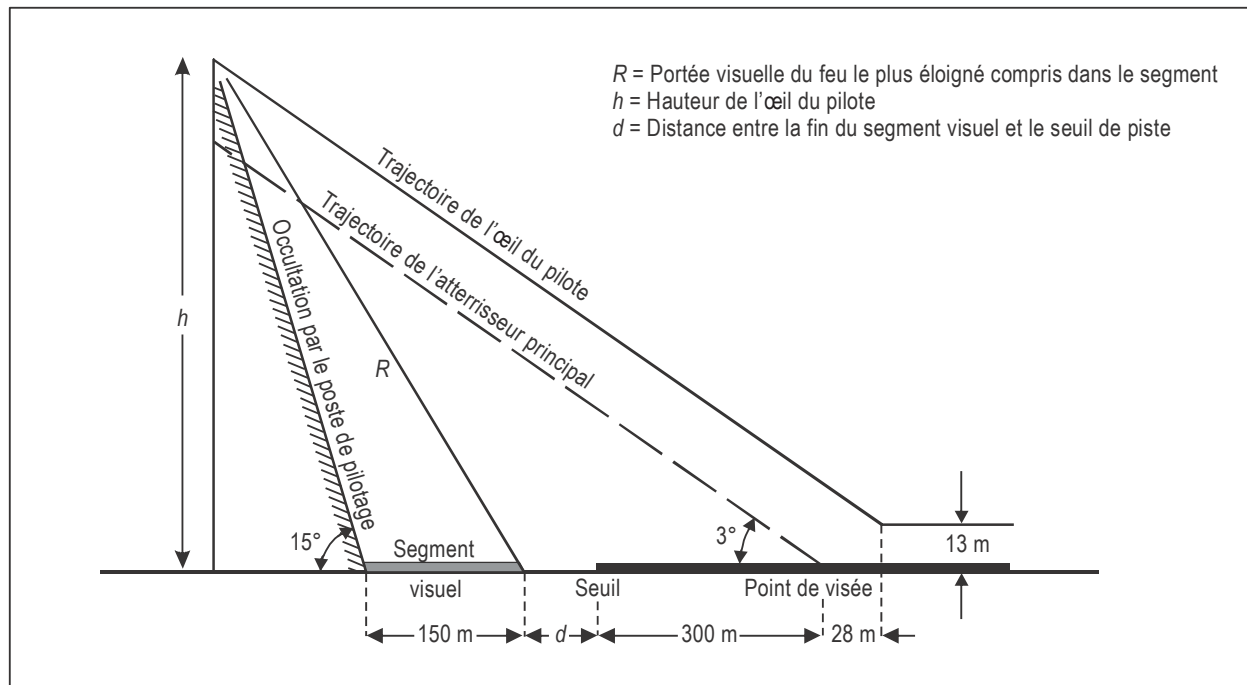


Figure A4-1. Géométrie pendant l'approche finale

5. En exploitation de catégorie I, les équations (1) et (2) montrent qu'à la hauteur de décision de 60 m, seuls les feux d'approche sont visibles. À mesure que l'approche se poursuit, la valeur de  $d$  diminue pour tomber à zéro. À la hauteur où  $d = 0$ , on admet que la valeur correspondante de  $R$  détermine la portée visuelle nécessaire des feux de seuil et de bord de piste. Pour les feux de zone de toucher des roues et les feux d'axe de piste, on admet qu'un segment de 150 m devrait être visible au toucher des roues, lorsque  $h = 13$  m.
6. Pour l'exploitation de catégorie II, la hauteur de décision étant fixée à 30 m, les équations (1) et (2) montrent que le segment visuel initial contient à la fois des feux d'approche et des feux de piste. La portée visuelle nécessaire est par conséquent la même pour les feux d'approche, les feux de seuil et les feux de bord de piste. Pour l'atterrissage, les feux de zone de toucher des roues et les feux d'axe de piste devraient avoir la même portée que pour les atterrissages de catégorie I.
7. Pour l'exploitation de catégorie III, dans des conditions de RVR d'au moins 200 m, il suffit que l'on puisse voir le segment visuel minimal de 150 m depuis la zone de toucher des roues et le balisage lumineux axial de piste pour l'atterrissage et le roulement.
8. Le Tableau A4-1 indique la portée visuelle nécessaire donnée par les équations (1) et (2) pour les différentes catégories d'exploitation.
9. Lorsqu'on a déterminé les distances minimales auxquelles le pilote doit voir différents feux du dispositif lumineux pour obtenir le segment visuel nécessaire de 150 m (Tableau A4-1), l'étape suivante consiste à calculer les intensités lumineuses nécessaires pour répondre à ces besoins.



**Tableau A4-1. Portée visuelle nécessaire pour répondre aux besoins opérationnels minimaux : segment visuel de 150 m**

Catégorie d'exploitation	Hauteur de décision (m)	RVR (m)	Coefficient d'extinction	Portée visuelle nécessaire $R$ (m)		
				Approche	Seuil ; bord de piste	Zone de toucher des roues ; axe de la piste
I	60	800	0,0063	430	330	200
II	30	400	0,016	310	310	200
III	0	200	0,039	—	—	200

10. L'équation utilisée est une forme modifiée de la loi d'Allard, exprimée comme suit :

$$E_{th} = [(I - L_o A) e^{-\sigma R}] R^{-2} \quad (3)$$

dans laquelle :

$E_{th}$  = l'éclairement de l'œil au seuil de détection à une distance  $R$

$I$  = l'intensité du feu

$L_o$  = la luminance de fond de ce feu

$A$  = la superficie de la source lumineuse

Cette modification ne s'impose que si la luminance moyenne du feu, donnée par  $I/A$ , diffère peu de  $L_o$ , c'est-à-dire dans les conditions de jour. Pour les conditions de nuit, on peut utiliser la forme de base de la loi d'Allard, comme suit :

$$E_{th} = \frac{I}{R^2} e^{-\sigma R}$$

11. Pour les conditions de jour, on admet une luminance de fond moyenne  $L$  de 10 000 cd/m<sup>2</sup>.

12. Si le facteur de luminance est de 0,35 pour la surface de la piste et si l'on admet que la luminance du feu éteint est négligeable par rapport à la valeur de  $L_o$ , on peut trouver une valeur de  $L_o$  au moyen de la relation  $L_o = 0,35 L$ .

13. On admet que les valeurs qui conviennent à  $A$  sont de 0,13 m<sup>2</sup> (diamètre 0,4 m) pour les feux d'approche et de 0,018 m<sup>2</sup> (diamètre 0,15 m) pour tous les autres feux.

14. Pour les conditions de jour, on admet que :

$$E_{th} = 2 \times 10^{-7} \times L \text{ lux}$$

Si l'on intègre ces valeurs admises dans l'équation (3), on obtient :

$$I = L (2 \times 10^{-7} \times R^2 e^{\sigma R} + 0,05)$$

pour les feux d'approche

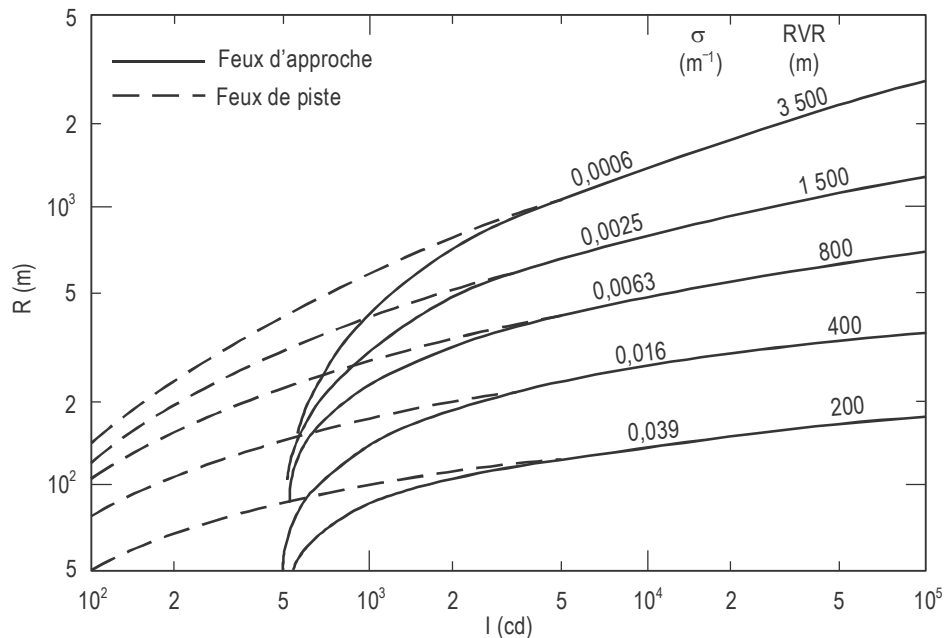
$$I = L (2 \times 10^{-7} \times R^2 e^{\sigma R} + 0,006)$$

pour les feux de piste

15. La Figure A4-2 représente ces relations, étant admis que  $L = 10\ 000\ \text{cd/m}^2$ . Elle montre clairement qu'après une brusque augmentation initiale aux faibles valeurs de l'intensité, la portée visuelle n'est que très peu influencée par l'intensité. Par exemple, pour compenser une diminution de moitié de la RVR, il peut être nécessaire d'augmenter  $I$  de plus de 10 fois. Inversement, des incertitudes en matière d'intensité qui seraient dues, par exemple, à des incertitudes concernant la luminance de fond, ne risquent pas d'influencer fortement la portée visuelle résultante.

16. Le Tableau A4-2 indique les intensités nécessaires pour répondre aux spécifications du Tableau A4-1. Dans le Tableau A4-2, les portées visuelles nécessaires sont indiquées entre parenthèses sous les intensités. Les symboles A, E et C désignent respectivement les feux d'approche, les feux de bord de piste et les feux d'axe de piste. On admet que les feux de seuil de piste ont les mêmes intensités que les feux de bord de piste et que les feux de zone de toucher des roues ont les mêmes intensités que les feux d'axe de piste.

17. Si l'on compare les valeurs du Tableau A4-2 avec les intensités moyennes minimales qui sont données pour les feux dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, on constate que plusieurs intensités du Tableau A4-2 sont beaucoup trop élevées. Cela signifie que certaines des combinaisons RVR-segment visuel sont impossibles à réaliser.



**Figure A4-2. Portée visuelle  $R$ , fonction de l'intensité lumineuse  $I$ , pour une luminance de fond  $L = 10\ 000\ \text{cd/m}^2$**

**Tableau A4-2. Intensité lumineuse permettant de répondre aux spécifications du Tableau A4-1**

RVR (m)	$\sigma$ (m <sup>-1</sup> )	Intensité (candelas)		
		A	E	C
200	0,039	—	—	2,0 x 10 <sup>5</sup> (200)
400	0,016	28 000 (310)	27 000 (310)	2 000 (200)
800	0,0063	6 100 (430)	1 800 (330)	340 (200)
1 500	0,0025	1 600 (430)	560 (330)	190 (200)
2 500 (Vm = 5 000)	0,0011	1 100 (430)	370 (330)	160 (200)
5 000 (Vm = 10 000)	0,00030	920 (430)	300 (330)	140 (200)

Vm = visibilité météorologique  
Segment visuel = 150 m

18. Après avoir établi dans le Tableau A4-2 les valeurs idéales de l'intensité qui garantissent que le pilote obtiendra un segment visuel de 150 m, il faut faire un autre calcul avant de dresser le tableau recommandé des valeurs de l'intensité. On obtient ainsi le Tableau A4-3 dans lequel l'effet variable des luminances de fond calculées en fonction de la hauteur du soleil et de la nébulosité sont prises en compte grâce aux multiplicateurs de luminance *LM*. Ces multiplicateurs sont calculés de la façon suivante :

- a) Pour une extinction météorologique  $\sigma$  et une portée visuelle *R* requise données, l'intensité *I* requise est proportionnelle à la luminance de fond *L*. Cela signifie que l'on peut calculer *I* pour toute valeur de *L* à partir de la valeur de *I* qui correspond à  $L = 10\,000\text{ cd/m}^2$ , au moyen de la relation :

$$I(L) = I \times 10^4 \times L \times 10^{-4}$$

- b) Afin d'incorporer de façon relativement simple les diverses valeurs de *L* utilisables pendant les heures de jour, on définit comme suit les multiplicateurs de luminance *LM* qui sont présentés au Tableau A4-3 et qui doivent intervenir dans la conversion des valeurs *I* du Tableau A4-2 :

- *LM* est approximativement égal à  $L \times 10^{-4}$ , l'erreur ne dépassant pas la tolérance exprimée par le facteur  $\sqrt{2}$  ;
- si  $L \times 10^{-4}$  est inférieur à 0,1 (ce qui est relativement rare en présence de brouillard pendant les heures de jour),  $LM = 0,1$ .

19. La nébulosité indiquée dans le Tableau A4-3 est observée au-dessus de la hauteur de décision. Si le brouillard s'étend depuis le sol jusqu'à une hauteur supérieure à la hauteur de décision, *LM* décroît en conséquence.

**Tableau A4-3. Multiplicateurs de luminance  $LM$  à utiliser pour évaluer les intensités lumineuses requises pour diverses luminances de fond pendant les heures de jour**

Hauteur du soleil $\epsilon$ (en degrés)	Multiplicateur de luminance ( $LM$ )			
	Ciel couvert		Ciel clair	
	Couverture très légère (cirrus)	Couverture très dense (stratus denses)	Approche face au soleil	Approche dos au soleil
5	0,1	0,1	1	0,25
10	0,25	0,1	2	0,5
20	0,5	0,25	4	1
40	2,0	0,5	4	2
60	2,0	0,5	4	4

20. À titre d'approximation, les valeurs  $LM$  « approche dos au soleil » peuvent être utilisées pour toutes les directions dont l'angle est supérieur à 60 degrés par rapport à la direction du soleil. Pour les angles inférieurs à cette valeur, il est recommandé d'utiliser une valeur  $LM$  « approche face au soleil ».

21. Maintenant que nous avons calculé les valeurs de  $LM$  indiquées au Tableau A4-3, il nous est possible d'établir le tableau des réglages d'intensité, sans oublier que le segment visuel devrait être d'au moins 150 m, mais qu'un segment supérieur à 600 m ne serait guère plus avantageux.

22. Le Tableau A4-2 montre que les intensités requises sont souvent supérieures aux intensités moyennes minimales données dans l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, surtout si l'on applique des multiplicateurs de luminance supérieurs à 1. Cela entraîne deux conséquences pour le Tableau A4-4 : premièrement, des intensités maximales ( $I_{max}$ ) plus élevées que celles du manuel sont spécifiées ; deuxièmement, si  $I_{max}$  ne suffit pas à fournir un segment visuel de 150 m pour un ensemble donné de conditions spécifiées de la RVR et du  $LM$ , nous estimons une  $RVR_{min}$ , qui est la RVR la plus faible pour laquelle un atterrissage avec un segment visuel de 150 m est possible. On peut procéder par interpolation dans la Figure A4-2, en prenant dans le Tableau A4-2 la valeur  $R$  requise pour le segment visuel de 150 m et en prenant comme abscisse dans la Figure A4-2 la valeur  $I_{max}/LM$  afin de compenser le fait que cette figure donne  $I$  en fonction de  $R$  pour  $L = 10\,000\text{ cd/m}^2$ . Si  $I_{max}$  correspondant à chaque groupe de feux est suffisant pour un segment visuel de 150 m mais que  $\frac{1}{2} I_{max}$  ne le soit pas, on utilise  $I_{max}$ .

23. Si  $\frac{1}{2} I_{max}$  correspondant à chaque groupe de feux est suffisant pour un segment visuel d'au moins 150 m, l'intensité recommandée ne doit pas être supérieure à  $\frac{1}{2} I_{max}$ . On applique cette règle parce que le fait de prendre  $\frac{1}{2} I_{max}$  au lieu de  $I_{max}$  ne change pas beaucoup le segment visuel, alors que cela multiplie par plus de 10 la durée de vie des feux. Si une intensité inférieure à  $\frac{1}{2} I_{max}$  donne un segment visuel d'au moins 600 m pour tous les groupes de feux, on utilise cette intensité inférieure.

24. On se conforme à un autre critère pour maintenir l'équilibre du balisage lumineux. Pour obtenir cet équilibre, on observe les rapports d'intensité suivants :

Approche : seuil et bord de piste = 2:1

Zone de toucher des roues et axe de piste : seuil et bord = 0,33:1

Ces rapports restent compatibles avec l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2. On utilise des valeurs très voisines des valeurs calculées, afin qu'il y ait au moins un rapport de 2 entre les paliers d'intensité recommandés.

**Tableau A4-4. Réglages d'intensité recommandés  $I^*$  (cd), fonction de l'extinction météorologique (exprimée sous forme de RVR) et de la luminance de fond (exprimée au moyen du multiplicateur de luminance  $LM$  indiqué au Tableau A4-3)**

	RVR de 200 à 399 m	RVR de 400 à 799 m	RVR de 800 à 1 499 m	RVR de 1 500 à 2 499 m	RVR de 2 500 à 4 999 m	RVR > 5 000 m $V_m > 10\ 000$ m
$LM = 0,1$	( $RVR_{min} = 220$ m)					
A	30 000	15 000	15 000	3 000	0	0
T, E	15 000	7 500	7 500	1 500	0	0
TD, C	5 000	2 500	2 500	500	0	0
$LM = 0,25$	( $RVR_{min} = 250$ m)					
A	30 000	15 000	15 000	6 000	0	0
T, E	15 000	7 500	7 500	3 000	0	0
TD, C	5 000	2 500	2 500	1 000	0	0
$LM = 0,5$	( $RVR_{min} = 300$ m)					
A	30 000	30 000	15 000	15 000	0	0
T, E	15 000	15 000	7 500	7 500	0	0
TD, C	5 000	5 000	2 500	2 500	0	0
$LM = 1$	( $RVR_{min} = 350$ m)	( $RVR_{min} = 450$ m)				
A	30 000	30 000	15 000	15 000	15 000	0
T, E	15 000	15 000	7 500	7 500	7 500	0
TD, C	5 000	5 000	2 500	2 500	2 500	0
$LM = 2$	( $RVR_{min} = 400$ m)	( $RVR_{min} = 500$ m)				
A	30 000	30 000	15 000	15 000	15 000	0
T, E	15 000	15 000	7 500	7 500	7 500	0
TD, C	5 000	5 000	2 500	2 500	2 500	0
$LM = 4$	( $RVR_{min} = 450$ m)	( $RVR_{min} = 600$ m)				
A	30 000	30 000	30 000	15 000	15 000	0
T, E	15 000	15 000	15 000	7 500	7 500	0
TD, C	5 000	5 000	5 000	2 500	2 500	0

A = Axe d'approche  
T = Seuil et barre de flanc  
E = Bord de piste  
TD = Zone de toucher des roues  
C = Axe de piste

Si un segment visuel de 150 m ne peut pas être obtenu à l'intensité maximale, le présent tableau indique la RVR à laquelle un segment visuel de 150 m est tout juste visible ( $RVR_{min}$ ).

**NOTES.—**

1. Pour RVR = 2 500 – 4 999, les feux ne doivent être utilisés que pour les approches face au soleil bas (angle d'azimut avec le soleil < 60 degrés ; hauteur du soleil < 40 degrés).
2. Les intensités recommandées sont aussi faibles qu'il est jugé acceptable, afin de prolonger la durée de vie des lampes et d'économiser l'énergie.
3. Si les pilotes en approche demandent un réglage d'intensité plus élevé, utiliser l'intensité maximale. Avec les luminances de jour, l'éblouissement ne cause jamais de difficultés.
4. L'intensité des barrettes latérales d'approche devrait être de préférence égale à celle qui est recommandée pour les feux d'axe d'approche. Cette égalité est techniquement difficile à obtenir parce que le filtre rouge absorbe la lumière. Il est donc recommandé de donner aux barrettes latérales d'approche une intensité aussi élevée que possible, en respectant un rapport fixe avec l'intensité des feux d'axe d'approche.
5. L'intensité des feux d'extrémité de piste devrait être de préférence égale à celle des feux de bord de piste. Si cette égalité est techniquement impossible parce que les feux sont encastrés, elle devrait être au moins égale à celle des feux d'axe de piste.

25. Quatre autres règles servent à établir le tableau final des réglages d'intensité.
- Dans chaque plage de valeurs de la RVR pour lesquelles un réglage d'intensité est évalué, chaque calcul se fait à partir de la RVR (ou de la valeur  $\sigma$ ) du Tableau A4-2 qui correspond à la RVR la plus faible de cette plage.
  - Pour RVR = 200 m – 399 m, l'intensité des groupes de feux d'approche, de seuil et de bord de piste est maximale, mais cette plage de RVR correspond à l'exploitation de catégorie III, pour laquelle le guidage visuel fourni par ces groupes n'est pas nécessaire. Il faut néanmoins donner aux feux de zone de toucher des roues et aux feux d'axe de piste l'intensité maximale pour obtenir un segment visuel de 150 m.
  - Pour RVR = 2 500 m – 4 999 m, l'intensité de tous les groupes peut être nulle, sauf pour l'« approche face au soleil » si le soleil se trouve à moins de 40 degrés de hauteur (« soleil bas »). Dans ces conditions, en effet, la portée visuelle des marques de piste est suffisante. On voit d'après le Tableau A4-3 que, pour les approches face au soleil bas, on obtient des valeurs de  $LM$  de 1, 2 ou 4.
  - Pour RVR  $\geq$  5 000 m, l'intensité de tous les feux peut être nulle, car les marques de piste sont toujours visibles, même pour les approches face au soleil bas.
26. Sur la base des paragraphes qui précèdent, les règles servant à déterminer les réglages d'intensité recommandés  $I^*$  se résument comme suit :
- On fait un choix parmi les réglages d'intensité (exprimés en cd) du Tableau A4-5.
  - Pour RVR = 200 m – 399 m,  $I^* = I_{max}$  pour les feux d'approche, de seuil et de bord de piste.
  - Pour RVR = 2 500 m – 4 999 m,  $I^* = 0$  pour  $LM = 0,1 ; 0,25$  et  $0,5$ .
  - Pour RVR  $\geq$  5 000 m,  $I^* = 0$ .
  - $I^*$  est la valeur la plus proche possible (autorisée par les règles ci-dessus) des valeurs  $I$  tirées du Tableau A4-2 et correspondant à la plus faible RVR de la plage, pour un segment visuel restant à choisir entre 150 et 600 m, multipliées par la valeur de  $LM$  appropriée.  $I_{150}$  et  $I_{600}$  désignent ci-dessous ces valeurs  $I$  corrigées.
  - On calcule  $I_{150}$  pour chaque groupe de feux :
    - si pour un groupe quelconque  $I_{150} \geq I_{max}$ ,  $I^* = I_{max}$  ; on calcule la RVR<sub>min</sub> la plus élevée de tous les groupes ;
    - si pour tous les groupes  $I_{150} \leq I_{max}$  et si pour un groupe quelconque  $I_{150} \geq \frac{1}{2} I_{max}$ ,  $I^* = I_{max}$  ;
    - si pour tous les groupes  $I_{150} \leq \frac{1}{2} I_{max}$ , on passe à g).
  - On calcule  $I_{600}$  pour chaque groupe de feux :
    - si pour un groupe quelconque  $I_{600} \geq I_{max}$ ,  $I^* = \frac{1}{2} I_{max}$  ;
    - si pour tous les groupes  $I_{600} \leq I_{max}$ , on choisit le palier de réduction d'intensité le plus faible pour lequel  $I^* \geq I_{600}$  pour tous les feux.
27. La méthode décrite dans les paragraphes qui précèdent comporte plusieurs inconvénients, bien que les balisages lumineux conçus par cette méthode aient convenablement servi l'exploitation depuis que les calculs ont été faits dans les années 1960.

Tableau A4-5. Réglages d'intensité

	Approche	Seuil ; bord de piste	Zone de toucher des roues ; axe de piste
$I_{\max}$	30 000	15 000	5 000
	15 000	7 500	2 500
	6 000	3 000	1 000
Paliers de réduction d'intensité	3 000	1 500	500
	1 500	750	250

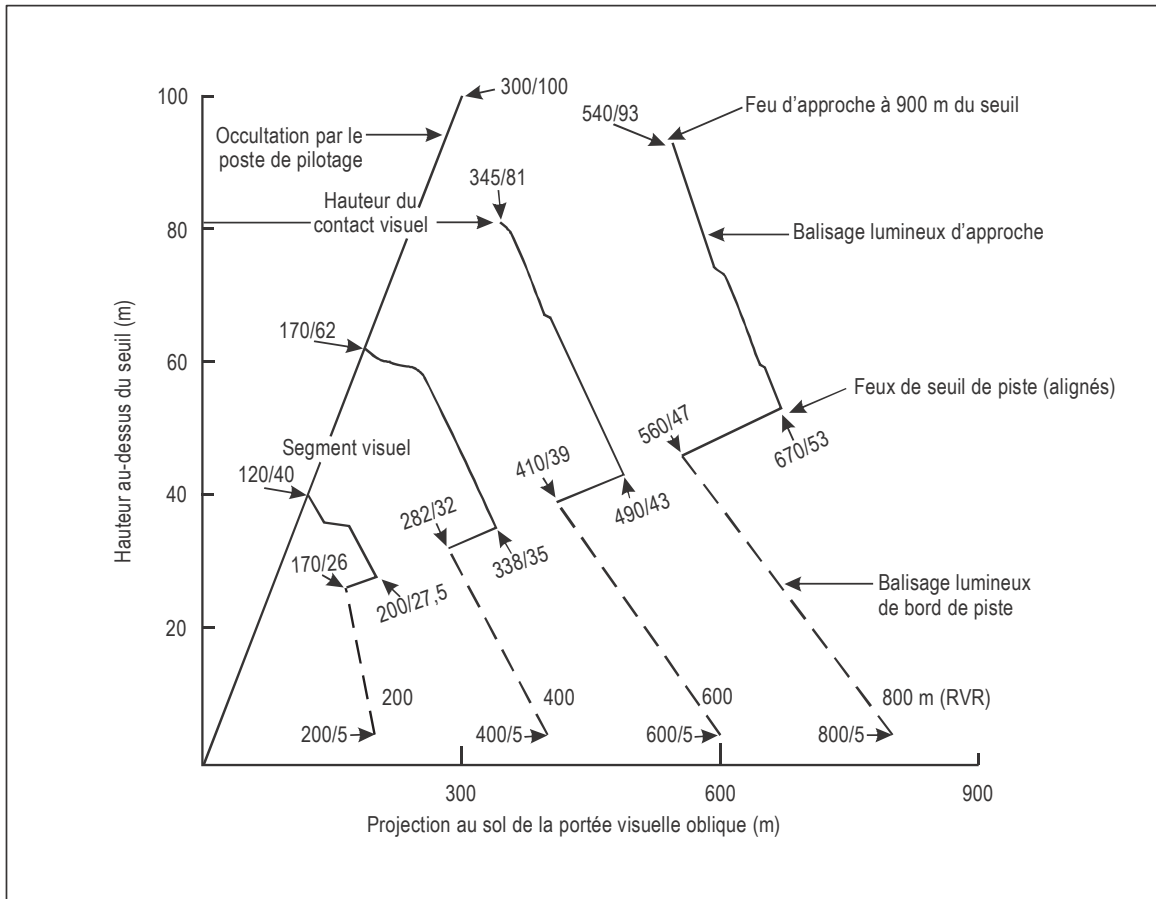
28. Les principaux inconvénients de cette méthode sont les suivants :

- a) La méthode suppose que le brouillard est homogène. La recherche a montré que la plupart des brouillards ont des profils de densité prononcés. La visibilité diminue à mesure que la hauteur augmente. Ainsi, l'hypothèse selon laquelle le brouillard est homogène entraîne généralement une estimation optimiste de la distance de laquelle le pilote d'un aéronef en approche verra les feux du balisage lumineux d'approche et de piste.
- b) La méthode ne tient pas compte des caractéristiques isocandelas des montures des feux. Avec le balisage lumineux conçu par la méthode décrite ci-dessus, le pilote utilise des éléments du faisceau qui sont nettement décalés par rapport à sa partie centrale (faisceau principal). Une analyse détaillée démontre clairement que les éléments les plus extérieurs des faisceaux qui n'ont pas été pris en compte dans les calculs de conception jouent un rôle essentiel dans l'utilisation opérationnelle du guidage fourni par le balisage lumineux. Par faible visibilité, par exemple, le contact initial avec le balisage lumineux d'approche est toujours effectué à des angles extérieurs au faisceau principal.
- c) Les calculs ne permettent pas d'évaluer le rendement du balisage lumineux de nuit. Or, le balisage lumineux est surtout utilisé à l'appui des atterrissages de nuit dans toutes les conditions météorologiques.
- d) La méthode décrite présuppose que les spécifications du balisage lumineux sont établies par des calculs manuels fastidieux. Il faudrait envisager dans tous les calculs futurs de recourir à des techniques de modélisation assistées par ordinateur.

29. Il existe des programmes informatiques validés qui dissipent tous les inconvénients décrits ci-dessus. Dans ces programmes, les caractéristiques du brouillard, les spécifications du balisage lumineux et les profils de vol sont tous modélisés avec une très grande fidélité.

30. Ces programmes peuvent être utilisés tant pour mettre au point que pour évaluer les balisages lumineux de conception nouvelle. En adoptant cette technique plus moderne, le concepteur peut produire des dispositifs lumineux plus efficaces qui répondent pleinement aux besoins de l'exploitation.

31. Un exemple des données qu'un tel programme peut fournir est illustré à la Figure A4-3, qui représente le segment visuel d'un balisage lumineux dans une situation particulière.



## NOTES.—

1. Données recueillies pour un brouillard diurne de densité correspondant à une probabilité d'occurrence de 50 %. Dans 50 % des cas, les conditions seront plus défavorables, si bien que les hauteurs auxquelles le contact sera établi seront moindres et que les segments visuels seront plus courts pour la même RVR signalée.
2. Angle d'alignement de descente : 3 degrés.
3. Le rendement lumineux et les angles de calage sont conformes aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 5.
4. Les discontinuités des segments courbes du balisage lumineux d'approche correspondent aux emplacements auxquels les angles de calage des feux changent.
5. Les données relatives au balisage lumineux axial de piste ne sont pas représentées mais elles peuvent être calculées et présentées dans le même format.

**Figure A4-3. Exemple de calcul du segment visuel fourni par le balisage lumineux (gradient du brouillard modéré)**



## Appendice 5

### MÉTHODE DE CONSTRUCTION DES GRAPHIQUES DES FIGURES 5-1 À 5-3

1. Il est avantageux, tant pour l'utilisateur que pour le concepteur du balisage lumineux d'aérodrome, que les éléments indicatifs sur le réglage de l'intensité lumineuse réduisent le plus possible les contraintes inhérentes au réglage par paliers et à l'utilisation des plages fixes de visibilité qui apparaissent dans les Tableaux 5-1 à 5-3 du présent manuel. Il est également avantageux de disposer de certains moyens permettant de tenir compte du large éventail des valeurs de la luminance de fond et, par conséquent, des intensités nécessaires pour les trois principaux types de conditions, de jour, de crépuscule et de nuit. Les Figures 5-1 à 5-3 constituent un moyen d'atteindre cet objectif.

2. Ces figures représentent graphiquement les données des tableaux. Quatre lignes parallèles délimitent trois bandes correspondant aux conditions de jour, de crépuscule et de nuit. La ligne supérieure (jour lumineux) se rapporte à une luminance de fond ( $B_L$ ) de 40 000  $\text{cd/m}^2$  et à une valeur correspondante du seuil d'éclairement de l'œil ( $E_T$ ) de  $10^{-3}$  lux. La ligne suivante (limite jour/crépuscule) se rapporte à des valeurs  $B_L$  de 1 000  $\text{cd/m}^2$  et  $E_T$  de  $10^{-4}$  lux. La troisième ligne (limite crépuscule/nuit) correspond à des valeurs  $B_L$  de 15  $\text{cd/m}^2$  et  $E_T$  de  $10^{-6}$  lux, tandis que la ligne la plus basse se rapporte à des valeurs  $B_L$  de 0,3  $\text{cd/m}^2$  et  $E_T$  de  $10^{-7,5}$  lux (nuit noire).

3. En examinant les figures, on notera que deux relations générales régissent ces données :

- a) Toutes les lignes tracées sur toutes les figures présentent la même inclinaison, de telle sorte que l'intensité requise pour VIS = 10 km correspond à 1/30 de l'intensité requise pour VIS = 0 km ; autrement dit :

$$I_{(10)} = \frac{I_{(0)}}{30}$$

On peut donc tracer ces lignes pour n'importe quel élément du dispositif lumineux et dans n'importe quelles conditions connues, à la seule condition que l'intensité appropriée pour une visibilité nulle soit connue. Il n'y a qu'une petite exception à cette règle ; il s'agit du cas limite où, de jour et par faible visibilité, l'intensité maximale disponible que spécifie l'Annexe 14, Volume I, Appendice 2, n'est pas optimale. En pratique, la ligne représentant la limite maximale de jour se termine donc au point où la visibilité est égale à 1,5 km, au lieu de se terminer à une portée visuelle de 0 km, mais son inclinaison est conforme au cas général.

- b) La séparation verticale entre les lignes (largeur des bandes correspondant au jour, au crépuscule et à la nuit sur les figures) est constante pour tous les types de balisage lumineux, et proportionnelle à la valeur  $E_T$  que couvre cette bande ; c'est-à-dire que :

$$E_T \text{ jour} = 10^{-3} - 10^{-4} \text{ lux} = \text{l'unité}$$

$$E_T \text{ crépuscule} = 10^{-4} - 10^{-6} \text{ lux} = 2 \text{ unités}$$

$$E_T \text{ nuit} = 10^{-6} - 10^{-7,5} \text{ lux} = 1,5 \text{ unité}$$

par conséquent :

la bande « nuit » =  $1,5 \times$  largeur de la bande « jour »

la bande « crépuscule » =  $2 \times$  largeur de la bande « jour ».

Ces figures respectent le concept des configurations équilibrées de balisage lumineux ; autrement dit, si la visibilité est de 0 km et si les conditions sont à la limite crépuscule/nuit, les trois graphiques recommandent un réglage d'intensité de 10 %. De même, si la visibilité est de 4 km à la limite jour/crépuscule, le réglage d'intensité recommandé serait de 20 % (échelle 5:1).

---

## Appendice 6

### DISTANCES VERTICALES ŒIL-ROUES ET ŒIL-ANTENNE DES AVIONS

Le présent appendice comprend les tableaux suivants :

- Tableau A6-1. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette maximale en tangage (approche à  $V_{REF}$ ) (ILS)
- Tableau A6-2. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette minimale en tangage (approche à  $V_{REF} + 20$ ) (ILS)
- Tableau A6-3. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette maximale en tangage (approche à  $V_{REF}$ ) (MLS)
- Tableau A6-4. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette minimale en tangage (approche à  $V_{REF} + 20$ ) (MLS)

**Tableau A6-1. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette maximale en tangage (approche à V<sub>REF</sub>) (ILS)**

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire oeil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire oeil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4
A300-B2, B4	5,3 25 130 000	9,1	22,9	32,0	19,6	28,7	4,9	9,1	22,9	32,0	18,9	28,1
A300-600	5,9 40/30 139 000	9,1	23,4	32,5	20,1	29,2	5,4	9,1	23,4	32,6	19,5	28,6
A310-300	5,5 40/30 118 000	9,1	20,7	29,8	17,9	27,0	5,0	9,1	20,8	29,9	17,4	26,5
A320	5,0 — —	6,0	17,3	23,3	15,0	21,2	5,0	6,0	17,8	23,8	15,0	21,2
B707-320B (NON ADV)	2,6 40 81 648	1,0	20,9	21,9	17,8	18,9	2,1	1,0	20,9	21,9	17,1	18,4
B717-200#	4,0 40 —	5,9	13,7	19,6	10,9	17,2	3,5	5,9	13,7	19,6	10,4	16,7
B727-200	4,3 30 49 216	0,9	22,4	23,2	19,2	20,2	3,8	0,9	22,4	23,2	18,5	19,6
B737-200	4,65 25 34 020	0,8	18,1	18,9	16,1	17,1	4,1	0,8	18,1	18,9	15,7	16,7
B737-200 (ADV)	7,0 15 36 288	0,6	19,9	20,6	18,0	18,9	6,45	0,6	19,9	20,5	17,5	18,4
B737-300#	5,1 30 40 869	0,8	17,7	18,5	15,6	16,6	4,6	0,8	17,7	18,5	15,2	16,2

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en langage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en langage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4
737-400#	4,9 30 42 978	0,8	18,3	19,1	15,9	16,9	4,4	0,8	18,3	19,1	15,5	16,5
B737-500#	5,2 30 39 576	0,8	17,2	18,0	15,3	16,3	4,7	0,8	17,2	18,0	14,9	15,9
B737-600#	5,5 30	0,8	17,8	18,6	15,8	16,8	5,0	0,8	17,8	18,6	15,4	16,5
B737-700#	5,5 30	0,8	18,4	19,2	16,3	17,2	5,0	0,8	18,4	19,2	15,8	16,8
B737-800#	3,9 30	0,9	18,2	19,1	15,5	16,6	3,4	0,9	18,2	19,1	15,0	16,2
B737-900#	3,0 30	1,0	17,7	18,7	14,9	16,0	2,5	1,0	17,7	18,7	14,3	15,5
B747-100/200 (TRAIN SOUS VOILURE)	5,05 25 170 100	20,4	24,1	44,6	20,6	40,9	4,6	20,4	24,2	44,7	19,9	40,2
B747-100/200 (TRAIN SOUS FUSELAGE)	5,05 25 170 100	20,4	24,1	44,5	20,0	40,3	4,6	20,4	24,2	44,6	19,3	39,6
B747-300*# (TRAIN SOUS VOILURE)	5,5 25 190 512	20,9	24,4	45,3	20,8	41,6	5,0	21,0	24,4	45,3	20,1	40,9
B747-400#	5,0 25 181 437	21,0	23,4	44,4	19,4	40,3	4,5	21,0	23,4	44,4	18,6	39,4
B757-200#	5,9 25 72 466	6,1	22,5	28,6	19,6	25,5	5,4	6,1	22,5	28,6	18,5	24,9

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés										Pente de descente 3,0 degrés				
	Ass. en langage (degrés)	Trajectoire oeil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire oeil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Trajectoire oeil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire oeil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4				
B757-300#	4,2 25 80 739	6,2	21,8	28,0	17,9	24,3	3,7	21,8	28,0	17,1	23,2				
B767-200 B767-200ER	5,25 25 102 786	6,6	23,5	30,2	20,4	27,2	4,75	23,5	30,2	19,7	26,6				
B767-300	4,6 25 107 503	6,7	24,0	30,7	20,3	27,2	4,1	24,0	30,7	19,6	26,5				
B767-300ER#	3,9 30 109 769	6,8	22,9	29,7	19,3	26,3	3,5	23,1	29,9	18,7	25,7				
B767-400ER#	3,95 25	6,8	25,2	32,0	21,1	28,1	3,45	25,2	32,0	23,0	27,3				
B777-200#	3,8 25	12,9	22,6	35,5	18,5	31,1	3,3	22,6	35,5	17,7	30,2				
B777-300#	3,6 25	12,9	24,1	37,0	19,3	31,9	3,2	24,3	37,2	18,5	31,0				
DC-8-71#	2,6 25	6,6	18,1	24,7	14,1	21,0	2,1	18,1	24,7	13,3	20,3				
DC-8-72#	2,5 25	6,6	16,5	23,1	13,2	20,1	2,0	16,5	23,1	12,6	19,5				
DC-8-73#	1,6 35	6,7	16,5	23,2	12,5	19,5	1,1	16,5	23,2	11,7	18,8				
DC-9-10#	3,6 20	6,0	11,5	17,4	9,3	15,6	3,1	11,5	17,4	15,3	38,5				



Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4
IL-76TF	2,5 30 155 000	6,7	18,0	24,7	14,4	21,5	2,0	6,7	18,0	24,7	13,7	20,9
IL-76TF	-1,5 43 155 000	7,3	12,3	19,6	8,7	16,4	-2,0	7,3	12,3	19,6	7,9	15,7
IL-86	2,7 40 175 000	6,4	22,8	29,2	18,6	25,2	2,2	6,4	22,8	29,2	17,7	24,4
IL-96-300	1,9 49 175 000	6,5	21,2	27,7	17,3	24,0	1,4	6,5	22,2	27,7	16,5	23,2
IL-96-400T	2,1 40 175 000	6,5	23,1	29,6	18,4	25,0	1,6	6,5	23,1	29,6	17,4	24,1
IL-114	0,3 20 23 500	5,9	8,5	14,4	6,9	12,9	-0,2	5,9	8,5	14,4	6,6	12,6
MD-80/81/ 82/83/88#	6,9 28	5,5	20,1	25,6	16,8	22,7	6,4	5,5	20,1	25,6	16,1	22,1
MD-87#	7,0 28	5,5	18,7	24,2	15,8	21,6	6,5	5,5	18,7	24,2	15,2	21,1
MD-90#	6,1 28	5,6	19,8	25,4	16,2	22,2	5,6	5,6	19,8	25,4	15,5	21,6
MD-11#	6,1 35	20,1	17,9	38,0	14,3	33,5	5,6	20,1	17,9	38,0	13,5	32,6

# On utilise  $V_{ref} + 5$ . Les avions ne voleraient à  $V_{ref} + 20$  que dans une situation anormale.

\* Le train d'atterrissage sous voilure constitue la partie la plus basse de l'avion jusqu'à ce que l'assiette en tangage dépasse 8 degrés.



**Tableau A6-2. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette minimale en tangage (approche à  $V_{REF} + 20$ ) (ILS)**

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4
A300-B2, B4	1,4 25 130 000	9,2	17,7	26,9	14,4	23,5	0,9	9,2	17,8	26,9	13,7	22,9
A300-600	1,9 40/30 139 000	9,2	18,1	27,3	14,8	23,9	1,4	9,2	18,2	27,3	14,1	23,3
A310-300	1,2 40/30 118 000	9,2	15,9	25,1	13,0	22,2	0,8	9,2	16,0	25,1	12,5	21,7
A320	2,0 — —	6,3	14,5	20,8	12,1	18,7	2,0	6,3	15,0	21,3	12,1	18,6
B707-320B (NON ADV)	-1,7 50 69 401	1,3	15,5	16,8	12,3	13,8	-2,2	1,3	15,5	16,8	11,7	13,2
B717-200#	1,8 40	6,2	11,3	17,5	8,5	15,1	1,3	6,2	11,3	17,5	8,0	14,6
B727-200	-2,0 40 48 989	1,3	14,3	15,6	11,0	12,5	-2,5	1,4	14,3	15,6	10,3	11,9
B737-200	-2,5 40 34 020	1,4	12,4	13,8	10,3	11,9	-3,0	1,4	12,4	13,8	9,9	11,5
B737-200 (ADV)	-1,0 40 34 020	1,3	13,6	14,9	11,6	13,0	-1,5	1,3	13,6	14,9	11,2	12,6
B737-300#	2,1 40 51 710	1,0	15,2	16,2	13,0	14,3	1,6	1,0	15,2	16,2	12,6	13,9



Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés										Pente de descente 3,0 degrés									
	Ass. en langage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4								
B767-200	0,2 30 123 379	7,1	16,6	23,7	13,3	20,6	-0,7	7,1	16,6	23,7	12,7	20,0								
B767-200ER	0,2 30 129 276	7,1	16,6	23,7	13,3	20,6	-0,7	7,1	16,6	23,7	12,7	20,0								
B767-300	0,2 30 136 080	7,1	17,6	24,6	13,9	21,1	-0,3	7,1	17,6	24,7	13,2	20,4								
B767-300ER#	2,5 25 109 769	6,9	20,9	27,8	17,3	24,3	2,0	6,9	20,9	27,8	16,5	23,6								
B767-400ER#	2,75 30	6,9	23,2	30,1	19,1	26,2	2,25	6,9	23,3	30,2	18,3	25,4								
B777-200#	2,3 30	12,7	20,1	32,9	16,0	26,2	1,9	12,8	20,3	33,1	15,4	27,8								
B777-300#	1,9 30	12,7	20,8	33,5	15,9	28,4	1,4	12,7	20,8	33,5	15,0	27,3								
DC-8-61/71#	2,5 50	7,2	9,9	17,1	5,9	13,4	-3,0	7,2	9,9	17,1	5,0	12,6								
DC-8-72#	0,5 50	6,8	13,9	20,7	10,6	17,7	0,0	6,8	13,9	20,7	9,9	17,1								
DC-8-73#	-0,3 50	6,9	13,5	20,4	9,4	16,7	-0,8	7,0	13,5	20,4	8,6	15,9								
DC-9-10#	-2,7 50	6,8	6,1	12,9	4,0	11,1	-3,2	6,8	6,1	12,9	3,5	10,7								

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4
DC-9-20#	2,8 50	6,8	10,8	16,9	8,7	15,1	2,3	6,1	10,8	16,9	8,2	14,7
DC-9-30#	— 50	6,1	11,3	17,4	8,7	15,2	1,9	6,1	11,3	17,4	8,2	—
DC-9-33#	1,4 50	6,3	10,5	16,8	8,0	14,5	0,9	6,3	10,5	16,8	7,4	14,1
DC-9-40#	1,1 50	6,3	10,4	16,8	7,8	14,5	0,6	6,3	10,4	16,8	7,2	13,9
DC-9-50#	2,7 50	6,1	12,6	18,7	9,7	16,1	2,2	6,1	12,6	18,7	9,1	15,6
DC-10-30#	3,6 50	19,3	13,2	32,5	9,9	28,4	3,1	19,3	13,2	32,5	9,3	27,6
DC-10-40#	4,0 50	19,4	13,7	33,2	10,5	29,0	3,5	19,4	13,7	33,2	9,8	28,2
Fokker 50	— 35 14 200	2,8	5,7	8,5	4,1	7,3	—6,5	2,8	5,8	8,6	3,9	7,1
Fokker 100	—2,5 42 29 000	3,4	9,6	13,0	7,2	10,8	—3,0	3,4	9,6	13,0	6,7	10,4
IL-76TD	0,5 30 155 000	7,0	14,6	21,6	11,5	18,9	0	7,0	14,6	21,6	10,8	21,6
IL-76TD	—3,5 43 155 000	7,6	9,6	17,2	6,4	14,4	—4,0	7,6	9,6	17,2	58	13,8

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4
IL-76TF	0,5 30 155 000	7,0	15,2	22,2	11,5	19,0	0	7,0	15,2	22,2	10,8	22,2
IL-76TF	-3,5 43 155 000	7,6	9,4	17,0	5,7	13,7	-4,0	7,6	9,4	17,0	5,0	13,1
IL-86	1,7 40 175 000	6,5	21,1	27,6	16,9	23,5	1,2	6,5	21,1	27,6	16,0	22,7
IL-96-300	0,1 40 175 000	6,6	18,4	25,0	14,5	21,3	-0,4	6,6	18,4	25,0	13,7	20,5
IL-96-400T	0,4 40 220 000	6,6	19,9	26,5	15,1	21,9	-0,1	6,6	19,9	26,5	14,1	20,9
IL-114	-1,1 20 23 500	6,0	7,6	13,6	6,0	12,1	-1,6	6,0	7,6	13,6	5,6	11,8
MD-80/81 82/83/88#	2,6 40 -	6,1	14,4	20,5	11,0	17,5	2,1	6,1	14,4	20,5	10,4	16,9
MD-87#	2,9 40 -	6,1	13,9	20,0	11,0	17,4	2,4	6,1	13,9	20,0	10,4	16,8
MD-90#	2,2 40 -	6,2	14,3	20,4	10,7	17,2	1,7	6,2	14,3	20,4	10,0	16,5
MD-11#	2,2 50 -	18,8	12,2	31,1	8,6	26,6	1,7	18,8	12,3	31,1	7,9	25,7

# On utilise  $V_{ref} + 5$ . Les avions ne voleraient à  $V_{ref} + 20$  que dans une situation anormale.

\* Le train d'atterrissage sous voilure constitue la partie la plus basse de l'avion jusqu'à ce que l'assiette en tangage dépasse 8 degrés.

**Tableau A6-3. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette maximale en tangage (approche à  $V_{REF}$ ) (MLS)**

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire oeil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire oeil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire oeil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4
A320	5	7,2	16,2	23,3	13,8	21,2	5,0	7,2	16,6	23,8	13,8	21,2
B737-300#	—	—	—	—	—	—	4,6	11,4	7,2	18,6	5,8	16,2
B737-400#	5,1 30	11,4	7,2	18,6	6,1	16,6	—	—	—	—	—	—
B737-400#	—	—	—	—	—	—	4,4	11,3	7,8	19,1	6,2	16,5
B737-500#	4,9 30	11,3	7,8	19,1	6,5	17,0	—	—	—	—	—	—
B737-500#	—	—	—	—	—	—	4,7	11,4	6,6	18,0	5,5	15,9
B737-600#	5,2 30	11,4	6,6	18,0	5,7	16,3	—	—	—	—	—	—
B737-600#	—	—	—	—	—	—	5,0	11,5	8,0	19,5	6,4	16,9
B737-700#	5,5 30	11,5	7,4	18,9	6,3	17,0	—	—	—	—	—	—
B737-700#	—	—	—	—	—	—	5,0	11,5	7,4	18,9	6,1	16,6
B737-800#	3,9 30	11,0	8,1	19,1	6,5	16,6	3,4	11,0	8,1	19,1	6,2	16,2
B737-800#	—	—	—	—	—	—	2,5	10,7	8,0	18,7	5,8	15,5
B737-900#	3,0 30	10,7	8,0	18,7	6,2	16,0	—	—	—	—	—	—
B737-900#	—	—	—	—	—	—	4,5	20,6	23,8	44,4	19,0	39,4
B747-400#	5 25	20,6	23,8	44,4	19,8	40,3	—	—	—	—	—	—
B757-200#	—	—	—	—	—	—	5,4	7,0	21,6	28,6	17,7	24,9
B757-200#	5,9 25	7,0	21,6	28,6	18,4	25,5	—	—	—	—	—	—

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Œil pilote au-dessus roues (ft) H4
B757-300#	4,2 25	7,1	21,0	28,1	17,1	24,3	3,7	7,1	21,0	28,1	16,4	23,6
Fokker 100	4,5 25	-2,4	21,5	19,1	19,5	16,9	4,0	-2,4	21,6	19,1	19,1	16,5
B767-300ER#	3,9 30	6,6	23,1	29,7	19,5	26,3	3,5	6,6	23,1	29,7	18,9	25,7
B767-400ER#	3,95 25	6,6	23,0	29,6	19,8	26,5	3,45	6,6	23,0	29,6	19,2	25,9
B777-200#	3,8 25	9,9	25,6	35,5	21,5	31,1	3,3	9,9	25,6	35,5	20,6	30,2
B777-300#	3,6 25	9,9	27,1	37,0	22,2	31,9	3,2	9,9	27,3	37,2	21,4	31,0
DC-10-30#	6,7 35	20,3	17,3	37,6	14,0	33,5	6,2	20,3	17,3	37,6	13,4	32,7
DC-10-40#	7,5 35	20,5	18,3	38,8	15,1	34,8	7,0	20,5	18,3	38,8	14,4	34,0
MD-11#	6,1 35	20,1	17,9	38,0	14,3	33,6	5,6	20,1	17,9	38,0	13,6	32,7

# On utilise  $V_{ref} + 5$ . Les avions ne voleraient à  $V_{ref} + 20$  que dans une situation anormale.

**Tableau A6-4. Distances verticales entre points critiques sur les avions dans l'assiette minimale en tangage (approche à  $V_{REF} + 20$ ) (MLS)**

Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS à trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS à trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4
A320	2	7,5	13,4	20,8	11,0	18,7	2,0	7,4	13,9	21,3	11,0	18,6
B737-300#	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B737-400#	2,1 40	10,4	5,8	16,2	4,7	14,3	1,6	10,4	5,8	16,2	4,5	13,9
B737-500#	2,0 40	10,4	6,2	16,6	4,9	14,4	1,5	10,4	6,2	16,6	4,6	13,9
B737-600#	2,3 40	10,5	5,6	16,1	4,6	14,2	1,8	10,5	5,6	16,1	4,5	13,9
B737-700#	2,6 40	10,6	6,5	17,1	5,2	14,9	2,1	10,6	6,5	17,1	4,9	14,4
B737-800#	2,6 40	10,6	6,1	16,7	5,0	14,7	2,1	10,6	6,1	16,7	4,8	14,3
B737-900#	1,8 40	10,3	6,8	17,1	5,2	14,6	1,3	10,3	6,8	17,1	4,9	14,1
B747-400#	2,5 30	20,5	19,8	40,3	15,7	36,1	2,0	7,2	17,2	24,4	13,3	20,6
B757-200#	2,5 30	7,2	17,2	24,4	13,9	21,2	2,0	7,2	17,2	24,4	13,3	20,6



Modèle d'avion	Pente de descente 2,5 degrés						Pente de descente 3,0 degrés					
	Ass. en tangage (degrés)	Trajectoire œil à faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4	Assiette en tangage (degrés)	Trajectoire faisceau ILS (ft) H2	Faisceau ILS à trajectoire roues (ft) H	Trajectoire œil à trajectoire roues (ft) H1	Antenne ILS au-dessus roues (ft) H3	Oeil pilote au-dessus roues (ft) H4
B757-300#	2,2 30	7,	17,9	25,1	14,0	21,3	1,7	7,2	17,9	25,1	13,3	20,6
B767-300ER#	– 2,5 25	6,7	21,1	27,8	17,5	24,3	2,0	6,7	21,1	27,8	16,8	23,6
B767-400ER#	– 2,75 30	6,6	23,3	29,9	19,2	26,0	2,25	6,7	23,3	30,0	18,4	25,2
B777-200#	– 2,3 30	9,8	23,1	32,9	19,0	28,5	1,9	9,8	23,3	33,1	18,3	27,8
B777-300#	– 1,9 30	9,7	23,8	33,5	18,9	28,4	1,4	9,7	23,8	33,5	17,9	27,3
DC-10-30#	3,6 50	19,3	13,3	32,6	10,0	28,4	3,1	19,3	13,3	32,6	9,3	27,6
DC-10-40#	4,0 50	19,4	13,8	33,2	10,5	29,1	3,5	19,4	13,8	33,2	9,9	28,3
MD-11#	2,2 50	18,8	12,3	31,1	8,6	26,6	1,7	18,8	12,3	31,1	7,9	25,7
Fokker 100	–2,5 42 29 000	–2,8	15,8	13,0	13,7	10,8	–3,0	–2,8	15,8	13,0	13,3	10,4

# On utilise  $V_{ref} + 5$ . Les avions ne voleraient à  $V_{ref} + 20$  que dans une situation anormale.





ISBN 978-92-9265-577-8



9 789292 655778