

Liberté Égalité









MAINTENANCE DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE ET DU BALISAGE LUMINEUX DES AÉRODROMES

GUIDE TECHNIQUE

service technique de l'Aviation civile

Département Sûreté, Équipements

RÉDACTEURS

Ludovic **LEGRAND**

Patrick VERGER

Avec l'aimable participation de Monsieur Christian **ATLANI** expert en prévention du risque électrique pour le compte de l'AFNOR et de la CEI; Corédacteur de la norme NF C18-510.

Ludovic **LEGRAND** est chargé d'affaires en énergie et balisage lumineux sur les aérodromes au sein de la division Équipements. Titulaire d'un BTS Électrotechnique et d'un diplôme d'ingénieur électronicien des systèmes de la sécurité aérienne obtenu à l'ENAC, il rejoint le STAC après quelques années d'activités comme ingénieur électronicien pour le compte du SNA Région Parisienne. Ayant débuté sa carrière comme technicien de maintenance sur les équipements d'énergie et de balisage lumineux sur les aérodromes du Grand Ouest de la France, il participe aux travaux de normalisation de ce domaine à l'AFNOR (Association française de normalisation) et au CEI (Comité Électrotechnique International).

Patrick **VERGER** est l'adjoint du chef de division Équipements du STAC regroupant notamment les activités concernant les installations d'énergie et de balisage lumineux aéroportuaire, il a exercé une longue carrière aux seins du STNA et de services de la navigation aérienne en qualité de chef de projet dans la mise en œuvre d'installations techniques sur les plateformes aéroportuaires. Arrivé au STAC en 2007, il est à l'origine des premiers audits dans les domaines de l'énergie et du balisage lumineux et a dispensé les premières formations dans cette spécialité à l'ENAC.



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	9
1.1. Généralités	9
1.2. Objets	9
1.3. Champ d'application	10
1.4. Avertissement	10
2. RÉFÉRENCES	11
2.1. Bibliographie/Webographie	11
2.2. Règlementation française	12
2.3. Règlementation européenne	13
2.4. Réglementation internationale	14
2.5. Définitions	15
2.6. Domaines de tension	19
3. PROTECTION DES TRAVAILLEURS INTERVENANT	
SUR LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES	20
3.1. Formation et maintien de compétences	20
3.2. Habilitations électriques	20
3.3. Surveillance des installations énergie et balisage lumineux	23
3.4. Procédures spécifiques pour les opérations sur les boucles de balisage série	23
3.5. Surveillance des installations de balisage lumineux série	32
3.5.1. Protection des agents contre les contacts directs	32
3.5.2. Protection des agents contre les contacts indirects	32
3.5.3. Isolement des câbles des circuits de balisage	33
3.5.4. Vérification réglementaire obligatoire des installations électriques	33
4. NOTION DE MAINTENANCE	35
4.1. Normes applicables	35
4.2. Types de maintenance	35
4.3. Niveaux de maintenance	36
4.4. Plan de maintenance préventive	37
4.5. Situations dégradées	37

5. ÉNERGIE	38
5.1. Généralités	38
5.1.1. Distribution d'énergie des aérodromes	38
5.2. Opérations de maintenance	40
5.2.1. Locaux électriques	40
5.2.2. Cellules HT et réseaux HT	43
5.2.3. Transformateurs	45
5.2.4. Groupes électrogènes	46
5.2.5. TGBT, TDBT et réseaux BT	48
5.2.6. Commutateur statique	50
5.2.7. Alimentation sans interruption (ASI)	51
5.2.8. Cas particulier des ASI dynamique hybride (No-Break)	53
5.2.9. Système de protection contre la foudre (SPF)	56
5.2.10. Compensateur d'énergie réactive	58
5.2.11. Compensateur actif d'harmoniques	59
5.2.12. Automate programmable industriel (API)	60
5.2.13. Alimentations électriques DC 24V ou 48V	61
5.3. Exigences fonctionnelles de l'énergie	62
5.3.1. Généralités	62
5.3.2. Temps de commutation	63
5.3.3. Vérification de la fiabilité des systèmes d'alimentation électriques	70

SOMMAIRE

6. BALISAGE LUMINEUX	72
6.1. Conception des installations de balisage lumineux	72
6.2. Opérations de maintenance	72
6.2.1. Inspections du balisage lumineux	72
6.2.2. Télécommande	72
6.2.3. Régulateurs à courant constant (CCR)	76
6.2.4. Autres équipements de balisage lumineux	78
6.2.5. Équipements sur aire de manœuvre (hors feux)	80
6.2.6. Feux de balisage	87
6.2.7. Cas particuliers des feux à LED	89
6.2.8. Cas particuliers des sources électriques de sécurité	91
6.2.9. PAPI (Precision Approach Path Indicator)	92
6.3. Exigences fonctionnelles du balisage lumineux	104
6.3.1. Généralités	104
6.3.2. Informations complémentaires	104
6.3.3. Mesures photométriques	105
6.3.4. Exigences en fonction de l'exploitation de la piste	108

7. ANNEXES	109
7.1. Exemple de plan de formation des agents de maintenance	109
7.2. Rappel de références mécaniques et électriques	11
7.2.1. Câbles	11
7.2.2. Transformateur d'isolement	11
7.3. Fiche type de vérification de fiabilité des sources électriques de secours	112
7.4. Fiche type de vérification des retours d'information des régulateurs sur la platine de balisage	113
7.5. Évaluation de la charge d'une boucle	114
7.5.1. Exemple de fiche de suivi des régulateurs à courant constant	11!
7.6. Mesure de résistance d'isolement et de continuité d'une boucle primaire de balisage lumineux	116
7.6.1. Continuité	116
7.6.2. Résistance d'isolement	117
7.6.3. Exemple de fiche type de mesure d'isolement et de continuité	118
7.7. Objectifs de maintenance des aides visuelles	119
7.7.1. Piste avec approche de précision de catégorie I	119
7.7.2. Piste avec approche de précision de catégorie II/III	120
7.7.3. Pistes utilisées pour les décollages avec RVR < 550 m	12
7.7.4. Pistes utilisées pour les décollages avec RVR > 550 m	12
7.8. Calage des feux	123
7.8.1. Introductions	123
7.8.2. Généralités	124
7.8.3. Schémas d'installation et de calage	12!
7.9. Mesures photométriques	133
7.9.1. Introduction	133
7.9.2. Grandeurs photométriques	133
7.9.3. Évaluation de la conformité des performances photométriques	13
7.9.4. Évaluation de l'intensité lumineuse d'un feu avec un luxmètre	130
7.9.5. Exploitation des mesures	138
7.9.6. Exemples de mesures photométriques	139
7.10. Tableaux de synthèse par domaine et périodicités	140
7.10.1. Tableaux de synthèse par domaine	140
7.10.2. Tableaux de synthèse par périodicité	146
7.11. Glossaire	152
7.12. Table des illustrations	154

RÉSUMÉ - MOTS-CLÉS

RÉSUMÉ

Ce guide a pour but de décrire les bonnes pratiques et procédures de maintenance préventive qu'il est conseillé d'instaurer sur l'ensemble des installations d'alimentation électrique et de balisage lumineux des aérodromes.

En garantissant une disponibilité et une fiabilité des équipements adéquates, le respect des indications contenues dans ce document devrait assurer un niveau de sécurité suffisant pour les aéronefs évoluant sur la plateforme tout en protégeant les agents en charge de la maintenance contre les risques électriques.

Destiné aux équipes de maintenances travaillant pour le compte des exploitants aéroportuaires et aux agents de l'autorité de surveillance de l'aviation civile, il décrit entre autres:

- Les formations des agents amenés à intervenir sur les équipements d'énergie et de balisage lumineux sur les aérodromes;
- · Les procédures et périodicités d'intervention;
- Les vérifications règlementaires obligatoires des installations électriques;
- Les niveaux de performance de fonctionnement à atteindre au moyen d'objectifs qualitatifs (maintien des caractéristiques initiales des équipements) et quantitatifs (pourcentage de feux de balisage en service).

MOTS-CLÉS

Maintenance, électricité, balisage lumineux, alimentation électrique

EXECUTIVE SUMMARY

The purpose of this manual is to describe the good practices and procedures of preventive maintenance that should be implemented on all the lighting equipment and the related power supply facilities of an aerodrome.

By guaranteeing adequate availability and reliability of the equipment, complying with the guidance material contained in this document should ensure a sufficient safety level for aircraft operating on the manoeuvring area while protecting maintenance workers against electrical risks.

Intended for the maintenance teams working on behalf of airport operators and also for the employees of the civil aviation supervisory authority, it describes, among other things:

- The training program of workers working on the lighting equipment and the related power supply facilities of an aerodrome;
- The procedures and periodicities of interventions;
- The regulatory required checks of electrical facilities;
- The maintenance performance level objectives to be reached in terms of qualitative objectives (to maintain the initial performances of the equipment) and quantitative objectives (to maintain a minimum percentage of serviceable lights).

KEYWORDS

Maintenance, electricity, lighting, power supply

1. INTRODUCTION

1.1. GÉNÉRALITÉS

Ce document a pour vocation à servir de guide et ne saurait être considéré comme un texte réglementaire. Il remplace le guide de la maintenance du balisage lumineux publié par le STAC en 2013.

La maintenance des installations de balisage lumineux et des installations électriques associées s'inscrit dans l'objectif du maintien en conditions opérationnelles des infrastructures des aires de mouvement de l'aérodrome. 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'aérodrome, 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. OBJETS

Les spécifications du présent document ont pour objectifs:

De définir les objectifs de niveau de performance de l'entretien des équipements de balisage lumineux et des installations électriques associées par la description des inspections et actions d'entretien courant.

- Performance qualitative (maintien des caractéristiques fonctionnelles de chaque élément) sans spécifier si un dispositif électrique ou lumineux est opérationnellement hors service;
- Performance quantitative (pourcentages des éléments en service en fonction de la catégorie d'exploitation de la piste).

De décrire les procédures et protections à mettre en place pour assurer aux agents de maintenance en charge de la réalisation de ces tâches une sécurité maximale.

1. INTRODUCTION

1.3. CHAMP D'APPLICATION

Les installations d'énergie et de balisage lumineux sont considérées 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 d'alimentation électrique et de contrôle/commande (télécommande).

Le contenu de ce document s'applique aux installations permanentes d'énergie et de balisage lumineux (par opposition aux installations temporaires) à l'exclusion du balisage lumineux des obstacles. Seules les inspections, les actions d'entretien courant et les révisions (maintenance préventive) sont décrites dans ce document.

Le présent guide est destiné:

- Aux exploitants d'aérodromes (services en charge de la maintenance du balisage lumineux et/ou des installations électriques associées);
- Aux entreprises proposant des services de maintenance préventive et curative sur les installations d'énergie et de balisage lumineux des aérodromes;
- Aux services de l'Aviation civile et du ministère des Armées concernés par la surveillance et/ou la maintenance des installations d'énergie et de balisage lumineux sur les aérodromes;

Il donne des éléments indicatifs pour organiser et planifier les actions de maintenance préventive et certaines actions de maintenance corrective. Des dispositions différentes peuvent être appliquées, sous réserve de garantir un niveau de performance équivalent.

1.4. AVERTISSEMENT

Les textes réglementaires et normes inscrites au présent document ne sont stipulés qu'à titre informel. La liste des textes n'est pas exhaustive. Les textes réglementaires et normes peuvent évoluer, l'utilisateur de ce guide devra s'assurer du bien-fondé de ceux-ci.

2. RÉFÉRENCES

2.1. BIBLIOGRAPHIE/WEBOGRAPHIE

STAC, 2020, Guide technique de l'état de l'art de l'installation du balisage lumineux sur les aérodromes;

STAC, 2017, Guide technique PAPI Implantation, installation et maintenance;

STAC, 2015, Note technique sur le contrôle du serrage des fixations des feux de balisage lumineux;

STAC, 2014, Note technique sur les particularités des feux a technologie LED à prendre en compte lors de leur installation;

STAC, 2011, Guide technique Maintenance du balisage lumineux des aérodromes: Rédacteurs : ABADIE Michel, DRÉANO Christian, MANACH Jacques, MOAL Pierre Yvon, VERGER Patrick;

Ministère de la défense Direction Centrale de l'Infrastructure de l'Air, 2003, Guide technique GUIDELEC;

DTI, 2013, Installations dans les centres de la navigation aérienne, Spécifications générales, SPEC 13;

DTI, 2009, Guide d'aide à la protection contre la foudre sur les Installation de la navigation aérienne;

STAC, site internet: https://www.stac.aviation-civile.gouv.fr

DGAC, Librairie aéronautique, site internet: http://www.libelaero.fr

2.2. RÉGLEMENTATION FRANÇAISE

- Arrêté du 28 août 2003 relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes (CHEA);
- Arrêté du 9 juin 2021 relatif aux inspections de l'aire de mouvement d'un aérodrome, à l'évaluation et à la communication de l'état de surface des pistes;
- 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 3e édition du 7 juin 2004.
- Norme NF C18-510: 2012 et son amendement A1: 2020;
- Norme NF X60-000: avril 2016: Maintenance industrielle Fonction maintenance;
- Norme NF EN13306: Maintenance Terminologie de la maintenance;
- Norme NF C13-100 avril 2015 Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV);
- Norme NF C13-200 juin 2018 Installations électriques à haute tension pour les sites de production d'énergie électrique, les sites industriels, tertiaires et agricoles;
- Norme NF C15-100 juin 2005 Installations électriques à basse tension;
- Norme NF EN 62305: protection contre la foudre;
- Norme NF EN 62305-3: Dommages physiques sur les structures et risques humains;
- Norme NF EN 61643: Parafoudres basse-tension Partie 11: parafoudres connectés aux systèmes basse tension Exigences et méthodes d'essai;
- Norme NF EN 61643: Parafoudres basse-tension Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution à basse tension Principes de choix et d'application;
- Norme NF EN 50164: Composants de protection contre la foudre (CPF);
- Norme NF C17-102: systèmes de protection contre la foudre a dispositif d'amorçage (paratonnerres);
- Norme UTE C15-443: Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres Choix et installation des parafoudres.
- NF C 33-225: Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome tension assignée U0/U (Um) = 6/10 (12) kV.
- NF C 33-224: Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome tension assignée U0/U (Um) = 3,6/6 (7,2) kV.
- NF C 33-212: Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome tension assignée U0/U (Um) = 1/1 (1,2) kV.
- Code du Travail articles R.4215-2, R.4226-1 à R.4226-21, R.4722-26 et textes d'application;
- Arrêté du 26 décembre 2011 relatif aux vérifications ou processus de vérification des installations électriques ainsi qu'au contenu des rapports correspondants.
- Arrêté du 22 décembre 2011 relatif aux critères de compétence des personnes chargées d'effectuer les vérifications périodiques des installations électriques et de mettre en œuvre les processus de vérification des installations électriques temporaires.
- Arrêté du 19 avril 2012 relatif aux normes d'installation intéressant les installations électriques des bâtiments destinés à recevoir des travailleurs.

2. RÉFÉRENCES

2.3. RÈGLEMENTATION EUROPÉENNE

- Règlement (UE) N° 2018/1139 du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2018 concernant des règles communes dans le domaine de l'aviation civile et instituant une Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne, et modifiant les règlements (CE) no 2111/2005, (CE) no 1008/2008, (UE) no 996/2010, (UE) no 376/2014 et les directives 2014/30/UE et 2014/53/UE du Parlement européen et du Conseil, et abrogeant les règlements (CE) no 552/2004 et (CE) no 216/2008 du Parlement européen et du Conseil ainsi que le règlement (CEE) no 3922/91 du Conseil;
- Règlement (UE) N° 139/2014 modifié de la Commission du 12 février 2014 établissant des exigences et des procédures administratives relatives aux aérodromes conformément au règlement (CE) N° 216/2008 du Parlement européen et du Conseil;
- Decision 2014/013/R (modified) of the Executive Director of the Agency of 27 February 2014 adopting Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design (CS-ADR-DSN -Initial Issue);
- Decision 2014/012/R (modified) of the executive director of the agency of 27 February 2014 adopting Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Regulation (EU) N° 139/2014 (Initial Issue);
- Et plus spécifiquement les chapitres M et N relatifs aux aides visuelles pour la navigation (feux et panneaux) et chapitre S relatif aux systèmes électriques des différentes annexes adoptant les spécifications de certification et le matériel d'orientation pour la conception des aérodromes.
- AIR-OPS Annex I à VIII (modified) publié par la Commission Européenne déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes.

2.4. RÈGLEMENTATION INTERNATIONALE

OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale)

- L'annexe 14 à la Convention relative à l'aviation civile internationale Volume I Conception et exploitation technique des aérodromes 8e édition juillet 2018;
- Le Manuel de conception des aérodromes Partie 4 Aides Visuelles (Doc 9157 AN/901) Quatrième édition 2004;
- Le Manuel de conception des aérodromes Partie 5 Installations électriques (Doc 9157 AN/901) Deuxième édition - 2017;
- Le Manuel des services d'aérodromes Partie 9 Maintenance (Doc 9137 AN/898) Première édition 1984;
- Les procédures pour les services de la navigation aérienne Aérodromes (Doc 9981 Troisième édition 2020);
- Le Manuel sur les systèmes de guidage et de contrôle de la circulation de surface (SMGCS) (Doc 9476
- Première édition, amendements n° 1 et n° 2);
- Le Manuel des opérations tout temps (Doc 9365 Quatrième édition 2017).

CEI (Commission Électrotechnique Internationale)

- IEC 61821 Maintenance des circuits série à courant constant pour le balisage aéronautique au sol (Maintenance of aeronautical ground lighting constant current series circuits);
- IEC 61822 Régulateurs à courant constant (Constant current regulators);
- IEC 61823 Transformateurs d'isolement (AGL series transformers);
- IEC 62870 Installations électriques pour l'éclairage et le balisage des aérodromes Circuits secondaires de sécurité dans des circuits sérient Exigences générales de sécurité
- 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);
- 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 lifecycle methodology).

2. RÉFÉRENCES

2.5. DÉFINITIONS

Un Glossaire des abréviations est disponible en annexe 7.11.

Aire de manœuvre

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

Aire de mouvement

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

Aire de 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.

Alimentation électrique

Ensemble de systèmes (équipements, installations) fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement des installations de navigation aérienne.

On distingue deux alimentations:

- Alimentation électrique principale appropriée permettant d'assurer la sécurité du fonctionnement des installations de navigation aérienne;
- Alimentation électrique auxiliaire pour pallier à l'absence de l'alimentation électrique principale et prévue pour être raccordée automatiquement sur les installations de navigation aérienne.

Balisage lumineux

Ensemble des installations permettant de donner une aide lumineuse au pilote afin qu'il puisse assurer en toute sécurité un mouvement (roulage, atterrissage ou décollage) sur un aérodrome.

Dans ce système, il est possible d'identifier 3 domaines :

- La télécommande et la télésurveillance : IHM (Interface Homme Machine) et automatisme ;
- Les équipements en poste : régulateurs à courant constant (CCR);
- 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.

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.



Figure 1: Barre d'arrêt - aérodrome de Beauvais.

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.

Délai de commutation (d'un feu)

Temps nécessaire pour que l'intensité effective d'un feu, mesurée dans une direction donnée, baisse au-dessous de 50 % et revienne à 50 % pendant un passage d'une source d'énergie à une autre, lorsque le feu fonctionne à des intensités de 25 % ou plus.

Densité de trafic (OACI annexe 14, chapitre "Définitions")

- 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. RÉFÉRENCES

EPI (Équipement de protection individuelle)

Équipement conçu et fabriqué pour être porté ou tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques pour sa santé ou sa sécurité.

Note: pour les opérations électriques le terme « tenu » a été supprimé car il y avait confusion avec les outils à main.

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 termes d'exploitation.

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

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.



Figure 2: Feu de protection de piste.

Note: ces feux sont jaunes et clignotants. Il existe un type A avec des feux hors-sol et un type B avec des feux encastrés.

Point d'attente avant piste

Point désigné en vue de protéger une piste, une surface de limitation d'obstacles ou une zone critique/sensible d'ILS/MLS (Instrument Landing System/Microwave Landing System) 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.

Poste

Dans le cadre du présent document, le terme "poste " désigne le local technique destiné à recevoir des équipements assurant l'alimentation électrique des installations de l'aérodrome et notamment du balisage lumineux.



Figure 3: Poste balisage - aérodrome de Paris CDG.

Poste source

Un poste source est un ouvrage électrique industriel qui se trouve à la jonction des lignes électriques de haute (HTB) et moyenne (HTA) tensions. Pour distribuer l'énergie électrique aux aérodromes, il faut d'abord réduire la tension. Cette opération est réalisée à partir d'un poste source.



Figure 4: Poste source - aérodrome de Châlons Vatry.

2. RÉFÉRENCES

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

Le système de guidage et de contrôle à la surface ou Surface Movement Guidance and Control System (SMGCS) mis en œuvre sur les aérodromes 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'aérodrome.

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.

Vigie

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

2.6. DOMAINES DE TENSION

Le classement des tensions nominales est effectué, dans ce présent document, par domaine de tension (voir Tableau 1)

En basse tension et en exploitation normale, la tension réelle d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage peut excéder de 10 % au maximum sa valeur nominale, sans que cela entraîne une modification du domaine de tension.

Note: le terme « ouvrage » indique qu'il s'agit du réseau d'alimentation des installations électriques. Cette classification s'applique aussi aux installations électriques.

Domaines de tension		Valeur de la tension nominale <i>U_n</i> exprimée en volts	
		En courant alternatif	En courant continu lisse (1)
Très basse tension (doma	aine TBT)	<i>U</i> _n ≤ 50	<i>U</i> _n ≤ 120
Basse tension (domair	ne BT)	50 < U _n ≤ 1000	120 < U _n ≤ 1500
Haute tension	Domaine HTA	1000 < U _n ≤ 50 000	1500 < U _n ≤ 75 000
Tracte tension	Domaine HTB	<i>U</i> _n > 50 000	<i>U</i> _n > 75 000

⁽¹⁾ Le courant continu lisse est celui défini conventionnellement par un taux d'ondulation non supérieur à 10 % en valeur efficace, la valeur maximale de crête ne devant pas être supérieure à 15 %. Pour les autres courants continus, les valeurs des tensions nominales sont les mêmes que pour le courant alternatif.

Tableau 1: Domaines de tensions extraits de la norme NF C18-510.

L'ensemble des prescriptions pour la prévention des risques électriques lors des opérations sur les ouvrages ou les installations électriques ou dans un environnement électrique est regroupé dans la norme NF C18-510: 2012 et son amendement A1: 2020 (article R4544-3 du Code du travail).

3.1. FORMATION ET MAINTIEN DE COMPÉTENCES

Toute personne exécutant des tâches liées aux activités de conception, d'installation, d'essais et de maintenance, d'énergie et/ou de balisage lumineux possède la formation, les connaissances techniques, l'expérience et les qualifications appropriées et vérifiables, relatives aux tâches spécifiques à accomplir.

Indépendamment des diverses formations en « énergie », les agents travaillant sur des circuits série à courant constant alimentant les feux de balisage aéronautique ont connaissance des principes techniques propres au balisage, des risques inhérents à cette tâche, et des procédures de sécurité qui y sont liées.

La formation théorique et pratique, l'expérience, la compétence, les qualifications et la connaissance des spécificités du balisage lumineux des aérodromes de toute personne à qui une tâche spécifique est attribuée sont justifiées par l'employeur de l'aérodrome concerné.

Le suivi de la formation, de l'expérience, de la compétence, des qualifications et de la connaissance des spécificités du balisage lumineux des aérodromes de toute personne exécutant des tâches liées aux activités de conception, d'installation, d'essais et de maintenance du balisage lumineux est réalisé sur les principaux critères suivants:

- Compétence technique appropriée au domaine;
- Dangers spécifiques relatifs aux circuits de balisage lumineux séries;
- Procédures de sécurité appropriées pour les interventions sur ce type de circuit;
- Et connaissance du cadre règlementaire en matière de sécurité.

Un suivi du maintien des compétences est mis en place par l'employeur. Une telle justification est enregistrée dans un document approprié tenu par le chef d'établissement.

Un exemple de plan de formation des agents de maintenance intervenant sur les circuits série à courant constant alimentant le balisage lumineux est disponible en annexe 7.1 du présent guide.

3.2. HABILITATIONS ÉLECTRIQUES

En cas de présence de risque électrique (choc électrique ou court-circuit) l'employeur doit habiliter son personnel.

L'habilitation est la reconnaissance, par l'employeur, de la capacité d'une personne placée sous son autorité à accomplir, en sécurité vis-à-vis du risque électrique, les tâches qui lui sont confiées.

Les agents travaillant sur des circuits série à courant constant alimentant les feux de balisage aéronautique doivent être détenteurs d'une habilitation électrique appropriée en état de validité.

À l'issue de la formation adaptée, l'employeur doit délivrer une habilitation à chacune des personnes placées sous son autorité, lorsqu'elles réalisent des opérations d'ordre électrique ou d'ordre non électrique nécessitant une habilitation.

Il remet alors un titre d'habilitation qui doit comporter les indications suivantes :

- Les renseignements relatifs à l'employeur et au titulaire, la signature de l'employeur qui délivre le titre, la signature du titulaire qui vaut: accusé de réception et l'indication de la date de délivrance;
- Le ou les symboles d'habilitation attribués;
- Pour chaque symbole, la délimitation du champ d'application de l'habilitation, à moins qu'elle ne soit portée sur un document annexe cité dans le titre d'habilitation;
- Les indications supplémentaires qui peuvent compléter le symbole d'habilitation, les opérations confiées et les restrictions éventuelles.

L'absence d'une indication a valeur d'interdiction.

Une habilitation est désignée par un symbole codifié strictement composé selon les dispositions du présent document.

1 ^{er} caractère Domaine de tension	2 ^{ème} caractère Type d'opération	3ème caractère Lettre additionnelle*	Attribut**
	O Exécutants ou chargé de chantier (Travaux d'ordre non électrique)	V Travaux réalisés dans les zones de voisinage renforcé HT (zone 2) ou travaux d'ordre électrique hors tension dans la zone de voisinage renforcé BT (zone 4)	
Basse tension (BT)	1 Exécutant (Travaux d'ordre électrique)	T Travaux sous tension	
et Très basse Tension (TBT)	2 Chargé de travaux (Travaux d'ordre électrique)	N Nettoyage sous tension	Écriture en clair du type d'opération, d'essai, de mesurage, de vérification ou
	3.65.11,450,	X Opérations spéciales	
	R Intervention BT générale		de manœuvre d'un opérateur
	S Intervention élémentaire		
н	C Chargé de consignation		
Haute tension	E Opérations spécifiques: Essai, Mesurage, Vérification ou Manœuvre		
Opérations		otovoltaï ques	

^{*:} Complète, si nécessaire, les travaux

Tableau 2: Tableau récapitulatif des éléments des symboles extrait de la norme NFC18-510.

Les agents travaillant sur des circuits série à courant constant alimentant les feux de balisage aéronautique sont détenteurs d'une habilitation électrique appropriée en état de validité.

^{**:} Complète, si nécessaire, les caractères précédents.

Pour les opérations d'ordre électrique en très basse et basse tension

- Travaux hors tension, symbole B1 pour un exécutant et symbole B2 pour un chargé de travaux
- Travaux au voisinage, symbole B1V pour un exécutant et symbole B2V pour un chargé de travaux
- Travaux sous tension pour le remplacement des lampes de balisage des aérodromes: symbole B1X « FBA », pour un exécutant et symbole B2X « FBA » pour un chargé de travaux.

Note: la lettre X indique qu'il s'agit d'une habilitation particulière qui ne peut pas être utilisée en dehors de son champ d'application.

Le terme « FBA » désigne les feux des circuits série du balisage lumineux des aérodromes.

• Interventions générales basse-tension, symbole BR (avec ses limites d'emploi pour les connexionsdéconnexions en courant, tension et section de conducteurs)

Pour les opérations d'ordre électrique en haute tension A

- Travaux hors tension, symbole H1 ou H1V pour un exécutant et symbole H2 ou H2V pour un chargé de travaux;
- Pour les chargés de travaux et exécutants travaillant sur les circuits série primaires et secondaires du balisage lumineux des aérodromes, la mention « circuit série du balisage (CSB) » est portée dans le champ d'application de l'habilitation. Soit H1 (mention CSB) pour un exécutant et H2 (mention CSB) pour un chargé de travaux.

Note: le terme « CSB » désigne les circuits série primaires et secondaires du balisage lumineux des aérodromes.

3.3. SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS ÉNERGIE ET BALISAGE LUMINEUX

Pour assurer un degré de protection optimal des agents chargés de la maintenance de l'énergie et du balisage lumineux une surveillance rigoureuse des installations est assuré tel que défini dans le présent guide.

3.4. PROCÉDURES SPÉCIFIQUES POUR LES OPÉRATIONS SUR LES BOUCLES DE BALISAGE SÉRIE LUMINEUX

Étant donné leurs constitutions techniques et leurs objectifs opérationnels, certaines prescriptions contenues dans le Code du travail ne peuvent pas s'appliquer aux installations de balisage lumineux série.

Des dispositions particulières doivent donc être mises en place pour assurer une protection maximale aux agents en charge de la maintenance de ces équipements.

Les instructions décrites dans ce chapitre sont basées sur les principes de sécurité définis dans la norme NF C 18-510: 2012 et son amendement A1: 2020.

Certaines sont extraites ou inspirées de la norme IEC 61821 sur la maintenance des circuits série à courant constant pour le balisage aéronautique au sol.

3.4.1.1. PROCÉDURES DE SÉCURITÉ

Le chef d'établissement réalise une analyse de risque électrique sur tous les travaux à effectuer sur les équipements électriques du balisage lumineux. Une analyse de risque électrique inclut la détermination du niveau de dotation requis pour réaliser les travaux sans danger.

Les analyses de risque électrique, une fois complétées, sont intégrées dans le document unique d'évaluation des risques de l'établissement.

Elles sont revues et mises à jour périodiquement et à la suite d'un événement ayant porté atteinte à l'intégrité physique d'une personne.

Des procédures de sécurité sont mises en place par l'exploitant aéroportuaire. Elles prennent en considération l'analyse de risque électrique complétée pour les travaux projetés et tiennent compte des dispositions suivantes:

- Le travail doit être exécuté hors tension, sauf impossibilité technique;
- Il doit être exécuté au voisinage si des pièces nues sous tension sont présentes dans la zone de travail;
- Le travail n'est pas effectué sur des conducteurs ou équipements électriques sous tension, sauf dans le cas prévu à l'article 3.4.1.1.3 du présent guide;
- Une autorisation de travail pour effectuer des travaux sur des équipements électriques pour le balisage aéronautique au sol doit être obtenue avant de débuter lesdits travaux; l'autorisation doit demeurer valide pour la durée des travaux;
- Pour le changement de lampe ou de feux, l'autorisation de travail est incluse dans la prise de poste des agents affectés à cette tâche;
- L'autorisation de travail peut être spécifique à une activité ou commune pour une série d'activités telles que le remplacement des lampes;
- L'équipement est toujours présumé connecté au réseau et sous tension jusqu'à confirmation de la consignation électrique;
- Sauf dans le cas prévu au dernier alinéa du paragraphe 3.4.1.2.2 du présent guide, une équipe constituée au minimum de deux personnes est désignée par le chef d'établissement pour la réalisation des interventions sur un équipement électrique de balisage aéronautique;
- Avant d'entreprendre les interventions sur ces circuits, une inspection visuelle est réalisée afin d'identifier les dangers possibles et de les évaluer dans le cadre d'une analyse de risque électrique. Les interventions sont enregistrées comme indiqué au 3.4.1.1.13 du présent guide;
- Un dispositif de protection (mise à la terre du circuit primaire) est mis en place pour prévenir les risques; le débranchement délibéré d'un tel dispositif n'est possible qu'avec l'intervention de l'opérateur qui l'a mis en place;
- Des écriteaux sont utilisés pour avertir toute personne tierce pouvant se situer à proximité du lieu d'intervention;
- Des bornes de mise à la terre et d'autres dispositifs de sécurité sont mis en place à côté du lieu d'intervention si l'équipement ne dispose pas de système de mise à la terre intégré;
- Aucune intervention sur le circuit électrique de balisage n'est possible en cas d'activité atmosphérique orageuse;
- · L'eau recouvrant les circuits de balisage lumineux est évacuée avant toute intervention et;
- Tous les outils et équipements d'essais sont adaptés à la tâche comme indiqué à l'article 3.4.1.1.8 du présent guide.

3.4.1.1.1 TRAVAIL HORS TENSION OU HORS COURANT

D'une manière générale, les travaux sur les installations électriques doivent être exécutés hors tension ou hors courant sur les circuits spécifiques d'éclairage des aérodromes.

Le travail hors tension est réalisé après consignation ou mise hors tension.

3.4.1.1.2. TRAVAIL AU VOISINAGE

Lorsqu'une ou plusieurs pièces nues sous tension apparaissent dans la zone de travail, la procédure des travaux aux voisinages doit être appliquée. Elle se décline par la mise hors de portée par obstacle (pose d'un écran ou d'une enveloppe à caractéristique mécanique solide empêchant toute approche), par éloignement (présence d'une distance dans l'air suffisant pour éviter tout contact) ou isolation (pose d'un dispositif isolant sur la pièce nue).

Les zones de voisinage sont définies dans la norme NF C 18-510 en fonction de la tension électrique de l'installation.

En basse tension, la zone de voisinage simple est définie entre 0,30 m et 3 m; la zone de voisinage renforcée est définie entre la pièce nue sous tension et 0,30 m.

En haute tension et jusqu'à 20 000 V, la zone de voisinage simple est définie entre 2 m et 3 m; la zone de voisinage renforcé est définie entre 0,60 m et 2 m.

3.4.1.1.3. TRAVAIL SOUS TENSION

Les travaux sous tension ne peuvent s'effectuer que sur les circuits secondaires des transformateurs d'isolement.

Aucun travail sous tension sur les circuits secondaires des transformateurs n'est effectué sur les circuits électriques de balisage lumineux sans qu'une analyse de risque électrique préalable ait été réalisée par le chef d'établissement ou son délégué et que ce dernier ait fourni les procédures à suivre. Il faut un « ordre de travail sous tension » pour ces travaux. L'analyse de risque doit se poursuivre pendant le travail par les opérateurs.

Pour travailler sous tension, l'opérateur (chargé de travaux) doit posséder une formation spécifique dispensée dans un organisme de formation agréé et être en possession d'un ordre de travail et d'une autorisation de travail délivré par la personne assurant la fonction de chargé d'exploitation.

Des dispositions particulières différentes sont adoptées pour le remplacement de lampes ou de feux sous tension. (Voir paragraphe 3.4.1.2.3)

3.4.1.1.4. IDENTIFICATION DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES

Tout équipement électrique situé dans la zone d'intervention est identifié avant l'intervention.

L'identification des câbles est effectuée grâce à une marque d'identification posée lors de l'installation du système. Toutefois, avant une intervention sur une boucle de balisage, cette dernière est identifiée par un autre moyen comme la mise hors et sous tension plusieurs fois de suite de la boucle en question avec contrôle par pince ampère métrique.

Cette opération est également réalisée sur tous les câbles traversant la chambre de tirage ou le regard dans lequel l'intervention doit avoir lieu.

3.4.1.1.5. ÉCRITEAUX DE SÉCURITÉ

La zone des travaux est délimitée à l'aide de barrières appropriées, et signalée par des écriteaux appropriés. Des écriteaux d'avertissement sont fixés sur tous les appareillages de commutation contrôlant l'équipement qui aura été mécaniquement consigné et sur lequel des travaux sont en cours.

3.4.1.1.6. MISE À LA TERRE

Avant l'intervention sur un circuit primaire de balisage lumineux, la mise à la terre de celui-ci est réalisée à la sortie du régulateur.

Sur les installations en cours de réalisation à la date de publication de ce guide, cette mise à la terre est obtenue par un dispositif (commutateur de mise à la terre) intégré dans le système.

Pour les installations existantes à la date de publication de ce guide et ne comportant pas de dispositif intégré, la mise à la terre du ou des circuits est réalisée par un ou des dispositifs portatifs de mise à la terre et en court-circuit adaptés aux tensions et courants de court-circuit mis en jeu et à la durée d'élimination d'un défaut.

3.4.1.1.7. PREUVE DE LA MISE HORS TENSION

Avant l'intervention sur un circuit primaire de balisage lumineux, une vérification d'absence de tension est réalisée sur le circuit de balisage à l'origine du circuit avec un appareil adapté aux plages de tension de sortie du régulateur.

Une vérification d'absence d'intensité est effectuée sur le câble primaire au point d'intervention. Le contrôle d'absence d'intensité est réalisé soit à l'aide d'une seule pince ampère métrique dans le cadre du constat du changement d'état de la boucle (repérage d'une boucle) soit de deux pinces ampères métriques dans les autres cas.

3.4.1.1.8. OUTILS ET ÉQUIPEMENTS D'ESSAIS

Les outils et équipements d'essais sont adaptés aux diverses conditions météorologiques rencontrées sur une plate-forme aéroportuaire. Tous les équipements d'essais possèdent un certificat de vérification en état de validité et sont en bon état de fonctionnement. Les appareils utilisés pour réaliser les vérifications d'absence de tension ou d'intensité sont testés avant de procéder aux vérifications mesures.

Dans tous les cas, toute vérification d'absence de tension ne doit pas être réalisée avec un voltmètre mais avec un équipement conçu à cet effet et conforme à sa norme.

3.4.1.1.9. ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE ET COLLECTIVE

Les EPI (équipements de protection individuelle) et les EPC (équipements de protection collective) conformes aux réglementations en vigueur sont disponibles à tout moment et adaptés au domaine de tension sur lequel l'agent réalise son intervention.

Pour les travaux de remplacement de lampes ou de feux de balisage sous tension, les équipements à utiliser sont a minima les suivants :

- 1 paire de gants isolants composites de classe électrique 00 et de longueur spéciale de 410 mm;
- 1 tabouret bas isolant de classe électriques 00 ou 0;
- 1 paire de chaussures isolants ou de surchaussures isolantes classe électrique 0;
- 1 paire de lunettes anti UV (Ultraviolet);
- Un vêtement de travail;
- Des outils isolants ou isolés 1000 V.

Ces matériels et équipements isolants sont qualifiés pour être utilisés en milieu mouillé.

Tous ces équipements doivent répondre à des normes ou à des spécifications techniques du fabricant.

Dans tous les cas, l'emploi, l'entretien, le stockage, la vérification et les limites d'utilisation de ces produits doivent tenir compte des prescriptions de la notice d'instructions du fabricant.

Les classes électriques des produits en matériau isolants sont explicitées dans le Tableau ci-après.

Classe	Tension alternative efficace V _{eff}	Tension continue V
00	500	750
0	1000	1500
1	7500	11250
2	17 000	25 500
3	26 500	39750
4	36 000	54000

Tableau 3: Tension maximale d'utilisation pour les gants produits en matériau isolant.

3.4.1.1.10. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Le travail dans les zones exposées comme les interventions dans les regards, chambres de tirage prend en compte les conditions climatiques défavorables. Aucune intervention sur les circuits de balisage lumineux n'est réalisée en cas d'activité atmosphérique orageuse. Avant l'intervention dans un regard ou une chambre de tirage, l'eau recouvrant les équipements électriques est évacuée. La pompe respecte un indice de protection contre la pénétration d'eau et est de classe III.

Lors des travaux de remplacement de lampes de balisage sous tension il est possible de travailler en atmosphère humide ou mouillée en utilisant des équipements isolants décrits à l'article 3.4.1.1.9.

3.4.1.1.11. INTERVENTION DANS DES REGARDS EN PRÉSENCE D'AUTRES CIRCUITS

Lors d'un travail dans un regard ou chambre de tirage il est nécessaire de privilégier la mise hors tension de tous les circuits transitant dans ceux-ci. Il est impératif de consigner toutes les boucles de balisage transitant dans le regard ou chambre de tirage liées à l'intervention si des connecteurs sont présents sur celles-ci.

Toutefois, les câbles non équipés de connecteur dans le regard ou la chambre de tirage et présentant une bonne intégrité physique peuvent être laissés sous tension. Dans ce cas, la procédure d'intervention le stipule et précise les mesures de sécurité à mettre en place.

Le personnel qui réalise ces opérations doit être habilité en fonction de la tension nominale des circuits et de leur nature. Pour la basse tension, il est habilité symbole B2V-BC ou BR. Pour la haute tension les exécutants sont habilités H1V ou H1 (mention CSB) et les chargés de travaux sont habilités H2V ou H2 (mention CSB).

Ces habilitations électriques sont décrites à l'article: 3.2.

3.4.1.1.12. PARTIES ACTIVES DES CIRCUITS DE BALISAGE

Aucune partie active des circuits de balisage ne se trouve à la portée des agents et ceci aussi bien sur les régulateurs que sur les câbles de balisage, sauf lorsque la lampe est absente.

3.4.1.1.13. ENREGISTREMENT ET DOCUMENTATION

Toutes les activités et tous les travaux réalisés sur les circuits série à courant constant pour le balisage lumineux sont enregistrés dans un journal de bord approprié ou dans tout autre type de document. Chaque entrée est identifiée à l'aide d'une référence permettant de retracer toutes les activités qui ont eu lieu. Toute la documentation et tous les enregistrements relatifs aux activités concernées sont disponibles.

La documentation comprend ce qui suit:

- · L'activité qui a eu lieu;
- Les résultats de toutes les mesures prises et de tous les essais réalisés;
- · Les détails de toute réparation ou mesure corrective;
- · La date, heure, minutes;
- · Le nom des personnes qui ont réalisé l'activité;
- · La fin du travail.

Le processus de transmission des informations, doit garantir que l'émetteur et le récepteur ont bien compris le message et sont d'accord sur l'opération à exécuter.

3.4.1.2 PROCÉDURES D'INTERVENTION

Note: Selon la règlementation et la normalisation française, le terme « intervention » utilisé dans ce document couvre les « travaux » et les « interventions BT générales » définis dans la norme NF C 18-510.

3.4.1.2.1. MANUEL DE PROCÉDURES D'INTERVENTION

Des fiches de procédure décrivant la méthode d'intervention sont réalisées à l'initiative du chef d'établissement ou son représentant et mises à la disposition de tous les agents intervenant sur les circuits de balisage lumineux. Ces fiches sont regroupées dans un manuel. Elles sont conformes aux réglementations applicables.

3.4.1.2.2. PROCÉDURES D'INTERVENTION SUR LES CIRCUITS PRIMAIRES

Toute intervention sur les circuits primaires de balisage lumineux série est réalisée après consignation électrique et mécanique du circuit sur lequel les agents interviennent.

Les procédures suivantes sont respectées avant l'intervention:

- Être habilité pour exécuter ce travail (voir article 3.4.1.1.11);
- · Avoir reçu un ordre de travail;
- Situer, consulter et analyser la documentation applicable (plans, schémas, notices techniques, fiche(s) de procédure);
- Situer et identifier les équipements liés à l'intervention et notamment identifier la boucle de balisage dans le ou les regards si l'intervention est à réaliser dans ceux-ci comme indiqué aux articles 3.4.1.1.4 et 3.4.1.1.11 du présent guide;
- Identifier les autres circuits traversant les regards comme indiqué à l'article 3.4.1.1.11 du présent guide;
- Situer les outils et les équipements d'essais;
- Tester les équipements d'essais;
- Identifier tout danger potentiel et notamment la présence d'eau dans les regards (article 3.4.1.1.10 du présent guide), les autres câbles sous tension munis de connecteurs étanches (article 3.4.1.1.12 du présent guide) et la présence d'activité atmosphérique orageuse (article 3.4.1.1.10 du présent guide);
- Mise hors service des contrôles/commandes du système sur lequel a lieu l'intervention;
- Consignation de l'alimentation basse tension du régulateur;
- Consignation et mise à la terre de la boucle de balisage en sortie du générateur sur laquelle a lieu l'intervention avec les EPI adaptés à la classe de tension (article 3.4.1.1.9 du présent guide);
- Vérification de l'absence de tension sur la boucle de balisage en sortie du générateur avec les équipements adaptés au domaine de tension (article 3.4.1.1.7 du présent guide);
- Vérification de l'absence d'intensité dans la boucle de balisage sur le lieu d'intervention (article 3.4.1.1.7 du présent guide);

L'intervention sur les circuits du balisage lumineux est réalisée par deux agents (un agent intervenant et un accompagnant assurant la surveillance).

Toutefois, après consignation de tous les circuits de balisage lumineux de la plate-forme, l'intervention, dans ce cas précis, peut être réalisée par un agent seul, s'il est habilité à travailler seul. Une procédure spécifique de sécurité d'intervention est alors mise en place par le Chef d'établissement.

3.4.1.2.3. PROCÉDURES D'INTERVENTION POUR LE CHANGEMENT D'UNE LAMPE OU D'UN FEU.

Les agents en charge de ce type d'opération doivent être titulaires d'une habilitation spécifique telle que décrite à l'article 3.2.

Une ou des fiches de procédure sont réalisées par le chef d'établissement pour ce type d'intervention. Les opérations sur les feux en règle générale se font après avoir mis hors tension le ou les régulateurs alimentant les lampes et/ou les feux devant être remplacés. Il est également nécessaire de s'assurer qu'aucune remise sous tension du circuit n'est possible lors de l'opération.

Dans le cas où le changement de lampe et/ou des feux s'effectue avec le régulateur en service, une analyse de risque est réalisée par le chef d'établissement et une fiche d'intervention est mise en place pour ces changements de lampe. Dans ce cas des EPI (gants isolants composites, chaussures ou surchaussures isolantes, lunettes de protection anti UV) et/ou EPC (mini-tabouret isolant) et outils à main isolants ou isolés, sont mis à disposition du personnel.

Avant l'utilisation des EPI il est nécessaire de faire une vérification visuelle des équipements.

3.4.1.2.3. PROCÉDURES D'INTERVENTION POUR LE CHANGEMENT D'UNE LAMPE OU D'UN FEU.

Les circuits de terre des installations électriques ont pour objet de protéger les personnes et les biens, en écoulant les courants de défaut et en limitant les montées en potentiel, notamment en cas de défaut d'isolement, de foudre, d'induction, de courants vagabonds ou de manœuvres.

Par nature, les conducteurs de protection (PE), à l'exception des PEN (conducteur de protection associé au neutre), ne sont pas considérés comme conducteurs actifs. Cependant, ils sont parcourus en permanence par des courants d'intensité variable, qui peuvent être très importants, par exemple en cas d'orage. Ils présentent, de ce fait, des risques de choc électrique, lors des opérations de raccordement, de mesurage ou de maintenance. Pour ces raisons, les opérations réalisées sur les circuits de terre sont considérées comme des opérations d'ordre électrique.

Les opérations de démontage, de raccordement, de mesurage sont possibles, à condition que le personnel soit formé et habilité en conséquence.

Des dispositions sont nécessaires pour assurer en permanence :

- L'écoulement des courants soit par l'intermédiaire d'un shunt, soit par la connexion avec une prise de terre de section suffisante préalablement identifiée;
- L'équipotentialité des postes de travail, pour éviter notamment l'insertion de l'opérateur entre deux masses ou circuits de terre distincts pouvant présenter une différence de potentiel dangereuse.

Dans le cas des installations électriques, toute opération d'ouverture d'un circuit de terre doit être précédée de la pose d'un shunt capable d'écouler l'intensité de ce circuit. En cas d'impossibilité de pose de shunt, l'opérateur doit porter des équipements de protection individuelle adaptés et prendre toutes les dispositions pour ne pas toucher simultanément deux circuits de terre distincts.

3.5. SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS DE BALISAGE LUMINEUX SÉRIE

Une surveillance des circuits de balisage lumineux est assurée par les agents chargés de la maintenance du balisage. Un enregistrement des différentes actions de contrôle liées à cette surveillance est accessible à tout le personnel intervenant sur ces circuits. Une périodicité de cette surveillance est à mettre en place par le chef d'établissement ou son représentant. Cette surveillance est réalisée en tant que de besoin, et assure, dans les meilleurs délais, la suppression des défectuosités et anomalies dont les circuits de balisage sont affectés.

Ces contrôles concernent:

- La protection des agents contre les contacts directs (article 3.5.1 du présent guide);
- Les connexions de terre et de liaison équipotentielle (article 3.5.2 du présent guide);
- Les isolements des câbles des circuits de balisage lumineux (articles 6.2.3.5 et 6.2.3.6 du présent guide);
- La continuité électrique des câbles primaires (articles 6.2.3.5 et 6.2.3.6 du présent guide);
- La mise à jour des plans et schémas des circuits de balisage lumineux;
- · L'identification des infrastructures;
- Les connexions HTA dans le régulateur (article 6.2.3.2 du présent guide).

3.5.1. PROTECTION DES AGENTS CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

La mise hors de portée des parties actives des régulateurs, des câbles et des feux est réalisée.

3.5.2. PROTECTION DES AGENTS CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

Sur les installations en cours de réalisation à la date de publication de ce guide, toutes les masses métalliques y compris celles des parties optiques des feux encastrés sont reliées à un réseau de liaison équipotentielle de protection. Le système de liaison équipotentielle (câble cuivre nu) est connecté à une borne d'équipotentialité raccordée à la terre locale.

Sur les installations existantes à la date de publication de ce guide, aucun changement de lampe sous tension n'est réalisé si les parties métalliques du feu ne sont pas reliées à la terre (embase et partie optique). Une vérification annuelle de ces raccordements à la terre par échantillonnage est réalisée dans le cadre de la surveillance.

3.5.3. ISOLEMENT DES CÂBLES DES CIRCUITS DE BALISAGE

Dans le cadre des vérifications périodiques des installations, une mesure d'isolement sur chaque circuit primaire de balisage est réalisée chaque semestre conformément à l'article 6.2.3.5.

La valeur de la résistance d'isolement dépend de la tension de mesure, de la qualité de l'installation, de l'environnement de ces matériels (humidité, immersion, température ambiante). La valeur minimale de la résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur calculée comme définie ci-dessous.

Dans le cas où cette valeur est inférieure à la valeur théorique calculée, une action de maintenance est entreprise. En cas d'impossibilité de remonter la valeur d'isolement de la boucle de balisage dans les meilleurs délais, une procédure spécifique de sécurité d'intervention après la réalisation d'une analyse de risque est alors mise en place par le Chef d'établissement dans son rôle d'employeur.

3.5.4. VÉRIFICATION RÉGLEMENTAIRE OBLIGATOIRE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

3.5.4.1. GÉNÉRALITÉS

Hors du périmètre des opérations de maintenance, des vérifications initiales et périodiques doivent être réalisées par un organisme accrédité par le COFRAC (Comité Français d'Accréditation), ou par une personne qualifiée appartenant à l'entreprise, répondant aux critères de compétence fixés par l'arrêté du 22 décembre 2011.

La liste et les méthodes des points principaux à examiner sont décrites dans l'Arrêté du 26 décembre 2011 relatif aux vérifications ou processus de vérification des installations électriques ainsi qu'au contenu des rapports correspondants.

3.5.4.2. NORMES APPLICABLES

- Arrêté du 26 décembre 2011 relatif aux vérifications ou processus de vérification des installations électriques ainsi qu'au contenu des rapports correspondants.
- Arrêté du 22 décembre 2011 relatif aux critères de compétence des personnes chargées d'effectuer les vérifications périodiques des installations électriques et de mettre en œuvre les processus de vérification des installations électriques temporaires.

3.5.4.3. CAS PARTICULIER DES ÉQUIPEMENTS CONSTITUANT LES BOUCLES DE BALISAGE

Compte tenu de la spécificité des boucles de balisage lumineux série (circuits primaires et secondaires), les points* listés ci-dessous ne sont pas à examiner :

En ce qui concerne les Conditions générales d'installation :

• Les coupures d'urgence

En ce qui concerne les protections contre les risques de chocs électriques :

- · Les prises de terre
- Les conducteurs de protection et liaisons équipotentielles

En ce qui concerne les protections contre les risques de brûlures, d'incendie et d'explosion :

- Protection contre les surcharges et les courts-circuits
- Pouvoirs de coupure......

^{*} extraits du tableau de choix des méthodes de l'Arrêté du 26 décembre 2011 relatif aux vérifications ou processus de vérification des installations électriques ainsi qu'au contenu des rapports correspondants.

4. NOTIONS DE MAINTENANCE

Selon la norme NF X60-000 d'avril 2016 la maintenance désigne l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destiné à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

Un plan de maintenance structuré et scrupuleusement respecté permet:

- De protéger les personnes et les biens;
- D'assurer l'optimisation de la continuité de service;
- De pérenniser le matériel dans le temps;
- D'avoir une vision de l'état de son installation électrique afin d'anticiper certains problèmes.

4.1. NORMES APPLICABLES

- NF EN 13306 « Maintenance Terminologie de la maintenance »;
- NF X60-000 « Maintenance industrielle Fonction maintenance ».

4.2. TYPES DE MAINTENANCES

Deux types d'action de maintenance complémentaire doivent être menés en parallèle:

- La maintenance préventive destinée à évaluer et/ou atténuer la dégradation et réduire la probabilité de défaillance d'un bien. La maintenance préventive se subdivise à son tour en:
 - Maintenance systématique exécutée à intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien;
 - Maintenance conditionnelle inclut l'évaluation des conditions physiques, l'analyse et les éventuelles actions de maintenance qui en découlent;
 - Maintenance prévisionnelle exécutée suite à une prévision obtenue grâce à une analyse répétée ou à des caractéristiques connues et à une évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien.
- La maintenance corrective exécutée après détection d'une panne et destinée à rétablir un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise elle-même subdivisée en:
 - Maintenance corrective différée qui n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données;
 - Maintenance corrective d'urgence exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables.

Les articles suivants présentent des concepts qui figurent aux articles 1.4.3 et 1.4.4 du Manuel des services d'aéroport – 9e partie :

- Le concept d'inspection qui désigne 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 au "plan de maintenance préventive" qui doit définir 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.
- Le concept d'entretien courant et révision englobe toutes les actions réalisées pour maintenir ou remettre en état de marche une installation ou un appareil. Ces dernières sont effectuées conformément au "plan de maintenance préventive" qui doit préciser 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.

4.3 NIVEAUX DE MAINTENANCE

Selon la norme NF X 60-000 du 16 avril 2016, les niveaux de maintenance peuvent être présentés de manière simplifiée comme suit :

Opérations	Niveau de maintenance	Classification AFNOR
Action simple	ı	Utilisateur
Opération courante	Ш	Personnel qualifié
Opération « Spécialisée »	Ш	Technicien qualifié
Intervention spécifique	IV	Technicien ou équipe spécialisée
Rénovation/Reconstruction	V	Constructeur, service ou société spécialisée

Tableau 4: Classification des niveaux de maintenance suivant la norme NF X 60-000.

- Niveau 1: Actions simples qui peuvent être effectuées par l'utilisateur/agent, à l'aide d'instructions simples et sans outillage autre que celui intégré au bien.
- Niveau 2 : Opérations courantes effectuées par un personnel qualifié/agent technique, avec des procédures détaillées et un outillage léger.
- Niveau 3 : Opérations de technicité générale effectuée par un technicien qualifié, avec des procédures complexes et un outillage portatif complexe.
- Niveau 4: Opérations techniques de spécialité effectuées, par un technicien ou une équipe spécialisée, maîtrisant une technique ou technologie particulière, avec des instructions générales ou particulières de maintenance et un outillage portatif spécialisé.
- Niveau 5: Rénovation, reconstruction, remplacement d'une installation, d'un équipement, d'une pièce de structure ou de fonctionnement, selon un processus proche de sa fabrication ou de son assemblage initial.

4. NOTIONS DE MAINTENANCE

4.4. PLAN DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Compte tenu de l'impact des équipements d'énergie et de balisage lumineux sur la sécurité aérienne, les exploitants d'aérodromes doivent mettre en place un plan de maintenance structuré et documenté décrivant les activités, les occurrences, les instructions, les ressources et la durée nécessaire pour exécuter la maintenance.

Le plan de maintenance permet ainsi:

- D'améliorer la fiabilité et le rendement du matériel,
- De diminuer les pannes,
- De diminuer les coûts de maintenance,
- D'éviter toute perte d'exploitation, de temps et d'argent,
- De maintenir une qualité de service, contractuelle, ou réglementaire,
- D'assurer la sécurité du personnel,
- D'optimiser la gestion des stocks et des achats de pièces de remplacement,
- · De garantir la satisfaction des usagers,
- De suivre l'évolution de l'équipement et de synthétiser les consignes.

L'objectif principal du plan de maintenance est le maintien des installations d'aérodrome dans un état qui ne porte pas atteinte à la sécurité des opérations aéronautiques.

Le plan de maintenance doit être établi après une phase d'analyse (audit) des équipements, de la politique de maintenance de l'aérodrome, et des objectifs de sécurité.

Divers outils et méthodes peuvent être utilisés pour son élaboration: réseau PERT (program evaluation and review technic), diagramme de Gantt, méthode MERIDE (Méthode d'évaluation des risques industriels des dysfonctionnements des équipements), analyse AMDEC (Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité), ...

Par conséquent, ce plan de maintenance sera adapté au profil de la plateforme complexité des architectures électriques, quantité des équipements installés et moyens pour en assurer le suivi (humains ou financiers). Mis à jour régulièrement, il doit être intégré dans un contrat de maintenance dans le cas d'une sous-traitance.

Par ailleurs, les logiciels de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) sont spécialement conçus pour assister les services de maintenance dans leurs activités.

4.5. SITUATIONS DÉGRADÉES

Tout défaut portant atteinte au respect des exigences fonctionnelles sur l'alimentation électrique ou sur des fonctions de balisage lumineux doit être corrigé avant de poursuivre l'exploitation de la piste.

Dans le cas où la remise en état ne pourrait être réalisée immédiatement, les nouvelles conditions d'exploitations de la piste devront être conformes aux exigences publiées dans les chapitres sur les situations dégradées de l'AIR-OPS:

- Annex 4 part CAT.OP.MPA.110 (aerodrome operating minima);
- Annex 5 part SPA.LVO.130. (minimum equipment).

5.1. GÉNÉRALITÉS

5.1.1. DISTRIBUTION D'ÉNERGIE DES AÉRODROMES

Quel que soit l'opérateur en charge, l'énergie électrique est, distribuée aux clients, en règle générale, via deux grandeurs de tension:

- HTA (20000 V);
- BTA (240/410V).

Suivant sa consommation en énergie et le niveau de sûreté de fonctionnement souhaité, l'architecture de l'alimentation électrique d'un aérodrome, peut varier du plus simple au plus élaboré.

5.1.1.1. DISTRIBUTION EN BASSE TENSION (BT)

Les aérodromes ne nécessitant pas une consommation électrique trop importante sont, en règle générale, alimentés en basse tension. Les coûts d'entretien et les besoins en personnels qualifiés sont dans ce cas très nettement réduits.

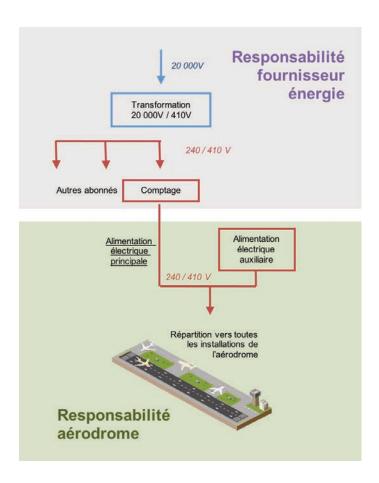


Figure 5: Exemple de distribution "Basse tension".

5.1.1.2. DISTRIBUTION EN HAUTE TENSION (HTA)

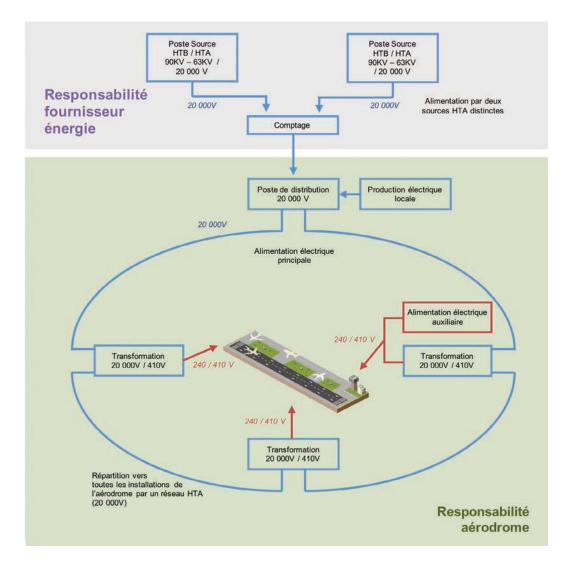


Figure 6: Exemple de distribution "Haute tension".

Comme toutes les entreprises industrielles ou tertiaires, les aéroports atteignant une certaine consommation électrique sont, en règle générale, alimentés par une ou plusieurs sources haute tension 20 kV (HTA).

Ainsi, les aérodromes concernés ne sont pas limités en puissance et bénéficient d'une tarification plus économique. Ils peuvent en outre choisir leur schéma de liaison du neutre à la terre.

Sur les plateformes aéroportuaires très étendues, un réseau interne HTA (20 kV, 5,5 kV) est généralement mis en place.

L'alimentation de chaque installation électrique est alors effectuée par un poste de transformation HTA/BT (ou poste de livraison) disposé au plus près des éléments consommateurs d'énergie et contenant les appareils indispensables à leurs bons fonctionnements.

Différentes structures de réseau HTA sont possibles. Voici les plus courantes

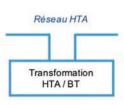
Le raccordement en antenne

Le poste HTA/BT est raccordé à un réseau HTA au moyen d'une seule canalisation.

Réseau HTA Transformation HTA / BT

Le raccordement en boucle (ou coupure d'artère)

Le poste de livraison est inséré en série sur un départ HTA



Le raccordement en double dérivation

Le poste de livraison est desservi par deux câbles posés en parallèle, l'un de travail et l'autre de secours; chacun de ces câbles est en dérivation sur l'artère qui l'alimente. Ce principe d'alimentation permet d'assurer une très bonne continuité de service.

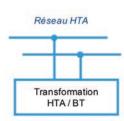


Figure 7: Types de réseaux HTA.



Figure 8: Distribution interne HTA - aérodrome de Nice.

5.2. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

5.2.1. LOCAUX ÉLECTRIQUES

5.2.1.1. GÉNÉRALITÉS

Pour les installations étendues, la distribution du réseau électrique peut être répartie dans plusieurs locaux électriques ou postes distants (poste de distribution électrique, locaux régulateurs, etc....) alimentés en HTA ou en BT.

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.

5.2.1.2. CAHIER DE SUIVI

Les actions de maintenance (préventives et correctives) doivent être consignées dans un cahier de suivi de chaque poste ou dans la GMAO.

Ce cahier de suivi doit permettre de tracer de manière synthétique toutes les interventions exécutées dans le poste et doit au minimum contenir les informations suivantes:

- Date et heure d'entrée;
- Nom et signature de l'ensemble des personnes présentes ;
- Raison de la visite;
- Description sommaire des travaux;
- Références de l'opération dans le cadre d'une intervention programmée;
- Heure de sortie.



Figure 9: Poste balisage - aérodrome de Paris Orly.

5.2.1.3. 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;
- Présence d'équipements de protection individuelle (EPI) aux normes;
- Bon rangement et accessibilité des pièces de rechange;
- 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 sont pas dans le champ d'application de ce guide (détecteurs incendie, de fuite sur citerne, d'intrusion; extincteurs, ...).

5.2.1.4. PÉRIODICITÉ

Un examen visuel semestriel doit être réalisé sur ces différents points.

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.



Figure 10: Poste balisage - aérodrome de Toulouse Blagnac.

5.2.2. CELLULES HT ET RÉSEAUX HT

5.2.2.1. GÉNÉRALITÉS

Les postes de distribution HTA ou de transformation HTA/BT sont équipés de cellules préfabriquées remplissant chacune une fonction distincte (arrivée, sectionnement, protection HT, transformation, protection BT, ...).

Chaque cellule peut être dotée de sectionneur, interrupteur-sectionneur, disjoncteur, contacteur, fusibles, etc....



Figure 11: Poste HTA – aérodrome de Marseille.

5.2.2.2. NORMES APPLICABLES

- NF C13-100 avril 2015 Postes de livraison alimentés par un réseau public de distribution HTA (jusqu'à 33 kV),
- NF C13-200 juin 2018 Installations électriques à haute tension pour les sites de production d'énergie électrique, les sites industriels, tertiaires et agricoles;
- NFC15-100 juin 2005 Installations électriques à basse tension.

5.2.2.3. POINTS À CONTRÔLER

Contrôles périodiques:

- Cycle d'ouverture/fermeture sur les équipements sectionneurs et disjoncteurs;
- Une inspection visuelle des conditions d'exploitation (température du local, hygrométrie, ventilation...)

Maintenance de niveaux I, II, III, IV:

- Repérage des réseaux;
- · Dépoussiérage;
- Contrôle visuel (points de rouille);
- · Contrôle des serrages des connexions;
- Contrôle, nettoyage et graissage des pinces d'embrochage;
- Contrôle des verrouillages;
- Contrôle fonctionnement organes de commande et de manœuvre;
- Nettoyage et graissage;
- Remplacement des pièces d'usure;
- · Vérification des temps d'ouverture/fermeture;
- Vérification de la simultanéité des contacts;
- Mesure des résistances de contacts;
- Contrôle des niveaux d'huile ou pression SF6;
- · Vérification des relais de protection;
- · Vérification, essai des signalisations électriques;
- ...

5.2.2.4. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Un examen visuel semestriel doit être réalisé sur ces différents points.

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.

5.2.3. TRANSFORMATEURS

5.2.3.1. GÉNÉRALITÉS

Le transformateur HT est l'un des équipements importants et critique d'une installation électrique. En cas de panne, les répercussions peuvent être très importantes (coupure de l'alimentation électrique de tout ou partie de l'installation électrique, incendie, ...).

Très exposé (foudre, surtensions, températures élevées, vieillissement des composants, pollution...), sa maintenance est une nécessité pour la sécurité et la continuité de service.



Figure 12: Transformateur BT/HTA - aérodrome de Nice.

5.2.3.2. POINTS À CONTRÔLER

- · Nettoyage général;
- Contrôle visuel (absence de fuites pour les transformateurs à huile, absence de points de rouille);
- Contrôle des serrages des connexions;
- · Contrôle des masses;
- · Contrôle des verrouillages;
- Recherche de points chauds dus à une mauvaise connexion, surcharge ou un déséquilibre de phases;
- · Vérification des protections;
- Mesures d'isolement;
- Mesure des rapports de transformation;
- Mesure du facteur de puissance (Diagnostiquer les isolants d'un transformateur afin de prévenir un éventuel défaut dans le transformateur.);
- Niveau d'huile, remplacement de joints (cuve, passe-barres, bornes embrochables...);
- Analyse d'huile;

5.2.3.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Il est recommandé de suivre les préconisations du constructeur. En règle générale un contrôle périodique annuel et une maintenance de niveau I, II, III et IV tous les trois ans sont conseillés.

5.2.4. GROUPES ÉLECTROGÈNES

5.2.4.1. GÉNÉRALITÉS

Compte tenu de l'importance d'une alimentation électrique de secours pour maintenir l'exploitation de la plateforme quelles que soient les conditions de visibilité, l'entretien régulier des groupes électrogènes est primordial. Il contribue à rallonger la durée de vie de l'équipement tout en assurant sa disponibilité et son bon fonctionnement.



Figure 13: Groupe électrogène 400 kVA - aérodrome de Saint Pierre.

5.2.4.2. POINTS À CONTRÔLER

5.2.4.2.1. GROUPE ÉLECTROGÈNE

- · Vérification de l'état général;
- · Vérification des couples de serrage;
- Vérification de l'état de charge de la batterie;
- · Vérification du niveau de l'électrolyte;
- Nettoyage des bornes de la batterie;
- Vérification du circuit d'air comprimé (compresseur, fut sous pression, conduits) si démarrage pneumatique;
- Vérification de l'état et des connexions des équipements électriques;
- Nettoyage des relais et des contacteurs;
- Test de fonctionnement en condition réelle (balisage en service en brillance maximum).

5.2.4.2.2. MOTEUR DIESEL

- Contrôle du niveau d'huile/liquide de refroidissement;
- · Contrôle du filtre à air;
- · Contrôle du filtre à carburant;
- Fonctionnement du moteur au régime nominal et à 50-70 % de charge, pendant 30 minutes minimum;
- Vidange de l'huile moteur et remplacement du filtre;
- Remplacement du ou des éléments de filtres à carburant;
- Contrôle du système d'aération;
- Contrôle des supports de moteur;
- Contrôle des connexions à la masse du moteur;
- Contrôle de la tension de la courroie et du tendeur automatique;
- Contrôle du circuit de refroidissement;
- · Contrôle du système d'admission;
- · Contrôle des échappements;
- · Contrôle et réglage du régime moteur;
- · Vidange et rinçage du circuit de refroidissement;
- Réglage du jeu des soupapes;
- · Remplacement des injecteurs;
- Vérification du réservoir de stockage et du réservoir journalier;
- Vérification des circuits des fluides :

5.2.4.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

La liste des points à contrôler listée précédemment n'est donnée qu'à titre indicatif, elle n'est pas exhaustive.

Un plan de maintenance décrivant la fréquence de l'entretien et les opérations à effectuer doit être défini en fonction des préconisations du constructeur, du nombre d'heures de fonctionnement et de l'environnement dans lequel fonctionne le groupe électrogène.

En règle générale, les actions de maintenance de premier niveau (vérification des témoins, niveaux d'huile et essais de fonctionnement sont à réaliser toutes les semaines) (ou 10 heures de fonctionnement) environ. Les actions de maintenance de niveaux II ou plus (vidange moteur, remplacement des filtres, etc.) sont à réaliser tous les ans (ou 500 heures de fonctionnement) environ.

5.2.5. TGBT, TDBT ET RÉSEAUX BT

5.2.5.1. GÉNÉRALITÉS

Le Tableau Général Basse Tension (TGBT) constitue le point central de la distribution électrique d'une installation.

Le TGBT peut être composé d'un ou plusieurs tableaux de distribution électriques (TDBT).

C'est lui qui:

- Répartit le courant électrique vers tous les circuits à alimenter;
- Protège les lignes et les équipements de la distribution électrique;
- Assure la protection des personnes.

Il peut être doublé pour assurer une redondance de l'alimentation électrique.

Il alimente les circuits en direct ou par l'intermédiaire d'un ou plusieurs tableaux électriques en cascade constituant le réseau BT (Basse Tension)

Pour les installations étendues, chaque bâtiment ou poste peut être équipé d'un ou plusieurs TGBT.



Figure 14: TGBT - aérodrome de Paris Orly.

5.2.5.2. POINTS À CONTRÔLER

- Contrôle général et nettoyage des tableaux, des ventilations, des canalisations et des appareillages;
- Vérification de la disponibilité de plans et schémas « à jours » par les personnels en charge de la maintenance;
- Contrôle des indices de protection et des dispositifs de verrouillage;
- Contrôle des jeux de barres et de leur serrage (opérations à réaliser hors tension);
- Contrôle des câbles, de leur serrage et de leur frettage;
- Inspection thermographique (contrôle des « points chauds »);
- · Contrôle des embrochages (parties fixes et mécanismes);
- Contrôle de l'isolement (support jeux de barres, géométrie, ...);
- · Vérification de continuité de masse;
- Vérification des contrôleurs d'isolement (en cas de régime de neutre IT);
- Vérification des signalisations et des centrales de mesure;
- Essais mécaniques et électriques des appareillages (commandes, verrouillages, ...);
- Mesure de la prise de terre des départs des équipements alimentés en parallèle;
- Contrôle des isolements des conducteurs des départs des équipements distants alimentés en parallèle;
- Contrôle des continuités des conducteurs de protection des départs des équipements distants alimentés en parallèle;
- Contrôle des continuités des liaisons équipotentielles des départs des équipements distants alimentés en parallèle.

5.2.5.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Les points listés précédemment devraient être réalisés tous les ans.

Certains équipements (masterpack, inverseurs de source, commutateurs statiques, ...) peuvent faire l'objet d'une maintenance préventive spécifique définie par le constructeur.

Une étude du vieillissement des tableaux et de leurs composants devrait être effectuée à périodicité décennale.

5.2.6. COMMUTATEUR STATIQUE

5.2.6.1. GÉNÉRALITÉS

Les commutateurs statiques sont utilisés afin d'assurer des temps de détection et de transfert plus rapides que ceux des commutateurs électros mécaniques. Cela peut permettre, dans certains cas, de satisfaire à l'exigence de temps de commutation inférieur à la seconde lorsque la centrale fonctionne en mode « secours inversé » (voir article 5.3.2.2.1.).

Ils peuvent également être utilisés pour assurer la redondance d'alimentation entre deux sources indépendantes tout en garantissant la séparation complète des deux sources d'alimentation et de la distribution (les deux sources sont isolées l'une de l'autre dans tous les modes de fonctionnement).

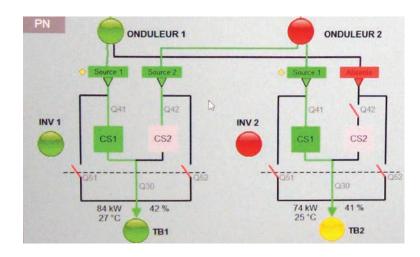


Figure 15: Supervision de commutateurs statiques aérodrome de Lyon.

5.2.6.2. POINTS À CONTRÔLER

- Mesure des courants et tensions de charge;
- Vérification des composants;
- · Nettoyage et dépoussiérage intérieur/extérieur;
- Serrage des connexions;
- Manœuvre des commutateurs by-pass;
- Visualisation des journaux d'événements et des alarmes;
- Vérification signalisation (voyants);
- Mise à jour des logiciels.

5.2.6.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Il est recommandé de suivre les préconisations du constructeur. En règle générale un contrôle périodique annuel et une maintenance de niveau I, II, III et IV tous les trois ans sont conseillés.

5.2.7. ALIMENTATION SANS INTERRUPTION (ASI)

Une alimentation sans interruption (ASI) est un dispositif qui permet de fournir un courant alternatif stable et dépourvu de coupures ou de microcoupures, quoi qu'il se produise sur le réseau électrique. Son utilisation est décrite à l'article 5.3.2.2.3.

Elle repose sur la mise en cascade des dispositifs suivants:

- Un convertisseur de courant alternatif;
- Un dispositif de stockage de l'énergie (batterie d'accumulateurs, super condensateurs, volant d'inertie, etc.);
- Un convertisseur reproduisant du courant alternatif à partir de l'énergie emmagasinée (couramment appelé onduleur).

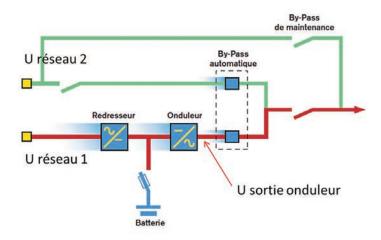


Figure 16: Schéma de principe d'une ASI, type "onduleur".

Le stockage d'énergie peut être fait sous différentes formes :

- Chimique (dans des batteries d'accumulateurs);
- Électrique (dans des super condensateurs ou des bobines supraconductrices);
- Accumulateur cinétique (volant d'inertie, moteur ou machine à inertie, ...);
- Gaz comprimé.

La durée de vie utile des ASI dépend de plusieurs facteurs, notamment des caractéristiques de la charge (taux d'utilisation, linéarité et variabilité) et de l'environnement (température, humidité, niveau de pollution).

La température nominale de fonctionnement des batteries est de 25 °C (données constructeur). Un fonctionnement des batteries en dessous ou au-dessus de cette température a un impact non négligeable sur la durée de vie des batteries et du coût de la maintenance. Pour rappel un écart de + ou – 5 °C réduit la durée de vie des batteries d'un facteur de 2.

Pour garantir son fonctionnement et éviter l'indisponibilité des systèmes, une maintenance périodique régulière est essentielle.

5.2.7.1. POINTS À CONTRÔLER

Contrôles périodiques:

- Inspection visuelle des conditions d'exploitation (température du local, hygrométrie, ventilation...)
- Tests de l'IHM;
- Relevé et analyse des historiques.

Tests d'autonomie:

• En conditions réelles avec balisage en service en brillance maximum.

Maintenance de niveau I, II, III, IV:

- Mesure des courants et tensions d'entrée et de sortie;
- Mesure de la puissance;
- Recherche de « points chauds »;
- Essai du by-pass interne;
- · Vérification des composants;
- Nettoyage et dépoussiérage intérieur/extérieur;
- Serrage des connexions;
- Contrôle des batteries et remplacement si besoin;
- Mise à jour des logiciels.



Figure 17: ASI – aérodrome Saint Denis La Réunion.

5.2.7.2. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Un plan de maintenance décrivant la fréquence de l'entretien et les opérations à effectuer doit être défini en fonction des préconisations du constructeur.

En règle générale, les contrôles périodiques sont à réaliser toutes les deux semaines.

Une vérification de l'autonomie des ASI devrait être effectuée tous les six mois.

Les actions de maintenance de niveaux II ou plus sont à réaliser tous les ans.

Les relevés de mesures électriques peuvent être réalisés à partir de la centrale de mesure équipant l'ASI.

5.2.8. CAS PARTICULIER DES ASI DYNAMIQUE HYBRIDE (NO-BREAK)

5.2.8.1. GÉNÉRALITÉS

Cette alimentation sans interruption de type dynamique hybride (communément appelé groupe temps zéro) est composée d'un volant d'énergie cinétique et d'un groupe diesel associé.

Le volant d'inertie (réserve d'énergie) protège les installations des microcoupures. En cas de coupure plus longue (plusieurs secondes), le groupe diesel assure l'alimentation électrique en se couplant au moteur/générateur. Un by-pass automatique interne permet la continuité de l'alimentation de l'installation en cas de défaut sur l'ensemble groupe No Break.

Certaines ASI hybrides sont équipées de bloc-moteur/générateur à enroulements séparés. Les enroulements moteurs et générateurs sont incorporés dans un stator commun et sont excités par un rotor commun. Le générateur peut alors délivrer une tension tandis que le moteur est alimenté par le réseau électrique ou avec l'énergie restituée par l'accumulateur cinétique.



Figure 18: No Break hybride avec accumulateur cinétique – source HITEC Power Protection.

En injectant continuellement la tension produite par le générateur dans la charge, le système assure :

- Un effacement des microcoupures;
- Une amélioration du signal (régulation de la tension, absorption des harmoniques, ...).

De ce fait, le signal délivré par le système est de très grande qualité et peut être utilisé pour alimenter des équipements sensibles et exigeants en matière d'alimentation électrique.

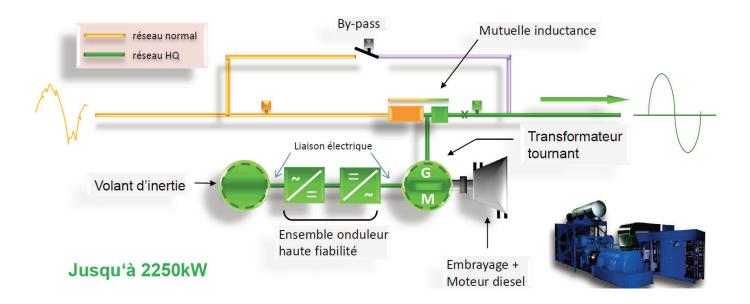


Figure 19: Schéma de principe No Break hybride avec accumulateur cinétique – source Piller.

5.2.8.2. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Le degré de complexité et de criticité de ces équipements implique une prise en charge de la maintenance préventive et curative par une société spécialisée (généralement le constructeur de l'équipement).

Lors de la signature du contrat de maintenance, cette société:

- Élabore son propre programme de maintenance préventive (inspection visuelle, électrique et mécanique, remplacement des fluides, filtres et pièces d'usure, révision mécanique...);
- Planifie les visites de ses techniciens avec son client;
- Assure un service de dépannage avec un délai minimum négocié avec son client;
- Forme les personnels de son client pour assurer la surveillance de l'équipement et pour effectuer d'éventuelles opérations de maintenance de niveau 1.

Certaines actions de maintenance sont cependant à réaliser par le personnel de maintenance :

- Maintenance de premier niveau (vérification des témoins, vérification des indications sur les centrales de mesure, vérification absence de fuite...). Ces inspections sont à réaliser à périodicité hebdomadaire.
- Vérification mensuelle du bon fonctionnement du groupe No Break avec le balisage lumineux en service en brillance maximum.



Figure 20: Groupe No Break en container – aérodrome de Toulouse Blagnac.

5.2.9. SYSTÈMES DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE (SPF)

5.2.9.1. NORMES EN VIGUEUR

- NF C15-100 juin 2005 Installations électriques à basse tension;
- NF EN 62305: Protection contre la foudre;
- NF EN 62305-3: Dommages physiques sur les structures et risques humains;
- NF EN 61643: Parafoudres basse-tension Partie 11: parafoudres connectés aux systèmes basse tension
- Exigences et méthodes d'essai;
- NF EN 61643: Parafoudres basse-tension Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution à basse tension Principes de choix et d'application;
- NF EN 50164: Composants de protection contre la foudre (CPF);
- NFC 17-102: Systèmes de protection contre la foudre a dispositif d'amorçage (paratonnerres);
- UTE C 15-443: Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres Choix et installation des parafoudres.

5.2.9.2. GÉNÉRALITÉS

Les systèmes de protections contre la foudre comprennent:

- Les Installations Extérieures de Protection contre la Foudre (IEPF), plus communément appelés paratonnerres, destinées à intercepter "les coups de foudre directs" et à disperser le courant de foudre dans la terre sans dommage pour la structure et sans surtension dangereuse pour les personnes.
- L'IEPF est constituée:
 - D'un système de capture destiné à être le point d'impact privilégié de la foudre;
 - De conducteurs de descente assurant l'écoulement des courants de foudre vers le sol;
 - D'une prise de terre assurant la dissipation de ces courants en limitant les risques pour les systèmes et les personnes à proximité des installations.





Figure 21: Ceinturages foudre et pointe captrice aérodrome de Toulouse Blagnac.

- Les Installations Intérieures de Protection contre la Foudre (IIPF) destinées à réduire, en partie, les effets indirects de la foudre à savoir :
 - Surtensions transitoires;
 - Induction électromagnétique;
 - Phénomène d'étincelage préjudiciable (risques d'incendie, d'explosion ou de pollution électromagnétique et chimique);

Cette protection est assurée par l'installation d'un réseau d'équipotentialité et de dispositif de protection contre les surtensions (DPS ou plus communément appelés parafoudres).

Chaque dispositif de SPF installé est classé suivant un niveau de protection contre la foudre (NPF I à IV) lié aux probabilités de dommages physiques ou de défaillances des réseaux internes en cas de d'impact sur la structure.

Les composants du SPF perdent de leur efficacité au cours des années en raison de la corrosion, des dommages liés aux intempéries, des dommages mécaniques et des dommages dus aux impacts de foudre. Ils doivent donc faire l'objet d'un entretien régulier afin de s'assurer qu'ils ne sont pas détériorés et qu'ils continuent de satisfaire aux exigences pour lesquelles ils ont été conçus.

5.2.9.3. POINTS À CONTRÔLER

Intégré au plan de maintenance de la plateforme, le programme de maintenance des SPF devrait comporter les dispositions suivantes :

- Vérification de tous les conducteurs du SPF et composants de réseau;
- Vérification de la continuité électrique de l'installation de SPF;
- Mesure de la résistance de terre du réseau de prises de terre;
- Vérification des fixations (serrage) des composants et des conducteurs;
- Vérifications des protections mécaniques des composants et conducteurs;
- Vérification destinée à s'assurer que l'efficacité du SPF n'a pas été réduite après ajouts ou modifications de la structure et de ses installations;
- Vérification suivant la notice du constructeur du système de signalisation qui donne l'état du parafoudre;
- Vérification des disjoncteurs associés aux parafoudres.

5.2.9.4. PÉRIODICITÉS DES VÉRIFICATIONS

Lors de la conception d'un SPF le plan de maintenance et le cycle d'inspection nécessaires doivent être élaborés et coordonnés par l'installateur ou le concepteur en accord avec l'exploitant de la plateforme.

En outre, la norme NF EN 62305-3 prévoit des vérifications par des organismes spécialisés dont la périodicité varie suivant le type et la situation géographique des installations.

5.2.10. COMPENSATEUR D'ÉNERGIE RÉACTIVE

5.2.10.1. GÉNÉRALITÉS

Certains exploitants d'aérodromes font le choix d'équiper leurs installations électriques de batteries de condensateurs, principalement en BT, afin de réduire la composante réactive de leur puissance apparente consommée.

La puissance active disponible est ainsi augmentée ce qui présente trois avantages :

- Allègement de la facture d'énergie;
- Réduction de la taille des installations (section des câbles, perte en ligne, chute de tension);
- Contribution à la préservation de l'environnement.



Figure 22: Batterie de condensateurs BT aérodrome de Tahiti FAA'A.

5.2.10.2. POINTS À CONTRÔLER

- Inspection visuelle des conditions d'exploitation (température du local, hygrométrie, ventilation...), de l'enveloppe et de l'ensemble des éléments;
- Nettoyage et dépoussiérage intérieur/extérieur;
- Contrôle des serrages des connexions;
- · Contrôle des réglages;
- Relevé et analyse des alarmes du contrôleur;
- Contrôle des protections;
- Vérification de l'état des condensateurs ;
- Vérification des relais de protection;
- Mesures électriques (tension et courant) des gradins.

5.2.10.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

L'intervalle entre les contrôles de maintenance peut varier selon l'intensité d'utilisation et les conditions ambiantes de chaque installation. La maintenance préventive est généralement réalisée par un technicien qualifié. Suivant les préconisations du constructeur, en règle générale, la maintenance est à réaliser annuellement.

5.2.11. COMPENSATEUR ACTIF D'HARMONIQUES

5.2.11.1. GÉNÉRALITÉS

Les régulateurs à courant constant sont des charges déformantes (non linéaires). Ils absorbent des courants non sinusoïdaux et ceux-ci, compte tenu des impédances des circuits, déforment l'onde sinusoïdale de tension. C'est la perturbation harmonique des réseaux.

Certains exploitants mettent en place des équipements de filtrage des harmoniques afin:

- D'éviter les déclenchements intempestifs des protections;
- D'assurer le bon fonctionnement des installations;
- De diminuer la consommation d'énergie;
- De faire des économies sur la maintenance des équipements.

5.2.11.2. POINTS À CONTRÔLER

- Mesure des courants et tensions de charge;
- Contrôle du spectre des courants de charge;
- Recherche de « points chauds »;
- Vérification des composants;
- Nettoyage et dépoussiérage intérieur/extérieur;
- Serrage des connexions;
- · Contrôle paramétrage;
- Vérification signalisation (voyants);
- · Mises à jour logicielles.



Figure 23: Compensateur d'harmoniques Sine Wave 60 aérodrome de Paris CDG.

5.2.11.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

La maintenance préventive est généralement réalisée par un technicien qualifié. Suivant les préconisations du constructeur, en règle générale, la maintenance est à réaliser annuellement.

5.2.12. AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL (API)

5.2.12.1. GÉNÉRALITÉS

Un API est un dispositif électronique programmable destiné à automatiser des processus tels que la commande et le contrôle du balisage lumineux, la gestion de l'alimentation électrique (principale et auxiliaire).

La mise en place d'un programme de maintenance préventive permet d'augmenter la durée de vie des API et de minimiser les risques de dysfonctionnement des systèmes automatisés.

5.2.12.2. POINTS À CONTRÔLER

- Contrôle de l'environnement d'exploitation (température, humidité, ...);
- Contrôle de l'espace de dissipation de chaleur autour de l'automate;
- · Dépoussiérage et nettoyage;
- Vérification des indicateurs LED situés au niveau de la façade de l'automate;
- Vérification des voyants et de la batterie de l'alimentation de l'automate;
- Vérification de la tension d'alimentation;
- Changement de la pile (suivant la période préconisée du constructeur);
- Vérification des connectiques;
- Vérification de la disponibilité d'une copie du programme à jour;
- Vérification du lot de pièces de rechange.



Figure 24: API énergie - aérodrome de Nice.

5.2.12.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

En règle générale, la maintenance est à réaliser annuellement.

5.2.13. ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES DC 24V OU 48V

5.3.13.1. GÉNÉRALITÉS

L'alimentation électrique des systèmes de contrôle/commande du balisage lumineux et des systèmes d'énergie (IHM, platines de balisage, automates programmables, ...) peut être assurée en 24V dc ou 48V dc.

Des blocs d'alimentation spécifique équipés de batteries sont donc installés pour alimenter un ou plusieurs de ces équipements.

Compte tenu de l'importance de ces systèmes, il est fortement recommandé de doubler ces blocs d'alimentation pour assurer une redondance en cas de panne.

De plus, une maintenance préventive rigoureuse permettra de limiter les risques de défaillance.

5.2.13.2. POINTS À CONTRÔLER

- Contrôle de l'environnement d'exploitation (température, humidité, ...);
- Contrôle de l'espace de dissipation de chaleur autour des alimentations;
- Dépoussiérage et nettoyage intérieur/extérieur;
- Vérification des IHM;
- Vérification de la tension d'alimentation;
- Vérification de la tension de sortie;
- Vérification des voyants et de l'afficheur au niveau de la façade du redresseur;
- Vérification des connectiques;
- Test d'autonomie et remplacement des batteries si besoin.



Figure 25: Redresseur chargeur 24 aérodrome de Toulouse Blagnac.

5.2.13.3. PÉRIODICITÉS DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Suivant les préconisations du constructeur, en règle générale, les contrôles périodiques sont à réaliser toutes les deux semaines. Les actions de maintenance de niveaux II ou plus sont à réaliser tous les ans.

5.3. EXIGENCES FONCTIONNELLES DE L'ÉNERGIE

5.3.1. GÉNÉRALITÉS

Les systèmes d'alimentation électrique des aides visuelles et des aides de radionavigation des aérodromes doivent être conçus et réalisés de telle manière qu'en cas de panne d'équipement, il ne soit pas donné d'indications visuelles et non visuelles inadéquates ou trompeuses aux pilotes.

La sécurité de l'exploitation dépendant de la qualité de l'alimentation électrique, l'ensemble des systèmes d'alimentation comprend des connexions à une ou plusieurs sources extérieures et à un ou plusieurs générateurs locaux.

L'aérodrome dispose, en règle générale, d'une alimentation électrique principale (source normale) appropriée permettant d'assurer la sécurité du fonctionnement des installations de la navigation aérienne et d'une alimentation électrique auxiliaire (source de secours) nécessaire pour pallier la disparition de l'alimentation principale ou une perturbation de tension ou de fréquence.

L'alimentation électrique principale est assurée par une ou plusieurs lignes du réseau public, par une centrale autonome de production, ou une combinaison des deux.

L'alimentation électrique auxiliaire peut être assurée par:

- · Un ou plusieurs groupes électrogènes;
- Une alimentation sans interruption dynamique;
- Des batteries d'accumulateurs qui sont elles-mêmes secourues dans le cas des installations nécessitant une continuité impérative de l'alimentation en énergie électrique;
- Une ligne supplémentaire du réseau public dont l'indépendance vis-à-vis de l'alimentation principale est garantie par le ou (les) fournisseur(s);
- Ou des combinaisons des différents types d'alimentation de secours listés précédemment.

5.3.2. TEMPS DE COMMUTATION

Le temps de commutation concerne uniquement l'alimentation électrique des aides visuelles (balisage lumineux).

En cas de basculement d'une source d'énergie à une autre, le délai de commutation correspond à l'intervalle de temps durant lequel l'intensité lumineuse d'un feu est inférieure à 50 % de sa valeur nominale.

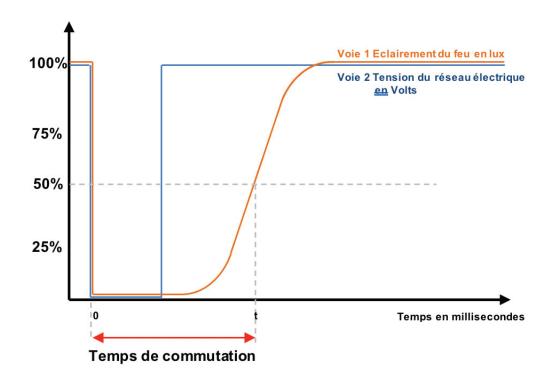


Figure 26: Représentation du temps de commutation.

Le temps de commutation dépend donc:

- Du temps de détection et de traitement de la panne de la source normale;
- Du temps de disponibilité de la source de secours ;
- Du temps de transfert des installations de la source normale vers la source de secours;
- Du temps de redémarrage des alimentations (CCR, générateur de tension, ...) du balisage lumineux;
- Du temps de rallumage des feux de balisage lumineux.

5.3.2.1. TEMPS DE COMMUTATION SUIVANT LES CONDITIONS D'EXPLOITATION DE LA PISTE

5.3.2.1.1. RÉFÉRENTIEL NATIONAL CHEA

L'alimentation électrique des systèmes de contrôle/commande du balisage lumineux et des systèmes d'énergie (IHM, platines de balisage, automates programmables, ...) peut être assurée en 24V dc ou 48V dc. Des blocs d'alimentation spécifique équipés de batteries sont donc installés pour alimenter un ou plusieurs de ces équipements.

Compte tenu de l'importance de ces systèmes, il est fortement recommandé de doubler ces blocs d'alimentation pour assurer une redondance en cas de panne.

De plus, une maintenance préventive rigoureuse permettra de limiter les risques de défaillance.

	Approche classique	Approche de précision CAT I		Approche de précision	Décollages de nuit par RVR < 800 m
		RVR ≥ 800 m	550 m ≤ RVR < 800 m	CAT II/III	ou de jour par RVR < 400 m
Rampe d'approche			15 secondes	1 seconde pour les 420 derniers mètres	
Piste (bord, seuil et extrémité piste)	15 secondes	15 secondes	1 seconde	1 seconde	1 seconde
Axe de piste				1 seconde	1 seconde
TDZ				1 seconde	
Voies de sortie rapide		15 secondes	1 seconde	1 seconde	
Panneaux d'obligation	15 secondes	15 secondes	1 seconde	1 seconde	1 seconde
Barres d'arrêt				1 seconde	1 seconde

Cases vides : équipement non obligatoire.

Tableau 5: récapitulation des temps de commutation pour chaque fonction de balisage (référentiel CHEA).

Note: l'ensemble des autres fonctions [Approche (sauf les 420 mètres pour catégorie II/III), feux d'identification de seuil de piste, PAPI, panneaux d'indication, feux de protection de piste, feux de voies de circulation, balisage d'obstacles] doivent satisfaire à un temps de commutation inférieur à 15 secondes dans toutes les conditions d'exploitation.

5.3.2.1.2. RÉFÉRENTIEL EASA

	Approche classique	Approche de précision CAT I	Approche de précision CAT II/III	Décollages de nuit par RVR < 800 m
Approche	15 secondes	15 secondes	1 seconde pour les 300 m les plus proches du seuil au-delà 15 secondes	
PAPI	15 secondes (a) (d)	15 secondes (a) (d)		
Piste bord	15 secondes (d)	15 secondes (d)	15 secondes	15 secondes 1 seconde si pas d'axe de piste
Piste seuil	15 secondes (d)	15 secondes (d)	1 seconde	1 seconde
Piste extrémité	15 secondes (d)	15 secondes (d)	1 seconde	1 seconde
Axe de piste			1 seconde	1 seconde
TDZ			1 seconde	
Voies de circulation essentielles ¹		15 secondes (a)	15 secondes	15 secondes
Barres d'arrêt			1 seconde	1 seconde
Wig Wag			15 secondes	

⁽a) secouru si leur fonctionnement est indispensable à la sécurité du vol. (d) Une seconde où les approches sont réalisées sur un terrain dangereux ou escarpé.

Cases vides : équipement non obligatoire.

Tableau 6: récapitulation des temps de commutation pour chaque fonction de balisage (référentiel EASA).

¹ Aides lumineuses pour les voies de circulation (feux bord, feux axe, feux protection piste, panneaux).

5.3.2.2 MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR RESPECTER LES TEMPS DE COMMUTATION

Les deux sources électriques normales/secours peuvent associer:

- Une source du réseau public et une source locale (groupe électrogène ou autre);
- Deux sources du réseau public (à condition que les deux sources soient délivrées par deux postes sources distincts via deux réseaux différents);
- Deux sources locales (groupes électrogènes ou autre).

Quelle que soit l'option choisie, il convient de s'assurer que les temps de commutation respectent toujours les valeurs minimales exigées en fonction des conditions d'exploitation de la piste. Quand, les délais sont trop importants, plusieurs solutions existent pour réduire les temps de commutation et continuer à exploiter la plateforme en cas de mauvaises conditions météorologiques.

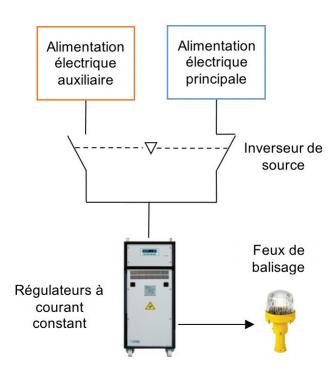


Figure 27: Principe de secours de l'alimentation électrique du balisage lumineux.

5.3.2.2.1. UTILISATION DU MODE « SECOURS INVERSÉ »

Lorsque le secours est assuré par une alimentation auxiliaire locale de type groupe électrogène, la durée de démarrage du groupe électrogène ne permet pas de respecter le temps de commutation de 1 seconde.

De ce fait, lorsque les conditions de visibilité nécessitent des temps de commutation inférieurs à une seconde ou en cas de doute sur la fiabilité de l'alimentation électrique principale, le contrôleur aérien a parfois la possibilité d'actionner un mode de fonctionnement appelé « secours inversé ».

Dans ce cas, le groupe électrogène démarre, prend en charge l'alimentation électrique du balisage lumineux et devient la source normale. La source de secours est alors assurée par le réseau public.

En faisant abstraction du temps de démarrage, le temps de commutation est alors considérablement réduit (basculement des contacteurs de l'inverseur de source).

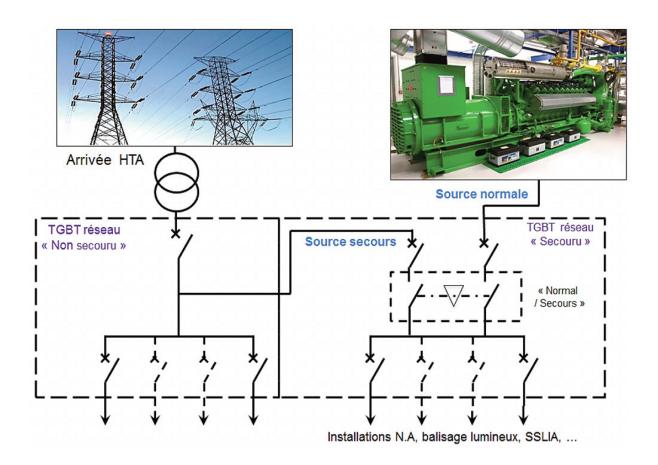


Figure 28: Exemple d'architecture électrique d'un aérodrome.

5.3.2.2.2. UTILISATION D'INVERSEUR DE SOURCE STATIQUE

Contrairement aux inverseurs de sources dynamiques équipés de contacts mobiles commandés par des bobines et des systèmes à ressorts et tringleries, les inverseurs de sources statiques utilisent des composants électroniques. Le temps de basculement peut être réduit à une ondulation de sinusoïde 50 Hz (soit: 20 millisecondes).

5.3.2.2.3. UTILISATION D'UNE ALIMENTATION SANS INTERRUPTION (ASI)

L'utilisation d'une ASI (cf article 5.2.7) permet de s'affranchir de toute coupure ou microcoupure de l'alimentation électrique.

En fonctionnement nominal, l'ASI emmagasine de l'énergie qu'elle restitue en cas de dysfonctionnement de courte durée de la source électrique.

Les phases transitoires de basculement entre l'alimentation électrique principale et l'alimentation électrique de secours sont ainsi dénuées de toutes coupures et les feux de balisage restent allumés.

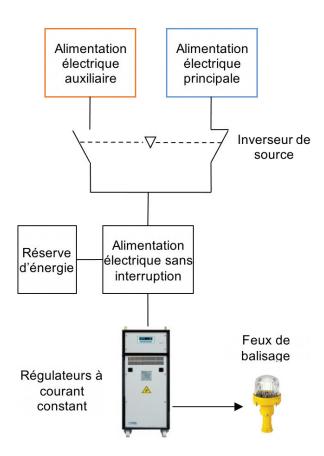


Figure 29: Principe de secours de l'alimentation électrique du balisage lumineux avec ASI.

5.3.2.2.4. UTILISATION D'UNE ALIMENTATION SANS INTERRUPTION DYNAMIQUE HYBRIDE (NO-BREAK)

À la différence des autres ASI, les alimentations sans interruption dynamique hybride (cf article 5.2.8) intègrent un accumulateur d'énergie cinétique et une alimentation électrique de secours (généralement un générateur entrainé par un moteur diesel).

En mode de fonctionnement normal, le balisage lumineux est alimenté par l'alimentation électrique principale au travers de l'inductance du groupe No Break.

En cas de microcoupures de l'alimentation électrique principale, le balisage lumineux est alimenté par la réserve d'énergie cinétique.

En cas de coupures plus longues (de l'ordre de plusieurs secondes), le moteur Diesel démarre, se couple à la génératrice et assure l'alimentation électrique du balisage lumineux.

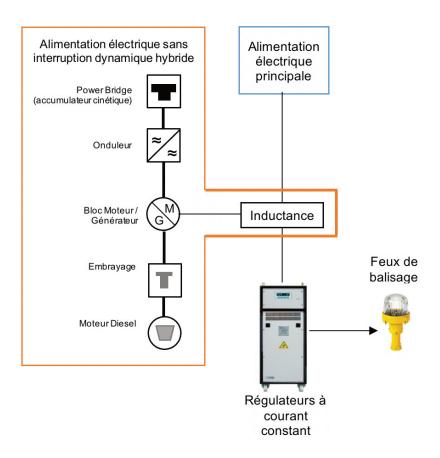


Figure 30: Principe de secours de l'alimentation électrique du balisage lumineux avec ASI dynamique hybride.

5.3.3. VÉRIFICATION DE LA FIABILITÉ DES SYSTÈMES D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUES

Dans le cadre de ses actions de maintenance préventive, l'exploitant d'aérodrome est tenu de réaliser périodiquement certains essais pour s'assurer du bon fonctionnement de la centrale.

5.3.3.1. ESSAIS PÉRIODIQUES

- Essai de démarrage des groupes électrogènes (pleine charge);
- Vérification des retours d'information en vigie et sur la supervision.

5.3.3.2. ESSAIS SPÉCIALISÉS

- Essai des reprises de la source électrique de secours sur défaut de la source normale en conditions de fonctionnement normal (balisage lumineux allumé). En fonction du nombre d'équipements (groupes électrogènes, ASI, ASI dynamique, distributeurs d'énergie séparés, ...) de nombreux essais peuvent être nécessaires pour vérifier le bon fonctionnement de la disponibilité de l'alimentation électrique dans toutes les configurations possibles;
- Essai du mode « Secours Inversé » en conditions de fonctionnement normal (balisage lumineux allumé) avec simulation de panne du groupe électrogène. En fonction du nombre d'équipements (groupes électrogènes, distributeurs d'énergie séparés, ...) de nombreux essais peuvent être nécessaires pour vérifier le bon fonctionnement de la disponibilité de l'alimentation électrique dans toutes les configurations possibles;
- Mesure des temps de commutation lors des essais spécialisés suivant périodicité recommandée;
- Lors de chaque essai, relevés et archivages des grandeurs électriques (puissances actives, puissances réactives, intensités, tensions, facteurs de puissance, ...).

Des exemples de fiches type d'essai sont intégrés à ce guide en annexe 7.3.

5.3.3.3. PÉRIODICITÉS DES ESSAIS

Le plan de maintenance préventive, doit programmer des essais périodiques et spécialisés.

Les essais périodiques sont à réaliser mensuellement.

Les essais spécialisés doivent être planifiés tous les trois ans ou après chaque changement important sur l'installation électrique alimentant les feux de balisage (modification de la distribution électrique, remplacement de groupe électrogène, modification d'un ou plusieurs éléments de l'automatisme, changement de régulateurs à courant constant ou de l'ensemble des feux d'une boucle de balisage, ...).

Un contrôle de la fiabilité de la distribution électrique et des mesures de temps de commutation sont à réaliser dans les différentes configurations possibles de fonctionnement.

5. ÉNERGIE

5.3.3.3.1. MESURES DES TEMPS DE COMMUTATION

La mesure du temps de commutation doit être réalisée sur l'intensité lumineuse du feu de balisage.

Compte tenu de la complexité de ce type d'intervention en bord de piste, un feu provisoire peut être installé sur une boucle de balisage dans le local régulateur. L'intensité lumineuse est mesurée par un luxmètre. Un appareillage spécifique (enregistreur ou oscilloscope numérique) est raccordé en sortie du luxmètre. De plus, il est conseillé de raccorder une seconde voie de l'appareil de mesure pour mesurer la tension d'alimentation du régulateur de balisage afin de comparer le temps de commutation (lumineux) au temps de coupure électrique.

Le montage est réalisé sur un régulateur alimentant une fonction principale du balisage (exemple: bord de piste pour une CAT I, axe de piste ou TDZ pour une CATII-III).

La méthode peut être renouvelée ou d'autres montages peuvent être réalisés si plusieurs types de régulateurs ou de feux LED sont présents sur la plateforme.

Une fiche type d'essai est intégrée à ce guide en annexe 7.3.

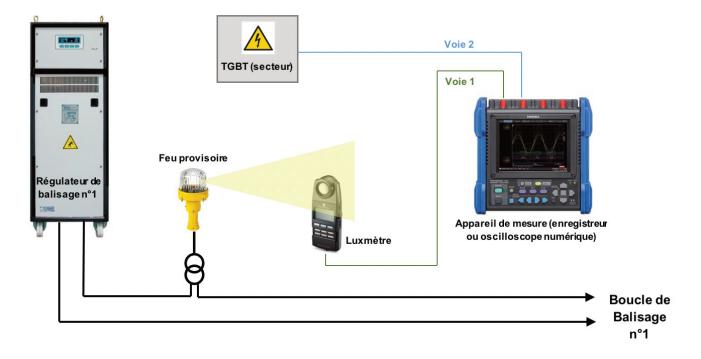


Figure 31: Schéma de principe de mesure du temps de commutation.

6.1. CONCEPTION DES INSTALLATIONS DE BALISAGE LUMINEUX

Les méthodes et bonnes pratiques d'installation des divers équipements des aides visuelles sur les aérodromes sont décrites dans le guide technique rédigé conjointement par le STAC et l'UAF-FA: "État de l'art de l'installation du balisage lumineux sur les aérodromes" disponible sur les sites internet du STAC et LIBELAERO.

6.2. OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

6.2.1. INSPECTIONS DU BALISAGE LUMINEUX

Les fonctions du balisage lumineux doivent être contrôlées visuellement. La règlementation en vigueur impose:

- Une inspection quotidienne pour les pistes de chiffre de code 1 et 2;
- Deux inspections quotidiennes pour pistes de chiffres de code 3 ou 4.

Ces inspections du balisage lumineux peuvent être réalisées à l'occasion des visites de piste.

6.2.2. TÉLÉCOMMANDE

6.2.2.1. 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 PSNA (Prestataire du Service de la Navigation Aérienne):

- IHM du service de la circulation aérienne ATS (Air Traffic Service): 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).



Figure 32: Platine balisage – aérodrome de Paris Orly.

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.

6.2.2.2.1. PRINCIPES DES TESTS

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.

6.2.2.2. PÉRIODICITÉS

- 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 Low Visibility Procedures. 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.

6.2.2.3. 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.

6.2.2.3.1. 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 télécontrôle 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 vis-à-vis des équations théoriques attendues, leur visualisation sur les différentes IHM ainsi que sur les systèmes de supervision.

6.2.2.3.2. PÉRIODICITÉ

La périodicité des vérifications techniques est semestrielle et on peut utiliser cette période de vérification pour tester les composants de rechange.

6.2.2.4. ENTRETIEN ET CONTRÔLE DES CONSTITUANTS

La classification tient compte de la typologie définie à l'article 6.2.2.1.

En règle générale, les éléments constitutifs du système de contrôle/commande ne sont pas des matériels spécifiques au balisage d'aérodrome mais des produits standards industriels.

6.2.2.4.1. COMPOSANTS DU SYSTÈME

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

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

Les opérations d'entretien de l'automate API sont détaillées à l'article 5.2.1.1.

6.2.2.4.2. 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 des constructeurs pour l'entretien;
- Mensuel pour le contrôle des paramètres;
- Semestriel pour le contrôle de l'autonomie.

Des indications sur les opérations d'entretien des ASI et des redresseurs/chargeurs sont communiquées aux articles 5.2.6 et 5.2.12.

6.2.2.4.3. INTERFACES ÉLECTRIQUES

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

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

6.2.2.4.4. 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.

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.

Cheminement avec parties hors bâtiments:

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

6.2.3. RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT (CCR)

6.2.3.1. 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 souvent 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.

6.2.3.2. 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 "points chauds";
 - État des parafoudres sur la partie HT;
- 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.



Figure 33: Régulateurs à thyristorsaérodrome de Pointe-à-Pitre.

6.2.3.3. 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 à l'article 7.5 : Évaluation de la charge d'une boucle.

6.2.3.4. 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: nombre de TI, feux et panneaux...;
- · Les valeurs de référence d'isolement et de continuité à la mise en service;
- Les valeurs d'isolement et de continuité des différents contrôles;
- Les dysfonctionnements et les mesures correctives associées.

Un exemple de fiche de suivi des régulateurs à courant constant est inséré en annexe 7.5.1:

6.2.3.5. 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. articles 7.6.1 et 7.6.2).

6.2.3.6. 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.

6.2.4. AUTRES ÉQUIPEMENTS DE BALISAGE LUMINEUX

6.2.4.1. 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 opérations d'entretien de ces équipements sont détaillées à l'article 5 Énergie.

6.2.4.2. DÉPARTS POUR ÉQUIPEMENTS ALIMENTÉS EN PARALLÈLE (EN TENSION)

6.2.4.2.1 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. Sur certains aérodromes, les équipements suivants peuvent être alimentés en tension: panneaux de signalisation et feux de protection de piste (éventuellement au travers de cellules de tension élévatrice/abaisseuse), feux de barres d'arrêt.

6.2.4.2.2. 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 "points chauds";
- 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.



Figure 34: Alimentation des panneaux et feux de protection de piste.

6.2.4.2.3. PÉRIODICITÉ

La périodicité de ces vérifications est annuelle.

6.2.5. ÉQUIPEMENTS SUR AIRE DE MANŒUVRE (HORS FEUX)

6.2.5.1. 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 aéronefs) 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.

6.2.5.1.1. REGARDS ET CHAMBRES DE TIRAGE

Les regards sont destinés à recevoir différents éléments permettant le fonctionnement des feux de balisage (transformateurs d'isolement, câbles primaires et secondaires, connectiques, équipements des feux communiquant, relais, ...).

Les chambres de tirage permettent de réaliser aisément le passage de câbles, sous une chaussée par exemple.



Figure 35: Regard balisage équipement aérodrome de Paris Orly.

6.2.5.1.1.1. 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.

6.2.5.1.1.2. 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 d'isolement, 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 de 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 autres éléments pouvant réduire l'efficacité des interventions de maintenance.

6.2.5.1.1.3. 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.

6.2.5.1.2. MASSIFS SUPPORTS

6.2.5.1.2.1. GÉNÉRALITÉS

Les feux élevés (feux d'approche et de piste, voies de circulation, PAPI, ...), les panneaux de signalisation aéronautique et les indicateurs de direction du vent 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.



Figure 36: Massif indicateur de direction du vent aérodrome de Paris Orly.

6.2.5.1.2.2. 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 l'article 6.2.9 PAPI).

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

6.2.5.1.2.3. 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.

6.2.5.1.3. FOURREAUX ET BUSES

6.2.5.1.3.1. 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.

6.2.5.1.3.2. 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, équipés de bouchons.

6.2.5.1.3.3. 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.

6.2.5.1.4. SAIGNÉES

6.2.5.1.4.1. 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.



Figure 37: Saignée sur une piste en béton.

6.2.5.1.4.2 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 voire un arrachement du câble avec présence de débris sur la chaussée.

6.2.5.1.4.3. 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.

6.2.5.2. PANNEAUX DE SIGNALISATION AÉRONAUTIQUE

6.2.5.2.1. 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 aéronefs, 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;
- Du bon fonctionnement des sources lumineuses;
- De leur lisibilité.

Les performances photométriques et colorimétriques des panneaux de signalisation aéronautique doivent être conformes aux spécifications décrites dans l'annexe 14 de l'OACI reprises dans la réglementation européenne.

Pour s'assurer de cette conformité, l'exploitant peut par exemple obtenir auprès du fabricant (ou industriel):

- Un certificat de conformité de type délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC)¹;
- Une preuve de conformité à ces exigences délivrée par un organisme détenteur d'une accréditation NF EN ISO/CEI 17025 pour la réalisation d'essais de colorimétrie et de photométrie;
- Autres.

À la date de rédaction de ce guide, les panneaux installés sur les aérodromes soumis à la réglementation française (CHEA) doivent avoir reçu un certificat de conformité délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC).

La liste des matériels (feux et panneaux) certifiés est disponible sur le site www.stac.aviation-civile.gouv.fr.

6.2.5.2.2. 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.



Figure 38: Panneaux au point d'attente avant piste.

6.2.5.2.3. PÉRIODICITÉ

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

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

6.2.5.3. 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, ...).

6.2.5.4. FEUX DE POINT D'ATTENTE SUR VOIE DE SERVICE

6.2.5.4.1. GÉNÉRALITÉS

Le feu est disposé à chaque point d'attente sur voie de service et est constitué:

- Soit d'un feu de circulation télécommandé rouge (arrêt), vert (passez);
- Soit d'un feu rouge clignotant (30 à 60 éclats par minute).

6.2.5.4.2. VÉRIFICATIONS

La maintenance des feux de point d'attente sur voie de service est effectuée suivant les spécifications des constructeurs.

6.2.5.4.3. PÉRIODICITÉS

En plus des actions de maintenance spécifiées par le constructeur, des visites quotidiennes telle que décrit à l'article 6.2.1 doivent être réalisées lors des visites du balisage lumineux.



Figure 39: Feu de point d'attente sur voie de service à Strasbourg.

6.2.6. FEUX DE BALISAGE

6.2.6.1. GÉNÉRALITÉS

Le présent article s'attache à définir l'ensemble des vérifications à effectuer sur les feux de balisage, à l'exclusion des mesures photométriques qui sont explicitées à l'article 6.3.3.

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.



Figure 40: Exemple de feux de balisage lumineux.

Les performances photométriques et colorimétriques des feux de balisage lumineux doivent être conformes aux spécifications décrites dans l'annexe 14 de l'OACI reprises dans la réglementation européenne.

Pour s'assurer de cette conformité, l'exploitant peut par exemple obtenir auprès du fabricant (ou industriel):

- Un certificat de conformité de type délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC)²;
- Une preuve de conformité à ces exigences délivrée par un organisme détenteur d'une accréditation NF EN ISO/CEI 17025 pour la réalisation d'essais de colorimétrie et de photométrie;
- Autres.

À la date de rédaction de ce guide, les feux de balisage installés sur les aérodromes soumis à la réglementation française (CHEA) doivent avoir reçu un certificat de conformité délivré par le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC).

Les feux de balisage nécessitent un suivi particulier par élément mais aussi par fonction (seuil de piste bord de piste...): 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.

² La liste des matériels (feux et panneaux) certifiés est disponible sur le site www.stac.aviation-civile.gouv.fr.

6.2.6.2. 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.

6.2.6.3. 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 article 7.8 Calage des feux).

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

6.2.6.4. FEUX ENCASTRÉS (ENSEMBLE EMBASE/FEU)

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

- Embase:
 - État général;
 - Scellement et calage (niveau et azimut);
 - 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.

6.2.6.5. PÉRIODICITÉ

Les vérifications définies aux articles 6.2.6.2 et 6.2.6.3 seront effectuées au moins une fois par an. Elles devront inclure un examen visuel de nuit.

Les vérifications définies aux articles 6.2.6.4 seront effectuées au moins tous les 6 mois.

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

6.2.7. CAS PARTICULIER DES FEUX À LED

6.2.7.1. GÉNÉRALITÉS³

Progressivement les feux halogènes sont remplacés par des feux à LED permettant ainsi une diminution de la consommation énergétique. Ces feux à LED ayant une durée de vie plus longue, ils minimisent considérablement les opérations de maintenance (changement de lampes).

Toutefois, certaines problématiques ont été soulevées lors du remplacement de feux de balisage lumineux de type « halogène » par des feux de type « LED » sur une piste, une rampe d'approche et, dans une moindre mesure, sur les voies de circulation. Les points qui suivent sont à prendre en considération et peuvent, pour certains, nécessiter des essais complémentaires afin de s'assurer de la conformité réglementaire des installations.

Il convient de noter que les dysfonctionnements observés pour un feu d'une même fonction de balisage peuvent être différents d'un constructeur à l'autre, il n'y a pas de règle établie.

Note: des tests électriques, à la demande, peuvent être réalisés au laboratoire du STAC.

6.2.7.2. AUGMENTATION POSSIBLE DU TEMPS DE COMMUTATION

Pour certains feux LED, lors des transferts d'alimentation électrique (par exemple, basculement de la charge sur un groupe électrogène suite à une coupure secteur), des lenteurs dues à leur conception peuvent apparaitre lors de leur rallumage.

Avertissement: des installations qui étaient conformes en matière de temps de commutation avec des feux halogènes peuvent, dans ce cas, ne plus être conformes avec des feux à LED.

Ce point devrait être pris en compte lors de l'étude du remplacement des feux et faire l'objet d'une démonstration de conformité par vérification du temps de commutation.

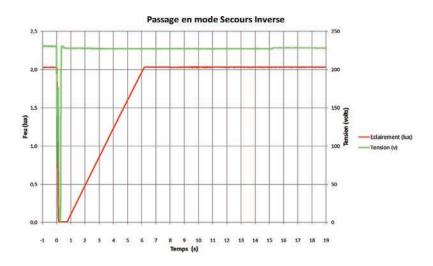


Figure 41: Exemple de temps de commutation mesuré lors d'un transfert en mode Secours Inverse sur feu LED.

³ Des informations sont communiquées dans la note technique sur les particularités des feux à technologie LED à prendre en compte lors de leur installation.

6.2.7.3. NÉCESSITÉ D'ADAPTATION DE LA CHARGE DES RÉGULATEURS

Lors du seul remplacement des feux de balisage, une adaptation de la charge des régulateurs à courant constant (CCR) doit être réalisée afin de limiter les rejets harmoniques dans les installations, lesquels pourraient conduire à des dysfonctionnements de tout ou partie de celles-ci.

Les phénomènes suivants (liste non exhaustive) ont été observés par des exploitants d'aérodromes:

- Clignotement de feux avec 3,5 kVA de charge sur un CCR de 10 kVA (fonctionnement instable). Le régulateur voyait disparaitre la charge en brillance 4. Action corrective apportée: mise en place d'un CCR de 20 kVA.
- Scintillement des feux suite à une mauvaise régulation du CCR. Action corrective apportée : mise en place d'une inductance en série sur la boucle.
- Arrêt de régulateurs perturbés par un signal harmonique de fréquence 10 kHz parasitant le fonctionnement des thyristors (composants de régulation de la valeur de courant dans la boucle).

6.2.7.4. NÉCESSITÉ D'ADAPTATION DU COURANT D'ALIMENTATION (BRILLANCE)

Les feux à LED sont parfois perçus par le pilote comme éblouissants, notamment de nuit par conditions de bonne visibilité et donc aux faibles brillances de fonctionnement. Ce phénomène peut être limité en utilisant la brillance associée à la valeur de courant de 2,8 A des CCR conformes à la norme NF EN 61822, lesquels comportent 5 niveaux de brillance standard (2,8 A/3,4 A/4,1 A/5,2 A et 6,6 A).

Il convient de noter que, suite à des besoins d'exploitation, et après la réalisation d'une étude de sécurité, la brillance à 2,3 A, inférieure à celle la plus basse autorisée par la norme 61822, a été utilisée sur certaines pistes. La brillance nominale à 6,6 A ne doit cependant en aucun cas être modifiée, c'est à cette valeur de courant que les performances requises par mauvaises conditions météorologiques sont obtenues.

En cas de modification de la valeur du courant dans la boucle (2,8 A, 2,3 A ou moindre), l'exploitant devrait s'assurer auprès du fournisseur du matériel (CCR et feux) que cette valeur de courant n'aura pas d'impact sur le fonctionnement des équipements (décrochage de l'électronique de régulation, passage en mode de fonctionnement avec commande via courant porteur des feux...).

6.2.7.5. PERTE DE L'OMNI-DIRECTIONNALITÉ DU SIGNAL LUMINEUX

Certains feux à LED hors sol de bord de piste, de par leur conception, peuvent ne pas être visibles dans tous les azimuts et aux différents sites au-dessus de l'horizon dans certaines conditions d'utilisation (tour de piste). En effet, aux faibles brillances (B1 et B2), du fait d'une intensité lumineuse insuffisante, il se peut que les feux ne soient pas bien perçus par le pilote réalisant une branche vent arrière ou souhaitant les utiliser comme moyen de guidage vers la piste.

Ce point devrait être pris en compte par les exploitants d'aérodrome lors de la conception du balisage lumineux car des mesures d'exploitation particulière pourraient être à prévoir.

6.2.7.6. NÉCESSITÉ D'UNE ADAPTATION DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE 4

Les feux à LED ne sont pas démontés et remontés aussi souvent que les feux halogènes pour procéder au remplacement de la source lumineuse. Afin d'éviter un desserrage des fixations dans le temps, une campagne de vérification du serrage des fixations doit être mise en place avec une périodicité adaptée.

Une attention particulière devra être apportée au contrôle du couple de serrage des feux encastrés.

6.2.7.7. INCOMPATIBILITÉ D'UTILISATION AVEC LES SYSTÈMES DE VISION EN VOL AMÉLIORÉES EFVS (ENHANCED FLIGHT VISION SYSTEM)

De par leur conception (absence d'émission dans le spectre de l'infrarouge), les feux à LED ne permettent pas l'usage de systèmes EFVS basés sur l'émission infrarouge des feux de balisage lumineux halogènes.

Il convient de se référer aux dernières publications en la matière (OACI et AESA) afin de cerner les conséquences sur l'exploitation de la piste.

6.2.8. CAS PARTICULIER DES SOURCES ÉLECTRIQUES DE SÉCURITÉ

Certains concepteurs peuvent décider de mettre en place des circuits secondaires dits "de sécurité" ou très basse tension sur les boucles de balisage série.

La sécurité des agents de maintenance est alors renforcée lors d'éventuelles opérations sous tension sur ces circuits secondaires tels que des remplacements de feux ou de lampes par exemple.

La mise en place de ces circuits a été rendue possible par l'introduction de nouvelles technologies de sources lumineuses moins consommatrice en puissance électrique et nécessitant donc des tensions d'alimentation moins élevées.

La conception et les procédures d'installation de ces circuits doivent alors être conformes aux exigences décrites dans la norme IEC 62870.

Il est alors possible d'opter pour des circuits :

- TBTS (très basse tension de sécurité) où les feux ne doivent en aucun cas être reliés à la terre;
- TBTP (Très Basse Tension de Protection) où les feux peuvent être reliés à la terre.

Dans les deux cas, les performances des divers éléments constituant les circuits doivent permettre de limiter la tension à 50V AC efficace en condition sèche à l'entrée du feu.

Pour les circuits en TBTS, les exigences de surveillance et de maintenance préventives sont renforcées puisque les valeurs des isolements des câbles doivent alors être optimales.

⁴ Des informations sont communiquées dans la note technique sur le contrôle du serrage des fixations des feux de balisage lumineux. Disponible sur le site internet du STAC (STAC/SE/E/EBA/15-514).

6.2.9. PAPI (PRECISION APPROACH PATH INDICATOR)

6.2.9.1. GÉNÉRALITÉS 5

Les spécifications de l'installation des unités PAPI sont décrites dans le "guide technique d'implantation et d'installation PAPI" publié par le STAC en janvier 2017.

Le PAPI est considéré comme un feu hors sol et répond aux spécifications standards de l'article 6.2.6.3 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.

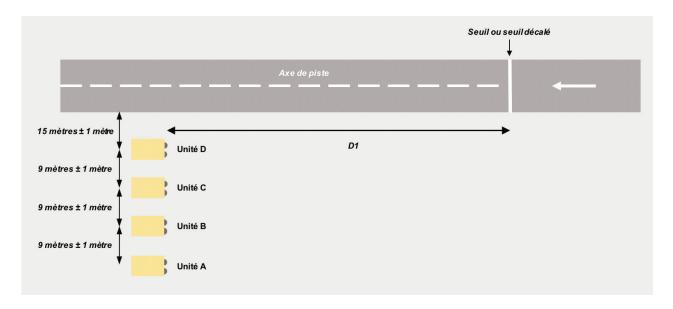


Figure 42: Implantation des unités PAPI.

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.

⁵ Certains types d'indicateurs visuels de pente d'approche présentent des particularités qui sont décrites dans des Notes d'Information Technique publiées sur le site du STAC.

⁻ Conditions d'exploitation d'un PAPI à Leds.

⁻ Faux signal en présence de condensation (NIT-STAC/SE/E/EBA/15-514).

6.2.9.2. POINTS À CONTRÔLER

6.2.9.2.1. 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 mètres), 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.



Figure 43: Unité PAPI sur l'aérodrome de Châlons Vatry.

6.2.9.2.2. 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 ±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 azimut (tolérance ±1°) parallèlement à l'axe de piste sauf cas particuliers.

6.2.9.2.3. 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.



Figure 44: Contrôle calage PAPI – aérodrome d'Avignon.

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 de référence de l'angle de calade de l'unité: Pas de reprise du réglage;
- Entre 5 minutes et 10 minutes: Reprise du calage de l'angle, et 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.

6.2.9.3. 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 conformément à l'article 6.2.9.4 afin de s'assurer de la conformité visuelle des signaux lumineux. Cette méthodologie (contrôle en vol, nacelle, drone ou équipement de mesure au sol) doit avoir été validée par l'autorité de surveillance.
- Contrôle du positionnement des unités.

Les valeurs théoriques de calage figurent sur chaque unité PAPI. Cependant, à l'issue des résultats des contrôles initiaux ou quinquennaux, il peut être nécessaire de déterminer de nouvelles valeurs de référence qui seront aussi indiquées sur chaque unité.

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.

6.2.9.4. VÉRIFICATION DE CALAGE DES UNITÉS À L'AIDE D'UNE MÉTHODOLOGIE AUTRE QUE L'ALIDADE

Pour effectuer les mesures de calage en site des unités PAPI, quatre méthodes dites "de référence" ont été validées par l'autorité de surveillance et sont utilisables à la date de publication de ce guide.

Ces méthodes associent des procédures, des équipements et des opérateurs bien définis.

Avertissement: tout développement de nouvelle méthode ou toute modification apportée à une méthode validée (changement d'équipement, de procédure ou autre) devra faire l'objet d'une nouvelle demande de validation auprès de l'autorité de surveillance.

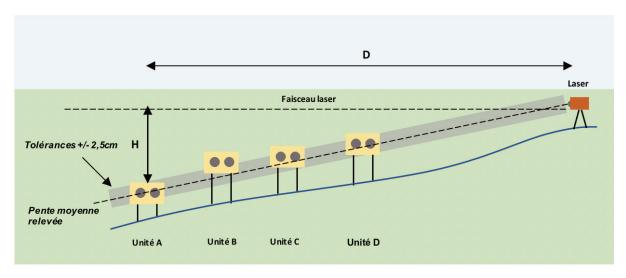
6.2.9.4.1. CONTRÔLES PRÉALABLES

Avant de mesurer les angles de calage des unités du PAPI et en complément de la vérification de l'horizontalité décrite à l'article 6.2.9.2.3 il devra être procédé à une vérification de l'horizontalité (± 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 de vérification des horizontalités des éléments :



Pente transversale (%) = 100 $\frac{H}{D}$ (tolérance : ± 1,25%)

Figure 45: Schéma de principe de vérification des horizontalités des unités PAPI.

6.2.9.4.2. MÉTHODE DU CONTRÔLE EN VOL (PAR SINUSOÏDES)

6.2.9.4.2.1. GÉNÉRALITÉS

La méthode historique de validation de l'angle de calage des unités PAPI est l'utilisation d'un avion en vol sinusoïdal de part et d'autre du plan de descente associé à un opérateur utilisant un théodolite.

6.2.9.4.2.2. DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

La référence de mesure du théodolite est basée sur un point théorique situé sur la zone de transition (blanc/rouge) du faisceau près de l'unité à mesurer.

Un opérateur au sol pointe le théodolite sur le nez de l'avion.

Un observateur à bord de l'avion donne un top (par VHF) lors des passages des transitions hautes et basse durant les sinusoïdes.

L'opérateur au sol, relève les angles de transition à la réception des tops.

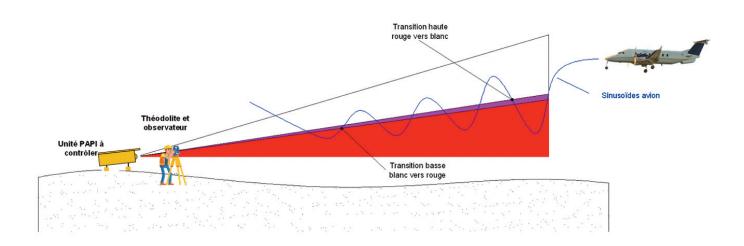


Figure 46: Schéma de principe de vérification du calage des unités PAPI par la méthode du contrôle en vol.

6.2.9.4.3. MÉTHODE DE LA NACELLE

6.2.9.4.3.1. GÉNÉRALITÉS

Une des solutions retenues 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 du 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.

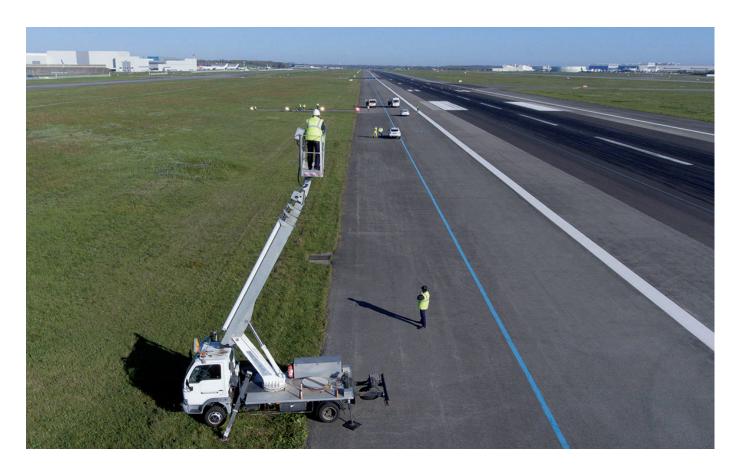


Figure 47: Positionnement de la nacelle aérodrome de Toulouse Blagnac.

6.2.9.4.3.2. DESCRIPTION DE LA MÉTHODE

La nacelle est positionnée à environ 150 m du PAPI et positionnée respectivement dans l'axe de chaque unité (A, B, C et D).

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.

Le géomètre détermine la position du théodolite en fonction des caractéristiques de son matériel, et de la position des lentilles du PAPI à mesurer.

L'observateur (dans la nacelle) tient un prisme de visée à hauteur de ses yeux.

Le géomètre suit les déplacements verticaux de l'observateur en pointant le prisme de visée.



Figure 48: Observateur dans la nacelle avec prisme de visée.

Les mesures angulaires sont relevées lorsque l'observateur (sur la nacelle) repère la zone de transition qui correspond au passage du rouge au blanc.

Lorsque l'observateur indique la transition (par un top radio par exemple), le géomètre relève le calage angulaire indiqué par le théodolite.

Note: il faut préciser qu'une zone intermédiaire d'environ 3 minutes et de couleur rose sépare la zone rouge de la zone blanche.

La transition haute (du rose au blanc) est la plus nette et franche car la variation de l'intensité lumineuse est la plus importante.

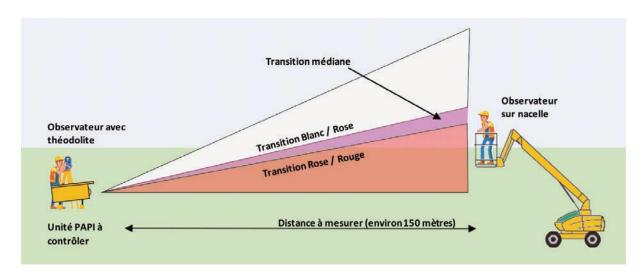


Figure 49: Schéma de principe de vérification du calage des unités PAPI par la méthode de la nacelle.

Positionnement de la nacelle

La nacelle sera positionnée suivant le schéma ci-dessous :

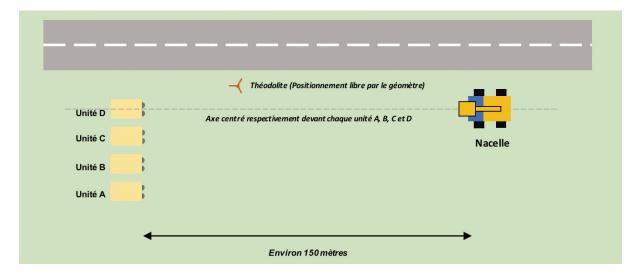


Figure 50: Positionnement des équipements lors de la vérification du calage des unités PAPI par la méthode de la nacelle.

6.2.9.4.4. MÉTHODE DU DRONE

6.2.9.4.4.1. GÉNÉRALITÉS

Une autre solution consiste en l'utilisation de drones en respectant des procédures bien définies (notamment pour l'utilisation de la vidéo et pour la méthode de positionnement du drone par GPS).

Les modalités d'utilisation des drones peuvent varier suivant les techniques employées par les différentes sociétés de développement.

6.2.9.4.4.2. DESCRIPTION SUCCINCTE DES MÉTHODES

Certaines sociétés basent leurs relevés d'angle sur un report vidéo émanant de la caméra installée sur le drone. La détection de la transition est alors effectuée au sol par un opérateur.

Pour d'autres, la transition est automatiquement détectée par un algorithme analysant la vidéo transmise par la caméra du drone.

Un module GNSS (Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites) permettant d'atteindre un haut niveau de précision (de l'ordre de 2 cm) peut être nécessaire suivant les méthodes employées. Dans ce cas, une station GNSS positionnée sur le seuil permet au drone de référencer sa position par rapport à ce point.

Mesure des positions de l'axe des lentilles

Ces mesures sont réalisées par exemple en positionnant le drone sur chaque unité PAPI et en prenant en compte la différence de hauteur entre l'axe de la lentille et la référence « positionnement drone ».



Figure 51: Mesure des positions des axes des lentilles PAPI - méthode du drone - aérodrome de Toulouse Blagnac.

Mesure en vol de l'angle de chaque unité PAPI

Pour certaines méthodes,:

- Le drone est positionné à une certaine distance du PAPI dans le plan horizontal. Cette distance est prédéfinie par la société pour obtenir les meilleurs résultats en fonction du matériel utilisé.
- Disposant d'un retour vidéo, le pilote contrôle le déplacement du drone dans le plan vertical et enregistre sa position aux points de transition colorimétrique.



Figure 52: Station GNSS positionnée sur le seuil – méthode Drone aérodrome de Toulouse Blagnac.



Figure 53: Affichage vidéo - méthode drone.

6.2.9.4.5. ÉQUIPEMENT DE MESURE INSTALLÉ AU SOL

6.2.9.4.5.1. **GÉNÉRALITÉS**

Un nouvel équipement de mesure à installer au sol à proximité de chaque unité peut également être employé pour le contrôle des angles de calage.

6.2.9.4.5.2. DESCRIPTION SUCCINCTE DE LA MÉTHODE

Le caisson est fixé sur un dispositif motorisé permettant d'effectuer des déplacements sur le plan vertical et une mise à niveau automatique sur le plan horizontal.

Il est équipé d'une caméra PTZ (pan-tilt-zoom à Haute définition) monté sur un inclinomètre de très grande précision et d'un luxmètre colorimètre positionné dans l'axe de la caméra.

La caméra est orientée vers la transition (blanc/rouge) sur la lentille de l'unité et l'inclinomètre mesure l'angle de calage α correspondant.

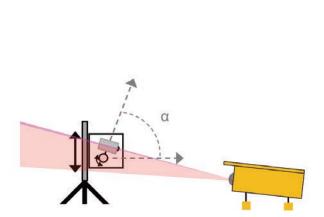


Figure 54: Schéma de principe vérification du calage des unités PAPI avec équipement de mesure installé au sol.



Figure 55: Vérification du calage des unités PAPI avec équipement de mesure installé au sol – aérodrome Toulouse Blagnac.

6.2.9.4.6. MESURES À RÉALISER

Pour chaque unité lumineuse du PAPI, 5 mesures d'angle de calage sont effectuées quelle que soit la méthode utilisée. 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.

6.2.9.4.7. TEMPS D'IMMOBILISATION DE LA PISTE EN FONCTION DE LA MÉTHODE UTILISÉE

Le temps d'immobilisation de la piste nécessaire pour réaliser les mesures des 4 unités lumineuses du PAPI peut être estimé à:

- Deux heures en utilisant la méthode du contrôle en vol;
- Une demi-journée en utilisant la méthode de la nacelle;
- Deux heures en utilisant la méthode du drone;
- Deux heures en utilisant la méthode de l'équipement au sol.

6.3. EXIGENCES FONCTIONNELLES DU BALISAGE LUMINEUX

6.3.1. 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 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.

6.3.2. INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Les pourcentages indiqués en annexe à l'article 7.7 (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 termes 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.

6.3.3. MESURES PHOTOMÉTRIQUES

6.3.3.1. 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. Toutefois, elle ne doit pas être inférieure à deux fois par an pour ce qui est des feux encastrés et à une fois par an pour ce qui a trait aux autres feux.

Les périodicités indiquées dans les tableaux suivants sont communiquées à titre indicatif et doivent être adaptées en fonction des résultats des mesures.

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 vérifiés lors des qualifications de type des matériels (agrément ou certificat de conformité STAC, procès-verbal d'essais ou certification autres laboratoires certifié ISO 17 025 dans le référentiel aéronautique).

6.3.3.2. MÉTHODES DE MESURE DE LA PHOTOMÉTRIE

Les mesures de la photométrie des feux de balisage peuvent être réalisées de façon manuelle (voir article 7.9.4) ou à l'aide d'un système de mesures dynamiques qui aura reçu un avis technique favorable du STAC.

6.3.3.3. EXPLOITATION DES RÉSULTATS

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

L'analyse des résultats des mesures photométriques permet de vérifier la conformité aux exigences de maintenance décrites en annexe à l'article 7.7 Objectifs de maintenance des aides visuelles quant aux pourcentages admissibles 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.

Les modifications suivantes seront peut-être à apporter aux actions de maintenance préventives existantes, et ce afin de se conformer aux exigences de niveau de service du balisage lumineux:

- · Adaptation de la périodicité de contrôle;
- Modifications des méthodes de travail (photométrie avant et après nettoyage);
- Analyse critique des mesures réalisées par un prestataire tiers;

6.3.3.4. 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 7 donne un exemple de nombre de mesures annuelles régulières en fonction de la catégorie d'exploitation et de la densité de trafic.

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.

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

Tableau 7: Périodicité des mesures photométriques pour les feux encastrés permettant une surveillance optimale.

6. BALISAGE LUMINEUX

6.3.3.5. 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 8 donne la périodicité des mesures photométriques pour les feux hors sol « Haute intensité lumineuse » en fonction de la catégorie d'approche.

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.

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

Tableau 8: Périodicité des mesures photométriques pour les feux hors sol « Haute intensité lumineuse » en fonction de la catégorie d'approche.

Le tableau 9 donne la périodicité des mesures photométriques pour les feux hors sol « haute intensité lumineuse » 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.

Tableau 9: Périodicité des mesures photométriques pour les feux hors sol « haute intensité lumineuse » en fonction de la RVR pour les décollages.

6.3.4. EXIGENCES EN FONCTION DE L'EXPLOITATION DE LA PISTE

6.3.4.1. GÉNÉRALITÉS

Le tableau suivant 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 7.7 à l'article 7.7.1.
Pistes avec approches de précision de Catégorie II/III	Voir annexe 7.7 à l'article 7.7.2.
Pistes utilisées pour les décollages avec RVR < 550 m	Voir annexe 7.7 à l'article 7.7.3
Pistes utilisées pour les décollages avec RVR > 550 m	Voir annexe 7.7 à l'article 7.7.4

Tableau 10: Exigences réglementaires en fonction de l'exploitation de la piste.

6.3.4.2. 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.

7.1. EXEMPLE DE PLAN DE FORMATION DES AGENTS DE MAINTENANCE

Le plan de formation doit être adapté en fonction de la plateforme, des opérations à la charge de l'agent et de son profil.

POSTE: Agent de maintenance des boucles série de balisage lumineux.				
Description du poste	Maintenance préventive et curative des équipements de balisage lumineux. Opérations sur les boucles de balisage série.			
Niveau d'étude requis	Formation électricien			
Formations initiales	Formation Métier sur site par compagnonnage: Formations spécialisées sur les boucles de balisage lumineux série des aérodromes (Voir paragraphe 3.1); En interne ou par organisme de formation. Formation locale: Permis « M » - Aire de mouvement Formation Sûreté (TCA) Management (si poste à vocation encadrement) Autre			
Habilitations électriques requises	Habilitations spécifiques feux de balisage: - Exécutant: B1X « FBA » - Chargé de travaux: B2X « FBA » Habilitations spécifiques boucles primaires: - Exécutant: H1X « CSB » - Chargé de travaux: H2X « CSB » Habilitations électriques générales - Chargé de consignation: BC-HC - Chargé d'opérations spécifiques: BE-HE - Exécutant électricien: B1-H1 - Chargé de travaux: B2-H2 - Chargé de consignation: BC-HC - Chargé d'opérations spécifiques: BE-HE			
Durée de l'exercice en double nécessaire avant validation des acquis	Variable en fonction de l'importance des installations			
Évaluation des compétences	Annuelle			

Tableau 11: Exemple de plan de formation pour un poste d'agent en charge des opérations de maintenance sur les boucles de balisage lumineux séries.

		AGENT			
Nom:					
Prénom (s):					
Date de naissance:					
Date d'embauche à ce poste:					
Diplômes:					
Formations initiales:	Date:		Établissement de form	ation ou formateur interne:	
	Initiale	Date:			
Habilitation électrique:	Recyclages	Date: Date: Date: Date: Date:	Date de validité: Date de validité: Date de validité: Date de validité: Date de validité:		
Exercice en double		Duauav			
Évaluation des compétences initiales		Date:	Évaluateur:		
Évaluations des compétences annuelles		Date: Date: Date: Date: Date: Date:	Évaluateur: Évaluateur: Évaluateur: Évaluateur: Évaluateur: Évaluateur:		
Formations complémentaires		Intitulé:	Date:	Établissement de formation:	
		Intitulé:	Date:	Établissement de formation:	
		Intitulé:	Date:	Établissement de formation:	
		Intitulé:	Date:	Établissement de formation:	

Tableau 12: Exemple de fiche de suivi de formation pour un agent en charge des opérations de maintenance sur les boucles de balisage lumineux séries.

7.2. RAPPEL DE RÉFÉRENCES MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES

7.2.1. CÂBLES

Normes en vigueur (UTE):

- NF C 33-225 Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome tension assignée U0/U (Um) = 6/10 (12) kV.
- NF C 33-224 Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome tension assignée U0/U (Um) = 3,6/6 (7,2) kV.
- NF C 33-212 Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie câbles pour circuits primaires de balisage d'aérodrome tension assignée U0/U (Um) = 1/1 (1,2) kV.

7.2.2. TRANSFORMATEUR D'ISOLEMENT

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

Transformateurs d'isolement (AGL series transformers).

7.3. FICHE TYPE DE VÉRIFICATION DE FIABILITÉ DES SOURCES ÉLECTRIQUES DE SECOURS

Pour chaque configuration possible de l'architecture d'alimentation électrique :

- Un test doit être réalisé;
- Une fiche doit être remplie;
- Les informations données à l'organisme de contrôle aérien (par le biais de la platine de balisage ou autre) doivent être vérifiées.

Essai N° Titre de l'essai					
Conditions d'exploitation de la piste:	Conditions d'exploitation de la piste:				
But de l'essai:					
Conditions initiales: (ex: Alimentation électrique principale a • • • •	ssurée par réseau public, groupe électrogène disponible, etc)				
Déroulement de l'essai: (ex: coupure de l'alimentation électri	que principale, simulation de panne du groupe électrogène, etc)				
Résultats attendus exemple: • Basculement de l'alimentation électrique sur le groupe é •	électrogène				
Résultats observés: • (ex: S Groupe = kVA, dont S Balisage = kVA) • Temps transfert électrique: t = s Temps de commutation au niveau des feux: t = s Dysfonctionnements relevés:					
• Conformité retour d'informations platine balisage:					

Tableau 13: Fiche de vérification de la fiabilité des sources électriques de secours.

7.4. FICHE TYPE DE VÉRIFICATION DES RETOURS D'INFORMATION DES RÉGULATEURS SUR LA PLATINE DE BALISAGE

Fonction de balisage	Régulateur Hors service	Platine balis	age (vigie)	Remarques	
Tolletion de Dalisage	Regulatedi 11013 service	Résultats attendus	Résultats observés	Kemarques	
	aucun				
Bord de piste,	Bord de piste 1				
(enchevêtré)	Bord de piste 2				
	Bord de piste 1 + Bord de piste 2				
	aucun				
Rampe d'approche	Rampe d'approche 1				
(enchevêtré)	Rampe d'approche 2				
	Rampe d'approche 1 + Rampe d'approche 2				
	aucun				
Seuil de piste	Seuil de piste 1				
(enchevêtré)	Seuil de piste 2				
	Seuil de piste 1 + Seuil de piste 2				
Axe VdC	aucun				
PAC VOC	axe VdC				
PAPI	aucun				
LOU	PAPI				

Tableau 14: Fiche de vérification des retours d'information des régulateurs.

7.5. ÉVALUATION DE LA CHARGE D'UNE BOUCLE

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

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

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_{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);
- cosφ: 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 termes 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 ¾, 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).

7.5.1. EXEMPLE DE FICHE DE SUIVI DES RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT

Maintenance préventive des régulateurs		ntification du régulateur :
Code équipement : Nom technicien : Date : Heure de début :		N° Ordre Travaux
Opérations à réaliser	F	Observations
Marque :		Туре:
Longueur boucle :		Nombre de TI (feux,):
Valeur i solement théorique		Valeur résistance continuté théorique :
Valeur isolement mise en service (date) :		Valeur résistance continuité mise en service (date) :
Réglage de charge :		Nombre de brillances :
		Consigne courants boucle:
Valeur isolement mesurée :	S	Valeur continuité mesurée :
Contrôle correspondance consignes brillance et valeurs affichées (cf fiche 2)	M	
Contrôle état des parafoudres	S/A	
Contrôle des commandes	S/A	
Contrôle des remontées de défauts	S/A	
Etat de propreté du régulateur	A	
Contrôle des serrages des connexions	Α	
Vérification de la charge de la boucle	Α	
Analyse et archivage des fiches de suivi (à faire par le coordonnateur)	A	

Tableau 15: Fiche de suivi des régulateurs à courant constant.

Date et visa coordonnateur :

7.6. MESURE DE RÉSISTANCE D'ISOLEMENT ET DE CONTINUITÉ D'UNE BOUCLE PRIMAIRE DE BALISAGE LUMINEUX

7.6.1. CONTINUITÉ

La mesure de la continuité d'une boucle primaire de balisage lumineux doit être réalisée à l'aide d'un multimètre équipé de la fonction ohnmètre.

La mesure doit être effectuée avec des équipements consignés dans le respect des règles de sécurité en vigueur.

La résistance d'un câble de section 6 mm² est d'environ $3\Omega/km$ et celle des transformateurs d'isolement (TI) est, en moyenne suivant les puissances, d'environ 0,10 Ω .

Continuité calculée (Ω) = L x 3 + nTl x 0,1

Avec:

- n TI: nombre de transformateurs d'isolement sur la boucle primaire;
- L boucle: longueur de la boucle primaire en km;

La valeur de la continuité calculée doit être ajustée pour chaque modification de la boucle de balisage (longueur ou nombre de feux).

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

Pour certaines fonctions (axe de piste, TDZ, rampe d'approche, ...), elle peut différer d'environ 20 % en raison d'un nombre important de transformateurs et de connecteurs sur le circuit.

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. Dans ce cas, un échauffement se crée au niveau de la connectique.

Un arc électrique peut alors se produire provoquant l'ouverture de la boucle, voir un feu de regard dans les cas les plus graves, entrainant l'indisponibilité de plusieurs fonctions de balisage.

7.6.2. RÉSISTANCE D'ISOLEMENT

La mesure de la résistance d'isolement d'une boucle primaire de balisage lumineux doit être réalisée à l'aide d'un mégohmmètre délivrant une tension de mesure allant jusqu'à 5000V.

La mesure doit être effectuée avec des équipements consignés dans le respect des règles de sécurité en vigueur.

Si le câble de boucle est isolé pour 6kV, la tension d'essai doit être de 5000V;

Si le câble de boucle est isolé pour 1KV, la tension d'essai doit être de 1000V.

La mesure doit se dérouler sur une durée supérieure à une minute afin de permettre au câble de se charger.

N.B.: ne pas oublier de décharger le câble après la mesure, en raccordant son âme à la terre.

La valeur minimale de résistance d'isolement R de la boucle (en $M\Omega$) se détermine de la manière suivante:

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

Avec:

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

7.6.3. EXEMPLE DE FICHE TYPE DE MESURE D'ISOLEMENT ET DE CONTINUITÉ

Date de la mesure:

Appareil utilisé pour la mesure de continuité:

Appareil utilisé pour la mesure de résistance d'isolement :

Boucle	Nbre	Nbre L	Continuités				Isolei	ments	
de balisage	de TI	(km)	Valeurs calculées	Valeurs Valeurs mesurées N-1*		Tension de mesure	Valeurs minimales calculées	Valeurs mesurés	Valeurs N-1*

^{*} Valeurs, 4 mesurées lors du précédent relevé.

Tableau 16: Fiche type de mesure d'isolement et de continuité.

7.7. OBJECTIFS DE MAINTENANCE DES AIDES VISUELLES

7.7.1. 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
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 un des deux panneaux installés de part de d'autre de la VdC.
Panneaux d'indication	Nil	Pas d'altération de la lisibilité du message

HS: hors service.

7.7.2. 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
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**	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
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

^{*} 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.

7.7.3. 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

7.7.4. 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

7.8. CALAGE DES FEUX

7.8.1. 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;

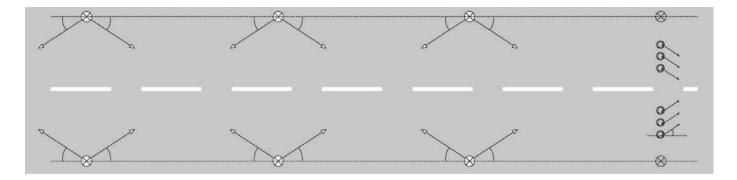


Figure 56: Représentation de l'azimut (piste vue de dessus).

- Le site représente dans le plan vertical, l'angle compris entre l'horizontale et l'axe horizontal du faisceau principal.



Figure 57: Représentation du site (piste vue de profil).

Les calages des feux en azimut et site sont présentés dans les figures suivantes (paragraphe 7.8.3).

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.

7.8.2. 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.

- 1. Feux de rampe d'approche (CAT I)
- 2. Feux de rampe d'approche renforcée (CAT II)
- 3. Feux de seuil de piste
- 4. Feux de barres de flancs de seuil
- 5. Feux d'axe de piste
- 6. Feux de zones 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)

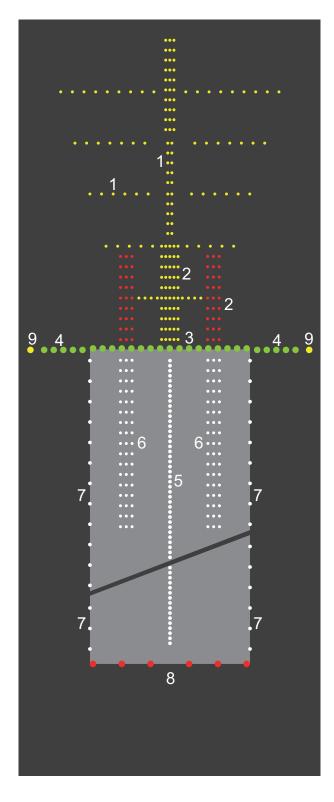


Figure 58: Schéma de principe d'un balisage lumineux, Pistes avec approches de précision Cat. I-II-III.

7.8.3. SCHÉMAS D'INSTALLATION ET DE CALAGE

Les 9 schémas suivants 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.

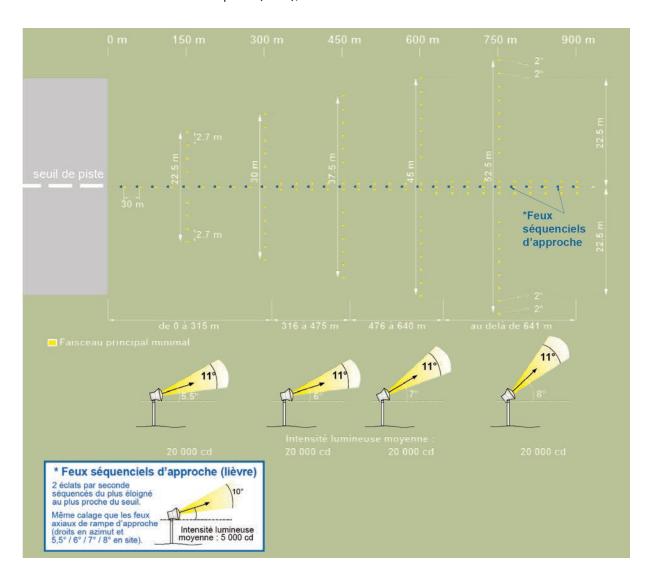


Figure 59: Feux de rampe d'approche - Approches de précision Cat. I.

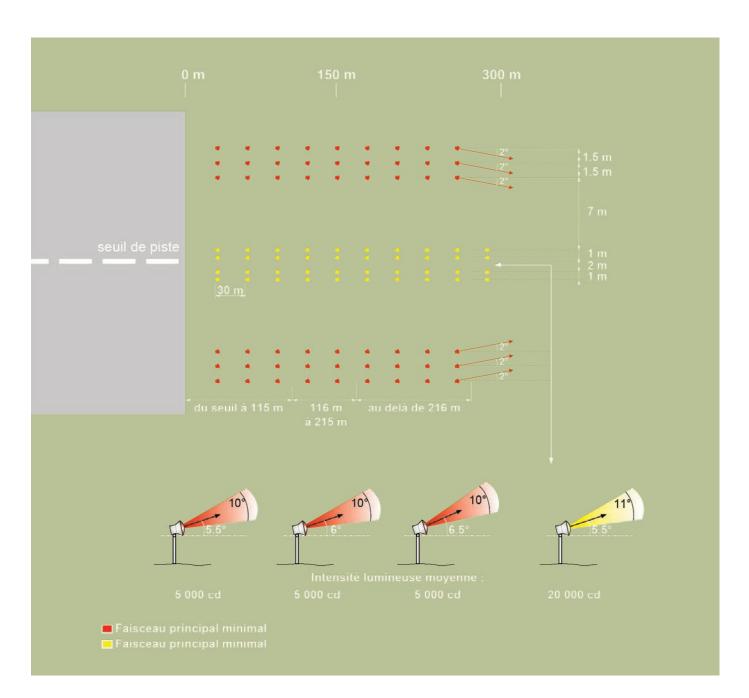


Figure 60: Feux de rampe d'approche - Approches de précision Cat. II/III.

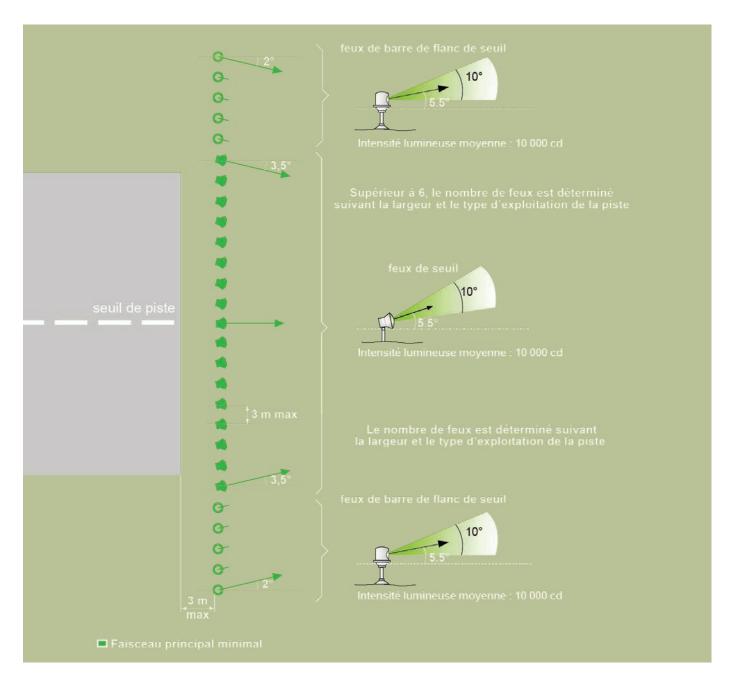


Figure 61: Feux de seuil de piste.

Note: les faisceaux des feux de seuil de piste disposés de part et d'autre de l'axe de piste sont convergents de 3,5° vers l'intérieur de l'axe de piste. Dans le cas de l'installation de feux encastrés, le calage des faisceaux lumineux peut être obtenu soit mécaniquement par orientation de l'embase, soit optiquement avec l'embase dans l'axe de piste.

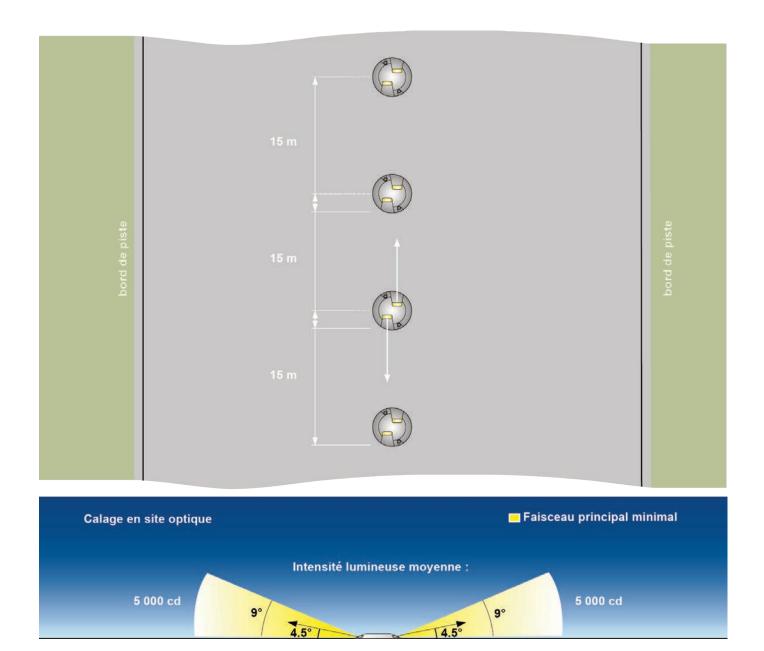


Figure 62: Feux d'axe de piste.

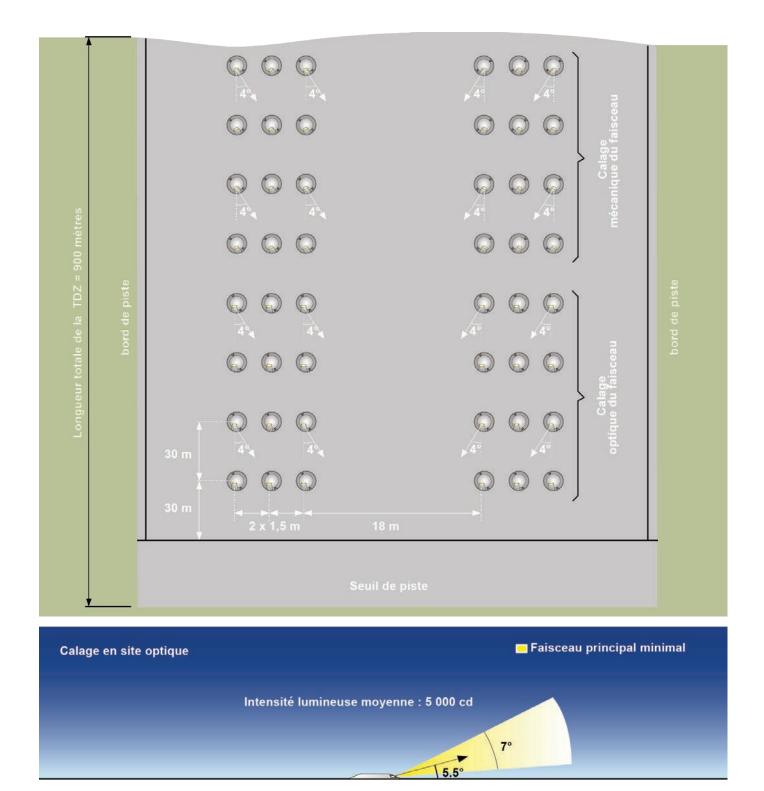
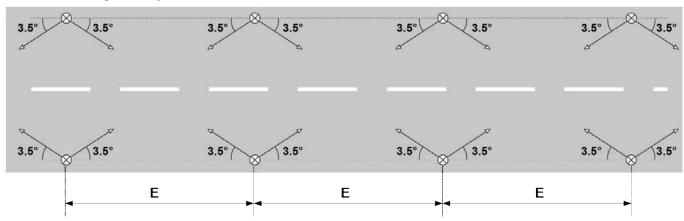


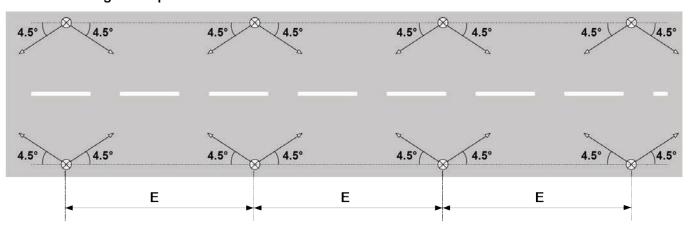
Figure 63: Feux de zone de toucher des roues.

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



Figure 64: Feux de bord de piste.

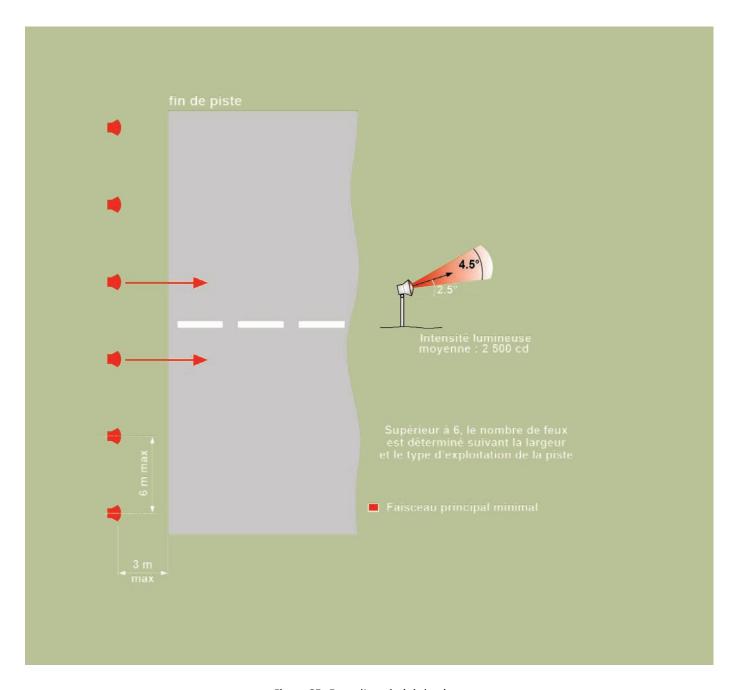


Figure 65 : Feux d'extrémité de piste.

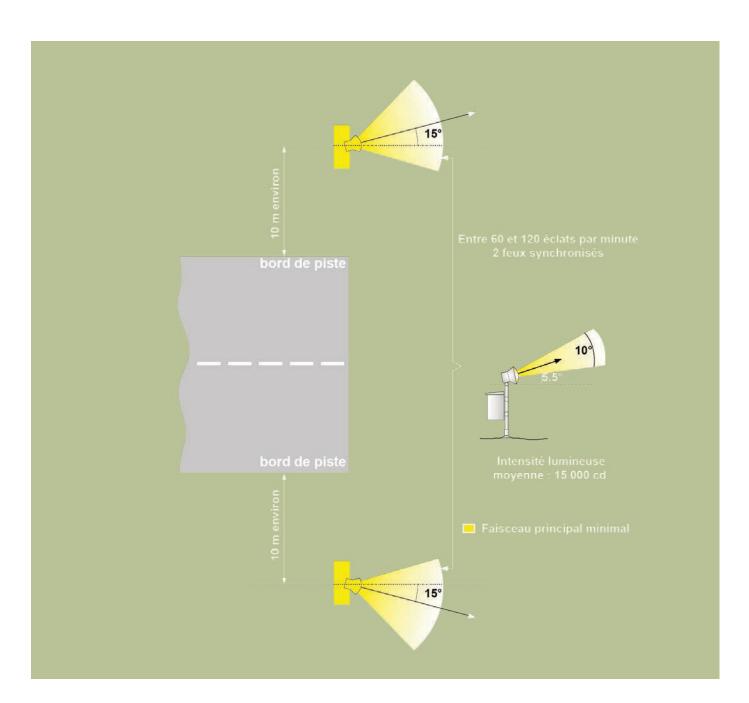


Figure 66: Feux d'identification de seuil de piste (à éclats).

Note: Dans le cas général les feux d'identification de seuil de piste seront installés dans l'alignement du seuil et symétriquement par rapport à l'axe de la piste. Dans le cas où il est impossible physiquement de les installer dans l'alignement des feux de seuil de piste, ils pourront être installés suivant les tolérances suivantes: tolérance en amont du seuil: jusqu'à 10 m, tolérance en aval du seuil: 30 m, tolérance par rapport au bord de piste: 10 m à 25 m.

7.9. MESURES PHOTOMÉTRIQUES

7.9.1. INTRODUCTION

Il n'est pas possible d'estimer l'intensité lumineuse d'un feu de balisage haute intensité 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.

7.9.2. GRANDEURS PHOTOMÉTRIQUES

7.9.2.1. LE FLUX LUMINEUX

Exprimée en lumens (lm), c'est la puissance lumineuse émise dans toutes les directions par une source telle qu'elle est perçue par l'œil humain.



Figure 67: Flux lumineux.

7.9.2.2. L'INTENSITÉ LUMINEUSE I

Exprimée en candela (cd), elle permet de caractériser le flux lumineux dans une direction donnée.

L'intensité lumineuse est indépendante de la distance.

Une source n'émet pas forcément de la lumière d'une façon égale dans toutes les directions. Il est donc utile de connaître le flux rayonné dans la direction d'utilisation du feu de balisage.



Figure 68: Intensité lumineuse.

7.9.2.3. L'ÉCLAIREMENT E

Exprimée en lux (lx), l'éclairement lumineux correspond au flux lumineux reçu par unité de surface.

Un Lux équivaut à l'éclairement d'une surface de 1 mètre carré recevant un flux lumineux uniformément réparti de 1 Lumen.

L'éclairement en un point est inversement proportionnel au carré de la distance de la source de lumière. Si on double la distance, on éclaire 2² fois moins :

$$I(cd) = E(lux) x d^{2}(m^{2})$$

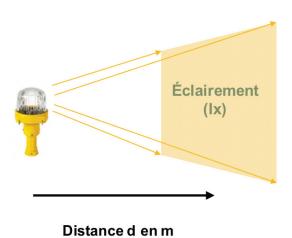


Figure 69: Éclairement.

7.9.3. ÉVALUATION DE LA CONFORMITÉ DES PERFORMANCES PHOTOMÉTRIQUES

Lors de l'évaluation de la conformité des feux de balisage, les performances photométriques des matériels installés 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 courbes 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-après 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 cd et 1 000 cd pour les faisceaux secondaires.

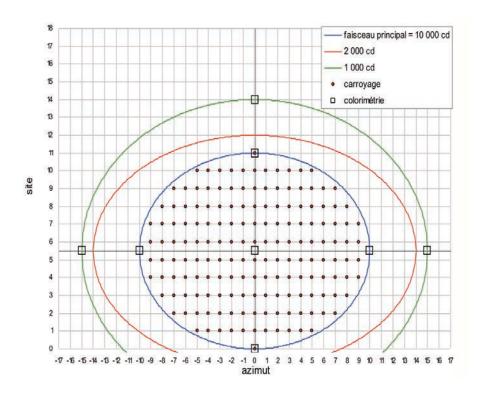


Figure 70: Répartition spatiale de référence d'un feu d'approche.

Les 9 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 (en bleu) constituent une norme, les 4 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 ou de l'opacification des prismes.

7.9.4. ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE D'UN FEU AVEC UN LUXMÈTRE

L'intensité lumineuse d'un feu installé sur site peut être évaluée, entre autres, en effectuant une mesure de l'éclairement (en lux) avec un luxmètre portatif.

7.9.4.1. CHOIX DU LUXMÈTRE

Le luxmètre utilisé devra être compatible avec les caractéristiques propres à la technologie du feu (incandescent ou led).

7.9.4.2. POSITIONNEMENT DU LUXMÈTRE

Le luxmètre doit être positionné perpendiculairement dans la direction d'utilisation du feu de balisage (faisceau principal).

La distance entre le luxmètre et la source doit être précise (quelques centimètres suffisent à modifier les résultats de manière significative). 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 fortement 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 éclairements mesurés, les mesures photométriques.



Figure 71: Mesure manuelle de photomètrie sur un feu de seuil de piste.

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 (3,16²= 10).

Le tableau suivant, 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)	Туре	Distance recommandée (m)
Approche blanc	20 000	Hors-sol et Encastré	5
Approche rouge	5 000	Hors-sol Encastré 1 fenêtre Encastré 2 ou 3 fenêtres	3 3 5
Seuil de piste	10 000	Hors-sol Encastré 2 ou 3 fenêtres	3 5
Bord de piste blanc	10 000		
Bord de piste jaune	4 000	Hors-sol Encastré 2 ou 3 fenêtres	3 5
Bord de piste rouge	2 500		
Axe de piste blanc/TDZ	5 000	Encastré	3
Axe de piste rouge	750	Encastré	3
Extrémité de piste	2 500	Hors-sol Encastré 2 ou 3 fenêtres	3 5

7.9.4.3. RECHERCHE DE L'ÉCLAIREMENT MAXIMAL

Pour trouver la valeur maximale de l'éclairement (en lux), le luxmètre doit être déplacé en balayant doucement de haut en bas et de droite à gauche tout en conservant la distance par rapport au feu.

7.9.4.4. CALCUL DE LA VALEUR MAXIMALE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE

Pour calculer l'intensité lumineuse maximale (en candéla), il suffit d'appliquer la formule :

I max (cd) = E max (lux) x d (m)
2

où d est la distance entre la source (le feu) et le luxmètre.

7.9.4.5. CALCUL DE LA VALEUR MOYENNE DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE

Pour calculer l'intensité lumineuse moyenne (en candéla), Il faut appliquer un coefficient de pondération K à la valeur maximale.

Ce coefficient est spécifique à chaque modèle de feux et devrait donc être fourni par le constructeur.

En cas d'absence d'information précise fournie par le constructeur sur le sujet, une valeur par défaut de 0,70 (valeur la plus pénalisante) peut être retenue.

7.9.5. 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 7.9.4.2 et l'application de ce critère de service en termes de maintenance est donc le suivant :

Fonction	Intensité (cd)		
FONCTION	de référence	de service	
Approche blanc	20 000	10 000	
Approche rouge	5 000	2 500	
Seuil de piste	10 000	5 000	
Bord de piste (blanc)	10 000	5 000	
Bord de piste (jaune)	4 000	2 000	
Bord de piste (rouge) avant seuil et prolongement d'arrêt	2 500	1250	
Axe de piste (blanc)	5 000	2 500	
Axe de piste (rouge)	750	375	
Zone de toucher de roues - TDZ	5 000	2 500	
Extrémité de piste	2 500	1250	

7.9.6. EXEMPLES DE MESURES PHOTOMÉTRIQUES

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

Fonction	Type (H/E)*	Distance (m)	Mesure E max (lux)	l max (cd)	Coefficients de pondération ***	I moyen (cd)	Référence OACI (50% I nominale)	Service ou HS**
Approche	н	5	1257	31 425	0.70	21998	10 000	ок
Approche	н	5	502	12 550	0.70	8 785	10 000	HS
Seuil de piste	Е	5	275	6 8 7 5	0.85	5 8 4 4	5 000	ок
Seuil de piste	Н	3	604	5 436	0.85	4620	5 000	HS
Axe (blanc)	E	3	332	2 988	0.82	2 450	2 500	HS
Axe (rouge)	E	3	68	612	0.82	502	375	ок
Bord de piste (blanc)	Е	3	1692	15 228	0.75	11 421	5 000	ок
Bord de piste (blanc)	н	3	733	6 597	0.75	4948	5 000	нѕ
Extrémité de piste	E	3	240	2160	0.90	1944	1250	ОК

^{*} H: Hors-sol - E: Encastré

^{**} HS : Hors Service

^{***:} Les valeurs indiquées dans ce tableau sont données à titre d'exemple. Les coefficients de pondération dépendent du modèle (marque/type) du feu (voir article 7.9.4.5).

7.10. TABLEAUX DE SYNTHÈSE PAR DOMAINE ET PÉRIODICITÉS

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

Abréviation	2Q	Q	н	2Н	м	s
Signification	Biquotidienne	Quotidienne	Hebdomadaire	Bimensuel	Mensuelle	Semestrielle
Abréviation	A	2A	3A	5A	10A	
Signification	Annuelle	Tous les 2 ans	Tous les 3 ans	Tous les 5 ans	Tous les 10 ans	

7.10.1. TABLEAUX DE SYNTHÈSE PAR DOMAINE

7.10.1.1. LOCAUX ÉLECTRIQUES

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Examens visuels, nettoyage	5.2.1.3.	s
Documentation du poste	5.2.1.3.	S
État général du poste	5.2.1.3.	S
Rangement et accessibilité du poste	5.2.1.3.	S
État général des caniveaux du poste	5.2.1.3.	S
Contrôle éclairage autonome de sécurité	5.2.1.3.	S

7.10.1.2 **ÉNERGIE**

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Contrôles périodiques des cellules HT	5.2.2.3.	A*
Maintenances de niveau I II III et IV des cellules HT	5.2.2.3.	3A*
Contrôles périodiques des transformateurs de poste	5.2.3.3.	A*

7.10.1.2 ÉNERGIE "SUITE"

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Maintenances de niveau I II III et IV des transformateurs de poste	5.3.3.3.	3A*
Maintenances de niveau I des groupes électrogènes	5.2.4.3.	2h ou 10h de fonctionnement
Maintenances de niveau II III et IV des groupes électrogènes	5.2.4.3.	A*
Inspection de TGBT et réseau BT	5.2.5.3.	А
Étude du vieillissement des TGBT et réseaux BT	5.2.5.3.	10A
Mesure de la prise de terre des départs des équipements alimentés en parallèle	5.2.5.3.	А
Contrôles des isolements des conducteurs des départs des équipements distants alimentés en parallèle	5.2.5.3.	A
Contrôles des continuités des conducteurs de protection des départs des équipements distants alimentés en parallèle	5.2.5.3.	А
Contrôles des continuités des liaisons équipotentielles des départs des équipements distants alimentés en parallèle	5.2.5.3.	А
Contrôles des commutateurs statiques	5.2.6.2.	A*
Contrôles périodiques des ASI (Alimentations sans Interruption)	5.2.7.2.	2H*
Maintenances de niveau II III et IV des ASI (Alimentations sans Interruption)	5.2.7.2.	A*
Test autonomie des ASI (Alimentations sans Interruption) en conditions réelles	5.2.7.2.	S
Inspections des éléments du système de protection contre la foudre	5.2.9.4.	Constructeur
Inspections des compensateurs d'énergie réactive	5.2.10.3.	A*
Inspections des compensateurs actifs d'harmoniques	5.2.11.3.	A *
Inspections des automates	5.2.12.3.	А
Contrôles périodiques des Alimentations DC 24V ou 48V	5.2.13.3.	2Н
Maintenances de niveau II III et IV des Alimentations DC 24V ou 48V	5.2.13.3.	А
Essais périodiques de la fiabilité des systèmes de secours électriques	5.3.3.3.	М
Essais spécialisés de contrôle de la fiabilité et temps de commutation des systèmes de secours électriques	5.3.3.3.	1A et 3A*

^{*} ou autres préconisations du constructeur

^{**} ou après chaque modification de l'architecture électrique pouvant impacter le fonctionnement des automatismes ou la consommation électrique.

7.10.1.3. TÉLÉCOMMANDE

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Essai fonctionnel IHM ATS	6.2.2.	Q
Essai fonctionnel IHM technique	6.2.2.	Q
Essai fonctionnel barre d'arrêt	6.2.2.	н
Essai fonctionnel LVP	6.2.2.	м
Contrôle paramètres alimentations spécifiques	6.2.2.	м
Test des composants de rechange	6.2.2.	s
Essai IHM(s) en condition de défaut	6.2.2.	s
Contrôle autonomie alimentations spécifiques	6.2.2.	S
Composants para-surtensions	6.2.2.	s
Contrôle visuel de la câblerie	6.2.2.	А
Contrôles caractéristiques électriques/optiques de la câblerie	6.2.2.	2A
Composants du système télécommande	6.2.2.	Constructeur
Entretien alimentations spécifiques	6.2.2.	Constructeur
Interfaces: MODEM, convertisseurs	6.2.2.	Constructeur

7.10.1.4. RÉGULATEURS À COURANT CONSTANT (CCR)

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Contrôle correspondance consignes et valeurs affichées des courants de brillance	6.2.3.6.	М
Contrôle des serrages des connexions	6.2.3.6.	А
Vérification de la charge de la boucle	6.2.3.6.	А
Vérification isolement et continuité	6.2.3.6.	S
Vérifications état des parafoudres	6.2.3.6.	S
Vérifications remontées de défaut et contrôles/commandes	6.2.3.6.	S
Contrôle état de propreté	6.2.3.6.	А
Analyse et archivage des fiches de suivi	6.2.3.6.	А

^{*} ou après chaque intervention sur tout élément constitutif de la boucle primaire (transformateurs d'isolement, connecteurs, câbles).

7.10.1.5. ÉQUIPEMENTS SUR AIRE DE MANŒUVRE (HORS FEUX)

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Vérification de l'état général des saignées	6.2.5.1.4.3.	s
Examen visuel complet des regards	6.2.5.1.1.3.	А
Vérification des massifs	6.2.5.1.2.3.	Α
Examen visuel de l'état des fourreaux, buses	6.2.5.1.3.3.	А
Mise à jour des plans d'installations des réseaux	6.2.5.1.3.3.	Α
État général des panneaux	6.2.5.2.3.	Α
Vérification des sources lumineuses des panneaux	6.2.5.2.3.	Α
Vérification de la lisibilité de nuit des panneaux	6.2.5.2.3.	А
Vérification de la non-obstruction des traversées sensibles (fourreaux)	6.2.5.1.3.2.	5A

7.10.1.6. FEUX DE BALISAGE LUMINEUX (HORS PHOTOMÉTRIE)

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Visite du balisage lumineux	6.2.1.	2Q
Vérification visuelle des niveaux d'intensité lumineuse (de nuit)	6.2.6.5.	A
Vérification générale de l'enchevêtrement	6.2.6.5.	А
Vérification des supports des feux hors-sol	6.2.6.5.	А
Vérification des connectiques des feux hors-sol	6.2.6.5.	А
Vérification de la partie optique des feux hors-sol	6.2.6.5.	А
Vérification de l'état général des feux encastrés, scellement et calage (niveau et azimut), connectique intérieure, étanchéité, propreté intérieure de l'embase	6.2.6.5.	s
Vérification de la connectique des feux encastrés: état câble et connecteur (résistance à la traction et étanchéité, usure)	6.2.6.5.	s
Vérification des fixations des feux encastrés	6.2.6.5.	s
Examen visuel de l'état des prismes des feux encastrés, salissure, état de surface du feu	6.2.6.5.	s

7.10.1.7. PAPI

Opérations de maintenance	Voir Article	Périodicité
Fonctionnement électrique de chaque unité	6.2.9.3.	Q
Contrôle de l'intégrité physique des unités	6.2.9.3.	Q
Contrôle visuel de la végétation devant les unités	6.2.9.3.	Q
Contrôle de la propreté des unités et notamment vitres frontales	6.2.9.3.	м
Examen visuel des pieds, fixations et massifs	6.2.9.3.	м
Contrôle visuel des transitions des unités	6.2.9.3.	м
Examen visuel des filtres rouges, lentilles et réflecteurs	6.2.9.3.	м
Contrôle de l'horizontalité des unités	6.2.9.3.	А
Contrôle de l'horizontalité transversale des unités	6.2.9.3.	А
Contrôle du calage en site des unités	6.2.9.3.	А
Analyse et archivage de la fiche suivi	6.2.9.3.	Α
Contrôle du calage en site des unités si résultats précédents compris entre 5 et 10 minutes d'angle	6.2.9.3.	S
Contrôle du calage en site des unités si calages supérieurs à 10 minutes d'angle lors du dernier contrôle	6.2.9.3.	М
Contrôle du calage en site des unités (méthode externe)	6.2.9.3.	5A

7.10.2. TABLEAUX DE SYNTHÈSE PAR PÉRIODICITÉ

Pour certains équipements spécifiques (Accumulateurs ASI, automates, ASI dynamique hybride, groupes électrogènes, etc.) la périodicité des maintenances préventives est donnée par le constructeur ou l'installateur.

7.10.2.1. VÉRIFICATIONS BIQUOTIDIENNES

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Feux de balisage	Inspection du balisage lumineux.	6.2.1.

7.10.2.2. VÉRIFICATIONS QUOTIDIENNES

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Télécommande	Essai fonctionnel IHM ATS	6.2.2.
Télécommande	Essai fonctionnel IHM technique	6.2.2.
PAPI	Fonctionnement électrique de chaque unité	6.2.9.3.
PAPI	Contrôle de l'intégrité physique des unités	6.2.9.3.
PAPI	Contrôle visuel de la végétation devant les unités	6.2.9.3.

7.10.2.3. VÉRIFICATIONS HEBDOMADAIRES

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Télécommande	Essai de fonctionnement des barres d'arrêt	6.2.2.

7.10.2.4. VÉRIFICATIONS BIMENSUELLES

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Énergie	Maintenances de niveau I des groupes électrogènes *	5.2.4.3.
Énergie	Contrôles périodiques des ASI (Alimentations sans Interruption)	5.2.7.2.
Énergie	Contrôles périodiques des Alimentations DC 24V ou 48V	5.2.13.3.

^{*} ou 10 heures de fonctionnement.

7.10.2.5. VÉRIFICATIONS MENSUELLES

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Énergie	Essais périodiques de la fiabilité des systèmes de secours électriques	5.3.3.3.
Télécommande	Essai fonctionnel LVP	6.2.2.
Télécommande	Contrôle paramètres alimentations spécifiques des systèmes de télécommande	6.2.2.
Régulateurs à courant constant	Contrôle correspondance consignes et valeurs affichées des courants de brillance des régulateurs	6.2.3.6.
PAPI	Contrôle de la propreté des unités et notamment vitres frontales	6.2.9.3.
PAPI	Examen visuel des pieds, fixations et massifs	6.2.9.3.
PAPI	Contrôle visuel des transitions des unités	6.2.9.3.
PAPI	Examen visuel des filtres rouges, lentilles et réflecteurs	6.2.9.3.
PAPI	Contrôle du calage en site des unités si calages supérieurs à 10 mm d'angle lors du dernier contrôle	6.2.9.3.

7.10.2.6. VÉRIFICATIONS SEMESTRIELLES

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Locaux électriques	Documentation du poste	5.2.1.3.
Locaux électriques	État général du poste	5.2.1.3.
Locaux électriques	Rangement et accessibilité du poste	5.2.1.3.
Locaux électriques	État général des caniveaux du poste	5.2.1.3.
Locaux électriques	Contrôle éclairage autonome de sécurité	5.2.1.3.
Énergie	Test autonomie des ASI (Alimentations sans Interruption) en conditions réelles	5.2.7.2.
Télécommande	Test des composants de rechange (IHM)	6.2.2.
Télécommande	Essai IHM(s) en condition de défaut	6.2.2.
Télécommande	Contrôle autonomie alimentations spécifiques (IHM)	6.2.2.
Télécommande	Composants para-surtensions (IHM)	6.2.2.
Régulateurs à courant constant	Vérification isolements et continuités des boucles de balisage	6.2.3.6.
Régulateurs à courant constant	Vérifications états des parafoudres	6.3.2.6.
Régulateurs à courant constant	Vérifications remontées de défaut et contrôles/commandes	6.3.2.6.
Équipements aire de manœuvre	Vérification de l'état général des saignées sur piste	6.2.5.1.4.3.
Feux de balisage lumineux	Vérification de l'état général des feux encastrés, scellement et calage (niveau azimut), connectique intérieure, étanchéité, propreté intérieure de l'embase	6.2.6.5.
Feux de balisage lumineux	Vérification de la connectique des feux encastrés: état câble et connecteur (résistance à la traction et étanchéité, usure)	6.2.6.5.
Feux de balisage lumineux	Examen visuel de l'état des prismes des feux encastrés, salissure, état de surface du feu	6.2.6.5.
Feux de balisage lumineux	Vérification des fixations des feux encastrés	6.2.6.5.
PAPI	Contrôle du calage en site des unités si constat de mauvais réglages compris entre 5 mm et 10 mm d'angle lors du précédent contrôle	6.2.9.3.

7.10.2.7. VÉRIFICATIONS ANNUELLES

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Énergie	Contrôles périodiques des cellules HT	5.2.2.3.
Énergie	Contrôles périodiques des transformateurs de poste	5.2.3.3.
Énergie	Maintenances de niveau II III et IV des groupes électrogènes	5.2.4.3.
Énergie	Inspection de TGBT et réseau BT	5.2.5.3.
Énergie	Mesure de la prise de terre des départs des équipements alimentés en parallèle	5.2.5.3.
Énergie	Contrôle des isolements des conducteurs des départs des équipements distants alimentés en parallèle	5.2.5.3.
Énergie	Contrôles des continuités des conducteurs de protection des départs des équipements distants alimentés en parallèle	5.3.5.3.
Énergie	Contrôles des continuités des liaisons équipotentielles des départs des équipements distants alimentés en parallèle	5.2.5.3.
Énergie	Contrôles des commutateurs statiques	5.2.6.2.
Énergie	Maintenances de niveau II III et IV des ASI (Alimentations sans Interruption)	5.2.7.2.
Énergie	Inspections des compensateurs d'énergie réactive	5.2.10.3.
Énergie	Inspections des compensateurs actifs d'harmoniques	5.2.11.3.
Énergie	Inspections des automates	5.2.12.3.
Énergie	Maintenances de niveau II III et IV des Alimentations DC 24V ou 48V	5.2.13.3
Énergie	Essais spécialisés de contrôle de fiabilité des systèmes de secours électriques	5.3.3.3.
Télécommande	Contrôle visuel de la câblerie des télécommandes	6.2.2.
Régulateur à courant constant	Contrôle des serrages des connexions des régulateurs	6.2.3.6.
Régulateur à courant constant	Vérification de la charge des boucles des régulateurs	6.2.3.6
Régulateur à courant constant	Contrôle état de la propreté des régulateurs	6.2.3.6
Régulateur à courant constant	Analyse et archivage des fiches de suivi des régulateurs	6.2.3.6

7.10.2.7. VÉRIFICATIONS ANNUELLES "SUITE"

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Équipements Aire de manœuvre	Examen visuel complet des regards	6.2.5.1.1.3.
Équipements Aire de manœuvre	Vérification des massifs	6.2.5.1.2.3.
Équipements Aire de manœuvre	Examen visuel de l'état des fourreaux, buses	6.2.5.1.3.3.
Équipements Aire de manœuvre	Mise à jour des plans d'installations des réseaux	6.2.5.1.3.3.
Équipements Aire de manœuvre	État général des panneaux	6.2.5.2.3.
Équipements Aire de manœuvre	Vérification des sources lumineuses des panneaux	6.2.5.2.3.
Équipements Aire de manœuvre	Vérification de la lisibilité de nuit des panneaux	6.2.5.2.3.
Feux de balisage lumineux	Vérification visuelle des niveaux d'intensité lumineuse (de nuit)	6.2.6.5.
Feux de balisage lumineux	Vérification générale de l'enchevêtrement	6.2.6.5.
Feux de balisage lumineux	Vérification des supports des feux hors-sol	6.2.6.5.
Feux de balisage lumineux	Vérification des connectiques des feux hors-sol	6.2.6.5.
Feux de balisage lumineux	Vérification de la partie optique des feux hors-sol	6.2.6.5.
PAPI	Contrôle de l'horizontalité transverse de chaque unité	6.2.9.3.
PAPI	Contrôle de l'horizontalité de l'ensemble des unités	6.2.9.3.
PAPI	Contrôle du calage en site des unités	6.2.9.3.
PAPI	Analyse et archivage de la fiche de suivi	6.2.9.3.

7.10.2.8. VÉRIFICATIONS TOUS LES 2 ANS

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Télécommande	Contrôles caractéristiques électriques/optiques de la câblerie	6.2.2.

7.10.2.9. VÉRIFICATIONS TOUS LES 3 ANS

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Énergie	Maintenances de niveau I II III et IV des cellules HT	5.2.2.3.
Énergie	Maintenances de niveau I II III et IV des transformateurs de poste	5.2.3.3.
Énergie	Essais spécialisés de mesure de temps de commutation des systèmes de secours électriques	5.3.3.3.

7.10.2.10. VÉRIFICATIONS TOUS LES 5 ANS

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
PAPI	Contrôle du calage en site des unités (méthode externe)	6.2.9.3.
Équipements aires de manœuvre	Vérification de la non-obstruction des traversées sensibles (fourreaux)	6.2.5.1.3.2.

7.10.2.11. VÉRIFICATIONS TOUS LES 10 ANS

Domaine	Opérations de maintenance	Voir Article
Énergie	Étude du vieillissement des TGBT et réseaux BT	5.2.5.3.

7.11. GLOSSAIRE

A

AESA

Agence de l'Union Européenne pour la Sécurité Aérienne (EASA)

AFNOR

Association Française de NORmalisation

AIR-OPS

Exigences techniques et procédures administratives applicables aux opérations aériennes.

AMDEC

Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

APAPI

Abreviated Precision Approach Path Indicator

API

Automate programmable industriel

ASI

Alimentation Sans Interruption (UPS)

ATS

Air Traffic Services - Services de la circulation aérienne

B

BT

Basse Tension

C

CCR

Constant Current Regulator - Régulateur à courant constant

CD

Candélas

CE

Communauté Européenne

CEE

Communauté Économique Européenne

CEI

Commission Électrotechnique Internationale (IEC)

CHEA

Arrêté relatif aux Conditions d'Homologation et aux procédures d'Exploitation des Aérodromes – Arrêté du 28 août 2003

COFRAC

Comité français d'accréditation

CPF

Composants de Protection contre la Foudre

CS

Contacteur Statique

CSB

Circuits Série primaires et secondaires du Balisage lumineux des aérodromes

D

DNA

Direction de la Navigation Aérienne

DPS

Dispositifs de Protection contre la Foudre

Ε

EPC

Équipements de Protection Collective

EPI

Équipements de Protection Individuelle: casques, lunettes, chaussures, gants...

FRF

Établissements Recevant du Public

EFVS

Systèmes de vision en vol améliorés (Enhanced Flight Vision System)

F

FBA

Feux des circuits série du Balisage lumineux des Aérodromes

G

GMAO

Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur

GNSS

Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites

GPS

Global Positioning System (système satellitaire américain)

Н

HTA

Domaine de tension Haute Tension (1000-50 000VAC)

HTR

Domaine de tension Haute Tension (>50 000VAC)

IEPF

Installations Extérieures de Protection contre la Foudre

IGH

Immeuble de Grande Hauteur

IHM

Interface Homme Machine

HPF

Installations Intérieures de Protection contre la Foudre

II S

Instrumental Landing system

L

LED

Light-Emitting Diode ou Diode Électroluminescente

LVP

Low Visibility Procedures – Procédures d'exploitation par faible visibilité

M

MERIDE

Méthode d'Évaluation des Risques Industriels des Dysfonctionnements des Équipements

MLS

Microwave Landing System

N

NF

Norme Françaises

NIT

Note d'information technique

NPF

Niveaux de Protection contre la Foudre

Г

PAPI

Precision Approach Path Indicator – Indicateur visuel de précision de pente d'approche

PE

Conducteur de protection

PEN

Conducteur de protection associée au neutre

PERT

Program Evaluation and Review Technic

PSNA

Prestataire de Service de la Navigation Aérienne

PTZ

Pan Tilt Zoom (technologie de caméra vidéo)

R

PTII

Runway Threshold Identification Lights – Feux d'identification de seuil de piste

RTK

Real Time Kinematic - Dispositif permettant de transmettre en temps réel les données de corrections d'une base d'observation aux GPS mobiles.

RVR

Runway Visual Range – Portée visuelle de piste

S

SMGCS

Surface Movement Guidance and Control System – Système de guidage et de contrôle de la circulation de surface

SPF

Système de Protection contre la Foudre

STAC

Service Technique de l'Aviation Civile. www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Т

TBT

Très Basse Tension

TDBT

Tableau de Distribution Basse Tension

TD7

Touch down Zone Fonction de balisage de la zone de touché des roues

TGBT

Tableau Général Basse Tension

TI

Transformateur d'Isolement

TWR

Tour de contrôle

U

UAF & FA

Union des aéroports français et francophones associés

UE

Union Européenne

UTE

Union Technique de l'Électricité

UV

Ultraviolets

V

VdC

Voie de circulation

7.12. TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Barre d'arrêt – aérodrome de Beauvais	16
Figure 2: Feu de protection de piste	17
Figure 3: Poste balisage – aérodrome de Paris CDG	18
Figure 4: Poste source – aérodrome de Châlons Vatry	18
Figure 5: Exemple de distribution "Basse tension"	38
Figure 6: Exemple de distribution "Haute tension"	39
Figure 7: Types de réseaux HTA	40
Figure 8: Distribution interne HTA – aérodrome de Nice	40
Figure 9: Poste balisage – aérodrome de Paris Orly	41
Figure 10: Poste balisage – aérodrome de Toulouse Blagnac	42
Figure 11: Poste HTA – aérodrome de Marseille	43
Figure 12: Transformateur BT/HTA – aérodrome de Nice	45
Figure 13: Groupe électrogène 400 kVA – aérodrome de Saint Pierre	46
Figure 14: TGBT – aérodrome de Paris Orly	48
Figure 15: Supervision de commutateurs statiques aérodrome de Lyon	50
Figure 16: Schéma de principe d'une ASI	51
Figure 17: ASI – aérodrome Saint Denis La Réunion	52
Figure 18: No Break hybride avec accumulateur cinétique – Source HITEC Power Protection	53
Figure 19: Schéma de principe No Break hybride avec accumulateur cinétique – Source Piller	54
Figure 20: Groupe No Break en container – aérodrome de Toulouse Blagnac	55
Figure 21: Ceinturages foudre et pointe captrice – aérodrome de Toulouse Blagnac	56
Figure 22: Batterie de condensateurs BT – aérodrome de Tahiti FAA'A	58

rigure 25: Compensateur d narmoniques sine wave 60A – aerodrome de Paris CDG	59
Figure 24: API énergie – aérodrome de Nice	60
Figure 25: Redresseur chargeur 24 V – aérodrome de Toulouse Blagnac	61
Figure 26: Représentation du temps de commutation	63
Figure 27: Principe de secours de l'alimentation électrique du balisage lumineux	66
Figure 28: Exemple d'architecture électrique d'un aérodrome	67
Figure 29: Principe de secours de l'alimentation électrique du balisage lumineux avec ASI	68
Figure 30: Principe de secours de l'alimentation électrique du balisage lumineux avec ASI dynamique hybride	69
Figure 31: Schéma de principe de mesure du temps de commutation	71
Figure 32: Platine balisage – aérodrome de Paris Orly	72
Figure 33: Régulateurs à thyristors – aérodrome de Pointe-à-Pitre	76
Figure 34: Alimentation des panneaux et feux de protection de piste	79
Figure 35: Regard balisage équipement – aérodrome de Paris Orly	80
Figure 36: Massif indicateur de direction du vent – aérodrome de Paris Orly	82
Figure 37: Saignée sur une piste en béton	83
Figure 38: Panneaux au point d'attente avant piste	85
Figure 39: Feu de point d'attente sur voie de service à Strasbourg	86
Figure 40: Exemple de feux de balisage lumineux	87
Figure 41: Exemple de temps de commutation mesuré lors d'un transfert en mode Secours Inverse sur feu LED	89
Figure 42: Implantation des unités PAPI	92
Figure 43: Unité PAPI sur l'aérodrome de Châlons Vatry	93

Figure 44: Contrôle calage PAPI – aérodrome d'Avignon 94 Figure 45: Schéma de principe de vérification des horizontalités des unités PAPI 96 Figure 46: Schéma de principe de vérification du calage des unités PAPI par la méthode du contrôle en vol 97 Figure 47: Positionnement de la nacelle aérodrome de Toulouse Blagnac 98 Figure 48: Observateur dans la nacelle avec prisme de visée 99 Figure 49: Schéma de principe de vérification du calage des unités PAPI par la méthode de la nacelle 100 Figure 50: Positionnement des équipements lors de la vérification du calage des unités PAPI par la méthode de la nacelle 100 Figure 51: Mesure des positions des axes des lentilles PAPI Méthode du drone – aérodrome de Toulouse Blagnac 101 Figure 52: Station GNSS positionnée sur le seuil Méthode Drone – aérodrome de Toulouse Blagnac 102 Figure 53: Affichage vidéo – Méthode drone 102 Figure 54: Vérification du calage des unités PAPI avec équipement de mesure installé au sol – aérodrome Toulouse Blagnac 103 Figure 55: Schéma de principe vérification du calage des unités PAPI avec équipement de mesure installé au sol 103 Figure 56: Représentation de l'azimut (piste vue de dessus) 123 Figure 57: Représentation du site (piste vue de profil) 123 Figure 58: Schéma de principe d'un balisage lumineux 124 Figure 59: Feux de rampe d'approche 125 126 Figure 60: Feux de rampe d'approche Figure 61: Feux de seuil de piste 127 Figure 62: Feux d'axe de piste 128

Figure 63: Feux de zone de toucher des roues	129
Figure 64: Feux de bord de piste	130
Figure 65: Feux d'extrémité de piste	131
Figure 66: Feux d'identification de seuil de piste (à éclats)	132
Figure 67: Flux lumineux	133
Figure 68: Intensité lumineuse	134
Figure 69: Éclairement	134
Figure 70: Répartition spatiale de référence d'un feu d'approche	135
Figure 71: Mesure manuelle de photomètrie sur un feu de seuil de piste	136

Conception: STAC/Division documentation et diffusion des connaissances

Couverture: © Richard METZGER DGAC/STAC

Crédit photos: © Christian DRÉANO DGAC/STAC, sauf mention

© Richard METZGER DGAC/STAC, pages 98, 101, 102, 103

Illustrations: © Gilles MAQUIN DGAC/STAC

© HITEC Power Protection, page 53

 $\ ^{\circ}$ PILLER, page 54

Janvier 2022



Direction générale de l'Aviation civile service technique de l'Aviation civile CS 30012 - 31 avenue du Maréchal Leclerc 94 385 Bonneuil-sur-Marne CEDEX FRANCE

Téléphone: 0149568000 www.stac.aviation-civile.gouv.fr www.ecologie.gouv.fr