

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Sand Djalil de Blida
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'aéronautique de Blida

05/106
E*2

Projet de Fin d'Etude en vue de l'Obtention du Diplôme des Etudes
Universitaires appliquées en aéronautique (D.E.U.A)

Option : avionique

Réalisé par :
LAHRECHE Bahia
SAADI Nadia

Encadré par :
Mr. RAHIM Mohammed

2006-2005

Remerciements

Ils vont, tout d'abord, à Allah qui a insufflé en nous la vie et nous a comblés de ses bienfaits ;

Ils vont aussi à chers parents qui furent un exemple d'agrégation et de sacrifice pour que ce travail puisse voir le jour ;

Ils vont à notre promoteur M. Rahim qui nous constamment soutenu et à M. Djalel ;

Ils vont à tous les professeurs que nous avons connus durant notre cursus universitaire ;

Ils vont enfin à ceux et toutes celles qui, de près ou de loin.

DEDICACES



*Je dédie ce modeste travail, fruit de mes années
d'étude à :*

*L'être que j'aime le plus au monde, ma source de force
et de persévérance, ma mère qui ma toujours soutenue et
m'encourage pour travailler plus et réussir ;*

Mon père qui j'aime beaucoup ;

Mes frères : Omar et Kamel ;

*Mes sœurs : Karima, Khaoula, Khalissa, Sara,
Nassima et son époux Saïd ;*

Mes grandes mères et mon grand père ;

Mes tantes et mes oncles ;

*Mon binôme Bahia et toute sa famille surtout la
petite Hinde ;*

Tous mes amis et mes collègues à l'université surtout :

*Amina, Asma, Amel (4), Dalila, Fatma (3), Fella, Oum El
Kheir, Tchakchouka, Yakouta, Samir, Nâaman, Fateh,
Khalef, Kamel, Walid et Hassen.*

*Tous ceux qui par leurs encouragements et leurs
soutiennent m'ont permis de réaliser ce travail.*

Nadia

DEDICACES



*Enfin est arrivé le moment pour prouver mon amour
à ce que j'ai de plus précieux au monde.*

*Pour cela je dédie ce modeste travail, fruit de mes
années d'étude à :*

*L'être que j'aime le plus au monde, ma source de force
et de persévérance, ma mère qui ma toujours soutenue et
m'encourage pour travailler plus et réussir ;*

Mon père qui j'aime beaucoup ;

Mes frères : Mohammed El Amine et Youness ;

Mes sœurs : Wissam et Hinde ;

Ma grande mère ; Mes tantes et mes oncles.

*Une dédicace spéciale à : ma tante Lila et sa fille
Khadidja ;*

*Mon binôme Nadia et toute sa famille surtout
Karima, Khaoula ;*

*Tous mes amis et mes collègues à l'université surtout :
Amel Siham, Khadidja, Kaltoum, Yakouta ; Faiza ; Adel ;
Hassen ; Walid ; Brmahi*

*Tous ceux qui par leur encouragement et leur soutien m'ont
permis de réaliser ce travail.*

Bahia.

Liste des abréviations

- **A.O.T** : Autorisations d'occupation Temporaires.
- **A.S.D** : Distance Utilisable pour l'Accélération et l'Arrêt.
- **B.I** : Basse Intensité.
- **C.W.Y** : Prolongement Dégagé.
- **D.M.E** : Equipement Mesureur de Distance.
- **H.D** : Hauteur de Décision.
- **H.I** : Haute Intensité.
- **I.F.R** : Vol aux Instruments.
- **I.L.S** : Système d'Atterrissage aux Instruments.
- **I.T.A.C** : Instruction Technique des Aérodrômes Civil.
- **L.D.A** : Distance utilisable à l'Atterrissage.
- **M.T.O.W** : Masse Totale au Décollage.
- **P.A.P.I** : Indicateur Visuel de Pente d'Approche
- **R.E.S.A** : Aire de Sécurité d'Extrémité de Piste.
- **R.V.R** : Portée Visuelle de Piste.
- **S.W.Y** : Prolongement d'Arrêt.
- **T.O.D.A** : Distance Utilisable au Décollage.
- **T.O.R.A** : Distance de Roulement Utilisable au Décollage.
- **U.H.F** : Ultra Haute Fréquence.
- **V.F.R** : Vol à Vue.
- **V.H.F** : Très Haute Fréquence.
- **V.O.R** : Radiophare Omnidirectionnel V.H.F.
- **W.G.S** : Système Géodésique Mondiale.

Résumé

Résumé :

Notre mémoire a pour but de connaître la parfaite manière d'obtenir une exploitation rigoureuse des aéroports et ceci par la garantir d'une meilleure accessibilité possible en toute sécurité, et quelque soit les conditions météorologiques, en traitant le contrôle aérien et les systèmes de balisage.

ملخص:

يهدف موضوع مذكرتنا إلى معرفة الطريقة المثلى للاستعمال المنتظم للمطارات، وهذا بضمان أفضل نفاذ ممكن في كل أمن ومهما كانت الظروف الجوية بالتطرق إلى مراقبة الملاحة الجوية وأنظمة الإشارات.

ABSTRACT :

This memory is for knowing the most perfect monner in order to have the reglar exploitation of the arport by the posibal best accessibility guranty in all security ,and in any meteorologic conditions, we traited the airy control and the balisage system.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures et des tableaux

Introduction

CHAPITRE I : Généralités sur les aérodromes

I.1. Introduction.....	1
I.2. Définition d'un aéroport.....	1
I.3. Aérodrome.....	1
I.3.1. Définition d'un aérodrome.....	1
I.3.2. Régimes juridiques.....	1
I.3.2.1. Les aérodromes créent par l'Etat.....	2
I.3.2.2. Les aérodromes non créent par l'Etat.....	2
I.3.3. Classification des aérodromes.....	3
I.3.3.1. Classification définie par l'I.T.A.C.....	3
I.3.3.2. Classification définie par l'O.A.C.I.....	3
I.3.4. Présentation de l'aérodrome.....	5
I.3.5. Les activités d'un aérodrome.....	8
I.3.6. Renseignements sur les aérodromes.....	9
I.4. Conclusion.....	11

CHAPITRE II : L'aéroport et le contrôle aérien

II.1. Introduction.....	12
II.2. Le but de contrôle aérien.....	12
II.3. Les différents type de contrôle aérien.....	13

II.3.1. Le contrôle en route.....	14
II.3.2. Le contrôle d'approche.....	14
II.3.3 Le contrôle d'aérodrome.....	15
II.4. La tour de contrôle.....	15
II.4.1. Généralités et définitions.....	15
II.4.2. Les fonctions d'une tour de contrôle.....	17
II.5. Système de télécommande et de surveillance du balisage lumineux.....	18
II.6. Conclusion.....	23

CHAPITRE III : Les caractéristiques des pistes aéroportuaires

III.1. Introduction.....	24
III.2. Définition de la piste.....	24
III.3. Types des pistes.....	25
III.4. Présentation de la piste.....	26
III.5. Caractéristiques physiques.....	28
III.5.1. Pistes.....	28
III.5.2. Accotements de piste.....	35
III.5.3. Bandes de piste.....	35
III.5.4. Prolongement d'arrêt.....	37
III.5.5. Prolongement dégagé.....	37
III.5.6. Raquette de retournement.....	37
III.6. Compte rendu de l'état de la surface de la piste.....	38
III.7. Conclusion	38

CHAPITRE IV : L'approche et le balisage

IV.1. Introduction.....	39
IV.2. Notions sur les opérations d'approche et de décollage.....	39
IV.2.1. La hauteur de décision ou hauteur critique (HD).....	39
IV.2.2. La portée visuelle de piste (RVR).....	40
IV.2.3. L'approche et l'atterrissage en condition de vol à vue.....	42
IV.2.4. L'approche et l'atterrissage en condition de vol aux instruments.....	42

IV.3. Les différents types d'aides.....	43
IV.3.1. Aides radioélectriques.....	43
IV.3.2. Les aides visuelles.....	49
IV.3.2.1. Signalisation.....	49
IV.3.2.2. Indicateurs visuels de pente d'approche.....	54
IV.3.2.3. Le balisage.....	57
IV.4. Système de contrôle et de commande de balisage lumineux à la vigie.....	73
IV.3. Conclusion.....	76

Introduction

L'aéronef qui se rapproche du sol se rapproche d'un grand nombre de dangers tels que les obstacles (naturels et artificiels).

Donc, tout pilote, dont l'appareil est en approche finale, a besoin des aides visuelles qui lui permettront d'assurer un atterrissage sûr et précis même en visibilité dégradée par des précipitations, du brouillard ou tout autre météore.

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

Dans ce mémoire on s'intéressera en particulier aux différentes configurations possibles d'une piste pour une meilleure exploitation aéroportuaire.

Le premier chapitre donne des généralités sur les aérodromes civiles et leurs classifications ainsi que leurs caractéristiques.

Dans le deuxième chapitre on présentera les liens entre l'aéroport et le contrôle du trafic aérien en général, son but et ses services.

Alors que le troisième chapitre sera consacré aux caractéristiques des pistes aéroportuaires avec des schémas très détaillés et bien expliqués.

Au quatrième et dernier chapitre, on présentera l'approche et le système de balisage des pistes aéroportuaires à savoir :

- ❖ L'approche classique à vue (**VFR**).
- ❖ Et piste avec approche aux instruments (**IFR**).

CHAPITRE I

Les Généralités sur aérodromes

I.1. Introduction :

L'aérodrome constitue une zone d'activités qui joue un rôle économique, social et qui engendre des contraintes techniques et environnementales. D'une part, il constitue bien souvent un enjeu pour le développement économique d'une région car il est au cœur du transport de passagers et de marchandises (fret), crée de nombreux emplois dans des domaines techniques, commerciaux entre autre et favorise le développement d'infrastructures (réseaux autoroutiers, ferroviaire par exemple). D'autre part, son activité génère des contraintes (servitudes aéronautiques et radioélectriques, zones de dégagement) et des nuisances (sonores notamment). La conception d'un aérodrome doit donc tenir compte de ce contexte tout en respectant les contraintes techniques liées à son activité même : l'accueil de passagers, le stationnement, la maintenance d'aéronefs, le transport de marchandises. De plus l'aérodrome doit être aménagé et équipé de façon à garantir les conditions de sécurité maximum lors des arrivées, des départs et de circulation au sol, car l'aéronef qui se rapproche du sol, se rapproche d'un grand nombre de dangers tels que les obstacles.

Dans le but de former des connaissances générales sur l'aérodrome, on vous propose dans le présent chapitre quelques notions de base.

I.2. Définition d'un aéroport :

C'est un ensemble d'installations de transport aérien destiné à faciliter l'arrivée et le départ des aéronefs, à aider la navigation aérienne, à assurer l'embarquement, le débarquement et l'acheminement des voyageurs, des marchandises, et du courrier postal transporté par air.

I.3. Aérodrome :

I.3.1. Définition d'un aérodrome :

C'est la surface définie sur terre ou sur mer (comprenant bâtiment, installations et matériel), destinée à être utilisée en totalité ou en partie pour l'arrivée, le départ et les évolutions des aéronefs à la surface.

I.3.2. Régimes juridiques :

Il existe deux grandes catégories d'aérodromes :

- Les aérodromes créent par l'Etat ;
- Les aérodromes créent par une personne autre que l'Etat.

I.3.2.1. Les aérodromes créent par l'Etat :**a) La régie directe :**

L'Etat gère directement les installations qu'il a lui-même créées.

b) Les établissements publics :

Un établissement public est une personne publique :

- Qui est, en principe, rattachée à une collectivité publique (établissements publics et /ou locaux) ;
- Qui est contrôlée par l'Etat

c) Les autorisations d'occupation temporaires (A.O.T) :

Pour une courte durée, l'Etat confie à un tiers la gestion de l'aérodrome. Il ne doit s'agir que d'une situation transitoire.

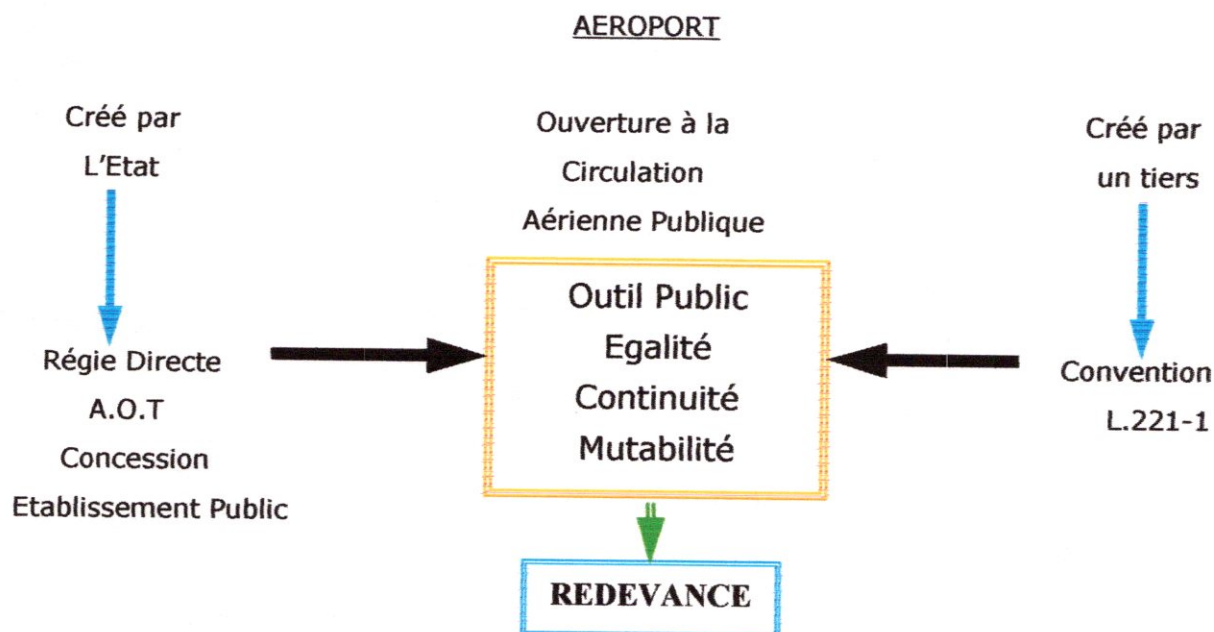
d) Les concessions aéroportuaires :

C'est l'acte par lequel une personne publique confie à une personne morale ou physique de droit public ou privé, appelée concessionnaire, la gestion d'un service public.

En contrepartie des obligations qu'il accepte, le concessionnaire est autorisé à percevoir une redevance aux prés des usagers qui bénéficient du service rendu ou de l'occupation du domaine.

I.3.2.2. Les aérodromes non créent par l'Etat :

Si l'aérodrome est ouvert à la circulation aérienne publique alors il existe une convention entre l'Etat et le créateur, qui est appelée « la convention L.221.-1 ».



I.3.3. Classification des aérodromes :

Elle est définie selon l'I.T.A.C « Instructions Technique des Aérodromes Civil » et l'O.A.C.I. « Organisation de l'Aviation Civile International », comme suit :

I.3.3.1. Classification définie par l'I.T.A.C :

Celle-ci ne retenant pour critères –pour les aérodromes recevant un trafic commercial –que la longueur d'étape au départ et l'utilisation possible ou non de la plate-forme « en toutes circonstances », des adaptations durent lui être apportées afin d'intégrer les paramètres relatifs à la nature et à l'importance du trafic auquel est destiné l'aérodrome et aux performances des aéronefs appelés à le fréquenter et à ses particularités d'exploitation. Cette classification est la suivante :

- **Catégorie A** : long-courriers toutes circonstances : supérieur à 3000Km ;
- **Catégorie B** : moyen courrier toutes circonstances : supérieur à 1000Km et inférieur à 3000Km ;
- **Catégorie C1** : courtes distances : inférieur à 1000Km.
- **Catégorie C2** : tourisme ;
- **Catégorie D** : formation /école, sports, tourisme, courtes distances ;
- **Catégorie E** : décollage vertical ou oblique ;

I.3.3.2. Classification définie par l'O.A.C.I. :

L'utilisation de la classification du code de l'Aviation Civile pour définir des spécifications techniques permettant d'établir à proximité des aérodromes des servitudes aéronautiques.

a. Classement des aérodromes selon leur emploi :

Ce classement regroupe :

- Des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Des aérodromes réservés à l'usage d'administration de l'état ;
- Des aérodromes réservés à usage restreint ;
- Des aérodromes à usage privé.

b. Classement des aérodromes suivant leurs caractéristiques :

Depuis quelques années, les caractéristiques géométriques des aérodromes ne découlent plus de la longueur des étapes ou de la possibilité de l'utilisation « tout temps », mais sont conditionnées par l'avion le plus exigeant y faisant escale.

Les paramètres tels que : la masse totale au décollage, l'envergure, l'écartement des essieux, la longueur de décollage détermineront le code de référence.

Il va sans dire que chacun de ces paramètres est défini par des normes internationales (O.A.C.I. Annexe 14 Convention de Chicago 1982).

- Le chiffre de code correspondant à l'élément 1 est déterminé en fonction de la plus grande des distances de référence des avions aux quels la piste est destinée.
- La lettre de code relevant de deux critères, celle devant être choisie sera, lorsque l'envergure est la largeur hors tout du train principal de l'avion le plus exigeant placent celui-ci sur deux lignes différentes, la lettre commandant celle de ses deux lignes qui correspond aux caractéristiques les plus élevée.

Elément de code 1		Elément de code 2		
Chiffre de code (1)	Distance de référence de l'avion (2)	Lettre de code (3)	Envergure (4)	Largeur hors tout du train principal (5)
1	Moins de 800m	A	Moins de 15m	Moins de 4,5m
2	De 800m à 1200m exclus	B	De 15m à 24m exclus	De 4,5m à 6m exclus
3	De 1200m à 1800m exclus	C	De 24m à 36m exclus	De 6m à 9m exclus
4	1800m et plus	D	De 36m à 52m exclus	De 9m à 14m exclus
		E	De 52m à 65m exclus	De 9m à 14m exclus

Tableau I.1 : La signification du code de référence.

• **Exemple :**

Des caractéristiques de performances et de dimensions de quelques types d'avions actuellement en service, ainsi d'ailleurs que les codes de références correspondantes, sont donnés dans le tableau ci-après :

Avion	type	MTOW (kg)	Envergure (m)	Voie (m)	Lettre de code	Longueur de décollage (m)	Chiffre de code
A310-300	Jet Bi	165000	44,84	9,60	D	2240	4
B737-300	Jet Bi	56470	28,90	5,23	C	1600	3

I.3.4. Présentation de l'aérodrome :

L'aérodrome comprend deux parties principales : l'aire de mouvement et les zones des installations. De plus, il est indissociable de son environnement aérien et de son environnement terrestre.

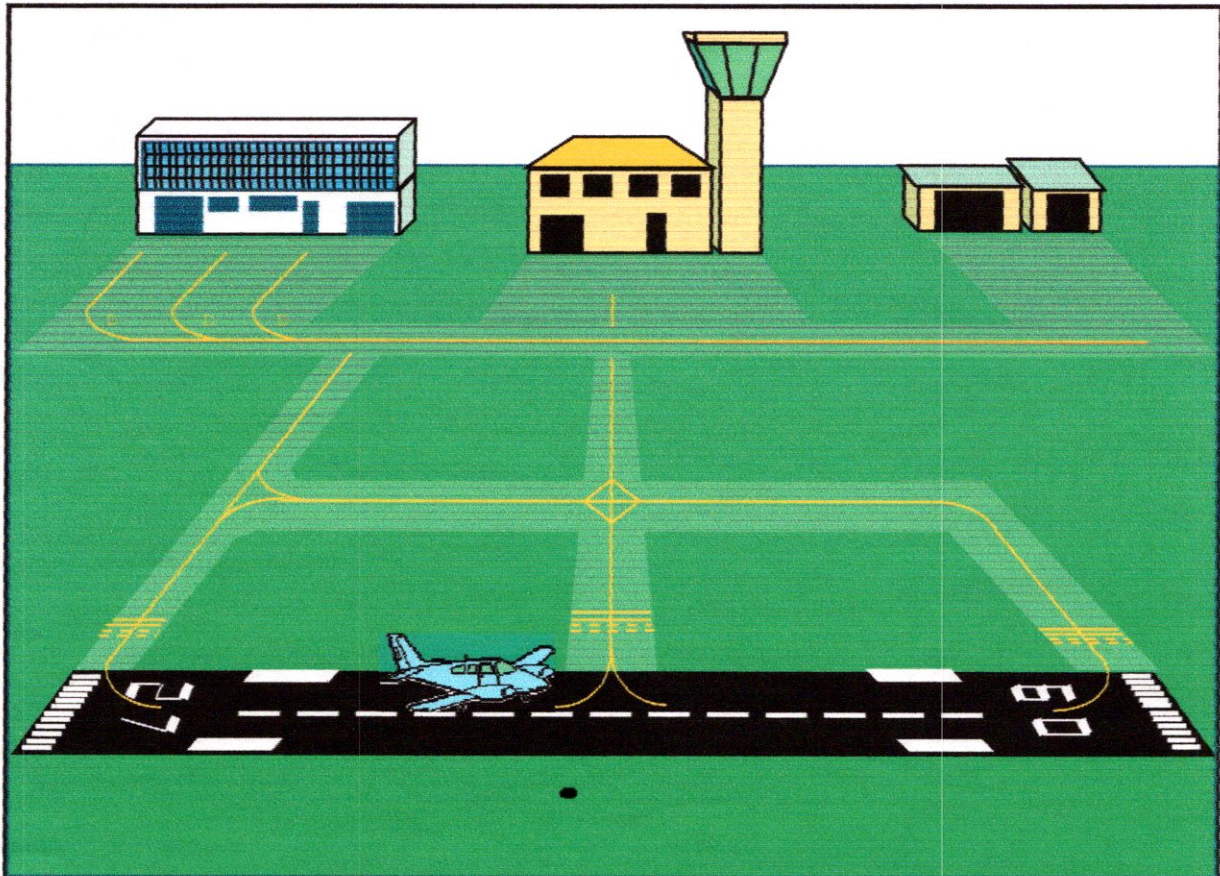


Fig.I.1 : Eléments constitutifs d'un aérodrome.

I.3.4.1.L'aire de mouvement :

L'aire de mouvement comprend l'ensemble des parties aménagées (toutes les infrastructures) de l'aérodrome destiné aux opérations d'atterrissage, de décollage et d'évolution des aéronefs lors de leurs mouvements au sol.

- ❖ **L'aire de manœuvre :**

C'est une partie d'une surface d'aérodrome utilisée pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic. Il comprend :

- **La piste et ses abords :**

- La bande de piste : Aire définie dans laquelle est comprise la piste ou l'aire d'atterrissage, ainsi que le prolongement d'arrêt ;
- La (ou les) piste (s).

- **Les voies de circulation d'avions et leurs bandes :**

Voies définies sur une aire de manœuvre, aménagées pour assurer la sécurité et la rapidité des mouvements des aéronefs. On distingue généralement sur ces voies de circulation :

- Bandes de voies de circulation : une voie de circulation est comprise dans une bande ;
- L'entrée-sortie de piste : permettant aux aéronefs d'accéder à la piste ou de la quitter ;
- Voies de relation : permettant le déplacement des aéronefs entre les entrées-sorties de piste et les aires de trafic ;
- Voie de sortie rapide : C'est une voie de circulation raccordée à une piste suivant un angle aigu, elle est utilisée pour l'acheminement des avions de et vers la piste avec des vitesses assez importantes par rapport au celui prise par les autres voies de sortie, ce qui permet de réduire au minimum la durée d'occupation de piste ;

Il faut également doter les pistes de ces voies en nombre suffisant pour accélérer les mouvements des avions à destination et en provenance de piste.

- Point d'attente : point déterminé où les aéronefs circulant à la surface s'arrêtent et attendent à moins d'autorisation contraire de la tour de contrôle ;
- L'aire d'attente : peut notamment être aménagée à proximité d'un point d'attente précédant une entrée de piste de manière à permettre aux aéronefs de s'immobiliser sans interdire la circulation d'autres aéronefs.

- **L'aire de trafic :**

C'est l'aire définie sur un aérodrome terrestre destinée à recevoir les aéronefs pendant les opérations d'escale et plus généralement de la mise en condition de ceux-ci entre deux vols, pour l'embarquement ou le débarquement des passagers, le chargement ou le

déchargement des marchandises et du courrier postal transporté par air aussi pour la reprise de carburant ou l'avitaillement en ; et qui comprend :

▪ **Les voies de circulation d'aire de trafic :**

C'est une partie d'un réseau de voies de circulation qui est située sur une aire de trafic et destinée à matérialiser un parcours permettant de traverser cette aire. Cette partie contient :

- Les voies de desserte : les voies de relation deviennent des voies de desserte lorsqu'elles bordent ou traversent les aires de stationnement. Elles font alors partie de l'aire de trafic et désignées comme voies de circulation et destinées seulement à permettre l'accès à un poste de stationnement d'aéronef ;
- Voie de service : Route de surface aménagée sur l'aire de trafic et destinée à l'usage exclusif des véhicules ;
- Point d'attente sur voie de service : point déterminé où les véhicules peuvent être enjoins d'attendre.

▪ **Les aires de stationnement (les postes de stationnement) :**

Emplacements désignés sur une aire de trafic destinés à être utilisés pour le stationnement des aéronefs.

L'aire de trafic peut se différencier suivant ses fonctions en :

▪ **L'aire de trafic d'aérogares passagères :**

C'est une aire désignée pour la manœuvre et le stationnement des avions, sur laquelle les passagers effectuent leur embarquement et leur débarquement. Cette aire peut également être utilisée pour l'avitaillement ou l'entretien des avions y stationnant ainsi que pour y charger et décharger le fret, la poste et les bagages ;

▪ **L'aire de trafic d'aérogare fret :**

Elle est prévue pour des avions ne transportant que du fret ou de la poste ;

▪ **L'aire de garage :**

C'est une aire destinée au stationnement des avions pendant les périodes où ils ne sont pas utilisés commercialement. L'aire de garage peut toutefois être mise à contribution en période de trafic de pointe et doit, par suite, être conçue en conséquence. Son équipement à cette fin peut par contre être simplifié ;

- **L'aire d'entretien :**

Elle est aménagée sur les grands aérodromes commerciaux en tête de ligne, sur laquelle les transporteurs aériens choisissent d'installer leurs services d'entretien. La conception de cette aire est naturellement à examiner en liaison avec ces services.

(Voir figure I.2).

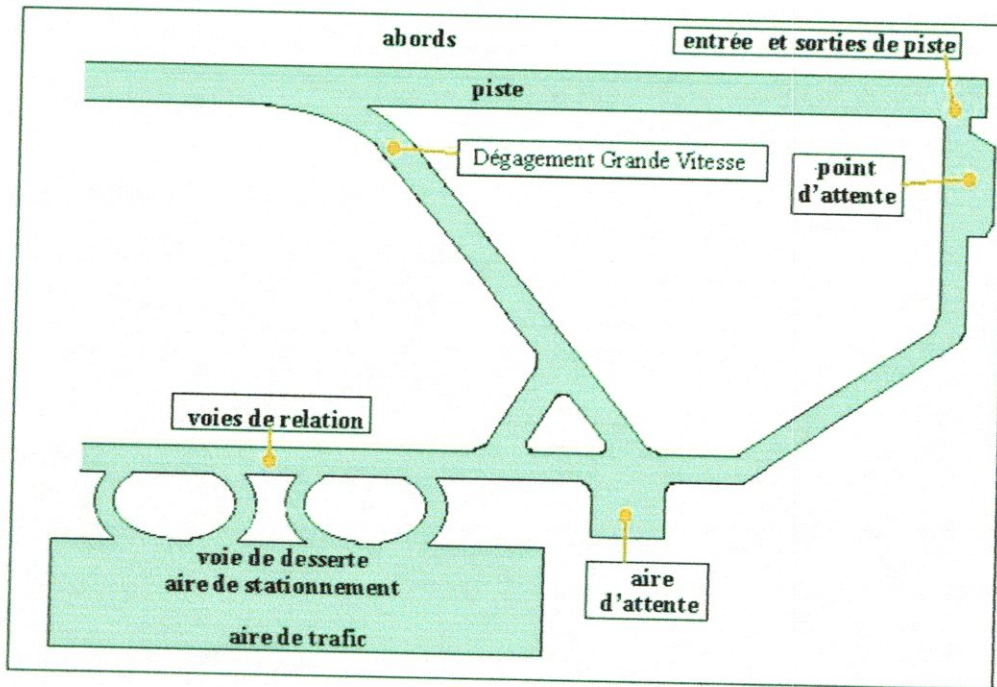


Fig.I.2 : Aire de mouvement.

I.3.5. Les activités d'un aérodrome :

Un aérodrome peut être le siège de nombreuses activités : transport aérien, aviation de voyage, école de pilotage, entraînement aérien, vol à voile, activités militaires diverses, etc. Certains aérodromes peuvent avoir simultanément des activités civiles et militaires (Bordeaux, par exemple).

I.3.5.1. Transport aérien :

Le transport aérien constitue l'activité principale des aéroports importants : il peut s'y effectuer aussi bien des personnes que pour des marchandises (s'il s'agit de fret aérien), que pour la poste. Il existe différents types de vols : des vols réguliers et des vols à la demande (charters).

I.3.5.2. Aviation de voyage d'affaires :

Il s'agit de permettre à des avions privés d'effectuer des vols à destination ou au départ de l'aéroport. En générale, ce sont des avions légers (type Cessna 310) ou biréacteurs (type Falcon) de faible capacité.

I.3.5.3. Aviation de tourisme, école de pilotage :

Il s'agit de vols effectués en général sur des avions légers à hélice, la plupart du temps monomoteur. Cette activité comprend l'entraînement des pilotes privés (tours de piste) et les voyages d'entraînement ou d'agrément ; (on appelle aviation générale l'aviation de tourisme et de voyage).

I.3.6. Renseignements sur les aérodromes :**I.3.6.1. Coordonnées géographiques :**

Les coordonnées géographiques (latitude et longitude) seront déterminées selon le système géodésique mondial -1984 (WGS-84).

Si les coordonnées géographiques obtenues dans le système WGS-84 manquent de précision il faut les signaler au service d'information aéronautique concerné.

Le degré de précision des mesures des données de navigation opérationnelles obtenues par différentes phases de vol se situera à l'intérieur des écarts maximaux, comme il est indiqué ci-après :

- a) Obstacles significatifs situés dans les aires d'approche et de décollage dans l'aire d'approche indirecte et au voisinage de l'aérodrome et la position des aides de radionavigation situées sur l'aérodrome : trois mètres.
- b) Seuils et points axiaux des pistes : un mètre.
- c) Points axiaux des voies de circulation et de poste de stationnement d'aéronef : 50mètres.
- d) Points de référence d'aérodrome : 30mètres.

I.3.6.2. Point de référence d'aérodrome :

Un point de référence sera déterminé pour chaque aérodrome. ce point est situé à proximité du centre géométrique initial de l'aérodrome.

I.3.6.3. Altitude d'un aérodrome:

C'est l'altitude du point le plus élevé sur l'aire d'atterrissage. elle sera mesurée et communiquée en arrondissant la valeur obtenue en mètre ou en pied le plus proche.

I.3.6.4. Température de référence d'aérodrome :

Elle est déterminée en degrés Celsius. la température de référence à considérer est la moyenne mensuelle des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud de l'année. cette température devrait être à la valeur moyenne obtenue sur plusieurs années.

I.3.6.5. Caractéristiques dimensionnelles des aérodromes et renseignements connexes :

Les données suivantes sont mesurées selon le cas, pour chaque aérodrome :

- a) piste: orientation vraie, numéro d'identification, longueur, largeur, emplacement du seuil décalé, pente type de surface, type de piste ;
- b) Bande : largeur, longueur, aire de sécurité d'extrémité de piste, type de surface, prolongement d'arrêt ;
- c) Voies de circulation : identification, largeur, type de surface.
- d) Aire de trafic : type de surface, poste de stationnement d'aéronef ;
- e) Limites de l'aire relevant du service de contrôle de la circulation aérienne ;
- f) Prolongement dégagé : longueur, profil de sol ;
- g) Aides visuelles pour les procédures d'approche, marques et feux de piste, de voies de circulation et d'aire de trafic, de guidage et de contrôle sur les voies de circulation et sur les aires de trafic ;
- h) Emplacement et fréquence radio de tout point de vérification VOR d'aérodrome ;
- i) Emplacement et identification des itinéraires normalisés de circulation au sol.

Ces coordonnées géographiques sont mesurées en degrés, minutes, secondes et en centième de seconde.

I.3.6.6. Emplacements destinés à la vérification des altimètres avant le vol :

Un ou plusieurs emplacements destinés à la vérification des altimètres avant le vol sont déterminés pour chaque aérodrome. Cet emplacement doit être situé sur une aire de trafic. l'altitude indiquée pour cet emplacement est l'altitude moyenne arrondie en mètre ou en pied le plus proche de cette valeur.

L'altitude d'une partie quelconque d'un emplacement destiné à la vérification des altimètres avant le vol est située à moins 30m (10ft) de l'altitude moyenne de cet emplacement.

I.3.6.7. Etat de l'aire de mouvement des installations connexes :

L'état de l'aire de mouvement et le fonctionnement des installations connexes sont surveillés et des comptes rendus sont communiqués sur les questions intéressant l'exploitation ou influant sur les performances des aéronefs, notamment sur ce qui suit :

- a) Travaux de construction ou d'entretien ;
- b) Parties irrégulières ou détériorées de la surface d'une piste, d'une voie de circulation ou d'une aire de trafic ;
- c) Présence de neige fondante ou glace sur une piste ou voie de circulation ou une aire de trafic ;
- d) Présence d'eau sur une piste ;
- e) Congères ou amoncellement de neige à proximité d'une piste, d'une voie de circulation ou une aire de trafic ;
- f) Présence d'agents chimiques liquides de dégivrage (déglaçage) sur piste ou une voie de circulation ;
- g) Autres dangers y compris les avions en stationnement ;
- h) Panne de fonctionnement de la totalité ou d'une partie des aides visuelles de l'aérodrome ;
- i) Panne de l'alimentation électrique permanente ou auxiliaire.

I.4. Conclusion :

Le cœur d'un aéroport est la vaste zone de mouvement qui va de la piste à l'aire de trafic en passant par les voies de circulation, ces installations doivent être conçues de façon plus rigoureuse. Quelques renseignements sur les aérodromes ; leurs classifications ; et leurs infrastructures qui constituent les pierres angulaires d'un aéroport, celles qui déterminent sa forme et ses dimensions constituent donc une partie importante de ce chapitre.

II.1. Introduction :

Le contrôle de trafic aérien est une activité récente qui s'est développée à partir des années cinquante. Il est devenu un système complexe, en raison de ses caractéristiques humaines et techniques, du nombre de ses acteurs, et l'exigence de toujours plus de sécurité. Il doit continuellement s'adapter pour accompagner une croissance soutenue du transport aérien.

La tour de contrôle de l'aéroport constitue le maillon le plus connu de la chaîne du contrôle aérien qui garde chaque appareil sous surveillance, de l'installation dans la cabine au débarquement des passagers.

II.2. Le but de contrôle aérien :

Le contrôle aérien est un ensemble de services rendus aux aéronefs afin d'aider à l'exécution sûre, rapide et efficace des vols. Les services rendus sont au nombre de trois, appelés « services de la navigation aérienne » :

II.2.1. Le service de contrôle de la circulation aérienne :

C'est un service assuré dans le but de prévenir les collisions entre les aéronefs et le sol ou les véhicules d'une part, et les abordages entre aéronefs d'autre part. Il consiste aussi à accélérer et ordonner la circulation aérienne.

II.2.2. Le service d'information de vol :

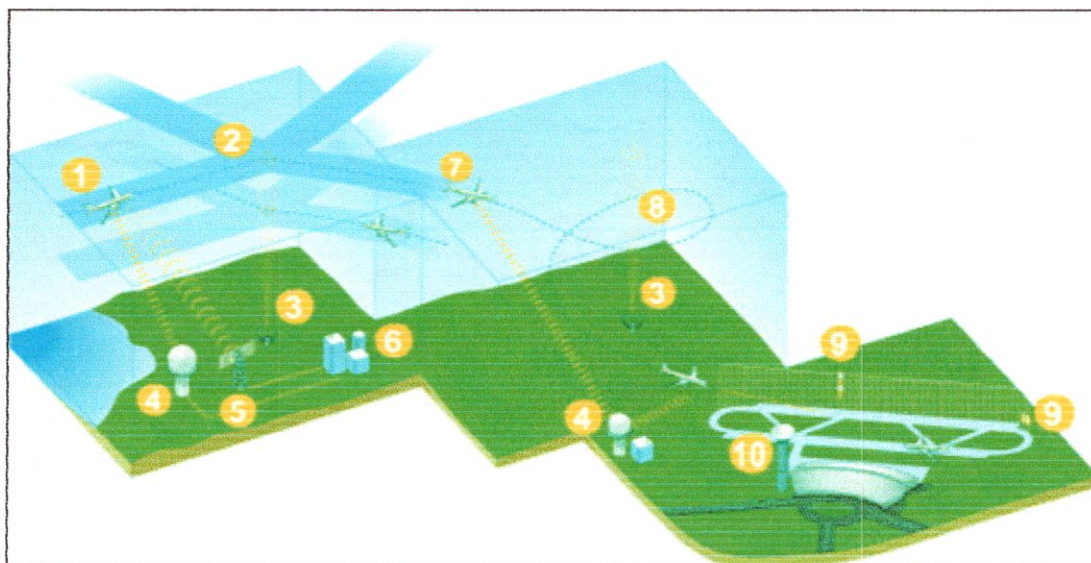
Il est assuré dans le but de fournir les avis et les renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace du vol : informations météorologiques, information sur l'état des moyens au sol de navigation, information sur le trafic (quand le service de contrôle n'est pas assuré dans cette zone).

II.2.3. Le service d'alerte :

Il est assuré dans le but d'alerter les organismes appropriés lorsque les aéronefs ont besoin de l'aide des organismes de secours et de sauvetage, et de prêter à ces organismes le concours nécessaire.

Pour assurer ces services, un organisme (tour de contrôle, centre en route,...) est mis en place.

II.3. Les différents types de contrôle aérien :



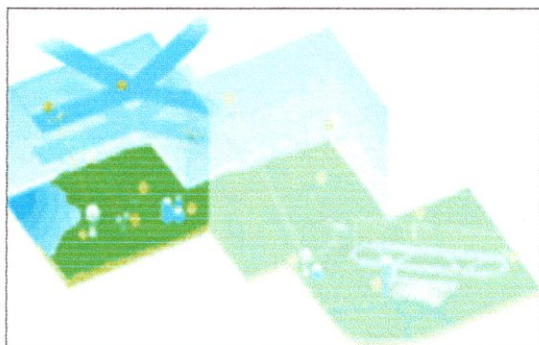
- 1-Avion entrant dans un secteur de contrôle,
- 2-Couloir aérien,
- 3-Balise radio,
- 4-Radar mono-impulsion,
- 5-Émetteur/récepteur radio,
- 6-Centre en route de la navigation aérienne,
- 7-Avion entrant dans un secteur d'approche,
- 8-Circuit d'attente,
- 9-Balise pour l'atterrissage aux instruments (ILS),
- 10-Tour de contrôle et radar de contrôle au sol.

Fig. II.1 : La procédure de contrôle d'un aéronef.

Ces types ont été différenciés car les compétences requises, les règles applicables, et les moyens techniques nécessaires ne sont pas les mêmes, par exemple : le contrôle en route nécessite un radar, tandis que l'outil principal en contrôle d'aérodrome est la vue. En plus les

problèmes sont donc beaucoup éparpillés et aléatoires, par exemple : en approche, tous les avions veulent aller au même endroit (la piste), par contre en route, les avions ont tous des provenances et destinations différentes. Ces différences, ont conduit à la classification suivante :

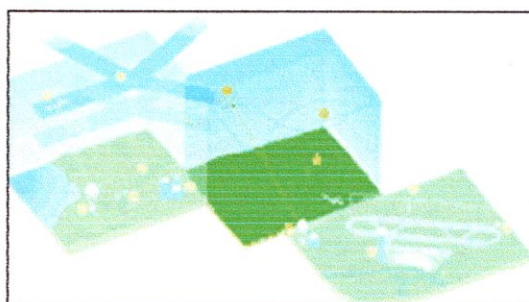
II.3.1. Le contrôle en route :



Sa mission est d'assurer les services de la circulation aérienne en croisière c à d gérer la progression des avions évoluant en dehors des zones proches des aéroports. Il contrôle en particulier le trafic le long des routes aériennes.

Les contrôleurs ne voient pas les avions mais disposent de tous les paramètres qui leur permettant de suivre chaque appareil ; sa position, son altitude et sa vitesse s'affichent sur un écran grâce au radar, et sont confirmées par les communications radio avec le pilote.

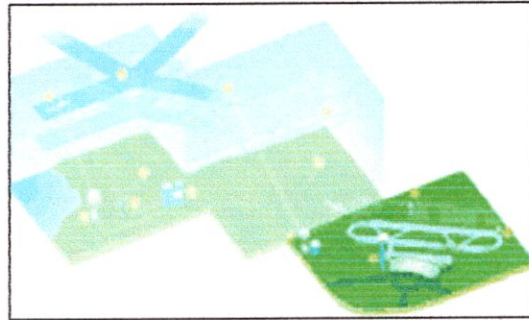
II.3.2. Le contrôle d'approche :



Il prend le relais du contrôle en route pour gérer la phase de descente de l'avion jusqu'à une altitude comprise entre 11 et 18km de piste. Donc ce contrôle assure les services de la circulation aérienne aux abords d'un aérodrome. Cette étape est particulièrement délicate car les avions rejoignent une même trajectoire en direction des pistes.

Les contrôleurs sont généralement situés dans la vigie d'une tour de contrôle ou dans une salle radar spécialement aménagée dans la tour de contrôle.

II.3.3. Le contrôle d'aérodrome :



Il assure les services de la circulation aérienne autour d'un aérodrome. Sa principale attribution est la gestion de la piste d'atterrissage. Ses services sont rendus depuis la vigie d'une tour de contrôle. Cette vigie de la tour de contrôle prend en charge les avions lorsqu'ils ont été alignés par le contrôle d'approche.

Les contrôleurs d'aérodrome surveillent visuellement la phase finale de vol avec l'utilisation d'un système d'aide à l'atterrissage (ILS) pour suivre la trajectoire avec précision.

II.4. La tour de contrôle :

II.4.1. Généralités et définitions :

La tour de contrôle est l'organe le plus visible de toute la chaîne dédiée au contrôle aérien. C'est à partir d'elle que les contrôleurs de ciel opèrent pour guider les avions dans les phases de vol lié au survol de l'aéroport : Instructions pour les phases finales d'approche et délivrance de l'autorisation d'atterrir ; délivrance de l'autorisation de décollage et instruction pour rejoindre le couloir aérien défini dans le plan de vol de l'avion.

Elle est placée de manière à pouvoir suivre visuellement les évolutions des avions sur les voies de circulation et sur les pistes. C'est elle qui gère, en fonction des conditions météorologiques, les choix des pistes à utiliser et l'activation du balisage lumineux au sol.

En effet, les tours de contrôle aéroportuaires doivent, pour être pleinement fonctionnelles, répondre à certaines exigences spécifiques : localisation ; hauteur ; servitudes aéronautiques et radioélectriques ; Liaisons fonctionnelles avec le bloc techniques ; équipements spécifiques ; performances qualitatives renforcées dans la vigie (acoustique, thermique, éclairage, vitrages, ...). Il est très important de respecter ces exigences si l'on veut

assurer de bonnes conditions à l'exercice du contrôle d'aérodrome dont le double enjeu : sécurité/efficacité du transport aérien, est fondamental.

Une tour de contrôle est constituée de l'ensemble :

- La vigie : où s'exerce le contrôle d'aérodrome, parfois disposée directement sur un bâtiment, mais c'est assez rare. ;
- Le fût (ou les fûts, car il peut y en avoir plusieurs) : comprend généralement un escalier ; un ascenseur monte-charge des gaines techniques, etc.... Les dispositions préventives de sécurité incendie (coupe feue, sas, ...) doivent garantir de bonnes conditions d'évacuations ;
- Le bloc technique : c'est le bâtiment situé en pied de tour, où se trouvent les salles techniques et bureaux qui doivent être proches de celles-ci. Sa composition est variable, mais on y trouve le plus souvent : les services techniques de maintenance ; les bureaux du contrôle aérien ; les locaux vie ; les locaux de formation ; les bureaux du district de l'aviation civile ; le bureau de piste. (Voir figure II.2).



Fig.II.2 : Représentation de la tour de contrôle.

II.4.2. Les fonctions d'une tour de contrôle :

La conception d'une tour de contrôle doit lui permettre d'assurer des fonctions définies au niveau de l'organisation de l'aviation civile (O.A.C.I). Ces fonctions sont présentées dans le document édité par l'O.A.C.I « Gestion du trafic aérien (procédures pour les services de navigation aérienne) ».

II.4.2.1. Généralités :

Les tours de contrôle d'aérodrome transmettront des renseignements et des autorisations aux aéronefs placés sous leur contrôle dans le but d'assurer l'acheminement sûr, ordonné et rapide de la circulation aérienne sur l'aérodrome ou aux abords de celui-ci afin de prévoir les collisions entre :

- Les aéronefs en vol dans la zone de responsabilité désignée de la tour de contrôle y compris les circuits d'aérodrome ;
- Les aéronefs évoluant sur l'aire de manœuvre ;
- Les aéronefs en train d'atterrir ou de décoller ;
- Les aéronefs et les véhicules évoluant sur l'aire de manœuvre ;
- Les aéronefs sur l'aire de manœuvre et les obstacles se trouvant sur cette aire.

Les contrôleurs d'aérodrome surveilleront constamment tous les vols au-dessus de l'aérodrome ou aux abords de celui-ci ainsi que les véhicules et les personnels sur l'aire de manœuvre. Une veille sert maintenue par observation visuelle ; dans les conditions de faible visibilité, celle-ci sera renforcée par radar, si celui-ci est disponible.

II.4.2.2. Les différents postes de contrôle aérien :

Les fonctions d'une tour de contrôle d'aérodrome peuvent être assurées par différents postes de contrôle ou de travail, tel que :

- **Poste de contrôleur d'aérodrome** : normalement chargé des mouvements sur la piste et des aéronefs en vol dans la zone de responsabilité de la tour de contrôle d'aérodrome ;
- **Poste de contrôleur sol** : normalement chargé de la circulation sur l'aire de manœuvre, à l'exception des pistes ;
- **Poste de délivrance des autorisations** : normalement chargé de la délivrance des autorisations de mis en route de moteurs et des autorisations ATC pour les vols IFR au départ.

II.5. Systèmes de télécommande et de surveillance du balisage lumineux :

➤ Poste de contrôle et de commande :

Les aérodromes sont équipés d'un système de contrôle et de commande du balisage. Ce système permet de commander tous les dispositifs de balisage lumineux de l'aéroport (piste, voies de circulation, ext.). Il se trouve généralement dans un centre appelé « centre de contrôle », il est équipé par fois avec un système de visualisation (virus) qui permet à l'équipe assurant la maintenance des installations électrique et de balisage de contrôler et de commander le réseau d'énergie et de balisage et d'intervenir en cas de défaillance d'un équipement.

A l'aide d'un réseau de commande à distance, les contrôleurs de la tour de contrôle peuvent commander directement l'allumage et l'extinction du balisage et modifier l'intensité, généralement ce réseau est une liaison filaire directe (par fils de commande) ou bien par liaison indirecte (modem par exemple).

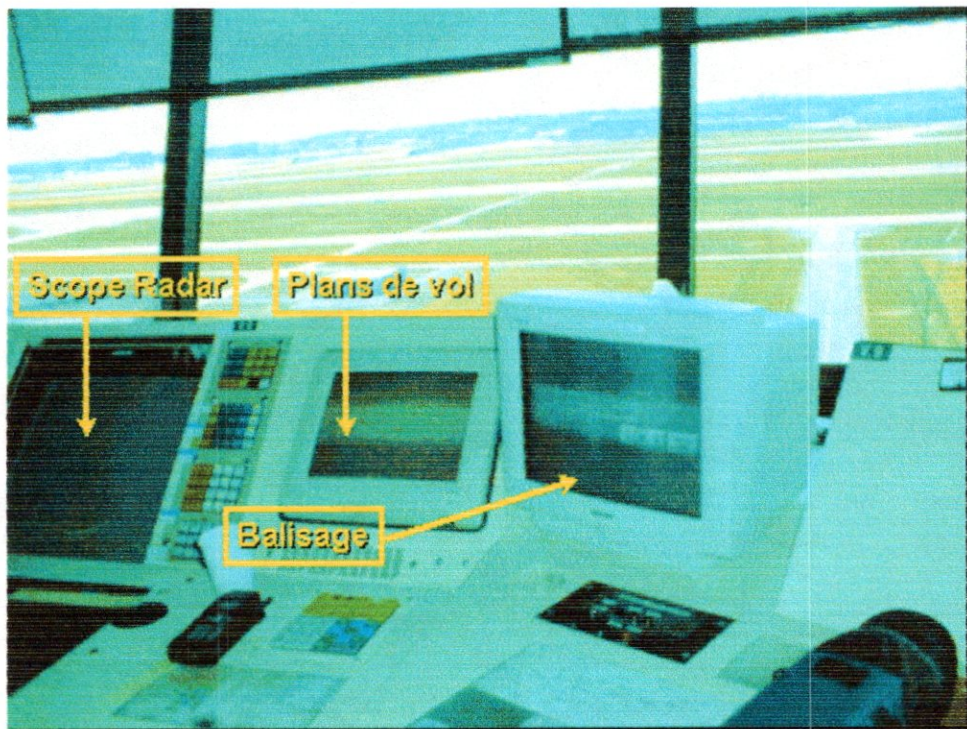


Fig. II.3 : Le poste de télécommande du balisage à la vigie.

➤ **Le pupitre :**

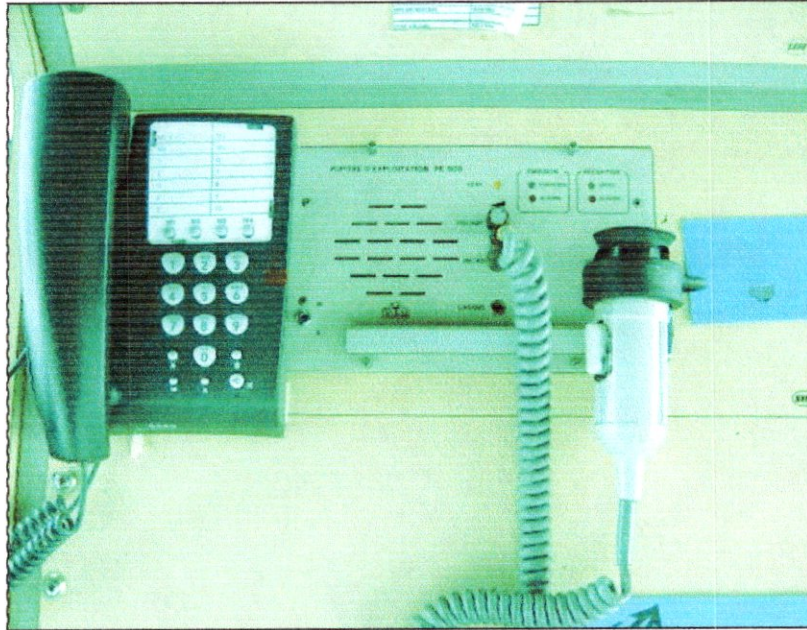
Le pupitre de la tour regroupe les principaux équipements dont il se sert pour dispenser l'information de vol.



Fig. II.4 : Le pupitre de la vigie de tour de contrôle.

Voici en détail ce qui le compose :

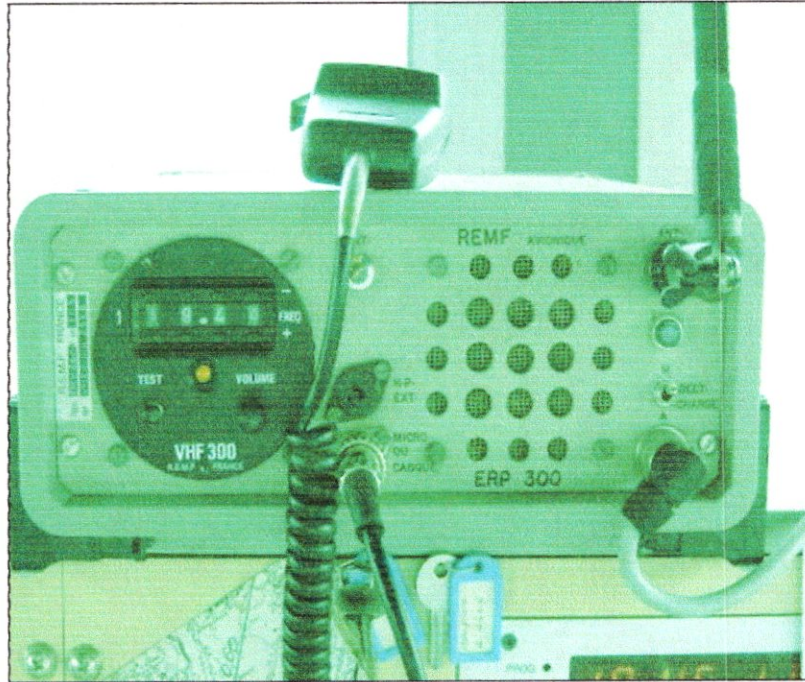
- 1) Un émetteur récepteur radio VHF principal ;



- 2) Un émetteur récepteur radio VHF secondaire : celui-ci assure la veille de sécurité. En cas de défaillance de l'émetteur récepteur principal, le service est assuré par cette radio qui devient « radio de secours » ;



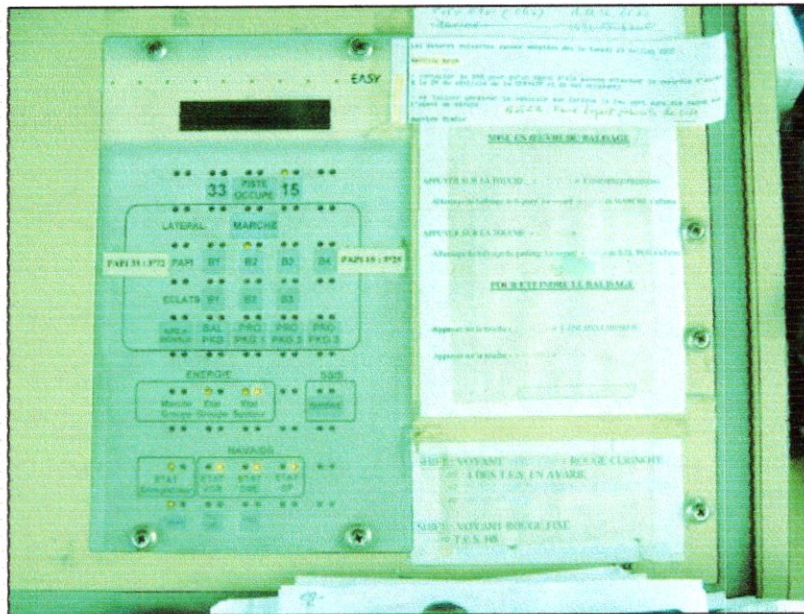
- 3) Un troisième émetteur récepteur est prévu en cas de panne importante. Celui-ci contient sa propre batterie d'alimentation, son antenne autonome et peut éventuellement être déplacée à volonté. Cet équipement est complété par un émetteur récepteur portatif « talkie-walkie » bande aviation ;



- 4) Deux instruments de grande précision nous donnent la pression atmosphérique au niveau du terrain et au niveau de la mer (indispensables aux aéronefs pour connaître leurs altitudes) ainsi que la force et la direction du vent ;



- 5) Les commandes de balisage de piste ainsi qu'une série d'alarme sont regroupées sur un pupitre à commande digitale ;



- 6) Pour traiter le trafic, chaque aéronef est répertorié sur un strip. Ce dernier est placé à un endroit précis du tableau de strips pour visualiser la position d'un aéronef dans le circuit de piste ;



- 7) Une horloge radio indique l'heure GMT au second près ;



II.6. Conclusion :

Concrètement, le contrôle aérien, pour le contrôle d'aérodrome, est exercé dans des blocs techniques des plates-formes aéroportuaires depuis une vigie (tour de contrôle). Il concerne la gestion des pistes et l'aide au décollage ou à l'atterrissage des aéronefs. Le contrôle d'approche se fait dans des salles de contrôle d'approche et a trait aux phases d'approche ou d'éloignement des pistes jusqu'au vol de croisière. Pour le contrôle en route qui concerne la phase de vol de croisière, ce service est rendu dans des centres en route de la navigation aérienne.

Le contrôle aérien comprend aussi la gestion de l'espace aérien (définition des routes aériennes, partage de l'espace avec les aéronefs militaires) et la fourniture d'informations aéronautiques ou météorologiques dans les espaces non contrôlés, au sein desquels évoluent les vols dits « à vue » (par exemple l'aviation légère exercée à titre privé).

III.1. Introduction :

Après avoir donné une idée générale sur l'aérodrome et son contrôle, nous allons détailler plus notre étude en traitant la piste qui est considérée comme l'un des éléments majeurs d'une plate-forme aéroportuaire.

La piste est acquise d'une manière spéciale et associée à des exigences rigoureuses parce qu'elle est le siège de phases les plus critiques (l'atterrissage et le décollage), donc le moyen de garantir la meilleure accessibilité à l'aérodrome.

III.2. Définition de la piste :

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

Les grands cotés de ce rectangle sont appelés bord de piste, ses petits cotés extrémités de piste et son axe longitudinal axe de piste.

La piste est inscrite dans une bande aménagée en terrain naturel ayant le même axe que la piste. Cette bande qui est inscrite dans une bande dégagée qui est de même longueur, doit être débarrassée de tout obstacle naturel ou artificiel qui pourrait représenter un danger lors du survol à faible hauteur par un avion effectuant une approche interrompue. (Voir figure III.1).

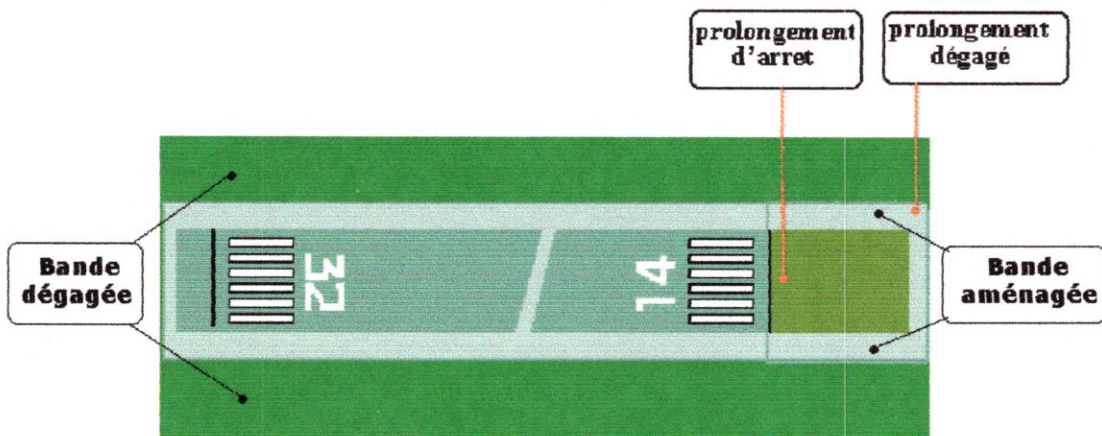


Fig.III.1 : Définition d'une piste.

III.3. Type des pistes :

III.3.1. Pistes aux instruments :

C'est une piste destinée aux aéronefs qui utilisent des procédures d'approche aux instruments. Ce peut être :

III.3.1.1. Une piste avec approche classique :

C'est une piste aux instruments desservie par des aides visuelles et une aide non visuelle assurant au moins un guidage en direction satisfaisant pour une approche en ligne droite.

III.3.1.2. Une piste avec approche de précision, catégorie I :

C'est une piste aux instruments desservie par un ILS (système d'atterrissage aux instruments), un MLS (système d'atterrissage hyperfréquence) ou les deux et des aides visuelles destinées à l'approche avec une hauteur de décision au moins égale à 60m (200ft) et avec une visibilité d'au moins 800m ou une portée visuelle de piste au moins égale à 550m. Cette catégorie contient trois rampes d'approche : simplifié; normale; recommandé.

III.3.1.3. Une piste avec approche de précision, catégorie II :

C'est une piste desservie par un ILS ou un MLS ou les deux et les aides visuelles et destinée à l'approche avec une hauteur de décision inférieure à 60m (200ft) mais aussi au moins égale à 30m (100ft), et une portée visuelle de piste au moins égale à 350m.

III.3.1.4. Une piste d'approche de catégorie III :

C'est une piste aux instruments desservie par un ILS, un MLS ou les deux, jusqu'à la surface de la piste et le long de cette surface, et :

- destinée à l'approche avec une hauteur de décision inférieure à 30m (100ft), ou sans hauteur de décision et une portée visuelle de piste inférieure à 200m mais au moins égale à 50m ;
- destinée à être utilisée sans hauteur de décision ni limites de portée visuelle de piste.

III.3.2. Piste à vue :

C'est une piste destinée aux aéronefs effectuant une approche à vue.

III.3.3. Piste de décollage :

C'est une piste qui est réservée seulement au décollage des aéronefs.

III.3.4. Piste quasi-parallèle :

C'est une piste sans intersection dont les axes prolongés présentent un angle de convergence ou de divergence inférieur ou égal à 15°.

III.3.5. Piste principale :

C'est une piste utilisée de préférence aux toutes les fois que les conditions le permettent.

III.3.6. Pistes croisées :

Les croisements de pistes ne permettent pas de satisfaire toutes les règles de profil en long et de profil en travers applicables à chacune des deux pistes. Il convient alors, tout en assurant l'écoulement des eaux de pluie, d'appliquer prioritairement aux profils en long de chaque piste les dispositions correspondant à son code de référence.

Dans le cas du croisement de deux pistes de code différents, on peut toutefois admettre des aménagements du profil en long de la piste de code inférieur et en particulier une réduction des rayons de courbure de raccordement.

III.4. Présentation de la piste:**III.4.1. Emplacement de seuil :**

Le seuil est définie comme étant le début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage, placé au bout sauf si la présence de certaines exigences dicte le choix d'un autre emplacement. Il est recommandé de prendre en considération des différents facteurs qui peuvent avoir une incidence sur l'emplacement de seuil. Il convient également de prévoir une distance supplémentaire correspondant à l'aire de sécurité d'extrémité de piste selon les besoins.

III.4.2. Extrémité de piste :

Elle peut ne pas coïncider avec le seuil de piste, qui est la limite parallèle aux extrémités, au-delà de laquelle le roulement à l'atterrissage est interdit .on dit dans ce cas, qu'il y a seuil décalée.

La portion de piste comprise entre le seuil décalé et l'extrémité de la piste est appelée tiroir.

III.4.3. Prolongement d'arrêt (SWY) :

C'est une partie de terrain coaxial à la piste, adjacente à l'une de ses extrémités, de même largeur que celle-ci et aménagée de façon à permettre à un aéronef roulant au sol et venant à dépasser occasionnellement l'extrémité de la piste en fin de manœuvre de décollage interrompu, dite d'accélération- arrêt, de pouvoir le faire sans subir de dommages.

III.4.4. Prolongement dégagé (CWY) :

C'est une partie de terrain, éventuellement de plan d'eau, coaxiale à la piste, adjacente à l'une de ses extrémités, incorporant le prolongement d'arrêt s'il existe et ne présentant

aucun obstacle pouvant constituer un danger pour un aéronef volant à faible hauteur en fin de manœuvre de décollage.

III.4.5. Abords de piste :

C'est la partie du terrain jouxtant les cotés d'une piste revêtue (bords et extrémités) et ses prolongement d'arrêt éventuels, qui est aménagée de façon à limiter pour l'avion les conséquences d'une sortie de piste.

III.4.6. Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA) :

C'est une aire symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste, adjacente à l'extrémité de la bande et extérieure à celle-ci, destinée à réduire les risques de dommages matériels au cas où un aéronef atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste.

III.4.7. Accotement :

Les accotements d'une piste ou d'un prolongement d'arrêt doivent être aménagés ou construits de manière à réduire au minimum, pour un avion qui s'écarte de la piste ou d'un prolongement d'arrêt, les risques qu'il pourrait du fait d'un défaut de portance.

Ils s'étendent symétriquement de part et d'autre de la piste.

III.4.8. Dénomination :

La dénomination d'une piste se fait en donnant son orientation géographique .on appel QFU, la direction magnétique d'une piste donnée en degrés par rapport au nord magnétique c'est toujours un groupe de deux chiffres. Ainsi la piste 09 est orientée par 090° par rapport au nord magnétique. (Voir figures III.2 et III.3).

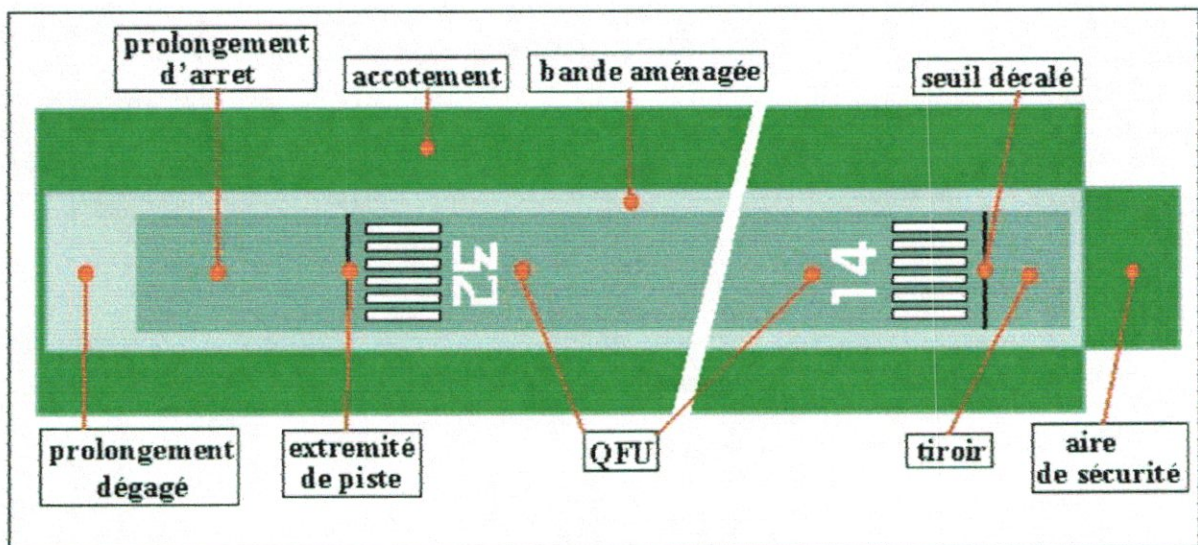


Fig.III.2 : Présentation de la piste.

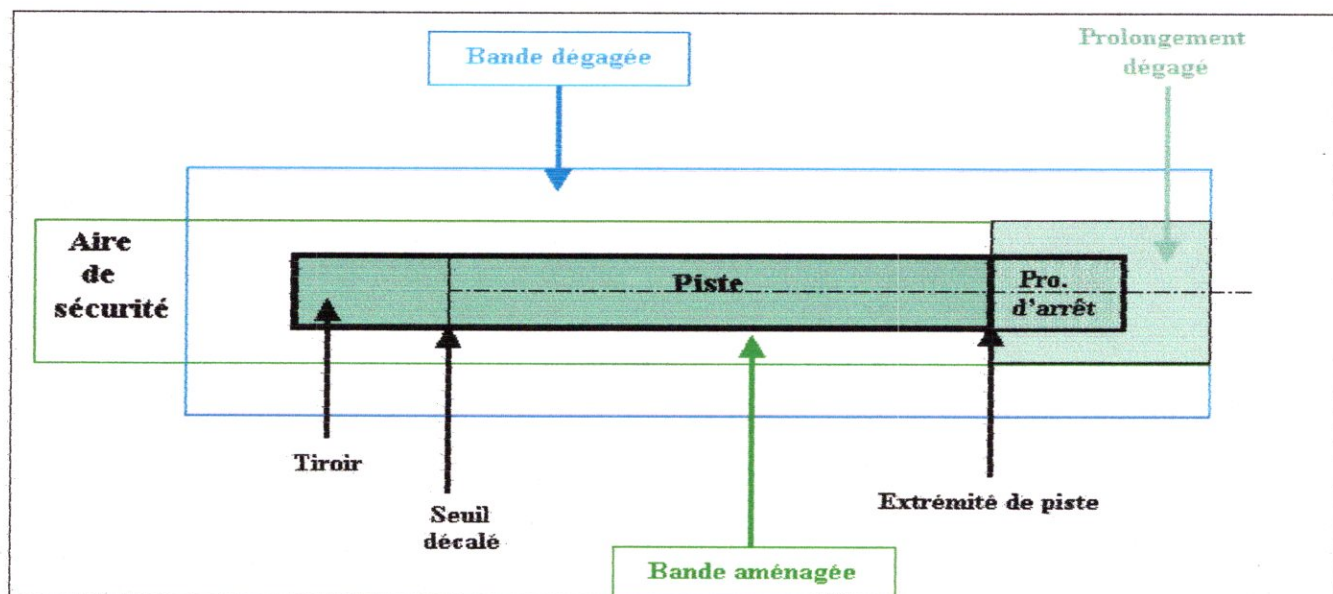


Fig.III.3 : La piste, ses bandes et ses trois (03) prolongements.

III.5. Caractéristiques physiques :

III.5.1. Pistes :

III.5.1.1. Nombre et orientation des pistes :

De nombreux facteurs influent sur la détermination de l'orientation, de l'emplacement et du nombre des pistes, parmi lesquels on peut citer :

- Les conditions météorologiques et plus particulièrement la répartition des vents de laquelle résulte le coefficient théorique d'utilisation de piste ;
- La topographie de l'emplacement de l'aérodrome ainsi que de ses abords et notamment la présence d'obstacles ;
- La nature et le volume de la circulation aérienne résultant de la proximité d'autres aérodromes ou de voies aériennes ;
- Les considérations relatives aux performances des aéronefs ;
- Les données liées à l'environnement, dont notamment celles concernant le bruit.

D'une manière générale, les pistes devraient être orientées de façon que les avions ne survolent pas des zones à forte densité de population et évitent les obstacles.

Lorsqu'on implante une nouvelle piste aux instruments, il faut faire très attention aux zones que les avions sont appelés à survoler lorsqu'ils suivent des procédures d'approche aux instruments, de façon à garantir que les obstacles se trouvent dans ces zones ne limitent pas l'utilisation des avions auxquels la piste est destinée.

Le nombre et l'orientation des pistes d'un aéroport devraient être tels que le coefficient d'utilisation de l'aéroport ne soit pas inférieur à 95% pour les avions à l'intention desquels l'aéroport a été conçu.

III.5.1.2. Emplacement du seuil :

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

Lorsqu'il est nécessaire de décaler le seuil d'une piste temporairement ou d'une façon permanente, il faut tenir compte des différents facteurs qui peuvent avoir une incidence sur l'emplacement du seuil.

Lorsque le seuil doit être décalé parce qu'une partie de la piste est inutilisable, il est recommandé de prévoir une aire dégagée et nivelée d'au moins 60m de longueur entre l'aire inutilisable et le seuil décalé. Il convient également de prévoir une distance supplémentaire correspondant à l'aire de sécurité d'extrémité de piste selon les besoins.

III.5.1.3. Longueur de la piste :

Les indications présentées pour la détermination de la longueur d'une piste sont :

a) La distance de décollage :

Le décollage d'un avion est la succession d'avènements intervenant depuis son lâcher de freins jusqu'à ce qu'il ait atteint une hauteur de 35ft.

La distance OC de la figure III.4 correspond à la distance nécessaire, pour un type d'appareil donné, à une masse donnée et dans les conditions extérieures (pente de terrain, altitude, température et vent) de l'aéroport, pour effectuer un décollage tous moteurs en fonctionnement.

Afin de garantir une marge de sécurité et par convention, la longueur d'aménagement de piste à prévoir pour ce décollage est le produit par 1,15 de la longueur du segment OC.

Toujours pour des raisons de sécurité, il est nécessaire de prendre en compte l'éventualité d'une panne de moteur pour déterminer la longueur d'aménagement de piste nécessaire au décollage.

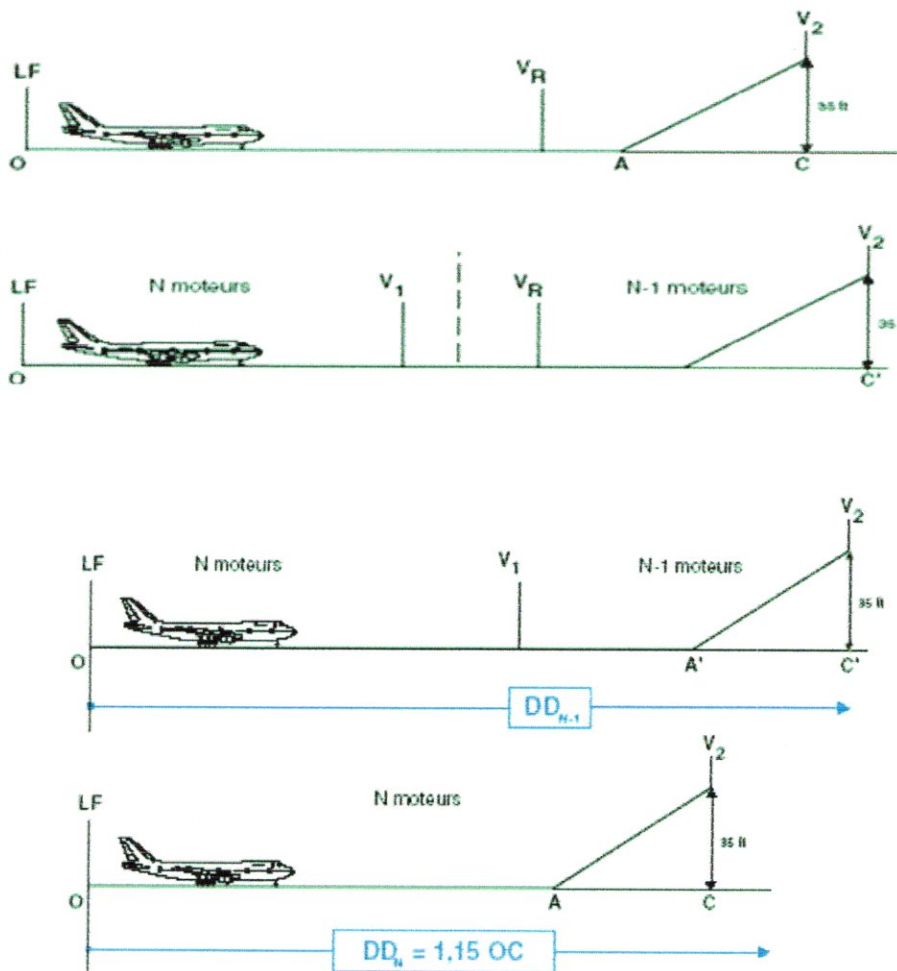


Fig. III.4 : La distance de décollage

Avec :

LF : lâché des freins ;

V_1 : vitesse de décision , c'est la vitesse choisie par l'exploitant à la quelle le pilote, ayant constaté une défaillance du moteur critique, décide soit de poursuivre le vol, soit d'utiliser le premier moyen de décélération de l'avion ;

V_2 : vitesse de montée initiale, c'est la vitesse minimale à laquelle un pilote est autorisé à effectuer la montée après avoir atteint une hauteur de 10,7m (35ft) au-dessus de la surface au cours d'un décollage avec un moteur hors de fonctionnement ;

VE : vitesse de cabrage , c'est la vitesse à laquelle le pilote amorce le cabrage de l'avion pour permettre le relevage de l'atterrisseur avant ;

VLOF : vitesse de décollage , elle est exprimée sous forme de vitesse corrigée .c'est la vitesse à laquelle l'avion quitte le sol ;

V_R : vitesse de l'avion lorsque la roulette de nez quitte le sol .

b) La distance d'accélération arrêt :

La longueur de piste devant être aménagée pour un type d'avion devra naturellement aussi être au moins égale à la distance d'accélération-arrêt nécessaire de l'un de ses moteurs intervenant au moment le plus défavorable ou la vitesse de décision est atteinte, le pilote décidant non pas de poursuivre le décollage mais de l'interrompre. (Voir figure III.5).

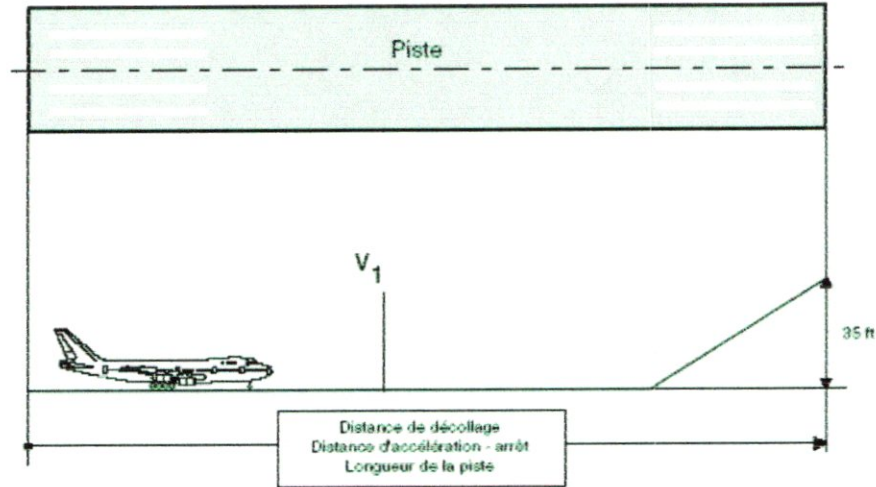


Fig.III.5 : Longueur de piste équilibrée.

c) La distance d'atterrissage :

Quoique l'atterrissage ne soit pas généralement déterminant pour le calcul de longueur des pistes, il conviendra, dans chaque cas de vérifier qu'il en est bien ainsi, cette vérification se reportera à nouveau aux performances publiées de l'avion considéré, étant précisé qu'on appelle distance d'atterrissage la distance horizontale nécessaire à cet avion pour atterrir et s'arrêter à partir d'un point situé à la verticale du seuil de piste à 50ft (15m) au-dessus de l'aire d'atterrissage. (Voir figure III.6).



Fig.III.6 : la distance d'atterrissage.

d) Les distances déclarées :

Afin d'informer les utilisateurs d'un aéroport des conséquences résultant de l'existence de seuil décalé, de prolongement d'arrêt et de prolongement dégagé, quatre distances déclarées sont publiées pour chaque sens d'utilisation de chacune des pistes de cet aéroport, il s'agit de :

d.1. Distance de roulement utilisable au décollage (TORA) :

C'est la longueur de piste déclarée comme utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion au décollage.

d.2. Distance utilisable au décollage (TODA) :

C'est la distance de roulement utilisable au décollage, augmenté de la longueur du prolongement dégagé, s'il existe un.

d.3. Distance utilisable pour l'accélération et l'arrêt (ASD) :

C'est la distance de roulement utilisable au décollage augmenté de la longueur de prolongement d'arrêt, s'il en existe un.

d.4. Distance utilisable à l'atterrissage (LDA) :

C'est la longueur de piste déclarée comme étant convenant pour le roulement au sol d'un avion à l'atterrissage.

- Si la piste ne comporte ni prolongement d'arrêt, ni prolongement dégagé, le seuil étant lui-même à l'extrémité de la piste, les quatre distances déclarées devraient normalement avoir la même longueur que la piste ;
- Si la piste comporte un prolongement dégagé (CWY), la TODA comprendra la longueur du prolongement dégagé ;
- Si la piste comporte un prolongement (SWY), l'ASDA comprendra la longueur du prolongement d'arrêt ;
- Si le seuil est décalé, la LDA sera diminuée de la distance de décalage du seuil. le décollage de seuil n'affecte LDA que dans le cas des approches exécutées du côté du seuil en question, aucune des distances déclarées n'est affectée dans le cas des opérations exécutées dans l'autre direction ;
- Si la piste comporte plusieurs de ces caractéristiques, plusieurs des distances déclarées seront modifiées, les modifications obéissant toutefois au même principe illustré. le cas d'une piste comportant toute ces caractéristiques est représentée à la figure III.7.

Lorsqu'une piste ne peut être utilisée dans un sens donné pour le décollage ou l'atterrissage en raison d'une interdiction d'ordre opérationnel, la mention NU « non utilisable » doit être indiquée.

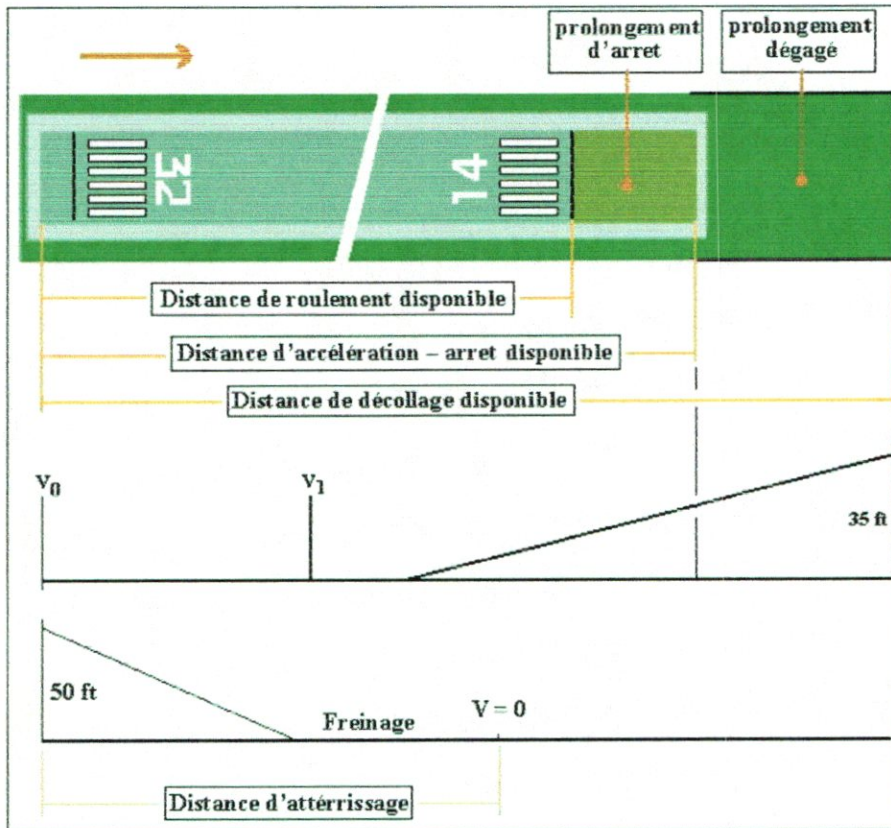


Fig.III.7 : Représentation des distances déclarées.

e) Influence de la vitesse de décision :

Il est évident que la distance de d'accélération arrêt est d'autant plus longue que la vitesse de décision retenue est plus élevée. Sauf lorsque DD_N demeure ou devient supérieur à DD_{N-1} , la distance de décollage est, à l'inverse, d'autant plus courte que la vitesse de décision retenue est plus élevée.

• **Longueur d'une piste principale :**

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

• **Longueur d'une piste secondaire :**

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

III.5.1.6. Largeur des pistes :**a) Pistes revêtues :**

La largeur d'une piste revêtue ne doit pas être inférieure à la dimension spécifiée dans le tableau ci-dessous :

Chiffre de code	Lettre de code				
	A	B	C	D	E
1	18m	18m	23m	---	---
2	23m	23m	30m	---	---
3	30m	30m	30m	---	---
4	---	---	45m	15m	15m

Tableau III.1 : Code de référence des pistes.

b) Pistes non revêtues :

La largeur minimale d'une piste non revêtue est de 50m ou de 80m selon qu'il s'agit d'une piste pour avions ou d'une piste planeurs. Une largeur plus importante pourra notamment être retenue lorsque l'aérodrome est le siège d'un grand nombre de mouvements d'avions. Il est en effet alors possible d'utiliser alternativement un côté ou l'autre de la piste le temps suffisant à permettre une reconstitution de la végétation.

III.5.1.7. Pentes des pistes :**a) Pentes longitudinales :**

La pente obtenue en divisant la différence entre les niveaux maximal et minimal le long de l'axe de piste par la longueur de la piste ne doit pas dépasser :

- 1% lorsque le chiffre de code est de 3 ou 4 ;
- 2% lorsque le chiffre de code est de 1 ou 2.

b) Changement de pente longitudinale :

Lorsqu'il est impossible d'éviter le changement de piste longitudinale, le changement de pente entre deux pentes consécutives n'excède jamais :

- 1,5% lorsque le chiffre de code est de 3 ou 4 ;
- 2% lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

c) Pentes transversales :

Pour assurer un assèchement aussi rapide que possible, les pentes transversales doivent égaies au plus à :

- 1,5% lorsque la lettre d'identification de la piste est C, D ou E ;
- 2% lorsque la lettre d'identification de la piste est A ou B.

III.5.1.8. Résistance des pistes :

La piste doit être capable de supporter la circulation des avions auxquels elle est destinée.

III.5.1.9. Surface des pistes :

La surface d'une piste est constituée sans irrégularités qui avaient pour effet de réduire les caractéristiques de frottement ou de nuire de tout autre manière au décollage ou à l'atterrissage d'un avion.

III.5.2. Accotements de piste :

Il est nécessaire d'aménager des accotements lorsque la lettre de code est D ou E et la largeur de la piste est inférieur à 60m.

III.5.2.1. Largeur des accotements de piste :

Les accotements de piste s'étendent symétriquement de part et d'autre de la piste de telle sorte que la largeur totale de la piste et de ses accotements ne soit pas inférieure à 60m.

III.5.2.2. Pentes des accotements de piste :

Au raccordement d'un accotement et de la piste, la surface de l'accotement doit être de niveau avec la surface de la piste et la pente transversale de l'accotement ne doit pas dépasser 2,5%.

III.5.2.3. Résistance des accotements de piste :

Les accotements de piste doivent être traités ou construits de manière à pouvoir supporter le poids d'un avion qui sortirait de la piste sans que cet avion subisse de dommages structurels et à supporter le poids des véhicules terrestres qui pourraient circuler sur ces accotements.

III.5.3. Bandes de piste :

Une piste ainsi que les prolongements d'arrêt, qu'elle comporte éventuellement, sont placés à l'intérieur d'une bande.

III.5.3.1. Longueur des bandes de piste :

Une bande s'étend en amont du seuil et au-delà de l'extrémité de la piste ou de prolongement d'arrêt jusqu'à une distance d'au moins :

- 60m lorsque le chiffre de code est 2,3 ou 4 ;
- 60m lorsque le chiffre de code est 1 et qu'il s'agit d'une piste aux instruments ;
- 60m lorsque le chiffre de code est 1 et qu'il s'agit d'une piste a vue.

III.5.3.2. Largeur des bandes de piste :

Tout bande à l'intérieur de laquelle s'inscrit une piste avec approche de précision s'étendra latéralement, sur toute sa longueur jusqu'au moins :

- 150m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- 75m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

III.5.3.3. Pentes des bandes de piste :

a) Pentes longitudinales :

Une pente longitudinale sur la partie d'une bande qui doit être nivelée ne doit pas dépasser :

- 1,5% lorsque le chiffre de code est 4 ;
- 1,75% lorsque le chiffre de code est 3 ;
- 2% lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

b) Pentes transversales :

Les pentes transversales doivent être suffisantes pour empêcher l'accumulation d'eau sur la surface mais elles ne dépassent pas :

- 2,5% lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- 3% lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

Toutefois, pour faciliter l'écoulement des eaux, la piste sur les trois premiers mètres à l'extérieur du bord de la piste, des accotements ou du prolongement d'arrêt devraient être négative, lorsqu'elle est mesurée en s'écartant de la piste et peut atteindre 5%.

III.5.3.4. Distance des bandes de piste :

La partie d'une bande de piste à l'intérieur de laquelle se trouve une piste aux instruments est aménagée ou construite sur une distance par rapport à l'axe ou à son prolongement d'au moins :

- 75m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- 40m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

De manière à réduire au minimum le danger que constituent les différences de force portante pour les avions auxquels la piste est destinée dans le cas où un avion sortirait de la piste.

III.5.4. Prolongement d'arrêt :**III.5.4.1. Largeur du prolongement d'arrêt :**

Le prolongement d'arrêt a la même largeur que la piste à laquelle il est associé.

III.5.4.2. Pentes de prolongement d'arrêt :

Les pentes et les changements de pente sur un prolongement d'arrêt, de même qu'à son raccordement avec la piste doivent être conformes aux spécifications applicables à la piste à laquelle le prolongement d'arrêt est associé. Le prolongement d'arrêt peut être déclaré en prolongement dégagé, dans ce cas il y a lieu de veiller à ce que les pentes respectent les règles s'appliquant aux prolongements dégagés.

III.5.5. Prolongement dégagé :**III.5.5.1. Longueur de prolongement dégagé :**

La longueur d'un prolongement dégagé ne doit pas dépasser la moitié de la distance de roulement utilisable au décollage (TORA). En pratique, la longueur optimale du prolongement dégagé est souvent voisine de 10 % de la longueur de la piste.

III.5.5.2. Largeur de prolongement dégagé :

La largeur d'un prolongement dégagé est fixée à 150m. Cette dimension peut toutefois être réduite à la largeur de la bande dans le cas où celle-ci est de dimension moindre.

III.5.5.3. Pentes de prolongement dégagé :

Dans la partie de prolongement dégagé située à moins de 22,5m de part et d'autre du prolongement de l'axe de piste, les pentes et les changements de pente ainsi que la transition entre la piste et le prolongement dégagé doivent, d'une manière générale, être semblables aux pentes et changements de pente de la piste à laquelle est associé ce prolongement dégagé.

III.5.6. Raquette de retournement :

Pour les appareils ne pouvant effectuer un demi-tour sur la largeur de la piste, il est nécessaire de mettre en place une sur largeur de chaussée de forme particulière constituant une raquette de retournement.

L'objet d'une telle raquette est donc de permettre à un avion donné de faire une demi-tour sur la piste et de se retrouver aligner sur l'axe de celle-ci. La trace d'une raquette est guidée par les principes qui déterminent la trace des voies de circulation ou des pistes et, par les conditions complémentaires de sécurité.

III.6. Compte rendu de l'état de la surface de la piste :

III.6.1. Présence d'eau sur une piste :

Chaque fois qu'il y a de l'eau sur une piste il est recommandé de donner une description de l'état de la surface de la piste en question, au moyen des termes suivants :

- **HUMIDE** : la surface présente un changement de couleur du à la présence d'humidité ;
- **MOUILLEE** : la surface est mouillée mais il n'y a pas d'eau stagnante ;
- **FLAQUE D'EAU** : de nombreuses laques d'eau stagnante sont visibles ;
- **INONDE** : de vastes flaques d'eau stagnante sont visibles.

Une piste est considérée comme étant glissante lorsque les mesures prises en continuité par un appareil de mesure du coefficient de frottement est inférieur au niveau minimum spécifié par l'état.

III.6.2. Présence de neige, neige fondante ou de glace sur une piste :

Lorsqu'il est impossible de débarrasser complètement une piste de la neige ,il est recommandé de procéder à une évaluation de l'état de la piste et de mesurer le coefficient de frottement sur les surface recouvertes de neige ,de neige fondante ou de glace présentent une bonne corrélation, et chaque fois qu'une piste est recouverte de neige fondante ,une évaluation de l'épaisseur moyenne des dépôts soit faite sur chaque tiers de la piste avec une précision d'environ 2cm pour la neige sèche ,1cm pour la neige humide et de 0,3cm pour la neige fondante.

III.7. Conclusion :

Afin de garantir la sécurité de l'aéronef et minimiser les dommages matériels lors des accédants durant les opérations de décollage et d'atterrissage, il est nécessaire de prendre en compte tous les risques et les problèmes possibles qui peuvent survenus, pour cela la piste doit être aménager de façon à réduire au maximum ces problèmes, en citons à titre d'exemple : le prolongement d'arrêt lors d'un décollage interrompu, l'aire de sécurité en cas d'atterrissage trop court, etc....

CHAPITRE IV

L'approche
et
le balisage

IV .1. Introduction :

Le rôle primordial des aides visuelles est: en vol, de protéger les aéronefs (feux d'obstacle) et de renseigner l'équipage (les marques); lors de la phase finale de l'approche, de guider le pilote en associant à la piste des marques (balisage diurne), et en la bordant par des feux pour être facilement repérable le jour dans de bonnes conditions de visibilité, lorsque ces dernières se dégradent ou la nuit ou lorsque les conditions météorologiques sont défavorables (pluies, brouillard...) et par des aides visuelles à l'atterrissage (PAPI) pour effectuer une descente correcte; et lors de la circulation au sol, de présenter un trajet précis à chaque avion et véhicule (de service ou de secours), en donnant des instructions obligatoires, des renseignements sur un emplacement ou une destination particulière sur l'aire de mouvement (les panneaux) et en implantant des feux sur les voies de circulation.

Ce rôle explique les spécifications rigoureuses associées à ces aides et leur importance dans les phases critiques du vol, quel que soit le régime de vol d'un aéronef (vol à vue VFR ou vol aux instruments IFR) ses aides visuelles sur les aérodromes.

IV.2. Notions sur les opérations d'approche et d'atterrissage :

IV.2.1. La hauteur de décision ou hauteur critique (HD) :

C'est la hauteur la plus basse du train d'atterrissage par rapport à un niveau spécifié de l'aérodrome, au-dessous de cette hauteur une procédure d'approche ou une procédure d'approche interrompue ne peuvent être exécutées de façon sûre avec l'aide des seuls instruments de bord. (Voir figure IV.1).

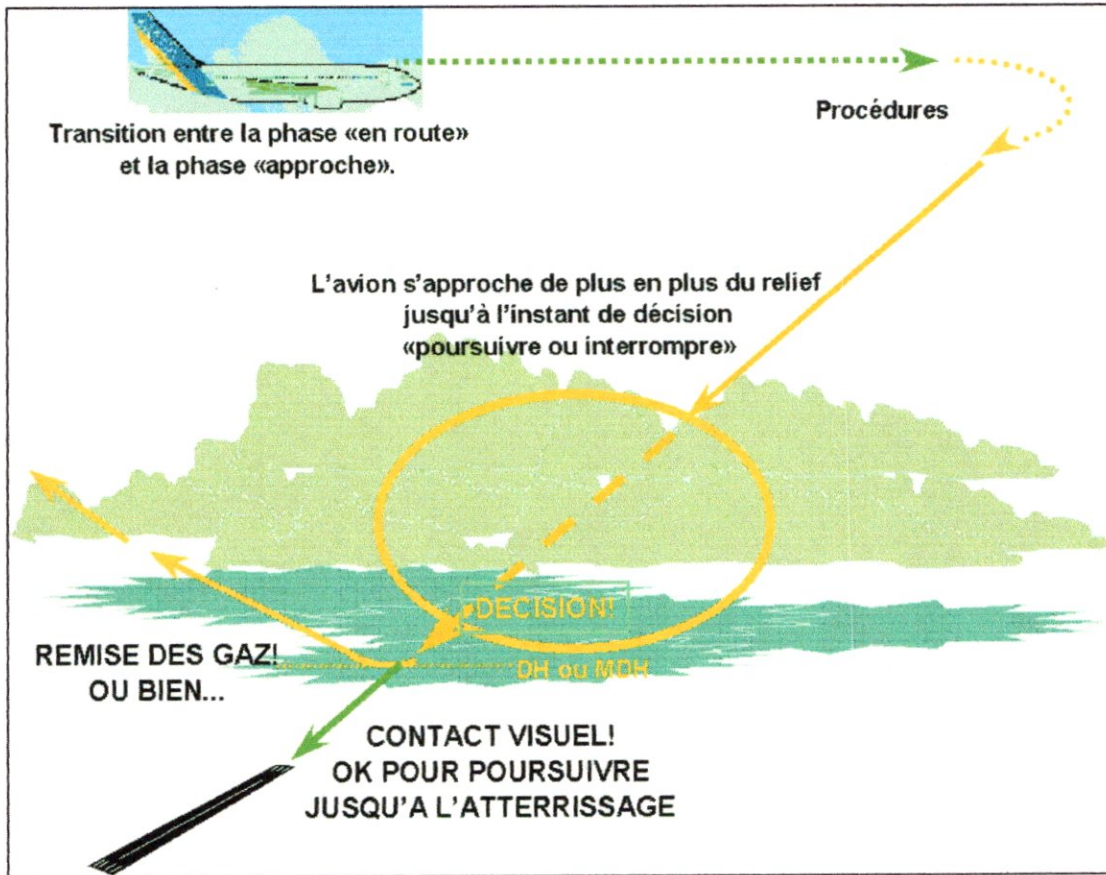


Fig.IV.1 : Représentation des procédures d'approche.

IV.2.2. La portée visuelle de piste (R.V.R.) :

En toute généralité, c'est la plus grande distance à laquelle un objet peut être vu identifié dans des conditions météorologiques déterminées.

En vue de sa mesure, définit comme suit la visibilité météorologique :

De jour on prend comme objet de référence un objet noir de dimension suffisante et l'on définit la visibilité météorologique comme étant la distance maximale à laquelle cet objet peut encore être facilement discernable comme il est observé sur un fond de ciel à l'horizon ;

De nuit il existe, une référence, on définit la visibilité météorologique de nuit on prend comme objet de référence une lampe à faisceau lumineux.

Avec cette définition on peut mesurer la visibilité météorologique de nuit comme de jour.

La portée visuelle de piste ou RVR (Runway Visual Range) provient d'un système de transmissomètres calibrés qui tiennent compte de la luminosité ambiante et de l'opacité de l'atmosphère. (Voir figure IV.2).

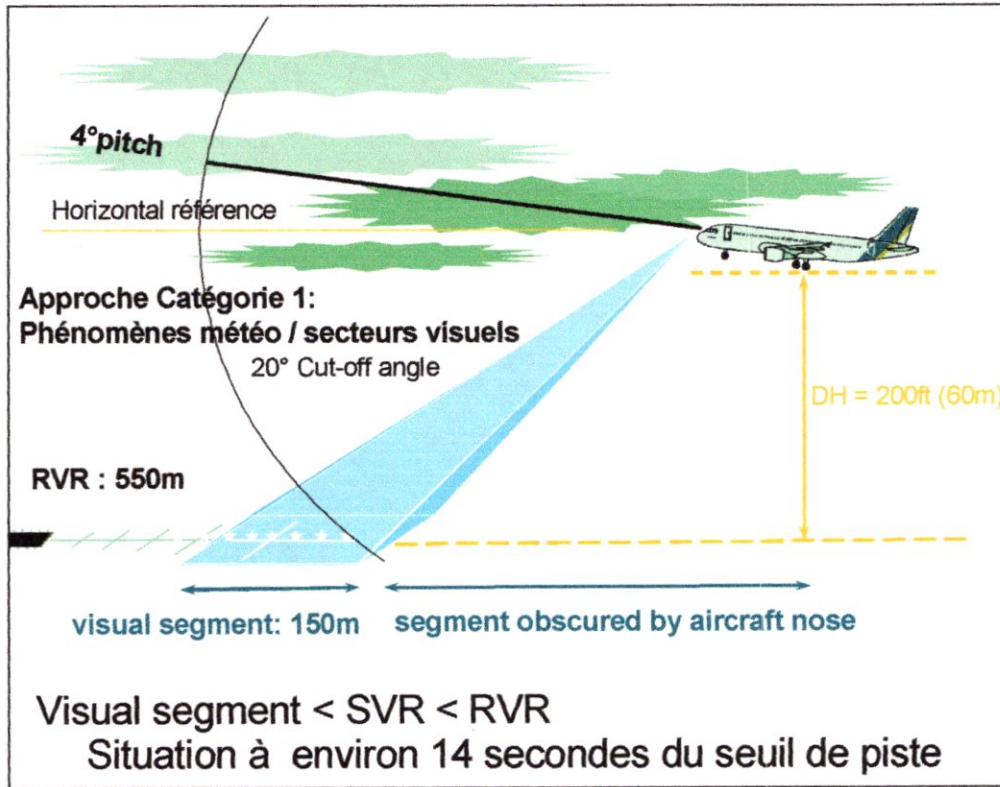


Fig. IV.2 : La portée visuelle de piste.

Il existe deux types de transmissomètres :

a) La mesure de visibilité :

Pour l'approche de précision de catégorie I, la RVR est mesurée à proximité du seuil de piste.

Pour la catégorie II et III, la RVR est mesurée en trois endroits de l'aire d'atterrissage : zone de toucher, mi-piste et fin de piste ou zone de sortie.

b) La loi d'Allard :

L'éclairement produit sur l'œil par une source lumineuse dans une atmosphère homogène dépend de :

- L'intensité de la source (I).
- La distance d'observation (d).
- Le coefficient d'absorption de l'atmosphère (S).

Une source lumineuse ponctuelle est visible lorsque l'éclairement (E) qu'elle produit sur l'œil dépasse un certain seuil.

La valeur de ce seuil dépend de la luminance du fond sur lequel la source lumineuse est regardée.

Cette valeur peut varier d'environ 10^{-7} lux (la nuit) à 10^{-3} lux (jour brillant).

$$E = I^{\exp - sd} / d^2$$

Le calcul de l'intensité lumineuse nécessaire est donc possible et l'extension de ce calcul à l'enveloppe des trajectoires d'approche prévue permet de déterminer le diagramme de rayonnement nécessaire.

IV.2.3. L'approche et l'atterrissage en condition de vol à vue :

Ces opérations ne sont possibles que lorsque les conditions météorologiques régnant sur l'aérodrome et son voisinage sont bonnes.

L'approche à vue dite « l'approche classique » se caractérise par l'utilisation d'aides visuelles simplifiées, et celles d'aides radioélectriques à titre accessoire. (Voir figure IV.3).

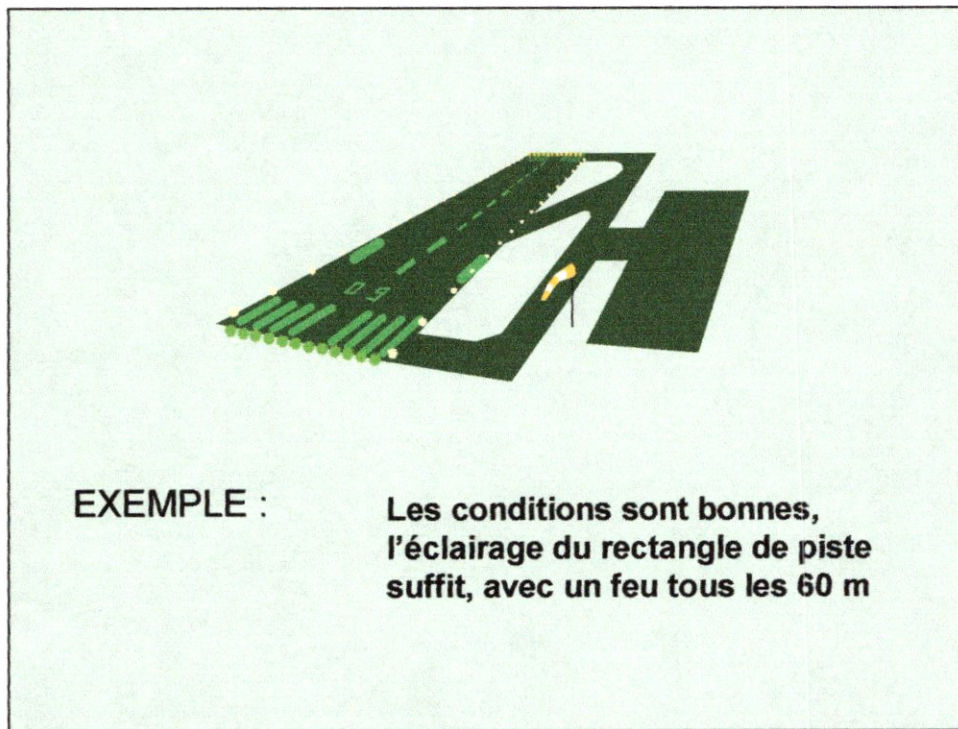


Fig. IV.3 : Exemple d'une piste avec approche à vue.

IV.2.4. L'approche et l'atterrissage en condition de vol aux instruments :

Les conditions météorologiques de vol à vue comportant des contraintes importantes qui ne permettent pas la plupart du temps une exploitation régulière de l'aérodrome, il est donc défini des procédures de décollage et d'approche aux instruments à partir des diverses aides radioélectriques qui sont complétées par des aides visuelles plus élaborées que celles permettant l'approche (ou le décollage) à vue.

Tel que les instruments électriques au sol fournissent à celui de l'aéronef des informations en azimut, en site et en distance.

On peut citer trois types d'approches dites «de précision» :

- Catégorie I : $HD \geq 60m$.
- Catégorie II : $30 < HD < 60m$.
- Catégorie III : $HD < 30m$.

IV.3. Les différents types d'aides pour approche et l'atterrissage :

Les aides qui conditionnent les procédures d'atterrissage varient suivant le type d'approche que le pilote est en mesure de choisir :

- Approche à vue :
 - Aides visuelles (balisage non lumineux et éventuellement lumineux).
- Approche aux instruments :
 - Aides radioélectriques (radiobalises, VOR, ILS) ;
 - Aides lumineuses ;
 - Aides visuelles non lumineuses.

IV.3.1. Aides radioélectriques :

Au cours d'une approche aux instruments que se soit de précision ou non, l'équipement électrique au sol fournit à celui de l'aéronef des informations en azimut, en site et en distance permettant à celui-ci de suivre une trajectoire venant se confondre, en phase finale d'approche, avec le début d'une trajectoire d'atterrissage.

IV.3.1.1. Le système d'atterrissage aux instruments (I.L.S.) :

- **Définition :**

Le système d'approche aux instruments I.L.S. (Instrument Landing System) est presque le seul à être aujourd'hui utilisé par les aéronefs qui exécutent des approches finales de « précision ». Ultérieurement, un dispositif utilisant des informations satellitaires sera vraisemblablement développé.

Le système I.L.S. est constitué par un ensemble d'émetteurs radioélectriques, qui émet dans la direction de la trajectoire d'approche finale. Le signal radioélectrique émis n'est pas le même dans toutes les directions, il est une fonction de l'azimut et du site de la direction d'émission.

L'aéronef en approche est équipé d'un récepteur qui analyse le signal reçu et en déduit l'azimut et le site de sa position par rapport à ceux de la trajectoire nominale d'approche finale.

Le dispositif comprend aussi un système donnant au pilote une indication de distance à parcourir jusqu'à la piste.

- **Principe de fonctionnement :**

L'I.L.S. est constituée de deux sous-systèmes bien distincts auxquels est adjoint le dispositif donnant une indication de distance :

- **Le localizer** (radioalignement de piste) émet des signaux dont la fréquence appartient à la bande V.H.F. (Very High Frequency). Son antenne est située généralement dans l'axe de la trajectoire finale, au-delà de l'extrémité de piste. Il émet un signal qui est fonction de l'azimut vers lequel il est émis. En recevant et en traitant ce signal, l'équipement embarqué permet au pilote de situer la position de l'aéronef à droite ou à gauche du plan vertical de la trajectoire d'approche nominale.
- **Le glide** (radioalignement de descente) émet des signaux dont la fréquence appartient à la bande U.H.F. (Ultra High Frequency). Ses antennes sont implantées dans le plan de descente, qui contient la trajectoire finale nominale, sur son intersection avec le sol à côté de la piste (laquelle intersection est perpendiculaire à l'axe de piste). (Voir figure VI.4).

Il émet un signal qui dépend du site vers lequel il est émis. En recevant et en traitant ce signal, l'équipement embarqué permet au pilote de situer la position de l'aéronef au-dessus ou au-dessous du plan de descente de la trajectoire d'approche nominale. L'angle de ce plan avec l'horizontale est généralement de 3°. Il peut être supérieur (dans certains cas 4,6°) si des conditions particulières, telles que le relief environnant ou les nuisances sonores, conduisent à retenir une trajectoire d'approche aussi inclinée.

Un ILS est toujours associé à des markers ; Ce sont des balises radioélectriques qui émettent un faisceau très étroit. Ils sont généralement placés sur l'axe d'approche finale ; toutefois certains servent comme point de repos en route. Ils fonctionnent dans la gamme V.H.F., ces balises fournissent une information de distance par rapport au seuil de piste.

Ses indications ponctuelles de distance au seuil de piste sont normalement fournies par les radiobornes (markers) V.H.F. associés à l'ILS :

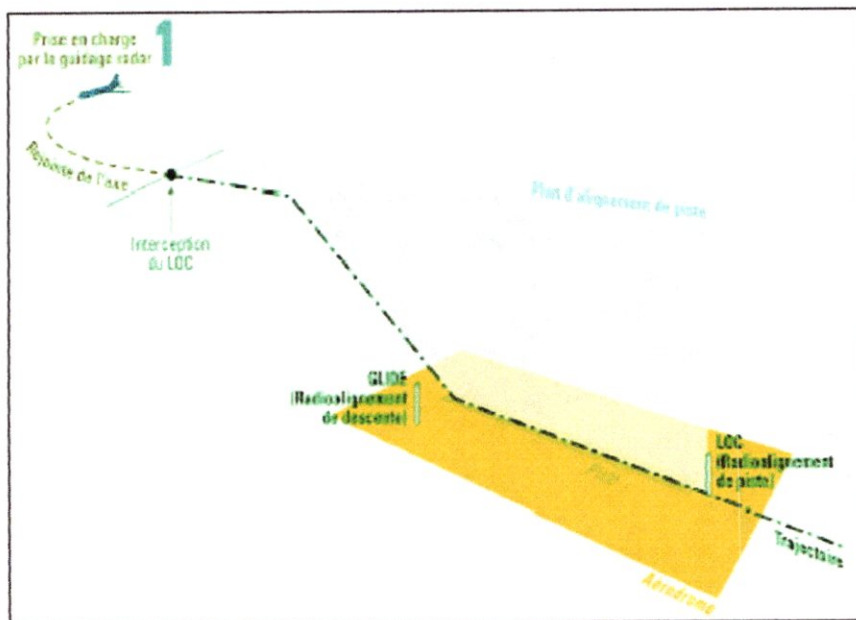
- Outer Marker OM (balise extérieure);
- Middle Marker MM (balise intermédiaire) ; et éventuellement
- Inner Marker IM (balise intérieure).

La tendance est maintenant d'installer plutôt un système de mesure de distance D.M.E. implanté au voisinage de la piste, qui fournit au pilote une information continue de distance.

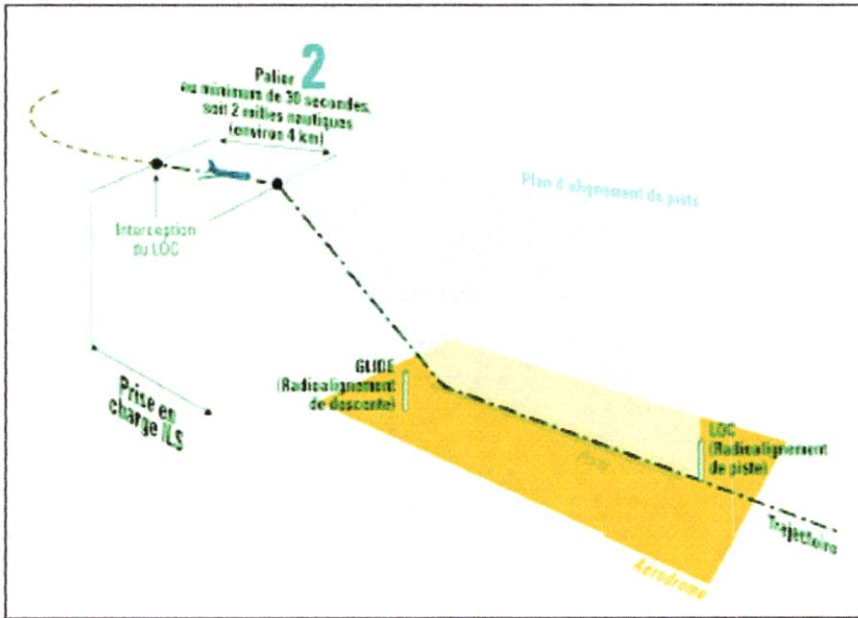


Fig.IV-4 : Antenne glide.

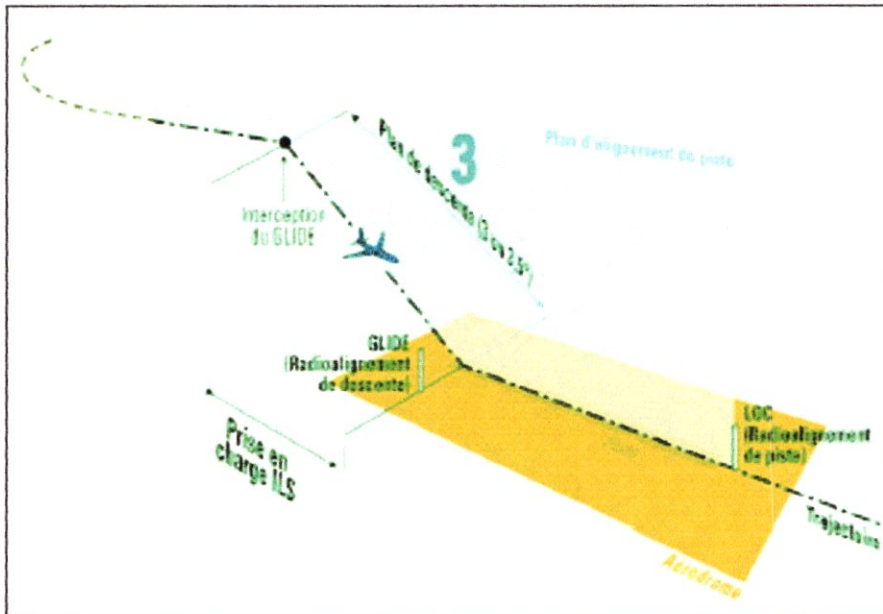
- Les différentes phases de fonctionnement d'un I.L.S :
 - Phase 1 : L'avion effectue un virage pour se positionner dans l'axe de la piste ;



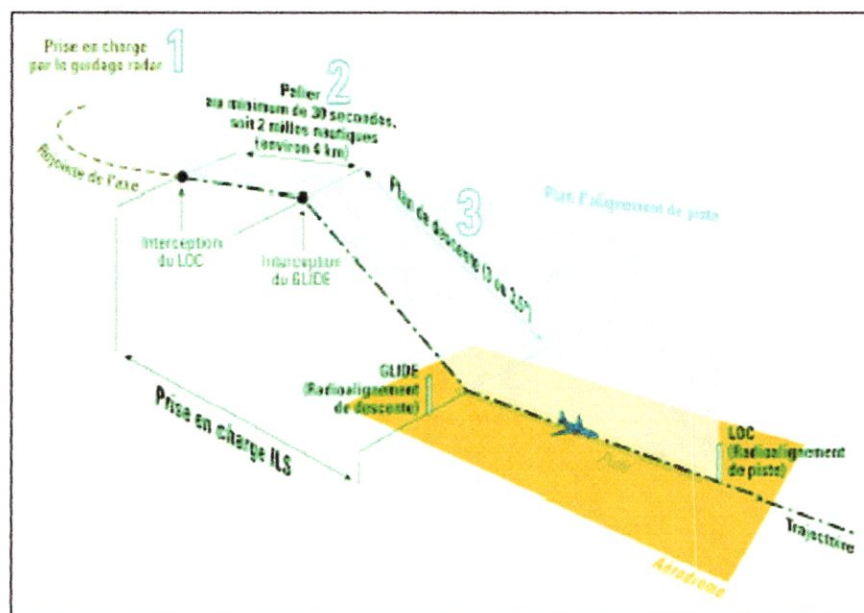
- **Phase 2 : Vol horizontal suivant le radiophare d'alignement de piste ;**



- **Phase 3 : Approche finale sur l'axe de la piste ;**



- **Phase 4 : Atterrissage.**



IV.3.1.2. Equipement mesureur de distance (D.M.E.):

- **Définition :**

Le système D.M.E. (Distance Measuring Equipment) a pour vocation de fournir au pilote une mesure de la distance oblique en NM qui sépare son aéronef d'une station au sol sélectionnée par lui.

Il complète le système V.O.R., décrit au paragraphe suivant, qui, lui, a pour vocation de fournir au pilote une indication de la direction à prendre pour se diriger vers une station au sol. C'est pour cela que les équipements D.M.E. sont généralement associés (et complantés) à des équipements V.O.R., que l'on appelle alors des V.O.R.- D.M.E. Des équipements D.M.E. sont également associés (et complantés) à des équipements I.L.S. Ils fournissent alors au pilote en approche finale, bien mieux que les traditionnelles radiobornes (markers) V.H.F., une mesure de la distance à parcourir jusqu'à la piste.

- **Principe de fonctionnement :**

Le système D.M.E. peut être comparé au radar secondaire qui mesure la distance des aéronefs en émettant un signal d'interrogation codé normalisé sur une fréquence radio bien définie, et en mesurant le temps écoulé jusqu'à la réception des signaux de réponse, également codés et normalisés, émis par les transpondeurs embarqués sur les aéronefs. La différence est que, dans le système D.M.E., le transpondeur est la station au sol, et l'équipement d'interrogation et de mesure est embarqué sur l'aéronef.

Les signaux radios du D.M.E. appartiennent à la même bande de fréquence U.H.F. (Ultra High Frequency) que ceux du radar. Mais ces fréquences n'apparaissent pas dans les publications aéronautiques. Chaque canal de la bande de fréquence a été apparié (par l'O.A.C.I.) à un canal de la bande de fréquence V.H.F. réservée pour les V.O.R. et les I.L.S. Comme un D.M.E. est toujours installé en association avec l'un ou l'autre de ces appareils, seuls sont connues des pilotes, et affichées par eux, les fréquences V.H.F. de fonctionnement de ces derniers. Le matériel embarqué fait la transposition.

IV.3.1.3. Balise omnidirectionnelle V.H.F. :

- **Définition :**

Le système V.O.R. (V.H.F. Omni directional Range) a pour vocation de fournir aux pilotes, qui volent avec un plan de vol I.F.R., des signaux radioélectriques leur permettant de maintenir leur aéronef sur sa route, de rallier l'aérodrome de destination, et d'exécuter le début de la procédure d'approche. Les V.O.R. utilisés pour le ralliement et la procédure d'approche d'un aérodrome sont installés à l'intérieur de son emprise ou a proximité. Les V.O.R. qui balisent les itinéraires « en route » sont installés en pleine campagne, sur des sites choisis pour leur situation par rapport aux itinéraires à baliser et leur aptitude a la diffusion d'ondes radioélectriques. (Voir figure IV.5).

- **Principe de fonctionnement :**

La partie au sol du système V.O.R. est un émetteur radioélectrique avec une antenne omnidirectionnelle. Il émet un signal dont la fréquence appartient à la bande V.H.F. (Very High Frequency). Ce dernier est fonction de la direction dans laquelle il est émis et plus précisément, de l'angle entre cette direction et celle du Nord magnétique.

En recevant et en traitant ce signal, l'équipement embarqué permet au pilote de connaître la direction à prendre pour se diriger vers l'emplacement de la station sol.



Fig.IV.5 : V.O.R.

IV.3.2. Les aides visuelles:

IV.3.2.1. Signalisation :

Certaines consignes en vol et au sol sont portées à la connaissance du pilote sur ou depuis les aérodromes au moyen de différents signaux lumineux ou non. Ces signaux sont soit installés sur une aire à signaux ou à tout autre endroit approprié de l'aérodrome, soit adressés d'un autre endroit par un agent du contrôle de la circulation aérienne de l'aérodrome.

Ces signaux sont répartis en quatre groupes :

- Signaux de détresse, de sécurité et d'urgence ;
- Signaux visuels pour avertir un aéronef qui vole sans autorisation dans une zone ou à proximité d'une zone interdite réglementée ou dangereuse ;
- Signaux pour le contrôle de la circulation aérienne ;
- Signaux de circulation au sol adressés par signaleur au pilote.

En plus des panneaux de signalisation utilisés lors de manœuvre au sol.

- **Signalisation pour la circulation aérienne :**

- **Repérage de l'aérodrome :**

Quand les moyens ordinaires d'identification à vue d'un aérodrome sont insuffisants, ce dernier doit être prévu d'un signe d'identification qui est constitué par le nom de l'aérodrome, qui peut être marqué au sol ou peint sur le toit d'un hangar, en lettres capitales de 2m de hauteur au minimum et 1,50m de largeur. Ces lettres sont blanches ou en couleur tranchant.

- **Indicateur de direction de vent :**

Tout aérodrome devra être équipé d'un indicateur de direction du vent au moins. Cet indicateur est placé de façon à être visible d'un aéronef en vol ou sur l'aire de mouvement, et de manière à échapper aux perturbations de l'air causées par des objets environnant.

Il se présente sous la forme d'un tronc de cône en tissu et que sa longueur soit au moins égale à 0,9m, il doit être construit de manière à donner une indication nette de la direction du vent, il doit être également de couleur (s) choisie (s) de manière à le rendre nettement visible et à permettre de saisir les indications données d'une hauteur minimale de 300m comptes tenus du fond. Cependant, il est recommandé de n'utiliser si possible, qu'une couleur, de préférence le blanc ou l'orange.

Son emplacement doit être au moins signalé par une bande circulaire de 15m de diamètre et de 1,2m de largeur. La bande devrait être centrée sur l'axe ou le support de l'indicateur et sa couleur doit être choisie de manière à le rendre suffisamment visible, la préférence ira au blanc.

Si l'aérodrome est destiné à être utilisé de nuit, l'éclairage d'au moins d'un indicateur de direction du vent est prévu. (Voir figure IV.6).

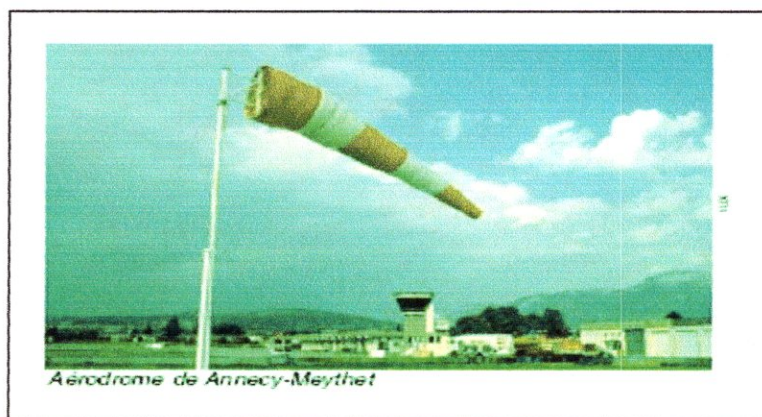


Fig.IV.6 : Manche à vent.

▪ **Indicateur de direction d'atterrissage :**

L'indicateur de direction d'atterrissage est placé bien en évidence sur l'aérodrome. Il se présente sous la forme d'un T. Le T d'atterrissage sera soit blanc, soit orangé. Lorsqu'il doit être utilisé de nuit, il sera éclairé ou son cou tour sera délimité par des feux blancs. (Voir figure IV.7).

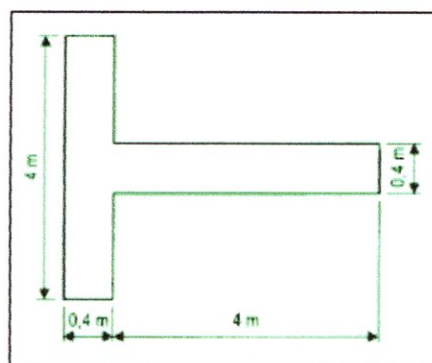


Fig. IV.7 : Indicateur de direction d'atterrissage (T d'atterrissage).

▪ **Projecteur de signalisation :**

Sur un aérodrome contrôlé, la tour de contrôle d'aérodrome disposera d'un projecteur de signalisation.

Un projecteur de signalisation doit prévoir émettre des signaux rouges, verts et blancs, et puisse :

- Etre braqué à la main sur un point quelconque ;
- Faire suivre un signal d'une couleur d'un signal de l'une quelconque des deux autres couleurs ;
- Emettre un message en code morse, en l'une quelconque des trois couleurs, à une cadence pouvant atteindre au moins quatre mots à la minute.

- **Panneaux de signalisation :**

Les 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 conformément aux spécifications en vigueur.

Les dimensions des panneaux, leur libellé et les caractéristiques à utiliser sont définis par l'annexe 8. Ces panneaux doivent être montés sur des bases légères et frangibles. S'ils sont implantés près d'une piste ou d'une voie de circulation, ils doivent être suffisamment bas pour laisser une garde suffisante aux hélices et aux fuseaux moteurs des appareils à réaction.

Ils doivent être placés près que possible du bord de la chaussée de façon à être facilement visible par le pilote d'un aéronef.

- **Panneaux d'obligation :**

Un panneau d'obligation est installé pour identifier un emplacement au de-là duquel un aéronef circulant au sol où un véhicule ne passera pas à moins d'y être autorisé par la tour de contrôle d'aérodrome.

Ces panneaux d'obligation comprendront :

- **Les panneaux d'identification de piste :**

Ils ont une intersection voie de circulation/piste. Ils sont placés au moins du côté gauche d'une voie de circulation, face à la direction d'identification de piste est placé de chaque côté de voie de circulation.

- **Les panneaux d'entrée interdite :**

Ils sont disposés à l'entrée de l'aire dont l'accès est interdit au moins de côté gauche.

- **Les panneaux indicateurs de point d'attente de catégorie I, II ou III :**

Ils sont disposés de part et d'autre des marques de point d'attente à la direction d'approche vers la zone critique.

- **Les panneaux indicateurs de point d'attente de circulation :**

Ils sont disposés au moins du côté gauche du point d'attente de circulation établis conformément à réglementation en vigueur, face à la direction d'approche de la surface de limitation d'obstacles ou de la zone critique/sensible ILS/MLS, selon le cas. Dans la mesure

du possible, il est placé un panneau indicateur du point d'attente de chaque côté du point d'attente de circulation.

▪ **Les panneaux indicateurs de point d'attente sur voie de service :**

Ils sont installés à tous les endroits où une voie de service donne un accès à une piste. Ils sont placés à 1,5m d'un bord de la voie de service (à gauche ou à droite selon la réglementation routière locale) au point d'attente.

Les panneaux d'obligation portent une inscription blanche sur fond rouge. Ils sont destinés à être utilisés de nuit ou par une mauvaise visibilité par un éclairage d'intérieur ou d'extérieur. (Voir figure IV.8).

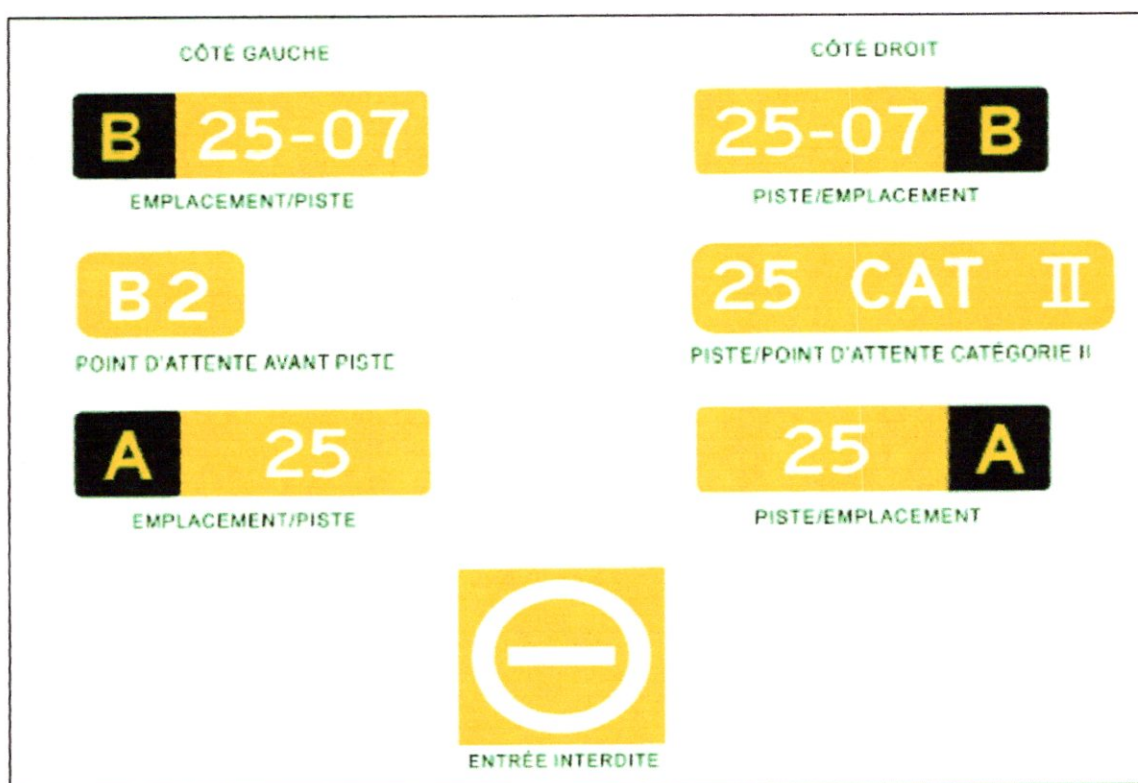


Fig.IV.8 : Panneaux d'obligation.

➤ **Les panneaux d'indication :**

Un panneau d'indication est installé lorsqu'il existe un besoin d'identifier un emplacement précis ou de donner des renseignements sur un parcours à suivre (direction ou destination).

Les panneaux d'indication comprennent :

- **Les panneaux indicateurs de direction :**

Ils sont du même côté de la voie de circulation que la direction de l'emplacement à indiquer ; à une intersection, ils sont placés avant la dite intersection.

- **Les panneaux d'emplacement :**

Ils sont placés du côté gauche de la voie de circulation ; à une intersection, ils sont placés avant l'intersection.

- **Les panneaux indicateurs de point de vérification VOR d'aérodrome :**

Ils sont situés aussi près que possible du point de vérification de façon que les inscriptions soient visibles du poste de pilotage d'un aéronef en position sur la marque du point de vérification VOR. (Voir figure IV.9).

- **Les panneaux de sortie de piste :**

Ils sont placés avant le point de sortie de piste, sur la même ligne qu'un point situé à 60m au moins avant le point de tangence lorsque le chiffre de code est 3 ou 4, et à 30m au moins lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

- **Les panneaux indicateurs de dégagement de piste :**

Ils sont placés au moins de la voie de circulation. La distance ne sera pas inférieure à la plus grande des deux valeurs ci-après :

- La distance entre l'axe de piste et le périmètre de la zone critique/sensible ILS/MLS.
- La distance entre l'axe de la piste et le bord inférieur de la surface intérieure de transition.

- **Les panneaux de destination :**

Ils doivent être installés s'il y a lieu pour indiquer la direction à suivre pour se rendre à une destination particulière sur l'aérodrome, comme la zone fret, l'aviation générale, etc....

Les panneaux d'indication portent soit une inscription de couleur jaune sur fond noir, soit une inscription de couleur noire sur fond jaune.

La figure IV.8 indique quelques exemples de panneaux d'indication.

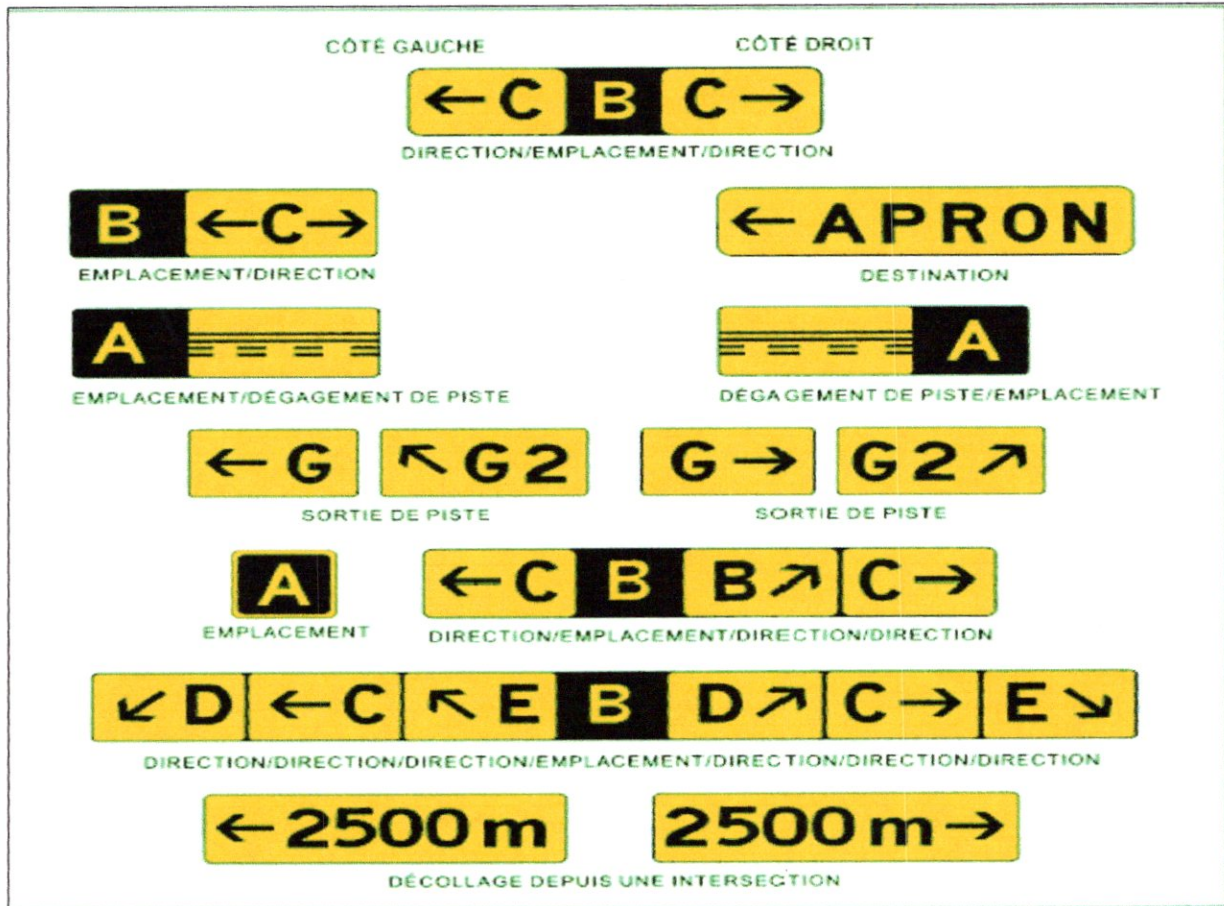


Fig.IV.9 : Panneaux d'indication.

IV.3.2.2. Indicateurs visuels de pente d'approche :

Les indicateurs visuels de pente d'approche ont pour fonction de fournir une aide visuelle au pilote dont l'appareil est en approche finale. Ils permettent de savoir si la trajectoire est dans un plan de descente plus ou moins pointu que celui qui est considéré comme nominal. La trajectoire nominale est l'une des trajectoires possibles des aéronefs qui est prise comme référence.

Ils peuvent être utilisés seuls ou en redondance avec un moyen électrique assurant la même fonction.

Un indicateur visuel de pente d'approche sera installé, que la piste soit ou non dotée d'autres aides visuelles ou d'aides non visuelles d'approche lorsqu'une ou plusieurs conditions existent, parmi lesquelles on peut citer à titre d'exemple :

- La piste est utilisée par des avions à turboréacteurs ou autres avions qui exigent un guidage analogue dans l'approche.

- Il existe dans l'aire d'approche des objets qui peuvent constituer un danger grave si un avion descend au-dessous de l'axe normal de descente surtout s'il n'y a pas d'aide non visuelle ou d'autre aide visuelle pour signaler ces objets.
- Les caractéristiques physiques du terrain à l'une ou l'autre des extrémités de la piste présentent un danger grave en cas de prise de terrain trop courte ou trop long.
- Les conditions météorologiques dominantes sont telles que l'avion risque d'être soumis à une turbulence anormale pendant l'approche.

Les indicateurs visuels de pente d'approche normalisés sont :

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

- **Le PAPI et l'APAPI :**

Le dispositif PAPI est constitué par une barre de flanc formée de quatre ensembles lumineux à transition franche, à lampes multiples (ou à lampes individuelles groupées par paires), également espacés. Il est situé sur le côté gauche de la piste à moins que cette disposition ne soit physiquement impossible.

Le dispositif APAPI est constitué par une barre de flanc formée de deux ensembles lumineux à transition franche, à lampes multiples (ou à lampes individuelles groupées par paires). Il est situé sur le côté gauche de la piste à moins que cette disposition ne soit physiquement impossible.

La barre de flanc d'un PAPI est construite et disposée de manière qu'un pilote qui exécute une approche et dont l'avion se trouve :

- Sur la pente d'approche ou tout près de celle-ci, voie les deux ensembles les plus rapprochés de la piste en rouge et les deux ensembles les plus éloignés de la piste en blanc ;
- Au-dessus de la pente d'approche, voie l'ensemble le plus rapproché de la piste en rouge et les trois ensembles les plus éloignés de la piste en blanc ; et plus au-dessus, voie tous les ensembles en blanc ;
- Au-dessous de la pente d'approche, voie les trois ensembles les plus rapprochés de la piste en rouge et l'ensemble le plus éloigné de la piste en blanc ; et plus au-dessous, voie tous les ensembles en rouge. (Voir figure IV.10)

Le dispositif PAPI utilise des ensembles lumineux qui émettent un signal dont la moitié inférieure est rouge et la moitié supérieure est blanche.

Un réglage d'intensité lumineuse doit être installé pour permettre d'adapter cette intensité aux conditions ambiantes et éviter d'éblouir le pilote.

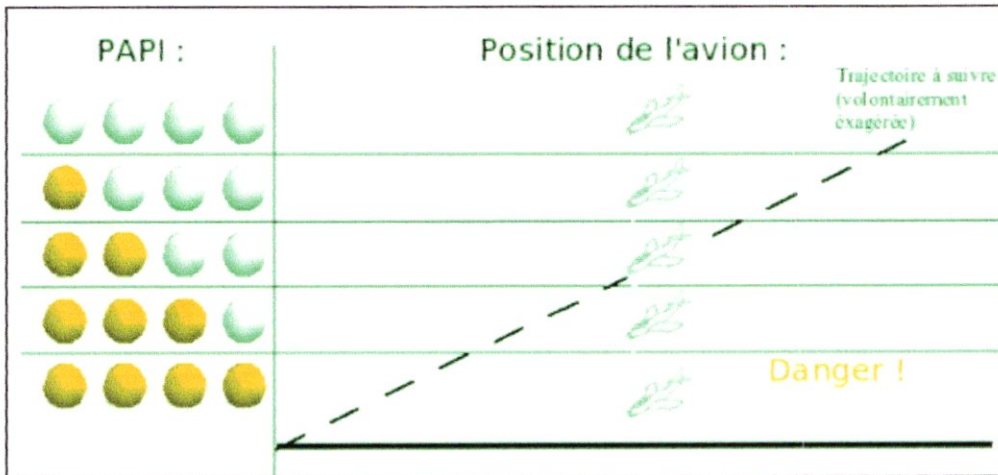


Fig. IV.10 : Le système PAPI.

L'utilisation du PAPI par le pilote est expliquée sur le schéma suivant :

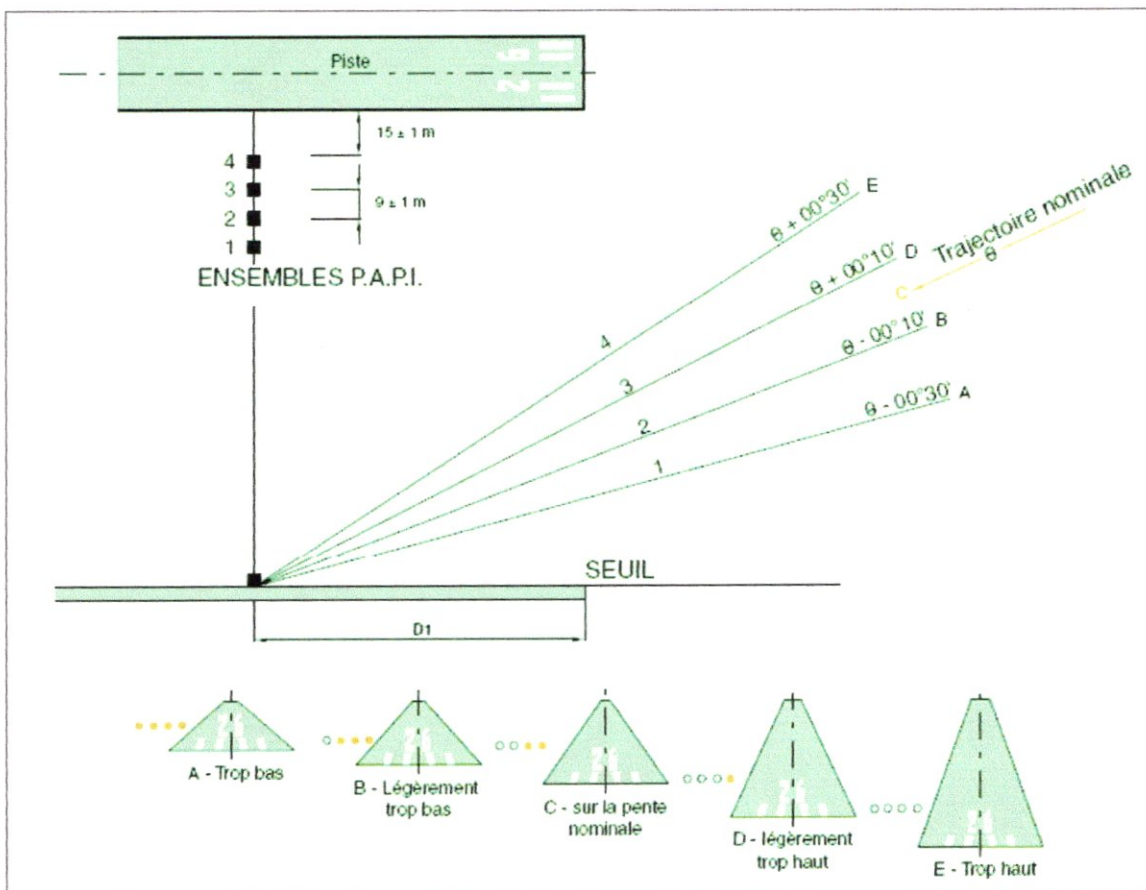


Fig.IV.11 : La configuration du système PAPI.

IV.3.2.3. Le balisage :

Le balisage des aérodromes est destiné à faciliter aux navigateurs aériens, au moyen d'aides visuelles, les divers manœuvres que comporte aussi bien la circulation en vol et au sol que l'atterrissage et le décollage.

C'est un ensemble de repères visuels artificiels, fixes, servant à guider les aéronefs dans leurs manœuvres.

On peut classer les dispositifs de balisage actuellement utilisés en deux catégories :

- Le balisage lumineux ;
- Le balisage de jour ou non lumineux.

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

- **Le balisage de jour (diurne) :**

Le balisage de jour peut être réalisé soit par des marques, soit par des balises et des marques suivant qu'il s'agit de parties revêtues ou non revêtues.

Les marques ne font pas saillie sur la surface qui les porte et sont visibles en vol.

Les balises font saillie au-dessus du sol, émergent de la végétation éventuelle et sont visibles pendant le roulement.

En cas de voisinage d'aires non revêtues, une étude d'adaptation des deux systèmes de balisage pourra être faite par le service technique de la navigation aérienne.

A - Balisage des pistes et voies de circulation revêtues :

A-1-Couleur des marques :

Ils sont de couleur blanche sur toute la longueur de la piste définie comme offrant au roulement la portance déclarée par l'autorité compétente. ils sont de couleur jaune sur les voies de circulation et le poste de stationnement d'aéronef.

A-2-Les marques :

On peut trouver les marques suivantes :

- **Marques d'identification de piste :**

Toutes les pistes revêtues sont pourvues de marques d'identification. ces marques sont constituées par un nombre de deux chiffres, et dans le cas de pistes parallèles, ce nombre est accompagné d'une lettre, tel que la lettre indiquant le sens d'approche. (Voir figure IV.12).

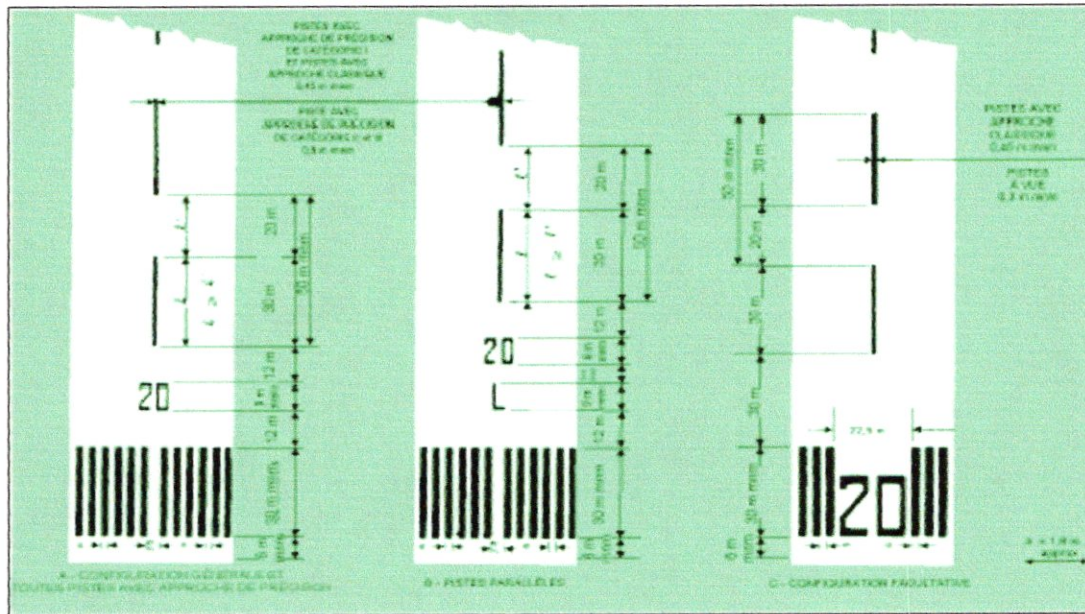


Fig.IV.12 : Marques d'identification de piste.

▪ **Marques d'axe de piste :**

Les marques d'axe de piste sont disposées le long de l'axe de piste entre les marques d'identification de piste sauf aux endroits où ces marques sont interrompues.

Elles sont constituées par une ligne de traits uniformément espacés.

▪ **Marques de seuil :**

Les marques de seuil sont disposées sur les pistes aux instruments, ainsi que sur les pistes à vue dont le chiffre de code est 3 ou 4 et qui sont destinées au transport aérien commercial international.

Elles sont constituées par un ensemble de bandes longitudinales de mêmes dimensions, disposées symétriquement par rapport à l'axe de piste qui commence à 6m du seuil. (Voir figure IV.13).

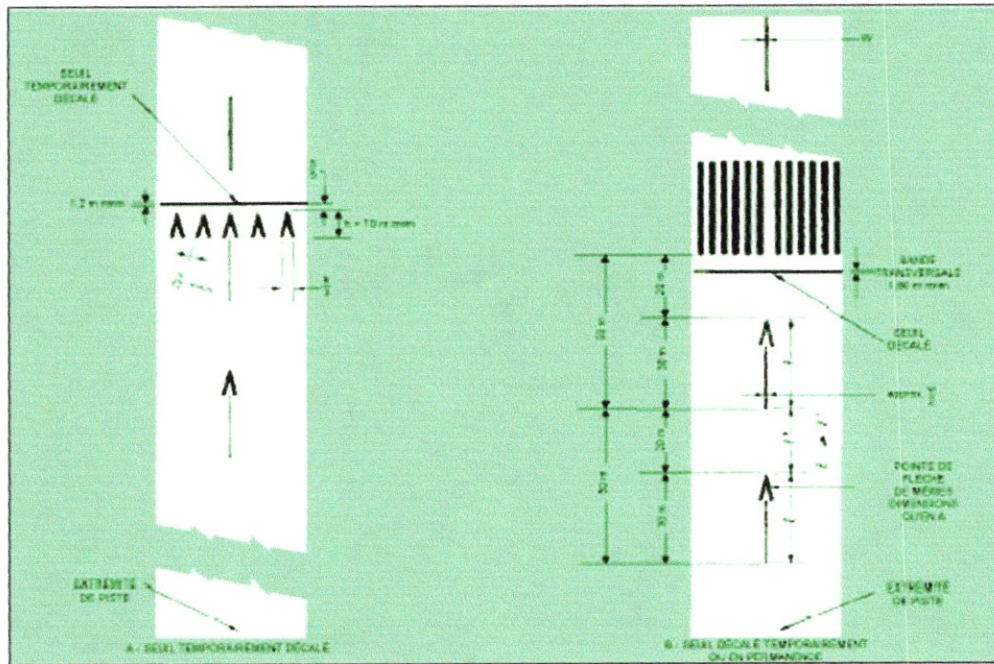


Fig.IV.13 : Marques de seuil décalé.

▪ **Marques de prolongement d'arrêt :**

Les marques de prolongement d'arrêt doivent être apposées sur tous les prolongements d'arrêt de longueur supérieure ou égale à 100m. Ces marques sont constituées par des chevrons de couleur jaune dont la pointe est dirigée vers le seuil de piste, centrés sur l'axe de la piste. (Voir figure IV.14).

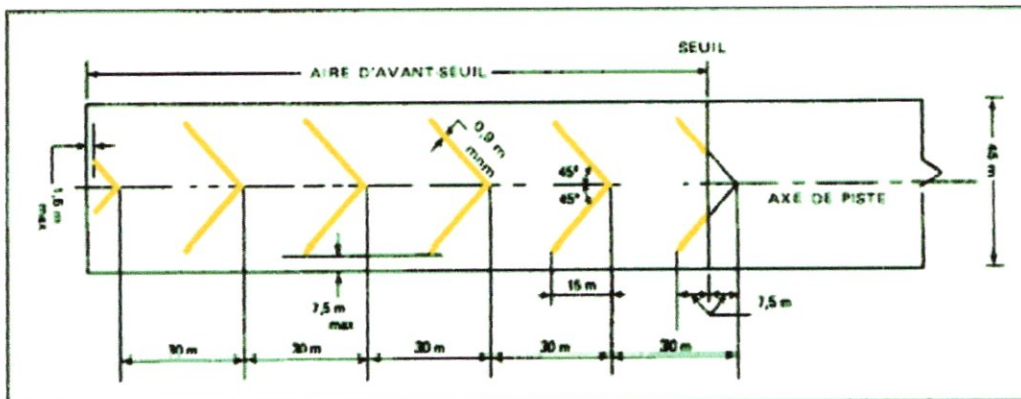


Fig. IV.14 : Marques d'avant seuil.

▪ **Marques de zone de toucher des roues :**

Elle se présente sous forme de paires de marques rectangulaires symétriquement disposées de part et d'autre de l'axe de la piste, à intervalles longitudinaux de 150m à partir du seuil de piste, le début de la marque étant pris comme référence de position.

▪ **Marques de zone inutilisable :**

Le balisage de zone inutilisable doit être apposé sur les parties de piste ou de voie de relation dont l'utilisation est interdite. Ces marques peuvent toute fois ne pas être apposées lorsque la fermeture est temporaire et que les usagers sont informés par radiotéléphonie et par NOTAM si le préavis le permet.

Ces marques sont constituées par des croix, de couleur jaune sur une voie de relation centrée sur l'axe, elles sont disposées à chaque extrémité de la portion interdite. (Voir figure IV.15).

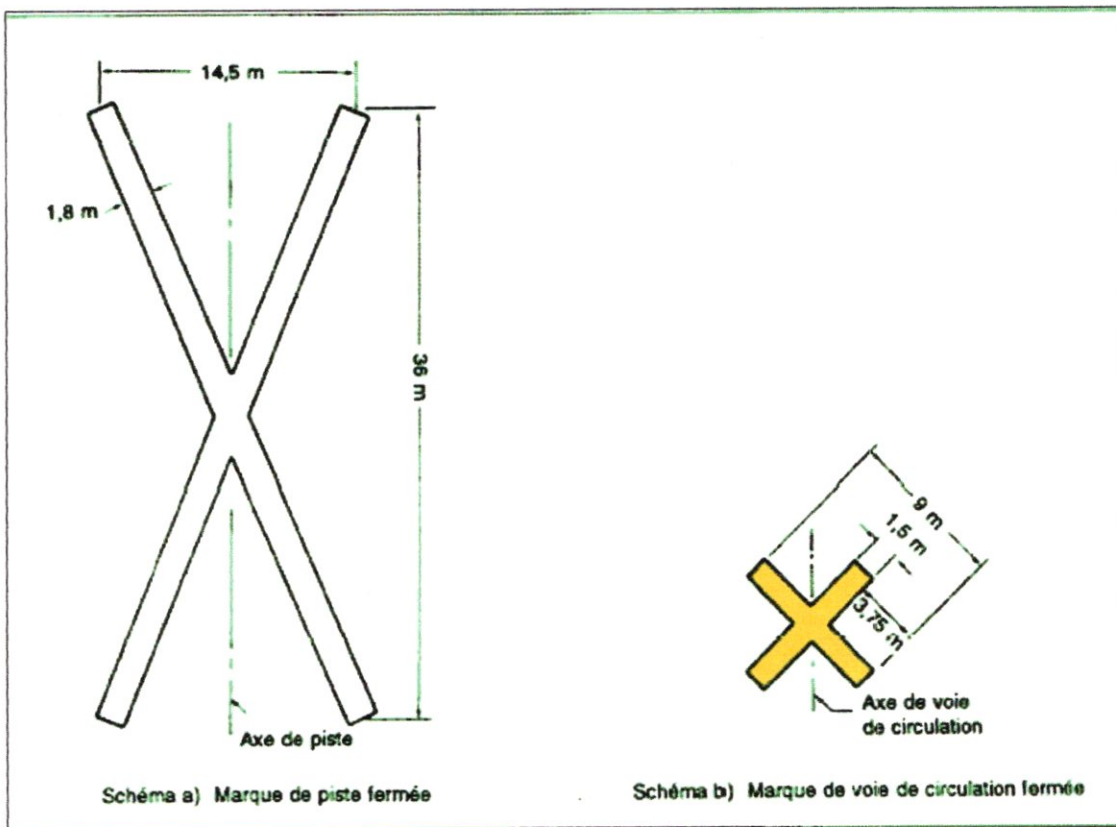


Fig.IV.15 : Marques de piste et de voie de circulation fermée.

B - Balisage des pistes et de voies de circulation non revêtues :

Les aires de mouvement d'un aérodrome (piste ou bande, voies de circulation, aires de stationnement) appellent un balisage de délimitation chaque fois qu'elles ne tranchent pas suffisamment avec le sol environnant.

La délimitation des aires non revêtues utilise des balises qui sont selon le cas :

- Pyramidales ou tronconiques ;
- En forme de dièdre, de couleur blanche et rouge, aux extrémités de pistes ;

Les balises d'angles ont de préférence la forme de dièdres.

Sur les parties de l'aire de mouvement pourvues d'un balisage lumineux, ces balises sont constituées par les supports des feux. Elles peuvent être en bois, en métal ou en matière plastique et doivent être aisément renversables ou frangibles de manière à ne pas détériorer un avion léger viendrait à la heurter.

• Balisage lumineux (nocturne) :

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

- Repérer et identifier l'aérodrome ;
- Distinguer les limites des aires de mouvement ;
- Faciliter les évolutions en cours d'atterrissage ou de décollage et les manœuvres au sol ;

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

Ce balisage comporte différents dispositifs :

1) A basse intensité (balisage BI) : ce balisage omnidirectionnel est réalisé pour l'utilisation de nuit par bonnes conditions de visibilité.

2) A haute intensité (balisage HI) :

- Le balisage pour les approches classiques aux instruments qui permet d'effectuer les atterrissages lorsque la hauteur de décision est supérieure à 65m ;
- Le balisage pour les approches de précision de catégories I, II et III.

Les dispositifs de balisage lumineux comportent :

- Un balisage de seuil de piste ;
- Un balisage de délimitation latérale de piste ;

- Un balisage d'extrémité de piste ;

Ces dispositifs peuvent être en BI ou en HI.

- Une ligne d'approche :

- ❖ Facultative pour les approches par bonnes conditions de visibilité (ligne d'approche simplifiée BI sur 600m ou HI sur 420m) ;
- ❖ Facultative pour les approches de précision de catégorie I (ligne d'approche simplifiée HI sur 420m) ;
- ❖ Obligatoire pour les approches de précision de catégorie I (ligne d'approche HI sur 900m) ;
- ❖ Obligatoire pour les approches de précision de catégorie II (ligne d'approche HI, sur au moins 420m, renforcé sur les 300 derniers mètres) ;
- ❖ Facultative pour les approches de catégorie III (ligne d'approche identique à celle de catégorie II) ;

- Un balisage d'axe HI pour les catégories II et III avec codage de distance ;
- Un balisage de zone d'impact pour les catégories II (facultatif) et III ;
- Une ligne axiale de voie de circulation HI obligatoire en catégorie II et III mais limitée.

➤ **Les caractéristiques des dispositifs de balisage lumineux :**

Ces caractéristiques définissent le type d'information à fournir au pilote concernant la position de son appareil à l'intérieur du dispositif.

Elles s'énumèrent dans les notes suivantes :

1) Nature :

Elle concerne l'implantation du composant, on distingue :

▪ **Feux hors sol :**

Les feux hors sol de piste, de prolongement d'arrêt et de voie de circulation sont frangibles. Leur hauteur est assez faible pour laisser une garde suffisante aux hélices et aux fuseaux moteurs des aéronefs à réaction.

▪ **Feux encastrés :**

Les feux encastrés à la surface des pistes, des prolongements d'arrêt, des voies de circulation et des voies de trafic sont conçus et montés de manière à supporter le passage des roues d'un aéronef sans dommages pour l'aéronef ni pour les feux.

▪ Feux d'approche hors sol :

Les feux d'approche hors sol et leurs monteurs doivent être frangibles. Toutefois, lorsqu'un feu et sa monture se trouvent dans la partie du balisage lumineux d'approche qui est situé à plus de 300m du seuil :

- Et que la hauteur de la monture dépasse 12m, seuls les 12m supérieurs doivent être frangible.
- Et que la monture est entourée d'objets non frangibles, seul la partie de la monture qui s'élève au-dessus des objets avoisinants doit être frangible.

Lorsque la monture et le support d'un feu d'approche ne sont pas assez visibles par eux-mêmes, ils sont balisés en conséquence.

2) Intensité :

L'intensité des feux de piste doit être suffisante pour les conditions minimales de visibilité ou de luminosité ambiante dans lesquelles la piste est destinée à être utilisée et compatible avec celle des feux de section la plus proche du dispositif lumineux d'approche éventuellement installé.

Les feux peuvent avoir l'un des trois niveaux de l'intensité lumineuse suivant leurs utilisations : basse, moyenne et haute intensité. Les intensités relatives des feux soient convenablement ajustées pour répondre à un but bien précis.

L'intensité des feux d'un dispositif lumineux d'approche peut être supérieure à celle du balisage lumineux de piste, mais il convient d'éviter des variations brusques d'intensité qui peuvent donner au pilote l'illusion que la visibilité varie pendant son approche. Le dispositif lumineux à haute intensité est doté de moyens de réglage permettant d'adapter l'intensité lumineuse aux conditions du moment.

3) Sens de propagation :

Il existe trois sens de propagation des faisceaux lumineux :
Omnidirectionnel, bidirectionnel et directionnel.

4) Eclats :

Selon le rôle, les feux sont classés en trois types :
Fixes, à éclat simultané et à éclat séquentiel.

5) Couleur :

L'objet des couleurs est de faciliter au pilote l'identification des différentes aires de l'aérodrome et les rendre plus visible.

Les feux peuvent être blancs, bleus, verts et rouges pour transmettre des instructions pour la circulation en vol et au sol. (Voir figure IV.16).

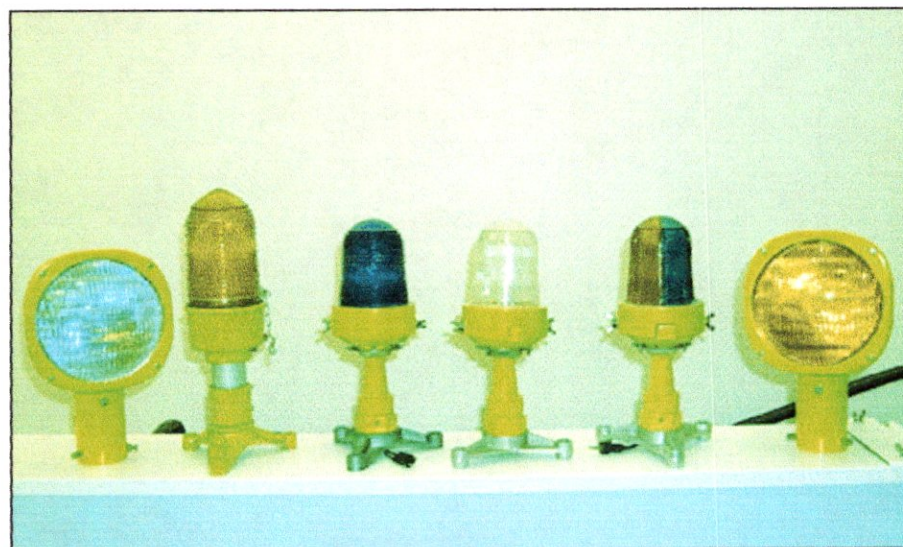


Fig. IV.16.1 : Divers feux hors-sol uni et omnidirectionnels.

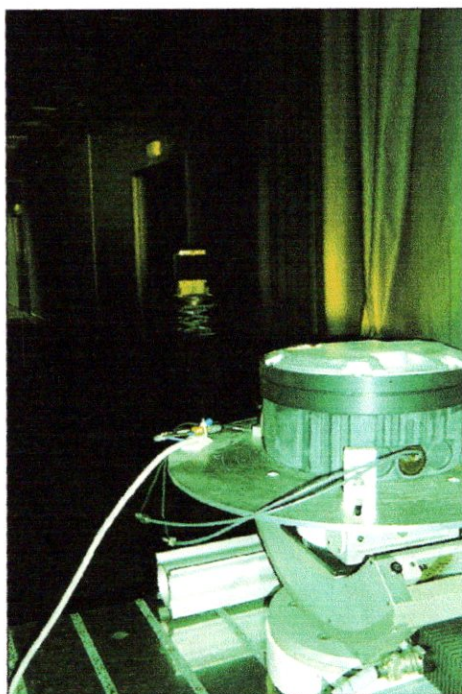


Fig. IV.16.2 : Feu encastré.

Fig.IV.16 : Des exemples de feux.

- Les feux de la ligne axiale et de la barre transversale du dispositif, sont des feux fixes de couleur blanche variable ;
- Lorsque la ligne axiale est constituée par les barrettes, il est recommandé que chaque barrette soit complétée par un feu à décharge de condensateur qui émettra deux éclats par second, en commençant par les premiers feux d'un dispositif et en continuant successivement dans la direction du seuil jusqu'au dernier feu ;
- Toute antenne d'azimut ILS qui fait saillie au-dessus du plan des feux devra être considérée comme un obstacle, balisée et dotée d'un feu d'obstacle.

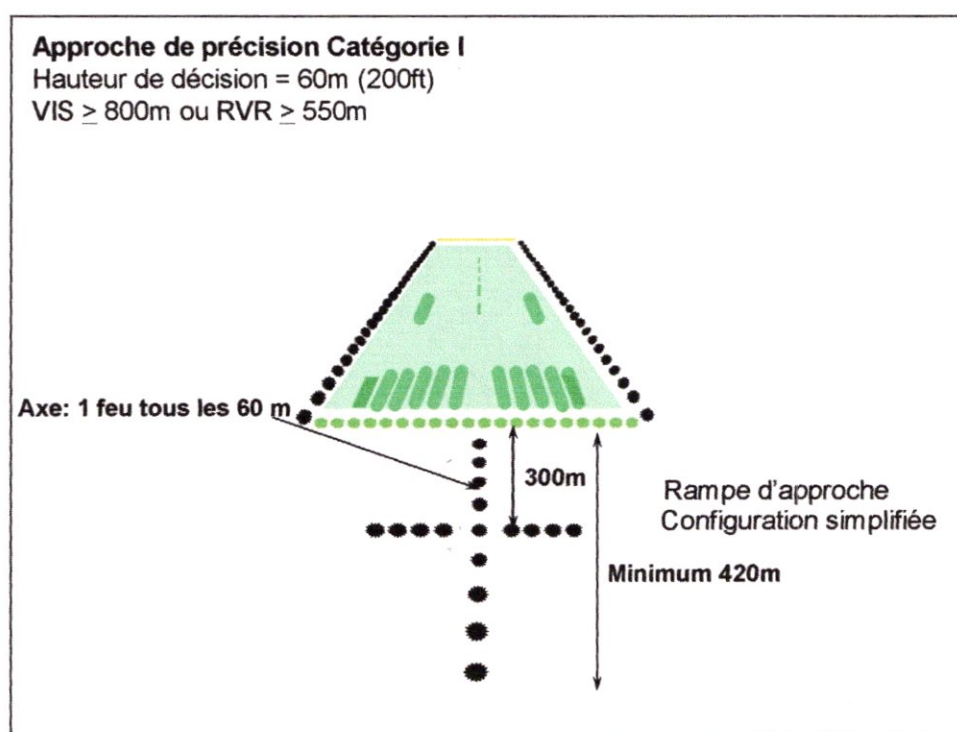


Fig.IV.18 : Piste catégorie I, simplifiée.

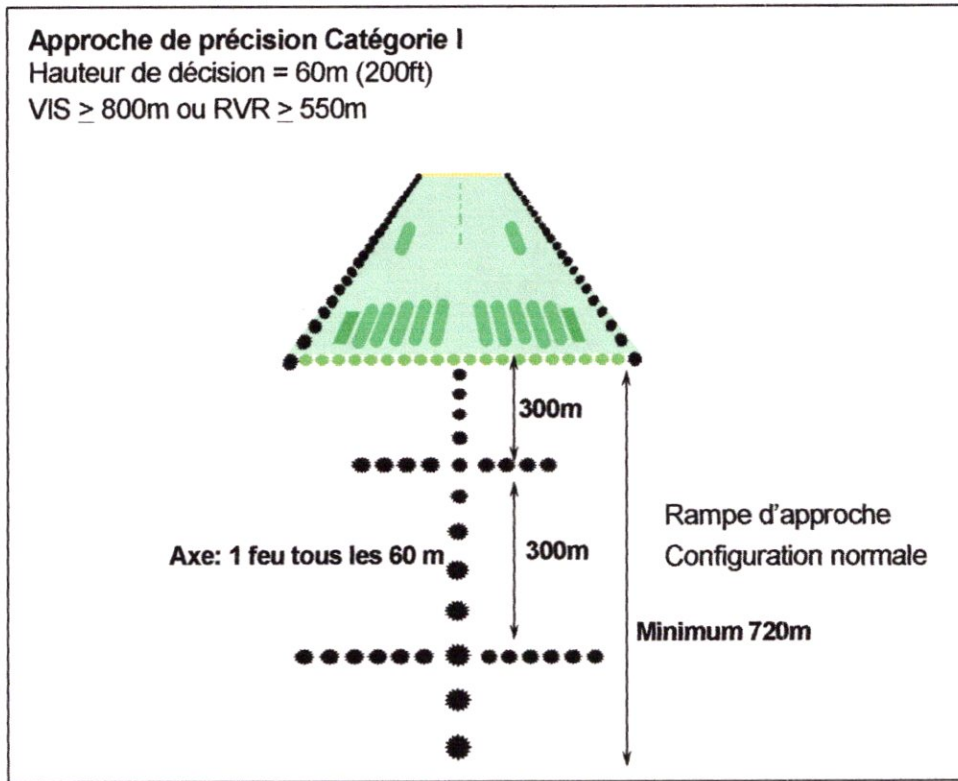


Fig. IV.19 : Piste catégorie I, normale.

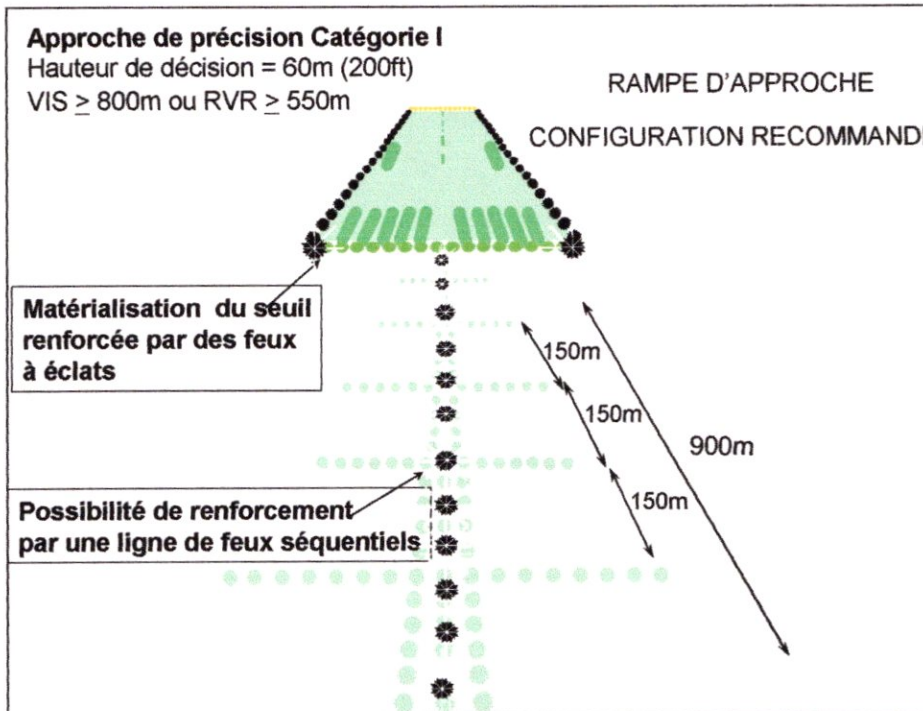


Fig. IV.20 : Piste catégorie I, recommandée.

- **Dispositifs lumineux d'approche de précision, de catégorie II et III :**

- ❖ **Description :**

- **La ligne axiale :**

Elle se compose d'une rangée de feux disposés dans le prolongement de l'axe de piste sur une distance de 900m à partir du seuil, les feux sont espacés de 30m, les plus proches étant situés à 30m du seuil.

- Les 300 derniers mètres (les 300 premiers mètres à partir du seuil) se composent de barrettes blanches variables ;
- au-delà de 300m du seuil, chaque position de feu de la ligne axiale est occupée par :
 - a) Une barrette semblable à celles qui sont utilisées sur les 300 derniers mètres ; ou
 - b) Deux sources lumineuses, sur les 300m intermédiaires et trois sources lumineuses sur les 300 premiers mètres.

- **Les rangées latérales :**

Le dispositif comporte deux rangées latérales de feux, d'une longueur de 270m à partir du seuil, les feux sont placés de chaque côté de la ligne axiale et leur espacement longitudinal est égal à celui des feux axiaux, l'espacement latéral est de préférence, égale à celui des feux de la zone de toucher de roues.

- **Les barres transversales :**

Il existe deux barres qui sont situées : l'une à 150m et l'autre à 300m du seuil.

- La barre transversale est disposée à 150m, comble les intervalles qui séparent les feux axiaux des feux de la rangée latérale ;
- La barre transversale disposée à 300m, s'étend de chaque côté des feux axiaux jusqu'à 15m de la ligne axiale.

Lorsque les éléments de la ligne axiale situés à plus de 300m du seuil sont constitués par des sources lumineuses ponctuelles, des barres transversales supplémentaires sont installées à 450m, à 600m et à 750m du seuil. (Voir figure IV.20).

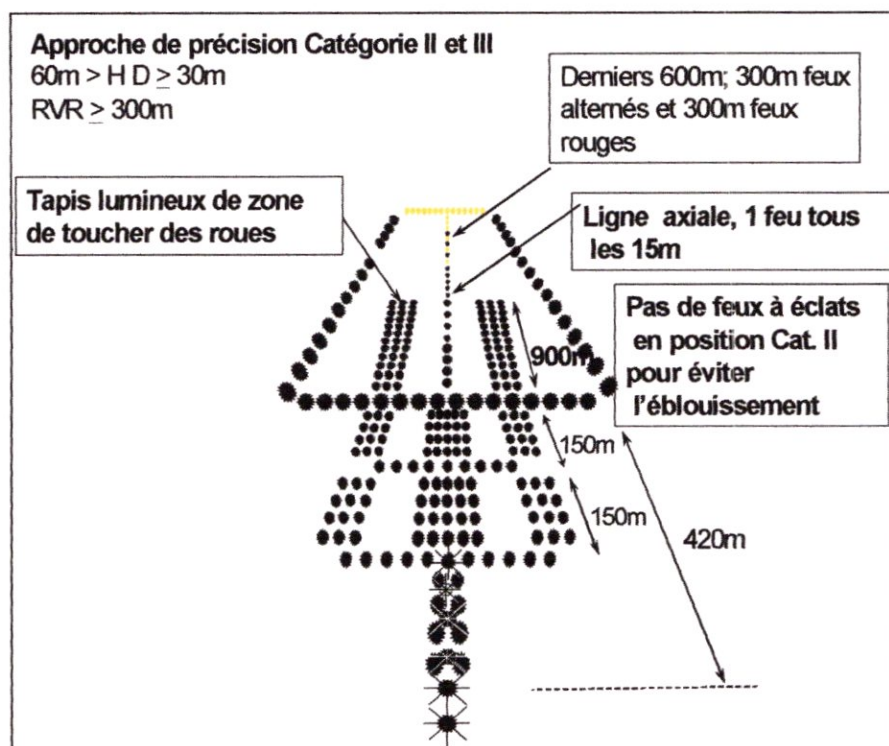


Fig. IV.21 : Dispositifs lumineux d'approche de précision, cat. II et III.

❖ **Recommandation :**

- Tous les feux de la ligne axiale doivent être blanc variable ;
- Les rangées latérales sont constituées de barrettes rouges ;
- Les feux des barres transversales sont des feux fixes d'un blanc variable.

L'intensité des feux rouges est compatible avec celle des feux blancs.

➤ **Balisage de la piste :**

▪ **Le balisage des bords de piste :**

Il est constitué par des feux HI directionnels, implantés symétriquement à 1,50m des bords de piste avec un espacement longitudinal de 60m au plus. Ils sont de couleur blanche, pouvant être remplacés par des feux de couleur jaune sur le dernier tiers de la longueur de la piste ou sur ses 600 derniers mètres si celle-ci a plus de 1800m de la longueur. Ils peuvent être constituer par des feux de couleur rouge en amont d'un seuil décalé, devant toutefois rester visibles en blanc dans le sens opposé à celui de l'utilisation du tiroir. (Voir figure IV.22).

6) Frangibilité :

Ces aides devraient être dotées de montures frangible. Cette frangibilité a le but de minimiser les dommages que l'aéronef puisse les subir, lorsqu'il vient à heurter un feu. (Voir figure IV.17).

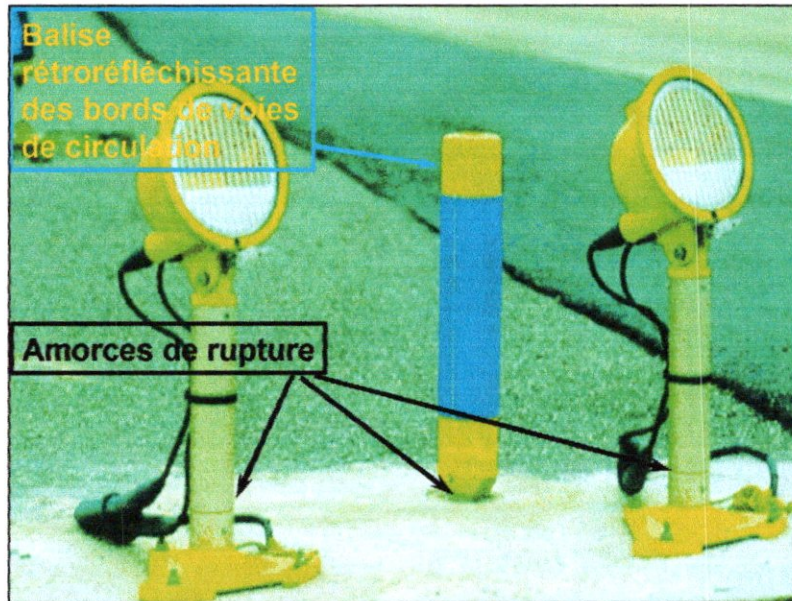


Fig.IV.17 : La frangibilité des aides visuelles.

➤ Dispositifs lumineux d'approche :

• Dispositifs lumineux d'approche simplifiée :

❖ Description :

▪ La ligne axiale :

Elle est composée d'une rangée de feux, disposés dans le prolongement de l'axe de piste, ces feux sont espacés de 60m ; le premier situé le plus en aval est placé à 60m du seuil.

Chaque feu de ligne axiale est constitué par :

- Une source lumineuse ponctuelle ;
- Une barrette de sources lumineuses de 3cm de long.

La ligne d'approche peut être :

- A basse intensité :
- ❖ Feux directionnels blancs ;
- ❖ Longueur de 420 à 600m.

- A haute intensité :
- ❖ Feux omnidirectionnels jaunes ;
- ❖ Longueur de 420m.
- **La barre transversale :**

Elle est constituée d'un ensemble de feu en ligne droite suivant une horizontal perpendiculairement au prolongement de l'axe de piste, situé à 300m du seuil de 18m ou 30m de long.

❖ **Recommandation :**

- Le dispositif est situé aussi près que possible du plan horizontal passant par le seuil ;
- Les feux du dispositif sont des feux fixes dont la couleur permettra de distinguer aisément le dispositif des autres feux aéronautiques ainsi que des lumières étrangères.

• **Dispositifs lumineux d'approche de précision catégorie I :**

❖ **Description :**

▪ **La ligne axiale :**

Elle se compose d'une rangée de feux disposés dans le prolongement de l'axe de piste et s'étendant sur 900m à partir du seuil, les feux sont espacés de 30m, le feu situé le plus près du seuil est placé à 30m. À chaque position de feu, il y'a :

- Une source lumineuse ponctuelle sur les 300 derniers mètres (pour le pilote en approche) ;
- Une source lumineuse double sur les 300m intermédiaires ;
- Une source lumineuse triple sur les 300 premiers mètres ; ou
- Une barrette.

▪ **La barre transversale :**

Elle est située à 300m du seuil de piste et mesure 30m de long. Si l'élément de la rangée axiale était formé par des feux à source lumineuse ponctuelle, il y'aurait des barres transversales supplémentaires à 150m, 450m, 600m et 750m du seuil, dont la largeur croîtrait (de 22,50 à 52,50m). (Voir figures IV.18 ; IV.119 ; IV.20).

❖ **Recommandation :**

- Les feux situés à moins de 60m de l'extrémité de piste de type encastré afin d'éviter tout dommage du au souffle des réacteurs d'un avion au décollage ; les autres sont du type hors-sol et mis en place sur des supports frangibles ;

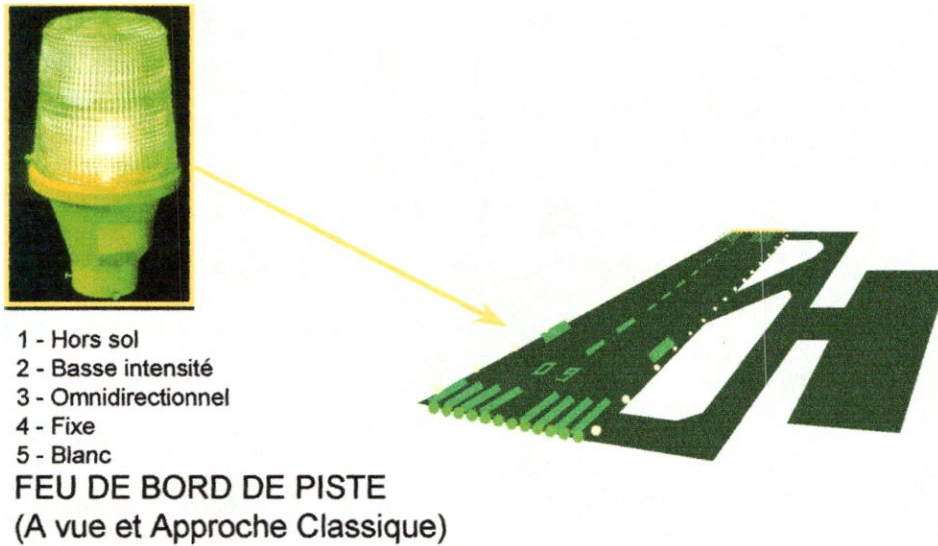


Fig. IV.22 : Les feux de balisage des bords de piste et leurs caractéristiques.

▪ **Le balisage de seuil :**

Il est matérialisé par des feux encastrés, implantés tous les 3m entre les deux rangées des feux de bords de piste, de couleur verte et éventuellement renforcé par des feux à éclats simultanés de couleur blanche. (Voir figure IV.23).

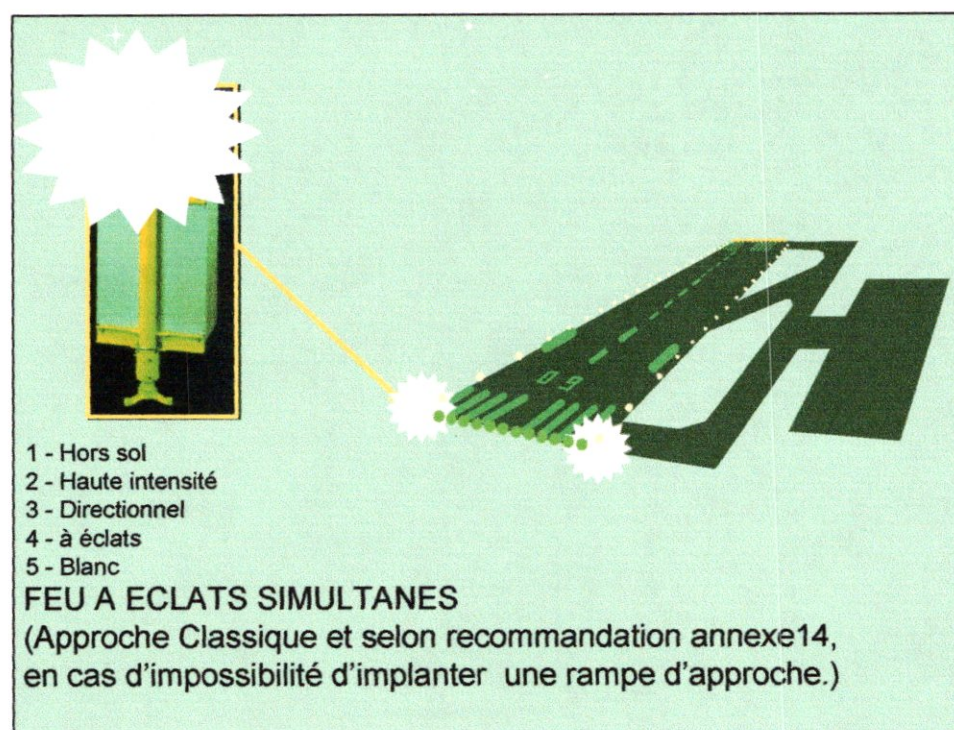


Fig. IV.23 : Les feux de balisage de seuil de piste.

▪ **Le balisage d'extrémité de piste :**

Il est constitué par des feux HI disposés transversalement en deux groupes ; L'emplacement entre les feux de chaque groupe est environ de 3m, de couleur rouge.

▪ **Le balisage d'axe de piste :**

Il est matérialisé par des feux espacés de 15m. Ils sont de couleur blanche à partir du seuil amont jusqu'un point situé à 900m de l'extrémité aval au-delà duquel ils alternent avec des feux de couleur rouge jusqu'un point situé à 300m de l'extrémité aval à partir duquel ils sont de couleur rouge. (Voir figure IV.24).

▪ **Le balisage des zones de toucher des roues :**

Il est matérialisé par des barrettes de couleur blanche. (Voir figure IV.24).

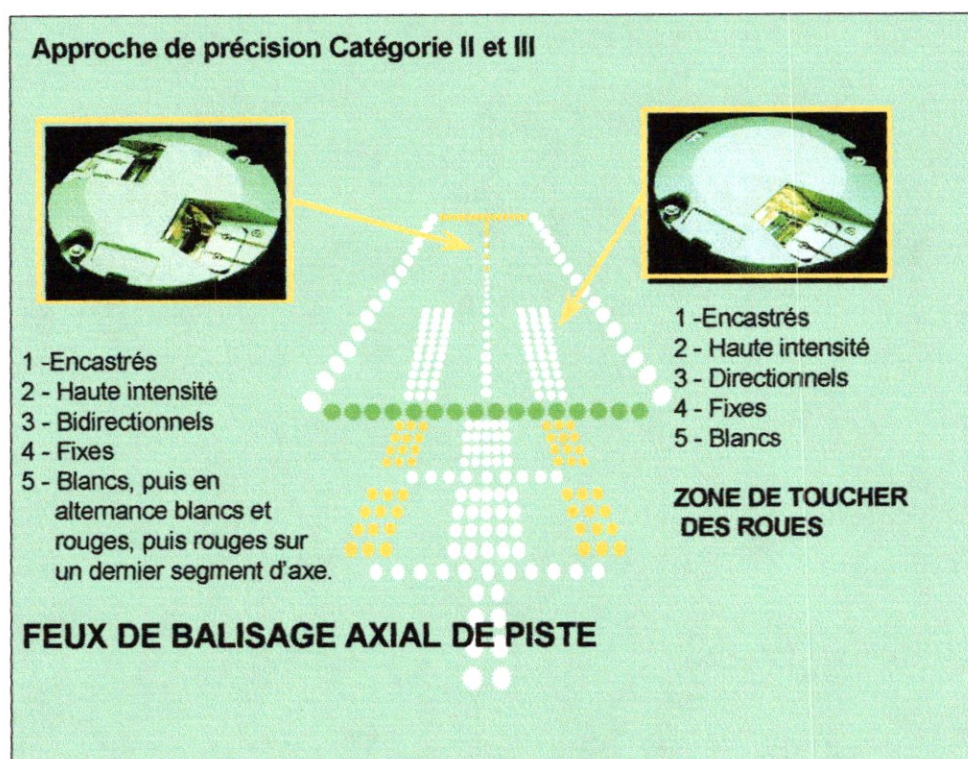


Fig. IV.24 : Les feux de balisage de l'axe de piste et zones de toucher des roues.

▪ **Le balisage de prolongement d'arrêt :**

Il est destiné à être utilisé de nuit, et constitué par des feux unidirectionnels fixes, visibles en rouge dans le sens d'utilisation, disposés latéralement dans l'alignement des feux de bords de piste et en extrémité perpendiculairement à son axe.

- Aux intersections de voies de circulation, la continuité est assurée par l'emploi de feux encastrés ;
- Des feux encastrés ou semi encastrés sont également utilisés sur les pistes devant accueillir des gros porteurs à cause du souffle des réacteurs.

IV.4. Système de contrôle et de commande du balisage lumineux à la vigie :

Dans leur forme la plus simple, ces systèmes permettent à l'opérateur de la tour de contrôle de procéder aux mises en marche ou arrêt du balisage et de modifier l'intensité tout en fournissant des informations sur l'état (allumé/éteint) du balisage lumineux.

La première page de l'écran tactile permet une visualisation globale. L'exemple mentionner sur cette page permet de voir que les deux (02) pistes sont éclairées en basse intensité « 2 », les rampes d'approche et les voies de circulation sont éteintes.

En fonction des conditions météorologiques diurnes ou nocturnes le contrôleur choisit d'abord la commande « LVP » ou non, ensuite il opte l'intensité nécessaire.

Les éléments éclairés apparaissent en vert sur le synoptique, si les éléments sollicités sont à haute intensité (HS), ils apparaissent en rouge. (Voir la figure IV.25).

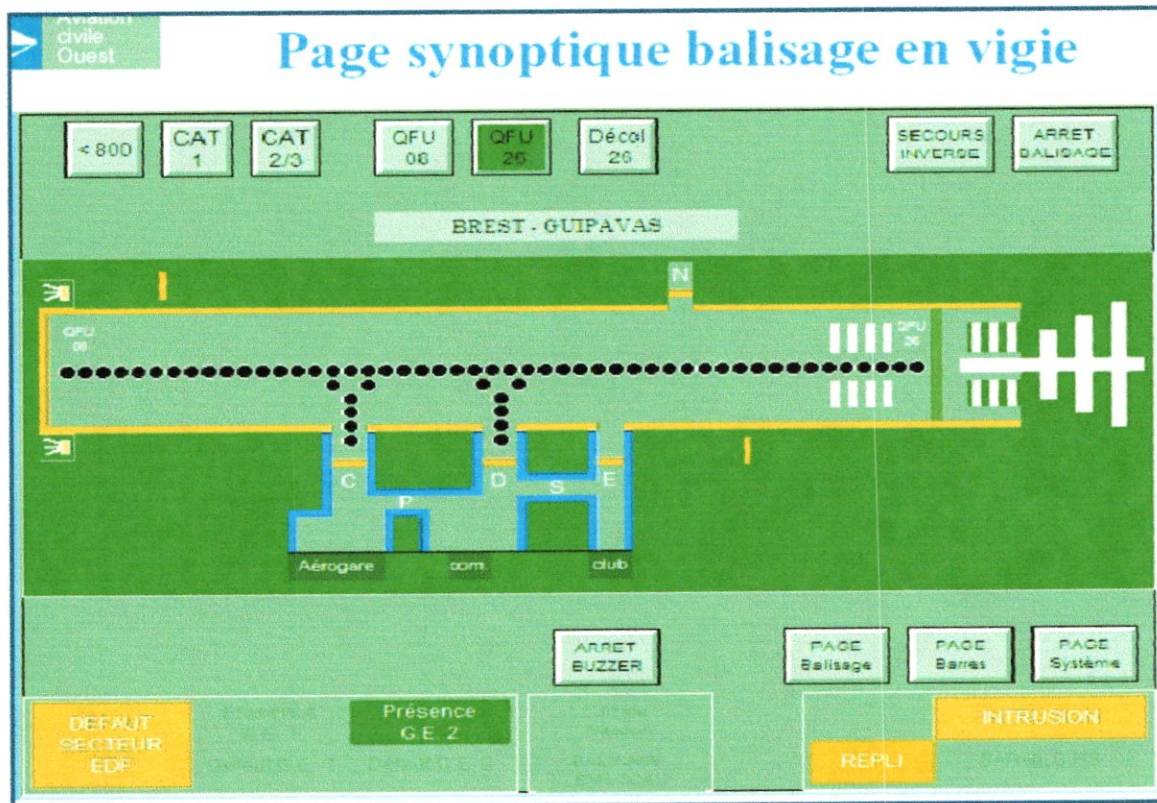


Fig.IV.25 : La page synoptique de balisage sur l'écran.

Il existe d'autres pages que l'on sélectionne au bas de l'écran, permettant de détailler diverses commandes des systèmes de balisage (obstacles, aires de stationnement, etc....). (Voir figure IV.26).

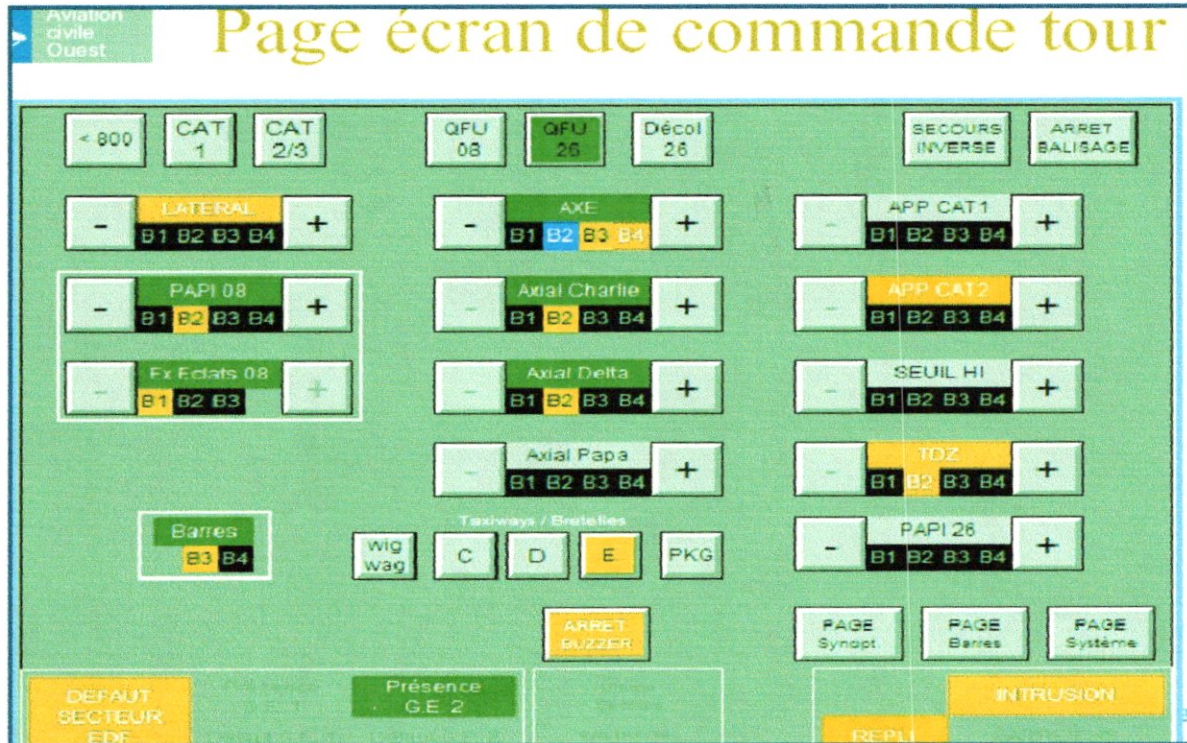


Fig. IV.26 : Les diverses commandes de systèmes de balisage.

▪ **Fonctions :**

En plus de la commande de «**marche/arrêt** » et de brillance, le système de contrôle du balisage lumineux assure l'entièreté ou une partie de s fonctions suivantes :

- ❖ La surveillance et l'affichage de l'état des équipements de balisage.
- ❖ La visualisation graphique sur interface homme-machine du système de balisage et de son état.
- ❖ L'analyse; la consignation et l'archivage des activités de maintenance.
- ❖ La surveillance du balisage lumineux.
- ❖ Le guidage visuel du pilote sur les voies de circulations et les aires de stationnement.
- ❖ La surveillance et la visualisation de l'état du réseau de distribution **HT** et **BT** des groupes générateurs et autres systèmes externes.
- ❖ L'interface et l'échange de données avec des systèmes informatiques externes comme l'ordinateur de gestion de l'aéroport et autres.

IV.5. Conclusion :

Étant donné que ces aides visuelles doivent être facilement comprises par les pilotes du monde entier, la normalisation de leur emplacement et de leurs caractéristiques lumineuses est de la plus haute importance, c'est pour ça qu'il faut respecter les exigences minimales dictées par l'OACI, afin que le dispositif d'aides visuelles soit efficace de jour comme de nuit; il peut donc être utilisé en tout temps même si, dans certaines conditions défavorables. Il est important de fournir aux pilotes un guidage qui leur permette de trouver leur chemin sur l'aire de mouvement.

D'autre part, il est fait état de la nécessité de surveiller le fonctionnement, et de commander des aides visuelles, car, sur les aéroports existe, des centaines et parfois des milliers de feux servent à guider les avions, et leur configuration change suivant les conditions météorologiques régnant sur l'aérodrome. Ce-ci nous ramène à parler, dans le suivant chapitre, sur le contrôle aérien en général, et particulièrement sur le contrôle, la télécommande et surveillance de balisage lumineux.

Conclusion

Conclusion

L'étude que nous avons présentée concerne à découvrir le système de balisage des pistes aéroportuaires pour une meilleure accessibilité en respectant les normes dictées par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI).

Dans un premier temps nous nous trouverons de jour dans des bonnes conditions météorologiques où seules des marques de peinture et des panneaux sont nécessaires pour garantir la sécurité de la circulation d'un avion et l'écoulement du trafic aérien.

Dans un deuxième temps, les conditions météorologiques (c'est à dire la visibilité) se dégradent progressivement en passant d'une nuit claire à une situation de brouillard. Le balisage nécessaire à chaque étape est bien détaillé.

Pour montrer les difficultés d'atterrissage dans certains conditions, nous vous présenterons les différentes catégories d'approche de précision (cat. I, cat. II et cat. III) en montrant les caractéristiques et les particularités de chaque catégorie.

Ce projet nous a permis de connaître aussi :

- ❖ Les divers dispositifs de balisage qui permettront la circulation d'un avion au sol en toute sécurité.
- ❖ Notons aussi que : pour atteindre cet ambitieux objectif chaque feu devra répondre à des critères techniques précis (nature, direction, intensité, couleur et période), que nous avons détaillé.

L'aspect économique qui n'est pas évoqué ici, entrera bien sûr en compte dans le choix des équipements.

On examinera donc en premier lieu l'aspect purement technique, ceci permettant de répondre aux besoins, aux objectifs de sécurité et au confort de pilotage, et de ne pas sous équiper l'aéroport.

En second lieu, il sera peut être parfois nécessaire de vérifier la cohérence entre les investissements proposés et d'autres options pour ne pas sur équiper inutilement l'aéroport.

En fin, garantir les arrivées et les départs les plus précis possibles et dans des conditions de sécurité maximum revient à améliorer l'accessibilité en assistant le pilote au moyen d'aides radioélectriques d'une part, et d'autre part en équipant l'aéroport d'aides visuelles et de faire remonter les informations visuelles le plus en amont possible.

Bibliographie :

► Les ouvrages :

- L'INFRASTRUCTURE AEROPORTUAIRE
TOME 1 et TOME 2 Par J.R.BUARD et H.SIMONIAN.
- Manuel de conception des aérodromes (O.A.C.I)
1^{ère} Partie : LES AERODROMES.
- Manuel de conception des aérodromes (O.A.C.I)
4^{ème} Partie : AIDES VISUELLES.
- Instruction Technique sur les Aérodrômes Civiles (I.T.A.C) ;
Service Techniques des Bases Aérienne (S.T.B.A) –France 1998.
- Normes et Pratiques Recommandées Internationales Aéroport
Annexe 14 à la convention relative à L'Aviation Civiles Internationale (OACI)
volume I : CONCEPTION ET EXPLOITATION TECHNIQUE DES AERODROME.

► Les thèses :

- Mémoire : « Les aides visuelles pour l'accès à l'aéroport » (Promotion 2003).
- Mémoire : « Etude des critiques du balisage électrique d'aéroport » (Promotion 2005).

► Les sites Internet:

- www.aviation-fr.info
- www.dgac.fr
- www.cera.aviation-civile.gouv.fr
- www.aéroport.public.lu/fr
- www.dsna-dti.aviation-civile.gouv.fr
- www.stna.aviation-civile.gouv.fr
- www.wikipédia.fr