

Maintenance du balisage lumineux des aérodromes

Guide technique



Maintenance du balisage lumineux des aérodrômes

Guide technique

Service technique de l'aviation civile
Département Sûreté, Équipements

Rédacteurs : Michel ABADIE
Christian DRÉANO
Pierre-Yvon MOAL
Patrick VERGER

2e édition modifiée mars 2013



Résumé

Ce guide est destiné aux services en charge de la maintenance du balisage lumineux sur les aéroports. Il donne des éléments indicatifs pour organiser les actions de maintenance préventive. Des dispositions différentes peuvent être appliquées, sous réserve de garantir un niveau de performance équivalent.

Ce document s'attache à définir les objectifs de niveau de performance de l'entretien du balisage lumineux par la description des inspections et actions d'entretien courant et révisions.

Le contenu de ce document s'applique aux installations permanentes de balisage lumineux, par opposition aux installations temporaires, à l'exclusion du balisage des obstacles. Il concerne seulement les inspections et les actions d'entretien courant ainsi que les révisions (maintenance préventive). Les aspects concernant les réparations (maintenance corrective) sont exclus de son champ d'application.

Mots clés

Maintenance préventive

Maintenance corrective

Objectifs de maintenance

Balisage lumineux

Summary

This guide has been written for the use of the Airfield Lighting System Maintenance Service. It is a guidance for the organisation of preventive maintenance actions, which however, are not excluding other equally performant methodologies.

Aiming at defining the performance level of objectives to be looked upon in preventive maintenance, it details the inspections, routine maintenance actions and revisions usually achieved. Excluding The Obstacle Lighting System, only permanent installations are here concerned, and no temporary settings. The specific matter dealt with here, is the description of inspection actions, and of regular as well as preventive maintenance.

Keywords

Preventive maintenance

Corrective maintenance

Maintenance objectives

Lighting system

Sommaire

1. Introduction	7
1.1. Généralités	7
1.2. Objectif global	7
1.3. Champ d'application	7
2. Références	9
2.1. Réglementation française	9
2.2. Références internationales	9
2.3. Définitions	9
3. Opérations de maintenance	13
3.1. Télécommande	13
3.2. Équipements en poste	16
3.3. Équipements sur aire de manœuvre (hors feux)	20
3.4. Feux de balisage	23
4. Exigences fonctionnelles du balisage lumineux	31
4.1. Généralités	31
4.2. Informations complémentaires	31
4.3. Mesures photométriques	31
4.4. Exigences en fonction de l'exploitation	33
5 Annexes	35
5.1. Glossaire	35
5.2. Rappel de références mécaniques et électriques	35
5.3. Calculs électriques	36
5.4. Objectifs de maintenance des aides visuelles	38
5.5. Calage des feux	41
5.6. Mesures photométriques	51
5.7. Tableaux de synthèse par domaines et périodicités	54

1. Introduction

1.1. Généralités

La maintenance des installations de balisage s'inscrit dans l'objectif du maintien en conditions opérationnelles des infrastructures des aires de mouvement aéroportuaires. Elle recouvre l'ensemble des mesures qui permettent de maintenir ou de rétablir l'état fonctionnel des équipements, d'en évaluer la conformité aux référentiels réglementaires applicables et globalement de réduire les risques de défaillances d'exploitation.

Ses principaux éléments peuvent se décliner en :

- inspections ;
- entretien courant et révisions ;
- réparations.

Dans tous les cas, la maintenance devra établir :

- un schéma organisationnel qui la situe dans la structure générale de l'aéroport, qui définit les rôles et responsabilités des intervenants et décrit les moyens humains et matériels ;
- des procédures et consignes pour définir les interventions sur site, les modes opératoires, les retours d'expérience et le report des événements ;
- une documentation régulièrement mise à jour et structurée : plans et synoptiques d'ensemble, plans et schémas des sous-systèmes, documentations techniques et notices des matériels installés, fiches de suivi et d'évolution des matériels ;
- des plans de formation et d'évaluation des compétences et qualifications requises pour l'accomplissement des tâches à exécuter.

1.2. Objectif global

Ce document s'attache à définir les objectifs de niveau de performance de l'entretien du balisage lumineux par la description des inspections et actions d'entretien courant et révisions.

Il convient de préciser que les spécifications du présent document ont pour objet de définir les objectifs de niveau de performance de l'entretien et pas de définir si un dispositif lumineux est opérationnellement hors service.

Ce niveau de performance est évalué par des objectifs qualitatifs concernant principalement le maintien des caractéristiques des éléments par des actions de maintenance et des vérifications, d'une part, et des objectifs quantitatifs relatifs aux pourcentages de feux de balisage en service qui dépendent de la catégorie d'exploitation, d'autre part.

1.3. Champ d'application

Le balisage lumineux est considéré comme un système global qui comprend non seulement les éléments en bout de chaîne, comme les feux ou les panneaux de signalisation aéronautique, mais aussi les équipements de contrôle/commande (télécommande), les équipements en poste et sur l'aire de manœuvre.

Le contenu de ce document s'applique aux installations permanentes de balisage lumineux, par opposition aux installations temporaires, à l'exclusion du balisage des obstacles. Il concerne seulement les inspections et les actions d'entretien courant ainsi que les révisions (maintenance préventive). Les aspects concernant les réparations (maintenance corrective) sont exclus de son champ d'application.

Ce guide est destiné aux services en charge de la maintenance du balisage lumineux sur les aéroports. Il donne des éléments indicatifs pour organiser les actions de maintenance préventive. Des dispositions différentes peuvent être appliquées, sous réserve de garantir un niveau de performance équivalent.

2. Références

2.1. Réglementation française

Les principaux textes réglementaires sur lesquels s'appuie ce document sont les suivants :

- ✓ Arrêté du 28 août 2003 modifié (14 mars 2007) relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes (CHEA)¹ ;
- ✓ Arrêté du 15 mars 2002 relatif aux inspections de l'aire de mouvement de l'aérodrome ;
- ✓ Instruction N° 20580/DNA/2A du 8 juin 1993 modifiée relative à l'implantation et à l'installation des PAPI et APAPI sur les aérodromes - 3^e édition.

2.2. Références internationales

Les exigences internationales sur lesquelles s'appuie ce document sont de 2 types : celles relatives à l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI)² et celle relatives à la Commission Électrotechnique Internationale (IEC).

En ce qui concerne l'OACI, les textes concernés sont :

- ✓ l'Annexe 14 à la Convention relative à l'aviation civile internationale - Volume I Conception et exploitation technique des aérodromes - 5^e édition juillet 2009 ;
- ✓ le Manuel de conception des aérodromes Partie 4 - Aides Visuelles (Doc 9157-AN/901) - 4^e édition 2004 ;
- ✓ le Manuel de conception des aérodromes - Partie 5 Installations électriques (Doc 9157-AN/901) - 1^{re} édition 1983 ;
- ✓ le Manuel des services d'aérodromes Partie 9 - Maintenance (Doc 9137-AN/898) - 1^{re} édition 1984.

En ce qui concerne l'IEC, les textes relatifs aux travaux du Comité technique 97 (TC97) Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aérodromes sont 3 normes et 2 spécifications techniques (TS)³ :

- ✓ IEC 61821 - Maintenance des circuits série à courant constant pour le balisage aéronautique au sol (*Maintenance of aeronautical ground lighting constant current series circuits*) - 2^e édition septembre 2011 ;
- ✓ IEC 61822 - Régulateurs à courant constant (*Constant current regulators*) - 2^e édition mai 2009 ;
- ✓ IEC 61823 - Transformateurs d'isolement (*AGL series transformers*) - 1^{re} édition décembre 2002 ;
- ✓ IEC TS 61827 - Caractéristiques des feux encastrés et hors sol utilisés sur les aérodromes et les hélistations (*Characteristics of inset and elevated luminaires used on aerodromes and heliports*) - 1^{re} édition mai 2004 ;
- ✓ IEC TS 62143 Systèmes de balisage aéronautique au sol - Lignes directrices pour l'établissement d'une méthodologie pour le cycle de vie de sécurité (*Aeronautical ground lighting systems - Guidelines for the development of a safety life cycle methodology*) - 1^{re} édition juillet 2002.

2.3. Définitions

2.3.1 Balisage lumineux

Le balisage lumineux est un système où il est possible d'identifier 3 domaines :

- la télécommande : IHM et automatisme ;
- les équipements en poste : CCR, départ pour feux à éclats, matériels alimentés en parallèle ;
- les équipements sur aires de manœuvre : câbles, regards, transformateurs d'isolement (TI), feux et panneaux de signalisation aéronautique.

Chaque domaine du balisage lumineux présente des caractéristiques spécifiques qui nécessitent des actions de maintenance particulières.

¹ Ce document est disponible sur le site du Service de l'Information Aéronautique (SIA) : www.sia.aviation-civile.gouv.fr.

² Il est possible de se procurer ces documents auprès de l'OACI via internet : www.icao.int dans la rubrique « publications ».

³ Il est possible de se procurer ces documents auprès de l'IEC via internet : www.iec.ch dans les publications relatives aux travaux du TC97.

2.3.2 Maintenance préventive

Les 2 paragraphes suivants présentent les concepts d'inspection et d'entretien courant et révision qui figurent aux paragraphes 1.4.3 et 1.4.4 du Manuel des services d'aéroport - 9^e partie.

« L'inspection comprend toutes les mesures de vérification et d'évaluation de l'état de fonctionnement d'un élément, y compris les contrôles isolés et les vérifications périodiques. Ces dernières sont effectuées conformément à un plan qui définit la préparation et les modalités de la vérification, de même que les mécanismes de compte rendu et d'évaluation des résultats. Sur la base de cette évaluation, l'exploitant détermine s'il faut effectuer des opérations supplémentaires d'entretien ou même des réparations. »

« L'expression « entretien courant et révision » englobe toutes les mesures prises pour maintenir ou remettre en état de marche une installation ou un appareil. Ces mesures devraient être prises selon un plan précisant la périodicité des opérations d'entretien, la nature de ces opérations et les moyens utilisés pour indiquer que l'installation ou l'appareil est conforme. »

2.3.3 Définitions générales

Un glossaire des abréviations est disponible en annexe 5.1.

2.3.3.1 Aire de manœuvre

Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic.

2.3.3.2 Aire de mouvement

Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, et qui comprend l'aire de manœuvre et les aires de trafic.

2.3.3.3 Aire de trafic

Aire définie, sur un aérodrome terrestre, destinée aux aéronefs pendant l'embarquement ou le débarquement des voyageurs, le chargement ou le déchargement de la poste ou du fret, l'avitaillement ou la reprise de carburant, le stationnement ou l'entretien.

2.3.3.4 Barres d'arrêt

Ensemble de feux lumineux rouges disposés en ligne droite et encastrés en travers de la voie de circulation au point où l'on désire que la circulation s'arrête.

✓ *Note : ce dispositif est complété par deux paires de feux rouges hors-sol, un segment de confirmation (les feux axiaux de voie de circulation installés en aval de la barre et visibles dans le sens entrant « vers la piste » sont asservis au fonctionnement de cette dernière), un système de ré-allumage automatique de la barre après le passage de l'aéronef autorisé à pénétrer sur la piste.*

2.3.3.5 Densité de trafic

- Faible : lorsque le nombre de mouvements à l'heure de pointe moyenne n'est pas supérieur à 15 mouvements par piste, ou lorsqu'il est généralement inférieur à un total de 20 mouvements sur l'aérodrome.
- Moyenne : lorsque le nombre de mouvements à l'heure de pointe moyenne est de l'ordre de 16 à 25 mouvements par piste, ou lorsqu'il y a généralement un total de 20 à 35 mouvements sur l'aérodrome.
- Forte : lorsque le nombre de mouvements à l'heure de pointe moyenne est de l'ordre de 26 mouvements par piste ou plus, ou lorsqu'il est généralement supérieur à un total de 35 mouvements sur l'aérodrome.

✓ *Note : le nombre de mouvements à l'heure de pointe moyenne correspond à la moyenne arithmétique, pour l'ensemble de l'année, du nombre de mouvements pendant l'heure la plus occupée de la journée. Décollages et atterrissages constituent des mouvements.*

2.3.3.6 Feu hors service

Un feu sera jugé hors service lorsque l'intensité lumineuse moyenne du faisceau principal est inférieure à 50 % de la valeur spécifiée dans la figure appropriée de l'appendice 2 de l'Annexe 14 de l'OACI.

Cette notion est à considérer du point de vue de la maintenance et non en terme d'exploitation.

Exemple : pour un feu d'axe de piste pour lequel l'intensité minimale de référence est 5 000 cd, un tel feu est déclaré HS⁴ lorsque son intensité moyenne est inférieure à 2 500 cd.

2.3.3.7 Feux de protection piste



Feux de protection de piste

Feux destinés à avertir les pilotes et les conducteurs de véhicules qu'ils sont sur le point de s'engager sur une piste en service.

✓ *Note : ces feux sont jaunes et clignotants. Il existe un type A avec des feux élevés et un type B avec des feux encastrés.*

2.3.3.8 Point d'arrêt avant piste

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, à moins d'avoir reçu une clairance contraire du contrôle ou en l'absence du contrôle, à moins que le pilote ait assuré lui-même sa sécurité.

2.3.3.9 Poste

Dans le cadre du présent document, le terme « poste » désigne le local technique destiné à recevoir des équipements électriques alimentant le balisage.

2.3.3.10 Système de guidage et de contrôle de la circulation de surface (SMGCS)

Le système de guidage et de contrôle à la surface (SMGCS) mis en œuvre sur les aéroports désigne le système d'aides, d'installations, de procédures et de règlements conçus pour répondre aux besoins de guidage et de contrôle ou de régulation de la circulation de surface d'un aéronef depuis la piste d'atterrissage jusqu'à son poste de stationnement sur l'aire de trafic, et depuis ce poste jusqu'à la piste de décollage, d'une manière compatible avec les nécessités opérationnelles de l'aéroport.

Il consiste en une combinaison appropriée d'aides visuelles et non visuelles, de procédures et de moyens de contrôle, de régulation, de gestion et d'information.

2.3.3.11 Vigie

Dans le cadre du présent document, le terme « vigie » désigne la tour de contrôle (TWR).

⁴HS : hors service.

3. Opérations de maintenance

3.1. Télécommande

3.1.1 Généralités

Le terme « télécommande » recouvre l'ensemble des équipements permettant la commande, le contrôle, la surveillance automatique des différentes fonctions du balisage.

Le système peut se décomposer en plusieurs ensembles fonctionnels :

Au niveau du bloc technique PSNA⁵ :

- IHM du service de la circulation aérienne (ATS) : Platine de contrôle/commande sur les pupitres Vigie ;
- IHM « techniques » du service technique du PSNA ;
- système de gestion de l'ensemble des IHM au niveau du Bloc technique PSNA, y compris supervision et enregistrement ;
- interface(s) de communications entre l'ATS et le gestionnaire du balisage (opérateur exploitant l'aérodrome) ;



Platine de contrôle-commande sur un pupitre en vigie

Au niveau de l'exploitant de l'aérodrome :

- interface(s) de communications entre le gestionnaire du balisage et l'ATS ;
- automatisme de contrôle/commande (central et déporté) ;
- interfaces avec les équipements (régulateurs, alimentations, systèmes divers.) ;
- supervision et maintenance (y compris enregistrement).

De même, ces différents ensembles fonctionnels peuvent se décliner à travers des typologies techniques différentes :

- câblerie : ensemble des liaisons physiques entre les différents éléments, technologie « optique » ou paires métalliques, internes ou externes ;
- alimentations spécifiques ou générales ;
- interfaces « électriques » entre les différents composants du système et entre le système et les éléments de balisage ;
- composants du système (écrans tactiles, platines à boutons, automates, PC, écrans supervisions, imprimantes...).

✓ **Note :** en fonction de l'importance de l'aérodrome ces ensembles peuvent se présenter avec des niveaux d'intégration plus ou moins étendue.

⁵ Un glossaire des abréviations figure au paragraphe 5.1

3.1.2 Essais fonctionnels

Il s'agit de vérifier le fonctionnement « normal » des fonctions balisage à la disposition de l'ATS : allumage, extinction, gamme de brillance des différentes configurations de balisage.

Ces essais peuvent être en partie conjugués avec la vérification visuelle sur site du balisage effectuée à l'occasion de l'inspection quotidienne de la piste.

3.1.2.1 Principes des tests

- **essais fonctionnels.** Il s'agit d'effectuer, depuis une position de contrôle en Vigie, les actions d'activation des fonctions balisage, de vérifier visuellement la gestion dynamique des couleurs des touches et de constater la cohérence des retours d'information et l'absence de défauts. Dans le cas où la Vigie possède plusieurs IHM, l'activation des fonctions sera effectuée au moins sur une IHM (changement d'IHM chaque jour), le contrôle visuel des retours d'information se faisant sur toutes les IHM pour chaque état de balisage sélectionné.
- **barres d'arrêt.** Il s'agit de mettre en route le système depuis une position de contrôle (allumage barres permanentes et commandables) et de vérifier le fonctionnement dynamique de chaque barre commandable avec un véhicule simulant un avion.
- **fonction LVP.** Il s'agit d'actionner depuis une position Vigie, les touches nécessaires à la mise en œuvre des procédures LVP, d'en contrôler la bonne exécution sur site et les retours d'information sur les IHM.

Pour tous ces essais, les services techniques vérifieront sur les systèmes de supervision (enregistrement) la trace des événements et leur cohérence avec les observations visuelles.

3.1.2.2 Périodicités

Les périodicités à retenir sont les suivantes :

- **quotidienne** sauf pour la fonction LVP (si elle existe) et barres d'arrêt (si elles existent) ;
- **hebdomadaire** pour les barres d'arrêt ;
- **mensuelle**, au moins, pour la fonction LVP : à définir en fonction des contraintes liées à la mise en route et contrôle de l'alimentation électrique auxiliaire (par exemple, groupes électrogènes s'ils sont sollicités en LVP) et des systèmes autres que le balisage mis en œuvre en LVP.

3.1.3 Vérifications techniques

Il s'agit de vérifier le fonctionnement du système en réponse à des défauts des éléments de balisage gérés par la partie contrôle du système et la cohérence des informations d'état en général.

3.1.3.1 Principes des tests

Les défauts sont générés soit directement au niveau des éléments du balisage (par exemple, lors du contrôle de ces éléments) soit simulés au niveau des interfaces électriques entre les entrées télé-contrôle et ces mêmes éléments.

La vérification porte sur la constatation de la prise en compte de ces défauts (ou états) dans les délais prévus, et leur traitement correct aux niveaux des équations théoriques attendues, leur visualisation sur les différentes IHM ainsi que sur les systèmes de supervision.

3.1.4 Entretien et contrôle des constituants

La classification tient compte de la typologie définie au paragraphe 3.1.1 Généralités sur la télécommande. En règle générale, les éléments constitutifs du système de contrôle/commande ne sont pas des matériels spécifiques au balisage aéroportuaire mais des produits standards industriels.

3.1.4.1 Composants du système

Il s'agit, entre autres, des écrans tactiles, platines à boutons, automates, PC.

L'entretien s'effectue selon les spécifications et la périodicité définies par les constructeurs.

3.1.4.2 Alimentations spécifiques ou générales

Il s'agit d'effectuer les opérations d'entretien selon les spécifications des constructeurs, de mesurer les différentes caractéristiques des alimentations utilisées par les composants du système et de contrôler leur autonomie (onduleurs, chargeurs).

Les périodicités à retenir sont :

- suivant les spécifications constructeurs pour l'entretien ;
- mensuel pour le contrôle des paramètres ;
- semestriel pour le contrôle de l'autonomie.

3.1.4.3 Interfaces électriques

Cette partie concerne les modems, les cartes parafoudre, boîtiers divers de communication et d'adaptation électrique.

L'entretien est effectué suivant spécifications et périodicités des constructeurs, avec une périodicité semestrielle pour la vérification des composants parafoudre.

3.1.4.4 Câblerie

Les éléments de câblerie sont soumis à diverses contraintes liées aux conditions d'installation.

On peut considérer en général que ces contraintes sont plus agressives en milieu extérieur et il en découle un découpage en fonction de l'environnement.

1. Cheminement en intérieur de bâtiments uniquement :

- Une fois par an, un contrôle visuel des liaisons sera effectué le long des divers cheminements en portant l'attention sur les blessures liées à des rayons de courbure inadaptés ou aux articles de fixation sur les chemins de câbles des bâtiments ou des baies techniques. On vérifiera la tenue et la qualité des connexions sur les extrémités équipées de fiches de raccordement.

Tous les deux ans, vérification des caractéristiques électriques (ou optiques) des liaisons.

2. Cheminement avec parties hors bâtiments :

- Une fois par an contrôle visuel sur les parties « visitables » et vérification des caractéristiques électriques (ou optiques).

3.2. Équipements en poste

3.2.1 Cahier de suivi

Les actions de maintenance (préventives et correctives) sur les installations liées au balisage lumineux sont consignées dans le cahier de suivi de chaque poste.

Ce cahier de suivi doit permettre de retracer de manière synthétique toutes les interventions exécutées dans le poste et contiendra au moins les informations suivantes :

- date et heure d'entrée ;
- nom et signature de toutes les personnes présentes ;
- raison de la visite ;
- description sommaire des travaux ;
- références de l'opération dans le cadre d'une intervention programmée ;
- heure de sortie.



*Poste recevant des régulateurs de balisage
Aérodrome de Pau*

3.2.2 État général du poste

3.2.2.1 Généralités

Afin d'assurer la fiabilité des systèmes de balisage, les matériels électriques installés dans les postes doivent fonctionner dans un environnement sain et dans les plages de température et d'hygrométrie définies par les constructeurs.

Lors de pannes sur ces matériels, les équipes de maintenance doivent pouvoir intervenir dans de bonnes conditions de sécurité et dans un environnement rationnel et fonctionnel.

3.2.2.2 Points à contrôler

Un contrôle des points suivants est à réaliser pour atteindre l'objectif fixé ci dessus :

- documentation présente :
 - schémas, synoptiques et étiquetage des installations du poste ;
 - cahier de suivi des maintenances et interventions ;
 - bon rangement et accessibilité des pièces détachées ;
- état général du poste :
 - propreté du sol, des murs... ;
 - étanchéité du poste : pas d'infiltration d'eau et pas d'écoulement sur les appareils électriques ;
 - ventilation et/ou climatisation du poste ;
 - pas de matériels encombrant dans les allées du poste ;
 - pas de présence de rongeurs ou d'oiseaux ;
 - état général des caniveaux et présence obligatoire des plaques de couverture ;
 - éclairage de secours autonome.

D'autres points de sécurité sont à vérifier dans ce type de postes mais ne rentrent pas dans ce guide sur la maintenance du balisage (détecteurs incendies, de fuite sur citerne, d'intrusion ; extincteurs, EPI...).

3.2.2.3 Périodicité

Un examen visuel de ces différents points est à réaliser semestriellement.

Cette périodicité est à adapter en fonction des modifications éventuelles apportées aux infrastructures du poste ou en fonction de la présence ou non de machines thermiques (groupes électrogènes ou autres). En règle générale, un contrôle visuel global peut être réalisé par les techniciens de maintenance à chacune de leur intervention dans le poste.

3.2.3 Régulateurs à courant constant (CCR)

3.2.3.1 Généralités

De manière générale, l'architecture retenue pour la conception de l'alimentation du balisage lumineux est celle de circuits série. Les feux de balisage sont alimentés par l'intermédiaire de régulateurs à courant constant (CCR) qui sont télécommandés et réglables en niveaux d'intensités électriques.

Les valeurs des niveaux d'intensités dépendent du nombre de brillances et les configurations standards rencontrées sont les suivantes :

- 4 brillances : 3,3A ; 4,4A ; 5,5A ; 6,6A ;
- 5 brillances : 2,8A ; 3,4A ; 4,1A ; 5,2A ; 6,6A.

Les CCR sont des générateurs de courant dont les puissances nominales atteignent 30kVA, pouvant mettre en œuvre des tensions de type HTA.

3.2.3.2 Points à contrôler

L'entretien est conforme à la notice du constructeur.

Les vérifications suivantes sont à effectuer :

- état général :
 - état de propreté du régulateur ;
 - dépoussiérage du bas des armoires, afin d'éviter l'accumulation de poussières qui nuirait au bon refroidissement ;
 - dépoussiérage des cartes électroniques et des éléments de la partie BT ;
 - serrage des connexions de puissance (boucle, alimentation, terre) et des connexions internes (vis et borniers) : possibilité d'utiliser une caméra thermographique pour visualiser les éventuels "pointschauds" ;
 - état des parafoudres sur la partie HT ;
- pour isolement et continuité des boucles primaires ;
- contrôle/Commande du CCR :
 - correspondance entre les consignes de courant et les valeurs affichées des courants des différentes brillances ;
 - remontée des défauts (voir paragraphe 3.1 Télécommande).

3.2.3.3 Charge de la boucle primaire et réglage de charge du CCR

Des détails sur la charge de la boucle et le réglage se trouvent en annexe au paragraphe 5.3.1 Évaluation de la charge d'une boucle.

3.2.3.4 Suivi des CCR

Il est procédé au suivi dans le temps et à l'archivage par régulateur de toute intervention, vérification ou évolution éventuelle de réglage.

Les informations à faire figurer sur ces fiches de suivi sont, au moins :

- date, nom et signature de l'intervenant ;
- la ou les fonctions alimentées ;
- la charge globale sur la boucle primaire et le réglage de la charge ;
- la longueur approximative de la boucle primaire ;
- les matériels alimentés : nombres de TI, feux et panneaux... ;
- valeurs de référence d'isolement et de continuité à la mise en service ;
- valeurs d'isolement et de continuité des différents contrôles ;
- les dysfonctionnements ou pannes et mesures correctives associées.

3.2.3.5 Isolement et continuité des boucles primaires

La mesure de la résistance d'isolement permet de suivre le vieillissement de la boucle : câbles primaires et transformateurs d'isolement.

La valeur de la résistance d'isolement dépend de la tension de mesure, de la qualité de l'installation (câbles primaires, transformateurs d'isolement, connecteurs), de la qualité des modifications éventuelles sur ces mêmes matériels, de l'environnement de ces matériels : humidité voire immersion, de l'humidité de l'air au moment de la mesure.

La mesure de la continuité permet, d'une part, de vérifier la cohérence entre la valeur mesurée et la valeur de référence et, d'autre part, de savoir s'il n'y a pas une mauvaise résistance de contact entre connecteurs.

Une différence entre la valeur mesurée et la valeur calculée, ou une variation significative entre deux mesures périodiques, permet de mettre en évidence un défaut, généralement de connectique, sur la boucle.

Les valeurs de référence pour l'isolement et la continuité sont publiées en annexe (cf. paragraphes 5.3.2 et 5.3.3).

3.2.3.6 Périodicité

Est effectuée tous les mois la vérification de la correspondance entre les consignes de courant et les valeurs affichées des courants des différentes brillances.

Sont effectués tous les 6 mois :

- la vérification de l'état des parafoudres, avec vérifications supplémentaires après chaque période orageuse ;
- les mesures de la continuité et de l'isolement des boucles primaires de balisage avec vérifications supplémentaires avant et après chaque intervention sur tout élément constitutif de la boucle primaire (transformateurs d'isolement, connecteurs, câbles) ;
- la vérification de remontée des défauts.

Sont effectués tous les ans sur les CCR :

- la vérification de l'état général des équipements ;
- la vérification de la charge de la boucle primaire et les réglages de charge ;
- l'analyse et l'archivage des fiches de suivi des matériels.

3.2.4 Autres équipements de balisage

3.2.4.1 Alimentations spécifiques ou générales

Il s'agit d'effectuer les opérations d'entretien selon les spécifications des constructeurs, de mesurer les différentes caractéristiques des alimentations utilisées par les composants du système et de contrôler leur autonomie (onduleurs, chargeurs).

Les périodicités à retenir sont :

- suivant les spécifications constructeurs pour l'entretien ;
- mensuel pour le contrôle des paramètres ;
- semestriel pour le contrôle de l'autonomie.

3.2.4.2 Départs pour équipements alimentés en parallèle

3.2.4.2.1 Généralités

Les opérations d'entretien portent essentiellement sur le contrôle des câbles d'alimentation des matériels alimentés en parallèle, notamment les feux à éclats (RTIL), les feux séquentiels d'approche, les feux d'obstacles, les indicateurs de direction de vent, les alimentations 24 ou 48V, certains panneaux de signalisation.

3.2.4.2.2 Vérifications

Les actions associées sont conformes aux normes en vigueur, telle la NF C15100, et comprennent notamment :

- nettoyage ;
- serrage des bornes : possibilité d'utiliser une caméra thermographique pour visualiser les éventuels "pointschauds" ;
- mesure de la prise de terre ;
- isolement entre conducteurs : phases/neutre et phases/terre ;
- continuité des conducteurs de protection ;
- continuité des liaisons équipotentielles ;
- contrôle du serrage des conducteurs au tableau ;
- vérification des tenants et aboutissants par rapport aux schémas de repérage.

3.2.4.2.3 Périodicité

La périodicité de ces vérifications est annuelle.

3.3. Équipements sur aire de manœuvre (hors feux)

3.3.1 Infrastructures de balisage

Les infrastructures de balisage sont destinées à recevoir ou supporter les équipements liés au balisage lumineux. Elles sont installées sur les aires de mouvement (pistes, voies de circulation) ou à proximité immédiate et font partie intégrante des dispositifs de balisage devant répondre aux exigences liées à la sécurité de l'exploitation (résistance à la charge, aux chocs mécaniques et au souffle des réacteurs) et à la fiabilité des équipements de balisage.

Les éléments à considérer sont les regards et chambres de tirage, les massifs supports des feux élevés, les saignées et les fourreaux.

3.3.1.1 Regards et chambres de tirage



Regard et chambres de tirages

Les regards sont destinés à recevoir différents éléments permettant le fonctionnement des feux de balisage (transformateurs, câbles, connectiques, systèmes de contrôle/commande des feux, relais...). Les chambres de tirage permettent de réaliser aisément le passage de câbles, sous une chaussée par exemple.

3.3.1.1.1 Extérieur

Les regards et chambres de tirage ne doivent en aucun cas constituer un obstacle sur une piste, un accotement, une bande de piste, une bande de voie de circulation pour le cas où un aéronef sortirait de la piste ou de la voie de circulation.

Il convient de s'assurer de l'intégrité mécanique, de la stabilité et de la conformité des regards et chambres de tirage ainsi que de la non-présence de tassements importants autour de ces ouvrages ou de saillies pouvant résulter de mouvements de terrain.

Il convient de vérifier le repérage et l'identification de chaque élément et la cohérence avec les plans et schémas des installations.

3.3.1.1.2 Intérieur

Pour assurer une maintenance rapide sur les différentes boucles de balisage, les équipements électriques (transformateurs, câbles, connecteurs, relais, systèmes de contrôle/commande des feux etc..) sont, en règle générale, disposés de manière fonctionnelle :

- les transformateurs, connecteurs et autres équipements électriques sont de préférence positionnés sur des chemins de câbles, cornières ou autres systèmes permettant, entre autres, une mise hors d'eau des appareils électriques ;
- une attention particulière est portée aux différents rayons de courbure des câbles et cordons. Les rayons de courbure de ces différents câbles seront conformes aux prescriptions détaillées fournies par les constructeurs ;
- les éléments électriques sont repérés au moyen d'étiquettes avec marquage indélébile permettant un repérage rapide de la fonction.
- circuit de terre : en règle générale, à l'intérieur des regards, les retours des masses des feux sont reliés à la terre par l'intermédiaire d'une barrette ou d'un autre système lui-même relié à la terre, soit par le conducteur en cuivre nu ceinturant la piste, soit par un piquet de terre disposé en fond de regard ou à proximité du regard. Les écrans des câbles 6 kV au niveau des connectiques sont également reliés à la terre.

Ces différentes connexions de masse sont sujettes à des détériorations importantes compte tenu de leur environnement. Un examen visuel permet de détecter les corrosions importantes pouvant entraîner à terme une rupture d'un circuit terre et un risque électrique pour le personnel intervenant sur les circuits de balisage.

La propreté intérieure des regards et chambres de tirage doit également être vérifiée afin d'éviter l'accumulation des boues, pierres, végétaux ou autre réduisant l'efficacité des interventions de maintenance.

3.3.1.1.3 Périodicité

Un examen visuel permet de vérifier au moins une fois par an l'état général de ces ouvrages tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

3.3.1.2 Massifs supports

3.3.1.2.1 Généralités

Les feux élevés (feux d'approche et de piste, voies de circulation, PAPI...) et les panneaux de signalisation aéronautique sont positionnés sur des massifs en béton de ciment ayant des dimensions variables en fonction du type de feu et de la nature du terrain.

Ces massifs supports ne doivent en aucun cas constituer un obstacle sur une piste, un accotement, une bande de piste, une bande de voie de circulation pour le cas où un aéronef sortirait de la piste ou de la voie de circulation.

3.3.1.2.2 Points à contrôler

Il convient de s'assurer de l'intégrité mécanique, de la stabilité et de la non-présence de tassements importants autour de ces ouvrages ou de saillies pouvant résulter de mouvements de terrain.

Une attention particulière est portée sur les massifs des indicateurs visuels de pente d'approche (voir les paragraphes 3.4.6 Cas particulier du PAPI).

L'intégrité des interfaces de fixation des feux dans les massifs est vérifiée visuellement : stabilité, rigidité, état (hauteur, oxydation, filetage...).

3.3.1.2.3 Périodicité

Les vérifications définies ci-dessus sont effectuées au moins une fois par an.

Compte tenu des mouvements de terrain éventuels, des vérifications plus fréquentes sont réalisées dans les mois suivant une nouvelle installation de massifs de balisage.

3.3.1.3 Fourreaux et buses

3.3.1.3.1 Généralités

Les divers câbles d'alimentation, télécommandes des fonctions de balisage peuvent cheminer dans des fourreaux ou des buses reliant les divers regards ou chambres de tirages entre eux et assurant leur protection mécanique.

3.3.1.3.2 Points à contrôler

Les plans d'installations des réseaux de buse et de fourreaux sont tenus à jour dans le cadre de la maintenance pour faciliter le repérage des câbles, leurs positionnements et leurs remplacements éventuels. Pour éviter l'obstruction des fourreaux par des dépôts et faciliter le passage de nouveaux câbles, les extrémités de fourreaux dans les regards ou les chambres de tirage sont, en règle générale, équipées de bouchons.

3.3.1.3.3 Périodicité

Un examen visuel annuel de ceux-ci est suffisant pour s'assurer de leur non-dégradation.

Il est recommandé de vérifier la non-obstruction des buses ou fourreaux dans les zones sensibles (traversées de chaussée, par exemple) pour permettre le changement rapide d'un câble défectueux. Une périodicité de cinq ans peut être adoptée.

3.3.1.4 Saignées

3.3.1.4.1 Généralités

Les câbles d'alimentation de feux encastrés, de certains feux hors sol, des boucles d'induction des barres d'arrêt peuvent être installés dans des saignées réalisées dans le revêtement de la chaussée.

3.3.1.4.2 Points à contrôler

Compte tenu des contraintes liées au roulage des avions et/ou aux conditions climatiques locales, des dégradations peuvent apparaître pouvant entraîner une rupture voir un arrachement du câble avec présence de débris sur la chaussée.

3.3.1.4.3 Périodicité

Un examen visuel de ces différents éléments est à réaliser au minimum deux fois par an et est à adapter en fonction du trafic et des conditions météorologiques. Ces examens doivent être effectués en coordination avec les services en charge des structures chaussées.

La réfection d'une saignée (sciage, mise en place des câbles, résines...) devra respecter les indications du fournisseur des produits spécifiques utilisés, notamment la compatibilité des divers produits entre eux, avec le revêtement et les matériels, et faire l'objet d'un suivi spécifique les semaines suivant la réfection.

3.3.2 Panneaux de signalisation aéronautique

3.3.2.1 Généralités

Les panneaux de signalisation aéronautique regroupent les panneaux d'obligation et les panneaux d'indication. Ces panneaux peuvent être de type diurne ou nocturne avec éclairage interne ou externe.

Ces panneaux étant soumis aux souffles des réacteurs, aux projections de graviers et autres ainsi qu'aux mauvaises conditions atmosphériques, il est nécessaire de s'assurer de leur intégrité physique, de la présence d'un système d'accrochage relié au massif support et du bon fonctionnement des sources lumineuses et de leur lisibilité.

Les panneaux de signalisation aéronautique doivent avoir reçu un agrément ou un certificat de conformité délivré par le Service technique de l'aviation civile (STAC).

Les caractéristiques des panneaux telles que la luminance moyenne, l'homogénéité et la couleur sont vérifiées lors des qualifications de type des matériels.

3.3.2.2 Points à contrôler

L'entretien des panneaux sera conforme aux spécifications du constructeur.

Toutefois, les points suivants seront à contrôler visuellement :

- état général :
 - supports de fixation : état des pieds, serrage éventuel, dispositifs d'accrochage installé en cas de rupture du panneau ;
 - façade : intégrité, état des films colorés ;
 - connectique ;
 - sources lumineuses : fonctionnement, état, disposition ;
 - lisibilité : pas de présence d'herbe ou autres végétaux devant les façades.



Panneaux de signalisation aéronautique - Orly

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'exigences quantitatives (mesures photométriques et colorimétriques) mais une évolution est possible à l'avenir.

3.3.2.3 Périodicité

Les vérifications définies ci-dessus seront effectuées au moins une fois par an. Elles devront inclure un examen visuel de nuit.

Cependant, à chaque visite du balisage lumineux les vérifications d'intégrité et de bon fonctionnement sont à réaliser.

3.3.3 Système SMGCS ou A-SMGCS

La maintenance des systèmes SMGCS ou A-SMGCS intégrant du balisage lumineux est effectuée suivant les spécifications des constructeurs et conformément aux dispositions du présent document y afférant (télécommande, feux, panneaux...).

3.4 Feux de balisage

3.4.1 Généralités

Le présent paragraphe s'attache à définir l'ensemble des vérifications à effectuer sur les feux de balisage, à l'exclusion des mesures photométriques qui sont explicitées au paragraphe 4.3.

Ces dispositions s'appliquent à tous les types de feux, fixes ou à éclats : feux d'approche, de piste, de voie de circulation et d'obstacles.

De manière générale, l'entretien des feux de balisage est conforme aux spécifications du constructeur et les vérifications ainsi que les périodicités définies ci-après viennent en complément de celles-là.

Les feux de balisage installés devront avoir reçu un agrément ou un certificat de conformité délivré par le STAC⁶.

Les feux de balisage nécessitent un suivi particulier par élément mais aussi par fonction (seuil, bord...) : chaque élément devra être repéré et identifié et des essais par fonction de balisage seront réalisés.

Des différences fondamentales existent entre les feux hors sol et les feux encastrés, notamment en ce qui concerne les caractéristiques mécaniques et optiques et il est donc nécessaire de distinguer les vérifications afférentes.

3.4.2 Vérifications générales

Les vérifications suivantes seront à effectuer par fonction :

- vérification de l'enchevêtrement : la panne d'une source d'alimentation ne doit pas altérer la configuration fondamentale du système (respect de l'aspect visuel) ;
- vérification des niveaux d'intensité lumineuse en fonction des brillances.

L'équilibre des intensités lumineuses des différentes fonctions d'une piste sera vérifié. Cette vérification comprend non seulement les réglages des sources d'alimentation mais aussi le fonctionnement des réglages par l'intermédiaire de la télécommande balisage.

⁶ La liste des matériels agréés est disponible sur le site www.stac.aviation-civile.gouv.fr.

3.4.3 Vérifications pour les feux hors sol

L'état général des feux hors sol sera à contrôler visuellement :

- support (interface de fixation et poteau) : vérification de l'intégrité et serrage ;
- connectique : état câble et connecteur (résistance à la traction et étanchéité, usure) ;
- partie optique : intégrité, propreté, calage et alignement (voir paragraphe 5.5 Annexe sur le calage des feux).

Il convient de vérifier le repérage et l'identification des feux.

3.4.4 Feux encastrés (ensemble embase/feu)

Il convient de distinguer les vérifications sur chaque partie du système :

- embase :
 - état général ;
 - scellement et calage (niveau et azimuth) ;
 - intérieur : connectique, étanchéité, propreté ;
- feu :
 - examen visuel : état du (des) prisme(s), salissure, état de surface du feu (fissure...) ;
 - connectique : état câble et connecteur (résistance à la traction et étanchéité, usure) ;
 - fixation : présence des écrous, serrage.

Il convient de vérifier le repérage et l'identification des feux et des embases.

3.4.5 Périodicité

Les vérifications définies aux paragraphes 3.4.2 et 3.4.3 seront effectuées au moins une fois par an. Elles devront inclure un examen visuel de nuit.

Les vérifications définies aux paragraphes 3.4.4 seront effectuées au moins tous les 6 mois.

Cependant, à chaque visite du balisage lumineux les vérifications de bon fonctionnement sont à réaliser.

3.4.6 Cas particulier du PAPI

3.4.6.1 Généralités

Le PAPI est considéré comme un feu hors sol et répond aux spécifications standards du paragraphe 3.4.3, en ce qui concerne les supports et la connectique mais du fait des caractéristiques spécifiques des unités lumineuses et de la fonction de guidage en site, des actions particulières sont nécessaires.

Pour faciliter les contrôles, un repérage des unités avec inscription des angles respectifs est nécessaire : dénomination (A, B, C, D de l'unité la plus éloignée vers la plus proche de la piste) et indication du calage nominal figurant sur chaque élément (voir schéma ci-contre).

L'entretien et le calage se font conformément aux prescriptions du constructeur (procédure et instruments).

Un archivage des contrôles, opérations de maintenances, changement des unités devra être réalisé et disponible pour les équipes de maintenance.

3.4.6.2 Points à contrôler

3.4.6.2.1 Contrôle général des unités PAPI

Le PAPI nécessite une vérification spécifique du niveau des massifs entre les différentes unités lumineuses car leur tenue a un impact direct sur le calage des unités lumineuses.

De même, du fait de l'éloignement des unités par rapport au bord de piste (entre 15 et 42 m), une attention particulière doit être apportée à l'état de la végétation qui pourrait masquer les faisceaux lumineux.

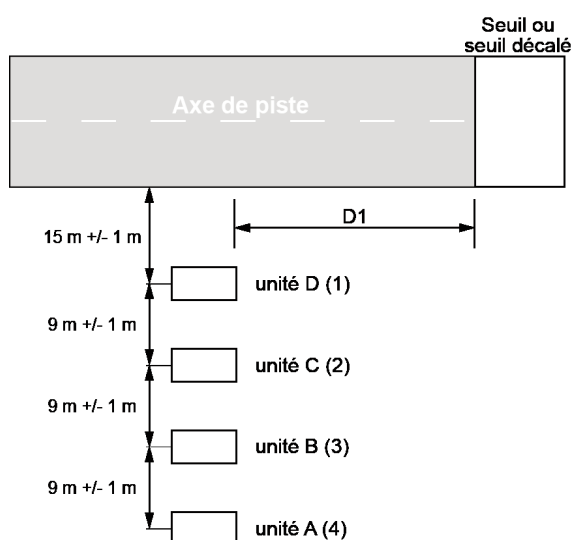
En cas de choc sur une unité lumineuse, dû aux tracteurs de fauchage par exemple, il sera nécessaire de procéder à une vérification du calage de l'ensemble des unités du PAPI.

Différents points sont également à contrôler :

- propreté des unités (extérieur et intérieur) ;
- état des pieds et des fixations ;
- état des filtres rouges, des réflecteurs ;
- fonctionnement électrique des différentes unités (pas de lampes hors service) ;
- contrôle visuel des transitions ;

Il est à noter qu'un PAPI est déclaré hors service si une seule unité n'est pas conforme pour, au moins, une des raisons suivantes :

- une lampe hors service ;
- calage non conforme ;
- mauvaise transition rouge blanc (filtre détérioré) ;
- un pied ou fixation détruit.



3.4.6.2.2 Positionnement des unités lumineuses

Un contrôle de positionnement des unités est à réaliser dans les cas suivants :

- avant la mise en service des unités PAPI ;
- après le remplacement d'une unité et avant la remise en service ;
- lors de tassement de terrain ;
- lors du contrôle quinquennal.

Ce contrôle permettra de s'assurer que :

- les parties avant des unités lumineuses sont bien positionnées sur une même horizontale avec des ajustements jusqu'à 5 cm entre les ensembles sur une pente transversale maximale de $\pm 1,25$ % ;
- les parties avant des unités lumineuses sont alignées sur une même perpendiculaire par rapport à l'axe de piste (tolérance ± 5 cm).
- les unités lumineuses sont calées en azimuth (tolérance $\pm 1^\circ$) parallèlement à l'axe de piste sauf cas particuliers

3.4.6.2.3 Contrôle du réglage en site

Avant la mesure du réglage en site, il est nécessaire de réaliser un contrôle de l'horizontalité transversale de chaque caisson à l'aide de l'appareil adapté (niveau à bulle par exemple) fourni par le constructeur des unités PAPI. La méthodologie employée pour ce contrôle est décrite dans la notice du constructeur. Une mise à niveau des lentilles frontales doit être réalisée par réglage avec une précision de l'ordre de plus ou moins 4 minutes.

Après cette opération de vérification de l'horizontalité transverse, l'angle de calage en site de chaque unité lumineuse sera vérifié.

Le contrôle de calage de chaque unité lumineuse sera réalisé avec l'appareil de réglage fourni ou validé par le constructeur du PAPI en suivant les procédures définies par ce dernier. Une attention particulière devra être apportée lors des manutentions ou stockage de l'alidade du constructeur.

Il est à noter que cet appareil devra être régulièrement vérifié par le constructeur du PAPI.

Interprétation des résultats des mesures lors des contrôles de maintenance :

- plus ou moins 5 minutes par rapport à la valeur théorique de l'angle de calage de l'unité : Pas de reprise du réglage ;
- entre 5 minutes et 10 minutes : Reprise du calage de l'angle - vérification additionnelle 6 mois après ;
- supérieure à 10 minutes : Arrêt du PAPI (4 unités) ou reprise immédiate du calage de l'angle. Ensuite, suivi spécifique du contrôle de l'angle par vérification additionnelle mensuelle sur au moins 3 mois jusqu'à stabilisation et analyse des raisons du décalage.



Contrôle du réglage en site - Brest

3.4.6.3 Périodicité

Les vérifications des unités PAPI décrites ci-dessous sont effectuées avec les fréquences suivantes.

Contrôle journalier :

- fonctionnement électrique des différentes unités : pas de lampes hors service ;
- intégrité physique des unités ;
- contrôle visuel de la végétation devant les unités.

Contrôle mensuel :

- propreté des unités et notamment les vitres frontales ;
- examen visuel des pieds et des fixations ;
- contrôle visuel des transitions ;
- examen visuel des filtres rouges, des lentilles et des réflecteurs.

Contrôle annuel :

- contrôle de l'horizontalité transverse de chaque unité ;
- contrôle de l'horizontalité de l'ensemble des unités ;
- contrôle du calage en site de chaque unité ;
- analyse et archivage de la fiche de suivi.

Contrôle quinquennal et contrôle de mise en service :

- un contrôle des calages en site des unités PAPI est réalisé à l'aide d'une méthodologie autre que l'alidade afin de s'assurer de la conformité visuelle des signaux lumineux. Cette méthodologie reposant sur l'utilisation d'un aéronef effectuant des approches en sinusoides peut être remplacée par la méthode de la nacelle décrite au paragraphe 3.4.6.4
- contrôle du positionnement des unités

Les valeurs de référence de ce contrôle figurent sur chaque unité PAPI avec la valeur initiale mesurée à l'alidade. Ces valeurs permettent de suivre l'évolution dans le temps du calage de chaque unité lumineuse.

Les dispositions du contrôle annuel sont effectuées de manière supplémentaire 6 mois après la mise en service d'un PAPI.

3.4.6.4 Méthode de la nacelle

3.4.6.4.1 Généralités

Une des méthodes de référence de vérification de calage des unités PAPI afin de disposer des valeurs de calage des unités lumineuses est la méthode de la nacelle.

L'exactitude étant exprimée en termes de fidélité et de justesse, cette méthode permet :

- de réaliser des observations à grande distance car le PAPI est conçu pour ce type d'utilisation ;
- de faire des mesures répétables et reproductibles (fidélité) ;
- de faire des mesures précises (justesse)

La solution retenue pour permettre des observations du calage angulaire du PAPI à grande distance et à une hauteur importante tout en conservant la possibilité d'observations en position statique repose sur l'utilisation d'une nacelle élévatrice mobile dont les caractéristiques doivent autoriser une hauteur d'observation allant jusqu'à 15 m (pour tenir compte du profil en long terrain) et permettre un positionnement dans la zone en amont du PAPI à différentes distances souhaitées en fonction du calage de chaque unité lumineuse.

Le calage angulaire des faisceaux lumineux des unités du PAPI est ensuite mesuré à partir de la position de l'observateur au moyen d'un théodolite installé à proximité des unités PAPI



Déploiement de la nacelle

3.4.6.4.2 Description de la méthode

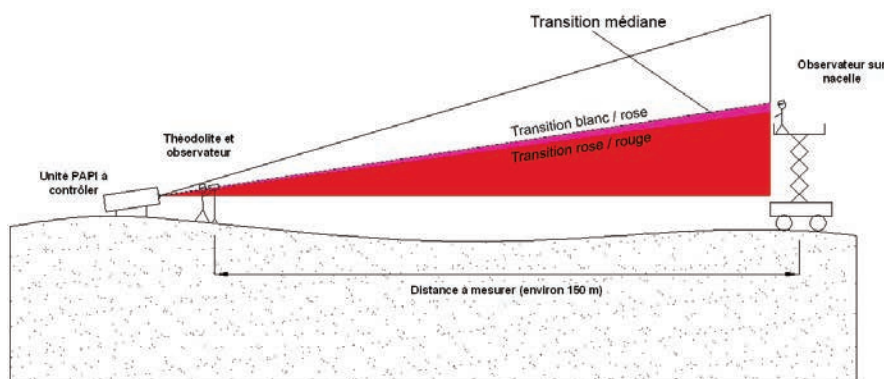
La nacelle est positionnée à environ 150 m du PAPI dans l'axe centré entre les unités B et C.

La hauteur de mesure est ajustée par le conducteur de la nacelle en fonction de l'observateur situé dans la nacelle afin de lui permettre de visualiser clairement la zone de transition entre les faisceaux blancs et rouges de l'unité lumineuse mesurée et d'avoir ses yeux dans le faisceau blanc en position debout standard. La zone de transition est ensuite évaluée par l'observateur par simple fléchissement des jambes.



Unités PAPI vues de la nacelle

Le théodolite est installé à une distance et une hauteur de telle sorte que le manipulateur (géomètre) puisse prendre, aux différents angles de calage considérés, les points de visée sur les unités lumineuses du PAPI, sur l'axe de piste au travers des PAPI et sur l'observateur positionné sur la nacelle. Le manipulateur vise l'observateur entre les deux yeux et suit ses déplacements verticaux.

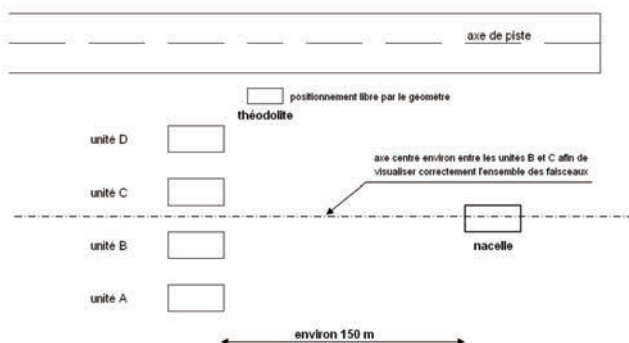


Les mesures angulaires à l'aide du théodolite sont relevées lorsque l'observateur sur la nacelle repère la zone de transition qui correspond au passage du rouge au blanc pour une observation visuelle débutant de la partie inférieure du faisceau de couleur rouge jusqu'à la partie supérieure du faisceau de couleur blanche. Lorsque l'observateur indique la transition, le manipulateur au sol relève le calage angulaire indiqué par le théodolite.

✓ *Note : la transition haute est nette et franche, le passage du rose (zone intermédiaire entre le rouge et le blanc) au blanc est très marqué au niveau du contraste de part le changement de couleur du faisceau et de l'intensité lumineuse. Il est à noter une multiplication de l'intensité lumineuse jusqu'à 6,5 fois lors du passage du rouge au blanc.*

Positionnement de la nacelle

La nacelle sera positionnée suivant le schéma ci dessous :



Afin de pouvoir se trouver dans les zones de transition des faisceaux rouges et blancs des 4 unités (angle d'ouverture en azimuth des faisceaux compris entre $\pm 10^\circ$), il est impératif que la nacelle soit à peu près positionnée dans l'axe centré entre les unités B et C.

Positionnement du théodolite

Le positionnement du théodolite (emplacement) sera défini par le géomètre en fonction du type de théodolite utilisé. En tout état de cause, la méthode employée par le géomètre devra permettre de relever les angles de l'unité à contrôler (unité A puis B puis C puis D).

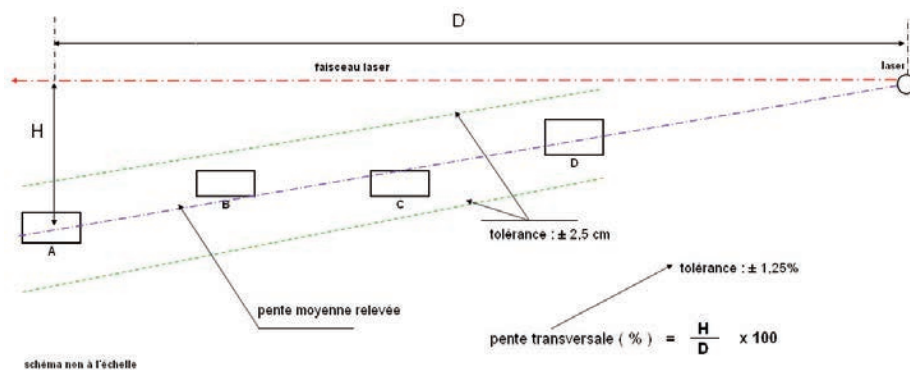
3.4.6.4.3 Principales vérifications à réaliser avant de mesurer les angles de calage

Avant de mesurer les angles de calage des unités du PAPI et en complément de la vérification de l'horizontalité décrite au paragraphe 3.4.6.2.3, il devra être procédé à une vérification de l'horizontalité ($\pm 2,5$ cm, pente de 1,25 %) de l'ensemble des unités lumineuses.

La vérification de l'horizontalité (tolérance en hauteur et pente transversale admissible) de l'ensemble des éléments peut se faire par :

- l'utilisation d'un théodolite pour relever les hauteurs de l'ensemble des unités lumineuses et du niveau de l'axe de piste
- l'utilisation d'un niveau laser (recherche automatique, niveau à bulle,...) dont le signal est positionné juste au-dessus des coffrets sur la partie avant des unités lumineuses.

Exemple de calcul vérification horizontalité des éléments :



3.4.6.4.4 Mesures à réaliser

Pour chaque unité lumineuse du PAPI, 5 mesures d'angle de calage sont effectuées avec la méthode de la nacelle. Les valeurs relevées sont reportées dans un tableau. La valeur d'angle de calage de l'unité PAPI retenue sera la moyenne des 5 valeurs mesurées, les valeurs considérées aberrantes ne devront pas être retenues dans le calcul de la moyenne.

On peut estimer à une demi-journée le temps nécessaire pour réaliser les mesures des 4 unités lumineuses du PAPI.

Conditions de la validation de la mesure :

- la nacelle devra être positionnée à environ 150 m de la barre PAPI, aucune valeur ne devra être prise à une distance inférieure à 100 m
- la nacelle devra être positionnée dans l'axe centré entre les unités B et C.

Tableau de relevés des mesures proposées :

Distance unité PAPI-nacelle : environ... m

Distance unité PAPI-théodolite : environ... m

Repère unité PAPI :	Calage souhaité :				
Angle mesuré					
mesure 1 : m1	mesure 2 : m2	mesure 3 : m3	mesure 4 : m4	mesure 5 : m5	
moyenne	(m1 + m2 + m3 + m4 + m5)/5				
calage					

✓ **Rappel :** 1'd'arc correspond à 0,017°

Exemple: calage standard 3°-5,24 %			
Unité	CALAGE		PENTE
A	2°30'	2°50'	4,47 %
B	2°50'	2°85'	4,98 %
C	3°10'	3°17'	5,54 %
D	3°30'	3°50'	6,13 %

Liste minimum des besoins (humains, matériels) pour réaliser les mesures :

- 2 opérateurs (1 observateur, 1 manipulateur [géomètre] au sol)
- 1 nacelle télescopique (avec conducteur) adaptée aux besoins spécifiques du site (mode de déplacement et hauteur)
- 1 théodolite équipé d'une base de données
- 1 appareil de mesure de la distance
- 1 niveau laser éventuellement pour remplacement du théodolite lors de la mesure horizontalité
- des moyens de communication pour dialogue avec le contrôleur de la vigie et entre opérateurs (VHF)

4. Exigences fonctionnelles du balisage lumineux

4.1. Généralités

Un système d'entretien préventif des aides visuelles est mis en place pour assurer la fiabilité du balisage lumineux et l'objectif de ce programme mis en place sera le maintien des installations dans un état qui ne nuise pas à la sécurité, à la régularité ou à l'efficacité de la navigation aérienne.

Le principe qui définit les exigences relatives aux systèmes visuels est le suivant : afin d'assurer la continuité du guidage, la panne de feux ne doit pas se traduire par une altération fondamentale de la configuration du dispositif lumineux.

Il convient de rappeler que les présentes spécifications ont pour objet de définir les objectifs de niveau de performance du système d'entretien et non pas de définir si un dispositif est opérationnellement hors service.

4.2 Informations complémentaires

Les pourcentages indiqués en annexe au paragraphe 5.4 Objectifs de maintenance des aides visuelles se rapportent aux pourcentages maximums admissibles de feux hors service et doivent être convertis en nombres entiers, piste par piste et fonction par fonction, c'est-à-dire que tout dépassement de ce nombre maximum pour une fonction de balisage nécessite une intervention corrective du service en charge de la maintenance dans les plus brefs délais.

Lors des calculs associés à la détermination des nombres de feux maximum admissibles hors service, les valeurs obtenues seront arrondies au nombre entier inférieur le plus proche.

Les dispositions additionnelles sur feux hors service représentent des contraintes complémentaires qui s'appliquent, pour une fonction donnée, aux configurations non acceptables en terme de feux hors service.

Le terme consécutif s'applique à une direction parallèle à l'axe de la piste ou de la voie de circulation et le terme contigu s'applique à la perpendiculaire.

4.3 Mesures photométriques

4.3.1 Généralités

La fréquence des mesures photométriques en ce qui concerne les feux qui équipent des pistes avec approches de précision de catégorie II ou III est fondée sur la densité de circulation, le niveau local de pollution, la fiabilité du matériel de balisage lumineux installé et l'évaluation des mesures prises sur le terrain. En tout cas, elle ne doit pas être inférieure à deux fois par année pour ce qui est des feux encastrés et à une fois par année pour ce qui a trait aux autres feux.

En ce qui concerne les feux de piste, les évaluations de l'intensité moyenne portent sur tous les feux afin d'assurer un suivi dans le temps et d'évaluer la dégradation des performances.

En ce qui concerne les feux d'approche, les évaluations de l'intensité moyenne portent, autant que possible en fonction de la hauteur d'installation des feux, sur tous les feux jusqu'à 300 m en amont du seuil et il est recommandé d'effectuer les mesures au-delà.

En ce qui concerne les feux de voie de circulation, les mesures photométriques doivent être effectuées sur les fonctions spécifiques suivantes : les feux de barres d'arrêt et les feux de sortie de piste jusqu'au dégagement des aires critiques/sensibles.

Il est à noter que les caractéristiques des feux telles que l'ouverture du faisceau principal, le rapport entre l'intensité maximum et l'intensité minimum de ce même faisceau, la conformité des courbes isocandela et la couleur sont vérifiées lors des qualifications de type des matériels (agrément ou certificat de conformité STAC).

4.3.2 Exploitation des résultats

L'analyse des résultats des mesures photométriques permet de vérifier la conformité aux exigences de maintenance décrites en annexe au paragraphe 5.4 - Objectifs de maintenance des aides visuelles quant aux pourcentages admissible des feux hors service (intensité moyenne en deçà de 50 % de la valeur de référence - voir Définition).

Le non-respect de ces exigences, si le nombre de feux HS de la fonction considérée est supérieur au nombre maximum admissible pour l'exploitation considérée, doit entraîner une action de maintenance corrective dans le délai approprié : nettoyage des feux de la fonction, changement de lampes, contrôle des intensités électriques...

Suite à ces actions, il convient d'effectuer une mesure photométrique complémentaire pour évaluer leur impact et leur efficacité.

L'objectif de ces mesures photométriques est de permettre la mise en place d'actions de maintenance préventives adaptées en terme de fréquence et de périodicité pour prendre en compte l'environnement local avec le type d'exploitation, la densité de trafic, les conditions climatiques...

4.3.3 Périodicité pour les feux encastrés

Du fait des caractéristiques mécaniques et optiques mais aussi de l'emplacement des feux encastrés qui, par définition, sont installés sur les zones roulables, la densité de trafic est le facteur déterminant.

Les périodicités de référence ou de base sont celles relatives à la densité de trafic « faible » et des facteurs multiplicateurs sont associés à chaque niveau de densité de trafic supérieur : la valeur de ce facteur est de 2 pour la densité de trafic « moyenne » et de 4 pour la « forte ».

Le tableau suivant, donne le nombre de mesures annuelles régulières en fonction de la catégorie d'exploitation et de la densité de trafic.

Type d'exploitation/Densité de trafic	Faible	Moyenne	Forte
Cat II/III	2	4	8
Cat I	1	2	4
Décollages			
RVR < 150 m	2	4	8
150 m < RVR < 550 m	1	2	4
RVR > 550 m	1 pour 2 ans	1	2

Conformément aux dispositions du paragraphe 1.3 Champ d'application, d'autres périodicités de mesures sont acceptables, sous réserve de garantir un niveau de performance équivalent.

4.3.4 Périodicité pour les feux hors sol

Du fait des caractéristiques géométriques des feux hors sol, la densité de trafic n'est pas significative. Le niveau local de pollution (à quantifier - air marin, pollution industrielle) est le facteur déterminant.

Le tableau suivant, donne la fréquence des mesures régulières en fonction de la catégorie d'approche.

Type d'approche	Fréquence
Cat II/III	1/an
Cat I	1/an*
Classique	1/ 2 ans
À vue	1/ 4 ans

**les feux hors sol des pistes avec approches de catégorie I constituent les éléments essentiels pour l'acquisition des références visuelles.*

Le tableau suivant, donne la fréquence des mesures régulières en fonction de la RVR pour les décollages.

Décollages	Fréquence
RVR < 150 m	1/ 2 ans
150 m < RVR < 550 m	1/an*
RVR > 550 m	1/ 2 ans

**la fréquence peut être réduite (1 fois tous les 2 ans) si des feux d'axe de piste sont installés.*

Conformément aux dispositions du paragraphe 1.3 Champ d'application, d'autres périodicités de mesures sont acceptables, sous réserve de garantir un niveau de performance équivalent.

4.4. Exigences en fonction de l'exploitation

4.4.1 Généralités

Le tableau ci-dessous présente les exigences réglementaires ainsi que les dispositions additionnelles spécifiques en fonction de l'exploitation de la piste et fait référence aux annexes détaillées s'y rapportant.

Type d'exploitation	Exigences réglementaires
Pistes à vue	Pas d'exigence spécifique relative à un pourcentage maximum admissible.
Piste avec approche classique	Pas d'exigence spécifique relative à un pourcentage maximum admissible.
Pistes avec approche de précision de Catégorie I	Voir annexe 5.4 au paragraphe 5.4.1
Pistes avec approches de précision de Catégorie II/III	Voir annexe 5.4 au paragraphe 5.4.2
Pistes utilisées pour les décollages avec RVR < 550 m	Voir annexe 5.4 au paragraphe 5.4.3
Pistes utilisées pour les décollages avec RVR ≥ 550 m	Voir annexe 5.4 au paragraphe 5.4.4

4.4.2 Systèmes spécifiques

Pour les feux à éclats séquentiels d'approche, les feux de bord de voie de circulation, les feux de prolongement d'arrêt, de zone inutilisable et d'obstacles, de manière générale, et pour les feux d'axe de voie de circulation dans le cas de pistes avec approche de précision de catégorie I, il n'existe pas de pourcentage minimum requis ni de dispositions additionnelles spécifiques.

Toutefois, afin d'assurer la continuité du guidage, la panne de feux ne doit pas se traduire par une altération fondamentale de la configuration du dispositif lumineux.

5. Annexes

5.1. Glossaire

ANA	aides à la Navigation Aérienne
ASI	alimentation sans interruption (UPS)
ATS	<i>Air Traffic Services</i> - Services de la circulation aérienne
CCR	<i>Constant Current Regulator</i> - Régulateur à courant constant
CHEA	arrêté relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes - Arrêté du 28 août 2003
DSNA	Direction des services de la Navigation aérienne
DTI	Direction de la Technique et de l'Innovation
EPI	équipements de protection individuelle: casques, lunettes, chaussures, gants...
ICA	installations commerciales aéroportuaires
ITAC	instruction technique sur les aérodromes civils
IHM	<i>Interface Homme Machine</i>
LVP	<i>Low Visibility Procedures</i> - Procédures d'exploitation par faible visibilité
PAPI	<i>Precision Approach Path Indicator</i> - Indicateur visuel de précision de pente d'approche
PSNA	Prestataire de service de la navigation aérienne (exemple: DSNA, prestataire AFIS...)
QFU	direction magnétique de la piste (nombre à 2 chiffres correspondant à l'entier le plus proche du dixième de l'azimut magnétique de l'axe de piste)
RGL	<i>Runway Guard Light</i> - Feu de protection de piste
RTIL	<i>Runway Threshold Identification Lights</i> - Feux d'identification de seuil de piste
RVR	<i>Runway Visual Range</i> - Portée visuelle de piste
SMGCS surface	<i>Surface Movement Guidance and Control System</i> - Système de guidage et de contrôle de la circulation de surface
STAC	service technique de l'Aviation civile. www.stac.aviation-civile.gouv.fr
TGBT	tableau général basse tension
VdC	voie de circulation

5.2. Rappel de références mécaniques et électriques

5.2.1 Regards et chambres de tirage

Les dispositifs de fermeture des regards ou chambres de tirage supporteront le passage d'une roue d'avion dont la charge et la pression de gonflage sont de :

- 5 tonnes et 0,6 MPa pour les aérodromes dont la lettre de code est A ;
- 15 tonnes et 0,9 MPa pour les aérodromes dont la lettre de code est B ;
- 20 tonnes et 1,2 MPa pour les aérodromes dont la lettre de code est C ;
- 25 tonnes et 1,2 MPa pour les aérodromes dont la lettre de code est D, E ou F.

Lettre de code de l'aérodrome	Ouvrage	
	sur chaussée	sur abords
A-B	Classe D 400	Classe D 400
C	Classe E 600	Classe D 400
D-E-F	Classe F 900	Classe D 400

Les dispositifs de fermeture seront conformes à la norme NF avec les classes de résistance suivantes :

Ces informations sont données à titre indicatif car elles traitent du domaine de la conception et non de la maintenance.

5.2.2 Câbles

Normes en vigueur (UTE) :

- ✓ C 33-225 Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie - câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome - tension assignée $U_0/U (U_m) = 6/10 (12)$ kV.
- ✓ C 33-224 Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie - câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome - tension assignée $U_0/U (U_m) = 3,6/6 (7,2)$ kV.
- ✓ C 33-212 Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie - câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome - tension assignée $U_0/U (U_m) = 1/1 (1,2)$ kV.

5.2.3 Transformateur d'isolement

Les spécifications techniques relatives aux transformateurs d'isolement sont celles de la norme IEC.

- ✓ Transformateurs d'isolement (AGL series transformers).

5.3. Calculs électriques

5.3.1 Évaluation de la charge d'une boucle

La charge d'une boucle de balisage peut s'évaluer en utilisant la formule suivante :

$$P = N \times \frac{P_{\text{feu}} + P_{\text{secondaire}}}{\eta \times \cos \varphi} + x \times 135 \text{ en V.A}$$

Avec :

- N : nombre de lampes ;
- P_{feu} : puissance d'un feu (puissance de l'ensemble des lampes) augmentée de 10 %, ce qui correspond à la tolérance des constructeurs de lampes ;
- $P_{\text{secondaire}}$: perte dans le cordon secondaire (200 W/km pour des câbles de section 4 mm² à 6,6A) ;
- η : rendement des transformateurs d'isolement (80 % pour 45 W ; 85 % jusqu'à 100 W, 90 % au-delà) ;
- $\cos \varphi$: déphasage associé aux transformateurs d'isolement (0,95 à 6,6A) ;
- x : longueur de la boucle en kilomètres. La perte par km des câbles primaires de section 6 mm² est de 135 W à 6,6A.

Ce calcul permet de comparer la charge effective de la boucle au réglage de charge du CCR et d'optimiser le fonctionnement de la régulation, notamment en terme de qualité du signal et de découpage.

Il convient de choisir la valeur de réglage la plus proche par excès.

Par exemple, une charge calculée de 13,25kVA sur un CCR de 20kVA, amène à un réglage à 3/4, soit 15kVA car un réglage à 5/8, soit 12,5kVA n'assurerait pas l'optimisation de fonctionnement.

- ✓ *Note : le régulateur peut être équipé d'un dispositif permettant de vérifier automatiquement la charge de la boucle (valeur en pourcentage de la charge ou affichage de la puissance).*

5.3.2 Mesure de continuité d'une boucle primaire de balisage

L'appareil à utiliser est un multimètre équipé de la fonction ohmmètre et la mesure s'effectue sur des CCR et des boucles consignés dans le respect des règles de sécurité en vigueur.

La résistance d'un câble de section 6 mm² est d'environ 3 Ω/km et celle des transformateurs d'isolement (TI) est, en moyenne suivant les puissances, d'environ 0,10 Ω. Pour simplifier les calculs et si l'on considère une densité moyenne de 10 TI par kilomètre, il est possible de ramener la résistance de l'ensemble à 4 Ω/km.

Ainsi, la valeur de continuité calculée correspond-elle à la longueur de la boucle en km multipliée par 4.

La valeur de référence est la valeur mesurée lors de la mise en service. Elle doit être proche de la valeur calculée.

La mesure de la continuité permet, d'une part, de vérifier la cohérence entre la valeur mesurée et la valeur de référence et, d'autre part, de savoir s'il n'y a pas une mauvaise résistance de contact entre connecteurs.

Une différence entre la valeur mesurée et la valeur calculée ou une variation significative entre deux mesures périodiques, permet de mettre en évidence un défaut, généralement de connectique, sur la boucle.

5.3.3 Mesure de résistance d'isolement d'une boucle primaire de balisage.

L'appareil à utiliser est un mégohmmètre avec accumulateur et tension de mesure allant jusqu'à 5000V.

La mesure s'effectue sur des CCR et des boucles consignés dans le respect des règles de sécurité en vigueur.

Si le câble de boucle est isolé 6 kV, choisir la tension d'essai 5000V; s'il est isolé 1 kV, choisir 1000V.

Lancer la mesure et laisser le câble se charger au minimum une minute.

✓ **NB: ne pas oublier de décharger le câble après la mesure, en mettant l'âme à la terre au moyen d'un câble isolé.**

La valeur minimale R de résistance de la boucle en MΩ se détermine de la manière suivante:

Avec:

$$R = \frac{U_{essai}}{2 \times n_{TI} + 10 \times l_{boucle}} \text{ en M}\Omega$$

- U_{essai} : tension appliquée pour l'essai;
- 2 (μA): valeur maximale du courant de fuite par transformateur d'isolement;
- n_{TI} : nombre de TI sur la boucle primaire;
- 10 (μA): valeur maximale du courant de fuite par 1 km de câble;
- l_{boucle} : longueur de la boucle primaire en km.

5.4. Objectifs de maintenance des aides visuelles

5.4.1 Piste avec approche de précision de Catégorie I

Fonction	Pourcentage maximum	Dispositions additionnelles sur feux hors service
Approche	15 %	2 feux consécutifs ou contigus HS ⁹
PAPI	Nil	Pas de lampe HS
Seuil de piste	15 %	2 feux contigus HS
Bord de piste	15 %	2 feux consécutifs HS
Axe de piste (si installé)	15 %	2 feux consécutifs HS
Fin de piste	15 %	2 feux contigus HS
Feux à éclats d'identification de piste (RTIL)	Nil	Feux synchronisés et dépendants (si un feu HS, extinction de l'ensemble)
Voies de sortie rapide (si installé)	Nil	2 feux consécutifs HS
Protection de piste de type A (hors sol)	Nil	Pas de lampe HS
Protection de piste de type B (encastrés)	Nil	2 feux contigus ou plus de 2 feux HS
Point d'arrêt intermédiaire	Nil	Plus d'un feu HS
Panneaux d'obligation	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message et pas de dégradation sur les 2 panneaux installés de part et d'autre de la VdC à une même localisation
Panneaux d'indication	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message

⁹ HS : hors service.

5.4.2 Pistes avec approches de précision de Catégorie II/III

Fonction	Pourcentage maximum	Dispositions additionnelles sur feux hors service
Approche 450 derniers mètres (dont renfort Cat. II)	5 %	2 feux consécutifs ou contigus HS
Approche en amont des 450 derniers mètres	15 %	2 feux consécutifs ou contigus HS
PAPI	Nil	Pas de lampe HS
Seuil de piste	5 %	2 feux contigus HS
Bord de piste	5 %	2 feux consécutifs HS
Axe de piste	5 %	2 feux consécutifs HS
Zone de toucher des roues	10 %	Plus d'un feu par barrette* et 2 feux consécutifs HS
Fin de piste	15 %	2 feux contigus HS
Feu à éclats d'identification de piste (RTIL)	Nil	Feux synchronisés et dépendants (si un feu HS, extinction de l'ensemble)
Voies de sortie rapide**	10 %	2 feux consécutifs HS
Voies de circulation utilisées par RVR < 350 m	Nil	2 feux consécutifs HS
Autres voies de circulation	Nil	3 feux consécutifs HS
Barres d'arrêt (feux rouges)	Nil	2 feux contigus ou plus de 2 feux HS
Barres d'arrêt (segment de confirmation)	Nil	2 feux consécutifs ou plus de 2 feux HS
Protection de piste de type A (hors sol)	Nil	Pas de lampe HS
Protection de piste de type B (encastrés)	Nil	2 feux contigus ou plus de 2 feux HS
Panneaux d'obligation	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message et pas de dégradation sur les 2 panneaux installés à une même localisation
Panneaux d'indication	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message

*Une barrette de zone de toucher est l'ensemble constitué par les 3 feux installés d'un côté de l'axe de piste.

**Jusqu'à la limite du codage jaune/vert.

5.4.3 Pistes utilisées pour les décollages avec RVR < 550 m

Fonction	Pourcentage maximum	Dispositions additionnelles sur feux hors service
Bord de piste	5 %	2 feux consécutifs HS
Axe de piste	5 %	2 feux consécutifs HS
Fin de piste	25 %	2 feux contigus HS
Voies de circulation utilisées par RVR < 350 m	Nil	2 feux consécutifs HS
Autres voies de circulation	Nil	3 feux consécutifs HS
Barres d'arrêt (feux rouges)	Nil	2 feux contigus ou plus de 2 feux HS
Barres d'arrêt (segment de confirmation)	Nil	2 feux consécutifs ou plus de 2 feux HS
Protection de piste de type A (hors sol)	Nil	Pas de lampe HS
Protection de piste de type B (encastrés)	Nil	2 feux contigus ou plus de 2 feux HS
Point d'arrêt intermédiaire	Nil	Plus d'un feu HS
Panneaux d'obligation	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message et pas de dégradation sur les 2 panneaux installés à une même localisation.
Panneaux d'indication	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message

5.4.4 Pistes utilisées pour les décollages avec RVR ≥ 550 m

Fonction	Pourcentage maximum	Dispositions additionnelles sur feux hors service
Bord de piste	15 %	2 feux consécutifs HS
Fin de piste	15 %	2 feux contigus HS
Autres voies de circulation	Nil	3 feux consécutifs HS
Protection de piste de type A (hors sol)	Nil	Pas de lampe HS
Protection de piste de type B (encastrés)	Nil	2 feux contigus ou plus de 2 feux HS
Point d'arrêt intermédiaire	Nil	Plus d'un feu HS
Panneaux d'obligation	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message et pas de dégradation sur les 2 panneaux installés à une même localisation.
Panneaux d'indication	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message

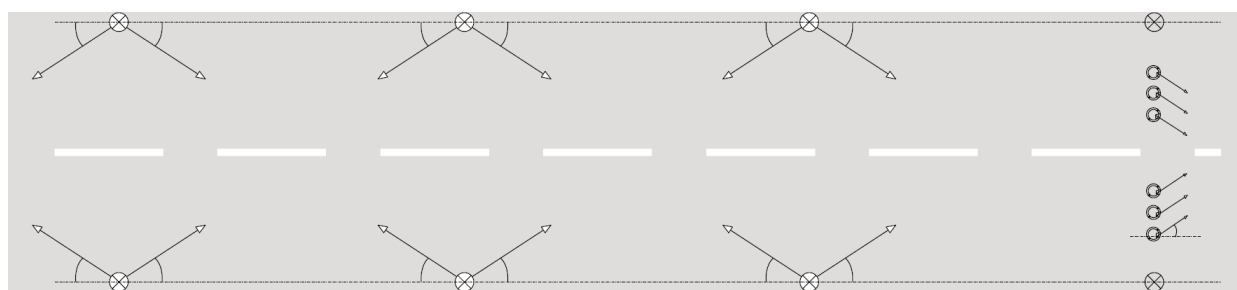
5.5. Calage des feux

5.5.1 Introduction

Les références de calage des feux sont données par rapport à l'azimut et au site où :

- l'azimut représente, dans le plan horizontal, l'angle compris entre l'axe vertical du faisceau principal du feu et la droite constituée par l'axe de piste ;
- le site représente, dans le plan vertical, l'angle compris entre l'horizontale et l'axe horizontal du faisceau principal.

L'azimut et le site sont illustrés sur les schémas ci-dessous.



Représentation de l'azimut (piste vue de dessus)



Représentation du site (piste vue de profil)

Les calages des feux en azimut et site sont présentés dans les figures suivantes du paragraphe 5.5.3.

Pour les feux de piste et d'approche, le calage du feu en azimut est constitué par le petit axe de l'ellipse et le calage en site par le grand axe de la figure associée.

5.5.2 Généralités

Les calages des feux et instructions associées sont précisés par le constructeur du matériel qui fournit tout appareil spécifique de réglage et décrit les procédures associées.

Pour clarifier les procédures de calage, il faut distinguer les feux hors sol qui se répartissent en deux familles : les feux unidirectionnels de type projecteur et les feux bidirectionnels, et les feux encastrés.

Ainsi les calages peuvent-ils être obtenus soit de manière optique par la conception du feu, auquel cas le feu est installé parallèlement à l'axe de piste pour l'azimut et de niveau pour le site (cas de certains feux encastrés), soit par calage mécanique (cas des feux de type projecteur), soit par combinaison optique et mécanique (cas de certains feux encastrés).

Pour un feu hors sol unidirectionnel de type projecteur (feu d'approche par exemple), ces calages correspondent à l'orientation du feu par rapport à l'axe de piste et par rapport à l'horizontale.

Pour un feu hors sol bidirectionnel (feu de bord de piste par exemple), le feu est installé de niveau pour assurer le calage dans le plan vertical des deux faisceaux lumineux opposés. Le calage en azimut est généralement assuré de manière optique en alignant l'axe mécanique du feu parallèlement sur l'axe de piste.

Quant aux feux encastrés, ces derniers sont installés de niveau et le calage en site est fixé par le système optique du matériel considéré (ensemble prisme/lampe conçu par l'industriel). Le calage en azimut peut être également optique, dans le cas d'une embase installée parallèlement à l'axe de la piste ou de la voie de circulation, ou mécanique, dans le cas où le faisceau du feu est droit et l'embase décalée de l'azimut considéré.

5.5.3 Schémas d'installation et de calage

Les 9 schémas des pages suivantes présentent les principes de balisage lumineux, d'abord de manière générale puis par fonction :

- approche de catégorie I ;
- renfort d'approche de catégorie II ;
- feux de seuil et de barres de flanc de seuil ;
- feux d'axe de piste ;
- feux de zone de toucher des roues (TDZ) ;
- feux de bord de piste ;
- feux d'extrémité de piste ;
- feux d'identification de seuil de piste (RTIL), à éclats.

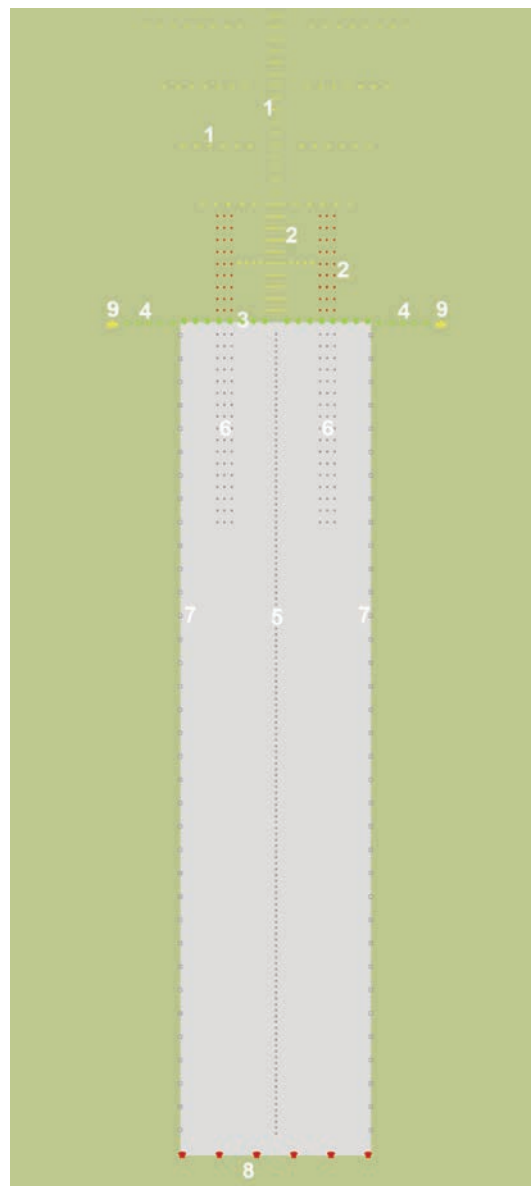
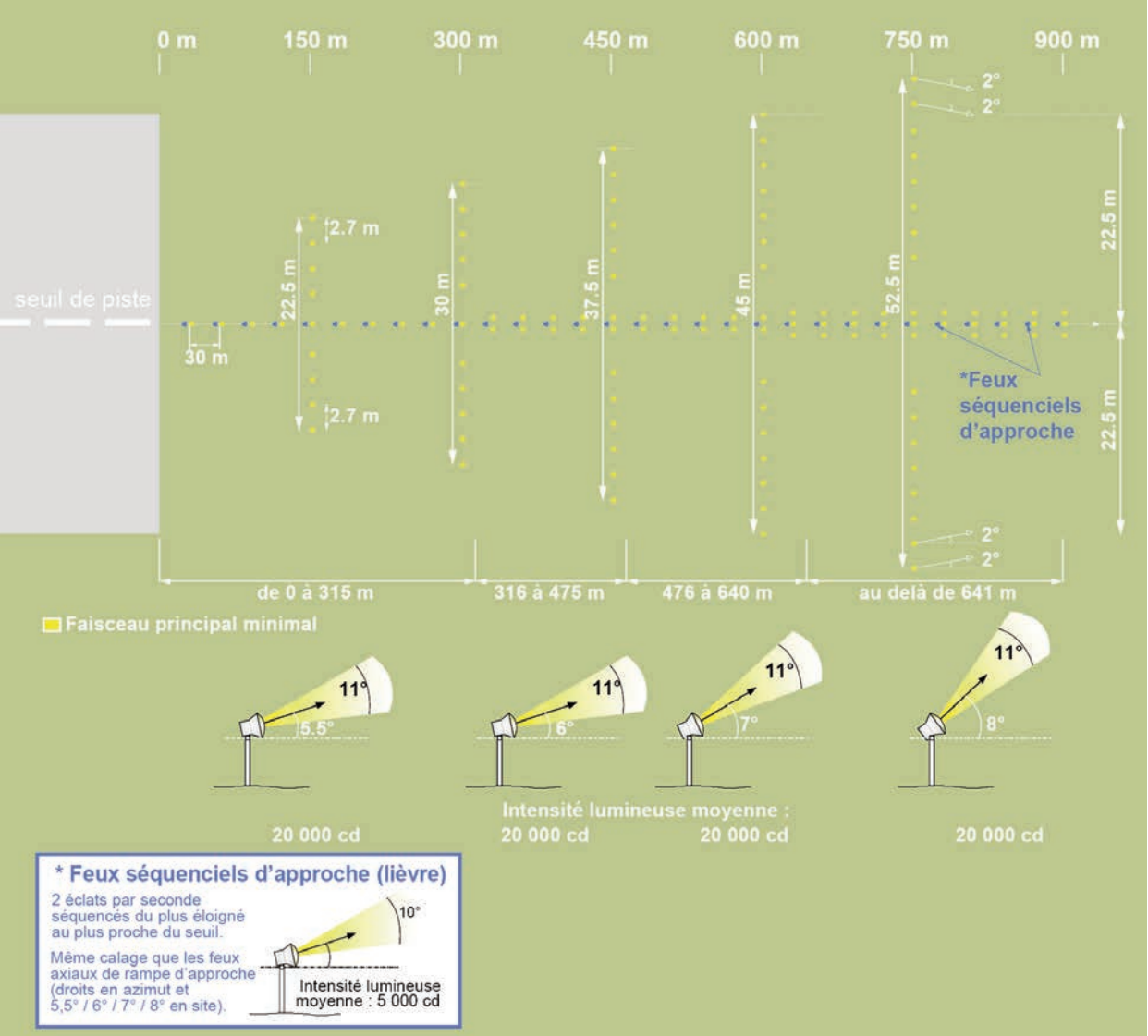


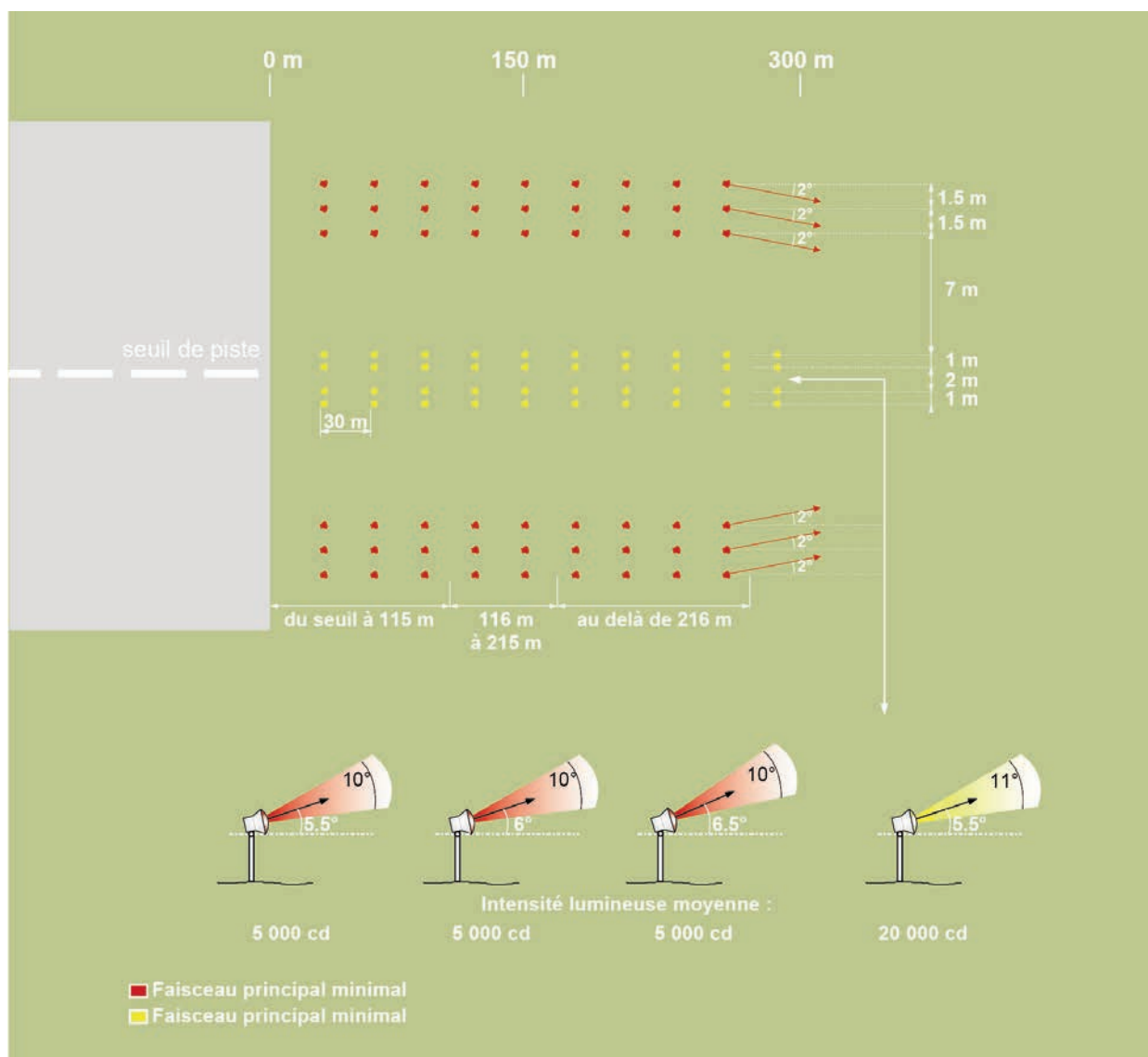
Schéma de principe d'un balisage lumineux - Pistes avec approches de précision Cat. I-II-III

- 1 - Feux de rampe d'approche (CAT I)
- 2 - Feux de rampe d'approche renforcée (CAT II)
- 3 - Feux de seuil
- 4 - Feux de barres de flancs de seuil
- 5 - Feux d'axe de piste
- 6 - Feux de zone de toucher des roues (TDZ)
- 7 - Feux de bord de piste (latéral)
- 8 - Feux d'extrémité de piste
- 9 - Feux d'identification de seuil de piste (à éclats)

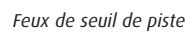
Schémas d'installation et de calage

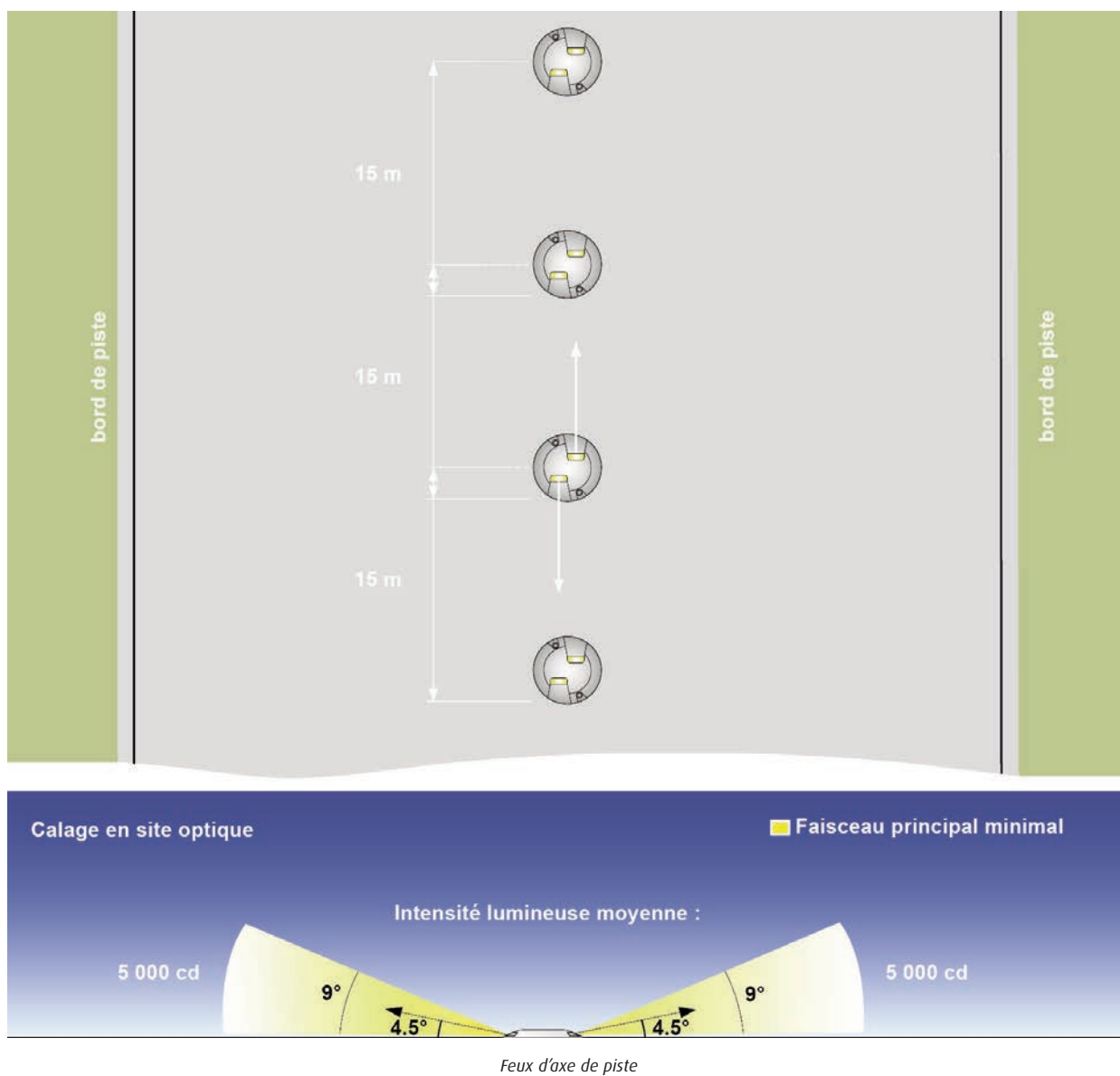


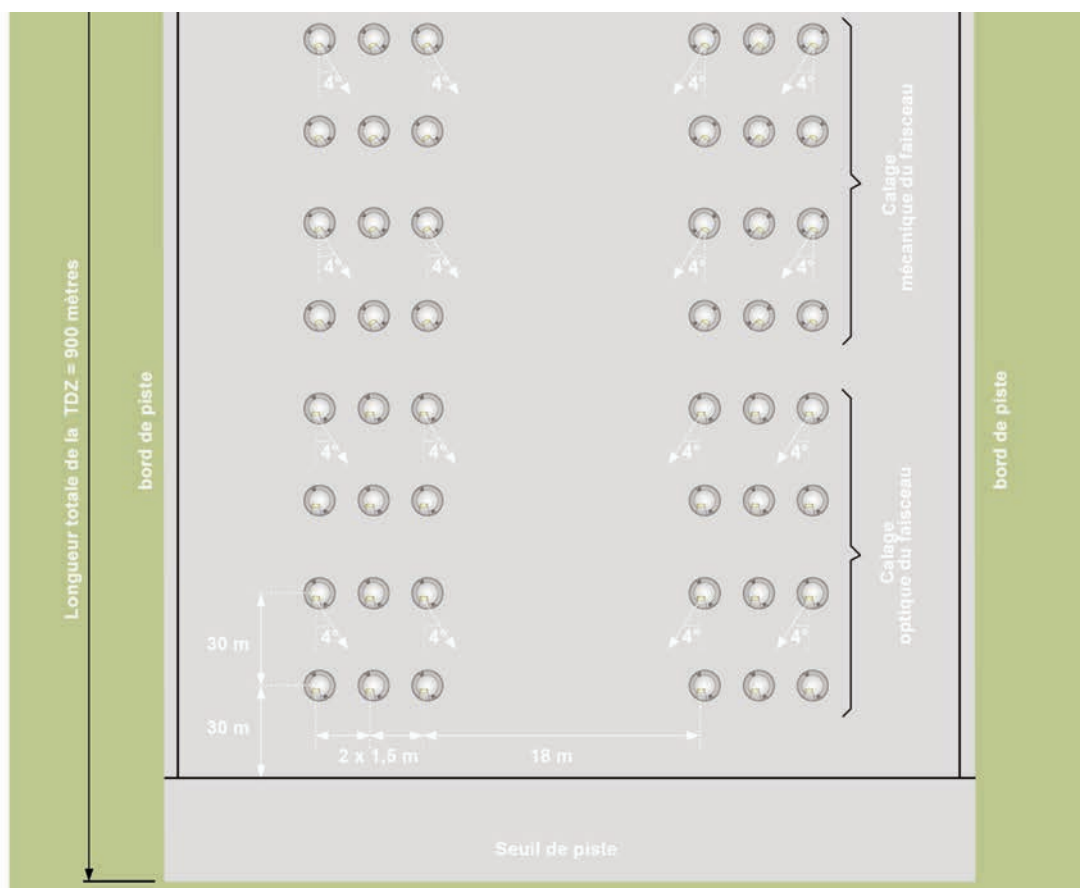
Feux de rampe d'approche Cat. I



Feux de rampe d'approche renforcée Cat. II



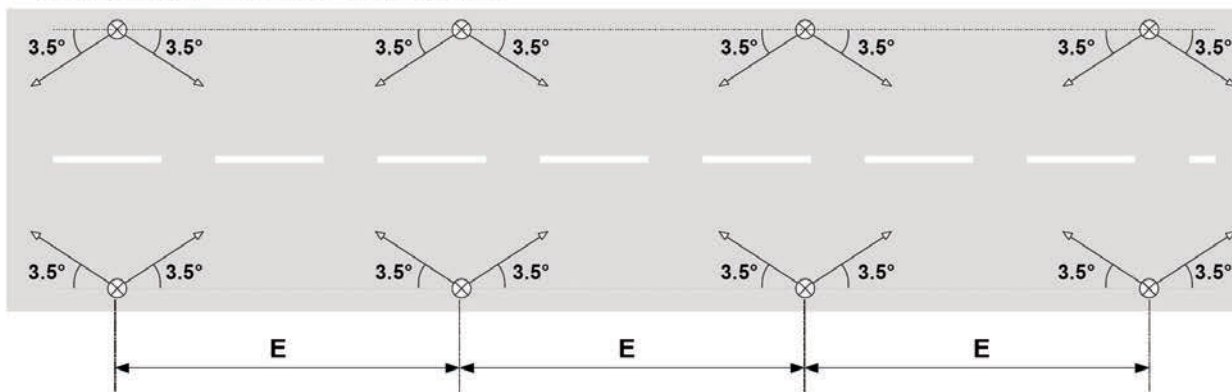




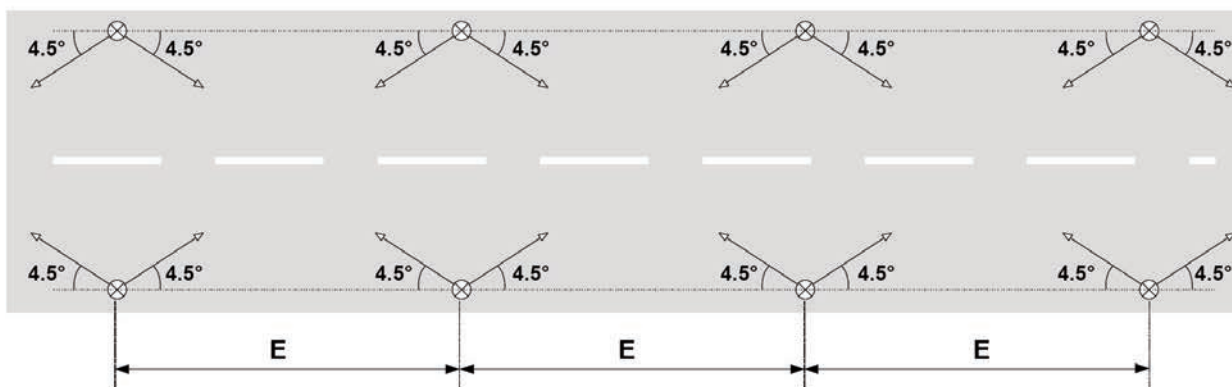
Feux de zone de toucher des roues (TDZ)

✓ Note: tous les faisceaux des feux sont convergents de 4°. Ce schéma illustre 2 façons possibles d'obtenir ce calage du faisceau lumineux: soit mécaniquement par orientation de l'embase, soit optiquement avec l'embase dans l'axe de piste...

Pour une largeur de piste de 45 mètres

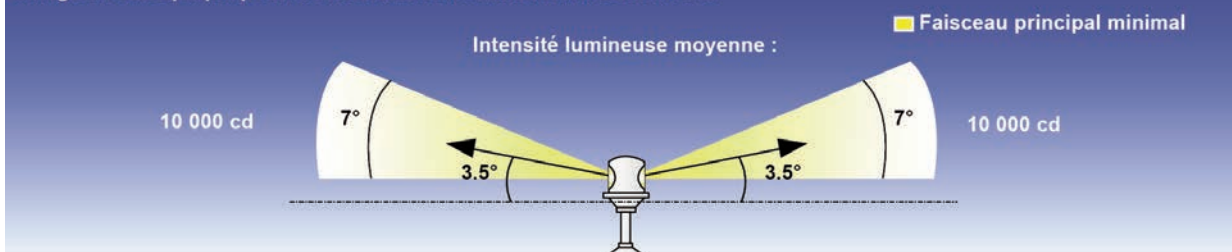


Pour une largeur de piste de 60 mètres

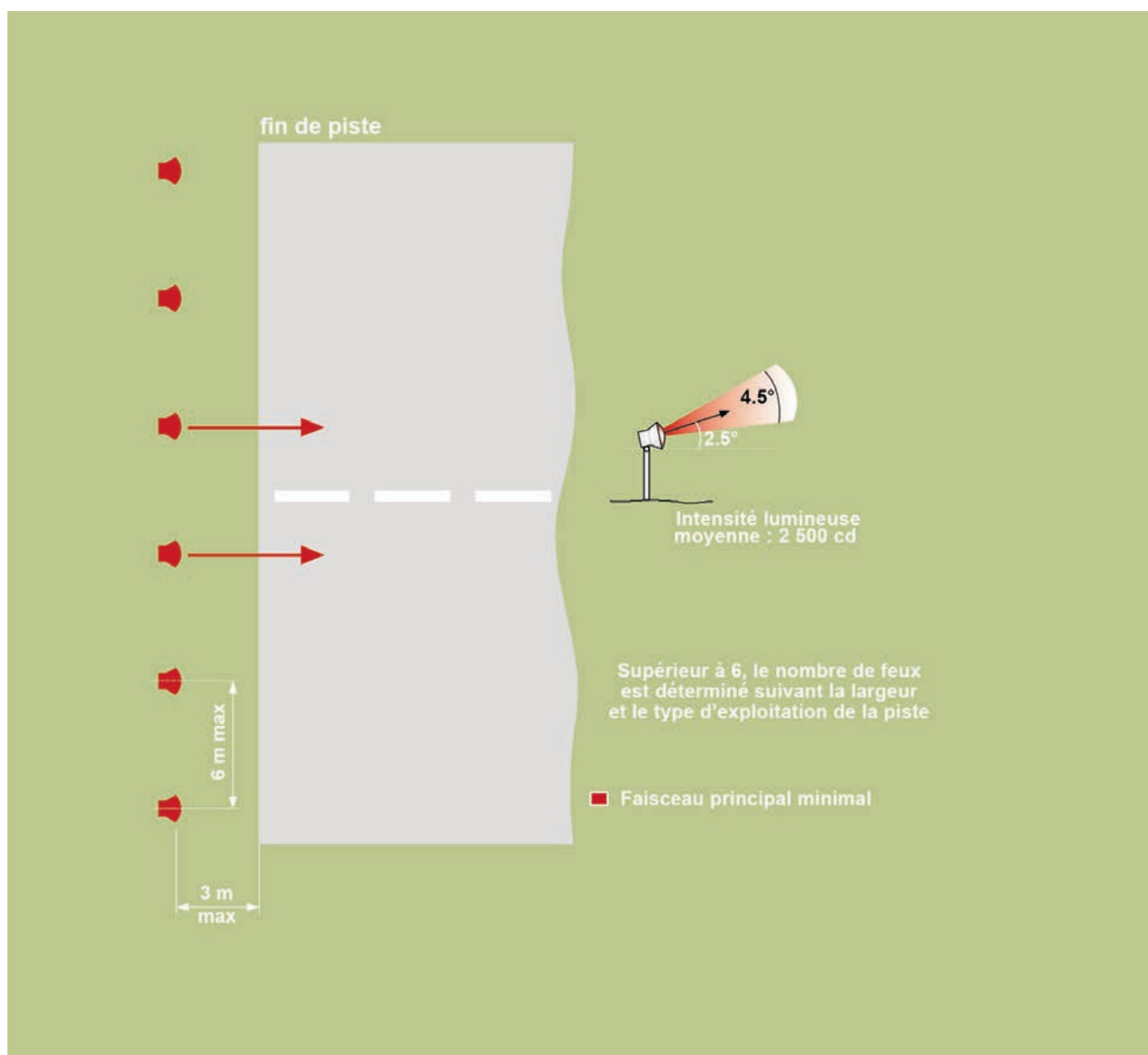


E = Espacement maximal: - 60 mètres pour une piste en approche aux instruments
- 100 mètres pour une piste en approche à vue

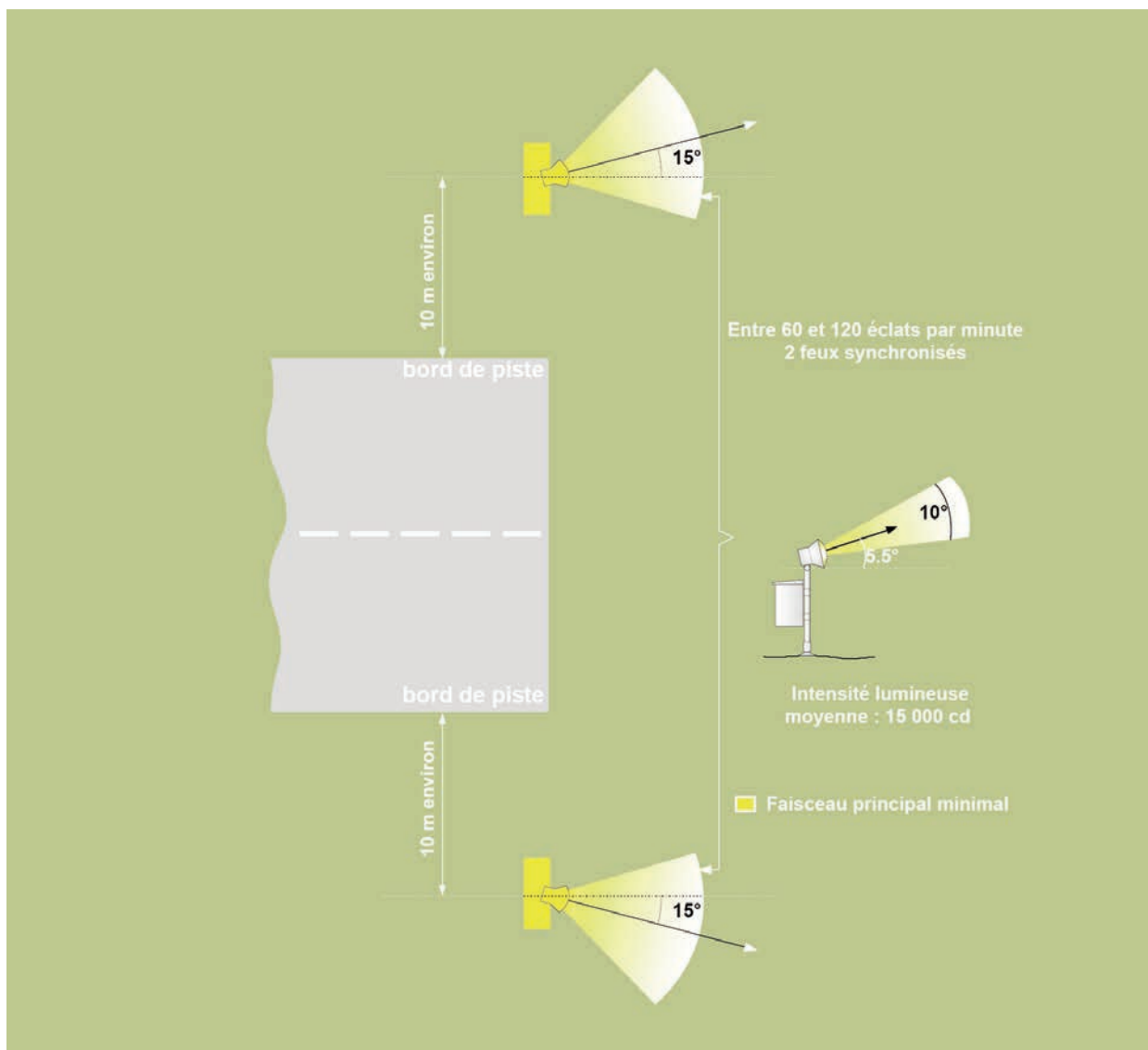
Calage en site optique pour les feux bidirectionnels installés de niveau



Feux de bord de piste (latéral)



Feux d'extrémité (fin) de piste



Feux d'identification de seuil de piste (à éclats)

5.6. Mesures photométriques

5.6.1 Introduction

Il n'est pas possible d'estimer l'intensité lumineuse d'un feu de balisage à l'œil nu : au niveau des intensités lumineuses mises en jeu dans le balisage de piste, l'œil humain peut, entre 2 sources lumineuses proches, distinguer la plus intense si le rapport entre les deux est de l'ordre de 2.

Afin d'évaluer le niveau d'intensité lumineuse d'un feu de balisage, il est donc indispensable d'effectuer des mesures photométriques.

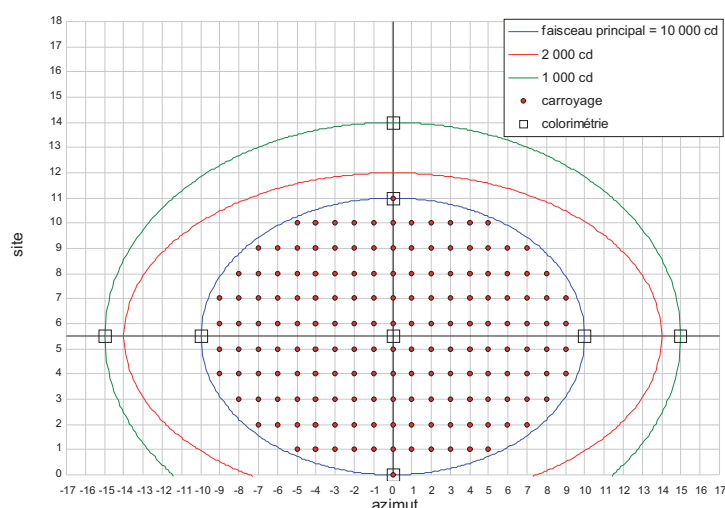
5.6.2 Certification et performances photométriques

Les feux de balisage installés en France sur les pistes aux instruments doivent avoir été agréés ou certifiés conformes par le STAC.

Lors de l'évaluation de la conformité des feux de balisage, les performances photométriques des matériels installés en France sont mesurées : lors de ces essais plusieurs centaines de points de mesures sont effectuées sur un même feu afin d'évaluer la répartition spatiale de l'intensité lumineuse en fonction du site et de l'azimut : intensité moyenne et rapport entre l'intensité maximum et l'intensité minimum du faisceau principal et courbe isocandela.

Les caractéristiques photométriques des feux dépendent de leurs fonctions et l'intensité moyenne est la moyenne arithmétique de plusieurs dizaines de points du faisceau principal.

La figure ci-dessous présente la répartition spatiale de référence d'un feu d'approche avec les points à considérer (points rouges) pour le calcul de l'intensité moyenne de 20 000 cd minimum ainsi que les courbes isocandela associées (courbes à intensités lumineuses égales), soit 10 000 cd pour le faisceau principal et 2 000 et 1 000 pour les faisceaux secondaires.



Les 8 carrés apparaissant également sur la figure représentent les points de mesures pour évaluer la conformité du feu en couleur (mesures colorimétriques) lors de la certification : les 5 points de l'ellipse principale constituent une norme, les 3 points extrêmes, une simple recommandation.

Cette certification de type des feux de balisage permet de s'assurer de la conformité des performances photométriques et colorimétriques des feux neufs, performances qui se dégraderont dans le temps du fait de l'usure des composants, notamment des lampes ou sources lumineuses, mais aussi de l'état de salissure des optiques.

5.6.3 Évaluation de l'intensité lumineuse d'un feu

L'intensité lumineuse d'un feu installé sur site peut être évaluée, entre autres, par une mesure effectuée avec un luxmètre portable qui permet d'obtenir une grandeur physique appelée Éclairement (en lux).

Le luxmètre devra être choisi afin d'être compatible avec les caractéristiques propres à la technologie du feu (incandescent, led).

La relation qui existe entre l'intensité lumineuse et l'éclairement est la suivante : $I = E \cdot d^2$, où d est la distance entre la source (le feu) et le luxmètre.

Le principe d'une mesure au luxmètre sur site est de se placer à une distance de référence qui dépendra du type de feu et de chercher la valeur maximum d'éclairement.

Il faut ensuite appliquer à cette valeur maximum un coefficient spécifique, qui peut être fourni par le constructeur, pour relier cette intensité maximum à l'intensité moyenne du feu considéré.

En l'absence d'information précise fournie par le constructeur sur le sujet, une valeur par défaut de 0,70 peut être retenue.

La distance de mesure à retenir dépend des caractéristiques du luxmètre, de celles du feu (intensité lumineuse nominale, taille de la source) mais aussi de l'environnement lumineux ambiant. Des distances de l'ordre de 3 et 5 m ont montré leur efficacité⁷.

Il est recommandé d'effectuer ces mesures d'intensités lumineuses de nuit pour éviter d'avoir à prendre en compte la luminosité ambiante (lumière du jour variable en fonction du soleil et des conditions météorologiques) et sur piste sèche afin de ne pas rencontrer de phénomènes de réflexion de la lumière qui fausseraient, en augmentant les éclaircissements mesurés, les mesures photométriques.

Le tableau ci-dessous donne les distances recommandées en fonction du type de feux (hors-sol ou encastré avec une ou plusieurs fenêtres) et de l'intensité lumineuse de référence.

Fonction	Intensité de référence (cd)	Type (m)	Distance recommandée
Approche blanc	20000	Hors sol et Encastré	5
Approche rouge	5000	Hors sol	3
		Encastré 1 fenêtre	3
		Encastré 2 ou 3 fenêtres	5
Seuil	10000	Hors sol	3
		Encastré 2 ou 3 fenêtres	5
Bord de piste	10000	Hors sol	3
		Encastré 2 ou 3 fenêtres	5
Axe de piste/TDZ	5000	Encastré	3
Fin de piste	2500	Hors sol	3
		Encastré 2 ou 3 fenêtres	5

Distances recommandées en fonction du type de feux et de l'intensité lumineuse de référence.

⁷ Utiliser une distance de 3,16 m permet une interprétation rapide des mesures car il suffit de multiplier l'éclairement mesuré par 10 pour avoir l'intensité lumineuse ($3,16^2 = 10$).

5.6.4 Exploitation des mesures

Les intensités moyennes évaluées lors des mesures photométriques sont à comparer aux valeurs de référence des objectifs de maintenance définis dans le présent document : un feu sera jugé hors service lorsque l'intensité lumineuse moyenne du faisceau principal est inférieure à 50 % de l'intensité de référence inscrite dans le tableau ci-dessous.

Ces valeurs de référence sont rappelées dans le tableau du paragraphe précédent et l'application de ce critère de service en terme de maintenance est donc le suivant :

Fonction	Intensité (cd)	
	de référence	de service
Approche blanc	20000	10000
Approche rouge	5000	2500
Seuil	10000	5000
Bord de piste (blanc)	10000	5000
Bord de piste (jaune)	4000	2000
Axe de piste (blanc)	5000	2500
Axe de piste (rouge)	750	375
TDZ	5000	2500
Fin de piste	2500	1250

5.6.5 Exemples

Le tableau suivant, donne des exemples de mesures et d'exploitation des données pour différents feux.

Fonction	Type (H/E)*	Distance (m)	Mesure Emax (lux)	Imax (cd)	coefficient (constructeur/défaut)	Imoyen (cd)	Référence OACI	Service ou HS
Approche	H	5	1257	31425	0.70	21998	10000	OK
Approche	H	5	502	12550	0.70	8785	10000	HS
Seuil	E	5	275	6875	0.85	5844	5000	OK
Seuil	H	3	604	5436	0.85	4620	5000	HS
Axe	E	3	332	2988	0.82	2450	2500	HS
Axe (rouge)	E	3	68	612	0.82	502	375	OK
Bord de piste	H	3	1692	15228	0.75	11421	5000	OK
Bord de piste	H	3	733	6597	0.75	4948	5000	HS
Fin de piste	E	3	240	2160	0.90	1944	1250	OK

*H: hors sol - E: encastré

5.7. Tableaux de synthèse par domaines et périodicités

Dans les paragraphes suivants, les abréviations présentées ci-dessous sont utilisées :

Abréviation	Q	H	M	S	A	2A	5A
Signification	quotidienne	hebdomadaire	mensuelle	semestrielle	annuelle	tous les 2 ans	tous les 5 ans

5.7.1.1 Télécommande

- Essai fonctionnel IHM ATS	Q
- Essai fonctionnel IHM Technique	Q
- Essai fonctionnel barre d'arrêt	H
- Essai fonctionnel LVP	M
- Contrôle paramètres alimentations spécifiques	M
- Test des composants de rechange	S
- Essai IHM (s) en condition de défaut	S
- Contrôle autonomie alimentations spécifiques	S
- Composants parasurtensions	S
- Contrôle visuel de la câblerie	A
- Contrôles caractéristiques électriques/optiques de la câblerie	2A
- Composants du système télécommande	constructeur
- Entretien alimentations spécifiques	constructeur
- Interfaces : MODEM, convertisseurs...	constructeur

5.7.1.2 Poste

- Essai fonctionnel IHM ATS	Q
- Essai fonctionnel IHM Technique	Q
- Essai fonctionnel barre d'arrêt	H
- Essai fonctionnel LVP	M
- Contrôle paramètres alimentations spécifiques	M
- Test des composants de rechange	S
- Essai IHM (s) en condition de défaut	S
- Contrôle autonomie alimentations spécifiques	S
- Composants parasurtensions	S
- Contrôle visuel de la câblerie	A
- Contrôles caractéristiques électriques/optiques de la câblerie	2A
- Composants du système télécommande	constructeur
- Entretien alimentations spécifiques	constructeur
- Interfaces : MODEM, convertisseurs...	constructeur

5.7.1.3 Régulateur (Poste)

- Contrôle correspondance consignes et valeurs affichées des courants de brillance	M
- Contrôle des serrages des connexions	A
- Vérification de la charge de la boucle	A
- Vérification isolement continuité	S
- Vérifications état parafoudres	S
- Vérifications remontées de défaut et contrôles/commandes	S
- Contrôle état de propreté	A
- Analyse et archivage des fiches de suivi	A

5.7.1.4 Autres équipements de poste

- Contrôle paramètres alimentation spécifiques	M
- Contrôle autonomie alimentations spécifiques	S
- Nettoyage, serrages des bornes aux tableaux des départs des équipements	A
- Mesure de la prise de terre des départs des équipements alimentés en parallèle	A
- Contrôle des isolements des conducteurs des départs des équipements alimentés en parallèle	A
- Contrôles des continuités des conducteurs de protection des départs des équipements alimentés en parallèle	A
- Contrôles des continuités des liaisons équipotentielles des départs des équipements alimentés en parallèle	A
Entretien alimentations spécifiques	constructeur

5.7.1.5 Équipements Aire de manœuvre (hors feux)

- Vérification de l'état général des saignées	S
- Examen visuel complet des regards	A
- Vérification des massifs	A
- Examen visuel de l'état des fourreaux, buses	A
- Mise à jour des plans d'installations des réseaux	A
- État général des panneaux	A
- Vérification des sources lumineuses des panneaux	A
- Vérification de la lisibilité de nuit des panneaux	A
- Vérification de la non-obstruction des traversées sensibles	5A

5.7.1.6 Feux (hors photométrie)

- Vérification visuelle des niveaux d'intensité lumineuse (de nuit)	A
- Vérification générale de l'enchevêtrement	A
- Vérification des supports des feux hors sol	A
- Vérification des connectiques des feux hors sol	A
- Vérification de la partie optique des feux hors sol	A
- Vérification de l'état général des feux encastrés, scellement et calage (niveau et azimut), connectique intérieure, étanchéité, propreté intérieure de l'embase	S
- Vérification de la connectique des feux encastrés: état câble et connecteur (résistance à la traction et étanchéité, usure)	S
- Vérification des fixations des feux encastrés	S
- Examen visuel de l'état des prismes des feux encastrés, salissure, état de surface du feu	S
- Fonctionnement électrique de chaque unité PAPI	Q
- Contrôle de l'intégrité physique des unités PAPI	Q
- Contrôle visuel de la végétation devant les unités PAPI	Q
- Contrôle de la propreté des unités PAPI et notamment vitres frontales	M
- Examen visuel des PAPI: pieds, fixations et massifs	M
- Contrôle visuel des transitions des unités PAPI	M
- Examen visuel des filtres rouges, lentilles et réflecteurs des PAPI	Q
- Contrôle de l'horizontalité des unités PAPI	A
- Contrôle de l'horizontalité transversale des unités PAPI	A
- Contrôle du calage en site des unités PAPI	A
- Analyse et archivage de la fiche suivi	A
- Contrôle du calage en site des unités si résultats précédents compris entre 5 mm et 10 mm d'angle	S
- Contrôle du calage en site des unités si résultats sont supérieurs à 10 mm d'angle	M
- Contrôle du calage en site des unités (méthode externe)	5A

5.7.2 Tableaux de synthèse par périodicité

5.7.2.1 Vérifications quotidiennes

- | |
|---|
| - Essai fonctionnel IHM ATS |
| - Essai fonctionnel IHM Technique |
| - Fonctionnement électrique de chaque unité PAPI |
| - Contrôle de l'intégrité physique des unités PAPI |
| - Contrôle visuel de la végétation devant les unités PAPI |
| - Vérification du balisage lumineux |

5.7.2.2 Vérifications hebdomadaires

- | |
|-----------------------------------|
| - Essai fonctionnel barre d'arrêt |
|-----------------------------------|

5.7.2.3 Vérifications mensuelles

- | |
|--|
| - Essai fonctionnel LVP |
| - Contrôle paramètres alimentations spécifiques des systèmes de télécommande |
| - Contrôle paramètres alimentations spécifiques dans postes et autres équipements de balisage |
| - Contrôle correspondance consignes et valeurs affichées des courants de brillance des régulateurs |
| - Contrôle de la propreté des unités PAPI et notamment vitres frontales |
| - Examen visuel des PAPI: pieds, fixations et massifs |
| - Contrôle visuel des transitions des unités PAPI |
| - Examen visuel des filtres rouges, lentilles et réflecteurs des PAPI |
| - Contrôle du calage en site des unités si contrôles calages supérieurs à 10 mm d'angle |

5.7.2.4 Vérifications semestrielles

- Test des composants de rechange (IHM)
- Essai IMH(s) en condition de défaut
- Contrôle autonomie alimentations spécifiques (IHM)
- Composants parasurtensions (IHM)
- Documentation du poste
- État général du poste
- Rangement et accessibilité du poste
- État général des caniveaux du poste
- Contrôle autonomie alimentations spécifiques dans poste
- Vérification isolement continuité des boucles de balisage
- Vérifications état parafoudres des régulateurs
- Vérifications remontées de défaut et contrôles/commandes des régulateurs
- Vérification de l'état général des saignées sur piste
- Vérification de l'état général des feux encastrés, scellement et calage (niveau azimuth), connectique intérieure, étanchéité, propreté intérieure de l'embase
- Vérification de la connectique des feux encastrés : état câble et connecteur (résistance à la traction et étanchéité, usure)
- Examen visuel de l'état des prismes des feux encastrés, salissure, état de surface du feu
- Contrôle du calage en site des unités du PAPI si constat de mauvais réglages compris entre 5 mm et 10 mm d'angle
- Vérification des fixations des feux encastrés

5.7.2.5 Vérifications annuelles

- Contrôle visuel de la câblerie des télécommandes
- Contrôle des serrages des connexions des régulateurs
- Vérification de la charge des boucles des régulateurs
- Contrôle état de la propreté des régulateurs
- Analyse et archivage des fiches de suivi des régulateurs
- Nettoyage, serrages des bornes aux tableaux des départs des équipements alimentés en parallèle
- Mesure de la prise de terre des départs des équipements alimentés en parallèle
- Contrôle des isollements des conducteurs des départs des équipements alimentés en parallèle
- Contrôle des continuités des conducteurs de protection des départs des équipements alimentés en parallèle
- Contrôle des continuités des liaisons équipotentielle des départs des équipements alimentés en parallèle
- Examen visuel complet des regards
- Vérification des massifs
- Examen visuel de l'état des fourreaux, buses
- Mise à jour des plans d'installations des réseaux
- État général des panneaux
- Vérification des sources lumineuses des panneaux
- Vérification de la lisibilité de nuit des panneaux
- Vérification visuelle des niveaux d'intensité lumineuse (de nuit)
- Vérification générale de l'enchevêtrement
- Vérification des supports des feux hors sol
- Vérification des connectiques des feux hors sol
- Vérification de la partie optique des feux hors sol
- Contrôle de l'horizontalité transverse de chaque unité PAPI
- Contrôle de l'horizontalité de l'ensemble des unités PAPI
- Contrôle du calage en site des unités PAPI
- Analyse et archivage de la fiche de suivi des PAPI

5.7.2.6 Vérifications tous les 2 ans

- Contrôles caractéristiques électriques/optiques de la câblerie des télécommandes

5.7.2.7 Vérifications tous les 5 ans

- Vérification des unités PAPI (positionnement et calage)
- Vérification de la non-obstruction des traversées sensibles

5.7.2.8 Vérifications constructeurs

- Entretien composants du système télécommande
- Entretien alimentations spécifiques
- Entretien Interfaces : MODEM, convertisseurs...
- Contrôle éclairage autonome de sécurité
- Entretien alimentations spécifiques postes etc...

Conception : STAC/SINA groupe Documentation et diffusion des connaissances (DDC)

Couverture © Photothèque STAC/Patrick VERGER
 © Photothèque STAC/Christian DRÉANO

Photos intérieures : © Photothèque STAC

Illustrations/Dessins : © Documents STAC/Gilles MAQUIN

Mars 2013



service technique de l'Aviation civile
CS 30012
31, avenue du Maréchal Leclerc
94385 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX
Tél. 33 (0) 1 49 56 80 00
Fax 33 (0) 1 49 56 82 19

Site de Toulouse
9, avenue du Docteur Maurice Grynfolgel - BP 53735
31037 TOULOUSE CEDEX
Tél. 33 (0) 1 49 56 83 00
Fax 33 (0) 1 49 56 83 02

Centre de test de détection d'explosifs
Centre d'essais de lancement de missiles - BP 38
40602 BISCARROSSE CEDEX
Tél. 33 (0) 5 58 83 01 73
Fax 33 (0) 5 58 78 02 02