



OACI

# Doc 9157

## Manuel de conception des aérodromes

Partie 1 — Pistes  
Quatrième édition, 2020



Approuvé par la Secrétaire générale et publié sous son autorité

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE





| OACI

# Doc 9157

## Manuel de conception des aérodromes

Partie 1 — Pistes  
Quatrième édition, 2020

Approuvé par la Secrétaire générale et publié sous son autorité

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE

Publié séparément en français, en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol et en russe par l'ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE  
999, boul. Robert-Bourassa, Montréal (Québec), Canada H3C 5H7

Les formalités de commande et la liste complète des distributeurs officiels et des librairies dépositaires sont affichées sur le site web de l'OACI ([www.icao.int](http://www.icao.int)).

*Troisième édition, 2006*  
*Quatrième édition, 2020*

**Doc 9157, *Manuel de conception des aérodromes — Partie 1, Pistes***

Commande n° : 9157P1  
ISBN 978-92-9265-365-1 (version imprimée)  
ISBN 978-92-9275-791-5 (version électronique)

© OACI 2021

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire, de stocker dans un système de recherche de données ou de transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, un passage quelconque de la présente publication, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'Organisation de l'aviation civile internationale.

## **AMENDEMENTS**

La parution des amendements est annoncée dans les suppléments au *Catalogue des produits et services*. Le Catalogue et ses suppléments sont disponibles sur le site web de l'Organisation ([www.icao.int](http://www.icao.int)). Le tableau ci-dessous est destiné à rappeler les divers amendements.

## **RELEVÉ DES AMENDEMENTS ET DES RECTIFICATIFS**



## AVANT-PROPOS

Depuis la publication de la troisième édition du présent manuel, en 2006, les normes et pratiques recommandées (SARP) de l'Annexe 14 — *Aérodromes, Volume I — Conception et exploitation technique des aérodromes*, concernant les caractéristiques physiques des aérodromes ont été amendées plusieurs fois. Une grande partie des éléments indicatifs figurant ci-après reproduisent les SARP les plus récentes de l'Annexe ou y sont étroitement liées. Ils sont destinés à faciliter l'application uniforme des dispositions de l'Annexe relatives à la conception géométrique des pistes et des éléments d'aérodrome connexes, à savoir les accotements de piste, les bandes de piste, les aires de sécurité d'extrémité de piste, les prolongements dégagés et les prolongements d'arrêt.

Grâce aux technologies de pointe, les aéronefs modernes et bien équipés ont des capacités accrues qui leur permettent de suivre des trajectoires très précises à l'atterrissement et au décollage. L'Amendement n° 14 de l'Annexe 14, Volume I, a notamment fait passer de 60 m à 45 m la largeur des pistes pour les avions dotés d'un train principal dont la largeur hors tout (OMGWS) peut atteindre 9 m sans toutefois dépasser 15 m. Cette réduction a fait suite à des études d'atterrissements réels d'avions du code F, qui ont montré que l'écart type par rapport à l'axe d'une piste de 45 m de largeur est inférieur à ce qui était supposé jusque-là. En conjugaison avec des spécifications améliorées concernant les accotements et les bandes de piste, elle donne lieu à une utilisation plus efficace des superficies, en particulier aux aérodromes où les terrains coûtent cher.

Autre fait saillant important de la présente édition : la refonte de la méthode d'établissement du code de référence d'aérodrome servant à déterminer les nombreuses spécifications relatives aux caractéristiques des aérodromes. L'Amendement n° 14 a supprimé la corrélation entre les deux lettres composant le code, l'une représentant l'envergure et l'autre, l'OMGWS, puisque l'envergure est pertinente pour les caractéristiques d'aérodrome concernant les distances de séparation (obstacles, bandes de piste, etc.), tandis que l'OMGWS influe principalement sur les caractéristiques de manœuvre au sol (largeurs de piste et de voie de circulation, par exemple). Il a été reconnu que les deux composants devraient être utilisés séparément, l'emploi de l'élément le plus exigeant pouvant donner lieu à un surdimensionnement des distances de séparation ou des largeurs de piste ou de voie de circulation pour certains types d'avion.

Les appendices existants portant sur la classification des avions et les aires de demi-tour sur piste ont été actualisés, et un nouvel appendice a été ajouté. Il contient des orientations sur les exigences relatives aux performances et à la compatibilité des systèmes d'arrêt d'aéronef.

Il est prévu de tenir à jour le présent manuel. L'édition actuelle sera améliorée au moyen d'éléments issus de l'expérience acquise ainsi que des observations et suggestions des utilisateurs. Les lecteurs sont donc invités à faire part au Secrétaire général de l'OACI, par écrit, de leurs avis, observations et suggestions sur la présente édition.



# TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
<b>CHAPITRE 1. Généralités.....</b>	<b>1-1</b>
1.1    Introduction.....	1-1
1.2    Définition des termes.....	1-1
1.3    Code de référence d'aérodrome.....	1-3
<b>CHAPITRE 2. Considérations relatives à la configuration .....</b>	<b>2-1</b>
2.1    Facteurs liés à l'implantation, à l'orientation et au nombre des pistes .....	2-1
2.2    Implantation du seuil.....	2-5
<b>CHAPITRE 3. Longueur des pistes .....</b>	<b>3-1</b>
3.1    Facteurs influant sur la longueur des pistes .....	3-1
3.2    Longueur réelle des pistes .....	3-1
3.3    Pistes avec prolongements d'arrêt et/ou prolongements dégagés .....	3-2
3.4    Calcul des distances déclarées .....	3-2
3.5    Correction des longueurs de piste pour tenir compte de l'altitude, de la température et de la pente.....	3-5
<b>CHAPITRE 4. Paramètres de performances des avions influant sur la longueur de piste .....</b>	<b>4-1</b>
4.1    Termes opérationnels.....	4-1
4.2    Spécification de distance de décollage.....	4-1
4.3    Spécification de distance d'atterrissage .....	4-7
<b>CHAPITRE 5. Caractéristiques physiques .....</b>	<b>5-1</b>
5.1    Pistes.....	5-1
5.2    Accotements de piste .....	5-8
5.3    Bandes de piste.....	5-13
5.4    Aires de sécurité d'extrémité de piste (RESA).....	5-17
5.5    Prolongements dégagés.....	5-21
5.6    Prolongements d'arrêt .....	5-22
<b>CHAPITRE 6. Planifications pour les besoins des avions futurs .....</b>	<b>6-1</b>
6.1    Généralités .....	6-1
6.2    Tendances des avions futurs.....	6-1
6.3    Données d'aérodrome .....	6-2

---

	<i>Page</i>
<b>Appendice 1. Classification des avions d'après le chiffre et la lettre de code.....</b>	<b>A1-1</b>
<b>Appendice 2. Influence des variations des pentes de piste sur les longueurs de piste utilisables au décollage.....</b>	<b>A2-1</b>
<b>Appendice 3. Courbes et tables de performances utilisées dans la planification des pistes .....</b>	<b>A3-1</b>
<b>Appendice 4. Aires de demi-tour sur piste.....</b>	<b>A4-1</b>
<b>Appendice 5. Systèmes d'arrêt d'aéronef .....</b>	<b>A5-1</b>

---

# Chapitre 1

## GÉNÉRALITÉS

### 1.1 INTRODUCTION

1.1.1 Étant donné que les pistes sont d'une importance capitale pour la sécurité et l'efficacité des décollages et des atterrissages, il est indispensable que leur conception tienne compte des caractéristiques opérationnelles et physiques des avions auxquels elles sont destinées, ainsi que de considérations techniques et économiques.

1.1.2 Les éléments connexes directement liés à l'atterrissement et au décollage des avions sur les pistes sont les bandes de piste, les accotements de piste, les prolongements d'arrêt, les prolongements dégagés et les aires de sécurité d'extrémité de piste. Le présent manuel traite de l'aménagement des pistes et des éléments connexes et récapitule les spécifications et les éléments indicatifs relatifs à leur conception géométrique. Le calcul de la résistance des chaussées est traité dans le *Manuel de conception des aérodromes* (Doc 9157), 3<sup>e</sup> Partie — Chaussées.

### 1.2 DÉFINITION DES TERMES

**Accotement.** Bande de terrain bordant une chaussée et traitée de façon à offrir une surface de raccordement entre cette chaussée et le terrain environnant.

**Aérodrome.** Surface définie sur terre ou sur l'eau (comprenant, éventuellement, bâtiments, 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.

**Aire d'atterrissement.** Partie d'une aire de mouvement destinée à l'atterrissement et au décollage des aéronefs.

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

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

**Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA).** Aire symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste et adjacente à l'extrémité de la bande, qui est destinée principalement à réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion atterrirait trop court ou dépasserait l'extrémité de piste.

**Altitude d'un aérodrome.** Altitude du point le plus élevé de l'aire d'atterrissement.

**Bandes de piste.** Aire définie dans laquelle sont compris la piste ainsi que le prolongement d'arrêt, si un tel prolongement est aménagé, et qui est destinée :

- a) à réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion sortirait de la piste ;
- b) à assurer la protection des avions qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissement.

**Largeur hors tout du train principal (OMGWS).** Distance entre les bords extérieurs des roues du train principal.

**Objet frangible.** Objet de faible masse conçu pour casser, se déformer ou céder sous l'effet d'un impact de manière à présenter le moins de risques possible pour les aéronefs.

**Obstacle.** Tout ou partie d'un objet fixe (temporaire ou permanent) ou mobile qui est situé sur une aire destinée à la circulation des aéronefs à la surface ou qui fait saillie au-dessus d'une surface définie destinée à protéger les aéronefs en vol.

**Piste.** Aire rectangulaire définie, sur un aérodrome terrestre, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissement des aéronefs.

**Piste aux instruments.** Piste destinée aux aéronefs qui utilisent des procédures d'approche aux instruments. Ce peut être :

- a) *Une piste avec approche classique.* Piste desservie par des aides visuelles et une ou des aides non visuelles, destinée à des opérations d'atterrissement suivant une opération d'approche aux instruments de type A, avec une visibilité au moins égale à 1 000 m.
- b) *Une piste avec approche de précision, catégorie I.* Piste desservie par des aides visuelles et une ou des aides non visuelles, destinée à des opérations d'atterrissement suivant une opération d'approche aux instruments de type B, avec une hauteur de décision (DH) au moins égale à 60 m (200 ft) et une visibilité au moins égale à 800 m ou une portée visuelle de piste au moins égale à 550 m.
- c) *Une piste avec approche de précision, catégorie II.* Piste desservie par des aides visuelles et une ou des aides non visuelles, destinée à des opérations d'atterrissement suivant une opération d'approche aux instruments de type B, avec une hauteur de décision (DH) inférieure à 60 m (200 ft) mais au moins égale à 30 m (100 ft), et une portée visuelle de piste au moins égale à 300 m.
- d) *Une piste avec approche de précision, catégorie III.* Piste desservie par des aides visuelles et une ou des aides non visuelles, destinée à des opérations d'atterrissement suivant une opération d'approche aux instruments de type B, comprenant une hauteur de décision (DH) inférieure à 30 m (100 ft), ou sans hauteur de décision, et une portée visuelle de piste inférieure à 300 m, ou sans limites de portée visuelle de piste.

**Piste à vue.** Piste destinée aux aéronefs effectuant une approche à vue ou une procédure d'approche aux instruments jusqu'à un point au-delà duquel l'approche peut se poursuivre en conditions météorologiques de vol à vue.

*Note.— Les conditions météorologiques de vol à vue (VMC) sont définies dans le Chapitre 3 de l'Annexe 2.*

**Piste(s) principale(s).** Piste(s) utilisée(s) de préférence aux autres toutes les fois que les conditions le permettent.

**Prolongement dégagé.** Aire rectangulaire définie, au sol ou sur l'eau, placée sous le contrôle de l'autorité compétente et choisie ou aménagée de manière à constituer une aire convenable au-dessus de laquelle un avion peut exécuter une partie de la montée initiale jusqu'à une hauteur spécifiée.

**Seuil.** Début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissement.

**Seuil décalé.** Seuil qui n'est pas situé à l'extrémité de la piste.

### 1.3 CODE DE RÉFÉRENCE D'AÉRODROME

1.3.1 Le code de référence fournit une méthode simple permettant d'établir une relation entre les nombreuses spécifications qui traitent des caractéristiques d'un aérodrome afin de définir une série d'installations adaptées aux avions qui seront appelés à utiliser cet aérodrome. Le code de référence se compose de deux éléments liés aux caractéristiques de performances et aux dimensions de l'avion. L'élément 1 est un chiffre fondé sur la distance de référence de l'avion et l'élément 2, une lettre fondée sur l'envergure de l'avion.

1.3.2 Une spécification donnée est rattachée au plus déterminant des deux éléments du code ou une combinaison appropriée de ces deux éléments. La lettre ou le chiffre de code, à l'intérieur d'un élément choisi à des fins de calcul, est rattaché aux caractéristiques de l'avion critique pour lequel l'installation est fournie. Lors de l'application des dispositions pertinentes de l'Annexe 14, Volume I, on détermine en premier lieu les avions que l'aérodrome est destiné à recevoir, puis les deux éléments du code.

1.3.3 Un code de référence d'aérodrome — chiffre et lettre de code — choisi à des fins de planification d'aérodrome est déterminé conformément aux caractéristiques des avions auxquels une installation d'aérodrome est destinée. En outre, les chiffres et les lettres du code de référence d'aérodrome ont les significations indiquées au Tableau 1-1. Une classification des avions représentatifs selon le numéro de code et la lettre de code figure à l'Appendice 1.

1.3.4 Le chiffre de code correspondant à l'élément 1 est déterminé d'après le Tableau 1-1 en choisissant le chiffre de code correspondant à la plus grande des distances de référence des avions auxquels la piste est destinée. La distance de référence de l'avion est définie comme la distance minimale nécessaire pour décoller à la masse maximale au décollage certifiée, au niveau de la mer et en atmosphère type, par vent nul et avec une pente de piste nulle ; elle est indiquée dans le manuel de vol de l'avion prescrit par l'autorité compétente ou dans une documentation équivalente du constructeur de l'avion. Ainsi, si 1 650 m correspond à la plus élevée des distances de référence de l'avion, le numéro de code choisi serait 3.

1.3.5 La lettre de code pour l'élément 2 est déterminée d'après le Tableau 1-1 ; il s'agit de la lettre de code qui correspond à la plus grande envergure des avions auxquels l'installation est destinée.

1.3.6 L'envergure est pertinente pour ce qui est des caractéristiques d'aérodrome concernant les distances de séparation (par ex. obstacles et bandes de piste), tandis que l'OMGWS influe sur les caractéristiques de manœuvre au sol (par ex. largeurs de piste et de voie de circulation). Les deux éléments devraient être utilisés séparément, l'emploi de l'élément le plus exigeant pouvant donner lieu à un surdimensionnement des distances de séparation ou des largeurs de piste ou de voie de circulation pour certains types d'avion. Étant donné que l'OMGWS est le paramètre à utiliser pour déterminer la largeur des pistes et des voies de circulation, il y est fait directement référence dans les dispositions pertinentes, pour éviter un troisième élément de code augmentant la complexité.

**Tableau 1-1. Code de référence d'aérodrome**

Élément de code 1	
Chiffre de code	Distance de référence de l'avion
1	moins de 800 m
2	de 800 m à 1 200 m exclus
3	de 1 200 m à 1 800 m exclus
4	1 800 m et plus

Élément de code 2	
Lettre de code	Envergure
A	moins de 15 m
B	de 15 m à 24 m exclus
C	de 24 m à 36 m exclus
D	de 36 m à 52 m exclus
E	de 52 m à 65 m exclus
F	de 65 m à 80 m exclus

*Note 1.— Des éléments indicatifs sur la planification concernant les avions d'envergure supérieure à 80 m figurent dans le Manuel de conception des aérodromes (Doc 9157), Parties 1 et 2.*

*Note 2.— Des procédures relatives à l'exécution d'une étude de compatibilité visant à déterminer si un aérodrome peut accueillir des avions correspondant à deux lettres de code en raison de leurs extrémités d'aile repliables figurent dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981). On trouve de plus amples orientations dans les caractéristiques publiées par les constructeurs de ces avions aux fins de la planification des aéroports.*

## Chapitre 2

# CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONFIGURATION

### 2.1 FACTEURS LIÉS À L'IMPLANTATION, À L'ORIENTATION ET AU NOMBRE DES PISTES

#### Généralités

*Note.— Il est essentiel que la planification et la conception des aéroports rendent possible toute extension future de l'infrastructure des pistes.*

2.1.1 Plusieurs facteurs influent sur la détermination de l'implantation, de l'orientation et du nombre des pistes. Parmi les plus importants, on peut citer :

- a) les conditions météorologiques, particulièrement le coefficient d'utilisation déterminé par la répartition des vents et l'incidence de brouillards localisés ;
- b) la topographie de l'emplacement de l'aérodrome et de ses abords ;
- c) la nature et le volume de la circulation aérienne, y compris les aspects du contrôle de la circulation aérienne ;
- d) les considérations relatives aux performances des aéronefs ;
- e) les considérations écologiques, notamment en ce qui concerne le bruit.

2.1.2 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. Toutes choses égales d'ailleurs, elles devraient être orientées dans la direction des vents dominants.

2.1.3 Il faut un nombre suffisant de pistes pour répondre aux besoins de la circulation aérienne, c'est-à-dire au nombre d'arrivées et de départs d'aéronefs et à la diversité des types d'aéronefs, au cours des périodes de pointe. La décision quant au nombre de pistes à prévoir devrait également être fondée sur le coefficient d'utilisation de l'aérodrome et sur les considérations économiques. Des orientations sur le processus de planification d'aéroport, y compris les critères de prévision et de planification du trafic, figurent dans le Document 9184 (*Manuel de planification d'aéroport, 1<sup>re</sup> Partie — Planification générale*).

#### Type d'exploitation

2.1.4 Il convient de déterminer en particulier si l'aérodrome doit être utilisé dans toutes les conditions météorologiques ou dans les conditions météorologiques de vol à vue seulement, et si son utilisation est prévue de jour et de nuit, ou de jour seulement.

2.1.5 Lorsqu'on implante une nouvelle piste aux instruments, il faut accorder une attention particulière aux zones que les avions sont appelés à survoler lorsqu'ils suivent des procédures d'approche aux instruments et d'approche interrompue, de façon à garantir que les obstacles qui se trouvent dans ces zones, ou d'autres facteurs, ne limiteront pas l'utilisation des avions auxquels la piste est destinée.

### Vent

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

2.1.7 Lors de l'application du coefficient d'utilisation de 95 %, il devrait être présumé que, dans les circonstances normales, il n'y aura ni décollage ni atterrissage si la valeur de la composante transversale du vent est supérieure à :

- a) 37 km/h (20 kt) pour les avions dont la distance de référence est supérieure ou égale à 1 500 m ; toutefois lorsqu'on observe assez souvent une faible efficacité de freinage, due à un coefficient de frottement longitudinal insuffisant, il est recommandé d'admettre une composante transversale du vent ne dépassant pas 24 km/h (13 kt) ;
- b) 24 km/h (13 kt) pour les avions dont la distance de référence est comprise entre 1 200 m et 1 500 m ;
- c) 19 km/h (10 kt) pour les avions dont la distance de référence est inférieure à 1 200 m.

2.1.8 Les données à utiliser dans le calcul du coefficient d'utilisation devraient être choisies d'après des statistiques valables sur la répartition des vents, qui devraient porter sur une période aussi longue que possible, de préférence égale à cinq ans au moins. Les observations devraient être effectuées au moins huit fois par jour et à intervalles réguliers. À cet égard, il convient de tenir compte des remarques suivantes :

- a) pour le calcul du coefficient d'utilisation on dispose en général de statistiques relatives au vent établies pour différentes gammes de vitesses et de directions, et la précision des calculs peut dépendre dans une grande mesure des hypothèses faites sur la répartition des observations entre ces gammes. À défaut de renseignements précis sur la répartition réelle on admet habituellement une répartition uniforme, car ces hypothèses conduisent généralement, par rapport aux orientations de piste les plus favorables, à une évaluation par défaut du coefficient d'utilisation ;
- b) les valeurs maximales de la composante transversale du vent indiquées au § 2.1.7 correspondent aux conditions normales. Il existe des facteurs qui peuvent nécessiter de réduire ces valeurs maximales pour un aérodrome déterminé, notamment :
  - 1) différences importantes dans les caractéristiques de manœuvre, et les valeurs admissibles de la composante transversale du vent pour divers types d'avions (y compris les types d'avions futurs) dans chacune des catégories indiquées au § 2.1.7 ;
  - 2) prépondérance et nature de rafales ;
  - 3) prépondérance et nature de la turbulence ;
  - 4) possibilité d'utiliser une piste secondaire ;
  - 5) largeur des pistes ;

- 6) état de la surface de piste ; la présence d'eau, de neige, et de glace sur la piste réduit la valeur maximale admissible de la composante transversale du vent ;
- 7) force du vent correspondant à la valeur maximale admissible de la composante transversale du vent.

2.1.9 Le critère de 95 % recommandé dans l'Annexe 14, Volume I, est applicable à toutes les conditions météorologiques ; néanmoins, il demeure utile d'examiner les données séparément lorsque cela est possible. On peut généralement se procurer des données climatologiques auprès des services météorologiques de l'État. Les vitesses sont généralement groupées selon la direction par tranches de 22,5 degrés (16 aires du vent du compas). Les données climatologiques indiquent le pourcentage du temps pendant lequel certaines combinaisons de plafond et de visibilité se produisent (par exemple, plafond 500 m à 274 m ; visibilité 4,8 km à 9,7 km) et le pourcentage du temps pendant lequel des vents d'une vitesse donnée soufflent de différentes directions, par exemple NNE, 2,6 à 4,6 kt. Les directions sont données par rapport au nord vrai. Souvent les données de vent pour un emplacement entièrement nouveau n'ont pas été enregistrées. Si tel est le cas, il y a lieu de consulter les enregistrements des stations de mesure voisines. Si le terrain environnant est sensiblement plat, les enregistrements de ces stations devraient indiquer les mêmes vents qu'à l'emplacement de l'aérodrome envisagé. Cependant, si le terrain est accidenté, le régime des vents est souvent déterminé par la topographie et il est dangereux d'utiliser les enregistrements de stations situées à une certaine distance de l'emplacement. Dans ce cas, une étude de la topographie de la région et la consultation des résidents peut se révéler utile mais il faudrait entreprendre une étude des vents dans la région. Une telle étude pourrait nécessiter l'installation d'anémomètres et la conservation des données enregistrées. Des éléments indicatifs relatifs à l'établissement et à l'analyse des données de vent aux fins de la planification des aérodromes figurent dans le *Manuel de planification d'aéroport* (Doc 9184), 1<sup>re</sup> Partie — *Planification générale*.

### Conditions de visibilité

2.1.10 Souvent les caractéristiques du vent sont totalement différentes selon que la visibilité est bonne ou mauvaise. Il faudrait donc procéder à l'étude des conditions du vent à l'aérodrome lorsque la visibilité est mauvaise et/ou le plafond bas, y compris de la fréquence d'incidence de ces conditions, ainsi que de la direction et de la vitesse des vents qui les accompagnent.

### Topographie de l'emplacement de l'aérodrome, de ses approches et de ses abords

2.1.11 Il conviendrait d'examiner les caractéristiques topographiques de l'aérodrome et ses abords, notamment :

- a) le respect des surfaces de limitation d'obstacles ;
- b) l'utilisation actuelle et future des terrains ; il convient de choisir l'orientation et la disposition de façon à protéger le plus possible les zones particulièrement sensibles (habitations, écoles, hôpitaux) contre la gêne due au bruit des aéronefs ;
- c) les longueurs de piste actuelles et futures ;
- d) le coût des travaux de construction ;
- e) la possibilité d'implantation d'aides visuelles et non visuelles d'approche.

### **Circulation aérienne aux abords de l'aérodrome**

2.1.12 Lors de l'étude de l'implantation des pistes, il faudrait aussi tenir compte des facteurs suivants :

- a) proximité d'autres aérodromes ou de routes ATS ;
- b) densité de circulation ;
- c) procédures de contrôle de la circulation aérienne et procédures d'approche interrompue.

### **Facteurs écologiques**

2.1.13 Il faudrait tenir compte de l'effet de l'alignement des pistes sur la faune, l'écologie de la région en général et les zones urbaines sensibles au bruit.

2.1.14 Le niveau de bruit produit par l'exploitation aérienne sur l'aérodrome et dans son voisinage est généralement considéré comme étant un facteur écologique principal associé à l'installation. Les zones les plus exposées au bruit se trouvent immédiatement au-dessous et au voisinage des trajectoires d'approche et de départ. Les niveaux de bruit sont généralement déterminés sur la base du nombre de décibels, de la durée et de la fréquence d'incidence. Il existe un grand nombre de techniques de mesure du bruit (voir Annexe 16 — *Protection de l'environnement* et Circulaire 205 — *Méthode recommandée pour le calcul des courbes de niveau de bruit au voisinage des aéroports*). Un choix approprié de l'emplacement et une planification judicieuse de l'utilisation des terrains avoisinants peuvent permettre d'atténuer fortement, sinon d'éliminer le problème du bruit imputable à l'aérodrome.

### **Pistes parallèles**

2.1.15 Le nombre de pistes à prévoir dans chaque direction dépend du nombre de mouvements aériens à traiter (voir *Manuel de planification d'aéroport* [Doc 9184], 1<sup>re</sup> Partie).

2.1.16 *Exploitation VMC*. En cas d'installation de pistes parallèles destinées à n'être utilisées simultanément que dans les conditions météorologiques de vol à vue, la distance minimale entre leurs axes devrait être :

- a) 210 m lorsque le chiffre de code le plus élevé est 3 ou 4 ;
- b) 150 m lorsque le chiffre de code le plus élevé est 2 ;
- c) 120 m lorsque le chiffre de code le plus élevé est 1.

2.1.17 *Exploitation IMC*. En cas d'installation de pistes parallèles destinées à être utilisées dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC), la distance minimale entre les axes de pistes devrait être :

- a) 1 035 m pour les approches parallèles indépendantes ;
- b) 915 m pour les approches parallèles interdépendantes ;
- c) 760 m pour les départs parallèles indépendants ;
- d) 760 m pour les mouvements parallèles sur pistes spécialisées ;

toutefois :

- a) dans le cas des mouvements parallèles sur pistes spécialisées, la distance de séparation spécifiée :
  - 1) peut être réduite de 30 m par tranche de 150 m de décalage de la piste d'arrivée vers l'amont, jusqu'à un minimum de 300 m ;
  - 2) devrait être augmentée de 30 m par tranche de 150 m de décalage de la piste d'arrivée vers l'aval ;
- b) des distances de séparation inférieures à celles qui sont spécifiées ci-dessous peuvent être appliquées s'il est déterminé, après étude aéronautique, que ces distances inférieures ne compromettent pas la sécurité de l'exploitation.

2.1.18 Le *Manuel sur les opérations simultanées sur pistes aux instruments parallèles ou quasi parallèles (SOIR)* (Doc 9643) contient des éléments indicatifs sur la planification et l'exécution de mouvements simultanés sur des pistes aux instruments parallèles ou quasi parallèles.

### Zone d'aérogare entre pistes parallèles

2.1.19 Afin de réduire au minimum la traversée des pistes en service par la circulation au sol et afin de mieux utiliser la zone située entre des pistes parallèles, la zone d'aérogare et d'autres zones opérationnelles peuvent être placées entre des pistes parallèles. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'adopter une distance de séparation supérieure à celle qui est recommandée dans les paragraphes précédents.

## 2.2 IMPLANTATION DU SEUIL

2.2.1 Le seuil est normalement situé à l'extrémité de la piste si aucun obstacle ne fait saillie au-dessus de la surface d'approche. Dans certains cas cependant, il peut être souhaitable, en raison des conditions locales, de décaler le seuil d'une manière permanente (voir § 2.2.3). Pour déterminer l'emplacement du seuil, il faut également tenir compte de la hauteur du point de repère ILS et des limites de franchissement d'obstacles. (L'Annexe 10, Volume I, contient des spécifications relatives à la hauteur du point de repère ILS.)

2.2.2 Pour déterminer qu'aucun obstacle ne fait saillie au-dessus de la surface d'approche, il convient de prendre en considération la présence d'objets mobiles (véhicules sur les routes, trains, etc.).

2.2.3 Si un objet qui fait saillie au-dessus de la surface d'approche ne peut être enlevé, il faudrait envisager de décaler le seuil d'une manière permanente.

2.2.4 Afin d'atteindre les objectifs de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 4, en ce qui concerne la limitation des obstacles, l'idéal serait de décaler le seuil en aval de la distance voulue pour que la surface d'approche soit dégagée d'obstacles.

2.2.5 Toutefois, le décalage du seuil par rapport à l'entrée de la piste entraîne inévitablement une réduction de la distance d'atterrissement utilisable, réduction qui risque de présenter pour l'exploitation une importance plus grande que la présence d'obstacles, balisés de jour et de nuit, qui dépassent la surface d'approche. Avant de prendre la décision de décaler le seuil et de déterminer l'ampleur de ce décalage, il faut donc s'efforcer de trouver le compromis optimal entre une surface d'approche dégagée d'obstacles et une distance d'atterrissement suffisante. Pour prendre cette décision, il faudra tenir compte des types d'avions auxquels la piste est destinée, des conditions de visibilité et de plafond les plus

défavorables dans lesquelles la piste est susceptible d'être utilisée, de l'emplacement des obstacles par rapport au seuil de la piste et au prolongement de son axe et, dans le cas d'une piste avec approche de précision, de l'importance des obstacles dans la détermination des limites de franchissement d'obstacles.

2.2.6 Nonobstant la distance d'atterrissement utilisable, l'emplacement du seuil devrait être choisi de façon que la pente de la surface dégagée d'obstacles vers le seuil ne soit pas supérieure à 3,3 % dans le cas des pistes dont le chiffre de code est 4, ou ne soit pas supérieure à 5 % dans celui des pistes dont le chiffre de code est 3.

---

# **Chapitre 3**

## **LONGUEUR DES PISTES**

### **3.1 FACTEURS INFLUANT SUR LA LONGUEUR DES PISTES**

3.1.1 Les facteurs suivants influent sur la longueur de piste à prévoir :

- a) les caractéristiques de performances et les masses opérationnelles des avions auxquels la piste est destinée ;
- b) les conditions météorologiques, particulièrement le vent et la température au sol ;
- c) les caractéristiques de la piste telles que la pente et l'état de la surface ;
- d) les facteurs relatifs à l'emplacement de l'aéroport, tels que l'altitude de l'aéroport (qui influe sur la pression barométrique) et les contraintes topographiques.

3.1.2 La relation entre la longueur de piste et les caractéristiques de performances des aéronefs est analysée au Chapitre 4. La longueur de piste nécessaire pour le décollage ou l'atterrissement d'un avion sera plus faible avec un vent debout et plus grande avec un vent arrière. La longueur de piste nécessaire sera également plus grande si la température est plus élevée, car la densité de l'air diminue quand la température augmente et il en résulte des poussées moindres et une portance réduite. L'effet des pentes des pistes sur les longueurs de piste nécessaires est analysé en détail à l'Appendice 2 ; cependant, il est évident que pour un décollage sur piste montante un avion a besoin d'une plus grande longueur de piste que sur une piste horizontale ou descendante, la longueur exacte dépendant de l'altitude de l'aéroport et de la température. Toutes choses égales d'ailleurs, la longueur de piste nécessaire est en fonction directe de l'altitude de l'aéroport (et en fonction inverse de la pression barométrique). La longueur de piste à un aéroport peut être limitée par les propriétés mitoyennes ou par des caractéristiques topographiques telles que des montagnes, des nappes d'eau ou des vallées abruptes.

### **3.2 LONGUEUR RÉELLE DES PISTES**

#### **Pistes principales**

3.2.1 À l'exception des pistes dotées d'un prolongement d'arrêt et/ou d'un prolongement dégagé, la longueur réelle à donner à une piste principale devrait être suffisante pour répondre aux besoins opérationnels des avions auxquels la piste est destinée et ne devrait pas être 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.

3.2.2 Il est nécessaire de prendre en considération les besoins au décollage et à l'atterrissement lorsqu'on détermine la longueur de piste à aménager et la nécessité d'utiliser la piste dans les deux sens. Parmi les conditions locales qu'il peut être nécessaire de prendre en considération figurent l'altitude, la température, la pente de la piste, l'humidité et les caractéristiques de surface de la piste.

3.2.3 Lorsqu'on ne possède pas de données de performances sur les avions auxquels la piste est destinée, la longueur réelle d'une piste principale peut être déterminée en appliquant des facteurs de correction généraux, comme il est indiqué au § 3.5. Il est néanmoins souhaitable de consulter le document des constructeurs d'avions intitulé Aeroplane Characteristics for Airport Planning pour obtenir les données les plus récentes.

#### **Pistes secondaires**

3.2.4 La longueur d'une piste secondaire devrait être déterminée de la même façon que celle des pistes principales. Il suffit cependant 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 à 95 %.

3.2.5 Il existe pour la plupart des avions modernes des manuels de vol contenant les données sur les besoins opérationnels et les caractéristiques de performances de ces avions. Des courbes et des tables de performances des avions aux atterrissages et aux décollages ont aussi été établies aux fins de la planification de la longueur des pistes. Des notes explicatives sur ces courbes et ces tables figurent à l'Appendice 3.

### **3.3 PISTES AVEC PROLONGEMENTS D'ARRÊT ET/OU PROLONGEMENTS DÉGAGÉS**

3.3.1 Lorsqu'une piste est associée à un prolongement d'arrêt ou un prolongement dégagé, une longueur réelle de piste inférieure à celle résultant de l'application des dispositions du § 3.2.2 ou du § 3.2.3, selon le cas, peut être considérée comme satisfaisante, mais toute combinaison de piste, prolongement d'arrêt et/ou prolongement dégagé devrait permettre de se conformer aux spécifications d'exploitation pour le décollage et l'atterrissement des avions auxquels la piste est destinée.

3.3.2 La décision d'aménager un prolongement d'arrêt et/ou un prolongement dégagé, comme solution de remplacement au problème de l'allongement d'une piste dépendra des caractéristiques physiques de la zone située au-delà de l'extrémité de piste et des spécifications de performances opérationnelles des avions qui utiliseront la piste. La longueur à donner à la piste, au prolongement d'arrêt et au prolongement dégagé est fonction des performances de décollage des avions, mais il faudrait aussi vérifier la distance d'atterrissement nécessaire à ces avions pour s'assurer que la piste est assez longue pour l'atterrissement. Toutefois, la longueur d'un prolongement dégagé ne devrait pas dépasser la moitié de la longueur de roulement utilisable au décollage.

### **3.4 CALCUL DES DISTANCES DÉCLARÉES**

3.4.1 L'aménagement de prolongements d'arrêt et de prolongements dégagés ainsi que l'emploi de seuils décalés sur les pistes ont rendu nécessaire d'exprimer de façon précise et compréhensible les différentes distances de piste applicables à l'atterrissement et au décollage des avions. Afin de répondre à ce besoin, on utilise l'expression « distances déclarées » pour désigner les quatre distances ci-après qui caractérisent une piste donnée :

- a) Distance de roulement utilisable au décollage (TORA). Longueur de piste déclarée comme étant utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion au décollage.
- b) Distance utilisable au décollage (TODA). Distance de roulement utilisable au décollage, augmentée de la longueur du prolongement dégagé, s'il y lieu.

- c) Distance utilisable pour l'accélération-arrêt (ASDA). Distance de roulement utilisable au décollage, augmentée de la longueur du prolongement d'arrêt, s'il y en a un.
- d) Distance utilisable à l'atterrissage (LDA). Longueur de piste déclarée comme étant utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion à l'atterrissage.

3.4.2 L'Annexe 14, Volume I, spécifie que les distances déclarées doivent être calculées pour une piste destinée à être utilisée par des aéronefs de transport commercial international ; l'Annexe 15 stipule que les distances déclarées doivent être indiquées, pour chaque sens d'utilisation de la piste, dans la publication d'information aéronautique (AIP) de l'État. Quelques cas typiques sont illustrés à la Figure 3-1, et la Figure 3-2 donne un exemple de distances déclarées présentées sous forme de tableau.

3.4.3 Si la piste ne comporte ni prolongement d'arrêt, ni prolongement dégagé, le seuil étant lui-même situé à l'extrême de la piste, les quatre distances déclarées devraient normalement avoir la même longueur que la piste [voir Figure 3-1(A)].

3.4.4 Si la piste comporte un prolongement dégagé (CWY), la distance TODA comprendra la longueur du prolongement dégagé [voir Figure 3-1(B)].

3.4.5 Si la piste comporte un prolongement d'arrêt (SWY), l'ASDA comprendra la longueur du prolongement d'arrêt [voir Figure 3-1(C)].

3.4.6 Si le seuil est décalé, la LDA sera diminuée de la distance de décalage du seuil [voir Figure 3-1(D)]. Le décalage du seuil n'affecte la 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.

3.4.7 Les Figures 3-1(B) à 3-1(D) représentent une piste dotée d'un prolongement dégagé, d'un prolongement d'arrêt, ou d'un seuil décalé. Si la piste comporte plusieurs de ces caractéristiques, plusieurs des distances déclarées seront modifiées, les modifications obéissant toutefois au même principe. La Figure 3-1(E) illustre le cas d'une piste comportant toutes ces caractéristiques.

3.4.8 La Figure 3-2 propose un modèle de présentation des renseignements sur les distances déclarées. 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 « non utilisable » ou l'abréviation « NU » doit être indiquée.

3.4.9 Lorsque l'aménagement d'une aire de sécurité d'extrême de piste peut entraîner un empiètement dans des zones où sa mise en œuvre serait particulièrement prohibitive, et lorsque l'autorité compétente estime qu'une aire de sécurité d'extrême de piste est essentielle, il faudra peut-être envisager de réduire certaines des distances déclarées.

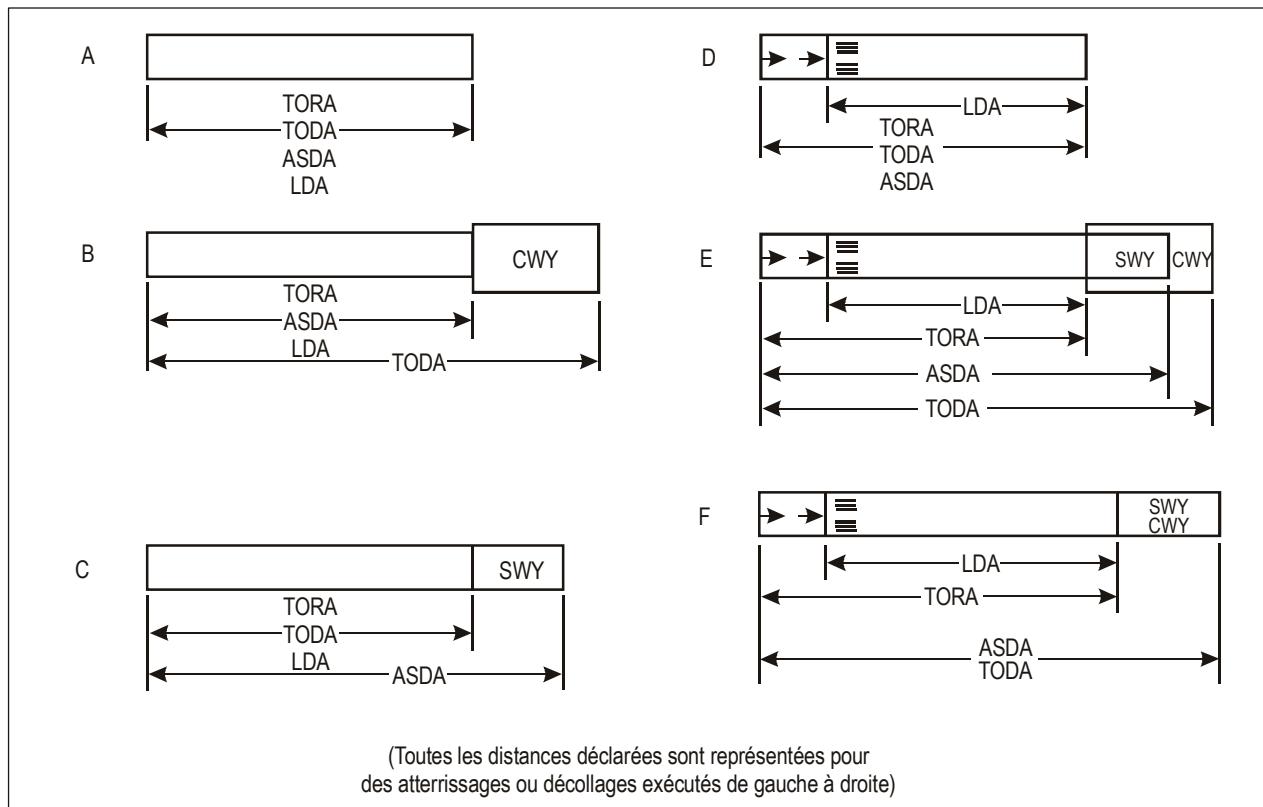


Figure 3-1. Représentation des distances déclarées

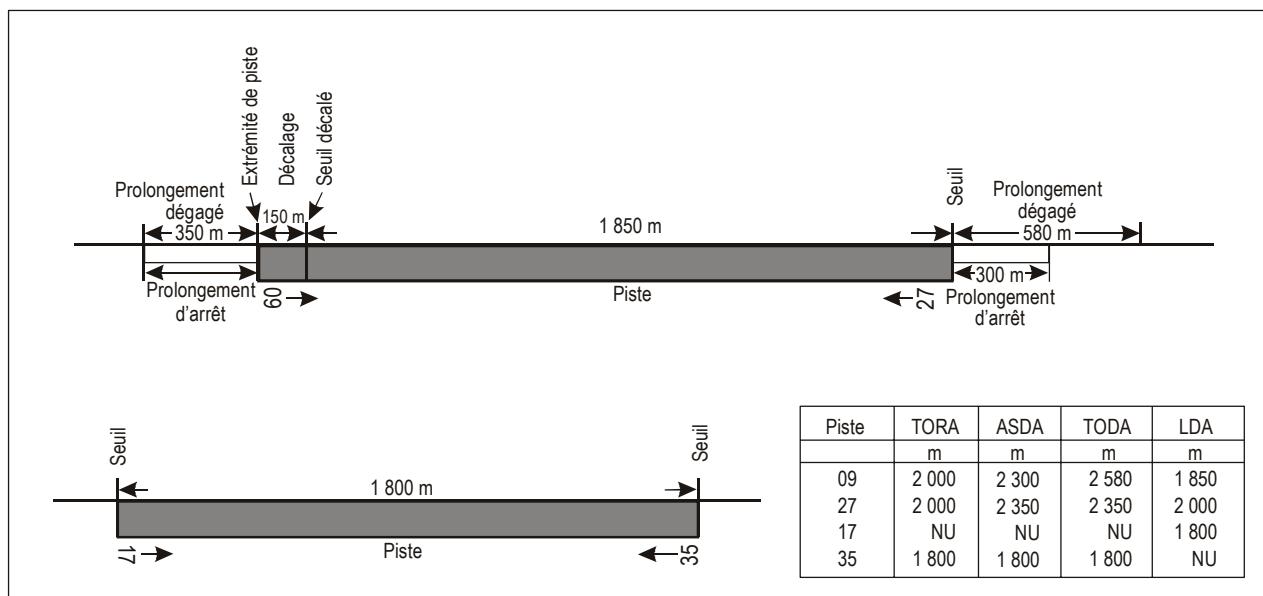


Figure 3-2. Détermination des distances déclarées

### 3.5 CORRECTION DES LONGUEURS DE PISTE POUR TENIR COMPTE DE L'ALTITUDE, DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA PENTE

3.5.1 Comme il est indiqué au § 3.2.3, lorsqu'on ne dispose pas du manuel de vol approprié, la longueur de la piste doit être déterminée en appliquant des facteurs de correction généraux. La première étape consiste à choisir une longueur de base susceptible de répondre aux spécifications d'exploitation des aéronefs auxquels la piste est destinée. Cette longueur de base est une longueur de piste, choisie à des fins de planification d'aérodrome, qui est nécessaire pour le décollage ou l'atterrissement dans les conditions correspondant à l'atmosphère type, à l'altitude zéro, avec vent nul et pente de piste nulle.

3.5.2 La longueur de base devrait être augmentée de 7 % par tranche de 300 m d'altitude de l'aérodrome.

3.5.3 La longueur de piste déterminée conformément au § 3.5.2 devrait être à nouveau augmentée d'un pourcentage égal au nombre de degrés Celsius dont la température de référence de l'aérodrome excède la température en atmosphère type à l'altitude de l'aérodrome (voir Tableau 3-1). Toutefois, au cas où la correction totale d'altitude et de température serait supérieure à 35 %, il conviendrait de déterminer les corrections à appliquer au moyen d'une étude particulière. Les caractéristiques d'exploitation de certains avions peuvent montrer que ces corrections forfaitaires ne leur conviennent pas, et qu'il faudrait peut-être les modifier en fonction d'une étude aéronautique tenant compte des conditions existantes au lieu envisagé et des besoins de ces avions.

3.5.4 La température de référence de l'aérodrome est égale à la moyenne mensuelle de la température quotidienne moyenne du mois le plus chaud de l'année, majorée du tiers de la différence entre cette température et la moyenne mensuelle de la température quotidienne maximale pour le même mois.

$$\text{Température de référence d'aérodrome} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{3}$$

où

$T_1$  = moyenne mensuelle de la température quotidienne moyenne du mois le plus chaud, et

$T_2$  = moyenne mensuelle de la température quotidienne maximale pour le même mois.

Les valeurs de  $T_1$  et de  $T_2$  sont déterminées sur une période d'un certain nombre d'années. Quel que soit le jour, il est facile d'observer les températures maximale et minimale ( $t_2$  et  $t_1$ , respectivement).

$$\text{Température quotidienne moyenne} = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

Température quotidienne maximale =  $t_2$

Pour un mois de 30 jours, la moyenne mensuelle de la température quotidienne moyenne  $T_1$  est donc égale au 1/30<sup>e</sup> de la somme des trente valeurs de  $\frac{t_1 + t_2}{2}$  obtenues à raison d'une fois par jour, chaque jour du mois le plus chaud. De même, la moyenne mensuelle de la température quotidienne maximale  $T_2$  est égale au 1/30<sup>e</sup> de la somme des trente valeurs de  $t_2$  obtenues à raison d'une fois par jour, chaque jour du mois le plus chaud.

3.5.5 Lorsque la longueur de base déterminée par les spécifications de décollage est égale ou supérieure à 900 m, cette longueur devrait être à nouveau augmentée de 10 % par tranche de 1 % de la pente de piste telle qu'elle est définie au § 5.1.4.

**Tableau 3-1. Tableau des valeurs d'atmosphère type**

Altitude (m)	Température (centigrade)	Pression (kg/m <sup>3</sup> )
0	15,00	1,23
500	11,75	1,17
1 000	8,50	1,11
1 500	5,25	1,06
2 000	2,00	1,01
2 500	-1,25	0,96
3 000	-4,50	0,91
3 500	-7,75	0,86
4 000	-10,98	0,82
4 500	-14,23	0,78
5 000	-17,47	0,74
5 500	-20,72	0,70
6 000	-23,96	0,66

3.5.6 Aux aérodromes où la température et l'humidité sont toutes deux élevées, il peut être nécessaire de majorer la longueur des pistes, déterminée comme il est indiqué au § 3.5.5, mais il est impossible de préciser ici la valeur de cette augmentation.

#### **Exemples de l'application des corrections de longueur de piste**

3.5.7 Les exemples suivants illustrent l'application des corrections de longueur de piste.

##### **Exemple n° 1 :**

- a) Données :
- |  |           |
|--|-----------|
| 1) longueur de piste nécessaire pour atterrir au niveau de la mer en atmosphère type                         | 2 100 m   |
| 2) longueur de piste nécessaire pour décoller d'une piste horizontale au niveau de la mer en atmosphère type | 1 700 m   |
| 3) altitude de l'aérodrome   | 150 m     |
| 4) température de référence de l'aérodrome   | 24 °C     |
| 5) température à 150 m en atmosphère type  | 14,025 °C |
| 6) pente de la piste   | 0,5 %     |

b) Corrections de la longueur de piste pour le décollage :

1) longueur de piste pour le décollage avec correction d'altitude =

$$\left[ 1\ 700 \times 0,07 \times \frac{150}{300} \right] + 1700 = 1\ 760 \text{ m}$$

2) longueur de piste pour le décollage avec correction d'altitude et de température =

$$[1\ 760 \times (24 - 14,025) \times 0,01] + 1760 = 1\ 936 \text{ m}$$

3) longueur de piste pour le décollage avec correction d'altitude et de température =

$$[1\ 936 \times 0,5 \times 0,10] + 1936 = 2\ 033 \text{ m}$$

c) Correction de la longueur de piste pour l'atterrissement :

longueur de piste pour l'atterrissement avec correction d'altitude =

$$\left[ 2\ 100 \times 0,07 \times \frac{150}{300} \right] + 2\ 100 = 2\ 174 \text{ m}$$

d) Longueur réelle de la piste = 2 175 m

### Exemple n° 2 :

a) Données :

1) Longueur de piste nécessaire pour atterrir au niveau de la mer en atmosphère type 2 100 m

2) longueur de piste nécessaire pour décoller d'un terrain horizontal au niveau de la mer en atmosphère type 2 500 m

3) altitude de l'aérodrome 150 m

4) température de référence de l'aérodrome 24 °C

5) température à 150 m en atmosphère type 14,025 °C

6) pente de la piste 0,5 %

b) Correction de la longueur de piste pour le décollage :

- 1) longueur de piste pour le décollage avec  
correction d'altitude =

$$\left[ 2\ 500 \times 0,07 \times \frac{150}{300} \right] + 2\ 500 = \quad 2\ 588 \text{ m}$$

- 2) longueur de piste pour le décollage avec  
correction d'altitude et de température =

$$[2\ 588 \times (24 - 14,025) \times 0,01] + 2\ 588 = \quad 2\ 846 \text{ m}$$

- 3) longueur de piste pour le décollage avec  
correction d'altitude, de température et de pente =

$$[2\ 846 \times 0,5 \times 0,10] + 2\ 846 = \quad 2\ 988 \text{ m}$$

c) Correction de la longueur de piste pour l'atterrissement :

longueur de piste pour l'atterrissement avec correction d'altitude =

$$\begin{aligned} & [2\ 100 \times 0,07 \times \frac{150}{300}] + 2\ 100 = \\ & = \quad 2\ 174 \text{ m} \end{aligned} \quad \left[ 2\ 100 \times 0,07 \times \frac{150}{300} \right] + 2\ 100$$

d) Longueur réelle de la piste = 2 988 m

# Chapitre 4

## PARAMÈTRES DE PERFORMANCES DES AVIONS INFLUANT SUR LA LONGUEUR DE PISTE

### 4.1 TERMES OPÉRATIONNELS

Avant d'analyser la relation entre les paramètres de performances des avions et les spécifications de longueur des pistes, il faut d'abord expliquer les termes opérationnels suivants :

- a) *La vitesse de décision ( $V_1$ )* est la vitesse choisie par l'exploitant à laquelle 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. Si la défaillance de moteur se produit avant que le point critique soit atteint, le pilote doit immobiliser son avion ; si elle se produit après le point critique, le pilote doit poursuivre le décollage. La vitesse critique est en général choisie inférieure ou, au plus, égale à la vitesse de sécurité au décollage ( $V_2$ ) ; d'autre part, elle doit être supérieure à la plus faible vitesse à laquelle l'aéronef reste manœuvrable au sol ou près du sol en cas de défaillance du moteur critique ; cette vitesse peut être indiquée dans le manuel de vol de l'avion.
- b) *La vitesse de sécurité au décollage ( $V_2$ )* est la vitesse minimale à laquelle un pilote est autorisé à effectuer la montée après avoir atteint une hauteur de 10,7 m (35 ft) au-dessus de la surface de décollage de manière à maintenir la pente minimale de montée spécifiée au cours d'un décollage avec un moteur hors de fonctionnement.
- c) *La vitesse de cabrage ( $V_R$ )* est la vitesse à laquelle le pilote amorce le cabrage de l'avion pour permettre le relevage de l'atterrisseur avant.
- d) *La vitesse de décollage ( $V_{LOF}$ )*, exprimée sous forme de vitesse corrigée, est la vitesse à laquelle l'avion quitte le sol.

### 4.2 SPÉCIFICATION DE DISTANCE DE DÉCOLLAGE

4.2.1 Les limites d'emploi relatives aux performances des avions nécessitent d'aménager une longueur suffisante pour permettre, une fois le décollage commencé, soit d'immobiliser l'avion, soit de poursuivre le décollage, avec sécurité. Pour les besoins des calculs, on suppose que les longueurs de piste, de prolongement d'arrêt et de prolongement dégagé aménagées sur l'aérodrome sont tout juste suffisantes pour l'avion qui a besoin de la plus grande distance de décollage et de la plus grande distance accélération-arrêt, compte tenu de sa masse au décollage, des caractéristiques de la piste et des conditions atmosphériques ambiantes. Dans ces conditions, il y a, pour chaque décollage, une vitesse appelée vitesse décision ( $V_1$ ) ; au-dessous de cette vitesse, en cas de panne de moteur, il faut interrompre le décollage, tandis qu'au-dessus de cette vitesse le décollage doit être poursuivi. La poursuite du décollage nécessitera une distance de roulement au décollage et une distance de décollage très grandes si une panne de moteur se produit avant que ne soit atteinte la vitesse de décision, à cause de la vitesse insuffisante et de la puissance réduite disponible. Il ne serait pas difficile d'arrêter l'avion dans les limites de la distance restante utilisable pour l'accélération-

arrêt, à condition que les mesures nécessaires soient prises immédiatement. Dans ce cas, la décision correcte serait d'interrompre le décollage.

4.2.2 D'autre part, si la panne de moteur se produit après que la vitesse de décision a été atteinte, l'avion aura acquis une vitesse et une puissance suffisantes pour continuer le décollage avec sécurité dans les limites de la distance de décollage utilisable restante. Toutefois, à cause de la vitesse élevée, il y aurait des difficultés à immobiliser l'avion dans les limites de la distance accélération-arrêt utilisable restante.

4.2.3 La vitesse de décision n'est une vitesse fixe pour aucun avion mais peut être choisie par le pilote à l'intérieur de limites compatibles avec les valeurs utilisables de la distance accélération-arrêt et de la distance de décollage, la masse de l'avion au décollage, les caractéristiques de la piste et les conditions atmosphériques ambiantes sur l'aérodrome. Normalement, une plus grande vitesse de décision est choisie lorsque la distance accélération-arrêt utilisable est plus grande.

4.2.4 Il est possible d'obtenir une variété de combinaisons distance accélération-arrêt nécessaire/ distance de décollage nécessaire pour répondre aux besoins d'un avion déterminé, compte tenu de sa masse au décollage, des caractéristiques de la piste et des conditions atmosphériques ambiantes. À chacune de ces combinaisons correspond une distance de roulement au décollage déterminée.

4.2.5 Le cas le plus fréquent est celui où la vitesse de décision est telle que la distance de décollage nécessaire et la distance accélération-arrêt nécessaire sont égales ; leur valeur commune est appelée longueur de piste équivalente. Lorsqu'il n'y a pas de prolongement d'arrêt ni de prolongement dégagé, ces distances sont toutes deux égales à la longueur de la piste. Cependant, si l'on fait pour le moment abstraction de la distance d'atterrissage, la piste ne doit pas constituer essentiellement la totalité de la longueur de piste équivalente, la distance de roulement nécessaire au décollage étant, bien entendu, inférieure à la longueur de piste équivalente. Celle-ci peut être par conséquent réalisée par une piste augmentée d'une longueur égale de prolongement dégagé et de prolongement d'arrêt au lieu d'être constituée par la totalité de la piste. Si une piste est utilisée pour le décollage dans les deux sens, il faudra aménager, à ses deux extrémités, des prolongements d'arrêt et des prolongements dégagés de même longueur. L'économie dans la longueur de piste est donc réalisée au prix d'une plus grande longueur totale.

4.2.6 Lorsqu'il est impossible pour des raisons d'ordre économique d'aménager un prolongement d'arrêt et que par suite seuls une piste et un prolongement dégagé doivent être aménagés, la longueur de piste (abstraction faite des besoins de l'atterrissage) devrait être égale à la distance accélération-arrêt nécessaire, ou à la longueur de roulement nécessaire au décollage, si celle-ci est plus grande. La distance utilisable au décollage sera égale à la somme de la longueur de la piste et de la longueur du prolongement dégagé.

4.2.7 On pourra déterminer comme il est indiqué ci-après la longueur minimale de piste et la longueur maximale de prolongement d'arrêt ou de prolongement dégagé qu'il faut aménager, en utilisant les données du manuel de vol de l'avion considérées comme critiques du point de vue des longueurs de piste nécessaires :

- a) s'il est possible, sur le plan économique, d'aménager un prolongement d'arrêt, les longueurs à prévoir correspondent à la longueur de piste équivalente. La longueur de piste est la plus grande des deux distances suivantes : distance de roulement au décollage ou distance d'atterrissage nécessaire. Si la distance accélération-arrêt nécessaire est plus grande que la longueur de piste ainsi déterminée, l'excédent peut être assuré par un prolongement d'arrêt, généralement à chaque extrémité de la piste. Il faut en outre aménager un prolongement dégagé de même longueur que le prolongement d'arrêt ;
- b) s'il n'est pas question d'aménager un prolongement d'arrêt, la longueur de piste est la distance d'atterrissage nécessaire ou la distance accélération-arrêt nécessaire, si celle-ci est plus grande, correspondant à la plus faible valeur possible de la vitesse de décision. L'excédent, par rapport à la longueur de la piste, de la distance de décollage peut être fourni par un prolongement dégagé, généralement à chaque extrémité de la piste.

4.2.8 Outre les considérations ci-dessus, le concept du prolongement dégagé peut s'appliquer, dans certains cas, à une situation dans laquelle la distance de décollage nécessaire avec tous les moteurs en fonctionnement dépasse la distance nécessaire avec un moteur hors de fonctionnement.

4.2.9 L'économie permise par un prolongement d'arrêt peut être complètement perdue si, chaque fois qu'il a été utilisé, le prolongement d'arrêt doit être à nouveau nivelé et compacté. Par conséquent, le prolongement d'arrêt devrait être aménagé de façon à pouvoir supporter un nombre minimal d'applications de la charge correspondant à l'avion auquel ce prolongement est destiné sans qu'il en résulte de dommages pour la structure de l'avion.

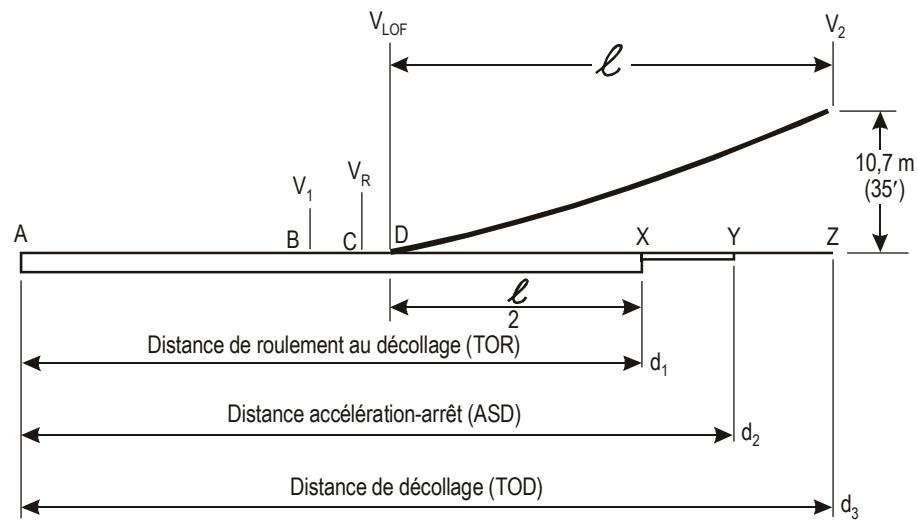
4.2.10 Schématiquement [Figure 4-1 a)], l'avion étant à l'extrémité A de la piste, le pilote entreprend le décollage, l'avion accélère et s'approche de la vitesse de décision ( $V_1$ ) au point B. Un moteur subit une défaillance instantanée et totale qui est décelée par le pilote au moment où la vitesse de décision ( $V_1$ ) est atteinte. Le pilote peut alors :

- a) soit freiner jusqu'à l'arrêt de l'avion en un point Y (distance accélération-arrêt) ;
- b) soit continuer à accélérer jusqu'à la vitesse de cabrage ( $V_R$ ) en un point C où l'avion se cabre et décolle à la vitesse de décollage ( $V_{LOF}$ ) en un point D, après quoi il atteint l'extrémité de la distance de roulement au décollage (point X) et continue jusqu'à la hauteur de 10,7 m (35 ft) à l'extrémité de la distance de décollage (point Z).

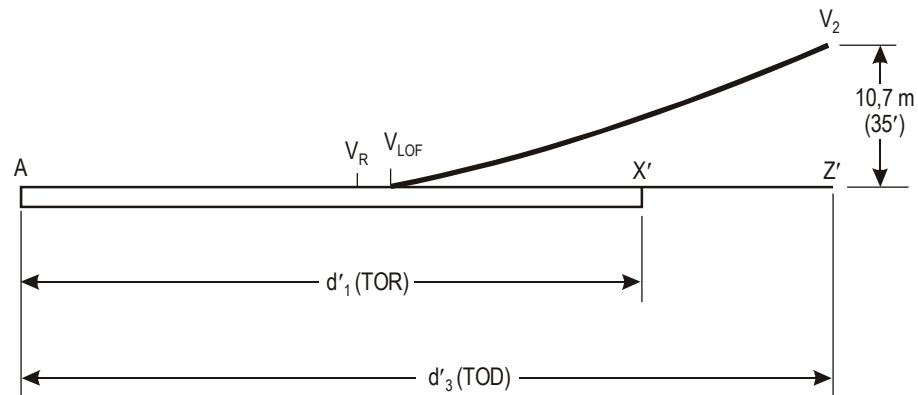
4.2.11 La Figure 4-1 b) illustre un cas normal d'envol avec tous les moteurs en fonctionnement où  $d'_1$  et  $d'_3$  sont les mêmes que  $d_1$  et  $d_3$ , sur la Figure 4-1 a).

4.2.12 La distance de décollage et la distance accélération-arrêt avec un moteur hors de fonctionnement varient selon le choix de la vitesse de décision ( $V_1$ ). Si la vitesse de décision diminue, la distance jusqu'au point B [Figure 4-1 a)] diminue, ainsi que la distance accélération-arrêt ; mais la distance de roulement au décollage et la distance de décollage augmentent du fait qu'une plus grande partie du décollage est effectuée avec un moteur hors de fonctionnement. La Figure 4-2 illustre les relations probables entre la distance accélération-arrêt, la distance de décollage et la distance de roulement au décollage par rapport aux variations de la vitesse de décision ( $V_1$ ) dans les limites indiquées au § 4.1.1.

4.2.13 Les caractéristiques de performances au décollage d'un avion donné n'engloberont pas nécessairement la gamme des vitesses de décision indiquées sur la Figure 4-2. Il arrive plutôt, dans certains cas, qu'un aéronef soit restreint à l'intérieur d'une des aires indiquées par les crochets a, b, ou c. Dans le cas illustré en a), la distance de décollage avec un moteur hors de fonctionnement est le facteur critique. La vitesse  $V_1$  (point 1) devra logiquement être choisie de manière à être égale à la vitesse  $V_2$  ou  $V_R$  selon les caractéristiques de décollage de l'avion considéré. Dans le cas illustré en b), c'est la distance accélération-arrêt qui est critique à la vitesse  $V_2$  et aux vitesses inférieures jusqu'au point où la manœuvrabilité de l'avion au sol peut devenir critique. Il est logique de choisir une valeur de la vitesse  $V_1$  aussi faible que possible (point 2). Dans le cas illustré en c), qui est le cas plus général, c'est la distance accélération-arrêt qui est critique aux vitesses  $V_1$  proches de la vitesse  $V_2$  et la distance de décollage qui est critique aux vitesses proches de la vitesse optimale, c'est-à-dire la vitesse à laquelle les deux distances sont égales (point 3). Lorsque la distance de décollage avec tous les moteurs en fonctionnement est critique dans un ou plusieurs des cas mentionnés, la gamme des vitesses  $V_1$  possibles est sensiblement plus grande, cette distance étant indépendante de la vitesse  $V_1$ .



a) Moteur critique hors de fonctionnement



b) Tous moteurs en fonctionnement

Figure 4-1.

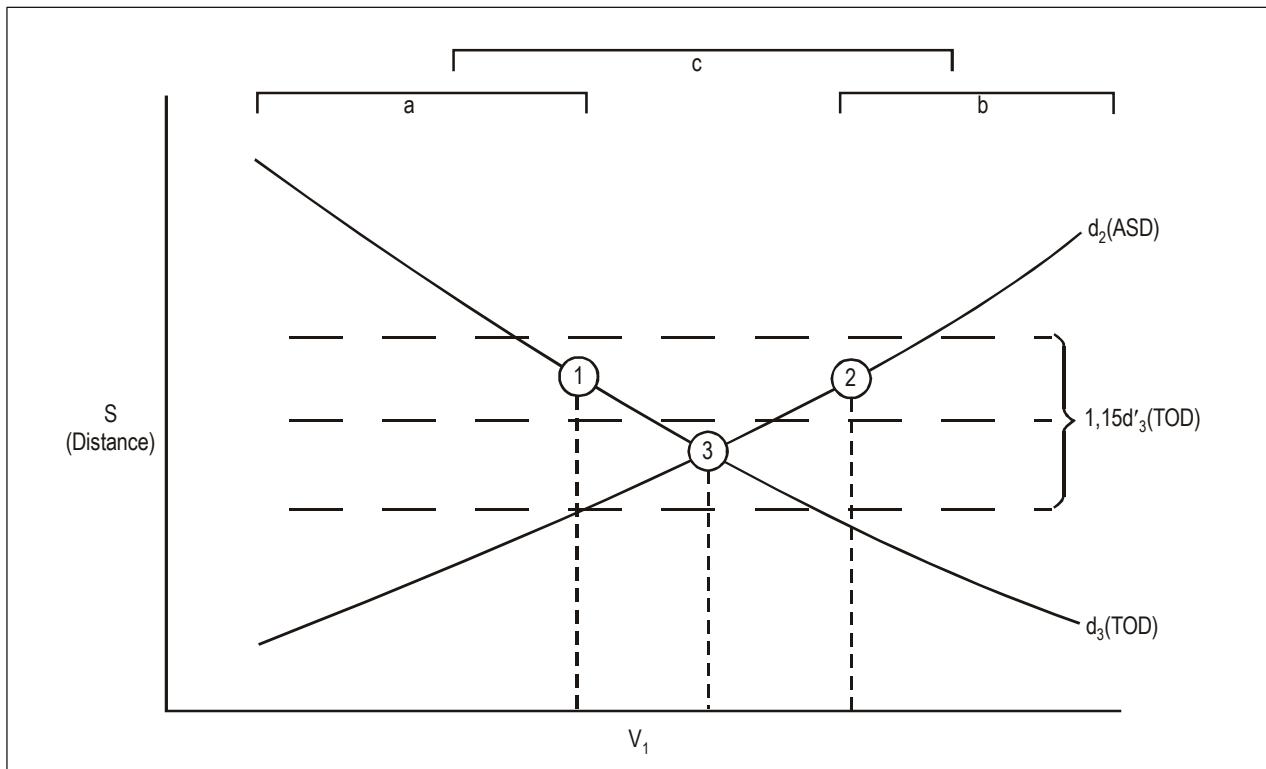


Figure 4-2.

4.2.14 On peut voir que la longueur totale nécessaire est minimale dans le cas de la vitesse de décision optimale ( $V_1$ ), ce qui est vrai dans tous les cas. On donnera donc normalement à la piste cette longueur. Toutefois, la partie de la distance accélération-arrêt au-delà de la distance de roulement au décollage (segment B de la Figure 4-3) ne sera utilisée que très rarement et, de ce fait, pourra être construite de façon plus économique que la partie A exigée pour la distance de roulement au décollage, c'est-à-dire : la piste elle-même. En outre, pendant le décollage, la longueur BC est survolée pendant la montée initiale à la hauteur spécifiée dans l'Annexe 6 et ne supportera pas l'avion. En conséquence, il suffit qu'elle soit dégagée d'obstacles.

4.2.15 Dans certains cas, la construction de pistes présentant des surfaces telles que des prolongements d'arrêt et des prolongements dégagés peut se révéler plus intéressante que la construction de pistes classiques. Le choix, soit d'une solution à piste classique, soit d'un de ces ensembles, dépendra la plupart du temps de conditions physiques et économiques locales : dimensions et dégagements de l'emplacement, caractéristiques du sol, facilité des acquisitions de terrain, perspectives d'extension ultérieure, nature et prix des matériaux disponibles, temps nécessaire pour effectuer les travaux, niveau admissible des dépenses d'entretien, etc. En particulier, la construction de prolongements d'arrêt à chaque extrémité de la piste (puisque il y a deux sens de décollage) pourra être souvent une première étape peu coûteuse de l'allongement d'une piste existante. Les prolongements d'arrêt, qui ne sont pas utilisés à l'atterrissage et sur lesquels l'avion ne s'engage au décollage qu'exceptionnellement, peuvent en effet être réalisés souvent sans dépenses importantes et, au point de vue de l'exploitation, leur construction équivaut, pour les avions, à un allongement de la piste.

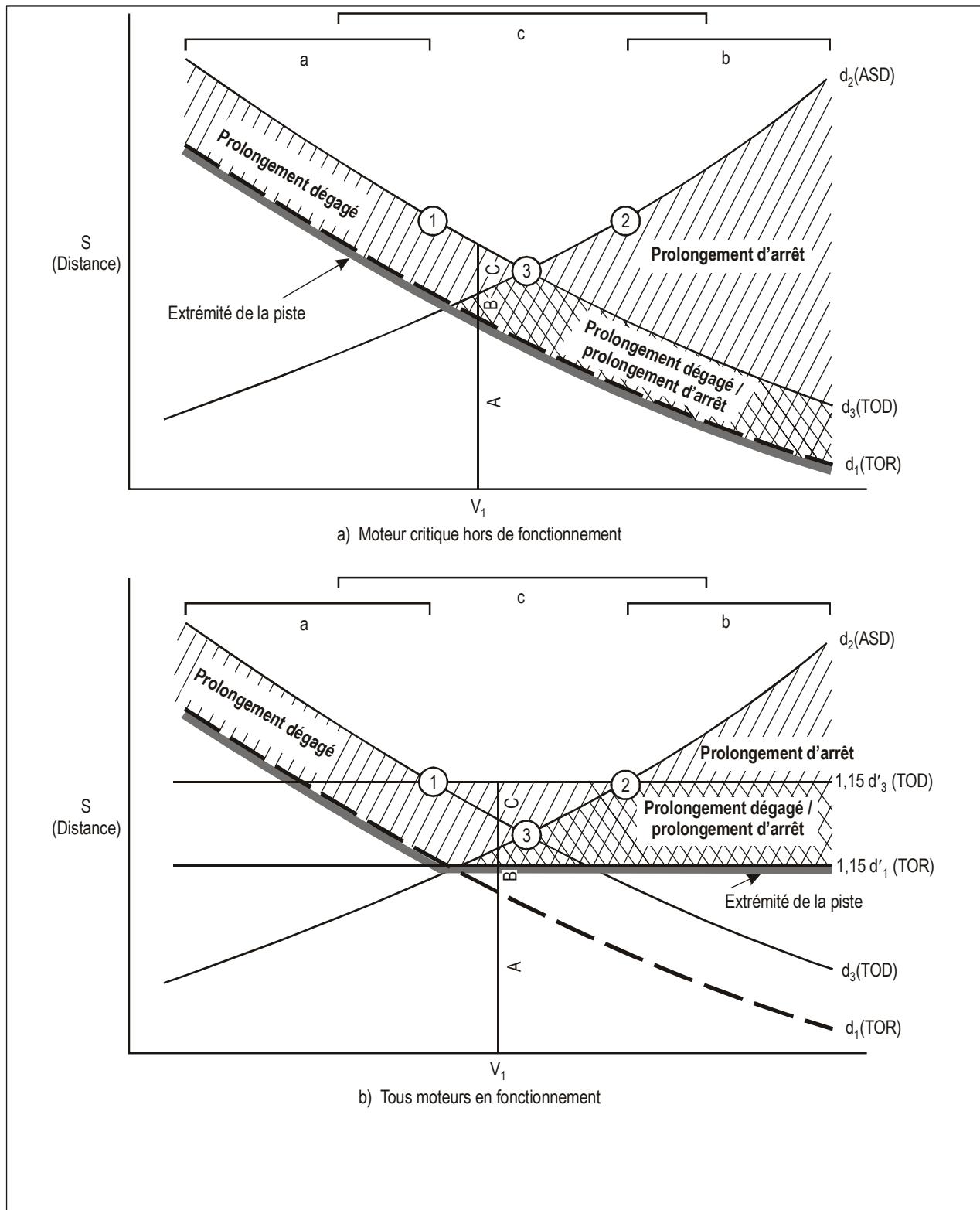


Figure 4-3.

4.2.16 Pour choisir entre la solution d'une piste non classique et celle d'une piste classique, il est nécessaire de déterminer les longueurs relatives du prolongement dégagé et, éventuellement du prolongement dégagé/prolongement d'arrêt qui peuvent être aménagés. La Figure 4-3 indique de quelle manière on peut procéder pour un avion déterminé et dans des conditions données d'altitude, de température, de masse au décollage, etc. Comme il est indiqué plus haut, la distance de roulement au décollage, la distance de décollage et la distance accélération-arrêt, pour un avion déterminé, dépendent du choix de la vitesse de décision  $V_1$ . Dans un certain domaine (comme il est indiqué au § 4.1.1), on peut choisir n'importe quelle valeur de  $V_1$  et, par conséquent, plusieurs combinaisons de piste, de prolongement d'arrêt et de prolongement dégagé sont possibles. Les spécifications minimales relatives à la conception d'une piste non classique comprendront normalement une piste et un prolongement dégagé, ou une piste et une combinaison prolongement dégagé/prolongement d'arrêt, selon les vitesses  $V_1$  utilisées. Ceci est illustré à la Figure 4-3.

4.2.17 La Figure 4-4 montre la transformation d'une piste classique en une piste non classique pour répondre à une augmentation de la masse de l'avion critique. Dans la Figure 4-4 (a), l'avion critique utilise la vitesse  $V_1$  optimale au point 3, à la masse  $W_0$ , sur la piste existante. Avec la nouvelle masse augmentée  $W_1$ , la vitesse  $V_1$  optimale subit une légère augmentation pour atteindre le point 3'. L'augmentation de masse est limitée à celle qui se traduit par une distance de roulement au décollage ( $d_1$ ) égale à la longueur de piste. La distance de décollage supplémentaire et la distance accélération-arrêt supplémentaire peuvent être compensées par une combinaison prolongement dégagé/prolongement d'arrêt. La Figure 4-4 b) fait intervenir deux cas. Dans le premier cas l'avion atteint la vitesse  $V_1$  au point 1. La nouvelle vitesse  $V_1$ , au point 1' serait plus élevée si la vitesse de montée initiale ( $V_2$ ) augmentait par suite du changement de masse. L'augmentation de masse se limite à celle qui se traduirait par une longueur de roulement au décollage ( $d_1$ ), à la masse  $W_1$ , égale à la distance de décollage ( $d_3$ ), à la masse  $W_0$ . L'augmentation de la distance de décollage peut être compensée par un prolongement dégagé. Dans le second cas, l'avion atteint la vitesse  $V_1$  au point 2. La vitesse  $V_1$ , au point 2' serait probablement la même. L'augmentation de masse serait limitée par l'accroissement de la distance de décollage  $d_3$ , à la masse  $W_1$ , s'il n'était pas prévu d'aménager un prolongement dégagé. L'augmentation de la distance accélération-arrêt peut être compensée par un prolongement d'arrêt. Il convient de noter que toute nouvelle augmentation de la masse nécessiterait l'utilisation d'une combinaison prolongement dégagé/prolongement d'arrêt. L'effet produit dans le cas où tous les moteurs sont en fonctionnement peut être facilement observé par une comparaison des Figures 4-3 a) et b). Des valeurs plus faibles de  $V_1$  ne présentent pas d'intérêt étant donné qu'elles se traduirraient par une augmentation à la fois de la distance de roulement au décollage et de la distance de décollage.

4.2.18 La longueur de piste déterminée à l'aide des diagrammes de performances de décollage est la plus grande des deux longueurs suivantes :

- a) la longueur de piste équivalente, c'est-à-dire la longueur de piste nécessaire lorsque la distance de décollage avec un moteur hors de fonctionnement est égale à la distance accélération-arrêt ; ou
- b) 115 % de la distance de décollage avec tous les moteurs de fonctionnement.

### 4.3 SPÉCIFICATION DE DISTANCE D'ATTERRISSAGE

Quoique les distances d'atterrissement ne soient ordinairement pas critiques, il faudrait se référer aux diagrammes de performances à l'atterrissement des avions pour s'assurer que les spécifications relatives à la distance de décollage garantissent une distance suffisante pour l'atterrissement. En général, la distance d'atterrissement est déterminée de façon qu'après avoir franchi avec une marge suffisante tous les obstacles situés le long de la trajectoire d'approche un avion puisse atterrir et s'immobiliser avec sécurité. Il sera tenu compte des variations prévues dans les techniques d'approche et d'atterrissement s'il n'a pas été tenu compte de ces variations dans la détermination des données de performances consignées dans le manuel de vol. La longueur de la piste déterminée d'après le diagramme de performances d'atterrissement est égale à la distance d'atterrissement de l'avion divisée par 0,6. Lorsque la longueur de piste nécessaire pour l'atterrissement est supérieure à la longueur de roulement au décollage, c'est la longueur nécessaire pour l'atterrissement qui déterminera la longueur minimale de piste requise.

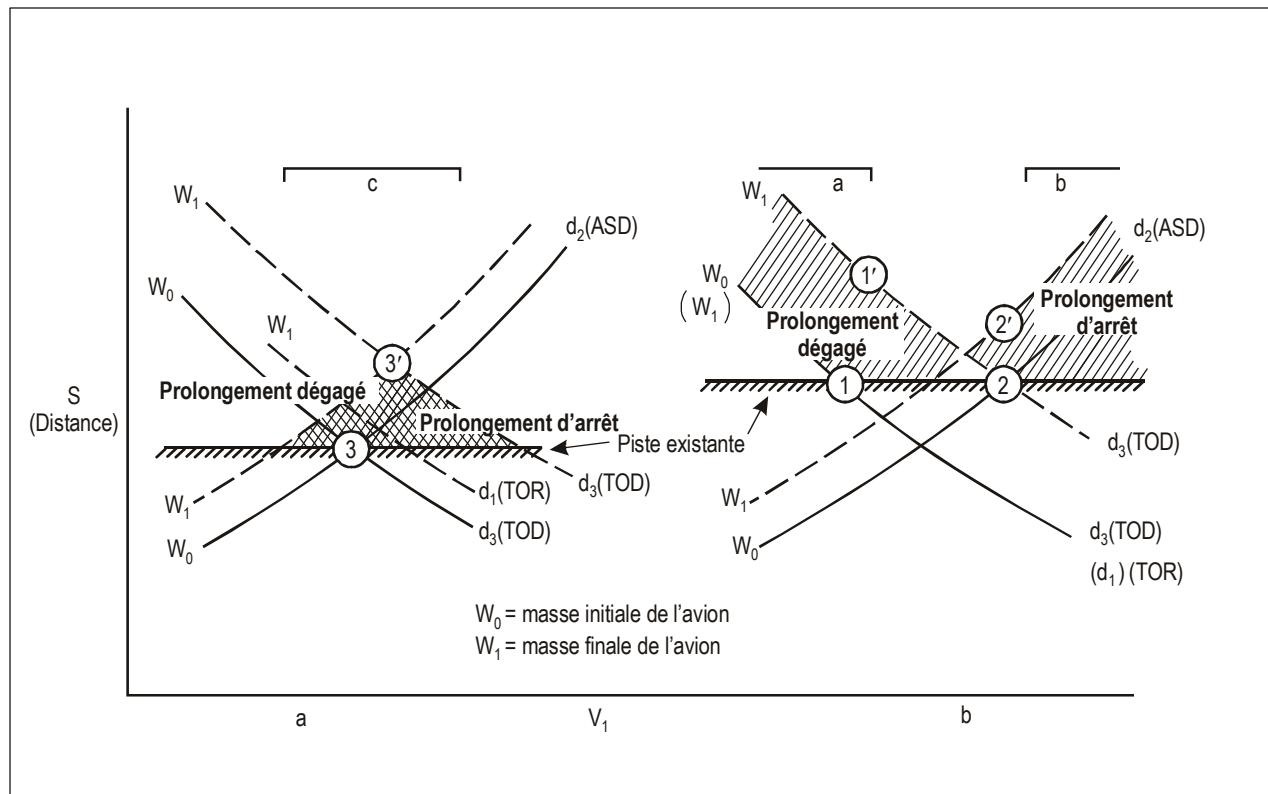


Figure 4-4.

# Chapitre 5

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

### 5.1 PISTES

#### Largeur

5.1.1 Le paramètre principal pour déterminer la largeur d'une piste est l'OMGWS de l'avion auquel la piste est destinée. La largeur de piste ne devrait pas être inférieure à la dimension spécifiée dans le Tableau 5-1.

5.1.2 Les largeurs de piste indiquées dans le Tableau 5-1 sont les largeurs minimales jugées nécessaires pour garantir la sécurité de l'exploitation. Les facteurs ayant une incidence sur la largeur des pistes sont les suivants :

- a) écart de l'avion par rapport à l'axe de piste au toucher des roues ;
- b) vent traversier ;
- c) contamination de la surface de la piste (p. ex. pluie, neige, neige fondante ou givre) ;
- d) résidus de caoutchouc ;
- e) approches en crabe par vent traversier ;
- f) vitesses d'approche ;
- g) visibilité ;
- h) facteurs humains.

Tableau 5-1. Largeurs de piste

Chiffre de code	Largeur hors tout du train principal (OMGWS)			
	Moins de 4,5 m	de 4,5 m à 6 m exclus	de 6 m à 9 m exclus	de 9 m à 15 m exclus
1 <sup>a</sup>	18 m	18 m	23 m	—
2 <sup>a</sup>	23 m	23 m	30 m	—
3	30 m	30 m	30 m	45 m
4	—	—	45 m	45 m

a. La largeur d'une piste avec approche de précision ne devrait pas être inférieure à 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

5.1.3 Les essais sur simulateur pour étudier les décollages interrompus sur des pistes contaminées avec un moteur en panne et par vent traversier, ainsi que les observations établies à de nombreux aéroports font apparaître que la largeur de piste spécifiée pour chaque code de référence d'aérodrome est nécessaire à l'exploitation. Si l'on prévoit d'utiliser des pistes d'une largeur inférieure aux valeurs spécifiées ci-dessus, il faut en étudier les conséquences sur la sécurité, l'efficacité et la régularité des vols, ainsi que sur la capacité des aéroports.

### **Pentes longitudinales**

5.1.4 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 devrait pas dépasser :

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

5.1.5 Aucune portion de piste ne devrait présenter une pente longitudinale dépassant :

- a) 1,25 % lorsque le chiffre de code est 4 ; toutefois, sur les premier et dernier quarts de la longueur de la piste, la pente longitudinale ne devrait pas dépasser 0,8 % ;
- b) 1,5 % lorsque le chiffre de code est 3 ; toutefois, sur les premier et dernier quarts de la longueur d'une piste avec approche de précision de catégorie II ou de catégorie III, la pente longitudinale ne devrait pas dépasser 0,8 % ;
- c) 2 % lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

### **Changements de pente longitudinale**

5.1.6 Lorsqu'il est impossible d'éviter les changements de pente longitudinale, le changement de pente entre deux pentes consécutives ne devrait jamais excéder :

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

5.1.7 Le passage d'une pente à une autre devrait être réalisé par des courbes de raccordement le long desquelles la pente ne varie pas de plus de :

- a) 0,1 % par 30 m (rayon de courbure minimal de 30 000 m) lorsque le chiffre de code 4 ;
- b) 0,2 % par 30 m (rayon de courbure minimal de 15 000 m) lorsque le chiffre de code est 3 ;
- c) 0,4 % par 30 m (rayon de courbure minimal de 7 500 m) lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

**Distance de visibilité**

5.1.8 Lorsqu'ils sont inévitables, les changements de pente longitudinale devraient être tels que :

- a) lorsque la lettre de code est C, D ou E, tout point situé à 3 m au-dessus d'une piste soit visible de tout autre point situé également à 3 m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste ;
- b) lorsque la lettre de code est B, tout point situé à 2 m au-dessus d'une piste soit visible de tout autre point situé également à 2 m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste ;
- c) lorsque la lettre de code est A, tout point situé à 1,5 m au-dessus d'une piste soit visible de tout autre point situé également à 1,5 m au-dessus de la piste jusqu'à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste.

5.1.9 Il faudra veiller à assurer un champ visuel non obstrué sur toute la longueur d'une piste pour laquelle aucune voie de circulation parallèle de longueur réglementaire n'est disponible. Lorsqu'il existe des pistes sécantes, des critères supplémentaires pour le champ visuel de la zone d'intersection devront être introduits pour assurer la sécurité de l'exploitation. Il est recommandé que le champ visuel entre les extrémités des pistes sécantes soit dégagé. Le terrain doit être nivelé et comme le prévoit le § 3.1.17 de l'Annexe 14, Volume I, les objets inamovibles doivent être placés de manière à ne pas obstruer le champ visuel d'un point quelconque à tout autre point correspondant au-dessus d'un axe de piste sécante, à l'intérieur de la zone de visibilité de la piste. La zone de visibilité de la piste est une zone délimitée par des lignes imaginaires reliant les deux points de visibilité des pistes, comme le montre la Figure 5-1. L'emplacement de chaque point de visibilité est déterminé comme suit :

- a) si la distance à partir de l'intersection de deux axes de piste jusqu'à l'extrémité d'une piste est inférieure ou égale à 250 m, le point de visibilité se situe sur l'axe de piste de l'extrémité de la piste ;
- b) si la distance à partir de l'intersection des deux axes de piste jusqu'à une extrémité de piste est comprise entre 250 et 500 m, le point de visibilité se situe sur l'axe de piste à 250 m de l'intersection des deux axes de piste ;
- c) si la distance entre l'intersection des deux axes de piste jusqu'à une extrémité de piste est égale ou supérieure à 500 m, le point de visibilité se situe sur l'axe de piste à mi-chemin entre l'extrémité de piste et l'intersection des axes de piste.

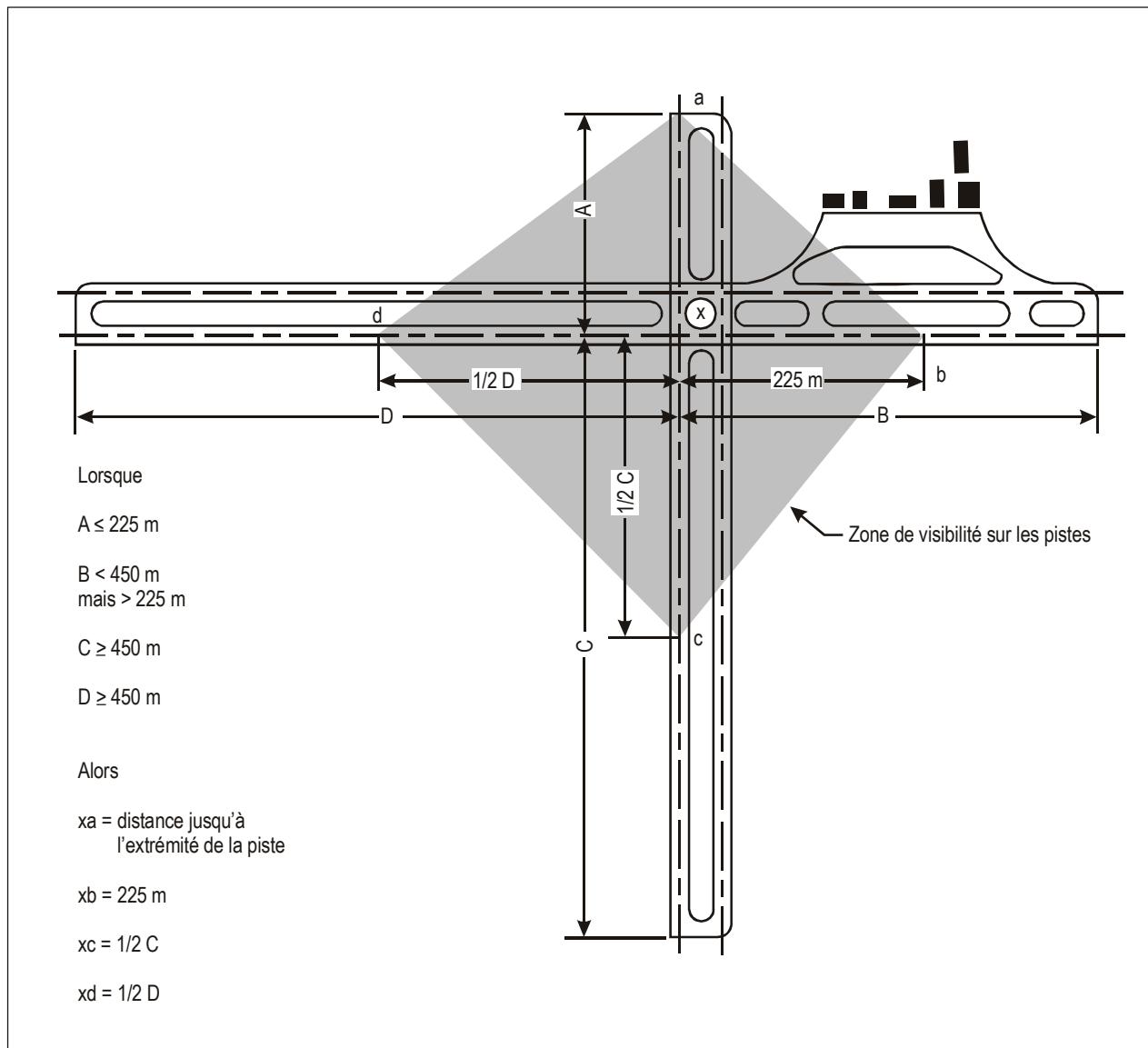


Figure 5-1. Zone de visibilité sur les pistes

#### Distance entre changements de pente

5.1.10 Les ondulations et les changements de pente marqués et rapprochés le long d'une piste sont à éviter. La distance entre les points d'intersection de deux courbes successives ne devrait pas être inférieure à la plus grande des valeurs suivantes :

- produit de la somme des valeurs absolues des changements de pente correspondants par la longueur appropriée ci-après :
  - 30 000 m lorsque le chiffre de code est 4 ;

- 2) 15 000 m lorsque le chiffre de code est 3 ;  
 3) 5 000 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 ;  
 b) 45 m.

5.1.11 L'exemple suivant illustre la façon dont il faut déterminer la distance entre changements de pente (voir Figure 5-2) :

Pour une piste dont le chiffre de code est 3, D ne devrait pas être inférieur à :

$$15\,000 [|x-y| + |y-z|] \text{ m}$$

$|x-y|$  désignant la valeur absolue de  $x-y$

$|y-z|$  désignant la valeur absolue de  $y-z$

Si l'on suppose que     $x = +0,01$   
                         $y = -0,005$   
                         $z = +0,005$

$$\text{on a } |x-y| = 0,015$$

$$|y-z| = 0,01$$

Pour être conforme aux spécifications, D ne devrait pas être inférieur à :

$$15\,000 (0,015 + 0,01) \text{ m},$$

à savoir,  $15\,000 \times 0,025 = 375 \text{ m}$

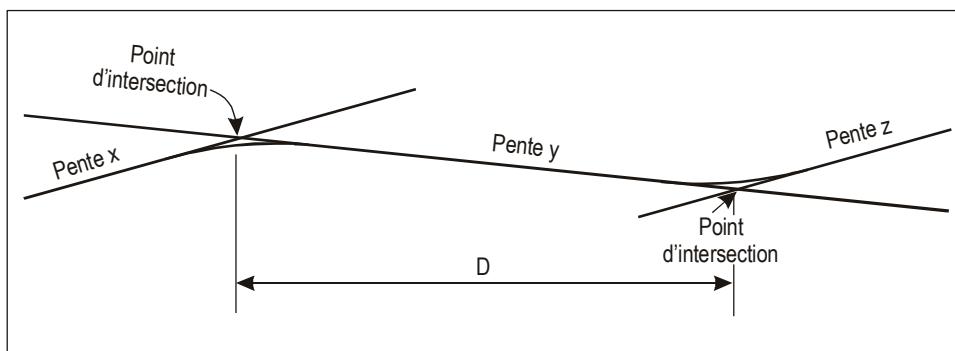


Figure 5-2. Profil de l'axe de piste

### Pentes transversales

5.1.12 Pour assurer un assèchement aussi rapide que possible, la surface de la piste devrait, si possible, être bombée, sauf dans le cas où les vents de pluie les plus fréquents souffleraient transversalement et où une pente uniforme descendante dans le sens du vent permettrait un assèchement rapide. L'idéal serait que la pente transversale soit de :

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

mais elle ne devrait en aucun cas être supérieure à 1,5 % ou 2 %, selon le cas, ni inférieure à 1 %, sauf aux intersections des pistes ou des voies de circulation, auxquelles des pentes moins prononcées peuvent être nécessaires. Dans le cas d'une surface bombée, les pentes transversales devraient être symétriques de part et d'autre de l'axe de piste. Sur les pistes mouillées, exposées à des vents traversiers, le problème de l'hydroplanage dû à un mauvais écoulement des eaux risque d'être aggravé.

5.1.13 La pente transversale devrait être sensiblement la même tout le long d'une piste, sauf aux intersections avec une autre piste ou avec une voie de circulation, où il conviendra d'assurer une transition régulière, compte tenu de la nécessité d'un bon écoulement des eaux. La 3<sup>e</sup> Partie — *Chaussées du Manuel de conception des aérodromes* (Doc 9157) contient des éléments indicatifs supplémentaires concernant les pentes transversales.

### Pentes combinées

5.1.14 Lorsqu'il est envisagé de construire une piste qui combinera les valeurs extrêmes autorisées pour les pentes et changements de pente, il convient de procéder à une étude en vue d'assurer que le profil de surface qui en résultera ne nuira pas à l'exploitation des avions.

### Résistance

5.1.15 Une piste devrait pouvoir supporter la circulation des avions auxquels elle est destinée. On trouvera dans le *Manuel de conception des aérodromes*, 3<sup>e</sup> Partie, les détails des méthodes de conception des chaussées.

### Surface

5.1.16 La surface d'une piste sera exempte d'irrégularités qui auraient pour effet de réduire l'efficacité du freinage ou de nuire de toute autre manière au décollage ou à l'atterrissement d'un avion. Les irrégularités de surface peuvent nuire au décollage ou à l'atterrissement d'un avion en provoquant des cahots, un tangage ou des vibrations excessifs, ou d'autres difficultés dans la conduite de l'avion. Des éléments indicatifs supplémentaires figurent dans le *Manuel de conception des aérodromes*, 3<sup>e</sup> Partie.

5.1.17 Lors de l'adoption de marges de tolérances pour les irrégularités de la surface des pistes, la norme de construction ci-après est applicable sur de courtes distances de l'ordre de 3 m, et elle est conforme à une technique rationnelle :

Excepté à l'endroit de la crête d'un bombement ou à l'endroit des caniveaux d'assèchement, la surface de la couche portante doit présenter, une fois finie, une planéité telle qu'en posant une règle à araser de 3 m, en un point quelconque et dans n'importe quel sens, il n'existe, en aucun point un écart supérieur à 3 mm entre le bord inférieur de la règle et la surface de la chaussée.

5.1.18 L'installation de feux de piste encastrés ou de grilles d'écoulement à la surface des pistes doit être effectuée avec précaution de manière à garder à la surface une planéité satisfaisante.

5.1.19 Les mouvements des aéronefs et les variations dans le tassement des fondations de la chaussée finiront par accentuer les irrégularités de la surface. De légers dépassements des tolérances ci-dessus n'entraveront pas sérieusement l'exploitation aérienne. D'une manière générale, des irrégularités de 2,5 cm à 3 cm sur une distance de 45 m sont admissibles. On ne peut donner de renseignements précis sur les irrégularités maximales acceptables, ce maximum variant en fonction du type d'aéronef considéré et même, ou pour un type donné, en fonction de la masse, du centrage, des caractéristiques du train d'atterrissage et de la vitesse de l'avion. Une succession d'irrégularités de surface en forme d'ondulations, dont chacune, considérée isolément, serait acceptable, pourrait donner lieu à des contraintes dynamiques importantes dans le train d'atterrissage ou provoquer de fortes vibrations susceptibles de gêner la lecture des instruments de bord.

5.1.20 Les contraintes dynamiques qui s'exercent sur un avion lors de l'atterrissement ou du décollage sur une surface inégale peuvent être déterminées en effectuant des mesures sur un avion réel qui roule sur cette surface. Des essais menés par un État ont montré que l'emploi d'un modèle de simulation de la course au sol en vue de déterminer les forces qui agissent sur le train d'atterrissage d'un avion qui roule sur une surface dont le profil a été mesuré ou calculé constitue un outil très utile pour juger objectivement de la qualité de la surface d'une piste ou d'une voie de circulation. Avec cette méthode, les effets des modifications de la surface sur la réponse de l'avion peuvent être analysés avant que ces modifications ne soient réalisées, ce qui élimine beaucoup d'incertitudes au sujet des résultats et permet d'évaluer les modifications proposées du point de vue coût/avantages. Dans le modèle de simulation, les inégalités de surface sont jugées acceptables ou non en fonction des contraintes subies par le train d'atterrissage de l'avion critique.

5.1.21 La déformation de la piste avec le temps peut également augmenter le risque de la formation de flaques d'eau. Les flaques d'environ 3 mm de profondeur, surtout si elles sont situées en des endroits de la piste où les avions à l'atterrissement roulent à grande vitesse, peuvent provoquer un hydroplanage qui peut ensuite se poursuivre sur une piste recouverte d'une couche d'eau beaucoup plus mince. L'élaboration de meilleurs éléments indicatifs sur la longueur et la profondeur des flaques pour l'hydroplanage font actuellement l'objet d'une étude. De toute évidence, il est particulièrement nécessaire d'empêcher la formation de flaques lorsqu'il y a risque de gel.

### Texture superficielle

5.1.22 La surface des pistes avec revêtement sera construite de manière à offrir de bonnes caractéristiques de frottement sur chaussée mouillée. Il ressort d'évaluations qui ont été faites et de l'expérience opérationnelle que des surfaces asphaltiques ou en béton de ciment Portland correctement construites et bien entretenues répondent à ces critères. Cela n'empêche pas l'emploi d'autres matériaux qui répondent à ces critères.

5.1.23 Les mesures des caractéristiques de frottement d'une piste nouvelle ou d'une piste dont la surface a été refaite devraient être effectuées à l'aide d'un appareil de mesure continue du frottement utilisant un moyen d'automouillage, afin d'assurer que les objectifs préétablis en ce qui concerne les caractéristiques de frottement ont été atteints. Des éléments indicatifs sur les caractéristiques de frottement des nouvelles surfaces de piste figurent dans le *Manuel des services d'aéroport* (Doc 9137), 2<sup>e</sup> Partie — *État de la surface des chaussées*.

5.1.24 Quand une surface est rainurée ou striée, les rainures ou les stries devraient être pratiquées perpendiculairement à l'axe de la piste ou parallèlement aux joints transversaux qui ne sont pas perpendiculaires à cet axe, le cas échéant. Des éléments indicatifs sur les méthodes permettant d'améliorer la texture superficielle des pistes figurent dans le *Manuel de conception des aérodromes*, 3<sup>e</sup> Partie — *Chaussées*.

## 5.2 ACCOTEMENTS DE PISTE

### Généralités

5.2.1 Les accotements de piste doivent assurer une transition entre la chaussée pleinement résistante et la bande de piste sans revêtement. Les accotements de piste en dur protègent les extrémités latérales de la piste, contribuent à freiner l'érosion du sol par le souffle des réacteurs et atténuent les dommages occasionnés aux réacteurs par des débris. Lorsque le sol est sujet à l'érosion, la largeur des accotements peut être augmentée au-delà des valeurs minimales recommandées au § 5.2.8, en prenant en considération les profils de vitesse d'échappement des réacteurs des aéronefs qui exercent les plus fortes contraintes.

5.2.2 Des accotements devraient être aménagés lorsque la lettre de code est D, E ou F.

5.2.3 Les accotements d'une piste ou d'un prolongement d'arrêt devraient être aménagés ou construits de manière à réduire au minimum les risques courus par un avion qui s'écarte de la piste ou du prolongement d'arrêt. Les paragraphes ci-après donnent des indications sur certains problèmes spéciaux susceptibles de se poser et sur la question complémentaire des mesures propres à éviter les projections de pierres ou autres objets à l'intérieur des turbomachines.

5.2.4 En certains cas, le terrain naturel de la bande peut avoir une force portante suffisante pour servir d'accotement sans aménagement spécial. Lorsqu'un aménagement spécial est nécessaire, la méthode utilisée dépendra des conditions locales du terrain et de la masse des avions auxquels la piste est destinée. Des essais de terrain faciliteront la détermination de la meilleure méthode d'amélioration (p. ex. : assèchement, stabilisation, traitement superficiel ou léger revêtement). Il serait néanmoins prudent d'aménager des accotements ayant une force portante conforme aux spécifications du § 5.2.1 et d'empêcher les dommages structurels que pourrait subir un aéronef qui sortirait de la piste principale.

5.2.5 Lors de la conception des accotements, il est important de veiller à empêcher que des pierres ou d'autres objets soient aspirés par les turbomachines. Les dommages ainsi occasionnés aux moteurs sont considérables et constituent un sujet de préoccupation constant. Avec les nouveaux avions de grandes dimensions dotés de moteurs plus puissants, le problème ne fera vraisemblablement que s'accentuer. Il est donc nécessaire de protéger les accotements. De même, il conviendrait de s'assurer que le type de surface prévu pour l'accotement pourra résister à l'érosion occasionnée par le souffle des réacteurs.

5.2.6 Lorsque les accotements ont subi un traitement spécial, soit en vue d'obtenir la force portante requise, soit pour éviter la présence de pierres ou de résidus, des difficultés peuvent se produire par suite d'un manque de contraste entre l'aspect de la surface de piste et celui de la bande. Pour éliminer cette difficulté, on peut ou bien rétablir le contraste entre la surface de la piste et celle de la bande par traitement de la surface, ou bien apposer des marques latérales de piste.

5.2.7 Aux aéroports où il existe des risques de neige et de givre, le problème des débris est particulièrement critique sur la totalité de l'aire de mouvement. La qualité du dégagement de la neige ou du givre sera déterminante pour le niveau du risque, non seulement pour les dommages dus aux débris, mais aussi pour les sorties de piste.

5.2.8 Les accotements de piste devraient s'étendre 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 :

- a) 60 m lorsque la lettre de code est D ou E, pour les avions dont l'OMGWS est égale ou supérieure à 9 m mais inférieure à 15 m ;

- b) 60 m lorsque la lettre de code est F, pour les avions équipés de deux ou trois moteurs et dont l'OMGWS est égale ou supérieure à 9 m mais inférieure à 15 m ;
- c) 75 m lorsque la lettre de code est F, pour les avions équipés de quatre moteurs (ou plus) et dont l'OMGWS est égale ou supérieure à 9 m mais inférieure à 15 m.

### **Pentes**

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

### **Résistance**

5.2.10 La partie des accotements de piste s'étendant du bord de la piste jusqu'à une distance de 30 m de l'axe de la piste devrait être traitée ou construite de manière à pouvoir supporter le poids d'un avion sortant de la piste sans que cet avion subisse de dommages structurels et à supporter le poids des véhicules terrestres qui peuvent circuler sur ces accotements.

### **Surface des accotements de piste**

5.2.11 Les accotements de piste devraient être traités ou construits de manière à résister à l'érosion et à éviter l'ingestion de matériaux de surface par les moteurs des avions.

5.2.12 Les accotements de piste destinés aux avions correspondant à la lettre de code F devraient être revêtus de manière à donner une largeur totale de piste et d'accotements qui ne soit pas inférieure à 60 m.

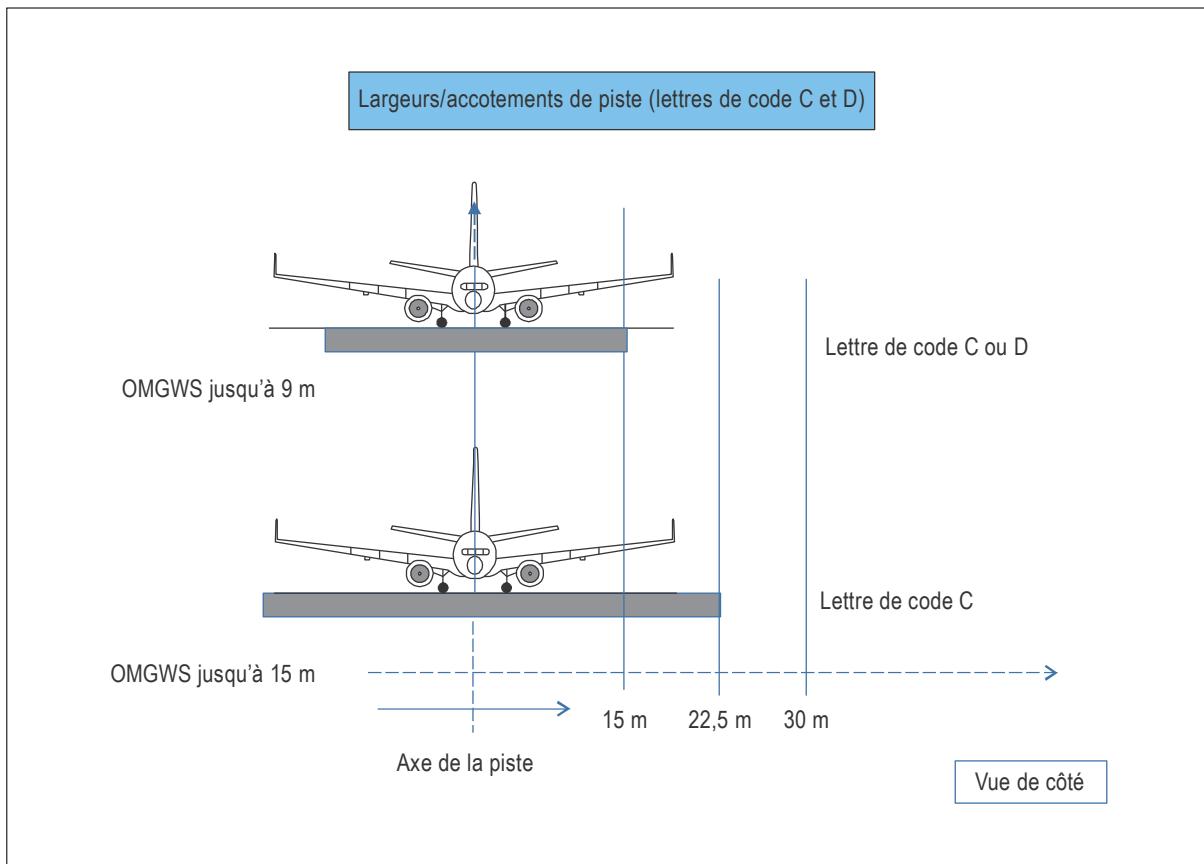


Figure 5-3 Largeurs/accotements de piste pour les lettres de code C et D

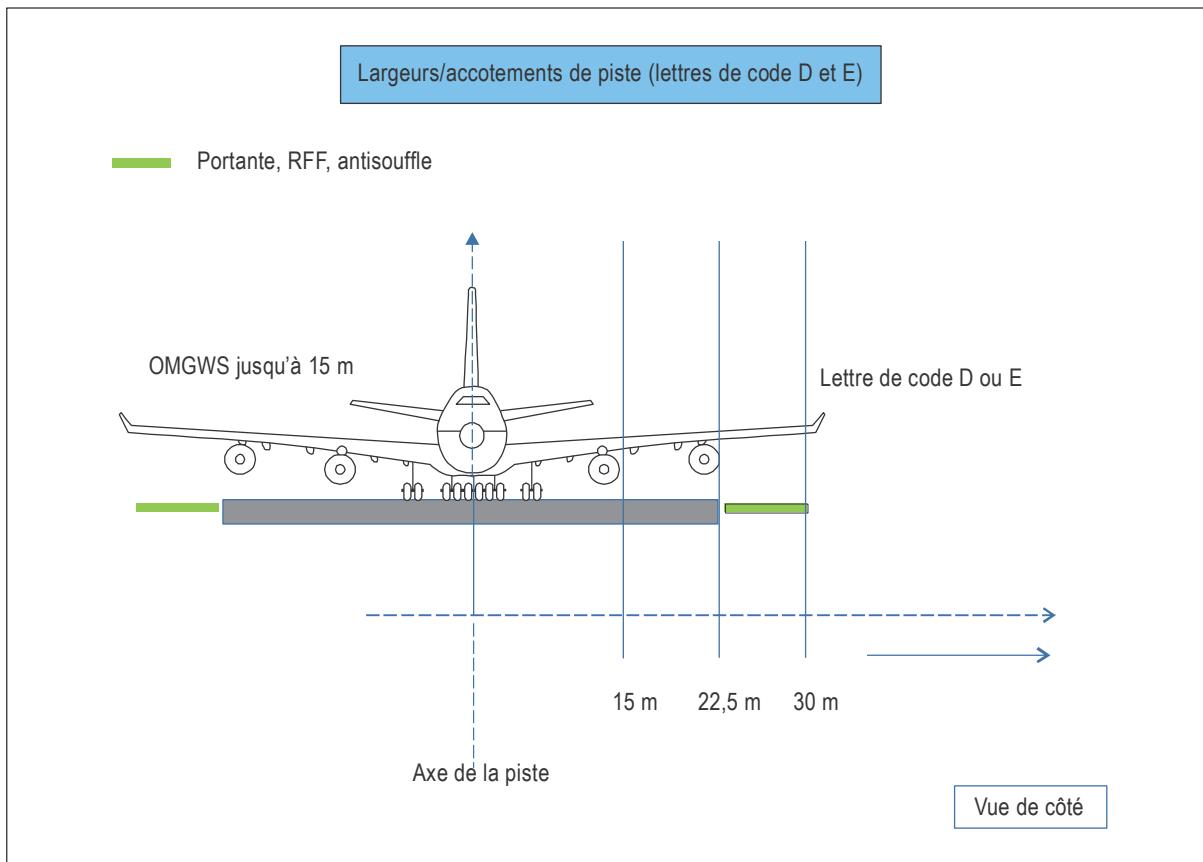
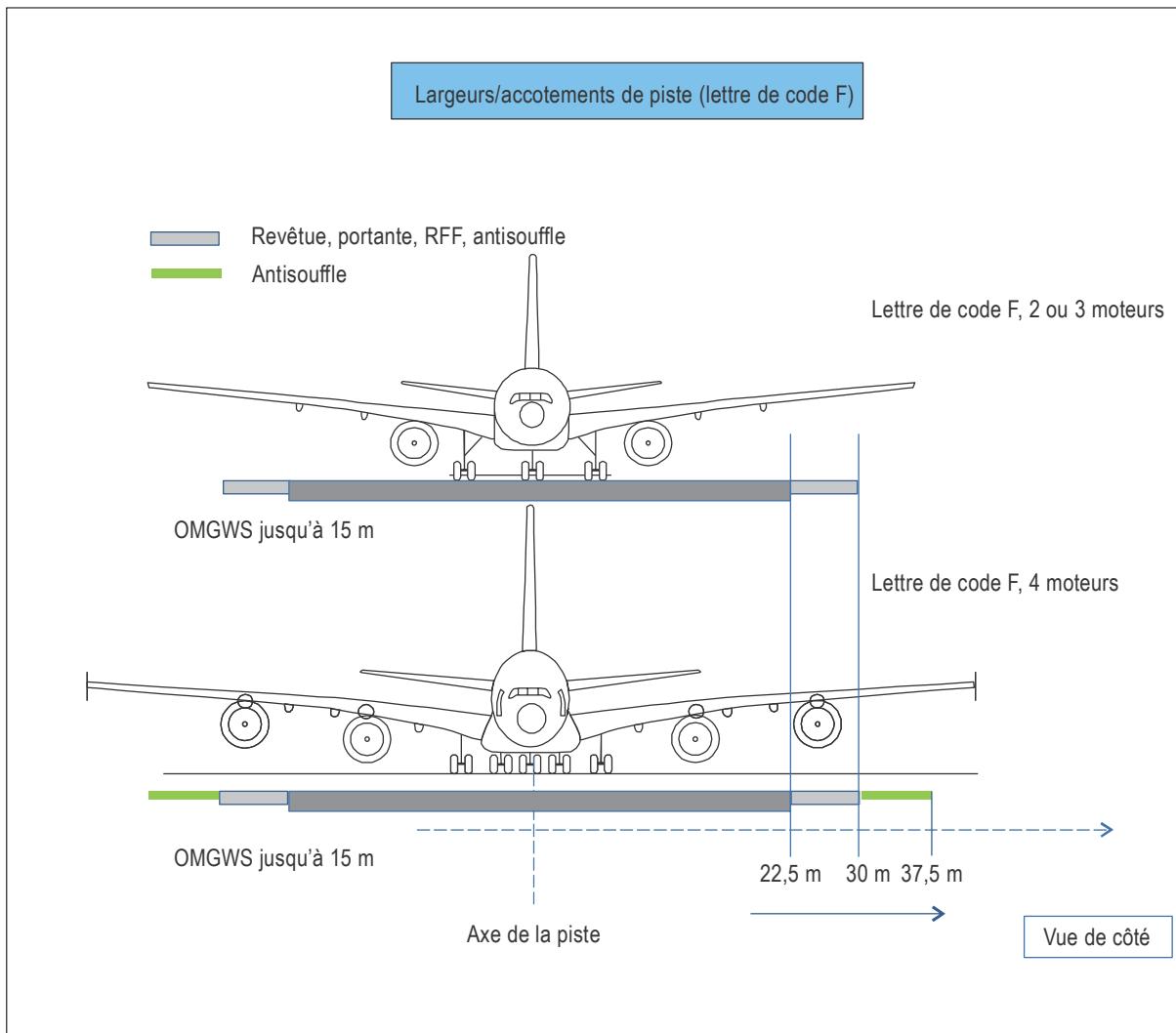


Figure 5-4. Largeurs/accotements de piste pour les lettres de code D et E



**Figure 5-5. Largeurs/accotements de piste pour la lettre de code F**

### 5.3 BANDES DE PISTE

#### Utilité des bandes de piste

5.3.1 Une bande de piste s'étend latéralement sur une distance spécifiée à partir de l'axe de piste, longitudinalement avant le seuil, et au-delà de l'extrémité de piste. C'est une zone libre de tout objet risquant de constituer un danger pour les avions. La bande comprend une partie nivélée qui devrait être traitée de façon à ne pas occasionner l'affaissement de l'atterrisseur avant si un aéronef sort de la piste. Les pentes autorisées sur la partie nivélée de la bande sont soumises à certaines limites. La bande de piste est également nécessaire pour protéger les zones sensibles/critiques des ILS/MLS. Une zone libre de tout objet est prévue à l'intérieur de la bande. Tout équipement ou toute installation nécessaire à la navigation aérienne ou à la sécurité des aéronefs qui se trouve dans la zone libre de tout objet devrait être frangible et d'une hauteur aussi réduite que possible. La piste et tout prolongement d'arrêt associé sont inclus dans une bande de piste.

#### Longueur

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

- a) 60 m lorsque le chiffre de code est 2, 3 ou 4 ;
- b) 60 m lorsque le chiffre de code est 1 et qu'il s'agit d'une piste aux instruments ;
- c) 30 m lorsque le chiffre de code est 1 et qu'il s'agit d'une piste à vue.

#### Largeur

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

- a) 140 m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- b) 70 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 ;

de part et d'autre de l'axe de la piste et du prolongement de cet axe.

5.3.4 Toute bande à l'intérieur de laquelle s'inscrit une piste avec approche classique devrait s'étendre latéralement, sur toute sa longueur, jusqu'à au moins :

- a) 140 m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- b) 70 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 ;

de part et d'autre de l'axe de la piste et du prolongement de cet axe.

5.3.5 Toute bande à l'intérieur de laquelle s'inscrit une piste à vue devrait s'étendre latéralement, sur toute sa longueur, de part et d'autre de l'axe de la piste et du prolongement de cet axe, jusqu'à une distance, par rapport à cet axe, au moins égale à :

- a) 75 m lorsque le chiffre de code est 4 ;
- b) 55 m lorsque le chiffre de code est 3 ;
- c) 40 m lorsque le chiffre de code est 2 ;
- d) 30 m lorsque le chiffre de code est 1.

### Objets

5.3.6 Abstraction faite du matériel et des installations nécessaires à la navigation aérienne ou à la sécurité des aéronefs, il faudrait considérer comme obstacle et, dans toute la mesure possible, supprimer tout objet situé sur une bande de piste qui peut constituer un danger pour les avions. Tout matériel ou toute installation qui est nécessaire à la navigation aérienne ou à la sécurité des aéronefs et qui doit être placé sur la bande de piste devrait avoir une masse et une hauteur aussi faibles que possible, être de conception et de monture frangibles, et être placé de manière à réduire le plus possible le danger qu'il pourrait présenter pour les aéronefs.

5.3.7 À l'exception des aides visuelles nécessaires à la navigation aérienne et des objets nécessaires à la sécurité des aéronefs qui doivent être situés sur la bande de piste et qui répondent à la spécification de frangibilité correspondante de l'Annexe 14, Volume 1, Chapitre 5, aucun objet fixe ne sera permis où que ce soit sur la portion de la bande de piste d'une piste avec approche de précision qui est délimitée par les bords inférieurs des surfaces intérieures de transition.

Aucun objet mobile ne devra non plus se trouver sur cette portion de la bande de piste pendant l'utilisation de la piste pour des opérations d'atterrissement ou de décollage.

*Note.— Voir à l'Annexe 14, Volume 1, Chapitre 4, section 4.1, les caractéristiques de la surface intérieure de transition.*

5.3.8 Les aides visuelles nécessaires à la navigation aérienne ou à la sécurité des aéronefs qui doivent être installées sur cette portion de la bande de piste auront une masse et une hauteur aussi faibles que possible, seront de conception et de monture frangibles et seront placées de manière à réduire le plus possible le danger qu'elles pourraient présenter pour les aéronefs. Aucun objet mobile ne devra non plus se trouver sur cette portion de la bande de piste pendant l'utilisation de la piste pour des opérations d'atterrissement ou de décollage.

5.3.9 À l'intérieur de la partie de la bande contiguë à la piste des mesures devraient être prises pour éviter que, lorsqu'une roue d'avion s'enfonce dans le sol, elle ne heurte une surface verticale en dur, entre autres les éléments de drainage faisant l'objet du § 5.3.10, car il pourrait en résulter des dommages importants au train d'atterrissement. Des problèmes particuliers peuvent se poser lorsque des montures de feux de piste ou d'autres objets sont situés sur la bande ou à l'intersection de la piste et d'une voie de circulation ou d'une autre piste. Dans le cas de constructions telles que des pistes ou des voies de circulation dont la surface doit également être de niveau avec la surface de la bande, une arête verticale peut être éliminée en ménageant un biseau depuis le sommet de la construction jusqu'à 30 cm au moins au-dessous du niveau de la surface de la bande. D'autres objets dont les fonctions n'exigent pas qu'ils soient au niveau de la surface devraient être enterrés à une profondeur de 30 cm au moins.

5.3.10 Les drains de bande de piste doivent être situés et conçus de manière qu'ils ne risquent pas d'endommager les avions en cas de sortie de piste accidentelle. Si des canalisations d'eaux pluviales à ciel ouvert ou fermées ont été mises en place, il faut veiller à ce que leur structure ne s'élève pas au-dessus du sol environnant afin qu'elle ne soit pas considérée comme un obstacle.

5.3.11 Pour éviter que les canalisations d'eaux pluviales à ciel ouvert n'attirent les oiseaux, il faut accorder une importance particulière à leur forme et à leur entretien ; les recouvrir d'un filet au besoin. Des orientations sur la prévention et l'atténuation du risque faunique figurent dans le *Manuel des services d'aéroports* (Doc 9137), Partie 3 — *Gestion du péril animalier*.

### Nivellement

5.3.12 La partie d'une bande à l'intérieur de laquelle s'inscrit une piste aux instruments devrait présenter, sur une distance par rapport à l'axe et à son prolongement d'au moins :

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

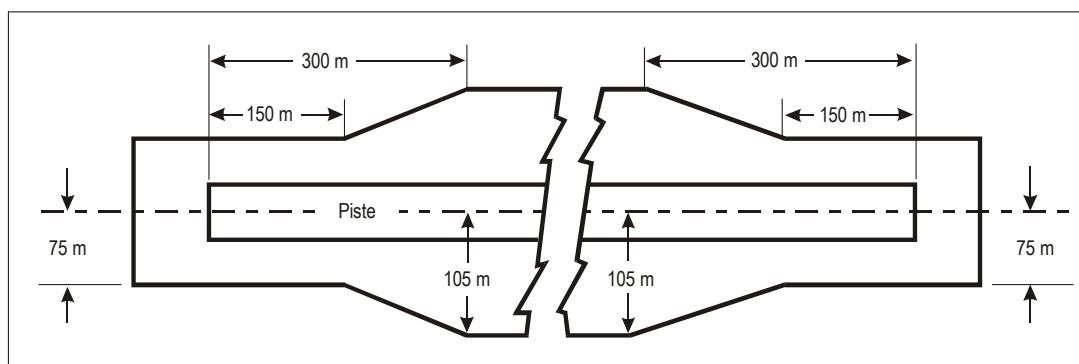
une aire nivelée à l'intention des avions auxquels la piste est destinée, pour le cas où un avion sortirait de la piste.

5.3.13 Pour une piste avec approche de précision, il peut être souhaitable d'adopter une plus grande largeur lorsque le chiffre de code est 3 ou 4. La Figure 5-6 représente la forme et les dimensions d'une bande plus large qui peut être envisagée pour une telle piste ; cette bande a été conçue à partir des renseignements recueillis sur les cas d'aéronefs qui sortent latéralement des pistes. La partie à niveler s'étend jusqu'à une distance de 105 m de l'axe ; toutefois, cette distance est réduite graduellement à 75 m de l'axe aux deux extrémités de la bande, sur une longueur de 150 m à partir de chaque extrémité de la piste.

5.3.14 La bande dans laquelle se trouve une piste à vue devrait présenter, sur une distance d'au moins :

- a) 75 m lorsque le chiffre de code est 4 ;
- b) 55 m lorsque le chiffre de code est 3 ;
- c) 40 m lorsque le chiffre de code est 2 ;
- d) 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ;

à partir de l'axe de la piste et du prolongement de cet axe, une aire nivelée à l'intention des avions auxquels la piste est destinée, pour le cas où un avion sortirait de la piste.



**Figure 5-6. Partie nivelée d'une bande incluant une piste avec approche de précision dont le chiffre de code est 3 ou 4 — Changements de pente longitudinale**

5.3.15 La surface de la partie d'une bande attenante à une piste, un accotement ou un prolongement d'arrêt sera de niveau avec la surface de la piste, de l'accotement ou du prolongement d'arrêt.

5.3.16 Pour protéger les avions qui atterrissent contre le danger de formation d'une dénivellation abrupte à l'extrême de la piste, la surface de la bande située en amont du seuil, sur une distance d'au moins 30 m devrait être traitée contre l'érosion due au souffle des moteurs.

### **Pentes longitudinales**

5.3.17 La pente longitudinale, sur la partie d'une bande qui doit être nivélée, ne devrait pas dépasser :

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

5.3.18 Sur la partie d'une bande qui doit être nivélée, les changements de pente devraient être aussi graduels que possible, et tout changement brusque ou inversion soudaine de la pente devrait être évité.

5.3.19 Pour les avions qui font des approches au pilote automatique et des atterrissages automatiques (par tous les temps), il est souhaitable d'éviter les changements de pente avant le seuil d'une piste avec approche de précision ou de les limiter au strict minimum dans la partie de la bande qui s'étend au moins jusqu'à 30 m de part et d'autre du prolongement de l'axe de piste. En effet, ces avions sont équipés d'un radioaltimètre pour le guidage final en hauteur et en arrondi et, lorsque l'avion est à la verticale du terrain situé juste en amont du seuil, le radioaltimètre commence à fournir des indications au pilote automatique pour l'arrondi automatique. Lorsque les changements de pente ne peuvent être évités, le taux de variation entre deux pentes consécutives ne devrait pas dépasser 2 % sur 30 m.

### **Pentes transversales**

5.3.20 Sur la partie d'une bande à niveler, les pentes transversales devraient être suffisantes pour empêcher l'accumulation d'eau sur la surface mais elles ne devraient pas dépasser :

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

toutefois, pour faciliter l'écoulement des eaux, la pente sur les 3 premiers mètres à l'extérieur du bord de la piste, des accotements ou du prolongement d'arrêt devrait être négative, lorsqu'elle est mesurée en s'écartant de la piste, et peut atteindre 5 %.

5.3.21 Les pentes transversales d'une partie de piste située au-delà de la portion à niveler ne devraient pas dépasser un gradient de 5 % calculé en s'écartant de la piste.

5.3.22 À titre de bonne pratique, afin de réduire le plus possible les dommages à un aéronef dépassant accidentellement la portion nivélée, aucune partie de bande de piste située au-delà de la portion qui doit être nivélée ne présentera une pente descendante supérieure à 5 % mesurée en s'écartant de la piste.

5.3.23 Une canalisation d'eaux pluviales à ciel ouvert jugée nécessaire pour assurer un bon drainage peut être construite sur la portion non nivelée d'une bande de piste, le plus loin possible de la piste. Les procédures de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aérodromes où se trouvent de telles canalisations doivent tenir compte de leur emplacement.

### Résistance

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

- a) 75 m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- b) 40 m 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.

5.3.25 La partie d'une bande contenant une piste à vue devrait être aménagée ou construite, sur une distance par rapport à l'axe ou à son prolongement d'au moins :

- a) 75 m lorsque le chiffre de code est 4 ;
- b) 55 m lorsque le chiffre de code est 3 ;
- c) 40 m lorsque le chiffre de code est 2 ;
- d) 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ;

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.

5.3.26 Étant donné que la partie nivelée d'une bande de piste est prévue pour réduire les risques encourus par un aéronef qui sortirait de la piste, le nivellement devrait empêcher l'affaissement de l'atterrisseur avant de l'aéronef. La surface de la piste devrait être préparée de manière à freiner l'aéronef, et sa portance devrait être suffisante pour ne pas occasionner de dommages à l'appareil. Pour répondre à ce double besoin, on se conformera aux éléments indicatifs ci-après. Les constructeurs d'aéronefs considèrent qu'une profondeur de 15 cm est la profondeur maximale à laquelle l'atterrisseur avant peut s'enfoncer sans s'affaisser. Il est donc recommandé que le terrain sous la surface finie de la bande de piste soit préparé sur une épaisseur de 15 cm de manière à avoir une portance d'une valeur comprise entre 15 et 20 (indice portant californien [CBR]). La préparation de cette surface sous-jacente a pour but d'empêcher que le train d'atterrissage avant ne s'affaisse au-delà de 15 cm. L'épaisseur de 15 cm en surface peut être d'une moindre résistance, ce qui facilitera la décélération de l'aéronef.

## 5.4 AIRES DE SÉCURITÉ D'EXTRÉMITÉ DE PISTE (RESA)

### Objectif d'une aire de sécurité d'extrémité de piste

5.4.1 Les comptes rendus d'accident/incident (ADREP) de l'OACI montrent que les aéronefs qui atterrissent trop court ou trop long subissent d'importants dommages. Pour réduire ces dommages au minimum, il est jugé nécessaire d'aménager une aire supplémentaire au-delà des extrémités de la bande de piste. Ces aires, appelées aires de sécurité

d'extrémité de piste (RESA), devraient pouvoir résister de façon appropriée à tout aéronef qui atterrira trop court ou trop long ; elles devraient être libres de tout équipement et de toute installation non frangibles.

5.4.2 Une aire de sécurité d'extrémité de piste doit être aménagée à chaque extrémité de bande de piste, lorsque :

- a) le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- b) le chiffre de code est 1 ou 2 et la piste est une piste aux instruments.

5.4.3 Une aire de sécurité d'extrémité de piste devrait être aménagée à chaque extrémité de la bande de piste lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 et que la piste est une piste à vue.

#### **Longueur**

5.4.4 L'aire de sécurité d'extrémité de piste doit s'étendre à partir de l'extrémité de la bande de piste sur une distance d'au moins 90 m lorsque :

- a) le chiffre de code est 3 ou 4 ;
- b) le chiffre de code est 1 ou 2 et que la piste est une piste aux instruments.

Si un système d'arrêt est en place, la longueur indiquée ci-dessus peut être réduite, compte tenu de la spécification de conception du système, sous réserve de l'acceptation par l'État.

5.4.5 Dans la mesure du possible, l'aire de sécurité d'extrémité de piste devrait s'étendre à partir de l'extrémité de la bande de piste sur une distance d'au moins :

- a) 240 m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4, ou sur une distance moindre si un système d'arrêt est en place ;
- b) 120 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 et que la piste est une piste aux instruments, ou sur une distance moindre si un système d'arrêt est en place ;
- c) 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 et que la piste est une piste à vue.

5.4.6 Lorsqu'on décide de la longueur d'une aire de sécurité d'extrémité de piste, il faudrait envisager de lui donner une longueur suffisante pour que ses limites ne soient jamais dépassées dans les cas de dépassement de piste et d'atterrissement trop courts qui peuvent découler d'une combinaison de facteurs opérationnels défavorables correspondant à une probabilité raisonnable. Sur les pistes avec approche de précision, le radiophare d'alignement de piste ILS constitue normalement le premier obstacle qui se présente et l'aire de sécurité d'extrémité de piste devrait s'étendre jusqu'à cette installation. Dans d'autres circonstances, le premier obstacle peut être une route, une voie ferrée ou tout autre obstacle naturel ou artificiel. L'aménagement d'une aire de sécurité d'extrémité de piste devrait tenir compte de tels obstacles.

5.4.7 Une étude des données ADREP sur les dépassements de piste donne à croire que la distance normalisée de 90 m permettrait de contenir environ 61 % des dépassements, et la distance recommandée de 240 m, 83 %. On reconnaît donc que certains dépassements excéderont la distance RESA de 240 m. En conséquence, quelle que soit la longueur de la RESA au-delà de la valeur normalisée, il est important de veiller à tenir le plus possible au minimum la probabilité de dépassement et les incidences pouvant découler d'un dépassement.

**Largeur**

5.4.8 La largeur d'une aire de sécurité d'extrémité de piste doit être au moins égale au double de la largeur de la piste correspondante.

5.4.9 La largeur d'une aire de sécurité d'extrémité de piste devrait, dans la mesure du possible, être égale à celle de la portion nivélée de la bande de piste correspondante.

**Objets**

5.4.10 Un objet, autre que du matériel ou une installation nécessaire à la navigation aérienne ou à la sécurité des aéronefs, qui est situé sur une aire de sécurité d'extrémité de piste et susceptible de constituer un danger pour les avions devrait être considéré comme un obstacle et, dans la mesure du possible, devrait être enlevé. Tout matériel ou toute installation qui est nécessaire à la navigation aérienne ou à la sécurité des aéronefs et qui doit être implanté dans l'aire de sécurité d'extrémité de piste doit être frangible et avoir une hauteur aussi faible que possible, et être installé de manière à réduire le plus possible le danger qu'il pourrait présenter pour les aéronefs.

**Dégagement et nivelingement**

5.4.11 Une aire de sécurité d'extrémité de piste devrait présenter une surface dégagée et nivélée pour les avions auxquels la piste est destinée, en prévision du cas où un avion atterrira trop court ou dépasserait la piste. Il n'est pas nécessaire que la surface de l'aire de sécurité d'extrémité de piste soit aménagée de manière à présenter la même qualité que la bande de la piste.

**Pentes combinées**

5.4.12 Les pentes d'une aire de sécurité d'extrémité de piste devraient être telles qu'aucune partie de cette aire ne fasse saillie au-dessus de la surface d'approche ou de montée au décollage.

**Pentes longitudinales**

5.4.13 Les pentes longitudinales d'une aire de sécurité d'extrémité de piste ne devraient pas dépasser une valeur négative de 5 %. Les changements de pente devraient être aussi progressifs que cela est pratiquement possible et il ne devrait y avoir ni changements brusques ni inversions soudaines.

5.4.14 Pour les avions qui font des approches au pilote automatique et des atterrissages automatiques (par tous les temps), il est souhaitable d'éviter les changements de pente ou de les limiter au strict minimum sur une aire située avant le seuil d'une piste avec approche de précision, symétrique par rapport à l'axe de piste et mesurant environ 60 m de largeur par 300 m de longueur. En effet ces avions sont équipés d'un radioaltimètre pour le guidage final en hauteur et en arrondi et, lorsque l'avion est à la verticale du terrain situé juste en amont du seuil, le radioaltimètre commence à fournir des indications au pilote automatique pour l'arrondi automatique. Lorsque les changements de pente ne peuvent être évités, le taux de variation entre deux pentes consécutives ne devrait pas dépasser 2 % sur 30 m.

### **Pentes transversales**

5.4.15 Les pentes transversales d'une aire de sécurité d'extrémité de piste ne devraient pas dépasser une valeur positive ou négative de 5 %. Les changements de pente devraient être aussi progressifs que cela est pratiquement possible.

### **Résistance**

5.4.16 Une aire de sécurité d'extrémité de piste devrait être aménagée ou construite de manière à réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion atterrira trop court ou trop long, à accroître la décélération et à faciliter les déplacements des véhicules de sauvetage et d'incendie. Le § 5.3.25 contient des éléments indicatifs sur la résistance minimale des bandes de piste.

### **Systèmes d'arrêt**

5.4.17 Un système d'arrêt bien conçu peut avoir des performances prévisibles et freiner efficacement un aéronef en dépassement. Une des bonnes conceptions fait appel à un matériau spécial destiné à s'écraser sous le poids de l'avion, absorbant ainsi l'énergie. Ce type de système, dit « d'arrêt à matériau absorbant » (EMAS), est déjà en place à de nombreux aéroports. Un autre exemple est le système à câble/crosse d'arrêt couramment installé sur les aérodromes militaires.

5.4.18 Un certain nombre de pistes, un peu partout dans le monde, notamment des pistes construites avant l'adoption d'exigences plus contraignantes en matière de RESA, en 1999, soulèvent des difficultés compliquant la fourniture d'une RESA normalisée ou recommandée. Les causes les plus fréquentes des difficultés en question sont des obstacles naturels et des contraintes de développement local et/ou environnementales qui augmentent les coûts de fourniture d'une RESA à tel point qu'ils risquent de l'emporter largement sur les avantages de sécurité. L'Amendement n° 11-A de l'Annexe 14, Volume I, a introduit une disposition selon laquelle si un système d'arrêt est installé, la longueur de la RESA normalisée ou recommandée peut être réduite, compte tenu de la spécification de conception du système, sous réserve de l'acceptation par l'État.

5.4.19 Lorsqu'il est particulièrement prohibitif d'aménager une aire de sécurité d'extrémité de piste, il faut envisager de réduire certaines des distances de piste déclarées pour permettre l'aménagement de la RESA et de mettre en place un système d'arrêt. Un système d'arrêt peut être une solution appropriée pour accroître la sécurité, étant donné que les performances d'un tel système en matière de décélération sont essentiellement indépendantes des performances de freinage des avions, de la contamination de la piste ou des conditions météorologiques.

5.4.20 Comme l'installation d'un système d'arrêt d'aéronef est sous réserve d'une acceptation de l'État, il faut élaborer des procédures en vue de l'analyse et de l'acceptation de l'installation du système sur un aérodrome. De telles procédures comprennent normalement une évaluation du type de système et l'acceptation *in situ* du projet d'installation, y compris d'un programme d'entretien. Cela dit, d'autres méthodes d'acceptation sont possibles, selon le bien-fondé de chaque cas.

5.4.21 L'Appendice 5 contient des orientations sur les exigences en matière de performances et de compatibilité concernant les systèmes d'arrêt d'aéronef. Ces exigences peuvent être considérées comme un avant-projet de règlement national, ou être utilisées directement en tant que dispositions applicables. Une liste des dispositions nationales de quatre États concernant les systèmes d'arrêt figure aussi dans cet appendice.

5.4.22 La présence d'un système d'arrêt sera indiquée dans la section de l'AIP concernant les aérodromes, et des renseignements/instructions seront communiqués aux équipes locales de sécurité des pistes et aux autres intéressés pour promouvoir une plus grande connaissance au sein de la communauté des pilotes. L'état de fonctionnement des

systèmes d'arrêt d'aéronef doit être indiqué dans des NOTAM (de plus amples orientations figurent dans le Doc 8126, *Manuel des services d'information aéronautique*, Chapitre 6 (NOTAM), Appendice B [Critères de sélection des NOTAM], Catégorie : AGA — Aire de mouvement et d'atterrissement (M)]. Représenter les systèmes d'arrêt sur les cartes aéronautiques de façon à ce qu'ils soient faciles à voir est aussi une bonne pratique.

## 5.5 PROLONGEMENTS DÉGAGÉS

### Emplacement

5.5.1 Le prolongement dégagé devrait commencer à l'extrémité de la longueur de roulement utilisable au décollage.

### Longueur

5.5.2 La longueur d'un prolongement dégagé ne devrait pas dépasser la moitié de la longueur de roulement utilisable au décollage.

### Largeur

5.5.3 Le prolongement dégagé devrait s'étendre latéralement de part et d'autre du prolongement de l'axe de la piste :

- a) sur une largeur d'au moins 75 m dans le cas des pistes aux instruments ;
- b) sur au moins la moitié de la largeur de la bande de piste dans le cas des pistes à vue.

### Pentes

5.5.4 Dans les prolongements dégagés, aucun point du sol ne devrait faire saillie au-dessus d'un plan incliné ayant une pente de 1,25 % et limité à sa partie inférieure par une droite horizontale :

- a) perpendiculaire au plan vertical passant par l'axe de la piste ;
- b) passant par un point situé sur l'axe de la piste, à l'extrémité de la longueur de roulement utilisable au décollage.

5.5.5 Dans certains cas, lorsqu'une piste, un accotement ou une bande présentent une pente transversale ou longitudinale, la limite inférieure du plan du prolongement dégagé, spécifiée ci-dessus, peut se trouver au-dessous du niveau de la piste, de l'accotement ou de la bande. Cette spécification n'implique pas que ces surfaces doivent être nivélées à la hauteur de la limite inférieure du plan du prolongement dégagé ni que le relief ou les objets qui font saillie au-dessus de ce plan, au-delà de l'extrémité de la bande mais au-dessous du niveau de la bande, doivent être supprimés, à moins qu'ils ne soient jugés dangereux pour les avions.

5.5.6 Les changements brusques de pente positive devraient être évités lorsque la pente, sur le sol d'un prolongement dégagé, est relativement faible ou lorsque la pente moyenne est positive. En pareil cas, dans la partie du prolongement dégagé située à moins de 22,5 m de part et d'autre du prolongement de l'axe de la piste, les pentes et

changements de pente ainsi que la transition entre la piste et le prolongement dégagé devraient être semblables, d'une manière générale, aux pentes et changements de pente de la piste à laquelle est associé ce prolongement dégagé.

### **Objets**

5.5.7 Il faudrait considérer tout objet situé sur un prolongement dégagé, susceptible de constituer un danger pour les avions en vol, comme un obstacle et le supprimer. Tout matériel ou toute installation qui est nécessaire pour les besoins de la navigation aérienne et qui doit être placé dans un prolongement dégagé devrait avoir une masse et une hauteur aussi faibles que possible, être de conception et de monture frangibles, et être placé de manière à réduire le plus possible le danger qu'il pourrait présenter pour les aéronefs.

## **5.6 PROLONGEMENTS D'ARRÊT**

### **Largeur**

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

### **Pentes**

5.6.2 Les pentes et les changements de pente sur un prolongement d'arrêt ainsi que la zone de transition entre une piste et un prolongement d'arrêt devraient être conformes aux spécifications des § 5.1.2 à 5.1.9 applicables à la piste à laquelle le prolongement d'arrêt est associé ; toutefois :

- a) il n'est pas nécessaire d'appliquer au prolongement d'arrêt la limitation prévue au § 5.1.3 d'une pente de 0,8 % sur les premier et dernier quarts de la longueur d'une piste ;
- b) à la jonction du prolongement d'arrêt et de la piste, et le long du prolongement d'arrêt, le changement de pente maximal peut atteindre 0,3 % par 30 m (rayon de courbure minimal de 10 000 m) lorsque le chiffre de code est 3 ou 4.

### **Résistance**

5.6.3 Les prolongements d'arrêt devraient être aménagés ou construits de façon à pouvoir, en cas de décollage interrompu, supporter les avions pour lesquels ils sont prévus, sans qu'il en résulte des dommages pour la structure de ces avions.

### **Surface**

5.6.4 La surface d'un prolongement d'arrêt avec revêtement devrait être construite de manière à ce que le coefficient de frottement, compatible avec celui de la piste associée, soit suffisant lorsque cette surface est mouillée.

5.6.5 Les caractéristiques de frottement d'un prolongement d'arrêt sans revêtement ne devraient pas être sensiblement inférieures à celle de la piste à laquelle il est associé.

## **Chapitre 6**

# **PLANIFICATION POUR LES BESOINS DES AVIONS FUTURS**

### **6.1 GÉNÉRALITÉS**

6.1.1 L'Annexe 14, Volume I, définit les spécifications minimales d'aérodrome pour des avions qui ont les mêmes caractéristiques que ceux qui sont actuellement en exploitation ou pour des avions analogues dont la mise en service est prévue. Les spécifications actuelles visent donc à répondre aux besoins d'avions dont la taille va jusqu'à celle de l'Airbus A380-800. En conséquence, il n'a pas été tenu compte dans l'Annexe des précautions supplémentaires qui pourraient être jugées appropriées pour des avions plus exigeants. Il appartiendra aux autorités compétentes d'étudier ces questions et d'en tenir compte selon les besoins de chaque aérodrome en particulier.

6.1.2 Les indications figurant dans les paragraphes suivants peuvent aider ces autorités et les planificateurs d'aéroports à se faire une idée de la manière dont certaines spécifications peuvent évoluer avec la mise en service de plus grands avions. Il est intéressant de noter à cet égard que, probablement, une certaine augmentation des dimensions maximales des avions pourra être acceptée sans qu'il faille apporter des modifications majeures aux aérodromes existants. Toutefois, la limite supérieure des dimensions des avions qui est examinée ci-dessous dépasse très probablement le maximum acceptable, à moins que les procédures d'aérodrome soient modifiées, ce qui réduirait la capacité des aérodromes.

### **6.2 TENDANCES DES AVIONS FUTURS**

6.2.1 Les tendances qui caractériseront la conception des avions futurs peuvent être déterminées à partir de différentes sources, notamment les constructeurs et le Conseil international de coordination des associations d'industries aérospatiales. Pour planifier le développement des futurs aéroports, on peut se fonder sur les dimensions des aéronefs ci-après :

	Lettre de code F	Supérieur à la lettre de code F
envergure	jusqu'à 80 m	jusqu'à 90 m
largeur hors tout du train principal	jusqu'à 15 m	jusqu'à 15 m
longueur hors tout	jusqu'à 80 m	80 m ou plus
hauteur de l'empennage	jusqu'à 24 m	jusqu'à 24 m
masse brute maximale	575 000 kg ou plus	650 000 kg ou plus

### 6.3 DONNÉES D'AÉRODROME

6.3.1 La tendance à l'accroissement de la distance de décollage parallèlement à l'augmentation de la masse au décollage des avions semble avoir atteint un palier et il ne devrait pas être nécessaire de prévoir des pistes plus longues que celles des grands aérodromes actuels.

6.3.2 En utilisant les principes de base élaborés pour la mise en œuvre du code de référence d'aérodrome de l'Annexe 14, Volume I, il est possible de démontrer que des avions dont le train principal présente une largeur hors tout supérieure peuvent être exploités en sécurité sur des pistes moins larges. Une valeur de C (équation ci-dessous) non inférieure à l'OMGWS connexe est considérée comme étant minimale.

6.3.3 La largeur de piste peut être représentée par l'expression :

$$W_R = T_M + 2C$$

où

$T_M$  = largeur hors tout du train principal

et C = marge résultante entre les roues extérieures et le bord de piste.

La géométrie correspondante est illustrée dans la Figure 6-1.

6.3.4 Une piste de 45 m de largeur et le chiffre, plus élevé, de 15 m pour la largeur hors tout du train principal donneraient une marge de 15 m par rapport au bord de la piste.

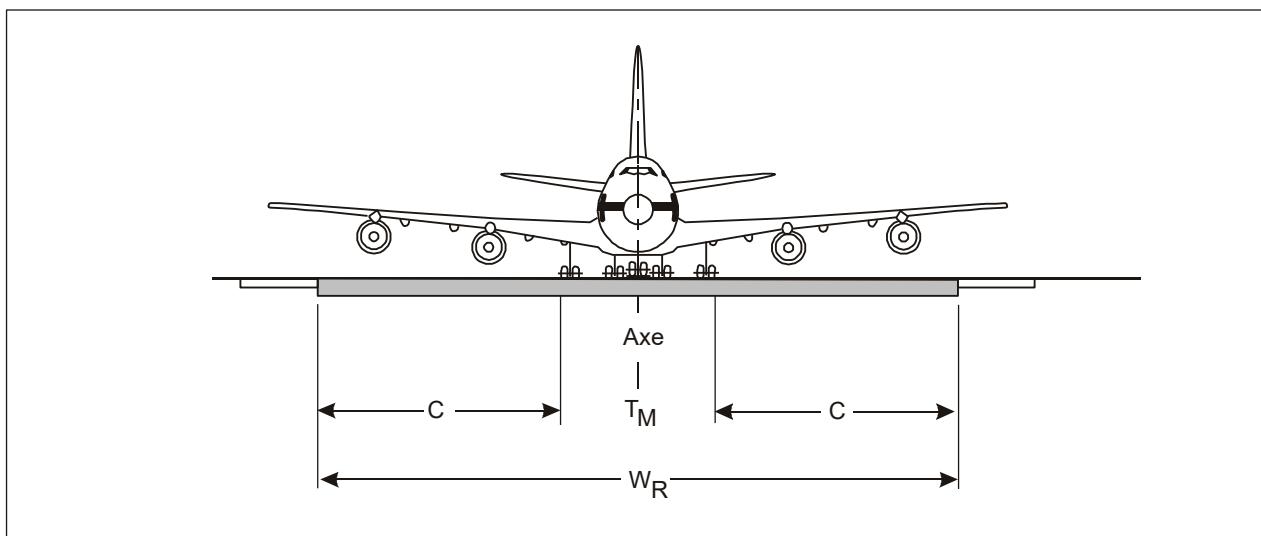


Figure 6-1. Géométrie de la largeur de piste

## Appendice 1

### CLASSIFICATION DES AVIONS D'APRÈS LE CHIFFRE ET LA LETTRE DE CODE

<i>Type d'avion</i>	<i>Modèle</i>	<i>Code</i>	<i>Longueur de terrain de référence de l'avion (m)</i>	<i>Envergure (m)</i>	<i>Largeur Hors tout du train principal (m)</i>
DeHavilland Canada	DHC2	1A	381	14,6	3,3
	DHC2T	1A	427	14,6	3,3
Britten Norman	BN2A	1A	353	14,9	4,0
Cessna	152	1A	408	10,0	—
	172 S	1A	381	11,0	2,7
	180	1A	367	10,9	—
	182 S	1A	462	11,0	2,9
	Stationair 6	1A	543	11,0	2,9
	Turbo 6	1A	500	11,0	2,9
	Stationair 7	1A	600	10,9	—
	Turbo 7	1A	567	10,9	—
	Skylane	1A	479	10,9	—
	Turbo Skylane	1A	470	10,9	—
	310	1A	518	11,3	—
	310 Turbo	1A	507	11,3	—
Piper	Golden Eagle 421 C	1A	708	12,5	—
	Titan 404	1A	721	14,1	—
	PA28-161	1A	494 <sup>1</sup>	10,7	3,2
	PA28-181	1A	490 <sup>1</sup>	10,8	3,2
	PA28R-201	1A	487 <sup>1</sup>	10,8	3,4
	PA32R-301	1A	539 <sup>1</sup>	11,0	3,5
	PA32R-301T	1A	756 <sup>1</sup>	11,0	3,5
	PA34-220T	1A	520 <sup>1</sup>	11,9	3,5
	PA44-180	1A	671 <sup>1</sup>	11,8	3,2
	PA46-350P	1A	637 <sup>1</sup>	13,1	3,9
Raytheon/Beechcraft	A24R	1A	603	10,0	3,9
	A36	1A	670	10,2	2,9

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur Hors tout du train principal (m)
Cessna	76	1A	430	11,6	3,3
	B55	1A	457	11,5	2,9
	B60	1A	793	12,0	3,4
	B100	1A	579	14,0	4,3
DeHavilland Canada	DHC3	1B	497	17,7	3,7
LET	DHC6	1B	695	19,8	4,1
	L410 UPV	1B	740	19,5	4,0
Raytheon/Beechcraft	E18S	1B	753	15,0	3,9
	B80	1B	427	15,3	4,3
	C90	1B	488	15,3	4,3
	200	1B	579	16,6	5,6
Short	SC7-3/SC7-3A	1B	616	19,8	4,6
DeHavilland Canada	DHC7	1C	689	28,4	7,8
Lear Jet	24F	2A	1 005	10,9	2,5
	28/29	2A	912	13,4	2,5
Pilatus	PC-12	2B	810	16,3	4,5
	PC-24	2B	830	17,0	3,3
LET	L410 UPV-E	2B	920	20,0 <sup>2</sup>	4,0
	L410 UPV-E9	2B	952	20,0 <sup>2</sup>	4,0
	L410 UPV-E20	2B	1 050	20,0 <sup>2</sup>	4,0
	L420	2B	920	20,0 <sup>2</sup>	4,0
Shorts	SD3-30	2B	1 106	22,8	4,6
Dassault Aviation	Falcon 10	3A	1 615	13,1	3,0
Hawker Siddley	HS 125-400	3A	1 646	14,3	3,3
	HS 125-600	3A	1 646	14,3	3,3
	HS 125-700	3A	1 768	14,3	3,3

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur Hors tout du train principal (m)
Lear Jet	24D	3A	1 200	10,9	2,5
	35A/36A	3A	1 287/1 458	12,0	2,5
	54	3A	1 217	13,4	2,5
	55	3A	1 292	13,4	2,5
Bombardier Aero.	CRJ 100	3B	1 470	21,2	4,0
	CRJ 100ER	3B	1 720	21,2	4,0
	CRJ 200	3B	1 440	21,2	4,0
	CRJ 200ER	3B	1 700	21,2	4,0
Dassault Aviation	Falcon 20	3B	1 463	16,3	3,7
	Falcon 200	3B	1 700	16,3	3,5
	F50/F50EX	3B	1 586	18,9	4,5
	Falcon 900	3B	1 504	19,3	4,6
	Falcon 900EX	3B	1 590	19,3	4,6
	F2000	3B	1 658	19,3	5,0
Embraer	EMB-135 LR	3B	1 745	20,0	4,1
Fokker	F28-1000	3B	1 646	23,6	5,8
	F28-2000	3B	1 646	23,6	5,8
I.A.I.	SPX	3B	1 644	16,6	—
	Galaxy	3B	1 798	17,7	—
Gulfstream Aero.	G IV-SP	3B	1 661	23,7	4,8
Nord	262	3B	1 260	21,9	3,4
Antonov	AN24	3C	1 600	29,2	8,8
Airbus	A220-100	3C	1 423	35,1	6,7
	A220-300	3C	1 797	35,1	6,7
	A318-100	3C	1 779	34,1	8,9
	A319-100 sans sharklets	3C	1 799	34,1	8,9
	A319-100 avec sharklets	3C	1 799	35,8	8,9
	A319neo	3C	1 735	35,8	8,9
	A320-200 sans sharklets <sup>3</sup>	3C	1 797	34,1	8,9
	A320-200 avec sharklets <sup>3</sup>	3C	1 797	35,8	8,9
	A320neo	3C	1 775	35,8	8,9

<i>Type d'avion</i>	<i>Modèle</i>	<i>Code</i>	<i>Longueur de terrain de référence de l'avion (m)</i>	<i>Envergure (m)</i>	<i>Largeur Hors tout du train principal (m)</i>
Boeing	B717-200	3C	1 670	28,4	5,4
	B737-600	3C	1 690	34,3	7,0
	B737-700	3C	1 598	34,3	7,0
	B737-800 <sup>3</sup>	3C	1 799	34,3	7,0
	B737-900 <sup>3</sup>	3C	1 799	34,3	7,0
	B737-7 <sup>3</sup>	3C	1 799	35,9	7,0
	B737-8 <sup>3</sup>	3C	1 799	35,9	7,0
	B737-9 <sup>3</sup>	3C	1 799	35,9	7,0
Convair	240	3C	1 301	28,0	8,4
	440	3C	1 564	32,1	8,6
	580	3C	1 341	32,1	8,6
	600	3C	1 378	28,0	8,4
	640	3C	1 570	32,1	8,6
Douglas	DC3	3C	1 204	28,8	5,8
	DC4	3C	1 542	35,8	8,5
	DC6A/6B	3C	1 375	35,8	8,5
	DC9-20	3C	1 551	28,5	6,0
Embraer	EMB-120 ER	3C	1 481	19,8	6,6
	EMB-170-100 STD	3C	1 431	26,0	6,3
	EMB-170-100 LR	3C	1 524	26,0	6,3
	EMB-170-200 LR/SU	3C	1 715	26,0	6,3
	EMB-190-100 STD	3C	1 614	28,7	7,2
	EMB-190-200 STD	3C	1 779	28,7	7,2
Fokker	F27-500	3C	1 670	29,0	7,9
	F27-600	3C	1 670	29,0	7,9
	F28-3000	3C	1 640	25,1	5,8
	F28-4000	3C	1 640	25,1	5,8
	F28-6000	3C	1 400	25,1	5,8
	F50	3C	1 355	29,0	8,0
	MD90	3C	1 798	32,9	6,2
SAAB	340A	3C	1 220	21,4	7,3
	340B	3C	1 220	22,8 <sup>4</sup>	7,3
	SAAB 2000	3C	1 340	24,8	8,9

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur Hors tout du train principal (m)
Airbus	A300 B2	3D	1 676	44,8	10,9
Bae	ATP	3D	1 540	30,6	9,3
DeHavilland Canada	DHC5D	3D	1 471	29,3	10,2
Bombardier Aero.	CRJ 100LR	4B	1 880	21,2	4,0
	CRJ 200LR	4B	1 850	21,2	4,0
Dassault Aviation	Falcon 20-5 (Retrofit)	4B	1 859	16,3	3,7
Embraer	EMB-145 LR	4B	2 269	20,0	4,1
Airbus	A320-200 sans sharklets	4C	2 111	34,1	8,9
	A320-200 avec sharklets	4C	2 108	35,8	8,9
	A321-200 sans sharklets	4C	2 513	34,1	8,9
	A321-200 avec sharklets	4C	2 513	35,8	8,9
	A321neo	4C	2 366	35,8	8,9
BAC	1-11-200	4C	1 884	27,0	5,2
	1-11-300	4C	2 484	27,0	5,2
	1-11-400	4C	2 420	27,0	5,2
	1-11-475	4C	2 286	28,5	5,4
	1-11-500	4C	2 408	28,5	5,2
Boeing	B727-100	4C	2 502	32,9	6,9
	B727-200	4C	3 176	32,9	6,9
	B737-100	4C	2 499	28,4	6,4
	B737-200	4C	2 295	28,4	6,4
	B737-300	4C	2 160	28,9	6,4
	B737-400	4C	2 550	28,9	6,4
	B737-500	4C	2 470	28,9	6,4
	B737-800	4C	2 090	34,3	7,0
	B737-900	4C	2 240	34,3	7,0
	B737-7	4C	2 375	35,9	7,0
	B737-8	4C	2 600	35,9	7,0
	B737-9	4C	3 100	35,9	7,0

<i>Type d'avion</i>	<i>Modèle</i>	<i>Code</i>	<i>Longueur de terrain de référence de l'avion (m)</i>	<i>Envergure (m)</i>	<i>Largeur Hors tout du train principal (m)</i>
Embraer	EMB-170-200 STD	4C	2 221	26,0	6,3
	EMB-170-200 LR	4C	2 221	28,7	6,3
	EMB-170-200 AR	4C	2 221	26,0	6,3
	EMB-190-100 LR	4C	2 064	28,7	7,2
	EMB-190-100 IGW	4C	2 220	28,7	7,2
	EMB-190-200 LR	4C	2 179	28,7	7,2
	EMB-190-200 AR	4C	2 383	28,7	7,2
Fokker	F100	4C	1 840	28,1	6,0
Gulfstream Aero	G V	4C	1 863	28,5	5,1
Douglas	DC9-10	4C	1 975	27,2	5,9
	DC9-15	4C	1 990	27,3	6,0
	DC9-20	4C	1 560	28,4	6,0
	DC9-30	4C	2 134	28,5	5,9
	DC9-40	4C	2 091	28,5	5,9
	DC9-50	4C	2 451	28,5	5,9
McDonnell Douglas	MD81	4C	2 290	32,9	6,2
	MD82	4C	2 280	32,9	6,2
	MD83	4C	2 470	32,9	6,2
	MD87	4C	2 260	32,9	6,2
	MD88	4C	2 470	32,9	6,2
Airbus	A300B4-200	4D	2 727	44,8	11,1
	A300-600R	4D	2 279	44,8	11,1
	A310-300	4D	2 350	43,9	11,0
Boeing	B707-300	4D	3 088	44,4	7,9
	B707-400	4D	3 277	44,4	7,9
	B720	4D	1 981	39,9	7,5
	B757-200	4D	1 980	38,1	8,6
	B757-300	4D	2 400	38,1	8,6
	B767-200	4D	1 981	47,6	10,8
	B767-300ER	4D	2 540	47,6	10,9
	B767-400ER	4D	3 130	51,9	10,8
	CL44D-4	4D	2 240	43,4	10,5

<i>Type d'avion</i>	<i>Modèle</i>	<i>Code</i>	<i>Longueur de terrain de référence de l'avion (m)</i>	<i>Envergure (m)</i>	<i>Largeur Hors tout du train principal (m)</i>
Ilyushin	18V	4D	1 980	37,4	9,9
	62M	4D	3 280	43,2	8,0
Lockheed	L100-20	4D	1 829	40,8	4,9
	L100-30	4D	1 829	40,4	4,9
	L188	4D	2 066	30,2	10,5
	L1011-1	4D	2 426	47,3	12,8
	L1011-100/200	4D	2 469	47,3	12,8
	L1011-500	4D	2 844	47,3	12,8
Douglas	DC8-61	4D	3 048	43,4	7,5
	DC8-62	4D	3 100	45,2	7,6
	DC8-63	4D	3 179	45,2	7,6
	DC8-71	4D	2 770	43,4	7,5
	DC8-72	4D	2 980	45,2	7,6
	DC8-73	4D	3 050	45,2	7,6
McDonnell Douglas	DC10-10	4D	3 200	47,4	12,6
	DC10-30	4D	3 170	50,4	12,6
	DC10-40	4D	3 124	50,4	12,6
Tupolev	TU134A	4D	2 400	29,0	10,3
	TU154	4D	2 160	37,6	12,4
Airbus	A330-200	4E	2 820	60,3	12,6
	A330-300	4E	2 776	60,3	12,6
	A340-200	4E	2 891	60,3	12,6
	A340-300	4E	2 989	60,3	12,6
	A340-500	4E	3 023	63,4	12,6
	A340-600	4E	3 189	63,4	12,6
	A350-900	4E	2 631	64,7	12,9
	A350-1000	4E	2 754	64,7	12,8
Boeing	B747-100	4E	3 060	59,6	12,4
	B747-200	4E	3 150	59,6	12,4
	B747-300	4E	3 292	59,6	12,4
	B747-400	4E	2 890	64,9 <sup>5</sup>	12,6
	B747-SR	4E	1 860	59,6	12,4

<i>Type d'avion</i>	<i>Modèle</i>	<i>Code</i>	<i>Longueur de terrain de référence de l'avion (m)</i>	<i>Envergure (m)</i>	<i>Largeur Hors tout du train principal (m)</i>
McDonnell Douglas	B747-SP	4E	2 710	59,6	12,4
	B777-200	4E	2 390	61,0	12,9
	B777-200ER	4E	3 110	61,0	12,9
	B777-300	4E	3 140	60,9	12,9
	B777-300ER	4E	3 120	64,8	12,9
	B787-8	4E	2 600	60,1	9,8
	B787-9	4E	2 800	60,1	9,8
	B787-10	4E	2 800	60,1	9,8
McDonnell Douglas	MD11	4E	3 130	52,0 <sup>5</sup>	12,6
Airbus	A380	4F	2 865	79,8	14,3
Boeing	B747-8	4F	2 956	68,4	12,7
	B777-9	4F	2 900 <sup>6</sup>	71,8	12,8

1. Au-dessus d'un obstacle de 15 m.
2. Avec réservoirs d'extrémité de voilure installés.
3. Masse au décollage maximale de remplacement : consulter le manuel de planification d'aéroport de l'avionneur ou l'exploitant.
4. Avec extrémités d'aile dépliés.
5. Ailettes d'extrémité.
6. Données préliminaires.

## **Appendice 2**

# **INFLUENCE DES VARIATIONS DES PENTES DE PISTE SUR LES LONGUEURS DE PISTE UTILISABLES AU DÉCOLLAGE**

### **1. INTRODUCTION**

1.1 L'Université de Californie a effectué sous les auspices de l'OACI une étude sur l'influence des variations des pentes de piste sur les longueurs de piste utilisables au décollage. Le présent appendice donne un bref résumé de l'objet et des résultats de l'étude.

1.2 L'étude avait pour objet :

- a) de déterminer l'influence des variations de pente sur les longueurs de piste pour un groupe représentatif d'avions de transport à réaction et à moteurs alternatifs ;
- b) d'examiner les méthodes utilisées pour calculer la correction de pente ;
- c) d'élaborer une méthode de correction qui tienne compte au mieux de l'influence des variations de pente.

### **2. AVIONS CHOISIS AUX FINS DE L'ÉTUDE**

Les avions suivants ont été choisis pour l'analyse comme étant assez représentatifs des types d'avions utilisés alors en aviation civile : DC-6B, Vanguard, DC-8 et DC-9. Ces avions étaient représentatifs des avions à moteurs alternatifs, à turbopropulseurs, à turboréacteurs et à turbosoufflantes.

### **3. HYPOTHÈSES ADOPTÉES AUX FINS DE L'ÉTUDE**

#### **Altitude d'aérodrome**

3.1 Les manuels de vol des avions rapportent la longueur de la piste à l'altitude-pression plutôt qu'à l'altitude géographique. Dans l'étude, il a été admis que les deux étaient identiques.

#### **Température d'aérodrome**

3.2 Les températures utilisées aux fins de l'étude étaient les températures en atmosphère type aux altitudes choisies, c'est-à-dire au niveau de la mer et à 300 m, ainsi qu'une température de 32 °C correspondant à une journée chaude à chacune de ces deux altitudes.

### Vent

3.3 Il a été admis un vent nul à la surface de la piste.

### État de la surface de la piste

3.4 L'étude ne tenait compte ni des irrégularités de la surface de la piste ni du cas de faible coefficient de frottement. Il a été admis que la surface de la piste était sèche.

### Pente longitudinale de la piste

3.5 Lors de la considération des profils longitudinaux de piste à analyser, il a été tenu compte des contraintes exposées en détail à l'Annexe 14, 4<sup>e</sup> édition, qui était l'édition en vigueur à l'époque, à savoir :

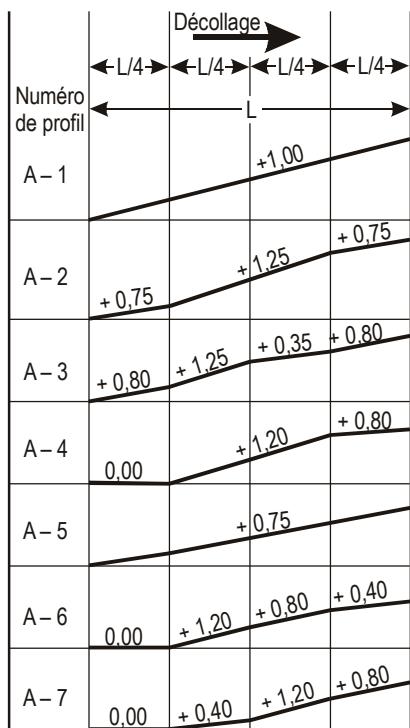
- a) la pente obtenue en divisant la différence entre les niveaux maximal et minimal le long de l'axe de piste par la longueur de la piste ne devrait pas dépasser 1 % ;
- b) aucune portion de la piste ne devrait présenter une pente longitudinale dépassant 1,25 % lorsque la longueur de base de la piste<sup>\*</sup> est égale ou supérieure à 1 800 m et 1,5 % lorsque la longueur de base de la piste est inférieure à 1 800 m ;
- c) entre deux pentes consécutives, le changement de pente ne devrait pas excéder 1,5 % ;
- d) pour les pistes dont la longueur est égale ou supérieure à 1 800 m, la pente sur les premier et dernier quarts de la longueur de la piste ne devrait pas dépasser 0,8 % ;
- e) lorsqu'ils sont inévitables, les changements de pente longitudinale devraient être tels que tout point situé à 3 m au-dessus de la piste soit visible de tout autre point situé également à 3 m au-dessus de la piste à une distance au moins égale à la moitié de la longueur de la piste ;
- f) le passage d'une pente à une autre devrait être réalisé par des courbes de raccordement le long desquelles la pente ne varie pas de plus de :
  - 1) 0,1 % par 30 m lorsque la longueur de base de la piste est égale ou supérieure à 1 800 m ;
  - 2) 0,2 % par 30 m lorsque la longueur de base de la piste est inférieure à 1 800 m.

Les courbes verticales n'ont pas été utilisées dans les profils d'étude, car leur effet sur la longueur de piste a été jugé négligeable.

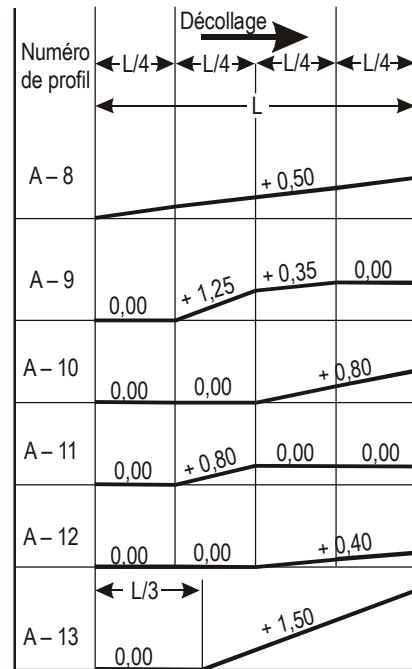
3.6 Compte tenu des restrictions énumérées ci-dessus, plusieurs profils ont été retenus en vue de l'étude et sont reproduits à la Figure A2-1. Ces profils ont été groupés en quatre catégories principales désignées par les lettres A, B, C et D. Les profils du type A sont des pentes ascendantes ; ceux du type B sont des pentes descendantes ; ceux du type C sont des profils convexes (montée-descente) ; et ceux du type D sont des profils concaves (descente-montée). La majorité des profils illustrés à la Figure A2-1 sont du type A (montée) et les pentes du premier et du dernier quart ne dépassent pas 0,8 %.

---

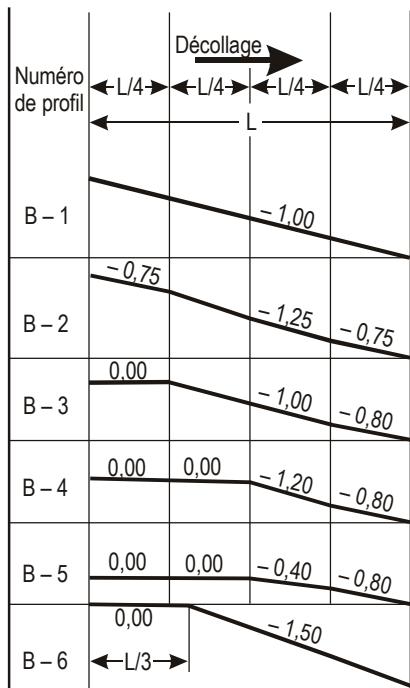
\* L'ancien code de référence d'aérodrome dans l'Annexe 14 était fondé sur la longueur de base d'une piste, définie comme étant la longueur de piste, choisie à des fins de planification d'aérodrome, qui est nécessaire pour le décollage ou l'atterrissement dans les conditions correspondant à l'atmosphère type, à l'altitude zéro, avec vent nul et pente de piste nulle.



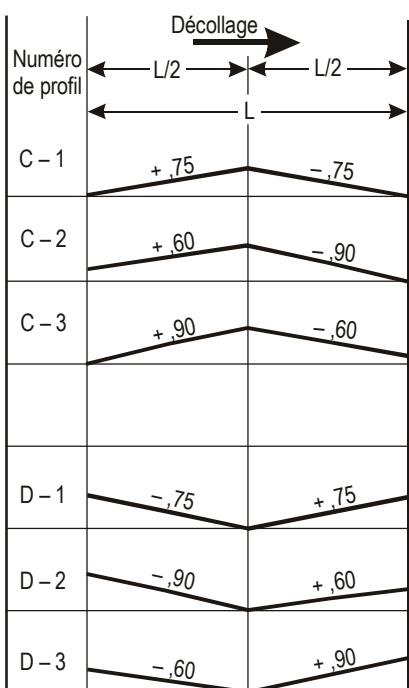
a)



b)



c)



d)

Figure A2-1. Profils choisis pour l'étude

#### 4. DÉFINITION D'UNE PENTE ÉQUIVALENTE UNIQUE

On a choisi aux fins de comparaison un certain nombre d'indices de pente équivalente pour définir des profils non uniformes, afin de pouvoir illustrer une pente variable au moyen d'une pente équivalente unique. Les quatre indices suivants ont été comparés :

Indice n° 1 La pente moyenne, qui est le quotient de la différence d'altitude entre les extrémités de la piste par la longueur de la piste (appelée ici indice n° 1 de la pente de piste).

Indice n° 2 La pente équivalente, utilisée aux États-Unis, qui est la distance entre le point le plus bas et le point le plus élevé de la piste, divisée par la longueur de celle-ci (appelée ici indice n° 2 de la pente de piste).

Indice n° 3 La pente équivalente pour le décollage, qui divise la piste en quatre segments égaux, détermine la pente moyenne de chaque segment et les pentes elles-mêmes comme suit :

$$G_e = \frac{G_1 + G_2 + 2G_3 + 4G_4}{8} \quad (\text{appelée ici indice n° 3 de pente de piste})$$

$G$  étant la pente moyenne d'un quart de piste.

Indice n° 4 Indice n° 3 modifié comme suit :

$$G_e = \frac{G_1 + 1\frac{1}{3}(G_2) + 2\frac{1}{3}(G_3) + 3\frac{1}{3}(G_4)}{8} \quad (\text{appelée ici indice n° 4 de pente de piste})$$

On remarquera que les indices n° 3 et n° 4 traduisent la plus grande influence de la pente de la piste sur la partie de la distance de décollage qui est parcourue à grande vitesse.

#### 5. CONCLUSIONS

Les conclusions suivantes ressortent de l'étude :

- a) les données disponibles montrent que les indices n° 1 et n° 4 décrivent mieux l'influence des variations de profil des pistes que les indices n° 2 et n° 3 ;
- b) pour les avions à réaction, l'indice n° 1 permet de décrire convenablement l'influence d'une variation de pente sur la longueur de la piste. Pour les avions à moteurs alternatifs, l'indice n° 4 donne de meilleurs résultats que les autres indices essayés ;
- c) la correction est plus grande pour les avions à moteurs alternatifs que pour les avions à réaction ;
- d) la grandeur des corrections positives est supérieure à celle des corrections négatives ;
- e) pour tous les avions visés par l'étude, l'influence d'une augmentation d'altitude de 300 m sur la correction de piste s'est révélée négligeable ;
- f) l'étude indique qu'un perfectionnement des méthodes utilisées au § 4.1 pour calculer l'indice de pente de piste ne se justifiait pas aux fins de la planification des longueurs de piste.

## **6. RECOMMANDATIONS**

6.1 Lorsque la longueur de piste doit répondre surtout aux besoins des avions à réaction, il est recommandé d'utiliser l'indice n° 1 et d'apporter la correction ci-après à la longueur de piste horizontale requise :

$$\text{Pourcentage de correction de la longueur de piste} = 1,0 + 6,0 \text{ (indice n° 1)}$$

où l'indice de pente peut avoir une valeur positive ou négative. Ceci ne s'appliquerait qu'aux pistes non horizontales.

6.2 Lorsque la longueur de piste doit répondre surtout aux besoins des avions à moteurs alternatifs, il est recommandé d'utiliser l'indice n° 4 de pente de piste et d'apporter les corrections ci-après à la longueur de piste horizontale requise :

Pour des valeurs positives de l'indice :

$$\text{Pourcentage de correction de la longueur de piste} = 12,0 \text{ (indice n° 4)}$$

Pour des valeurs négatives de l'indice :

$$\text{Pourcentage de correction de la longueur de piste} = 8,0 \text{ (indice n° 4)}$$

6.3 Si l'on ne désire utiliser qu'un seul indice de pente de piste pour tous les types d'avions, il est recommandé d'utiliser l'indice n° 4 et d'apporter les corrections suivantes :

Pour des valeurs positives de l'indice :

$$\text{Pourcentage de correction de la longueur de piste (avions à réaction)} = 7,0 \text{ (indice n° 4)}$$

$$\text{Pourcentage de correction de la longueur de piste (avions à moteurs alternatifs)} = 12,0 \text{ (indice n° 4)}$$

Pour les valeurs négatives de l'indice :

$$\text{Pourcentage de correction de la longueur de piste (avions à réaction)} = 4,0 \text{ (indice n° 4)}$$

$$\text{Pourcentage de correction de la longueur de piste (avions à moteurs alternatifs)} = 8,0 \text{ (indice n° 4)}$$

---



## **Appendice 3**

# **COURBES ET TABLES DE PERFORMANCES UTILISÉES DANS LA PLANIFICATION DES PISTES**

### **1. INTRODUCTION**

1.1 Des critères de longueur de piste faisant partie des renseignements généraux relatifs à la planification des aéroports ont été établis sous forme de courbes et de tables de performances d'atterrissement et de décollage. Une courbe de performances d'atterrissement est un diagramme propre à un avion donné, fondé sur les possibilités de performances de l'avion en question et qui définit la relation entre la masse à l'atterrissement de l'avion, l'altitude de l'aérodrome et la longueur de piste nécessaire à l'atterrissement. Une courbe de performances de décollage est un diagramme propre à un avion donné fondé sur ses possibilités de performances, qui définit la relation entre la masse à l'atterrissement de l'avion ou la distance de vol, l'altitude de l'aérodrome et la longueur de piste nécessaire au décollage.

1.2 Les tables de performances des avions servent à des fins analogues à celles des courbes. À la différence de ces dernières qui exposent sous une forme graphique la relation entre les facteurs opérationnels et les longueurs de piste, les tables de performances présentent ces relations sous forme tabulaire.

1.3 La Circulaire consultative AC 150/5325-4B intitulée *Runway Length Requirements for Airport Design* publiée par la Federal Aviation Administration (FAA) (États-Unis) contient des données sur les besoins des avions les plus courants en matière d'atterrissement et de décollage qui peuvent être utiles pour la planification des pistes. Les données sont présentées sous forme de courbes et de tables de performances. La circulaire comporte des exemples accompagnés d'instructions sur la façon d'utiliser les courbes et les tables de performances, ainsi qu'une analyse des facteurs pris en considération lors de leur établissement. La relation entre l'altitude, la température, la masse de l'avion et les longueurs de piste présentées dans les courbes et les tables est fondée sur les données d'essais en vol et d'exploitation, à l'exception des données préliminaires de performances qui sont fondées sur des données opérationnelles estimées.

1.4 Il est également possible de trouver des courbes de performances d'avions aux fins de la planification des pistes dans des documents destinés aux planificateurs d'aéroports qui donnent les caractéristiques des avions. Ces documents sont publiés dans un format normalisé par les constructeurs avec le concours des compagnies aériennes et des autorités aéroportuaires. Ils contiennent des renseignements de base sur les types d'avions actuels qui constitueront probablement la majeure partie du parc aérien international au cours des prochaines années.

### **2. PARAMÈTRES UTILISÉS DANS LES COURBES ET TABLES DE PERFORMANCES**

#### **Généralités**

2.1 En plus des éléments fondamentaux de conception des avions, et notamment des caractéristiques aérodynamiques et de propulsion, les facteurs qui influent sur la longueur de piste nécessaire comprennent la configuration de l'avion, sa masse, l'atmosphère (pression, température et humidité relative de l'air ambiant), la pente et

l'état de la piste, et le vent. Toutefois, lorsqu'on établit des courbes et des tables de performances de décollage et d'atterrissement, il est d'usage de les fonder sur une humidité relative type et une pente de piste nulle.

### Types d'avions

2.2 Les différences que présentent les conditions de certification et les besoins d'exploitation des divers types d'avions actuels exigent que l'on étudie séparément la longueur de piste nécessaire à chaque avion sur chaque aérodrome. Il y a lieu d'étudier les longueurs de piste nécessaires aussi bien au décollage qu'à l'atterrissement, pour déterminer celle qui est la plus grande.

### Configuration de l'avion

2.3 Par configuration de l'avion, il faut entendre la position des divers éléments qui modifient ses caractéristiques aérodynamiques. Les éléments suivants influencent les performances de l'avion :

- a) *Volets et autres dispositifs hypersustentateurs.* En établissant les courbes de performances des avions (pour les distances de décollage et d'atterrissement), la FAA a admis que les volets (et le cas échéant, les autres dispositifs hypersustentateurs tels que les volets à fentes, les bords d'attaque inclinables, etc.) se trouvaient dans la position normale pour la masse, la température et l'altitude de l'avion.
- b) *Aérofreins et autres dispositifs augmentateurs de traînée.* Pour établir les courbes et les tables de performances d'atterrissement, la FAA a admis que les aérofreins et les autres dispositifs augmentateurs de traînée, le cas échéant, se trouvaient dans la position normale pour la masse et l'altitude de l'avion.
- c) *Autres dispositifs.* L'emploi d'un dispositif de dégivrage et d'essuie-glace, la position des volets de capot, etc., influent également sur la longueur de piste nécessaire. Pour établir les courbes et les tables de performances, la FAA a admis que ces dispositifs se trouvaient dans la position qui requiert la longueur de piste la plus faible.

### Atmosphère

2.4 L'atmosphère influe sensiblement sur la longueur de piste nécessaire. L'atmosphère se caractérise par une combinaison de valeurs de pression, de température et de densité.

- a) *Altitude.* D'une manière générale, à mesure qu'on s'élève par rapport au niveau de la mer, la pression et la densité de l'air diminuent, ce qui entraîne une diminution de la portance pour une vitesse vraie donnée, une diminution de la puissance et, le cas échéant, une diminution de l'efficacité de l'hélice. L'effet conjugué de ces diminutions est une augmentation du temps nécessaire pour atteindre la vitesse requise pour obtenir la portance voulue ; ainsi, la longueur de piste nécessaire au décollage d'un avion donné augmente progressivement avec l'altitude des aérodromes qu'il utilise. De même, à haute altitude, les vitesses vraies d'atterrissement sont plus grandes et la densité moindre de l'air réduit la traînée qui contribue à la décélération pendant que l'avion roule au sol à l'atterrissement. Dans les courbes et les tables de performances, la longueur de piste nécessaire est indiquée pour des altitudes-pressions variables (définies par l'atmosphère type OACI), de même que dans les manuels de vol de l'avion, mais les altitudes-pressions portent le nom d'altitude de l'aérodrome. Cette substitution est justifiée par la similitude de l'altitude-pression moyenne et de l'altitude d'un lieu donné. Comme, de surcroît, il est fort peu probable que se trouvent réunies simultanément une altitude-pression maximale (pression minimale) et une température moyenne maximale (température de

référence de l'aérodrome), on risque, en utilisant à la fois l'altitude et la température maximales, d'obtenir une longueur de piste peu justifiée du point de vue économique.

- b) *Température.* Les performances d'un avion dépendent de plusieurs facteurs, dont l'un des plus importants est la température. À une pression donnée, l'élévation de la température entraîne une réduction de la densité de l'air, ce qui a un effet préjudiciable sur les avions à moteurs alternatifs comme sur les avions à réaction. Cet effet est généralement maximal au décollage, surtout pour les avions à turboréacteurs. Le rendement des turboréacteurs dépend en partie de la différence entre la température de l'air extérieur et la température maximale qui peut être atteinte dans la chambre de combustion. Lorsque la température extérieure augmente au-delà d'une certaine valeur qui dépend de l'altitude, le rendement du moteur et par conséquent, les performances de l'avion, diminuent. Il convient de ne pas utiliser une température inférieure à la température de référence de l'aérodrome, définie au Chapitre 2 de l'Annexe 14. L'effet de la température est sensiblement plus marqué sur la distance de décollage (et sur la distance de roulement au décollage) que sur la distance d'atterrissage. En outre, la distance d'atterrissage indiquée dans le manuel de vol est généralement multipliée par un coefficient d'exploitation de l'ordre de 1,67. Comme l'influence de la température, prise isolément, sur la distance du roulement à l'atterrissage est beaucoup plus faible, on ne tient compte d'ordinaire que de l'influence de la pression atmosphérique ambiante (en considérant que la température est celle de l'atmosphère type) sur la distance d'atterrissage. Toutefois, les distances de décollage (et les distances de roulement au décollage) sont déterminées compte tenu de l'influence de la température de l'air ambiant.

### Vent

2.5 L'aérodrome doit être conçu de façon à recevoir les avions dans la plupart des conditions de vent normales. Ce qui est un vent arrière sur une piste est un vent debout sur une piste de sens opposé. La longueur de piste augmente avec le vent arrière, aussi lorsque l'on emploie la notion de piste bidirectionnelle (c'est-à-dire en utilisant théoriquement un vent debout dans toutes les circonstances pour établir la longueur de piste), c'est la condition de vent nul qui est critique tant pour le décollage que pour l'atterrissage. Toutefois, cela impose un changement du sens d'utilisation de la piste chaque fois que le vent tourne et la longueur de piste n'est pas suffisante pour les mouvements qui seraient effectués par un vent arrière du fait de l'utilisation préférentielle de la piste. Ce problème se complique encore du fait que jusqu'à une vitesse de 9,2 km/h (5 kt), le vent est qualifié de « calme ». Les courbes et les tables de performances d'atterrissage établies par la FAA sont ordinairement fondées sur un vent arrière de 9,2 km/h (5 kt), pour tenir compte de la souplesse qu'exige l'exécution des atterrissages. En revanche, les courbes et les tables de performances de décollage de la FAA sont établies pour un vent nul. Dans les documents destinés aux planificateurs d'aéroports qui donnent les caractéristiques des avions, les courbes de performances de décollage sont établies pour un vent nul et les courbes de performances d'atterrissage pour un vent nul à une hauteur de 15 m (50 ft).

### Masse de l'avion

2.6 Plus l'avion est lourd, plus longue est la distance dont il a besoin pour décoller ou atterrir. La masse d'un avion est constituée par trois éléments principaux :

- a) la masse à vide en ordre d'exploitation, qui comprend :
- 1) la masse de l'avion à vide ;
  - 2) la masse des membres de l'équipage, de leurs bagages, de l'huile moteur et de l'équipement d'urgence amovible ;

- 3) la masse du carburant et des lubrifiants non utilisables ;
- b) la charge payante ;
- c) la charge de carburant.

Les éléments b) et c) se dispensent d'explications.

Le total de la masse à vide en ordre d'exploitation et de la charge payante est variable et devra peut-être être étudié selon les conditions locales. Aux fins de l'exploitation, cette masse est souvent appelée « masse sans carburant », et la valeur maximale est donnée sous forme de limite structurale dans le manuel de vol.

2.7 Dans les tables de performances de la FAA, les longueurs de piste nécessaires sont directement liées à la masse en ordre d'exploitation des avions. Cependant, sur les courbes de performances, les longueurs de piste nécessaires peuvent être fonction de la longueur des étapes de vol. Ces courbes ont été établies en admettant que les avions décollent avec la charge utile maximale compte tenu des circonstances. Si la masse au décollage n'est pas limitée par l'une des conditions énumérées au § 2.11, alinéa b), la charge utile peut être aussi élevée que le permet la structure de l'avion, c'est-à-dire qu'elle peut être égale à la masse sans carburant diminuée de la masse à vide en ordre d'exploitation. Si par contre, la masse au décollage est limitée par une de ces conditions, il faut réduire la charge utile. Les courbes tiennent compte de cette éventualité.

2.8 L'Annexe 6, 1<sup>re</sup> Partie, Chapitre 4, précise la quantité de carburant que doivent emporter les avions dans deux cas :

- a) s'il est nécessaire de prévoir un aérodrome de dégagement à destination ;
- b) s'il n'est pas nécessaire de prévoir un aérodrome de dégagement à destination.

Seul le cas b) a été pris en considération dans les courbes de performances de la FAA. Aux termes de l'Annexe 6, un vol ne doit être entrepris dans ce cas que si, compte tenu des conditions météorologiques et des retards prévus pour le vol, l'avion emporte une quantité de carburant suffisante pour effectuer ce vol avec sécurité. En outre, il devra emporter une réserve supplémentaire lui permettant d'atteindre un aérodrome de dégagement et de faire face à des besoins imprévus. Pour satisfaire à ces dispositions, la réserve de carburant doit normalement être suffisante pour permettre à l'avion :

- a) s'il s'agit d'un avion à hélices, d'atteindre l'aérodrome d'atterrissement prévu et, de là, l'aérodrome de dégagement le plus critique (du point de vue de la consommation de carburant) spécifié dans le plan de vol exploitation, puis de voler pendant 45 minutes ;
- b) s'il s'agit d'un avion équipé de turboréacteurs, d'atteindre l'aérodrome de destination, d'exécuter une approche et une approche interrompue à cet aérodrome ; puis
  - 1) d'atteindre l'aérodrome de dégagement spécifié dans le plan de vol, puis
  - 2) de voler pendant 30 minutes à la vitesse d'attente, à 450 m (1 500 ft) au-dessus de l'aérodrome de dégagement dans les conditions de température de l'atmosphère type, d'exécuter une approche et d'atterrir ; puis
  - 3) d'avoir une réserve supplémentaire de carburant jugée suffisante par l'État de l'exploitant pour tenir compte de l'augmentation de consommation qui peut résulter de l'une ou l'autre des

éventualités énumérées ci-dessous et spécifiées par l'exploitant, pour faire face aux éventualités suivantes :

- i) conditions météorologiques prévues ;
- ii) acheminement prévu par le contrôle de la circulation aérienne et retards prévus en raison de la circulation aérienne ;
- iii) une approche aux instruments à l'aérodrome de destination, y compris une approche interrompue ;
- iv) procédures prescrites dans le manuel d'exploitation en cas de dépressurisation ou de défaillance d'un groupe motopropulseur en route ;
- v) toute autre circonstance qui pourrait retarder l'atterrissement de l'avion ou augmenter la consommation de carburant ou d'huile.

L'Annexe 6 précise également la quantité de carburant nécessaire dans le cas où l'avion se rend directement à l'aérodrome de dégagement sans survoler l'aérodrome d'atterrissement prévu. Ce cas ne présente pas un intérêt primordial pour les ingénieurs d'aérodrome et il a été négligé dans les courbes FAA de performances des avions.

2.9 Afin d'évaluer la quantité de carburant nécessaire, on a déterminé statistiquement dans les courbes FAA de performances un taux moyen représentatif de la consommation pour chaque type d'avion en établissant la moyenne de la quantité de carburant consommée par unité de distance et par unité de temps de vol. Il est justifié d'utiliser cette moyenne aux fins de la conception des aérodromes, étant donné que le taux est pratiquement constant pour chaque type d'avion et que l'on n'a constaté aucun écart important sur une grande variété de longueurs d'étape différentes. Dans le cas des courbes de performances de décollage, l'échelle des distances a été établie en fonction de ce taux moyen représentatif de la consommation de carburant.

2.10 Dans les courbes FAA de performances des avions, la distance entre l'aérodrome de destination et un aérodrome de dégagement a été comptée uniformément comme correspondant à un vol de 30 minutes. En outre, il a été tenu compte de la quantité de carburant nécessaire pour un vol de 45 minutes, effectué à une altitude moyenne. La quantité de carburant nécessaire pour qu'un avion à turboréacteurs vole pendant 45 minutes à l'altitude moyenne et à la vitesse moyenne est considérée comme étant presque équivalente à celle qui est nécessaire pour un vol de 30 minutes à la vitesse d'attente, à 450 m (1 500 ft) au-dessus d'un aérodrome. Enfin, le taux moyen représentatif de la consommation a été obtenu en divisant la consommation effective par la distance parcourue et par le temps de vol commercial (cale à cale) ; par conséquent, ce taux comprend donc, dans les conditions moyennes, les facteurs énumérés au § 2.8 3), alinéa b) ci-dessus.

2.11 Les masses au décollage et à l'atterrissement calculées ne devraient pas être supérieures aux limites ci-après :

- a) Masse à l'atterrissement. Les avions atterrissent à une masse ne dépassant pas la masse maximale à l'atterrissement, qui peut être limitée par l'un des deux facteurs suivants :
  - 1) Limites structurales. La masse maximale à l'atterrissement fondée sur des limites structurales est constante, quels que soient les paramètres opérationnels tels que la température et le vent.
  - 2) Performances de montée. La masse maximale à l'atterrissement fondée sur les limites relatives à la montée varie avec l'altitude-pression et la température. Tout accroissement de l'altitude-pression ou de la température diminue la masse maximale admissible à l'atterrissement.

- b) Masse au décollage. Les avions décollent à une masse brute ne dépassant pas la masse maximale au décollage, qui peut être limitée par l'un des cinq facteurs suivants :
- 1) Limites structurales. Les masses maximales au décollage fondées sur les limites structurales sont constantes, quels que soient les paramètres d'altitude-pression, de température, de vent et de pente de piste.
  - 2) Performances de montée. La masse maximale au décollage fondée sur les limites relatives à la montée varie avec l'altitude-pression et la température de l'aérodrome. Tout accroissement de l'altitude-pression ou de la température diminue la masse admissible au décollage.
  - 3) Vitesse des pneus. La masse maximale au décollage fondée sur les limites relatives à la vitesse des pneus varie avec l'altitude-pression, la température et le vent arrière. Tout accroissement de l'un de ces facteurs, ou d'une combinaison d'entre eux, diminue la masse maximale admissible au décollage.
  - 4) Masse maximale à l'atterrissement. La masse au décollage moins la masse du carburant consommé pour atteindre l'aérodrome d'atterrissement prévu ne doit pas dépasser la masse maximale d'atterrissement à cet aérodrome, afin d'assurer un atterrissage sûr après un vol normal (voir Annexe 6, 1re Partie, § 5.2).
  - 5) Franchissement des obstacles. La masse maximale au décollage fondée sur les limites relatives au franchissement des obstacles dépend de l'emplacement et de la hauteur des obstacles au voisinage des extrémités de piste. Les courbes FAA de performances des avions sont fondées sur l'hypothèse qu'il n'existe aucun obstacle qui pourrait influer défavorablement sur les mouvements des avions.

#### **État de la surface des pistes**

2.12 Il faut prévoir une plus grande longueur de piste pour le décollage et pour l'atterrissement si la piste est recouverte de neige, de neige fondante, de glace ou d'eau. Sauf indication contraire, il a été admis dans les courbes FAA de performances des avions une surface de piste en dur sèche. Par contre, on a admis dans les tables pour les distances d'atterrissement une piste humide et il n'y a pas lieu de faire d'autres corrections de la longueur si la piste est mouillée. Dans les documents destinés aux planificateurs d'aéroports qui donnent les caractéristiques des avions, les courbes de performances d'atterrissement sont établies pour des surfaces de piste sèches et humides.

## Appendice 4

# AIRES DE DEMI-TOUR SUR PISTE

### 1. INTRODUCTION

L'Annexe 14, Volume I, prévoit que des aires de demi-tour seront aménagées sur les pistes des aéroports qui ne sont pas desservies par des voies de circulation afin de faciliter le dégagement des aéronefs à l'atterrissement. Une aire de demi-tour est définie comme une aire sur un aérodrome terrestre, contiguë à une piste, permettant aux avions d'effectuer un virage à 180° sur la piste lorsqu'il n'existe pas de voies de circulation. Le revêtement complémentaire de l'aire de demi-tour a pour but d'accroître la sécurité et la facilité du demi-tour des aéronefs, tout en améliorant la capacité des aéroports. Avec une planification minutieuse, des éléments peuvent être ajoutés aux voies de circulation progressivement et parallèlement à la croissance du trafic (voir la Figure A4-1).

### 2. EMPLACEMENT

Les aires de demi-tour sur piste devraient être placées des deux côtés de la piste, en prolongement de la chaussée, à chacune des extrémités de piste et, si on le juge nécessaire, à des points intermédiaires.

### 3. CONCEPTION

3.1 Pour faciliter le roulement des aéronefs sur l'aire de demi-tour à partir de la piste, l'angle d'intersection de l'aire de demi-tour avec la piste ne devrait pas être supérieur à 30°. La largeur totale de l'aire de demi-tour et de la piste devrait être telle que l'angle de braquage du train avant de l'appareil pour lequel est conçue l'aire de demi-tour ne soit pas supérieur à 45°. L'aire de demi-tour devrait être conçue de façon que lorsque le poste de pilotage d'un appareil se situe à la verticale des marques de l'aire, la marge entre les roues extérieures de l'atterrisseur principal de l'avion et le bord de l'aire de demi-tour ne sera pas inférieure à la valeur spécifiée dans l'Annexe 14, Volume I. On trouvera à la Figure A4-2 un exemple du type de chaussée requise pour qu'un aéronef dont la lettre de code est A puisse effectuer un virage de 180° sur une piste large de 30 m. Des exemples de conception d'aires de demi-tour sur pistes sont donnés dans les Figures A4-3 à A4-7.

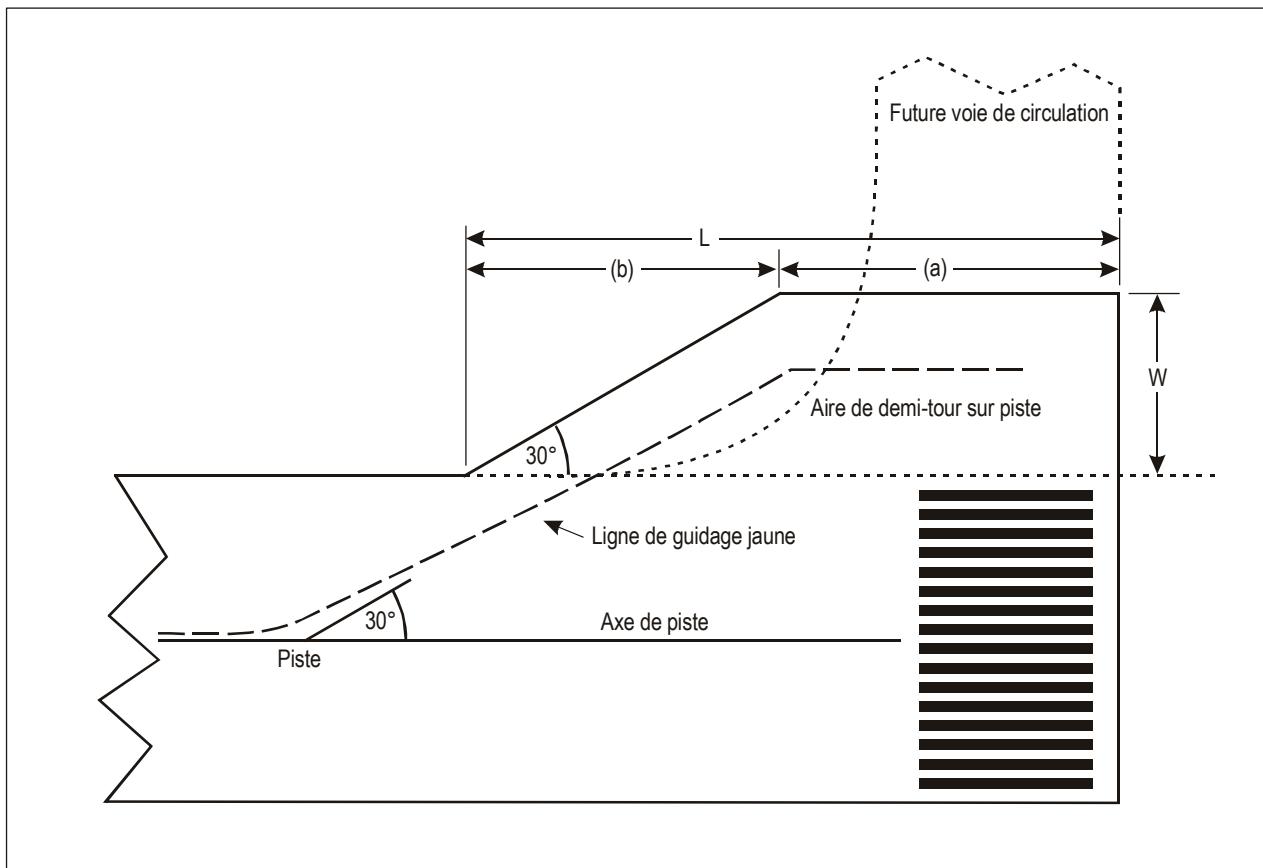
3.2 Lorsque les conditions météorologiques sont difficiles (pluie et/ou neige) et qu'il en résulte une diminution du frottement, il conviendrait de prévoir une marge supérieure (7 m) entre les roues extérieures et le bord de l'aire de demi-tour pour les avions aux lettres de code E et F. Toutefois, le revêtement d'une aire de demi-tour devrait être conçu de manière à assurer une qualité de frottement suffisante pour les avions qui l'utilisent par temps de pluie, et la déclivité devrait empêcher la stagnation de l'eau et faciliter le drainage. Des pentes longitudinales et transversales appropriées contiguës aux pentes des pistes associées, et n'excédant pas 1 %, devraient être aménagées.

3.3 La résistance de la chaussée de l'aire de demi-tour devrait être au moins équivalente à celle de la piste desservie par l'aire de demi-tour, et elle devrait pouvoir supporter les contraintes plus élevées d'un avion se déplaçant lentement et effectuant des virages serrés. Dans le cas de chaussées souples, la surface devra pouvoir résister aux efforts de cisaillement horizontal exercés par les roues du train principal des avions pendant les virages.

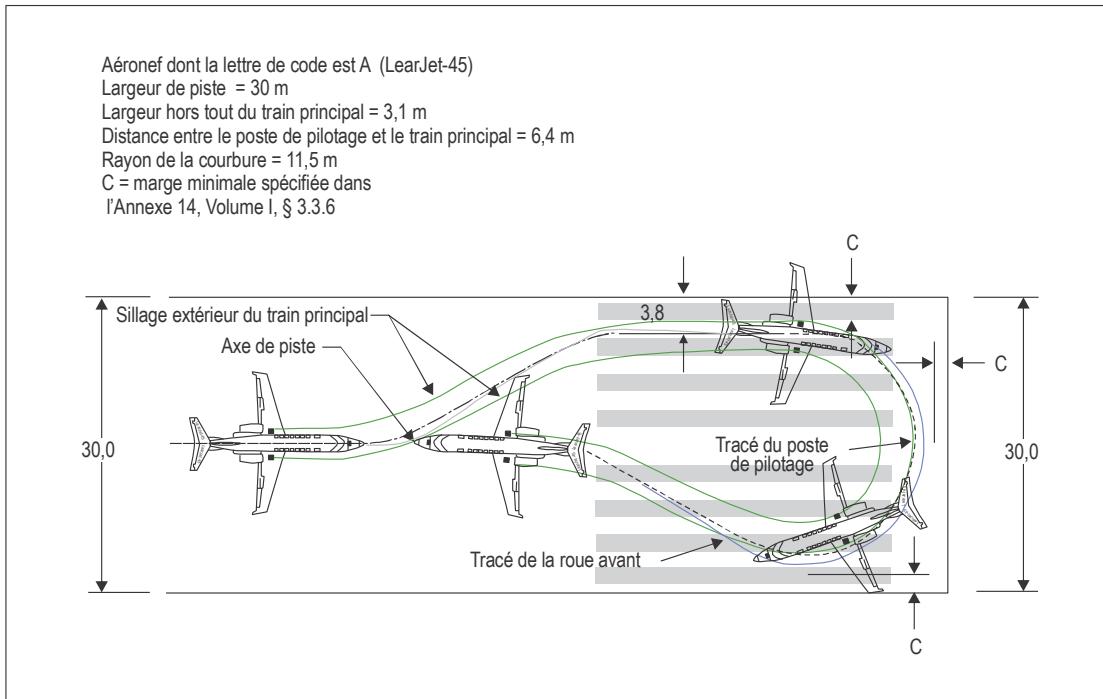
#### 4. ACCOTEMENTS

4.1 Les aires de demi-tour sur piste devraient être dotées d'accotements d'une largeur suffisante pour empêcher l'érosion de la surface par l'avion effectuant le virage et les dommages occasionnés aux moteurs par l'aspiration des débris. La largeur des accotements devra au moins être égale à celle du moteur extérieur de l'avion qui présente les contraintes les plus élevées ; elle pourrait donc être supérieure à celle des accotements de la piste associée.

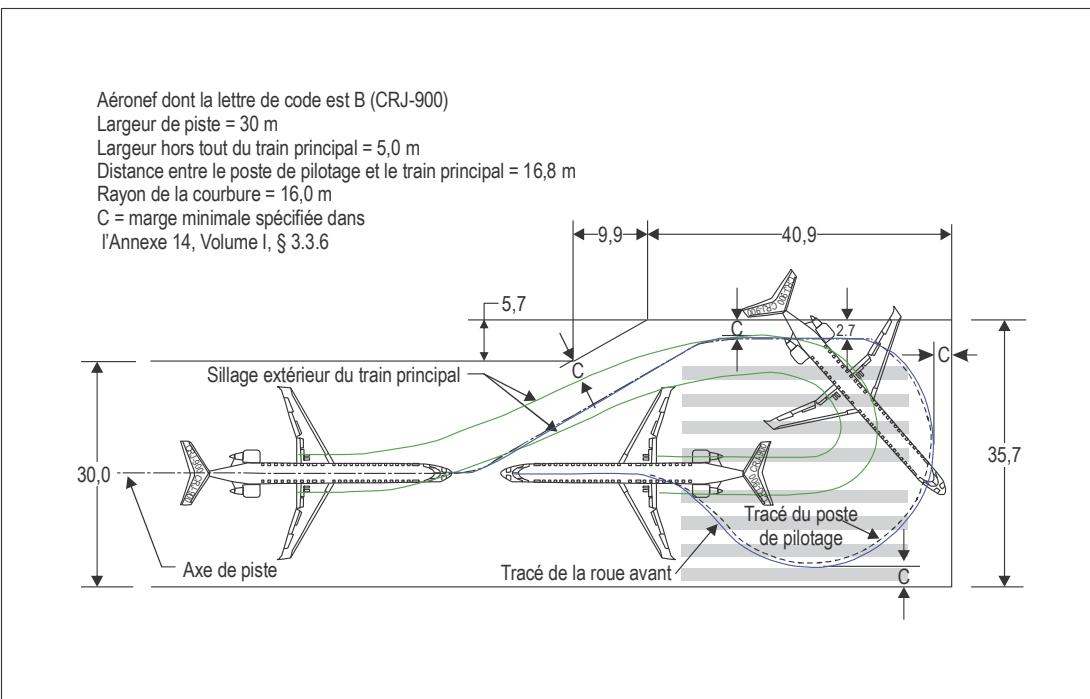
4.2 Les accotements d'une aire de demi-tour sur piste devraient pouvoir résister au passage occasionnel de l'avion pour lequel l'aire a été prévue sans que cet avion subisse de dommages structurels, de même pour les véhicules terrestres qui pourraient être amenés à y circuler.



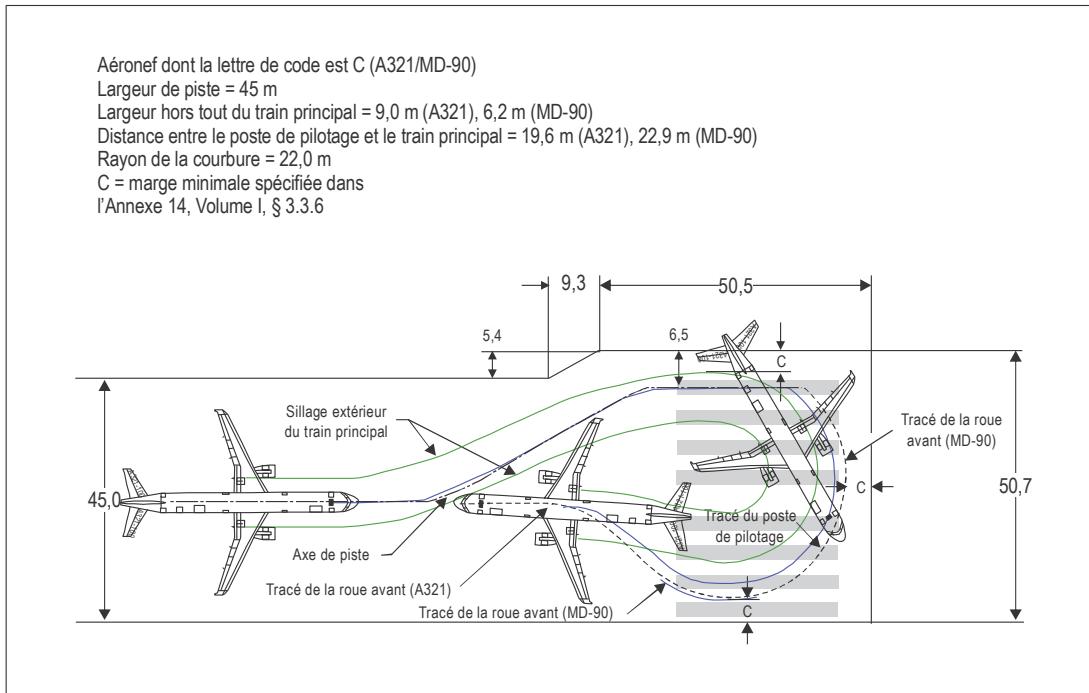
**Figure A4-1. Plan type d'une aire de demi-tour sur piste**



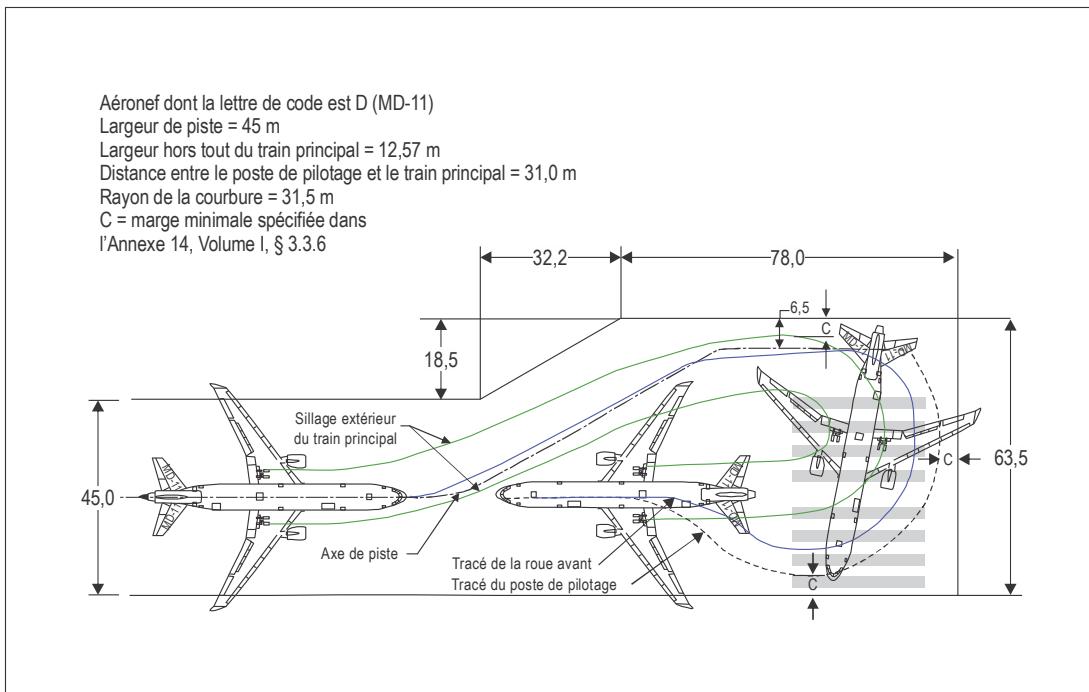
**Figure A4-2. Chaussée nécessaire pour effectuer un demi-tour — Aéronef dont la lettre de code est A**



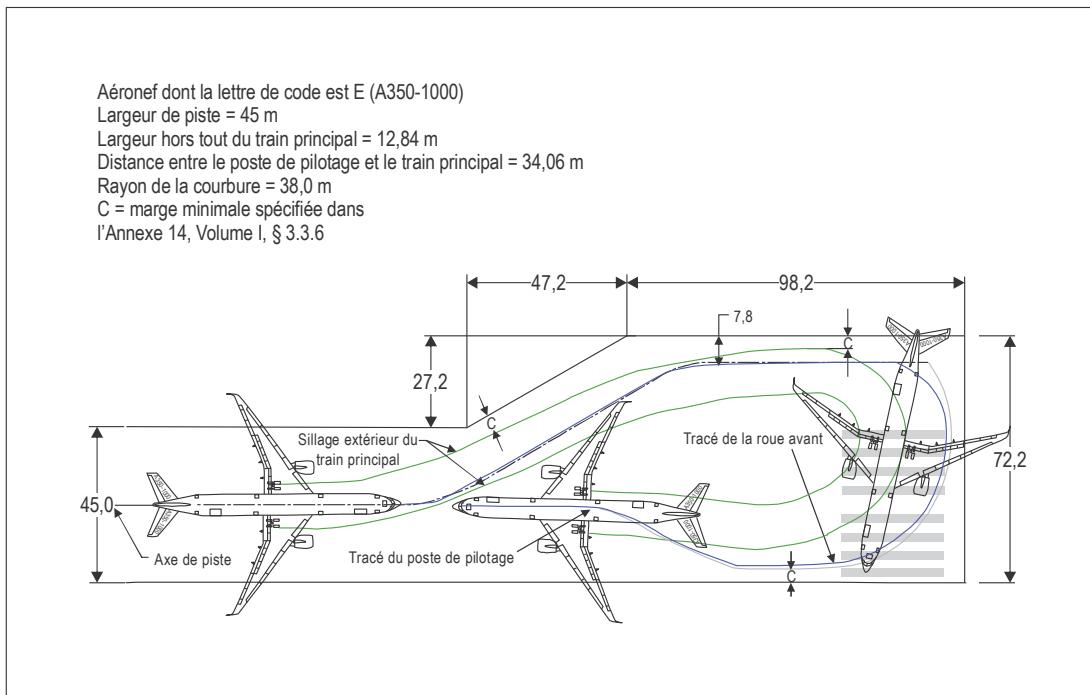
**Figure A4-3. Plan d'une aire de demi-tour pour un aéronef dont la lettre de code est B**



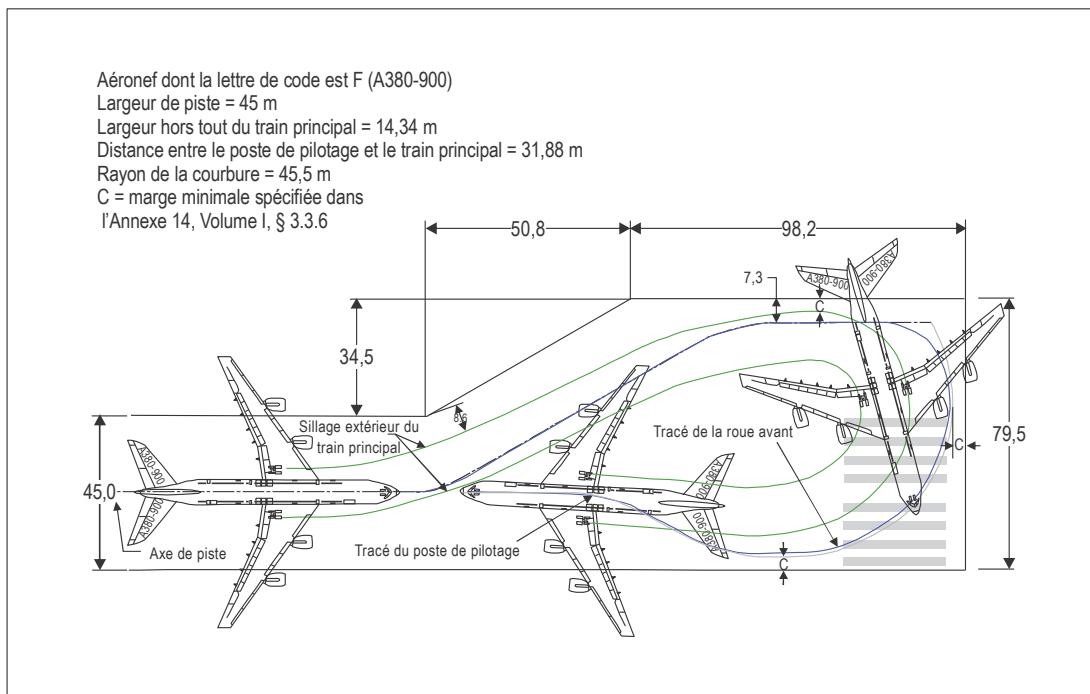
**Figure A4-4. Plan d'une aire de demi-tour pour un aéronef dont la lettre de code est C**



**Figure A4-5. Plan d'une aire de demi-tour pour un aéronef dont la lettre de code est D (MD-11)**



**Figure A4-6. Plan d'une aire de demi-tour pour un aéronef dont la lettre de code est E (A350-1000)**



**Figure A4-7. Plan d'une aire de demi-tour pour un aéronef dont la lettre de code est F**



## Appendice 5

# SYSTÈMES D'ARRÊT D'AÉRONEF

*Note.— Le présent appendice contient des exigences en matière de performances et de compatibilité qui s'appliquent aux systèmes d'arrêt d'aéronef couramment utilisés en aviation commerciale, comme l'EMAS (Engineered Materials Arresting System : système d'arrêt à matériau absorbant). Bien que les orientations ci-après aient été rédigées en fonction de ce sous-type de système d'arrêt, les exigences de performances et de compatibilité peuvent servir pour d'autres sous-types comparables, moyennant des ajustements appropriés.*

### 1. INTRODUCTION

1.1 Un système d'arrêt d'aéronef (AAS) est un système conçu pour freiner un avion en cas de dépassement de piste. Conformément à l'Annexe 14, Volume I, si un système d'arrêt est installé, la longueur de la RESA normalisée ou recommandée peut être réduite, compte tenu de la spécification de conception du système et sous réserve de l'acceptation par l'État. Les AAS ont des performances prévisibles et peuvent freiner efficacement des aéronefs dépassant la piste, quelles que soient les conditions météorologiques.

1.2 L'EMAS est constitué de matériaux à forte absorption d'énergie, d'une résistance précise, qui s'écraseront de façon fiable et prévisible sous le poids d'un aéronef. Les matériaux sont fabriqués de manière à avoir des propriétés mécaniques particulières ; c'est ce que l'on appelle des « matériaux techniques ». Ils s'écraseront sous les roues du train d'atterrissement d'un avion qui s'engage sur le lit d'arrêt du système. L'écrasement est un processus irréversible ou partiellement irréversible, et les performances de freinage du système sont proportionnelles à la quantité d'énergie dissipée.

1.3 Les présentes exigences fournissent des orientations que l'on peut considérer comme un avant-projet de règlement national ou utiliser directement en tant que dispositions applicables et en complément aux exigences nationales concernant l'industrie, l'environnement ou les plans d'urgence.

1.4 La démarche qu'il est suggéré de suivre avant d'installer un EMAS comprend normalement deux étapes :

- a) premièrement, le constructeur doit obtenir de l'État une acceptation ou une approbation pour le type d'EMAS, qui atteste que celui-ci satisfait aux exigences générales ;
- b) deuxièmement, une fois le type d'EMAS accepté, l'exploitant d'aérodrome peut faire une proposition en indiquant les détails particuliers du système à mettre en place ; il aura besoin d'une approbation préalable de l'État.

*Note.— La supervision assurée par l'État en ce qui concerne l'acceptation/approbation du type d'EMAS peut comprendre un examen des essais réalisés antérieurement, un programme détaillé d'évaluations et d'essais, ou être basée sur l'acceptation de certificats de conformité. Étant donné qu'une acceptation/approbation initiale par l'État peut nécessiter énormément de temps et de ressources, il est suggéré de tenir compte des démonstrations de conformité effectuées dans les autres États avant de demander de nouveaux programmes d'essais.*

1.5 Des programmes de recherche et l'évaluation d'engagements réels d'avions dans des installations EMAS ont démontré que de tels systèmes peuvent freiner efficacement un avion ayant dépassé la piste. Les documents ci-après contiennent des orientations sur les exigences et les processus d'évaluation d'EMAS utilisés par certains États :

Chine

- MH/T 5111 — 2015 *Engineered Materials Arresting System (EMAS)*. (Publié par l'Administration de l'aviation civile de la Chine).

États-Unis

- FAA, circulaire consultative n° 150/5300-13 : *Airport Design* ;
- FAA, circulaire consultative n° 150/5220-22B : *Engineered Materials Arresting Systems (EMAS) for Aircraft Overruns* ;
- FAA, directive n° 5200.8 : *Runway Safety Area Program* ;
- FAA, directive n° 5200.9 : *Financial Feasibility and Equivalency of Runway Safety Area Improvements and Engineered Material Arresting Systems*

France

- Dispositions relatives aux systèmes d'arrêt équipant les aires de sécurité d'extrémité de piste [Direction générale de l'aviation civile (DGAC)].

Japon

- *Design Standards for Airport Civil Engineering Facilities* (Ministère du territoire, de l'infrastructure, des transports et du tourisme, Direction de l'aviation civile).
- *Airport Civil Engineering Facility Structure Design Manual* (Ministère du territoire, de l'infrastructure, des transports et du tourisme, Direction de l'aviation civile).

## 2. CONCEPT ET FONCTIONNEMENT

2.1 L'EMAS est conçu pour ralentir un aéronef dépassant l'extrémité de la piste, en exerçant sur le train d'atterrissement une force prévisible, calculée de façon à ne pas être excessive afin d'éviter des blessures aux passagers et aux membres d'équipage et de graves dommages structurels à l'aéronef.

2.2 L'EMAS est un système passif qui ne nécessite aucun élément extérieur pour fonctionner et arrêter un aéronef, ni aucune intervention ou procédure particulière de l'équipage de conduite.

*Note.— Même si l'EMAS est un système passif, il a été jugé utile que l'équipage de conduite ait une connaissance de base du système, afin d'éviter les manœuvres non souhaitées susceptibles d'empêcher que l'aéronef ne s'engage dans le lit d'arrêt ou le système. L'EMAS est conçu pour que l'aéronef s'y engage de préférence en ligne droite, en utilisant sans restriction les freins de roue et/ou les inverseurs de poussée.*

2.3 L'EMAS n'est pas destiné à répondre à la définition du prolongement d'arrêt, et sa disponibilité ne doit pas être prise en compte dans la planification de vol.

### 3.EMPLACEMENT ET DIMENSIONS

3.1 L'EMAS est situé au-delà de l'extrémité de la piste (ou du prolongement d'arrêt, le cas échéant), à un intervalle suffisant pour ne pas être endommagé par le souffle des réacteurs.

*Note.— L'intervalle est la distance entre l'extrémité de la piste ou du prolongement d'arrêt et le début de l'EMAS. L'intervalle minimal requis pour la protection contre le souffle des réacteurs peut varier selon les spécifications du constructeur et les conditions d'exploitation.*

3.2 Le calcul de l'intervalle met en équilibre les objectifs de risque suivants :

- a) créer une surface suffisante pour l'arrêt ;
- b) séparer suffisamment le lit d'arrêt pour le protéger contre le souffle des réacteurs ;
- c) assurer une séparation par rapport au seuil pour réduire la probabilité d'atterrissage trop court dans l'EMAS ;
- d) réduire la probabilité de dépassemens par un côté de l'EMAS en raison de la dispersion latérale.

3.3 La pertinence de chaque objectif de risque, compte tenu des conditions d'exploitation de la piste considérée, notamment de son utilisation, des types d'approche, des conditions météorologiques, de la composition de la flotte, des incidents et des accidents ainsi que de toute autre question concernant la sécurité de la piste peut être déterminée au moyen d'une évaluation de sécurité (les procédures à ce sujet figurent dans le Doc 9981, *Procédures pour les services de navigation aérienne — Aérodromes*, Chapitre 3).

3.4 Afin de réduire la probabilité d'un atterrissage trop court dans l'EMAS, un intervalle d'au moins 60 m par rapport au seuil ou à l'extrémité de la piste est recommandé. Cet intervalle peut toutefois être réduit s'il est déterminé, à la suite d'une étude aéronautique, qu'une distance inférieure est une meilleure solution pour la protection à la fois contre les dépassemens de piste et les atterrissages trop courts.

3.5 La longueur fonctionnelle de l'EMAS est basée sur les conditions d'exploitation de la piste associée, et l'axe de l'EMAS coïncide avec le prolongement de l'axe de la piste.

3.6 La largeur fonctionnelle de l'EMAS ne peut pas être inférieure à la largeur de la piste, et dans la mesure du possible, elle doit être la même sur toute la longueur du lit d'arrêt.

*Note.— Les décrochements et/ou les pentes que l'on trouve normalement à l'extrémité et des deux côtés d'un lit EMAS ne sont pas considérés comme des éléments fonctionnels sur le plan du rôle du système.*

### 4. CONCEPTION ET PERFORMANCES D'ARRÊT

*Note.— Étant donné que la surface d'une RESA dépend du type de sol ou de revêtement, ce qui donne lieu à une diversité de performances et de caractéristiques de décélération des aéronefs effectuant une sortie longitudinale de piste, il n'est pas facile d'établir une corrélation entre les performances d'une RESA et celles d'un EMAS, ce dernier étant destiné à assurer le meilleur freinage possible compte tenu des distances disponibles.*

4.1 La vitesse de sortie est celle du train avant de l'avion lorsqu'il franchit l'extrémité physique de la piste ou, le cas échéant, du prolongement d'arrêt.

4.2 L'aéronef critique désigne le type d'aéronef qui utilise régulièrement la piste considérée et qui exige le plus de l'EMAS.

4.3 La liste des aéronefs de calcul désigne la combinaison de types d'aéronef qui utilise/utilisera régulièrement la piste.

*Note.— L'aéronef critique est habituellement, mais pas toujours, le type d'appareil le plus lourd ou le plus gros qui utilise régulièrement la piste. Les performances de l'EMAS dépendent non seulement de la masse de l'aéronef mais aussi de la configuration du train d'atterrissement, de la pression des pneus et de la position du centre de gravité. En général, la masse maximale au décollage (MTOW) opérationnelle est utilisée pour l'aéronef critique. Cela dit, il peut y avoir des cas dans lesquels une masse inférieure à la MTOW nécessitera un lit d'arrêt plus long. Tous les paramètres doivent être pris en considération pour obtenir une conception optimale. Dans la mesure du possible, la conception doit tenir compte à la fois de l'aéronef le plus exigeant pour l'EMAS et de la gamme d'aéronefs qui utiliseront probablement la piste sur une base régulière. Dans certaines circonstances, une combinaison d'aéronefs de calcul peut être préférable à un seul aéronef critique pour l'optimisation de l'EMAS. D'autres facteurs, uniques à l'aérodrome, comme la présence d'une RESA et la disponibilité de services de fret aérien, sont aussi pris en compte dans la conception définitive. L'exploitant de l'aérodrome, le constructeur de l'EMAS et l'État doivent se consulter sur la sélection de l'aéronef de calcul qui servira à optimiser l'EMAS d'une piste donnée.*

4.4 En plus de la conception de l'EMAS qui permet de prédire les performances du système, la méthode de conception est validée, au moyen d'essais en laboratoire ou, de préférence, d'essais sur place.

*Note.— Les essais de l'EMAS sont basés sur le passage d'un avion réel ou d'une roue simple portant une charge équivalente sur un lit d'essai. La conception tient compte de multiples paramètres d'aéronef, par exemple les charges admissibles sur le train d'atterrissement, la configuration du train, la pression de contact des pneus, la masse, la position du centre de gravité et la vitesse.*

4.5 Autant que faire se peut, l'EMAS est conçu pour freiner l'aéronef désigné en fonction d'une vitesse de sortie de 70 nœuds, à la MTOW et à 80 % de la masse à l'atterrissement maximal (MLW), sans qu'il soit imposé de charges excédant les limites de calcul de l'aéronef, ce qui peut causer des dommages majeurs à la structure de l'aéronef ou exposer les occupants à des forces excessives. Lorsque la distance disponible n'est pas suffisante pour permettre d'atteindre cet objectif, l'EMAS est conçu de façon à assurer les performances de freinage maximales de l'avion critique à l'intérieur de la distance disponible.

*Note.— L'exigence relative à la vitesse de 70 nœuds est basée sur la conception de l'EMAS à la pointe du progrès et l'analyse de données de sortie longitudinale de piste. Il n'est pas possible d'établir une équivalence entre les performances de la RESA et celles de l'EMAS, les premières étant basées sur la distance d'arrêt et les secondes, sur la vitesse. Un certain nombre d'États acceptent donc les performances pour une vitesse de 70 nœuds comme étant équivalentes (ou meilleures, du fait de leur prévisibilité) à celles de la RESA recommandée.*

*Des sorties longitudinales de piste à des vitesses supérieures 70 nœuds ont déjà été enregistrées, de même que des dépassements sur une distance de plus de 300 mètres. Il faut insister sur le fait que si l'exigence relative à la vitesse de 70 nœuds est respectée pour l'avion critique, les performances d'arrêt seront normalement meilleures pour les autres avions figurant sur la liste des aéronefs de calcul.*

4.6 La méthode de conception de l'EMAS ne tient pas compte de l'emploi des inverseurs de poussée de l'avion ; elle utilise un coefficient de frottement de freinage de 0,25 pour la piste et la longueur du revêtement avant le lit d'arrêt (intervalle). La méthode de conception de l'EMAS suppose un coefficient de frottement de freinage nul (0,00) sur le lit d'arrêt, à moins que le constructeur de l'EMAS puisse produire une documentation issue des essais sur place ou en laboratoire qui démontre le coefficient de frottement de freinage réel minimal qui peut être atteint lorsqu'un avion traverse le lit d'arrêt. La distance calculée du lit d'arrêt est la distance calculée théorique, avec une marge destinée à prendre en compte les erreurs de calcul.

## 5. AIRES ADJACENTES

De part et d'autre de l'EMAS, les exigences relatives à une RESA conforme aux dispositions pertinentes de l'Annexe 14, Volume I, Chapitre 3, Section 3.5, sont applicables. Il faut des voies de service, de chaque côté et au bout de l'EMAS, pour permettre un accès aux fins de l'entretien et en cas d'urgence. Les voies de service doivent avoir une largeur suffisante pour les véhicules des services de sauvetage et de lutte contre l'incendie (RFFS), être nivélées de façon à empêcher les accumulations d'eau et être capables de supporter le passage de véhicules de RFFS chargés à fond.

## 6. ATTERRISSAGES TROP COURTS

L'EMAS est conçu de façon à ne pas accroître le potentiel de dommages en cas d'atterrissage trop court, ce qui fait que, par rapport à une RESA, il ne cause pas davantage de problèmes de maîtrise de l'aéronef ou de dommages à l'aéronef en cas de prise de terrain sur le lit d'arrêt.

*Notes.— Il est communément admis que la conformité avec cette exigence est difficile à justifier, en particulier vu la grande variété de scénarios possibles d'atterrissage trop court. En conséquence, cette conformité pourrait être justifiée grâce à l'expérience de cas réels d'atterrissage trop court sur l'EMAS, à des essais en simulateur de vol, à d'autres types d'étude ou à une combinaison de ces moyens.*

*Réduire le risque de dommages à un avion qui atterrit trop court ou qui dépasse la piste est un objectif compris dans la définition de la RESA. Cela dit, différentes études<sup>+</sup> réalisées aux États-Unis et dans l'Union Européenne à partir de données mondiales montrent que les prises de terrain trop courtes ont lieu normalement à proximité de la piste et que la probabilité d'atterrissage trop court diminue lorsque les pilotes utilisent des procédures aux instruments ou un guidage vertical visuel.*

*D'après les études, environ 50 % des atterrissages trop courts se produisent dans les 60 premiers mètres avant le seuil de piste, et le rapport du nombre d'atterrissages trop courts au nombre de dépassemens de piste est de 1:4. Cette information doit être prise en compte dans l'évaluation de sécurité à mener afin de trouver la meilleure solution possible pour renforcer la sécurité de la piste.*

*L'EMAS n'est pas destiné à réduire le risque de dommages à un avion qui atterrit trop court. Cela dit, en cas d'atterrissage trop court, la présence d'un AAS n'augmente pas le potentiel de dommages au point de lui faire dépasser le risque lié à un atterrissage trop court dans la RESA.*

## 7. AUTRES CONSIDÉRATIONS

7.1 Du point de vue des exigences en matière d'aire dégagée et de nivelingement, l'EMAS n'est pas considéré comme un obstacle situé sur la bande de piste ou dans la RESA, mais il est nécessaire qu'il soit frangible, le plus bas possible et qu'il présente le moins possible de surfaces verticales.

7.2 Le lit d'arrêt est traité de façon à résister au souffle des réacteurs et à la projection de débris dans le cadre de l'exploitation normale des aéronefs.

<sup>+</sup> ACRP Report 50. Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas  
EASA REP RESEA\_2011\_12. Study on models and methodology for safety assessment of Runway End Safety Areas (RESA)

*Note.— L'EMAS est composé d'un matériau doté de la protection nécessaire pour respecter cette exigence durant toute sa durée de vie utile.*

7.3 Le lit d'arrêt doit avoir une résistance mécanique assez grande pour ne pas être endommagé par le personnel qui marche dessus dans le cadre de l'entretien régulier. Cela dit, il n'est pas destiné à résister à la circulation des véhicules utilisés aux fins de l'entretien ou de l'exploitation normale.

7.4 La présence du lit d'arrêt ne gênera pas les déplacements des véhicules des services de sauvetage et de lutte contre l'incendie (RFFS) en cas d'urgence. Des pentes ou des marches appropriées doivent être aménagées pour permettre l'entrée de ces véhicules à partir de l'avant et des côtés.

*Note.— Il est entendu que l'entrée de véhicules peut endommager le lit d'arrêt.*

7.5 Le lit d'arrêt ne doit pas nuire à l'évacuation d'un équipage et de passagers. Des pentes ou des marches appropriées peuvent être aménagées tout autour.

7.6 Le lit d'arrêt utilise des matériaux qui, une fois installés, ne créent pas ou n'augmentent pas un danger d'incendie pour les aéronefs à l'arrivée, ne produisent pas d'étincelles, sont ininflammables, ne favorisent pas la combustion et/ou ne dégagent pas de fumées toxiques ou malodorantes en cas d'incendie.

7.7 Voici d'autres exigences applicables au système EMAS :

- a) ne pas entraver l'enlèvement d'un aéronef immobilisé ;
- b) ne pas nuire à la visibilité des aides de navigation aérienne ni causer de brouillage électromagnétique préjudiciable à de telles aides ;
- c) être compatible avec l'installation de balisages lumineux d'approche ;
- d) être compatible avec l'aire d'emploi du radio-altimètre ;
- e) ne pas présenter de surface réfléchissante susceptible de causer un éblouissement ;
- f) ne pas augmenter le péril animalier ;
- g) le lit d'arrêt et l'aire environnante doivent éviter les accumulations d'eau ;
- h) le lit d'arrêt et l'aire avoisinante doivent permettre l'enlèvement de la glace et de la neige.

*Note.— Durant l'enlèvement de neige ou de glace, il faut prendre garde d'endommager le lit d'arrêt.*

7.8 L'EMAS doit être compatible avec les conditions météorologiques et l'environnement de l'aérodrome : présence d'eau, température, glace, neige, grêle, sel, rayonnement UV, produits dégivrants et antigivrants, carburants d'aviation, fluides hydrauliques, lubrifiants, peintures, herbicides, etc. Ces facteurs doivent être pris en compte dans l'estimation de la durée de vie utile du système.

## 8. ENTRETIEN

8.1 Il est nécessaire d'établir un programme d'entretien de l'EMAS, composé de mesures préventives et correctives, selon qu'il convient, destinées à maintenir le système en bon état de service.

8.2 Le programme d'entretien est fourni avant l'installation de l'EMAS et, dans certains cas, il peut nécessiter une approbation ou une acceptation préalable de l'État. Il comprend des enregistrements appropriés permettant de vérifier que les travaux d'entretien et toutes les inspections requises ont été effectués.

*Note.— L'entretien préventif de l'EMAS comporte normalement des inspections visuelles et des vérifications d'imperméabilité (vérifications de la teneur en humidité). La fréquence et le type des activités d'entretien préventif peuvent varier selon le constructeur et le type de système.*

8.3 Le personnel d'entretien doit avoir reçu une formation suffisante pour s'acquitter de ses fonctions.

*Note.— Le personnel d'entretien peut faire partie du personnel de l'exploitant d'aérodrome ; l'entretien pourrait aussi être sous-traité au constructeur de l'EMAS ou à une tierce partie. Il est indispensable que le personnel d'entretien maîtrise parfaitement les activités du programme d'entretien afin de préserver la fonctionnalité du système.*

8.4 Le programme d'entretien prévoit des essais périodiques permettant d'évaluer le niveau de service du système et de planifier des interventions de réparation ou de remplacement avant la fin de la durée de vie du système.

8.5 L'EMAS est conçu de façon à pouvoir être remis en état utilisable (conforme aux spécifications d'origine) après un dépassement ou en cas d'autres types de dommages physiques. Le programme d'entretien comprend des procédures et des accords de réparation concernant les matériaux en inventaire, la production et la fourniture de matériaux, les méthodes de réparation et le contrôle de la qualité visant à préserver le niveau de service requis du système. Le temps de réparation doit être raisonnablement court pour que les exigences de l'aérodrome en matière d'exploitation et de sécurité puissent être respectées.

— FIN —





ISBN 978-92-9275-791-5



9 789292 757915