

RÉPUBLIQUE DU CONGO
AGENCE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE



**GUIDE POUR LA MISE EN ŒUVRE D'AIDES
VISUELLES POUR LUTTER CONTRE LES
INCURSIONS SUR PISTE**

Réf : G–DSA– 8160–AGA

	Nom	Fonction	Date	Visa
Rédaction	MOPANGO Tarcisse Romaric	Chef de bureau sécurité des aérodromes	01/09/2025	
Vérification	KONZIKINGUI Brice Nicaise	Chef de Service Normes et Sécurité des Aérodromes	02/09/2025	
	MOTOLY Arcadius Michel	Directeur de la Sécurité Aérienne	04/09/2025	
Validation	MAKAYA-BATCHI Roméo Boris	Directeur Général Adjoint, p.i	05/09/2025	
Approbation	DZOTA Serge Florent	Directeur General de l'ANAC	08/09/2025	

Édition 02 – juin 2025

Niveau de diffusion : ☒ Interne ☒ Externe ☐ Confidentiel



LISTE DE DIFFUSION

N° Copie	Sigle	Destinataire	Format
01	DG	Directeur Général de l'ANAC	P/E
02	DGA	Direction Général Adjoint	P/E
03	CQ	Cellule Qualité	P/E
04	SNSA	Service Normes et Sécurité des Aérodomes	P/E
05	BNA	Bureau Normes des Aérodomes	P/E
06	BSA	Bureau Sécurité des Aérodomes	P/E
07	BAD	Bureau Archives et Documentation	P
08	SNA	Service de la navigation aérienne	P/E
09	AERCO	Direction Générale	P/E
10	ASECNA	Représentation	P/E
11	DIE	Direction des Infrastructures et Equipements	P/E
12	-	Les autres exploitants	P/E
00	DSA	Directeur de la Sécurité Aérienne	P/E
N00		Inspecteurs de supervision de la Sécurité Aérienne AGA	P/E

Observations :

P = Version Papier

E = Version Electronique

N00 = Numéro de la version neutre pour large diffusion

00 = Version originale

9



LISTE DES PAGES EFFECTIVES

Chapitre	Page	N° d'Édition	Date d'Édition	N° de Révision	Date de Révision
LD	2	02	13 Juin 2025		
LPE	3	02	13 Juin 2025		
ER	4	02	13 Juin 2025		
LR	5	02	13 Juin 2025		
TM	6	02	13 Juin 2025		
1	7-8	02	13 Juin 2025		
2	8-10	02	13 Juin 2025		
3	10-11	02	13 Juin 2025		
4	12-13	02	13 Juin 2025		
5	13	02	13 Juin 2025		
6	13	02	13 Juin 2025		
7	13-16	02	13 Juin 2025		
8	17	02	13 Juin 2025		
9	18	02	13 Juin 2025		



ENREGISTREMENT DES REVISIONS

N° de Révision	Date d'application	Date d'insertion	Émargement	Remarques
Ed. 01	2017	30/06/2017		Création.
Ed.02	2025	13/06/2025		Promulgation de la nouvelle réglementation et amendement de toute la structure du document.

LISTE DES RÉFÉRENCES

Référence	Source	Titre	N° Révision	Date de Révision
Décret n°2025-68	PR	Fixant les conditions de création, d'ouverture, de classification, d'exploitation et de fermeture des aéroports ouverts ou non à la circulation aérienne publique	-	11-03-2025
Arrêté 3007	MTACMM	Conception, exploitation technique et la certification des aéroports et hélistations	3 ^{ème} Edition	19 août 2025
Doc. 9774 AN/969	OACI	Manuel de certification des aéroports	1 ^{ère} Edition	2001
P-CQ-2001-ORG	ANAC	Procédure de maîtrise des documents	1 ^{ère} Edition	29 juin 2018



TABLE DE MATIERES

LISTE DE DIFFUSION.....	2
LISTE DES PAGES EFFECTIVES.....	3
ENREGISTREMENT DES REVISIONS	4
LISTE DES RÉFÉRENCES	5
TABLE DE MATIERES	6
1. INTRODUCTION.....	7
1.1 Problématique.....	7
1.2 Méthodologie.....	7
1.3 Etat de l'art.....	8
2. MARQUES.....	8
2.1 Préambule.....	8
2.2 Marques de point d'arrêt avant piste.....	9
2.3 Marques d'obligation.....	9
2.4 Voies de service.....	10
3. FEUX	10
3.1 Préambule.....	10
3.2 Feux de protection de piste.....	10
3.3 Barres d'arrêt	11
3.4 Feux axiaux de voie de circulation.....	11
4. PANNEAUX.....	12
4.1 Préambule.....	12
4.2 Panneaux d'entrée interdite, panneaux d'identification de piste, panneaux de point d'arrêt catégorie I, II ou III, panneaux de point d'arrêt avant piste.....	12
4.3 Panneaux indicateurs de point d'arrêt sur voie de service.....	13
5. ENTRETIEN DES MARQUES, FEUX ET PANNEAUX.....	13
6. SYNTHÈSE.....	13
7. PROJETS D'AIDES VISUELLES.....	13
7.1 Barre d'arrêt	13
7.2 Marquage axial amélioré (enhanced taxiway centreline marking).....	14
7.3 Final Approach Runway Occupancy System (FAROS).....	14
7.4 Runway Status Light System (RWSL).....	15
8. SYNTHÈSE.....	17
9. CONCLUSION.....	18

J



1. INTRODUCTION

1.1 Problématique

Les incursions sur piste constituent un risque majeur sur les aéroports. Les aides visuelles constituent globalement un moyen assez simple de prévenir ces incursions.

Une marque et/ou un balisage lumineux prévient le pilote de la proximité de la piste. Elles doivent ainsi permettre au pilote ou au conducteur de véhicule de rester toujours pleinement conscient de sa situation. Toutefois, l'efficacité de ces aides peut être réduite par les aléas météorologiques (mauvaise visibilité, contamination de la piste et des voies de circulation). De plus, il apparaît que, même en très bonnes conditions météorologiques, les moyens mis en œuvre en termes d'aides visuelles ne suffisent pas à prévenir les incursions sur piste.

L'objectif de ce document est donc de présenter un état de l'art des aides visuelles permettant de prévenir les incursions sur piste. L'état de l'art est basé sur la réglementation et l'expérience.

Avant d'aborder la suite, il convient d'avoir à l'esprit les différents contextes d'exploitation que peut connaître une plateforme aéroportuaire. De façon schématique, on distinguera simplement deux « types » d'exploitation :

- L'exploitation par « conditions d'exploitation dégradée », conditions LVP (low visibility procedure) ou de nuit où l'attention du pilote est focalisée sur l'axe à tenir au roulage et où les vitesses d'évolution sont faibles. Il est clair que la nuit ne présente pas systématiquement de « mauvaises conditions de visibilité », toutefois, vis-à-vis des aides visuelles, on se retrouve dans une situation d'exploitation relativement proche. Cette formulation par abus de langage n'a ici qu'une valeur organisationnelle des cas de figure.
- L'exploitation par bonnes conditions météorologiques de jour où l'attention du pilote est plus dispersée (son regard porte beaucoup plus loin, sur un champ plus large) et les vitesses d'évolutions sont plus élevées.

De même, les incursions sur piste concernent non seulement les pilotes mais également les conducteurs de véhicules qui évoluent sur l'aire de manœuvre. En conséquence, il apparaît que les aides visuelles doivent s'adapter à différents contextes environnementaux et différents acteurs. On s'attachera donc dans la suite du document à revenir en permanence sur ces contextes d'exploitation pour juger de la pertinence de l'aide visuelle. Il sera donc mis en évidence dans chaque cas les bénéfices et inconvénients, sommairement justifiés dans ce document, des aides visuelles étudiées. Bénéfices et inconvénients seront ainsi synthétisés dans un simple tableau en fin de paragraphe.



1.2 Méthodologie

La méthodologie utilisée a consisté à extraire des textes réglementaires nationaux et issus de l'OACI les aides visuelles qui peuvent prévenir les incursions sur piste et à analyser leur utilisation.

Les aides visuelles sont analysées isolément et non comme un système, même si des critères d'harmonisation sont mis en avant.

L'analyse experte porte sur la visibilité et la sémantique de l'aide visuelle dans les contextes d'utilisation. L'analyse se fonde principalement sur des informations documentées et, dans la mesure du possible, référencé.

1.3 Etat de l'art

Les paragraphes suivants décrivent les différents dispositifs d'aides visuelles actuellement mis en œuvre pour prévenir les incursions sur pistes. Ces dispositifs ont été répertoriés à partir de la réglementation internationale (annexe 14 de l'OACI) et de l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025

2 MARQUES

2.1 Préambule

Le balisage par marque est plus utile par bonne condition météorologique de jour. De nuit ou par faible visibilité (conditions LVP), son intérêt est moindre. De même, la visibilité du marquage est réduite par temps de pluie ou tempête de sable, voire complètement nulle si les surfaces sont recouvertes d'eau. La visibilité des marques est similaire pour pilote et le conducteur de véhicule. Seul le point de vue (beaucoup plus bas dans une voiture que dans un cockpit de gros porteur) peut rendre la lecture des marques d'indication plus problématique pour le conducteur de véhicule. Toutefois, la marque d'indication vient renforcer la signalisation par panneau, voire la suppléer en cas d'impossibilité d'installation d'un panneau. En conséquence, on peut imaginer qu'il est plus aisé pour le conducteur de véhicule de se perdre sur la plateforme. Toutefois, cela n'engage a priori pas la sécurité vis-à-vis de l'incursion sur piste.

L'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025 qui reprend les dispositions de l'annexe 14 prévoit une distinction claire entre les marques de voies de circulation, notamment marques axiales et latérales de voie de circulation et de point d'arrêt avant piste, de couleur jaune et les marques de pistes, notamment marques axiales et latérales, de couleur blanche. Cette distinction importante permet une levée de doute pour le pilote ou le conducteur de véhicule et évite par-là même des incursions sur pistes. Il faut tout de même noter que certaines marques sont de couleur jaune sur piste (aire à portance réduite, prolongement d'arrêt, raccordement aux axes de voie de



circulation, aire de demi-tour). Cependant seul le raccordement aux axes de voie de circulation peut porter à confusion car la marque latérale de piste (blanche) peut être interrompue à l'intersection. En conséquence, le changement de couleur marquant l'entrée sur la piste est moins flagrant.

MARQUES : GENERALITES	
Bénéfices	Inconvénients
Distinction piste /voies de circulation	Moins efficace de nuit et par temps de pluie ou tempête de sable ; Inefficace sous l'eau de pluie.
.....	Lisibilité des indications inégale en fonction du point de vue (conducteur de véhicule)
.....	

2.2 Marques de point d'arrêt avant piste

Les marques de point d'arrêt ceinturent la piste et doivent ainsi prévenir toute incursion intempestive : l'entrée sur la piste est clairement matérialisée.

Il existe deux types de point d'arrêt dits configurations A et B dans l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025.

La configuration A est toujours installée : elle l'est au point d'arrêt le plus proche de la piste en cas de points d'arrêt multiples.

La configuration B est utilisée, en cas de points d'arrêts multiples, pour les points d'arrêt les plus éloignés de la piste.

Il est à noter que la multiplication des points d'arrêt nuit à l'efficacité de l'aide visuelle dans la prévention des incursions sur piste. En effet, même si elle est bien visualisée par le pilote ou le conducteur de véhicule, elle peut être mal interprétée (poursuite du roulage dans l'attente du point d'arrêt suivant).

Aussi, il convient de ne pas multiplier le nombre de points d'arrêt avant piste et de les limiter à deux (par accès piste).

Pour les points d'arrêt sur voie de service, le marquage est conforme à la réglementation routière.



MARQUES DE POINT D'ARRET

Avantages

Ceinture la piste

Inconvénients

La multiplication des marques de point d'arrêt nuit à leur efficacité

2.3 Marques d'obligation

Une marque d'obligation (inscription blanche sur fond rouge) est opposée sur la surface de la chaussée dans le cas où il n'est pas possible d'installer physiquement des panneaux des deux côtés de la voie de circulation (ou en complément des panneaux).

L'annexe 14 et l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025 prévoient que la marque d'obligation soit centrée (voie de circulation de code A, B, C et D) voire doublée symétriquement à l'axe (code E et F).

La marque d'obligation renforce la signalisation diurne du point d'arrêt.

MARQUES D'OBLIGATION

Avantages

Renforcement diurne du point d'arrêt

Inconvénients

.....

2.4 Voies de service

Les voies de service bénéficient d'un marquage aux intersections avec la piste : marque de point d'arrêt sur voie de service. Ces marques ne s'appliquent pas aux pilotes mais aux conducteurs de véhicule.

Elles doivent être conformes à la réglementation routière en vigueur. Toutefois, il convient de noter que les voies de service dont l'accès est interdit ne disposent pas de ces marques.

3 FEUX

3.1 Préambule

Vis-à-vis de la prévention des incursions sur piste, les feux de balisages interviennent naturellement par conditions d'exploitation dégradées (de nuit ou en condition LVP) mais également par bonne visibilité (de jour). Les moyens utilisés sont, par contre, différents.



En effet, de jour par bonne condition de visibilité, ce sont des aides visuelles clignotantes (couleur jaune) qui auront la grande efficacité pour alerter le pilote (ou le conducteur de véhicule) de la situation (approche de la piste). En effet, le clignotement jaune est bien visible en vision périphérique. Par très forte luminance, il est évident que les feux seront moins visibles. Les feux fixes rouges ne sont, quant à eux, que d'un intérêt limité par bonne condition de visibilité de jour avec les performances photométriques actuellement requises.

Toutefois, il faut reconnaître que la couleur rouge est plus rapidement reconnue comme telle.

Par temps de pluie ou de tempête de sable lorsque les surfaces sont recouvertes d'eau, les feux suppléent aux marques rendues moins voire plus visibles du tout.

Les feux peuvent être encastrés dans la piste ou les voies de circulation. Dans ce cas, ils peuvent temporairement être masqués par la boue ou le sable. Les feux peuvent aussi être hors-sol, et restent donc visibles même si la piste ou les voies de circulations sont contaminées.

Comme pour les marques, le codage couleur est globalement différent sur la piste et les voies de circulation à l'exception de vert et du rouge qui permet une distinction, et le cas échéant une levée de doute, de la zone d'évolution.

3.2 Feux de protection de piste

Il y a deux configurations de feux de protection de piste permettent de rendre une intersection piste /voie de circulation plus visible. Les feux de protection de pistes sont des feux prévus au titre de l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025. Ce sont des configurations normalisées.

Les feux de configuration A sont constitués de deux paires de deux jaunes clignotants de part et d'autre de la voie de circulation. Ces feux sont plus efficaces lorsque le pilote balaie un large champ visuel, typiquement par bonnes conditions de visibilité.

Cette configuration est sans doute un peu moins efficace dans des situations de voie de circulation assez large et d'avion assez bas : le champ visuel est plus resserré.

Les feux de configurations B sont des feux jaunes clignotants encastrés au travers de la voie de circulation. L'efficacité de ces feux est réelle pour améliorer la visibilité du point d'arrêt. Etant en travers de la voie de circulation, le clignotement attire assez facilement l'attention du pilote ou du conducteur de véhicule aux abords de la piste. Par contre, ils ne peuvent pas être installés quand une barre d'arrêt est déjà installée.

FEUX DE PROTECTION DE PISTE

Avantages	Inconvénients
Renforcement de la visibilité du point d'arrêt	
Efficace en vision périphérique (par bonnes conditions de visibilité) et en « attention dispersée »	

3.3 Barres d'arrêt

Les barres d'arrêt sont obligatoires sur les aérodromes avec pistes homologuées pour approche de précision de catégorie II ou III (sauf conditions particulières). Elles doivent prévenir l'incursion d'avion ou de véhicule à moins de 150 mètres de l'axe de piste. Elles prennent la forme de feux rouges continus encastrés en travers de la voie de circulation.

Les barres d'arrêt sont prévues au titre de l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025, avec des conditions de mise en œuvre légèrement différentes.

Ce genre de feux n'est plus utile par mauvaises conditions de visibilité. Ils ne sont pas forcément visibles par bonnes conditions de visibilité de jour avec les performances photométriques actuelles.

FEUX : BARRE D'ARRET

Avantages	Inconvénients
Renforcement de la visibilité du point d'arrêt	Obligatoire pour les (limités aux) pistes avec approche Cat II ou Cat III et /ou décollage par RVR<150m (hors cas spécifique ; de l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025 les rend obligatoires pour des RVR<550m)

3.4 Feux axiaux de voie de circulation

Les feux axiaux de voie de circulation sont des aides précieuses pour le roulage des aéronefs. Ils assurent un guidage sur les voies de circulation à emprunter. Dans le cadre des incursions sur piste, leur fonctionnement est associé à celui des barres d'arrêt. Un segment de confirmation est éteint quand la barre d'arrêt est allumée. Cela crée naturellement un « espace vide » (sans guidage visuel) qui prévient toute incursion par le pilote ou le conducteur de véhicule.

Toutefois, il faut relever qu'une mauvaise installation peut également être génératrice d'incursion sur piste. Certaines études ont en effet révélé de possibles mauvaises installations, mais

conformes à la réglementation, qui pouvaient conduire à des informations trompeuses fournies aux pilotes.

FEUX AXIAUX DE CIRCULATION	
Avantages	Inconvénients
Fonctions de guidage	Fonctions de guidage Installations potentiellement trompeuses
	Obligatoire par RVR inférieure à 350m

4 PANNEAUX

4.1 Préambule

Des panneaux de signalisation sont installés pour donner une instruction obligatoire, des renseignements sur un emplacement ou une destination particulière sur l'aire de mouvement ou pour donner d'autres renseignements nécessaires pour la circulation de surface de l'aérodrome. Les panneaux destinés à être utilisés de nuit avec une piste aux instruments ou lorsque la RVR est inférieure à 800m sont éclairés. Sur l'aire de mouvement, seuls les panneaux d'obligation comportent la couleur rouge (inscription blanche sur un fond rouge). Ils permettent d'attirer l'attention du pilote sur la proximité de la piste et ainsi de lutter contre les incursions sur piste.

4.2 Panneaux d'entrée interdite, panneaux d'identification de piste, panneaux de point d'arrêt catégorie I, II ou III, panneaux de point d'arrêt avant piste.

Les panneaux sont disposés des deux côtés de la voie de circulation. Les panneaux d'identification de piste et de point d'arrêt catégorie I, II ou III présentent des surfaces importantes. On peut considérer qu'ils peuvent difficilement échapper au champ visuel du pilote. Les panneaux d'entrée et de point d'arrêt avant piste sont plus petits. Il est difficile d'estimer les risques de non perception par pilote, notamment par très bonnes conditions de visibilité de jour et roulage à vitesse élevée.

Toutefois, vis-à-vis des incursions sur piste, c'est réellement la multiplication des points d'arrêt qui peut poser problème.



FEUX AXIAUX DE VOIE DE CIRCULATION	
Avantages	Inconvénients
Visibilité par le contraste et surface	

4.3 Panneaux indicateurs de point d'arrêt sur voie de service

Les voies de services bénéficient d'un panneautage aux intersections avec la piste. Ces panneaux ne s'appliquent pas aux pilotes mais aux conducteurs de véhicule. Ils doivent être conformes à la réglementation routière en vigueur. Toutefois, il convient de noter que les voies de service dont l'accès est interdit ne disposent pas de ces panneaux. Les panneaux retro-réfléchissants sont possibles pour une exploitation de nuit.

5 ENTRETIEN DES MARQUES, FEUX ET PANNEAUX

Afin de maintenir dans le temps leurs performances, les aides visuelles (marques, feux et panneaux) font l'objet d'un entretien préventif régulier.

6 SYNTHESE

L'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025 présentent un large éventail d'aides visuelles permettant de prévenir les incursions sur piste par une bonne signalisation du rapprochement de la piste. Les différentes aides visuelles (marques, feux et panneaux) correspondent à des situations de visibilité différentes.

Cependant, tous les dispositifs prévus par l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025 ne sont pas forcément mis en œuvre ou pleinement mis en œuvre sur les aérodromes. A titre d'exemple, il est possible de généraliser le renforcement de la signalisation d'un point d'arrêt par des marques d'obligation. Dans le cas d'infrastructures complexes, des axiaux allumés par segment peuvent grandement faciliter le guidage des aéronefs au sol et éviter des cheminements erronés, potentiellement à l'origine d'une incursion sur piste. Enfin, les feux de protection de piste, configuration B, sont peu utilisés. Ils semblent pourtant donner de bons résultats.

Pour conclure, il convient de rappeler que, même si l'on dresse ici des cas généraux, chaque aérodrome fait apparaître une problématique qui lui est propre. Il s'avère généralement fructueux de mener au cas par cas les études nécessaires pour trouver, dans le large, le dispositif d'aides visuelles possibles, le moyen le plus efficace dans le contexte local.



7 PROJETS D'AIDES VISUELLES

Divers projets d'aides visuelles ne figurant pas dans l'annexe à l'arrêté 3007 du 19 août 2025 de l'OACI sont à l'étude ou en expérimentation à travers le monde. Ce paragraphe résume très brièvement les projets connus, en donne le principe et exprime un avis critique.

7.1 Barre d'arrêt

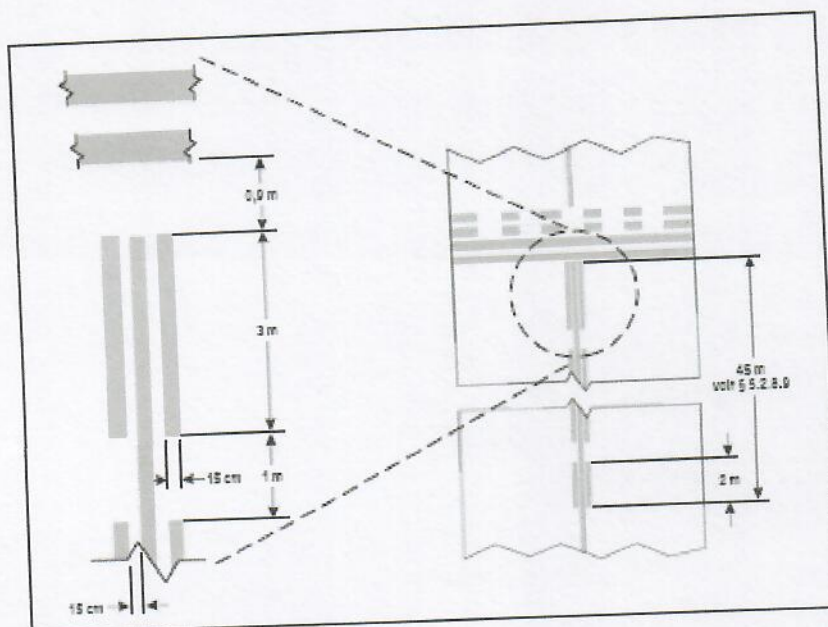
Les barres d'arrêt sont une aide visuelle déjà en place. Toutefois, des études (FAA et Eurocontrol) sont en cours pour étendre leur utilisation 24 heures sur 24. Il convient notamment de revoir les exigences photométriques des feux afin qu'ils soient perçus par forte luminosité.

7.2 Marquage axial amélioré (enhanced taxiway centreline marking)

7.2.1 Principe

Le principe consiste à mettre en place un marquage axial de taxiway distinct à l'approche des points d'arrêt. Plus précisément, la ligne jaune axiale est complétée de part et d'autre d'un marquage pointillé jaune sur une distance pouvant aller jusqu'à 45 mètres en amont d'un point d'arrêt.

Le marquage axial amélioré est illustré dans la figure ci-dessous :



Le projet a été porté par la FAA qui l'a mis en œuvre sur des terrains américains (67 terrains les plus denses). L'annexe 14 recommande la mise en place de marques axiales améliorées de voie de circulation « lorsqu'il est nécessaire d'indiquer la proximité d'un point d'arrêt avant piste ». De fait, l'installation n'est pas obligatoire sur un aérodrome.

République du Congo Agence Nationale de l'Aviation Civile 	GUIDE POUR LA MISE EN ŒUVRE D'AIDES VISUELLES POUR LUTTER CONTRE LES INCURSIONS SUR PISTE	Page : 16 de 22 Révision : 00 Date : 13/06/2025
---	--	---

Toutefois, si elles sont utilisées, elles doivent être présentes à chaque intersection d'une voie de circulation et d'une piste.

7.2.2 Avis critique

Il s'agit d'une aide visuelle supplémentaire qui va surcharger la quantité d'information déjà conséquente au point d'arrêt. Par ailleurs, le marquage amélioré s'étend de 45 mètres à partir du marquage de point d'arrêt schéma A. Cela signifie, pour une piste avec deux points d'arrêt (à 90 et 150 mètres), que le marquage amélioré n'est d'aucune utilité lorsque le point d'arrêt

CATIII est actif. La prise en compte par le pilote d'une information complémentaire pas très porteuse de sens, voire porteuse de confusion, n'est pas évidente.

De même une application non systématique peut au contraire être génératrice d'incursion sur piste (cette remarque est valable, d'une manière générale, pour toutes les aides visuelles).

Par ailleurs, elle pose des problèmes d'application pratique notamment dans les cas de voie de circulation à 45 mètres d'un point d'arrêt mais conduisant à d'autres lieux de la plateforme (croisements). Dans ce cas, le marquage au sol devient confus.

En résumé, il s'agit d'une surcharge d'information pas forcément évidente) à mettre en œuvre et dont les bénéfices ne sont pas évidents. Toutefois, le coût de mise œuvre est réduit.

7.3 Final Approach Runway Occupancy System (FAROS)

7.3.1 Principe

Le principe consiste à améliorer la conscience de la situation des pilotes en approche finale en alertant lorsque la piste est occupée par clignotement du PAPI. Le concept suppose la mise en place d'un système de détection d'occupation de piste. Il a été développé par la FAA.

Le système est également appelé Flashing PAPI.

7.3.2 Avis critique

Le concept a été étudié par simulation. Les résultats ne sont pas très probants mais il faut tenir compte d'un biais de simulation important. Des essais ont également été réalisés sur aéroport (Long Beach, Dallas et peut-être d'autres sites).

Le concept détourne un système existant (le PAPI) de sa fonction première (le guidage sur pente approche). Dès lors il faut se méfier de l'impact des modifications sur la tenue des performances les plus importantes.

Le temps de réponse des unités PAPI basées sur des lampes halogène excluaient toute utilisation clignotante du PAPI (en maintenant les performances photométriques requises). Il est rappelé que les performances photométriques élevées sont requises et justifiées pour la perception de la pente d'approche par mauvaises conditions de visibilité, environnement fortement lumineux et à longue distance.





De plus, le concept suppose la mise en place d'un système de détection d'occupation de piste. Un tel système peut être complexe à mettre en œuvre et de fait limité à un nombre restreint d'aéroport au monde du fait de son coût. On ne trouve d'ailleurs pas d'information détaillée (transpondeur, radar sol etc...) sur le système de surveillance et de détection, élément critique en termes de fiabilité et d'intégrité.

Il est mentionné la possibilité de barrières micro-onde, qui contrôlées par une logique adéquate (pas forcément évidente à mettre au point) pourrait établir l'occupation de la piste. On peut dès lors également s'interroger si les aides visuelles, support simple de communication, sont le meilleur médium pour faire passer une information aussi complexe à établir.

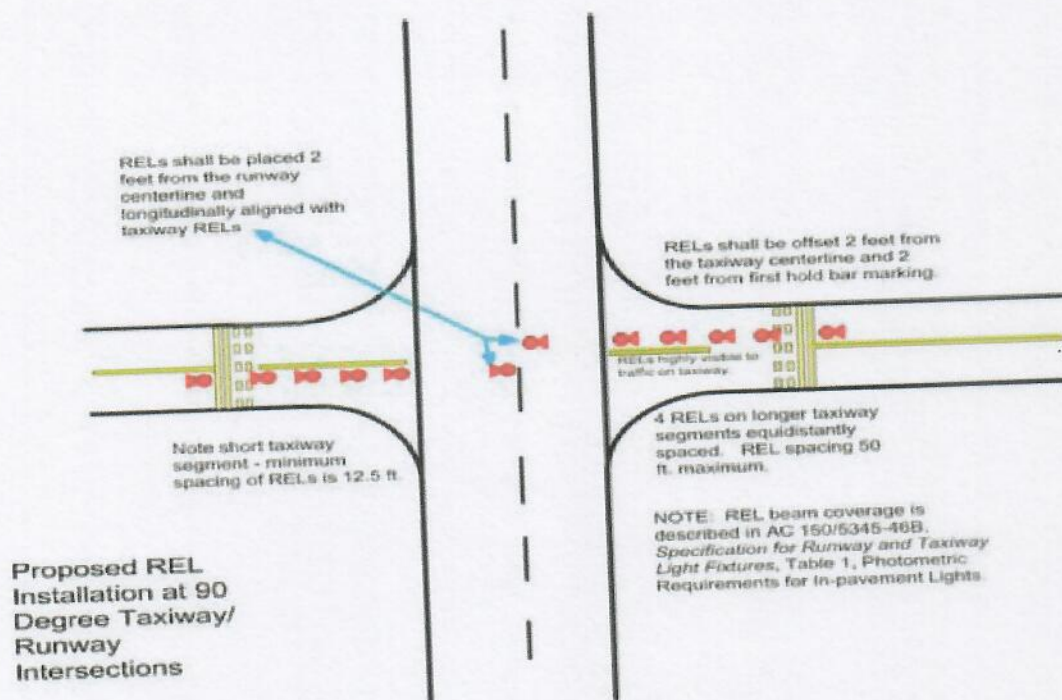
Enfin, le système n'est valable que dans de relativement bonnes situations météorologiques, quand le PAPI est utilisable.

7.4 Runway Status Light System (RWSL)

7.4.1 Principe

Le principe consiste à améliorer la conscience de la situation du pilote par l'ajout de nouveaux feux de piste et de voie de circulation.

Pour prévenir de situations dangereuses liées à l'utilisation de la piste, des feux rouges complémentaires sont installés. Ainsi, des feux rouges supplémentaires (REL : runway entrance lights) sont positionnés en aval du point d'arrêt pour signifier directement au pilote sur le point d'entrer sur la piste ou même en train d'entrer sur la piste, qu'un autre avion est en cours de décollage (au roulage au décollage, au-dessus d'une certaine vitesse) ou en cours d'atterrissage (courte finale) sur cette piste.



Des feux rouges supplémentaires sur l'axe de piste cette fois-ci (THL : take-off hold lights) signalent à l'avion aligné sur la piste, dans le début de piste sur une distance de 450 mètres au moins, que celle-ci n'est pas libre en aval. La signalisation rouge l'engage à interrompre son décollage.

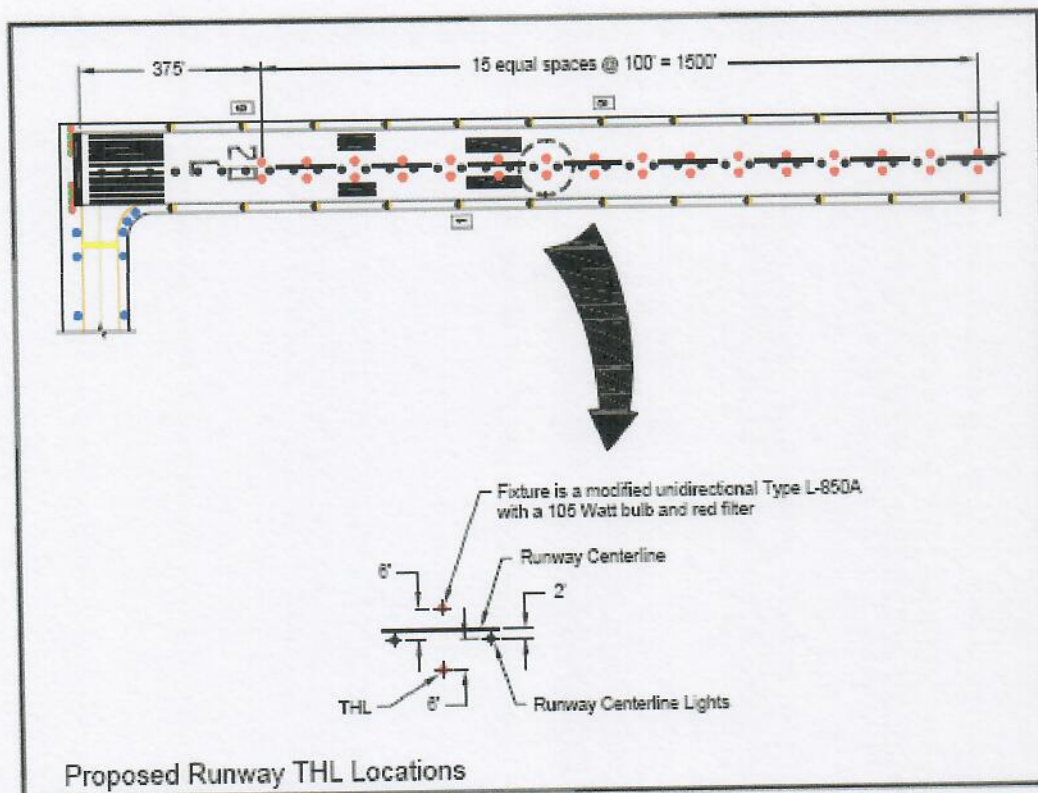


Figure 6. Takeoff/Hold Lights

Le concept suppose la mise en place d'un système mettant en œuvre une logique d'allumage et d'extinction des feux en fonction de la position et du déplacement des aéronefs et véhicules.

Le principe du RWSL provient de la FAA. Il est en service (ou expérimentation) sur les aérodromes de Dallas, San Diego, Los Angeles et Boston. La FAA a décidé d'équiper les principaux aéroports (une vingtaine au total). En France, un projet en cours vise à en installer sur l'aérodrome de Roissy CDG (sur les pistes intérieures).

7.4.2 Avis critique

De par le besoin d'un système de contrôle de mouvements de surface, le coût de mise en œuvre du système RWSL est très important. L'implantation d'un tel système est donc limitée aux aérodromes à très fort trafic, disposant des moyens financiers nécessaires.

Une enquête de la FAA auprès de pilotes fait état d'une réponse favorable en termes de compréhension, acceptabilité et efficacité. La FAA reporte également deux événements d'incursion où les feux THL sont intervenus. Dans les deux cas, il y a eu incursion sur piste. Les feux THL ont permis d'éviter toute conséquence grave (collision de l'appareil au décollage avec l'intrus traversant la piste). Les conditions exactes d'occurrence des incidents ne sont pas connues.

La FAA a défini des performances photométriques spécifiques pour les feux THL et REL, avec des intensités largement supérieures aux feux de barre d'arrêt, qui remplissent globalement les mêmes fonctions que les feux REL, mais aussi supérieures aux feux d'axe de piste rouges, assez proches quant à eux des THL. Le VAWG n'a pas étudié la technologie sous-jacente de logique de contrôle des feux (hors de son périmètre de compétence) ni réellement les besoins en termes de performances photométriques.

Par mauvaises conditions de visibilité, il est clair que le système sera largement perçu par le pilote. Toutefois, ce n'est pas dans ces conditions de visibilité que les incursions sur piste sont les plus nombreuses, au moins en valeur absolue.

Par bonnes conditions météorologiques, il est plus difficile d'envisager une réelle plus-value du concept.

En effet, par de bonnes conditions de visibilité, l'attention visuelle du pilote est reportée sur de longue distance : il est peu évident que les feux rouges soient très visibles par forte luminosité. Les aides visuelles clignotantes sont plus remarquables dans le champ visuel périphérique. Enfin, l'installation longitudinale de feux rouges n'est pas la plus significative pour marquer le besoin d'arrêt. Certes la couleur rouge engage en ce sens.

Toutefois, les pilotes sont habitués à rouler le long d'une ligne lumineuse rouge en fin de piste. Une organisation transversale des feux est en sens plus significative mais, il est vrai, elle doit être complétée par un autre moyen pour avertir le pilote du danger une fois la ligne traversée.

Enfin, le système RWSL est à envisager dans son ensemble, depuis les moyens de surveillance jusqu'au signal lumineux en passant par les logiques d'analyse et les systèmes de commande. La performance de la chaîne complète doit être suffisante pour avertir les pilotes avant la réalisation de l'incursion.



8 SYNTHÈSE

Les nouveaux concepts proposés font souvent appel à des technologies plus ou moins évoluées :

- ❖ Du simple marquage dont le coût est très faible mais qui ne fonctionne qu'en bonnes conditions diurnes : il constitue un complément d'aides visuelles à étudier pour prévenir des incursions de piste.
- ❖ Du système de détection d'intrusion relativement simple à mettre en œuvre, au coût plus élevé, commandant deux flash : il intervient en tout début d'incursion sur piste et est à ce titre relativement pédagogique. L'attention des équipages ou des conducteurs de véhicules doit être maintenue sur les aides visuelles. Par ailleurs, il s'adapte à une large gamme de conditions météorologiques. Son utilisation est, de par son coût ; limité à des plateformes plus grandes. Il nécessite potentiellement une modification des méthodes de travail des contrôleurs.
- ❖ Du système de surveillance et de contrôle, au coût vraiment très élevé, commandant une gamme de feux plus étendues (RWSL) : de par son coût, ce système est limité à un nombre restreint d'aéroports. Il constitue une barrière complémentaire pour prévenir des incursions sur piste dans les conditions météorologiques pas forcément encore bien cernées. Il agit également en barrière pour limiter, le cas échéant, les conséquences d'une incursion sur piste.

On se rend compte que les aides visuelles, moyens de communication globalement simples, peuvent ainsi être mises en bout de chaîne de système complexes de détection d'intrusion (ou de détection de décollage ou d'atterrissage en cours). Cela permet d'avertir directement le pilote (ou conducteur de véhicule), acteur de premier niveau, qui peut envisager immédiatement une modification de la conduite à tenir. Toutefois, il convient de garder à l'esprit qu'il ne faut pas dégrader les fonctions actuelles des aides visuelles existantes ni surcharger le pilote d'informations diverses au travers d'un médium vecteur de l'information critique de guidage.

D'un autre côté, on peut émettre l'hypothèse de l'affichage (affichage visuel ou signal sonore) d'une d'information directement dans le cockpit. Cela présente l'intérêt d'ajouter de nouvelles fonctionnalités plus complexes sans toucher aux fonctionnalités basiques du balisage lumineux. Par contre, l'affichage de nouvelles informations dans le cockpit doit s'accompagner de consignes claires et partagées par tous les équipages.



9 CONCLUSION

Il apparaît que les réglementations nationale et internationale prévoient déjà de nombreux dispositifs visuels permettant de lutter contre les incursions sur piste.

Marquage et panneauage restent un moyen simple globalement efficace de lutte contre les incursions sur piste par bonnes conditions de visibilité de jour. Ils fournissent l'information pertinente au pilote vigilant à son environnement.

Par mauvaises conditions de visibilité ou de nuit, l'utilisation d'aides visuelles lumineuses s'impose. Le panneauage conserve son intérêt dans la mesure où il est éclairé. Des feux doivent renforcer ou suppléer le marquage.

Dans les deux cas, le pilote doit être conscient de la situation. Pour cela, il convient d'aborder les aides visuelles sous une approche systématique. Le système constitué par les aides visuelles doit rester suffisamment simple, avec des fonctions clairement définies et compatibles entre elles pour être parfaitement comprises des pilotes et conducteurs de véhicules. Ainsi, la surcharge d'aides visuelles doit être abordée avec précaution afin de ne pas nuire l'intelligibilité du message, d'une part et éviter la sous-vigilance (la multiplication des garde-fous conduit avec le temps avec une baisse de vigilance des pilotes), d'autre part. L'acteur humain doit rester au cœur du système dans la mesure où c'est lui qui dirige l'avion ou le véhicule.

Enfin, là où le risque est le plus important, il convient d'envisager la mise en place de systèmes plus perfectionnés de protection en cas d'intrusion. L'acteur humain reste faillible mais peut néanmoins corriger rapidement son erreur, quand il s'agit de l'acteur de première ligne (pilote ou conducteur de véhicule) si la lui met en évidence. Sur ces nouveaux systèmes, il n'y a pas d'évolution méthodique.

Ils sont expérimentés avant d'être éventuellement standardisés. L'expérimentation présente malheureusement l'inconvénient d'être biaisée. Les effets immédiats sont entachés d'un effet « nouveauté » profitable dans le court terme (effet placebo) mais pas du tout garanti à plus long terme.