

Aérodromes

Conception

par **Alain EUDOT**

Chef de la subdivision Aérodromes à caractéristiques spéciales

Nicolas GOUSKOV

Chargé d'études au Département études générales et d'aménagements

et **Nicolas LETERRIER**

Chargé d'études génie civil et pistes

Service technique des bases aériennes (STBA),

Direction générale de l'aviation civile (DGAC)

1. Piste et bande	C 4 451 - 2
1.1 Décollage et atterrissage.....	— 2
1.2 Éléments de l'aire d'atterrissage.....	— 3
1.3 Caractéristiques de l'aire de manœuvre.....	— 3
2. Voies de circulation.....	— 7
2.1 Généralités	— 7
2.2 Entrées-sorties de piste.....	— 8
2.3 Voie de relation	— 8
3. Dégagement et servitudes aéronautiques	— 10
3.1 Surfaces de dégagement	— 10
3.2 Règles de dégagement.....	— 10
4. Front des installations et zone terminale passagers	— 10
4.1 Front des installations.....	— 10
4.2 Surfaces nécessaires aux installations commerciales	— 12
4.3 Zone industrielle.....	— 15
5. Aides radioélectriques.....	— 15
5.1 Aides en route.....	— 15
5.2 Aides à l'atterrissage	— 16
5.3 Servitudes radioélectriques	— 18
6. Régularité	— 18
6.1 Procédures d'approche et d'atterrissage	— 18
6.2 Aides visuelles	— 19
7. Équipements météorologiques des aérodromes	— 19
7.1 Paramètres à mesurer.....	— 19
7.2 Mesure de visibilité horizontale	— 20
7.3 Télémètre de nuages.....	— 20
8. Aérodromes à caractéristiques spéciales	— 20
8.1 Hélistations.....	— 20
8.2 Altiports.....	— 21
8.3 Hydrobases	— 21
8.4 Plates-formes destinées aux ULM.....	— 21
8.5 Plates-formes destinées aux ballons libres.....	— 21
8.6 Plates-formes destinées aux ballons captifs à gaz	— 21
Pour en savoir plus.....	Doc. C 4 454

La conception d'un aérodrome doit obéir à des règles qui s'appuient sur les normes et recommandations de l'Organisation de l'aviation civile internationale. Cette conception, qu'elle soit destinée au transport de passagers et/ou

à la pratique d'une autre activité doit permettre de répondre aux besoins exprimés par les activités (volume et typologie de trafic, régularité du service) tout en tenant compte des contraintes qui y sont liées (en premier lieu la sécurité et déplacement des aéronefs et des personnes, et ensuite la prise en compte et la protection de l'environnement, etc.).

Cet article présente les différents aspects de la conception d'un aéroport, d'un point de vue fonctionnel, technique et administratif, tout en se référant à l'Instruction technique sur les aéroports civils (ITAC), guide français pour l'aménagement des aéroports.

Cet article s'insère dans une série de documents consacrés aux aéroports :

- Aéroports. Description et classification [C 4 450] ;
- Aéroports. Conception [C 4 451] ;
- Aéroports. Prise en compte des données locales [C 4 452] ;
- Aéroports. Construction [C 4 453] ;
- Aéroports. Pour en savoir plus [Doc. C 4 454].

1. Piste et bande

1.1 Décollage et atterrissage

Une description sommaire des situations possibles, désirées ou non, susceptibles d'être rencontrées lors des procédures de décollage et d'atterrissage est nécessaire pour comprendre la raison de certaines dispositions de l'aire d'atterrissage.

1.1.1 Décollage

On se limitera à schématiser les phases de décollage pour des avions multimoteurs à turbomachines. Les autres avions multimoteurs sont soumis à des procédures légèrement différentes, mais sur les mêmes principes de base.

L'idée qui préside à la détermination d'une longueur de piste est qu'un multimoteur dont un moteur tombe en panne en cours de décollage doit pouvoir soit s'arrêter à temps, soit poursuivre son décollage dans des conditions de sécurité suffisantes.

Lors d'un décollage, l'avion partant d'une vitesse nulle accélère jusqu'à ce que ses roues quittent la piste, puis atteint, à une hauteur de 10,7 m (soit 35 ft) au-dessus de la piste, une vitesse appelée **vitesse de montée initiale** (figure 1a).

Cette vitesse, notée v_2 , est la vitesse minimale à laquelle un avion multimoteur peut respecter une pente de montée minimale suffisante avec un moteur hors fonctionnement.

Dans le cas le plus critique de défaillance du moteur au cours du roulement au décollage, le pilote aura deux possibilités : soit continuer son décollage, soit freiner pour s'arrêter. La solution à adopter dépend de la **vitesse de décision** v_1 déterminée par le pilote, ou par la compagnie aérienne dont il dépend (figure 1b) :

- si l'avion n'a pas atteint cette vitesse de décision, le pilote doit freiner de façon à pouvoir s'arrêter sur la piste ;
- si cette vitesse est dépassée, le pilote doit poursuivre son décollage et décoller à la vitesse v_R (vitesse de l'avion lorsque la roulette de nez quitte le sol).

1.1.2 Distance accélération-arrêt

On appelle **distance accélération-arrêt** la distance nécessaire, depuis le lâcher des freins, pour immobiliser l'avion après

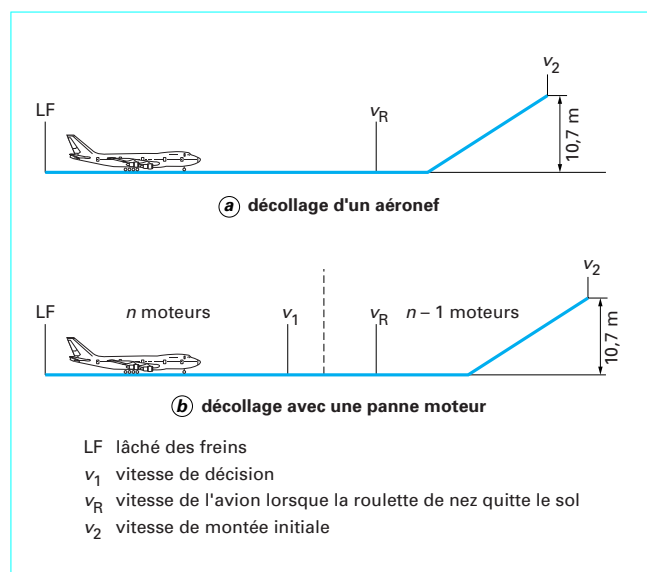


Figure 1 – Phases du décollage d'un aéronef

défaillance du groupe motopropulseur le plus critique, décelée au moment où est atteinte la vitesse de décision.

1.1.3 Atterrissage

On appelle **distance d'atterrissage** la distance horizontale (DA) nécessaire pour poser, puis arrêter l'avion à partir d'un point situé à 15 m (50 ft) au-dessus de l'aire d'atterrissage (figure 2).

La longueur de piste nécessaire à l'atterrissage est égale à la distance d'atterrissage DA multipliée par un coefficient de sécurité : 1/0,6.

Sur piste mouillée, l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) recommande même d'ajouter une marge de sécurité de 15 %.

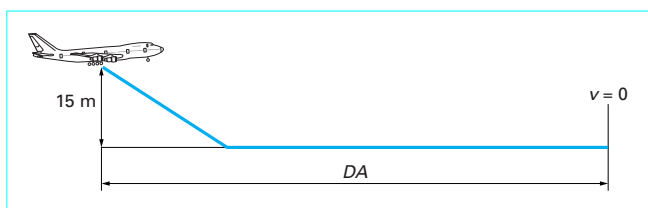


Figure 2 – Distance d'atterrissage

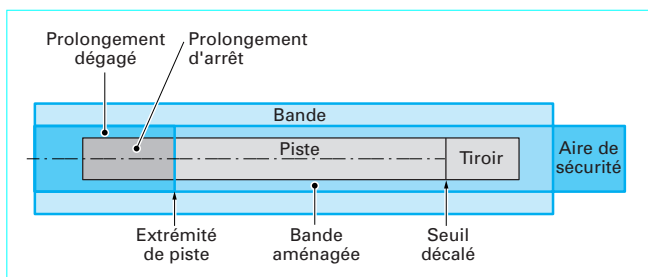


Figure 3 – Piste, bandes et les trois prolongements

1.1.4 Remise de gaz

Dans le cas où un atterrissage ne peut s'effectuer pour une raison quelconque (piste occupée, vitesse d'approche trop élevée) alors que l'avion est en approche finale, le pilote est obligé de « remettre les gaz » et de recommencer sa procédure d'approche et d'atterrissage.

1.2 Éléments de l'aire d'atterrissage

Les différents éléments de l'aire d'atterrissage ont pour but d'assurer la meilleure sécurité possible des avions lors des manœuvres.

1.2.1 Piste

■ La piste est une aire rectangulaire, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs. Lorsqu'elle est pourvue d'une chaussée, elle est dite *revêtue*.

Dans le cas d'une piste *revêtue*, les *abords* de piste (parties de terrain entourant la piste) sont aménagés de façon à limiter, pour l'avion, les conséquences d'une sortie de piste. Les *accotements*, qui en font partie, servent en plus à éviter que les projections ou ingestions de gravillons ou autres particules solides par les groupes motopropulseurs n'endommagent l'avion lors de son roulage au sol.

● Lors de l'**atterrissage**, l'avion doit normalement toucher des roues après le *seuil* d'atterrissage. Il peut exister un *seuil décalé* : le seuil ne coïncide alors pas avec l'extrémité de piste (figure 3). La partie séparant l'extrémité de piste du seuil s'appelle *tiroir* et n'est utilisée que pour le décollage. Cette configuration se rencontre lorsque des obstacles empêchent les avions à l'approche de descendre suffisamment pour se poser à partir de l'extrémité de piste.

Lors d'une manœuvre d'atterrissage ou d'accélération-arrêt, le pilote peut ne pas avoir arrêté son avion à l'extrémité de piste. Le prolongement de piste prévu dans ce cas n'est utilisé que lorsqu'il arrive un incident. En temps normal, le pilote arrête l'avion avant l'extrémité et peut faire demi-tour sur la *raquette de retournement*.

Par ailleurs, afin de réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste, une *aire de sécurité d'extrémité* de piste est aménagée (RESA). Cette aire est adjacente à l'extrémité de la bande, extérieure à celle-ci et symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste.

● Lors d'une manœuvre de **décollage**, certaines pistes revêtues disposent d'un *prolongement dégagé* permettant aux appareils les plus exigeants utilisant cette piste d'augmenter leur masse au décollage. Ce prolongement dégagé 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 altitude en fin de manœuvre de décollage.

■ Une **piste aux instruments** est une piste destinée aux aéronefs qui utilisent des aides non visuelles pour l'approche dans le cadre d'une procédure dûment approuvée ; les autres **pistes** sont dites à **vue**.

■ Les caractéristiques géométriques des pistes ne découlent plus aussi simplement de la longueur d'étape au départ et de l'utilisation ou non possible en toutes circonstances, mais doivent être élevées au niveau exigé par l'avion le plus contraignant y faisant escale. Tel est le critère recommandé par l'OACI depuis 1982 et que l'Instruction technique sur les aérodromes civils (ITAC) adopte depuis mai 1999 pour la conception des pistes.

■ Lorsqu'un aérodrome n'a qu'une piste, le code de référence de la piste est celle de l'aérodrome (cf. [C 4 450], § 3.3).

Lorsqu'un aérodrome comporte plusieurs pistes destinées à des trafics de natures différentes, le code de référence de chacune d'elles est celui correspondant à l'avion le plus exigeant utilisant celles-ci.

1.2.2 Bande de piste

La piste, ainsi que le prolongement d'arrêt et le prolongement dégagé qu'elle peut comporter, est placée à l'intérieur d'une **bande** dite également *bande dégagée de piste* (figure 3).

Cette bande est destinée à :

- réduire les risques de dommage auxquels est exposé un aéronef qui sort accidentellement de la piste ;
- assurer la protection des aéronefs qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissage.

1.2.3 Bande aménagée

La **bande aménagée** de piste est la partie de la bande englobant la piste ainsi que le(s) prolongement(s) d'arrêt, lorsqu'il(s) existe(nt) et dont la surface est aménagée pour accepter le roulement accidentel d'un avion (figure 3).

1.3 Caractéristiques de l'aire de manœuvre

1.3.1 Piste

■ Longueur de piste

Compte tenu de ce qui a été vu précédemment (§ 1.1) la conception d'une piste nécessite de calculer les trois longueurs suivantes :

- la *distance de décollage* avec un moteur en panne ;
- la *distance d'atterrissage* ;
- la *distance d'accélération-arrêt*.

La longueur nécessaire pour une piste servant au décollage et à l'atterrissage sera la plus longue des trois.

Cependant, une condition indépendante de la longueur de piste intervient dans les calculs : il s'agit de l'obligation qu'a le pilote de maintenir une *pente de montée minimale* après le décollage, toujours avec un moteur en panne. Cette condition fait intervenir :

- le survol d'éventuels obstacles ;
- la masse de l'avion ;
- les propriétés aérodynamiques de l'avion ;
- la puissance des moteurs ;
- la température de l'air ;
- la pression de l'air au niveau de l'aérodrome.

Le constructeur de l'avion fournit l'abaque permettant de déterminer la masse maximale admissible pour cette phase de vol. C'est cette masse qui sera prise en compte pour le calcul de longueur de piste.

Il faut veiller donc à la définition exacte de la longueur de piste. Deux points sont importants :

- la longueur réelle de la piste sur l'aérodrome étudié est déterminée en fonction de la masse maximale de l'avion dimensionnant, de l'altitude de l'aérodrome, de la température de référence de l'aérodrome, de la pente longitudinale de la piste et de la présence d'obstacles à l'intérieur de la trouée de décollage ou d'atterrissage (cf. § 3.1).
- l'existence éventuelle de tiroirs ou prolongements dégagés ; ceci peut notamment conduire à une longueur de décollage différente de celle de l'atterrissage.

■ Coefficients de correction des longueurs de pistes

La méthode décrite au paragraphe ci-dessus n'a motif à être intégralement déroulée que lorsque la détermination de la longueur de la piste repose sur des choix économiques importants.

Ainsi, notamment est-elle disproportionnée dans le cas des petits aérodromes destinés à être ouverts à l'aviation générale, qui ne reçoivent d'ailleurs généralement que des avions monomoteurs.

Dans un cas comme dans l'autre, il y aura toutefois lieu d'appliquer, successivement, aux « *longueurs de base* » données par les catalogues d'avions (lesquelles se placent dans les conditions standard de température et de pression ainsi que dans le cas où la pente longitudinale de la piste est nulle), les différents coefficients de correction appelés par l'emplacement de l'aérodrome et par ses contraintes topographiques.

Ces coefficients de correction sont donc respectivement :

- le **coefficient de correction d'altitude** :

$$(1 + n_1/100)$$

pour le calcul duquel n_1 a pour valeur :

$$n_1 = 7 h/300$$

avec h altitude de référence de l'aérodrome, exprimée en mètres ;

- le **coefficient de correction de température** :

$$(1 + n_2/100)$$

pour le calcul duquel n_2 a pour valeur :

$$n_2 = T - t$$

avec T température de référence de l'aérodrome, étant la moyenne mensuelle des températures maximales quotidiennes, exprimées en degrés Celsius, du mois le plus chaud de l'année (ce dernier étant celui pour lequel la température mensuelle est la plus élevée),

t température en atmosphère type à l'altitude de l'aérodrome, ayant pour valeur exprimée en degrés Celsius :
 $t = 15^\circ\text{C} - 0,0065 h$;

- le **coefficient de pente** :

$$(1 + n_3/100)$$

pour le calcul duquel :

$$n_3 = 10 p$$

avec p pente moyenne de la piste exprimée en pour cent, obtenue en divisant la différence d'altitude entre le point le plus haut et le point le plus bas par la longueur de piste.

La longueur de piste est donc obtenue en appliquant le coefficient global :

$$N = (1 + n_1/100) (1 + n_2/100) (1 + n_3/100)$$

■ Remarques

● Dans le cas d'une **piste gazonnée**, la longueur obtenue doit encore être majorée afin de tenir compte aussi bien de l'augmentation du frottement de roulement au décollage que de la diminution du frottement de glissement au cours de l'accélération-arrêt ou à l'atterrissage. En l'absence d'indications particulières sur ce point, la longueur de piste recevra une nouvelle **augmentation forfaitaire de 10 %**.

● On portera attention à ce que les coefficients de correction, qui viennent d'être indiqués, ne sont valables que lorsque la correction cumulée d'altitude et de température ne dépasse pas 35 % c'est-à-dire :

$$(1 + n_1/100) (1 + n_2/100) \leq 1,35$$

Dans le cas contraire, une étude particulière s'impose pour laquelle il est conseillé de faire appel au Service technique des bases aériennes (STBA).

● En deçà de son seuil de validité, il convient enfin de retenir que la correction ci-dessus est maximale en ce qu'elle prend en compte une température supérieure à celle qui règne le plus souvent sur l'aérodrome. Le choix d'un coefficient plus faible poura donc, si besoin était, être envisagé en concertation avec le STBA.

■ Largeur de piste

● Piste revêtue

La largeur d'une piste revêtue ne doit pas être inférieure à la dimension spécifiée dans le tableau 1.

● Piste non revêtue

La *largeur minimale* d'une piste non revêtue donnée dans le tableau 1, est de 50 m ou de 80 m selon qu'il s'agit d'une piste pour avions ou d'une piste pour planeurs.

Nota : une largeur plus importante poura 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 pendant le temps suffisant à permettre une reconstitution de la végétation.

■ Principales caractéristiques géométriques d'une piste

Les caractéristiques géométriques stipulées dans l'Instruction technique sur les aérodromes civils (ITAC) sont regroupées dans le tableau 1.

1.3.2 Bande de piste

■ Longueur de la bande de piste

Une bande de piste doit s'étendre en amont du seuil et au-delà de l'extrémité de la piste ou du prolongement d'arrêt (cf. figure 3) jusqu'à une distance d dont la valeur minimale est donnée dans le tableau 2.

Ces longueurs peuvent être déclarées en prolongement dégagé (figure 4) si les caractéristiques géométriques (pentes) sont respectées (cf. tableau 1). Si la longueur du prolongement dégagé est supérieure à celles énoncées dans le tableau 2, alors la longueur de la bande de piste doit s'étendre jusqu'à l'extrémité du prolongement dégagé. Toutefois, cette extension ne nécessite pas une aire nivelée à l'intention des avions auxquels la piste est destinée, pour le cas où un avion sortirait de la piste (traitement en bande aménagée).

Tableau 1 – Caractéristiques géométriques d'une piste stipulées par l'ITAC

Tableau 1 – Caractéristiques géométriques d’une piste stipulées par l’ITAC							
Caractéristiques géométriques (1)	Code chiffre (2)	Code lettre (2)					
		A	B	C	D	E	F
LARGEUR DES PISTES							
Piste revêtue aux instruments	1	30 m	30 m	30 m			
	2	30 m	30 m	30 m			
	3	30 m	30 m	30 m	45 m		
	4	.....	.....	45 m	45 m	45 m	60 m
Piste revêtue à vue	1	18 m	18 m	23 m			
	2	23 m	23 m	30 m			
	3	30 m	30 m	30 m	45 m		
	4	.....	.....	45 m	45 m	45 m	60 m
Piste non revêtue	1 et 2	50 m	50 m				
	Planeur	80 m	80 m				
PROFIL EN LONGUEUR							
Pente longitudinale moyenne	1	2 %	2 %	2 %			
	2	2 %	2 %	2 %			
	3	1 %	1 %	1 %	1 %		
	4	.....	.....	1 %	1 %	1 %	1 %
Pente longitudinale ponctuelle	1	2 %	2 %	2 %			
	2	2 %	2 %	2 %			
	3	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %		
	4	.....	.....	1,25 %	1,25 %	1,25 %	1,25 %
Changement de pente longitudinale	1	2 %	2 %	2 %			
	2	2 %	2 %	2 %			
	3	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %		
	4	.....	.....	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
Rayon de raccordement minimum	1	7 500 m	7 500 m	7 500 m			
	2	7 500 m	7 500 m	7 500 m			
	3	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m		
	4	.....	.....	30 000 m	30 000 m	30 000 m	30 000 m
Hauteur au-dessus de la piste (Distance de visibilité)	1, 2, 3 et 4	1,5 m	2 m	3 m	3 m	3 m	3 m
PROFIL EN TRAVERS							
Pentes transversales	1, 2, 3 et 4	2 %	2 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
(1) Les combinaisons de chiffres et de lettres de code correspondant aux caractéristiques spécifiées ont été établies en fonction des caractéristiques d’aéronefs types. (2) Les codes chiffre et lettre ont été déterminés dans l’article [C 4 450], § 3.3.							

■ Largeur de la bande de piste

La largeur d'une bande de piste dépend des conditions d'utilisation pour lesquelles la piste est prévue. Ainsi cette largeur sera au moins égale aux valeurs données dans le tableau 3.

■ Longueur et largeur de la bande aménagée

La bande aménagée doit s'étendre sur toute la longueur de la bande. Toutefois, lorsque le dispositif de piste possède un prolongement d'arrêt, la longueur de la bande aménagée s'arrête en extrémité de ce prolongement (figure 4).

La largeur de la bande aménagée dépend des conditions d'utilisation pour lesquelles la piste est prévue, et sera supérieure ou égale aux valeurs données dans le tableau 3.

Dans le cas où la piste passe au-dessus d'une route ou d'une voie ferrée par exemple, la largeur de l'ouvrage d'art est définie comme indiqué sur la figure 5.

S'agissant des pistes non revêtues, aucune distinction n'est à faire entre les pistes elles-mêmes et leurs bandes aménagées.

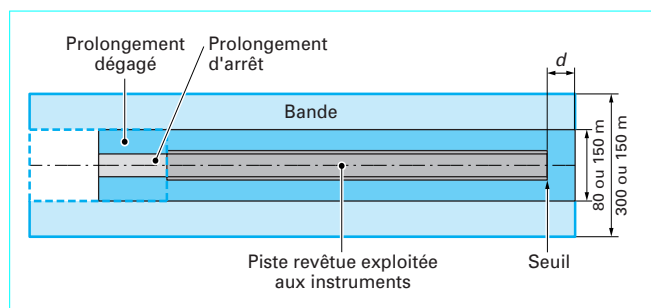


Figure 4 – Exemple de configurations de bandes : piste exploitée aux instruments avec un prolongement d'arrêt et un prolongement dégagé

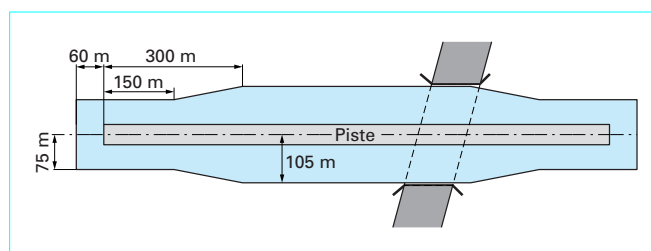


Figure 5 – Zone à respecter par les ouvrages d'art

Tableau 2 – Distance d en amont du seuil

Piste	Code chiffre			
	1	2	3	4
Piste exploitée aux instruments	60 m	60 m	60 m	60 m
Piste revêtue exploitée à vue	30 m	30 m	60 m	60 m
Piste non revêtue	0 m	0 m		

■ Principales caractéristiques géométriques des bandes de pistes

L'ensemble des caractéristiques géométriques des bandes de pistes est présenté dans le tableau 3.

■ Cas particulier d'une bande composite

Lorsqu'il est nécessaire d'équiper une même direction d'envol de deux pistes de code chiffre 1 et 2, l'une revêtue et l'autre non, ou d'une piste de code chiffre 1 et 2 et d'une piste destinée aux planeurs, sans qu'il soit possible de leur donner l'écartement minimal souhaitable de 150 m entre axes, on peut réduire cet écartement jusqu'à accoler exceptionnellement les ouvrages dans le cas d'un trafic très réduit (figure 6) et former ainsi une bande composite.

La largeur de bande associée à une bande composite est telle que ses bords se trouvent par rapport à l'axe de chaque piste à la distance minimale donnée par le tableau 4.

Tableau 3 – Caractéristiques géométriques des bandes de pistes

Code chiffre	1	2	3	4
Longueur minimale (1)				
Piste exploitée aux instruments	$L_P + PA + 120 \text{ m (2)}$	$L_P + PA + 120 \text{ m (2)}$	$L_P + PA + 120 \text{ m (2)}$	$L_P + PA + 120 \text{ m (2)}$
Piste revêtue exploitée à vue	$L_P + PA + 60 \text{ m (3)}$	$L_P + PA + 60 \text{ m (3)}$	$L_P + PA + 120 \text{ m (2)}$	$L_P + PA + 120 \text{ m (2)}$
Piste non revêtue	$L_P + PA + PD$	$L_P + PA + PD$	-	-
Largeur				
Piste exploitée aux instruments	$\geq 150 \text{ m}$	$\geq 150 \text{ m}$	$\geq 300 \text{ m}$	$\geq 300 \text{ m}$
Piste exploitée à vue	$\geq 60 \text{ m (4) (5)}$	$\geq 80 \text{ m}$	$\geq 150 \text{ m}$	$\geq 150 \text{ m}$
Largeur de la partie aménagée				
Piste exploitée aux instruments	$\geq 80 \text{ m}$	$\geq 80 \text{ m}$	$\geq 150 \text{ m}$	$\geq 150 \text{ m}$
Piste exploitée à vue	$\geq 60 \text{ m}$	$\geq 80 \text{ m}$	$\geq 150 \text{ m}$	$\geq 150 \text{ m}$
Pentes longitudinales des parties dégagée et aménagée				
	2 %	2 %	1,75 %	1,5 %
Pentes transversales de la partie aménagée				
	3 %	3 %	2,5 %	2,5 %

(1) PA : longueur du ou des prolongement(s) d'arrêt PD : longueur du ou des prolongement(s) dégagé(s) ; L_P : longueur de la piste

(2) Si la piste possède un prolongement dégagé ($\geq 60 \text{ m}$) à un seuil, la longueur de la bande sera de : $L_P + PD + 60 \text{ m}$.

Si la piste possède un prolongement dégagé ($\geq 60 \text{ m}$) à chaque seuil, la longueur de la bande sera de : $L_P + PD_1 + PD_2$.

(3) Si la piste possède un prolongement dégagé ($\geq 30 \text{ m}$) à un seuil, la longueur de la bande sera de : $L_P + PD + 30 \text{ m}$.

Si la piste possède un prolongement dégagé ($\geq 30 \text{ m}$) à chaque seuil, la longueur de la bande sera de : $L_P + PD_1 + PD_2$.

(4) 80 m pour les pistes utilisées par des planeurs.

(5) 50 m pour les pistes non revêtues pour avions.

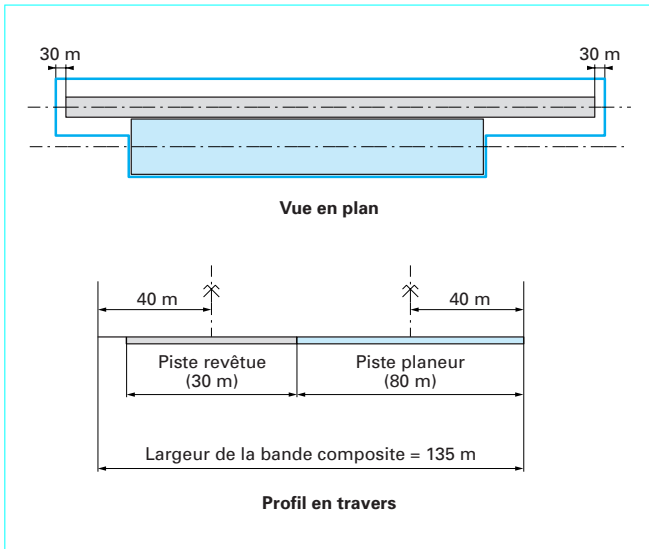


Figure 6 – Exemple d’une bande composite possédant une piste revêtue exploitée à vue et une piste pour planeurs

Tableau 4 – Distance minimale du bord de bande composite à chaque piste				
Utilisation	Code chiffre	Code lettre		
		A	B	C
aux instruments	1	75 m	75 m	75 m
à vue		30 m	30 m	30 m
planeurs		40 m		
aux instruments	2	75 m	75 m	75 m
à vue		40 m	40 m	40 m
planeurs		40 m		

2. Voies de circulation

2.1 Généralités

Les voies de circulation sont un ensemble de voies reliant entre elles les différentes parties de l’aire de mouvement.

Elles se décomposent généralement en trois parties :

- les **entrées-sorties** de piste qui permettent aux aéronefs d’accéder à la piste ou de la quitter ;
- les **voies de relation** qui permettent le déplacement des aéronefs entre les entrées-sorties de piste et les aires de stationnement ;
- les **voies de dessertes** qui remplacent les voies de relation lorsque ces dernières bordent ou traversent les aires de stationnement.

Un aéronef aura une vitesse variable selon la voie qu’il emprunte. Les marges de sécurité à prendre seront donc plus ou moins grandes suivant les cas.

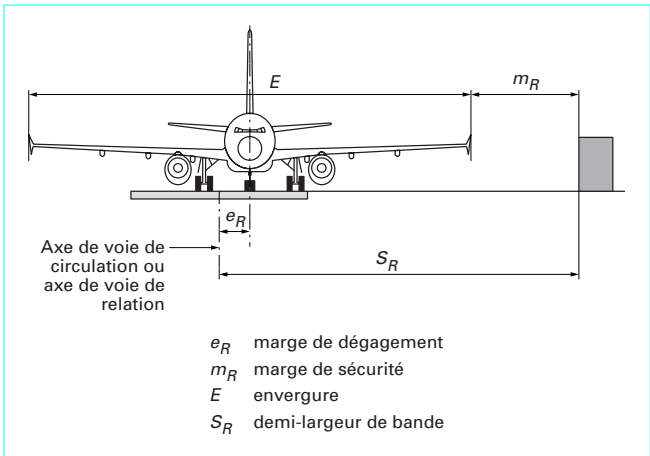


Figure 7 – Dimensions d’une bande de voie de circulation

Tableau 5 – Largeurs de bandes minimales pour les voies de relation et de desserte		
Code lettre	Largeur de bande = $2 \cdot S_R$	
	Voie de relation	Voie de desserte
A	27 m	24 m
B	43 m	36 m
C	57 m ou 60 m (1)	52 m
D	81 m	72 m
E	95 m	85 m
F	110 m	100 m

(1) 60 m si la voie de relation est destinée à des avions dont l’empattement est supérieur ou égal à 18 m.

2.1.1 Bandes de voies de circulation

Une bande est définie de manière à protéger les manœuvres des avions sur les voies de circulation. Les dimensions de cette bande sont déterminées de façon à assurer une marge de sécurité m_R suffisante pour que les extrémités d’ailes ne heurtent aucun obstacle (figure 7).

Suivant la classification de l’aérodrome, on prendra pour les voies de relation et les voies de desserte, les distances reportées dans le tableau 5.

Les bandes de voies de desserte sont plus étroites du fait que la vitesse de circulation des aéronefs y est moins importante.

2.1.2 Abords des voies de circulation

Les accotements des voies de relation sont traités de façon à éviter les projections ou ingestions de corps étrangers dans les groupes motopropulseurs.

La voie de relation et ses deux accotements constituent la **bande aménagée** de la voie de relation.

Les largeurs minimales de l’accotement et de la bande aménagée d’une voie de relation sont données dans le tableau 6.

Tableau 6 – Largeurs minimales d'un accotement et de la bande aménagée d'une voie de relation

Code lettre	Largeur minimale d'un accotement	Largeur minimale de la bande aménagée
A	4,5 m (1)	16,5 m
B	7,25 m (1)	25 m
C	7,5 m	30 (2) ou 33 m (3)
D	10 m	38 (4) ou 43 m (5)
E	10,5 m	44 m
F	17,5 m	60 m

- (1) Accotements simplement nivelés.
(2) Avion ayant un empattement inférieur à 18 mètres.
(3) Avion ayant un empattement supérieur ou égal à 18 mètres.
(4) Largeur hors-tout train principal inférieure à 9 m.
(5) Largeur hors-tout train principal supérieure ou égale à 9 m.

2.1.3 Caractéristiques géométriques des voies de circulation

La largeur d'une voie de circulation doit être au moins telle que, le poste de pilotage de l'avion le plus exigeant devant l'emprunter étant supposé se déplacer à la verticale de l'axe de cette voie, le flanc extérieur des roues de son train principal laisse entre lui et le bord de chaussée une distance respectant la marge de dégagement e_R (pour les voies de relation) et e_D (pour les voies de desserte) (figure 7).

Les caractéristiques géométriques ainsi définies des voies de circulation, sont présentées dans le tableau 7.

2.2 Entrées-sorties de piste

2.2.1 Entrées-sorties obliques

Les entrées-sorties ont pour objectif d'augmenter la capacité de l'aérodrome en diminuant le temps d'occupation de la piste.

■ Les **entrées obliques** rendent plus aisée la phase d'alignement sur l'axe de piste lors du décollage. Le gain de temps par rapport à une entrée droite s'élève environ à :

- 10 s pour un petit porteur ;
- 25 s pour un gros porteur.

■ Les **sorties obliques** (ou sorties rapides) sont aménagées de manière à pouvoir accueillir un avion en phase de décélération jusqu'à une vitesse de 90 km/h pour une inclinaison de cette voie de sortie rapide par rapport à la piste de 30°, angle généralement pratiqué.

L'implantation des sorties obliques résulte de l'addition des trois distances suivantes :

- distance seuil de piste – point de toucher des roues, évaluée de façon statistique ;
- distance à la décélération jusqu'à une vitesse adaptée à l'amorce de virage de la voie de sortie rapide ;
- distance depuis l'amorce de virage jusqu'à l'axe de la voie de sortie rapide, fonction du rayon de virage.

Toutefois, la configuration de l'aérodrome, la longueur de piste, la typologie du trafic, l'implantation de l'aérogare, des voies de circulation et des éventuelles autres pistes, peuvent influencer sur leurs implantations. Aussi, une étude spécifique devra être menée par les services compétents.

Les distances seuil de piste – voie de sortie rapide généralement appliquées sont récapitulées à titre d'information dans le tableau 8.

2.2.2 Entrées-sorties droites

Les entrées-sorties droites doivent être abordées par l'avion à une vitesse faible, de l'ordre de 20 km/h.

Selon le type d'appareil, leur implantation par rapport au seuil d'atterrissage généralement appliquée est donnée dans le tableau 9.

2.3 Voie de relation

Les voies de relation permettent aux avions de relier les entrées-sorties de pistes aux aires de stationnement. Elles sont généralement parallèles à la piste. Une voie de relation se transforme en voie de desserte dès lors qu'elle borde ou traverse une aire de stationnement.

Tableau 7 – Caractéristiques géométriques des voies de circulation

Code lettre	Voie de relation		Voie de desserte		Rayon intérieur de congés de raccordement entre la voie et une piste ou autre voie
	Largeur de la voie	Marge e_R de dégagement	Largeur de la voie	Marge e_D de dégagement	
A	7,5 m	1,5 m	7,5 m	1,5 m	15 m
B	10,5 m	2,25 m	9 m	1,5 m	20 m
C	15 m (1) ou 18 m (2)	3 m (1) ou 4,5 m (2)	13 m	2 m	30 m
D	18 m (3) ou 23 m (4)	4,5 m	19 m	2,5 m	50 m
E	23 m	4,5 m	19 m	2,5 m	50 m
F	25 m	4,5 m	21 m	2,5 m	≥ 50 m

- (1) Empattement avion inférieur à 18 m.
(2) Empattement avion supérieur ou égal à 18 m.
(3) Largeur hors-tout train principal inférieure à 9 m.
(4) Largeur hors-tout train principal supérieure ou égale à 9 m.

Tableau 8 – Distance seuil de piste – voie de sortie rapide en fonction du type d'appareil

	Type d'appareil			
	Avions légers	A320 - B767	A300-310 - B737 - DC10	B747
Distance seuil de piste – voie sortie rapide	1 000 m	1 400 m	1 500 m	2 000 m

Tableau 9 – Distance des voies de sorties droites par rapport au seuil d'atterrissage

	Type d'appareil				
	Avions légers	Embraer 120	A 320	DC 10	B747
Distance seuil de piste – voie sortie droite	1 000 m	1 700 m	2 000 m	2 100 m	2 600 m

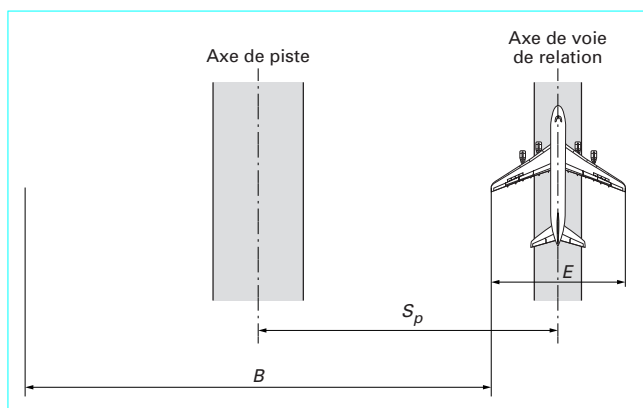
Tableau 10 – Espacement minimal entre axe de piste et voie de relation

Code chiffre	Code lettre					
	A	B	C	D	E	F
Pistes exploitées aux instruments						
1	82,5 m	87 m	93 m			
2	82,5 m	87 m	93 m			
3		162 m	168 m	176 m		
4			168 m	176 m	182,5 m	190 m
Pistes exploitées à vue						
1	37,5 m	42 m	48 m			
2	47,5 m	52 m	58 m			
3		87 m	93 m	101 m		
4			93 m	101 m	107,5 m	115 m

Tableau 11 – Espacement entre deux voies de relation (cas courant avec $E = E'$)

Code lettre	$D = \frac{1}{2} (E + E')$ (m)	Marge de séparation m_R (m)	Écart latéral e_R (m)	Espacement S_c (m)
A	15	4,5	1,5	21
B	24	7,25	2,25	33,5
C	36	7,5	3 (1) ou 4,5	46,5 (1) ou 48
D	52	10	4,5	66,5
E	65	10,5	4,5	80
F	80	10,5	4,5	95

(1) Voies de relation destinées à des avions à l'empattement inférieur à 18 m.

**Figure 8 – Distance entre piste et voie de relation parallèle – Cas d'un aérodrome exploité aux instruments**

2.3.1 Distance entre la piste et la voie de relation parallèle

Afin d'assurer la sécurité des avions évoluant simultanément sur la piste et sur la voie de relation, un espacement minimal S_p est à appliquer entre l'axe de la piste et l'axe de la voie de relation.

Cet espacement est déterminé (figure 8) de façon à ce que l'extrémité de l'aile de l'avion critique (celui ayant la plus grande envergure E) situé sur la voie de relation ne pénètre pas :

- sur la bande B de piste (cas des aérodromes exploités aux instruments) ;
- sur la bande aménagée de piste (cas des aérodromes exploités à vue).

Le tableau 10 récapitule les valeurs d'espacement à appliquer.

En cas d'aménagement d'une voie de sortie rapide, une étude particulière devra être menée, celle-ci pouvant conduire à augmenter les valeurs d'espacement données dans le tableau 10.

2.3.2 Distance des voies de circulation entre elles

L'espacement (S_c) entre deux voies de relation est, dans un cas général, la somme D des demi envergures $\frac{1}{2} E$ et $\frac{1}{2} E'$ associées à l'avion le plus pénalisant pour chaque voie augmentée de la marge de séparation m_R et de l'écart latéral e_R (cf. figure 7) fonction du code lettre de l'appareil le plus pénalisant prévu :

$$S_c = \left(\frac{1}{2} E + \frac{1}{2} E' \right) + m_R + e_R$$

L'espacement entre deux voies de relations est donné dans le tableau 11.

3. Dégagement et servitudes aéronautiques

Le plan de servitude aéronautique est un document d'urbanisme annexé au Plan local d'urbanisme (PLU). Son rôle est d'empêcher l'édification d'obstacles à proximité de l'aéroport de manière à assurer la sécurité des avions lors des phases d'approche et de décollage.

Le plan des servitudes découle du plan de dégagement auquel des adaptations ont pu être apportées en fonction des obstacles recensés qui perçaient ces surfaces. Ces adaptations ne peuvent être apportées qu'après une étude de circulation aéronautique qui vise à estimer l'impact de tout obstacle sur la sécurité du trafic à proximité de l'aérodrome.

La refonte de l'Instruction technique sur les aérodromes civils (ITAC) chapitre 12 (dégagements aéronautiques) se traduira par l'utilisation de nouvelles surfaces de dégagement. Les caractéristiques de celles-ci se rapprocheront de celles de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Les nouvelles surfaces de dégagement devront désormais prendre en compte une trouée de décollage et d'atterrissage (§ 3.1) pour chaque extrémité de la piste. En attendant l'arrêté prévu pour l'année 2002 validant ces nouvelles surfaces, le concepteur se rattachera à celles définies par les arrêtés du 31 décembre 1984 et du 20 août 1992.

3.1 Surfaces de dégagement

Les surfaces de dégagement sont données par l'arrêté du 31 décembre 1984. Elles comprennent :

- la **trouée**, qui constitue le couloir pour le décollage ou l'atterrissage des aéronefs en prolongement de la bande ; elle admet en général comme plan de symétrie le plan axial de la bande ;
- la **surface horizontale intérieure** ;
- la **surface conique** ;
- les **plans inclinés** qui permettent le raccordement des grands côtés de la bande ou des droites de fond de trouée avec la surface horizontale intérieure.

Les surfaces de dégagement se définissent à partir des limites de la bande considérée comme plane et horizontale.

Elles sont représentées sur la figure 9 pour les pistes exploitées aux instruments et sur les figures 10 et 11 pour celles exploitées à vue.

3.2 Règles de dégagement

Les règles de dégagement définissent la conduite à tenir vis-à-vis des obstacles perçant les surfaces de dégagement ou s'en approchant à moins de 20 m.

■ Obstacles

On répartit les obstacles en quatre catégories :

- les obstacles massifs (colline, accident de terrain, construction de grande surface, etc.) ;
- les obstacles minces (pylône, cheminée, etc.) ;
- les obstacles filiformes (ligne électrique ou téléphonique, câble, etc.) ;
- les obstacles mobiles (voiture, camion, train, bateau, etc.).

■ Règles

Les règles sont alors les suivantes :

- aucun obstacle massif ne doit percer les surfaces de dégagement ;

- un obstacle mince non balisé ne doit pas dépasser une surface parallèle à la surface de dégagement et située 10 m au-dessous ;
- un obstacle mince balisé est traité comme un obstacle massif ;
- un obstacle filiforme, qui est encore moins visible qu'un obstacle mince, sera balisé s'il se trouve à moins de 20 m au-dessous des surfaces de dégagement et ne devra pas être à moins de 10 m au-dessous de ces surfaces.

■ Plans de servitudes aéronautiques

Les surfaces de dégagement sont très contraignantes pour l'environnement, parfois même plus que ne l'exige l'accès des avions à l'aéroport lors des procédures normales de pilotage. C'est pourquoi les servitudes aéronautiques pourront ne pas être identiques aux surfaces de dégagement.

Par ailleurs les servitudes aéronautiques se traduisent essentiellement par des servitudes sur les droits des sols (limitation de la hauteur constructible) ; il est très difficile de les modifier, surtout évidemment s'il s'agit de les rendre plus contraignantes. L'établissement d'un plan de servitudes est finalement le résultat d'un équilibre entre les dégagements théoriques et l'environnement de l'aéroport.

4. Front des installations et zone terminale passagers

4.1 Front des installations

Le front des installations désigne la limite par rapport à la piste en deçà de laquelle aucun bâtiment ne devra être implanté.

Son but est de préserver le déplacement et le stationnement des avions, en nombre et en encombrement, prévus à terme du développement de l'aéroport.

La figure 12 récapitule la façon dont est déterminé le front des installations par rapport à un axe de piste.

La distance minimale à respecter entre le front des installations et l'axe de piste est la somme de :

- la distance minimale a qui sépare l'axe de la piste de celui de la voie de desserte ;
- la demi-largeur b de la bande dégagée de cette voie de desserte ;
- la profondeur minimale c de l'aire de stationnement prenant en compte l'avion critique en stationnement ;
- la largeur d de la route de service.

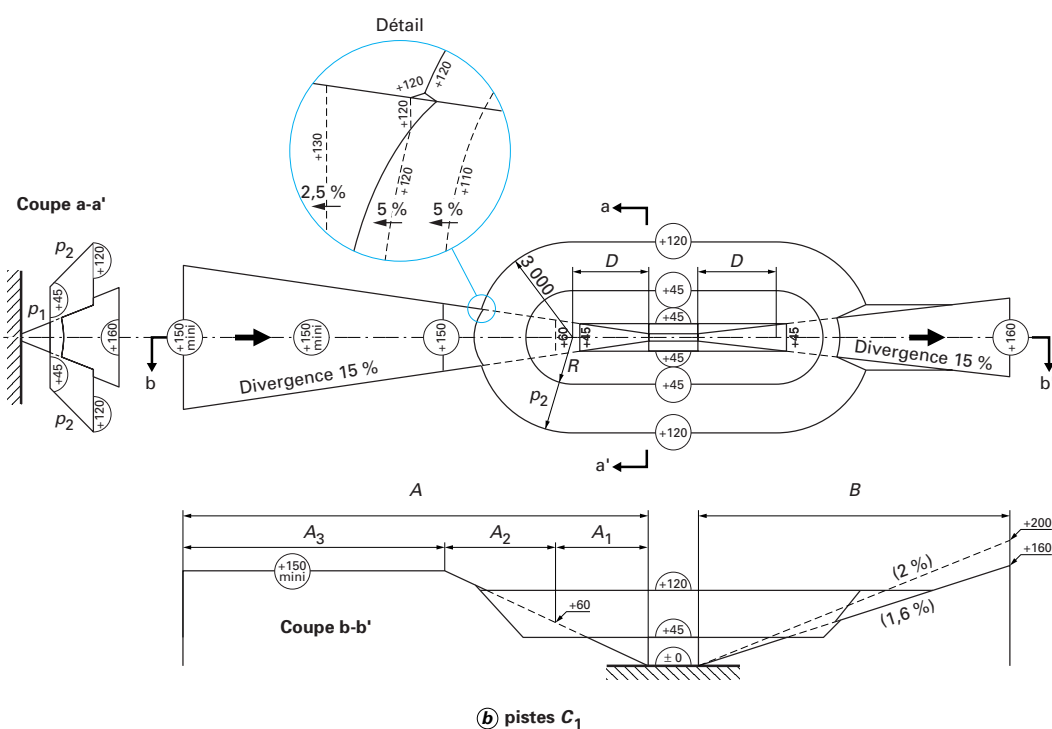
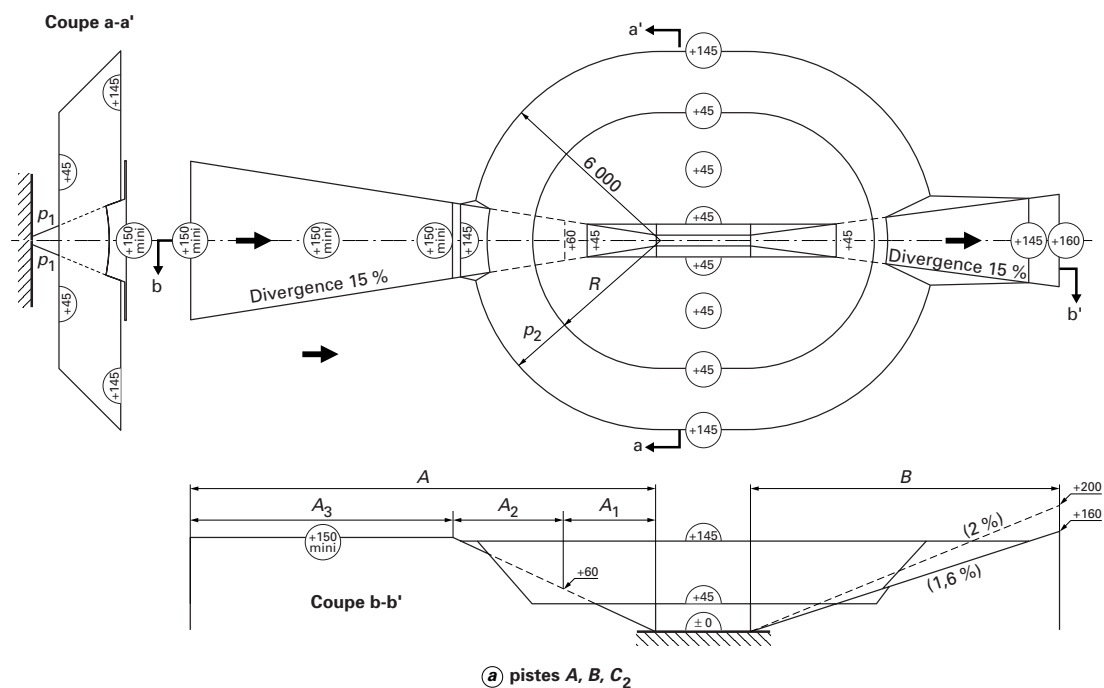
Ces valeurs sont données dans le tableau 12 en fonction des codes lettre et chiffre pour différents avions critiques.

Selon l'aéroport, il devra être tenu compte de la présence d'une (des) voie(s) de relation éventuelle(s).

Ce front des installations devra aussi tenir compte d'autres contraintes telles que :

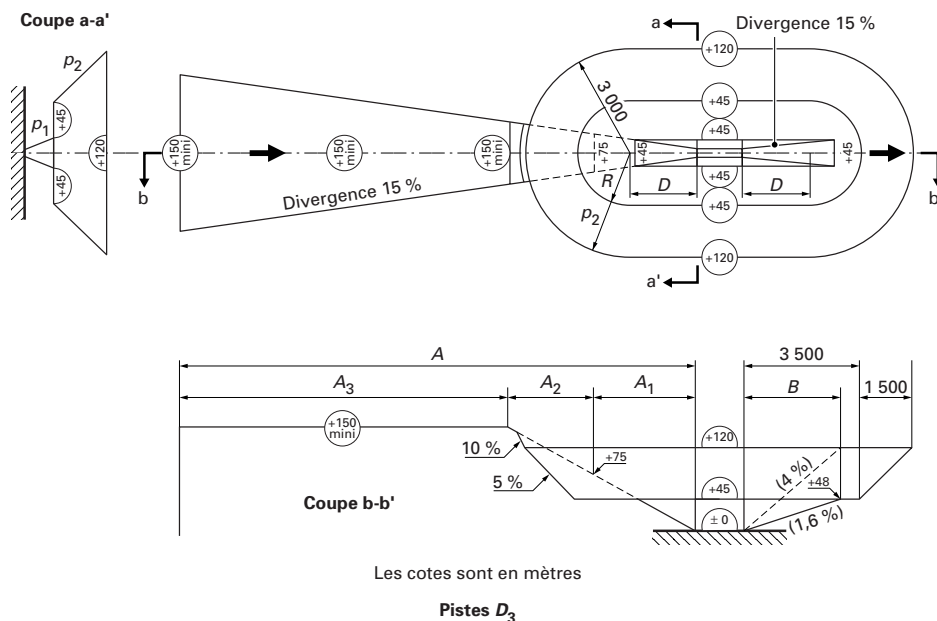
- les servitudes aéronautiques qui peuvent percer certains objets, dont notamment les dérives des avions en stationnement ainsi que certains bâtiments ;
- les servitudes engendrées par des équipements radioélectriques VOR (VHF *Omnidirectional Radiorange*) et ILS (*Instruments landing system*) notamment.

De plus, il convient de signaler, sur les plus grands aéroports notamment, où les bâtiments ne se développent pas toujours parallèlement à l'axe de piste, qu'une étude devra être menée afin de tenir compte des spécificités de parties de l'aire de trafic et de l'aérogare. Il en découle parfois un front des installations non rectiligne ou supérieur à celui de la méthode précédemment développée (figure 12).



Les cotes sont en mètres

Figure 9 – Surfaces de dégagement des pistes exploitées aux instruments : pistes A, B, C₁, C₂.
Se reporter à la figure 10 pour les valeurs des paramètres représentés



Catégories	Trouée d'atterrissage						Trouée de décollage			Surface latérale	Surface horizontale intérieure		Surface conique	
	Longueur totale A (m)	1 ^{er} section A_1 Longueur (m)	Pente (%)	2 ^e section A_2 Pente (%)	3 ^e section A_3 Pente (%)	Divergence (%)	Longueur B (m)	Pente (%)	Divergence (%)	Pente génératrices p_1 (%)	Rayon R (m)	Distance D (m)	Hauteur (m)	Pente p_2 (%)
A et B	15 000	3 000	2	2,5	0	15	10 000	1,6 à 2	15	14,3	4 000	0	100	5
C_1 (1)	15 000	3 000	2	2,5	0	15	10 000	1,6 à 2	15	14,3	1 500	2 500	75	5
C_2 (2)	15 000	3 000	2	2,5	0	15	10 000	1,6 à 2	15	14,3	4 000	0	100	5
D_3 (3)	15 000	3 000	2,5	3	0	15	3 000 (4)	1,6 à 4	15	14,3	1 500	2 000	75	5

(1) pistes destinées au trafic grand tourisme.

(2) pistes destinées au trafic court-courrier.

(3) pistes destinées à certains services à courte distance et devant recevoir au moins une approche radioguidée.

(4) longueur théorique, la trouée disparaissant jusqu'à son extrémité à partir du niveau de la surface horizontale intérieure.

Figure 10 – Surfaces de dégagement des pistes exploitées aux instruments (suite).

4.2 Surfaces nécessaires aux installations commerciales

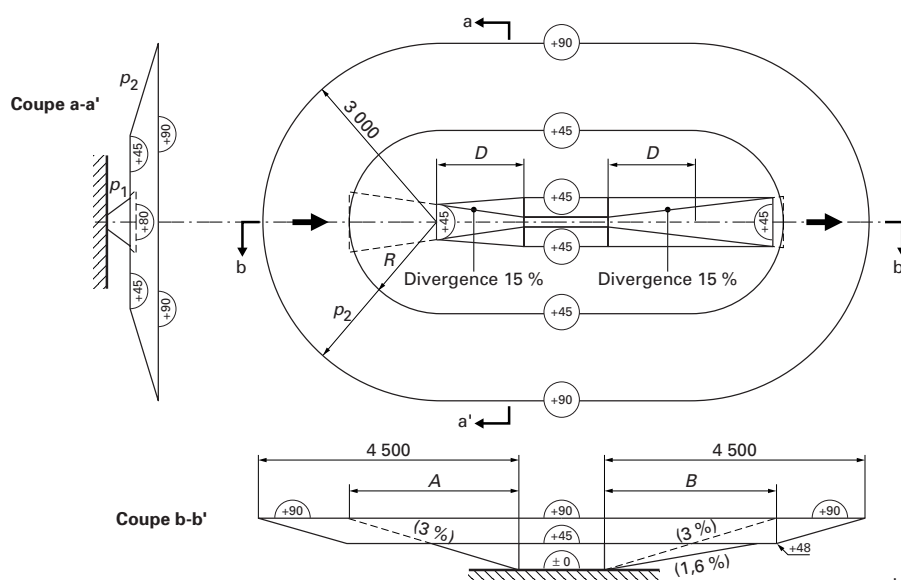
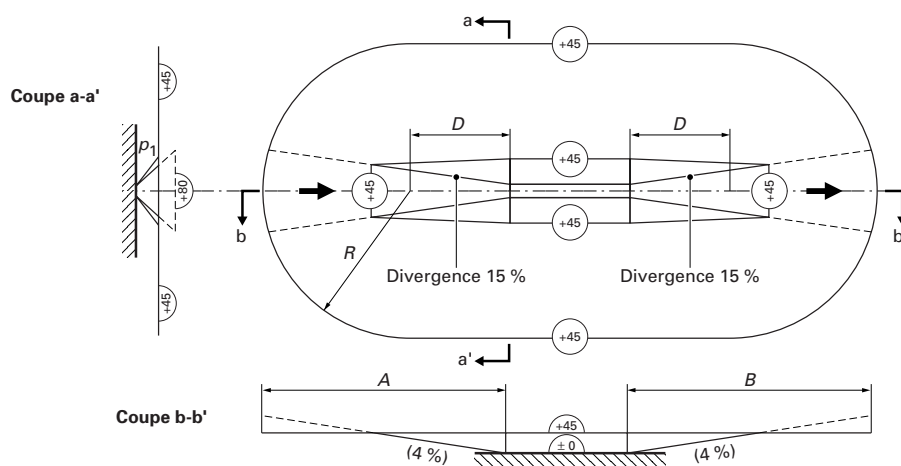
Au stade de l'avant-projet de plan de masse, il est indispensable de savoir de combien d'hectares il faudra disposer pour que toutes les activités liées au trafic des passagers et du fret puissent se développer. On pourra utiliser, pour avoir les ordres de grandeur nécessaires, quelques ratios, mais évidemment avec toute la prudence liée à ce type de calcul.

Les données qui suivent sont applicables aux aéroports dont le trafic annuel est supérieur ou égal à un million de passagers et 10 000 tonnes de fret.

Pour les aéroports de taille inférieure, les types de trafics peuvent être fondamentalement différents (peu de gros avions ou nombreux avions de petite taille, notamment sur les plate-formes sur lesquelles existe un *hub*).

Nota : *hub* : stratégie commerciale consistant à développer un réseau de lignes en étoile (cf. [C 4 452]).

Par conséquent, on examinera soigneusement les avions critiques, les simultanités possibles d'avions de type donné et le nombre de fois où ces simultanités peuvent se reproduire au cours de l'année. Les besoins en équipements non liés au trafic sont à examiner au cas par cas.



Les cotes sont en mètres

	Trouée d'atterrissage					Trouée de décollage			Surface latérale	Surface horizontale intérieure		Surface conique		
Catégories	Longueur totale A (3) (m)	1 ^{er} section		2 ^e section	3 ^e section	Divergence	Longueur B (3) (m)	Pente (%)	Divergence (%)	Pente génératrices p_1 (%)	Rayon R (m)	Distance D (m)	Hauteur (m)	Pente p_2 (%)
		Longueur (m)	Pente (%)	Pente	Pente									
C	3 000	3 000	3	Une seule section		15	3 000	1,6 à 3	15	14,3	1 500	1 500	45	3
D ₁ (1)	2 000	2 000	4	Une seule section		15	2 000	4	15	20	1 200	800	Pas de surface conique	
D ₂ (2)	3 000	3 000	3	Une seule section		15	3 000	1,6 à 3	15	14,3	1 500	1 500	45	3

(1) pistes destinées à la formation aéronautique, aux sports aériens et au tourisme.

(2) pistes destinées à certains services à courte distance.

(3) longueur théorique, la trouée disparaissant jusqu'à son extrémité à partir de la surface horizontale intérieure.

Figure 11 – Surfaces de dégagement des pistes exploitées à vue

Tableau 12 – Valeurs minimales recommandées pour la détermination des fronts des installations (1)

Code avion	A				B						C								D				E		F	
	1		2		1		2		3		1		2		3		4		3		4		4		4	
Avion critique	monomoteurs et petits bimoteurs				King Air 200		ATR 42		Embraer 145		DHC 7		Fokker 50		B 737-300		A 321, MD-80		B 767-200		MD 11		B 747-400		A 380	
	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.	Vue	Instr.
Axe piste-voie de circulation	37,5	82,5	47,5	82,5	42	87	52	87	87	162	48	93	58	93	93	168	93	168	101	176	101	176	107,5	182,5	115	190
Demi largeur de bande	12				18						26								36				42,5		50	
Profondeur minimale de l'aire de stationnement (2)	(25)		(25)		20 (23)		29 (31)		36 (33)		31 (34)		37 (35)		45 (43)		55 (47)		59 (56)		74 (67)		80 (77)		100	
Largeur de route de service	6				6						10								10				10		10	
Front des installations <i>D</i> minimal recommandé (2)	(80,5)	(125,5)	(90,5)	(125,5)	86 (89)	125 (128)	105 (107)	140 (142)	147 (144)	222 (219)	115 (118)	160 (163)	131 (129)	166 (164)	174 (172)	249 (247)	184 (176)	259 (251)	206 (203)	281 (278)	221 (214)	296 (289)	240 (237)	315 (312)	275	350

(1) Les valeurs sont à majorer de 2,5 m en cas de mise en place de barrières anti-souffle lors d'un stationnement en autonome.

Une marge de 6 m (code lettres A et B) ou 10 m (codes lettres C, D, E et F) est prise en compte pour les stationnements en *nose-in* entre l'avion et la route de service afin d'assurer la circulation des appareils et la mise en place du tracteur sans empiéter sur la route de service.

La circulation des appareils entre la ligne de sécurité et l'avion est déconseillée, la limite de l'aire de stationnement pourra passer à l'aplomb de l'extrémité de l'avion.

(2) Entre parenthèses sont indiquées les valeurs pour un stationnement en autonome à 45°. Les autres valeurs concernent un stationnement en poussée *nose-in* (axe de stationnement de l'avion perpendiculaire à la façade du bâtiment (cf. [C 4 452])).

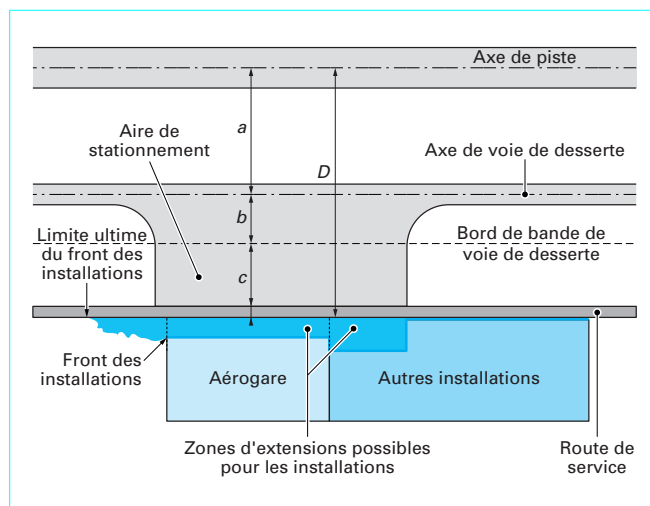


Figure 12 – Front des installations par rapport à un axe de piste

4.2.1 Aires de stationnement

Sur les aérodromes au trafic important, les postes de stationnement sont généralement, à proximité de l'aérogare, aménagés en *nose-in* (axe de l'avion perpendiculaire à la façade du bâtiment) et les passagers sont embarqués et débarqués par une passerelle.

La capacité annuelle passagers par poste de stationnement est de l'ordre de :

- pour les vols internationaux :
 - gros porteurs : 500 000 passagers,
 - petits porteurs : 300 000 passagers ;

— pour les vols intérieurs :

- gros porteurs : 800 000 passagers,
- petits porteurs : 500 000 passagers.

Ces valeurs, valables pour les gros aérodromes, sont à moduler selon le type d'exploitation ; ils sont plus faibles pour les *hubs* et plus forte pour les navettes.

Les surfaces nécessaires pour des appareils de type B747 et A320 stationnant en *nose-in* sont respectivement de 6 100 m² et 2 400 m².

4.2.2 Aérogare

Nota : le lecteur consultera utilement l'article *Aérogares passagers* [C 4 120] du même traité.

Les ratios globaux de surfaces hors œuvre nécessaires au traitement des passagers sont de l'ordre de :

- 10 à 15 000 m² de surface hors œuvre (SHO), somme des surfaces des différents niveaux par millions de passagers annuels traités ;
- 6 à 15 m² de SHO par passager national de l'heure de pointe de référence ;
- 12 à 25 m² de SHO par passager international de l'heure de pointe de référence.

Ces fourchettes dépendent du confort que l'on apporte au passager.

La surface trouvée se répartit pour un million de passagers comme suit :

- 45 à 55 % de surface pour les besoins de la fonction trafic ;
- 5 à 10 % de surface pour les besoins de la surface commerciale ;
- 15 à 20 % de surface pour les besoins de la fonction opérationnelle ;
- 5 à 10 % de surface pour les besoins de la fonction administrative ;
- 10 % de surface pour les besoins de la fonction technique ;

- 10 à 15 % de surfaces diverses.

Sur les très gros aéroports, la part de surface destinée à la circulation des passagers est plus importante.

4.2.3 Autres installations liées au trafic

■ Parc à voitures passagers

Le besoin en surface de parking voiture peut varier en fonction du taux d'utilisation du véhicule selon l'aérogare étudiée.

Les valeurs par million de passagers couramment rencontrées sont les suivantes :

- vols court courrier nationaux et internationaux :
 - 1 000 à 1 200 places dans les parcs proches,
 - 300 à 400 places dans les parcs éloignés ;
- vols long courrier nationaux et internationaux :
 - 600 à 800 places dans les parcs proches,
 - 200 à 300 places dans les parcs éloignés.

La surface (place de stationnement et voie de desserte) nécessaire par voiture est de 25 m².

Il est possible de diminuer l'emprise au sol des parkings voiture en aménageant des parkings à niveau (aérien ou souterrain).

À ces valeurs, il convient d'ajouter des places de parking pour les employés, intégrées ou non au parking passagers. Les ratios couramment utilisés sont de 20 à 30 places pour 100 employés.

■ Autres installations

Il faut ensuite implanter à proximité de la zone terminale un certain nombre d'installations notamment : vigie et bloc technique, Services de sauvetage et de lutte contre les incendies des aéronefs (SSLIA), le service local des bases aériennes (SLBA), la gendarmerie des transports aériens (GTA), les essenciers, les moyens généraux...

Toutes les installations, la voirie routière qui les dessert, les espaces libres nécessaires entre les bâtiments, impliquent pratiquement de doubler la surface strictement nécessaire à l'ensemble aire de stationnement et aérogare pour obtenir la surface globale indispensable.

Finalement, pour l'ensemble de la zone terminale passagers, on retiendra le chiffre de 10 hectares par million de passagers annuels.

4.2.4 Installations de fret

Les ratios de dimensionnement sont très variables d'un aéroport à l'autre : ils dépendent de la régularité de l'arrivée de fret. Le rendement peut aller de 3 tonnes par an et par mètre carré de surface hors œuvre (SHO) à 20 tonnes par an et par mètre carré.

La valeur la plus fréquemment rencontrée est de 7 tonnes par an et par mètre carré de surface hors œuvre (SHO).

On pourra estimer la surface globale (bâtiment, aire de manœuvre camion et parking camion) nécessaire pour traiter 10 000 tonnes par an à 3 500 m².

Le rendement par poste est :

- fret régulier : 100 000 tonnes par an ;
- fret express : 40 000 tonnes par an ;
- poste : 20 000 tonnes par an.

Les postes de stationnement pour le trafic fret pourront être surdimensionnés par rapport aux postes du trafic passagers afin de pouvoir créer des zones de stockage de containers.

4.3 Zone industrielle

Sur de nombreux aéroports importants (accueillant plus de un million de passagers par an), on trouve des installations industrielles liées soit à l'entretien des avions, soit à la construction aéronautique, soit simplement à la possibilité d'existence d'une zone sous douane pour avoir des entrepôts ou des usines de montage d'appareils dont les pièces détachées viennent de nombreux pays étrangers. Il n'est évidemment pas possible de donner de ratio pour ce type d'activités.

4.3.1 Implantation de la zone industrielle

Dans tous les cas, on aura intérêt à séparer les zones industrielles des zones terminales commerciales car chacune de ces zones nécessite des réserves de terrain de chaque côté pour assurer la souplesse d'extension maximale.

On implantera la zone industrielle du côté opposé des installations terminales par rapport au système de pistes. De même que l'on rencontre souvent sur des petits aéroports une zone avions d'un côté de la piste et une zone planeurs de l'autre, on trouvera une zone terminale passagers et fret d'un côté et une zone industrielle et entretien de l'autre.

4.3.2 Implantation du front d'installations de zone industrielle

La distance souhaitable entre l'axe de piste et le front des installations industrielles est de l'ordre de 450 m pour les aéroports de capacité ultime de 5 à 10 millions de passagers par an. Sur les plus grands aéroports (accueillant plus de 10 millions), cette distance est en général de l'ordre de 600 m, car les voies de circulation entre les installations et la piste demandent une profondeur importante.

5. Aides radioélectriques

Nota : le lecteur pourra également consulter l'article *Radiolocalisation Radionavigation* [TE 6 600] du traité Télécoms pour plus de détails sur les aides radioélectriques à la navigation.

Deux groupes d'aides radioélectriques sont à distinguer :

- les **aides en route** qui ont pour vocation de baliser des itinéraires ;
- les aides qui permettent aux pilotes d'effectuer des **approches de précision**.

5.1 Aides en route

5.1.1 VOR (VHF *Omnidirectional RadioRange*)

Nota : VHF : *very high frequency*.

■ Principe de fonctionnement

Un émetteur radioélectrique implanté au sol, émet un signal dans la bande VHF (très hautes fréquences) à l'aide d'une antenne omnidirectionnelle. Ce signal est reçu par les équipements à bord de l'avion et traduit de manière à indiquer au pilote la direction à suivre pour rallier cet émetteur (figure 13). Sa portée varie selon le relief et la hauteur de l'avion. Elle peut s'élever à 100 kilomètres, soit 1,3 fois la visibilité optique et sa précision est de l'ordre de 3 degrés.

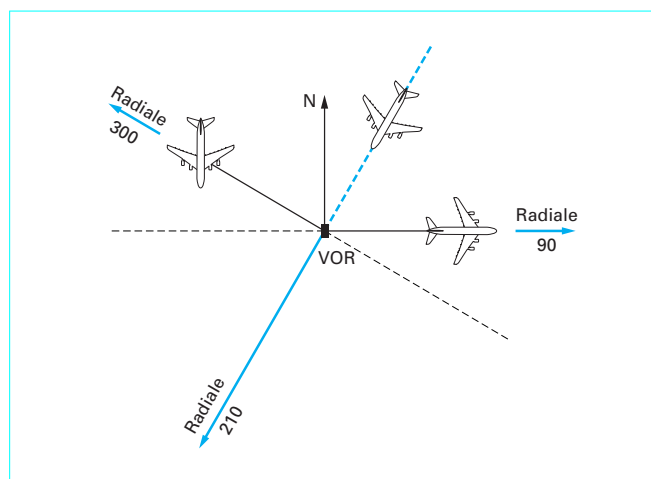


Figure 13 – VOR (VHF Omnidirectional RadioRange)

■ Implantation

Ces émetteurs sont implantés en pleine campagne sur un emplacement sélectionné qui offre un bon jalonement et une bonne aptitude à diffuser les ondes.

5.1.2 DME (Distance Measuring Equipment)

■ Principe de fonctionnement

Le DME est un équipement radioélectrique au sol qui permet au pilote de connaître la distance le séparant de celui-ci. Il est généralement associé au VOR (on parle alors de VOR-DME) et permet ainsi au pilote de connaître ses coordonnées polaires (ρ , θ) par rapport à celui-ci.

Les DME émettent dans la bande VHF mais la fréquence de celle-ci ne figure pas sur les cartes. Lors de la sélection de la bande VHF du VOR, les équipements de bord sélectionnent automatiquement la fréquence du DME qui est associée.

■ Implantation

Généralement associée au VOR ou au *Glide* (cf. § 5.2.1), l'implantation du DME est déterminée avec les mêmes critères que ceux-là.

5.1.3 Locator

Le locator est un équipement radioélectrique qui émet dans la bande MF (moyennes fréquences). Son but est de faciliter les approches des aéronefs et il est généralement implanté dans l'axe de piste.

Le locator indique l'angle qui existe entre l'axe de l'avion et la direction avion-locator. Sa portée est de l'ordre de 25 à 30 km.

L'équipement à bord de l'avion qui permet de traduire les informations émises par le locator est le *radiocompas*.

5.1.4 Goniomètre

Le goniomètre est un système au sol qui émet dans la bande VHF et qui permet à un opérateur de relever la direction dans laquelle se trouve, par rapport à lui, un avion émettant sur sa fréquence VHF.

Le goniomètre peut être assimilé à un VOR implanté à sa place. L'information de la position de l'avion est traduite verbalement par

le contrôleur au lieu d'être portée sur les cadrans du tableau de bord de l'avion.

5.1.5 Radar primaire

Le radar primaire permet de connaître les coordonnées en plan (x , y) de l'avion. Sa portée peut s'élever à plusieurs centaines de kilomètres.

Il est constitué d'une antenne tournante qui rayonne des impulsions dans la bande VHF. Ces impulsions retournent à l'antenne radar après réflexion sur l'avion. Le temps nécessaire au rayonnement pour effectuer l'aller retour permet de connaître la distance qui sépare l'avion du radar. L'azimut de l'avion est déterminé grâce à l'orientation de l'antenne.

5.1.6 Radar secondaire

Le radar secondaire permet de connaître deux paramètres supplémentaires par rapport au radar primaire : l'altitude z (traduite en niveau de vol) et l'identification de l'avion. Pour cela, l'avion doit être équipé d'un *transpondeur* faute de quoi le contrôleur ne disposera que des informations en plan et l'information sera alors comparable à celle d'un radar primaire.

5.2 Aides à l'atterrissage

5.2.1 ILS (Instrument Landing System)

Le rôle de l'ILS (système d'atterrissage aux instruments) est de permettre au pilote d'effectuer des **approches de précision**. Son utilisation est impérative lorsque les conditions de visibilité sont mauvaises. Il permet au pilote de suivre une trajectoire idéale théorique à l'approche de la piste et d'en connaître la distance (figure 14), grâce à des récepteurs adaptés situés à bord.

Il existe trois catégories d'approche de précision. Elles sont déterminées à partir de la *hauteur de décision* (DH) de l'appareil. Cette hauteur de décision est la différence d'altitude entre le train d'atterrissage et la piste.

Les trois catégories d'approche sont précisées dans le tableau 13.

Tableau 13 – Catégories d'approches de précision		
	DH (hauteur de décision) (1)	RVR (visibilité horizontale) (2)
Catégorie I	DH \geq 60 m (200 ft)	RVR \geq 550 m
Catégorie II	60 m > DH \geq 30 m	RVR \geq 300 m
Catégorie III	DH < 30 m (100 ft)	RVR \geq 200 m 75 m \leq RVR < 200 m
Catégorie IIIB	DH < 30 m (100 ft)	
Catégorie IIIB	DH < 15 m (50 ft)	
(1) Cf. § 5.2.1.		
(2) Cf. § 7.2.		

Pour pouvoir poursuivre son atterrissage, le pilote doit impérativement avoir aperçu le sol à cette hauteur de décision, faute de quoi, il doit effectuer une remise de gaz.

La catégorie d'approche dépend du degré de précision des équipements au sol qui doivent faire l'objet d'une homologation par le Service technique de navigation aérienne (STNA).

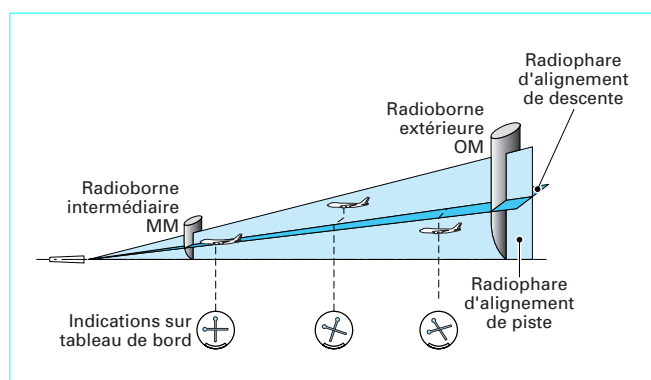


Figure 14 - Atterrissage ILS

L'équipement à bord de l'avion ainsi que la qualification des pilotes devront être compatibles avec la catégorie d'approche en vigueur.

L'ILS est constitué d'un localizer, d'un glide et d'un mesureur de distance.

■ **Le localizer** (ou radiophare d'alignement de piste) émet dans la bande de fréquences VHF et permet au pilote de suivre sa position par rapport au plan vertical de la trajectoire nominale d'approche. Ce plan vertical se situe dans l'axe de piste (figure 15).

■ **Le glide** (radiophare d'alignement de descente) émet dans la bande de fréquence UHF et permet au pilote de suivre la position de l'avion par rapport au plan de descente de la trajectoire d'approche nominale (cf. figure 14). Ce plan de descente est généralement de 3 degrés mais peut être supérieur pour des raisons environnementales (relief, procédure moindre bruit).

Un schéma d'implantation d'un glide est présenté sur la figure 16.

■ Mesureurs de distance

On rencontre deux types de mesureurs de distance :

- les radiobornes VHF ;
- les DME (*distance measuring equipment*).

● Les **radiobornes** fournissent une indication de distance par rapport au seuil de piste lors du passage de l'avion à la verticale de celles-ci (cf. figure 14). Le passage à la verticale de la radioborne extérieure (OM : *outer marker*) et de la radioborne intermédiaire (MM : *middle marker*) implantées respectivement à 7 300 m et 1 050 m du seuil se traduit par l'allumage de voyants caractéristiques (bleu pour l'OM et orange pour le MM) et par l'émission d'un signal de type morse.

● Le **DME** (cf. § 5.1.2) peut également être associé au glide.

Lors de la sélection de la bande VHF du glide, les équipements de bord sélectionnent automatiquement la fréquence du DME qui lui est généralement couplé.

Sur les nouvelles installations, on préfère implanter un DME au détriment des radiobornes, moins précises.

5.2.2 Autres systèmes

Il existe d'autres aides radioélectriques.

■ Le MLS (*microwave landing system*)

Le MLS (système d'atterrissage microondes) permet de connaître les coordonnées complètes de l'avion dans un volume important autour de l'aérodrome et, contrairement à l'ILS, il permet d'effectuer des atterrissages de précision en courbe.

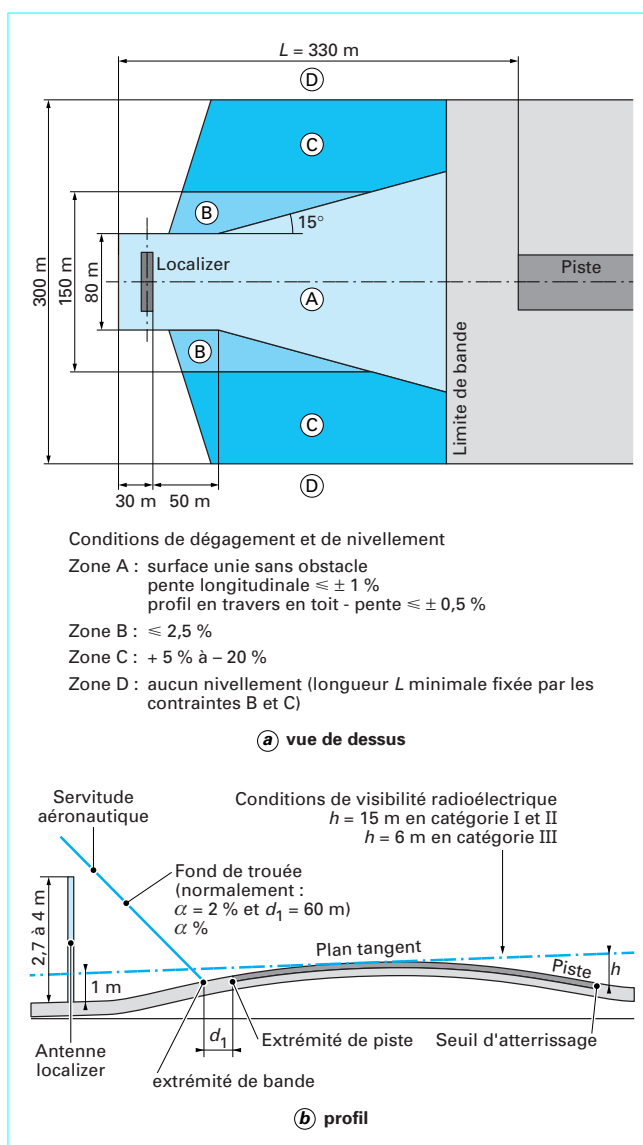


Figure 15 - Schéma d'implantation du localizer avec ses contraintes

Prévu pour succéder progressivement à l'ILS, le MLS s'est finalement peu développé en raison du coût des équipements au sol et dans l'avion qu'il nécessite mais aussi parce que l'on pensait que le développement du GPS (*global positioning system*), beaucoup moins onéreux, le rendrait rapidement obsolète. Or, en 2001, le GPS n'offre pas de garanties suffisantes concernant la fiabilité, ainsi la phase de son développement risque d'être longue.

Le MLS offrant une meilleure capacité du système de piste que l'ILS en atterrissage de précision et une moindre sensibilité au brouillage, en 2001 British Airways a relancé son développement en équipant certains de ses avions de récepteurs multimodes (MMR) nécessaires pour traduire les informations émises par le MLS.

Les aérodromes de Heathrow et Gatwick sont munis d'un tel équipement. En 2001, d'autres aéroports européens étudient son homologation.

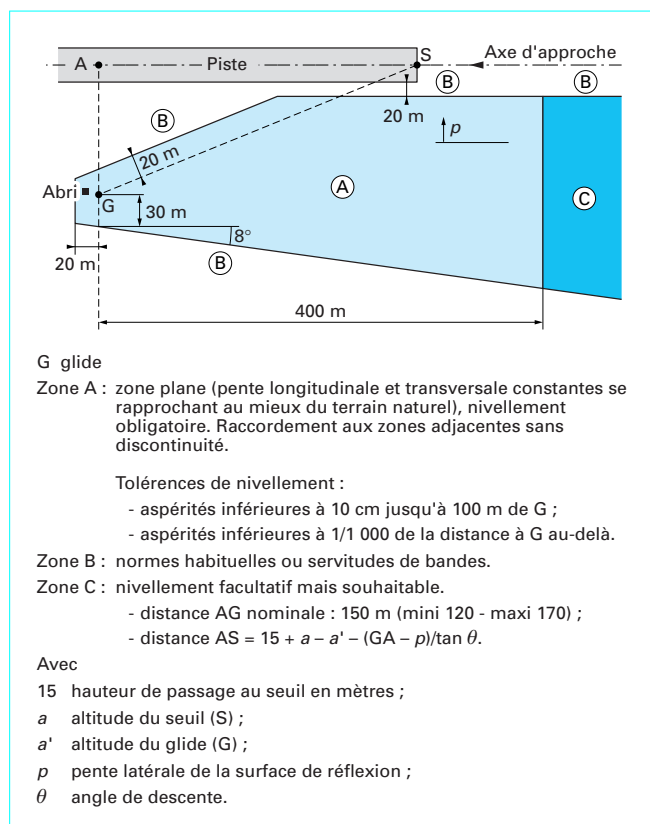


Figure 16 - Schéma d'implantation du glide et ses contraintes

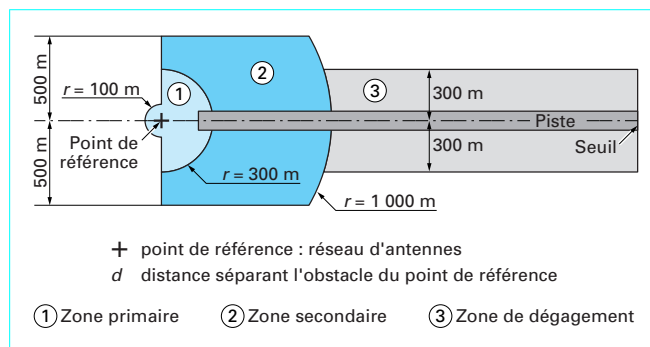


Figure 17 - Servitudes radioélectriques liées à l'implantation d'un localizer

5.3 Servitudes radioélectriques

La réglementation française reprend les normes édictées par l'annexe 10 de l'OACI.

Le bon fonctionnement de l'ILS nécessite de respecter des servitudes aux abords du localizer (figure 17) et du glide.

Dans la zone primaire, la création de tout ouvrage de toute nature, fixe (y compris les lignes électriques et téléphoniques) ou mobile, étendues d'eau ou de liquide et excavations artificielles sont interdites.

Dans la zone secondaire, les obstacles de toute nature fixes (y compris les lignes électriques et téléphoniques) ou mobile, étendues d'eau ou de liquide et excavations artificielles sont limités à une hauteur hors-sol égale à 1 % de d.

Dans le secteur de dégagement, les obstacles de toute nature fixes (y compris les lignes électriques et téléphoniques) ou mobiles sont limités à une hauteur hors-sol de 10 m.

6. Régularité

La notion de régularité est essentielle en transport aérien, surtout dans le domaine des trafics court et moyen courrier.

Cette régularité peut être perturbée par la saturation de l'espace aérien et par des infrastructures et équipements de l'aérodrome insuffisants.

La saturation de l'espace aérien peut être retardée :

- en assurant une meilleure répartition de l'espace aérien entre civils et militaires ;
- en mettant en place une nouvelle génération de radars qui autorise un plus faible espacement entre chaque avion ;
- en adaptant les effectifs humains aux besoins du suivi du trafic ;
- en veillant au bon respect des créneaux horaires attribués aux avions.

La régularité peut aussi être perturbée pour des raisons météorologiques :

- le vent ou surtout le brouillard peuvent empêcher l'approche ;
- la neige, le brouillard ou la pluie peuvent gêner le roulage sur la piste.

D'une manière générale, afin d'offrir la plus grande régularité, on s'attachera :

- à avoir une piste toujours en bon état : surface sans obstacle et sans trous ;
- à avoir un état de surface de piste qui offre une bonne adhérence lors de la conduite des avions au sol ;
- à offrir une capacité de piste suffisante ;
- à munir les avions d'équipements qui permettent d'utiliser au mieux les aides à la navigation et aux atterrissages de précision. Pour ces derniers, les pilotes doivent avoir une qualification spécifique ;
- à avoir un radioguidage des avions aussi précis que possible ;
- à ne pas avoir d'obstacles ou de perturbations électromagnétiques qui nuisent au bon fonctionnement des moyens de radioguidage ;
- à avoir un balisage lumineux suffisant et entretenu.

6.1 Procédures d'approche et d'atterrissage

Suivant les équipements radioélectriques utilisés pour guider l'avion, on distinguera plusieurs types d'approches. Les équipements les plus précis (ILS (cf. § 5.2.1)) permettront à l'avion de s'approcher, uniquement en pilotage aux instruments, plus près du sol que ce que permettent les équipements du type VOR (cf. § 5.1.1) ou simple locator (cf. § 5.1.3). Par conséquent, le niveau de régularité atteint sera plus grand.

■ Approches de précision

Les approches de précision nécessitent que l'avion soit guidé par un ILS.

On distingue trois catégories d'approche, notées catégories I, II et III, qui correspondent à des visibilités et des hauteurs de plafond minimales (tableau 13), le pilote devant toujours finir son atterrissage à vue sitôt qu'il est au-dessous de la hauteur critique

(cf. § 5.2.1). Cette dernière est variable suivant le groupe des avions. La catégorie III, qui correspond aux conditions météorologiques les plus défavorables, demande des équipements radioélectriques de meilleure qualité que les autres.

■ Approches classiques

Lorsque un pilote effectue une approche aux instruments autres que ceux qui permettent d'effectuer un atterrissage de précision, son approche est dite *approche classique*. La hauteur de décision (DH), qui est indiquée sur les cartes d'approche aux instruments (*instrument approach chart* (IAC)), est ainsi plus élevée que celles des approches de précision.

6.2 Aides visuelles

Ces aides comprennent le **balisage** et la **signalisation**.

— Le balisage est un ensemble de repères visuels artificiels fixes (lampes, marques à la peinture) servant à guider les aéronefs dans leurs manœuvres.

— La signalisation, elle, sert, à donner au pilote des informations et consignes destinées à assurer la sécurité de l'aéronef en vol en et au sol (manche à vent, aire à signaux).

6.2.1 Balisage non lumineux

Le balisage non lumineux est constitué de marques de couleur blanche pour la piste et de couleur jaune pour le reste de l'aire de mouvement.

Sont balisés principalement :

- les seuils de pistes, avec l'identification de la piste par un nombre allant de 01 à 36 ;
- les prolongements d'arrêt ;
- les axes de piste ;
- les zones d'impact à l'atterrissage ;
- les zones inutilisables ;
- les axes de voies de circulation ;
- les points d'arrêt.

Pour les pistes revêtues, on utilisera en général de la peinture. Sur les pistes non revêtues, des balises pyramidales et en forme de dièdre seront utilisées. La description précise des marques est donnée dans l'ITAC chapitre 3.

6.2.2 Balisage lumineux

Le balisage lumineux comprend différents dispositifs :

- le balisage **basse intensité** (BI) qui sert pour les opérations de nuit en condition d'exploitation de vol à vue et pour les approches classiques (sans ligne d'approche) ;
- le balisage à **haute intensité** (HI) pour les approches de précision, qui dépend de la catégorie de l'approche : catégories I, II ou III (cf. § 6.1).

Les dispositifs comportent :

- un balisage du seuil de piste ;
- un balisage de bord de piste ;
- un balisage d'extrémité de piste ;
- une ligne (ou rampe) d'approche, dans l'axe de piste ;
- un balisage d'axe de piste pour les catégories II et III ;
- un balisage de zone d'impact pour la catégorie III ;
- un balisage des bords (et axes en catégories II et III) des voies de circulation, et des bords d'aires de stationnement.

6.2.3 PAPI (precision approach path indicator)

Le PAPI (indicateur de trajectoire d'approche de précision) est un équipement au sol qui fournit une aide visuelle au pilote dont

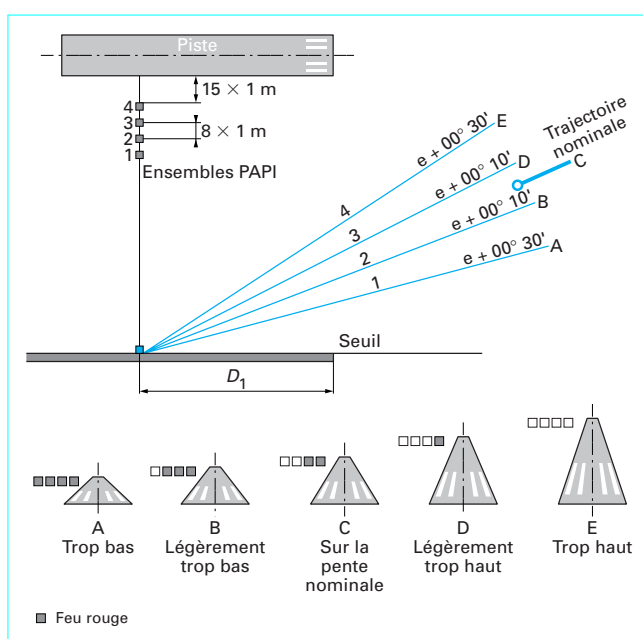


Figure 18 – PAPI (precision approach path indicator)

l'avion est en approche finale. Il permet au pilote de savoir si la trajectoire de son avion se trouve dans un plan de descente nominal (figure 18).

Il est constitué d'une barre comprenant quatre unités lumineuses alignées perpendiculairement à la piste, généralement du côté gauche.

• Lorsque le pilote suit la trajectoire nominale, il doit voir deux feux rouges et deux feux blancs.

• Si il se trouve trop haut, il voit trois ou quatre feux blancs suivant l'importance de l'écart avec le plan de descente nominal.

• Si il se trouve trop bas, il voit trois ou quatre feux rouges suivant l'importance de l'écart avec le plan de descente nominal.

L'implantation du PAPI et les informations qu'il donne sont présentées sur la figure 18.

Il existe une version simplifiée du PAPI, l'APAPI (*abbreviated precision approach path indicator*). Ce dernier est composé d'une barre qui ne comprend que deux unités lumineuses. On ne le rencontre que sur les terrains où l'implantation d'un PAPI est impossible.

7. Équipements météorologiques des aérodromes

Nota : on se reportera aux articles *Mesures en météorologie* [R 3 050] et *Mesures locales de vitesse dans un fluide* [R 2 110] dans le traité Mesures et contrôle.

7.1 Paramètres à mesurer

Les équipements météorologiques sont principalement destinés à fournir au pilote les indications qui lui sont nécessaires à l'atterrissage et au décollage. Ces indications comprennent :

- la vitesse et la direction du vent ;
- la visibilité horizontale au seuil de piste ;
- la hauteur du plafond de nuages ;
- la température ;
- la pression atmosphérique.

Ces données sont transmises par les équipements météorologiques au contrôleur de la tour, qui les retransmet au pilote.

La vitesse et la direction du vent sont données par un anémomètre et une girouette situés près des seuils de piste.

7.2 Mesure de visibilité horizontale

La visibilité horizontale, appelée **portée visuelle de piste** (RVR : *runway visual range*) est évaluée soit par un calcul automatique effectué par les instruments précisés ci-dessous, soit en fonction des besoins du trafic et des disponibilités en personnels, par une observation visuelle directe dénommée visibilité balise (VIBAL).

L'appareil réalisant la mesure et le calcul de la visibilité horizontale le long de la piste est un système composé des éléments suivants :

- un ou plusieurs transmissiomètres mesurant le pouvoir transmissif de l'atmosphère ;
- un capteur de luminance chargé de mesurer la luminance du fond sur lequel se détachent les objets observés ;
- un système informant la station météorologique de l'état de l'intensité du balisage (HI ou BI) (cf. § 6.2.2) ;
- un calculateur intégrant ces trois paramètres et les transmettant à la station et à la tour de contrôle.

7.3 Télémètre de nuages

Le télémètre de nuages mesure la hauteur du plafond de nuages et se compose de :

- un émetteur de lumière chargé d'émettre des impulsions lumineuses très brèves et très puissantes (4 MW en crêtes) ;
- un récepteur traitant le signal reçu au retour ;
- un système enregistreur, chargé également de transmettre les informations à la station météorologique.

8. Aérodrômes à caractéristiques spéciales

8.1 Hélistations

■ Les hélistations se composent principalement :

- d'une aire d'approche finale et de décollage ;
- d'une aire de sécurité ;
- d'une aire de prise de contact et d'envol.

● **Aire d'approche finale et de décollage** (FATO : *final approach and take off area*).

Ses dimensions dépendent du type de l'hélistation et de la classe de performances dans laquelle les hélicoptères y sont exploités.

Nota : il existe trois classes de performances I, II et III. L'exploitation d'un hélicoptère en classe de performances I permet d'envisager la panne d'un moteur et une accélération-arrêt en phase d'accélération ou la poursuite du vol à tout autre moment, celle en classe de performances II, la poursuite du vol à des moments définis de celui-ci. En classe de performances III, une panne moteur impose à tout moment du vol un atterrissage forcé en sécurité.

Une FATO d'hélistation de grandes dimensions a une largeur au moins égale à 1,5 fois la longueur hors tout de l'hélicoptère de référence, rotor tournant (LHT).

Sa longueur est au moins égale à la valeur la plus grande des distances d'accélération-arrêt (DAA), de décollage sur $(n-1)$ moteur(s) $(DD_{(n-1)})$ et d'atterrissage (DA) sur les hélistations destinées à recevoir des hélicoptères exploités en classe de performances I et à la distance de décollage tous moteurs en fonctionnement (DD_n) pour celles destinées à recevoir des hélicoptères exploités en classes de performances II ou III. Les valeurs de ces différentes distances sont fournies par le constructeur.

● **Aire de sécurité.**

Elle entoure la FATO. Ses dimensions sont égales à 3 m ou à 0,25 fois la longueur hors tout de l'hélicoptère de référence, rotor tournant, si celle-ci est supérieure à 3 m.

Une aire de sécurité est attenante à la FATO. Elle forme une continuité avec elle et en présente les mêmes caractéristiques de portance.

Le périmètre de l'aire de sécurité sert d'appui aux surfaces de dégagement (trouées d'atterrissage et de décollage, surfaces latérales).

● **Aire de prise de contact et d'envol** (TLOF *touch down and lift-off area*).

Les dimensions de la TLOF sont au moins égales à 1,5 fois la longueur du train d'atterrissage (LTA).

La TLOF est généralement à l'intérieur de la FATO mais peut tout aussi bien se situer à l'extérieur de cette dernière.

Dans le cas d'une hélistation en terrasse la TLOF et la FATO sont confondues. Le dimensionnement est alors celui exigé pour la FATO auquel s'ajoute l'aire de sécurité.

■ **Surfaces de dégagement**

● La **trouée d'atterrissage** d'une hélistation **exploitée à vue** est composée de trois sections successives.

— La première section a une longueur de 245 m, une pente de 8 % et une divergence de 10 % si l'hélistation est exploitée de manière exclusivement diurne et de 15 % si son utilisation nocturne est envisagée.

— La deuxième section a une pente de 12,5 % et une divergence suivant une règle identique à celle de la première section. Sa longueur est déterminée par la distance entre l'origine de la trouée et le point où la divergence donne, pour une utilisation exclusivement diurne, une largeur de 7 diamètres de rotor de l'hélicoptère de référence, sans excéder 90 m et pour une utilisation nocturne envisagée, une largeur de 10 diamètres de rotor de ce même hélicoptère, sans toutefois excéder 150 m.

— La troisième section a une pente de 15 % et une divergence nulle (parallèle). Sa longueur est déterminée par la distance entre l'origine de la trouée et l'endroit où la surface atteint une hauteur de 150 m au-dessus de la FATO.

● Les **surfaces latérales** d'une hélistation présentent une pente montante vers l'extérieur de 50 % jusqu'à atteindre une hauteur de 45 m au-dessus de la FATO.

● La définition de la **trouée de décollage** est liée à la classe de performances dans laquelle seront exploités les hélicoptères destinés à fréquenter l'hélistation.

— Pour les hélistations destinées à accueillir des hélicoptères exploités en **classes de performances I ou II**, la trouée de décollage est composée de deux sections pour une longueur totale de 3 330 m :

- la première section a une pente de 4,5 % et une divergence de 10 % si l'hélistation est exploitée de manière exclusivement diurne et de 15 % si son utilisation nocturne est envisagée. Sa longueur est déterminée par la distance entre l'origine de la trouée et le point où la divergence donne, pour une utilisation exclusivement diurne, une largeur de 7 diamètres de rotor de

l'hélicoptère de référence, sans excéder 90 m et pour une utilisation nocturne envisagée, une largeur de 10 diamètres de rotor de ce même hélicoptère, sans toutefois excéder 150 m ;

- la deuxième section a une pente identique (4,5 %) et une divergence nulle (parallèle). Sa longueur est déterminée par la distance entre l'origine de la trouée et l'endroit où la surface atteint une hauteur de 150 m au-dessus de la FATO.

— Pour les hélisations destinées à accueillir des hélicoptères exploités **en classe de performances III**, la trouée de décollage est composée de trois sections :

- la première section a une longueur de 245 m, une pente de 8 % et une divergence de 10 % si l'hélisation est exploitée de manière exclusivement diurne et de 15 % si son utilisation nocturne est envisagée ;
- la deuxième section a une pente de 15 % et une divergence suivant une règle identique à celle de la première section. Sa longueur est déterminée par la distance entre l'origine de la trouée et le point où la divergence donne, pour une utilisation exclusivement diurne, une largeur de 7 diamètres de rotor de l'hélicoptère de référence, sans excéder 90 m et pour une utilisation nocturne envisagée, une largeur de 10 diamètres de rotor de ce même hélicoptère, sans toutefois excéder 150 m ;
- la troisième section a une pente identique de 15 % et une divergence nulle (parallèle). Sa longueur est déterminée par la distance entre l'origine de la trouée et l'endroit où la surface atteint une hauteur de 150 m au-dessus de la FATO.

La longueur totale d'une telle trouée est de 1 114 m.

- Ces surfaces de dégagement peuvent être retranscrites sur un Plan de servitudes aéronautiques ou PSA. Elles sont plus contraignantes vis-à-vis de l'urbanisme pour les hélisations destinées aux hélicoptères exploités en classes de performances I et II que pour celles amenées à recevoir des hélicoptères exploités en classe de performances III.

Nota : un arrêté interministériel fixant les spécifications techniques destiné à servir de base à l'établissement des servitudes aéronautiques est en cours de réécriture, qui prendra en compte la nouvelle définition des surfaces de dégagements. Il conviendra toutefois de s'assurer de sa parution, sans laquelle l'arrêté interministériel du 31 décembre 1984 modifié par arrêté du 20 août 1992 et traitant du même objet, est toujours en vigueur.

- Dans le cas où une hélisation en terrasse est desservie par un ascenseur, il est nécessaire d'apporter une attention particulière à la conception et au mode d'utilisation de ce matériel.

8.2 Altiports

Un altiport est un aérodrome doté en général d'une seule piste à forte pente et à trouée unique. Sa conception repose principalement sur le fait que, le décollage s'effectuant en descendant et l'atterrissage en montant, la pente est utilisée comme facteur d'accélération au décollage et de décélération à l'atterrissage. Ceci permet ainsi de réduire la longueur de piste nécessaire.

- La piste d'un altiport est constituée d'une section principale à forte pente raccordée en partie haute à une section à faible pente associée à une plate-forme horizontale comprenant les aires d'attente et de stationnement. Dans sa partie basse, la section principale présente en général une pente plus faible que dans sa partie haute.

Des valeurs maximales de pentes moyennes et maximales sont fixées pour la section principale d'une piste d'altiport. Elles sont respectivement de 20 % et 25 %. Le changement de pente en partie basse est limité à 8 %. La pente de la plate-forme supérieure ne devrait pas être supérieure à 3 %.

- Les surfaces de dégagement d'un altiport ne peuvent être arrêtées qu'après une étude des procédures d'approche de l'aérodrome et de l'évolution des aéronefs après décollage.

8.3 Hydrobases

Comme il n'y a pas de transport aérien par hydravions en France, la description d'une hydrobase n'entre pas dans le cadre de cet article.

8.4 Plates-formes destinées aux ULM

- Une aire d'atterrissage et de décollage de **classe UA** (destinée aux aéroplanes ultralégers motorisés pendulaires, multi-axes et aux autogires ultralégers) est constituée d'une surface plane rectangulaire de 20 m de largeur et de longueur déterminée en fonction des caractéristiques de l'ULM de référence choisi par le concepteur sans toutefois être inférieure à 150 m.

Les surfaces de dégagement d'une telle aire prennent appui sur un périmètre coaxial à cette aire, de même longueur que celle-ci et de 40 m de largeur. Les plans de trouée ont une pente de 6 % se prolongeant sur une longueur au moins égale à celle de l'aire d'atterrissage et de décollage. Les surfaces latérales ont une pente de 40 %.

- Une aire d'atterrissage et de décollage de **classe UB** (réservée à l'usage exclusif des parachutes motorisés) est constituée d'une surface plane circulaire de 30 m de rayon. La surface de dégagement qui lui est associée est constituée par un cône tronqué dont la petite base est la surface de l'aire et dont la génératrice est inclinée à 6 % sur l'horizontale jusqu'à 200 m du bord de l'aire.

8.5 Plates-formes destinées aux ballons libres

Sur une plate-forme destinée aux ballons libres, la zone de mise en ascension des ballons est constituée d'une surface plane dégagée de tout obstacle délimitée par un cercle de rayon égal à 25 m ou $2h$ (avec h , la hauteur hors-tout du ballon), si cette dernière valeur est supérieure à 25 m.

Pour une direction de vent donnée, la surface de dégagement associée à cette zone à la forme d'un secteur tronconique dont les génératrices, s'appuyant sur la circonférence délimitant la zone, sont inclinées à 60 % jusqu'à atteindre une hauteur de 75 m et ayant en projection horizontale une divergence de 30 degrés de part et d'autre de l'axe du vent.

8.6 Plates-formes destinées aux ballons captifs à gaz

- Les **plates-formes** destinées aux ballons captifs à gaz se composent de trois zones (A, B, C) correspondant à trois cercles concentriques centrés sur la sortie du treuil.

- **Zone A : zone de mise en ascension.** Elle est constituée d'une surface plane et doit être dégagée d'obstacle. Sa surface est délimitée par un cercle de diamètre égal à deux fois celui de la nacelle du ballon.

- **Zone B : zone réservée,** destinée à la protection des personnes. Elle a un diamètre égal à quatre fois celui de la nacelle du ballon.

- **Zone C : zone d'arrimage.** Elle est délimitée par un cercle de diamètre égal à deux fois la hauteur du ballon lorsqu'il est au sol.

- La **surface de dégagement** d'une plate-forme pour ballon captif à gaz est délimitée par un tronc de cône dont la génératrice s'appuie sur le périmètre de la zone A avec un évasement de 45 degrés jusqu'à atteindre la hauteur d'élévation du ballon.