



OACI

Doc 9157

Manuel de conception des aérodomes

Cinquième édition, 2020

Partie 2 — Voies de circulation, aires de trafic et plates-formes
d'attente de circulation



Approuvé par la Secrétaire générale et publié sous son autorité

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE



| OACI

Doc 9157

Manuel de conception des aérodromes

Cinquième édition, 2020

Partie 2 — Voies de circulation, aires de trafic et plates-formes
d'attente de circulation

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) H3C 5H7 Canada

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).

Troisième édition, 1991
Quatrième édition, 2005
Cinquième édition, 2020

**Doc 9157 — Manuel de conception des aérodromes,
Partie 2 — Voies de circulation, aires de trafic
et plates-formes d'attente de circulation**

Commande n° : 9157P2
ISBN 978-92-9265-231-9 (version imprimée)
ISBN 978-92-9275-792-2 (version électronique)

© OACI 2020

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.

AVANT-PROPOS

Une bonne conception des voies de circulation garantit un écoulement continu et fluide de la circulation des avions au sol, qui respecte les normes de sécurité et d'efficacité les plus élevées, et elle contribue à une utilisation optimale des aérodromes. Après la publication de la quatrième édition de ce manuel en 2005, de nouvelles spécifications pour les voies de circulation ont été élaborées sur la base d'informations fiables, démontrables et testées scientifiquement. Ces spécifications révisées devraient sensiblement améliorer l'efficacité et réduire les coûts de construction et de maintenance, tout en ayant une incidence positive sur l'environnement.

La présente cinquième édition comprend des éléments sur la disposition générale des voies de circulation et une description des critères actualisés de conception de leurs caractéristiques physiques, accotements et bandes compris. Ces éléments indicatifs sont basés sur des aéronefs modernes bien équipés qui disposent de capacités accrues offertes par des technologies avancées assurant souvent un guidage très précis pour l'atterrissage, le décollage et le roulage. Le présent manuel contient aussi des illustrations de la génération la plus récente d'aéronefs et de ses incidences sur les aérodromes existants. Les appendices des éditions précédentes ont été conservés mais, à l'Appendice 2, de nouveaux tableaux contenant des informations sur le souffle des réacteurs ont été ajoutés pour la conception des barrières antisouffle.

Conformément aux dispositions de l'Annexe 14 — *Aérodromes*, Volume I — *Conception et exploitation technique des aérodromes*, il est recommandé de doter les aérodromes de plates-formes d'attente de circulation, lorsque le volume de la circulation est élevé, et de prévoir des aires de trafic, lorsque cela est nécessaire pour permettre l'embarquement et le débarquement des passagers, du fret ou de la poste, ainsi que le petit entretien des aéronefs, sans perturber la circulation d'aérodrome. Les éléments relatifs aux plates-formes d'attente de circulation ainsi qu'aux voies de circulation doubles ou multiples, qui décrivent les avantages et les inconvénients des diverses configurations, visent à donner aux contrôleurs d'aérodrome une plus grande souplesse pour régler les séquences de décollage afin d'éviter des retards inutiles. Les éléments relatifs aux aires de trafic décrivent, entre autres, la disposition fondamentale de ces aires, les exigences de conception et la superficie requise pour une disposition donnée.

Le présent manuel comprend également des éléments traitant de la séparation des circulations sur l'aire de mouvement et des considérations pour la conception des installations et services d'aérodrome afin de réaliser la séparation pratique maximale de la circulation des aéronefs et des véhicules au sol.

Le présent manuel entend aider les États à mettre en œuvre les spécifications susmentionnées et garantir une application uniforme de celles-ci. Des éditions ultérieures du présent manuel seront mises à jour pour tenir compte de l'expérience acquise. En conséquence, les utilisateurs et lecteurs sont invités à adresser leurs observations et leurs suggestions à la Secrétaire générale de l'OACI.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Chapitre 1. Voies de circulation	1-1
1.1 Réseaux de voies de circulation	1-1
1.2 Critères de conception des caractéristiques physiques	1-13
1.3 Voies de sortie rapide	1-34
1.4 Voies de circulation en pont.....	1-42
1.5 Congés de raccordement.....	1-46
1.6 Accotements et bandes de voie de circulation	1-46
1.7 Planification en vue des avions futurs.....	1-49
Chapitre 2. Plates-formes d'attente et autres contournements.....	2-1
2.1 Nécessité de plates-formes d'attente et autres contournements	2-1
2.2 Types de contournements	2-1
2.3 Exigences et caractéristiques de conception communes.....	2-6
2.4 Dimensions et emplacement des plates-formes d'attente.....	2-7
2.5 Marques et feux de plate-forme d'attente	2-8
Chapitre 3. Aires de trafic	3-1
3.1 Types d'aires de trafic.....	3-1
3.2 Caractéristiques de conception.....	3-2
3.3 Agencements de base des aires de trafic d'aérogare	3-5
3.4 Dimensions des aires de trafic.....	3-10
3.5 Guidage sur les aires de trafic	3-18
3.6 Postes de dégivrage/antigivrage.....	3-19
Chapitre 4. Séparation des avions et véhicules sur l'aire de mouvement	4-1
4.1 Nécessité d'assurer la séparation des avions et véhicules	4-1
4.2 Activités entraînant la circulation simultanée d'avions et de véhicules au sol.....	4-1
4.3 Méthodes à suivre pour assurer la séparation	4-2
Appendice 1. Calcul des congés de raccordement.....	App 1-1
Appendice 2. Souffle des réacteurs et écrans antisouffle	App 2-1
Appendice 3. Classification des avions d'après le chiffre et la lettre de code.....	App 3-1
Appendice 4. Étude sur les écarts par rapport à l'axe d'une voie de circulation	App 4-1
Appendice 5. Conception et détermination de l'emplacement et du nombre des voies de sortie rapide.....	App 5-1

Chapitre 1

VOIES DE CIRCULATION

1.1 RÉSEAUX DE VOIES DE CIRCULATION

Exigences fonctionnelles

1.1.1 La capacité et l'efficacité maximales d'un aérodrome ne sont obtenues qu'en réalisant un juste équilibre entre les besoins en ce qui concerne les pistes, les aérogares de passagers et de fret et les aires de garage et d'entretien des avions. Ces éléments fonctionnels distincts d'un aérodrome sont reliés par le réseau de voies de circulation. Les éléments du réseau de voies de circulation servent donc à relier les diverses fonctions de l'aérodrome et sont nécessaires pour réaliser une utilisation optimale de l'aérodrome.

1.1.2 Le réseau de voies de circulation doit être conçu de manière à restreindre le moins possible le mouvement des avions entre les pistes et les aires de trafic. Un réseau bien conçu doit pouvoir assurer un écoulement régulier et continu de la circulation au sol des avions, à la vitesse maximale pratique, en tenant au minimum les accélérations et les décélérations. C'est ainsi que le réseau de voies de circulation fonctionnera avec le plus haut degré de sécurité et d'efficacité qui puisse être atteint.

1.1.3 Sur un aérodrome donné, le réseau de voies de circulation doit pouvoir répondre aux besoins des aéronefs en mouvement à destination ou en provenance du réseau de pistes. Lorsque le niveau d'utilisation des pistes est faible, le réseau de voies de circulation peut comporter seulement un nombre minimal d'éléments. Toutefois, lorsque le taux d'utilisation des pistes augmente, la capacité du réseau de voies de circulation doit être suffisamment grande pour que ce réseau ne devienne pas un facteur limitant la capacité de l'aérodrome. Dans le cas extrême de saturation de la capacité des pistes, lorsque les avions atterrissent et décollent avec des distances de séparation minimales, le réseau de voies de circulation devrait permettre aux avions de sortir de la piste aussitôt que possible après l'atterrissage et d'entrer sur la piste juste avant le décollage. C'est ainsi que les mouvements d'avions sur les pistes peuvent être maintenus à la distance de séparation minimale.

Principes de planification

1.1.4 Les pistes et les voies de circulation sont les éléments les moins souples de l'aérodrome et il faut donc les étudier en premier lorsque l'on planifie un aérodrome. Les prévisions d'activité future doivent déterminer les changements dans les taux de mouvements d'avions, la nature du trafic, les types d'avions, et les autres facteurs qui affectent la disposition et les dimensions des réseaux de pistes et de voies de circulation. Il faut évidemment accorder une très grande attention au réseau qui est nécessaire dans le présent, mais il ne faut pas négliger pour autant les phases ultérieures de développement qui ont une importance égale ou même plus grande. Par exemple, si l'on prévoit qu'un aérodrome sera utilisé par des types d'avions d'une catégorie supérieure dans l'avenir, le réseau de voies de circulation doit être conçu en fonction des plus grandes distances de séparation qui seront requises un jour (voir le Tableau 1-1).

1.1.5 Dans la planification de la conception générale du réseau de voies de circulation, il faut tenir compte des principes ci-après :

- a) le tracé des voies de circulation reliant les divers éléments de l'aérodrome doit être aussi court que possible, réduisant ainsi la durée de la circulation au sol et les coûts ;
- b) le tracé des voies de circulation doit être aussi simple que possible pour éviter d'avoir à donner des instructions compliquées et pour simplifier la tâche des pilotes ;
- c) il convient d'adopter autant que possible des tracés rectilignes. Lorsque des changements de direction sont nécessaires, il faut prévoir des virages de rayon approprié et des congés de raccordement ou des surlargeurs pour que la circulation puisse s'effectuer à la plus grande vitesse possible (voir la section 1.4 et l'Appendice 1) ;
- d) les intersections de pistes et de voies de circulation doivent être évitées dans la mesure du possible dans l'intérêt de la sécurité et pour réduire la possibilité de retards importants sur les voies de circulation ;
- e) les itinéraires des voies de circulation devraient comporter le plus grand nombre possible de segments à sens unique afin de réduire les conflits avec d'autres avions et les retards. Il convient d'analyser les écoulements sur les divers segments pour chaque configuration dans laquelle la ou les pistes seront utilisées ;
- f) le réseau de voies de circulation doit être planifié de manière à maximaliser la vie utile de chaque élément, de sorte que les phases futures de développement incorporent des sections du système ;
- g) en fin de compte, c'est la qualité de l'élément le moins adéquat d'un réseau de voies de circulation qui détermine la valeur de l'ensemble. Par conséquent, il faut identifier à l'avance les points noirs et les éliminer dans la phase de planification.

1.1.6 D'autres considérations importantes interviennent dans la planification d'un réseau de voies de circulation, notamment ce qui suit :

- a) le tracé des voies de circulation doit éviter les zones où le public pourrait avoir facilement accès aux avions. La protection des avions circulant au sol contre les risques de sabotage ou d'attaque à main armée est un point particulièrement important dans les régions où ces problèmes peuvent se poser ;
- b) la disposition des voies de circulation doit être planifiée de manière à éviter tout brouillage des aides radio à la navigation par les avions circulant au sol ou par les véhicules terrestres utilisant les voies de circulation ;
- c) toutes les parties du réseau de voies de circulation doivent être visibles de la tour de contrôle. Des caméras télécommandées peuvent être utilisées pour surveiller des tronçons de voies de circulation masqués par des bâtiments d'aérogare ou d'autres structures aéroportuaires, lorsqu'il est impossible d'éviter de telles obstructions ;
- d) les effets du souffle des moteurs sur les zones voisines des voies de circulation doivent être atténués en stabilisant les sols meubles et en posant des écrans antisouffle lorsque c'est nécessaire pour protéger les personnes ou les structures (voir l'Appendice 2) ;
- e) les installations ILS peuvent aussi influencer la localisation des voies de circulation par suite du brouillage des signaux ILS causé par un avion à l'arrêt ou circulant au sol. Le Supplément C du Volume I de l'Annexe 10 contient des renseignements sur les zones critiques et sensibles qui entourent les installations ILS.

Tableau 1-1. Critères de conception d'une voie de circulation

Caractéristiques physiques	Largeur hors tout du train principal					
	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	De 9 m à 15 m exclus	De 9 m à 15 m exclus
Largeur minimale de :						
chaussée	7,5 m	10,5 m	17 m ^a 15 m ^{b,c}	23 m ^c	23 m	23 m
portion nivelée de la bande	20,5 m	22 m	25 m	37 m	38 m	44 m
Distance minimale de dégagement entre la roue extérieure du train principal et le bord de la voie	1,5 m	2,25 m	4,0 m ^a 3 m ^b	4,0 m	4,0 m	4,0 m
Caractéristiques physiques	Lettre de code					
	A	B	C	D	E	F
Largeur minimale de						
chaussée et accotement	—	—	25 m	34 m	38 m	44 m
bande	31 m	40 m	52 m	74 m	87 m	102 m
Distance minimale de séparation entre l'axe de la voie de circulation et :						
l'axe d'une piste aux instruments						
numéro 1	77,5 m	82 m	88 m	—	—	—
numéro 2	77,5 m	82 m	88 m	—	—	—
numéro 3	—	152 m	158 m	166 m	172,5 m	180 m
numéro 4	—	—	158 m	166 m	172,5 m	180 m
l'axe d'une piste à vue						
numéro 1	37,5 m	42 m	48 m	—	—	—
numéro 2	47,5 m	52 m	58 m	—	—	—
numéro 3	—	67 m	73 m	81 m	87,5 m	95 m
numéro 4	—	—	93 m	101 m	107,5 m	115 m
l'axe d'une voie de circulation	23 m	32 m	44 m	63 m	76 m	91 m
un objet						
sur une voie de circulation ^d	15,5 m	20 m	26 m	37 m	43,5 m	51 m
sur une voie d'accès de poste de stationnement	12 m	16,5 m	22,5 m	33,5 m	40 m	47,5 m
Pente longitudinale maximale de la voie de circulation :						
chaussée	3 %	3 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
changement de pente	1 % par 25 m	1 % par 25 m	1 % par 30 m	1 % par 30 m	1 % par 30 m	1 % par 30 m
Pente transversale maximale de :						
chaussée de la voie de circulation	2 %	2 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %
portion nivelée de la bande de voie de circulation montante	3 %	3 %	2,5 %	2,5 %	2,5 %	2,5 %
portion nivelée de la bande de voie de circulation descendante	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
portion non nivelée de la bande montante ou descendante	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %

Caractéristiques physiques	Lettre de code					
	A	B	C	D	E	F
Rayon de courbure minimal de changement de pente	2 500 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Distance de vision minimale sur voie de circulation	150 m d'une hauteur de 1,5 m	200 m d'une hauteur de 2 m	300 m d'une hauteur de 3 m			

a. Voie de circulation destinée à des avions ayant un empattement égal ou supérieur à 18 m.
b. Voie de circulation destinée à des avions ayant un empattement inférieur à 18 m.
c. Sur des portions rectilignes.
d. Voie de circulation autre qu'une voie d'accès de poste de stationnement.

1.1.7 Une piste devrait être dotée d'un nombre suffisant de voies d'accès et de sortie pour répondre à la demande de pointe courante d'atterrissages et de décollages. Il faut prévoir et mettre en place des entrées et sorties additionnelles pour répondre à l'avance à la croissance prévue de l'utilisation de la piste. Les principes ci-après s'appliquent à la planification de ces éléments du réseau de voies de circulation :

- les voies de sortie de piste sont destinées à réduire au minimum le temps d'occupation d'une piste par les avions qui atterrissent. En théorie, les voies de sortie de piste peuvent être placées de manière à répondre le mieux possible aux besoins de chaque type d'avion devant utiliser la piste. En pratique, le nombre optimal et l'espacement des voies de sortie sont déterminés en classant les avions par groupes d'après leur vitesse d'atterrissage et leurs caractéristiques de décélération à partir du point de toucher des roues ;
- les voies de sortie de piste doivent permettre à un avion de quitter la piste sans encombre jusqu'en un point où il a dégagé celle-ci, ce qui permet d'exécuter le plus rapidement possible un autre mouvement sur la piste ;
- une voie de sortie de piste peut être perpendiculaire à la piste ou former un angle aigu avec celle-ci. Dans le premier cas, l'avion doit fortement ralentir avant de virer pour quitter la piste, alors que dans le deuxième cas, il peut sortir de la piste à grande vitesse, ce qui réduit la durée d'occupation et augmente la capacité de la piste. La section 1.3 et l'Appendice 5 donnent des indications détaillées sur la configuration et l'emplacement des voies de sortie à angle aigu (« voies de sortie rapide ») ;
- une seule entrée à chaque extrémité de piste suffit généralement à répondre à la demande de décollages. Toutefois, lorsque le volume de trafic le justifie, on peut envisager de mettre en place des moyens de contournement, des plates-formes d'attente ou des entrées multiples (voir le Chapitre 2).

1.1.8 Les voies de circulation situées sur des aires de trafic se divisent en deux catégories, comme suit (voir la Figure 1-1) :

- une voie de circulation d'aire de trafic est située sur une aire de trafic et constitue soit une voie de circulation traversant l'aire de trafic, soit une voie d'accès à un poste de stationnement ;
- une voie d'accès de poste de stationnement est une partie d'aire de stationnement désignée pour servir de voie de circulation et qui permet aux avions d'accéder uniquement aux postes de stationnement.

1.1.9 Les largeurs de bande, les distances de séparation, etc., nécessaires pour les voies de circulation d'aires de trafic sont les mêmes que pour tout autre type de voie de circulation. Pour les voies d'accès de poste de stationnement, les exigences sont les mêmes, sauf sur les points suivants :

- a) la pente transversale de la voie d'accès est déterminée par la pente nécessaire pour l'aire de trafic ;
- b) il n'est pas nécessaire d'inclure la voie d'accès de poste de stationnement dans une bande de voie de circulation ;
- c) les exigences relatives aux distances de séparation entre l'axe de la voie d'accès et un objet sont moins rigoureuses que pour les autres types de voies de circulation.

1.1.10 Les lignes d'entrée de poste de stationnement, qui bifurquent jusqu'au poste de stationnement, ne font pas partie de la voie d'accès et ne sont donc pas soumises aux exigences des voies de circulation.

1.1.11 La Figure 1-2 renvoie aux distances de séparation minimales indiquées dans le Tableau 3-1 de l'Annexe 14, Volume I, pour chaque voie de circulation et voie d'accès représentées dans la Figure 1-1.

Étapes de développement d'un réseau de voies de circulation

1.1.12 Pour réduire les coûts de construction, un réseau de voies de circulation d'aérodrome doit avoir seulement la complexité nécessaire pour desservir la capacité à court terme de la piste. Avec une bonne planification, des éléments additionnels de voie de circulation peuvent être ajoutés au réseau par étapes, à mesure que la demande augmente à l'aérodrome. Les différentes étapes de développement d'un réseau de voies de circulation sont décrites dans les paragraphes ci-après (voir la Figure 1-3) :

- a) un réseau minimal de voies de circulation d'aérodrome, pour un faible niveau d'utilisation de pistes, peut comprendre uniquement des aires ou plates-formes de demi-tour à chaque extrémité de piste et un court tronçon de voie de circulation entre la piste et l'aire de trafic ;
- b) il est possible de répondre à une croissance de trafic qui entraîne un niveau d'utilisation de piste passant de faible à modéré en construisant une voie de circulation parallèle partielle jusqu'à une des aires de demi-tour ou jusqu'aux deux (les voies de circulation parallèles présentent des avantages du point de vue de la sécurité et sont plus efficaces) ;
- c) à mesure que l'utilisation de la piste augmente, une voie de circulation parallèle complète peut être mise en place en terminant les sections manquantes de la voie de circulation parallèle partielle ;
- d) des sorties de piste, en plus de celles situées à chaque extrémité de piste, peuvent être construites à mesure que l'utilisation de la piste augmente vers la saturation ;
- e) des plates-formes d'attente et des voies de contournement peuvent être ajoutées pour accroître encore la capacité de la piste. Ces installations permettent généralement d'atteindre la pleine capacité de l'aérodrome dans le cadre de la superficie existante de l'aérodrome parce qu'il existe généralement suffisamment de terrain pour permettre de les construire ;
- f) une deuxième voie de circulation parallèle, située à l'extérieur de la première voie de circulation parallèle, doit être envisagée lorsqu'il est souhaitable que les mouvements puissent se faire dans les deux sens le long de la voie de circulation. Avec cette deuxième voie, une circulation à sens unique peut être établie pour chaque direction d'utilisation de la piste. Le besoin d'un deuxième réseau parallèle est proportionnel au volume de développement le long de la voie de circulation.

Pour de plus amples renseignements, voir le *Manuel de planification d'aéroport* (Doc 9184), Partie I — *Planification générale*.

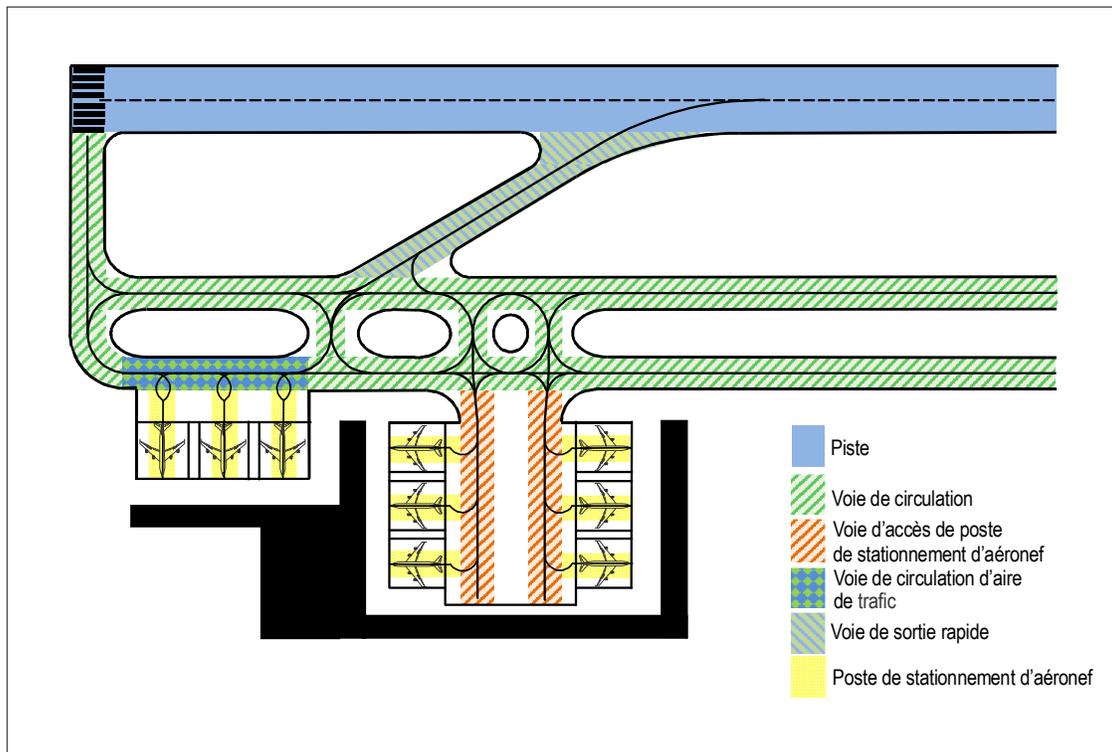


Figure 1-1. Voies de circulation des aires de trafic

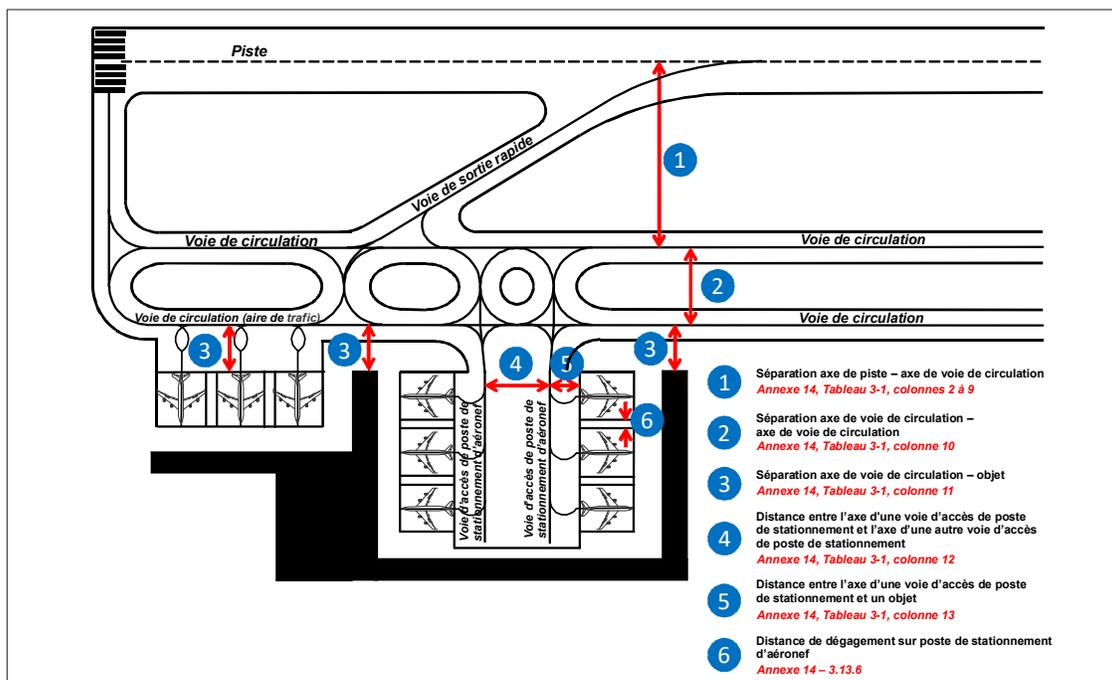


Figure 1-2. Distances de séparation minimales des voies de circulation

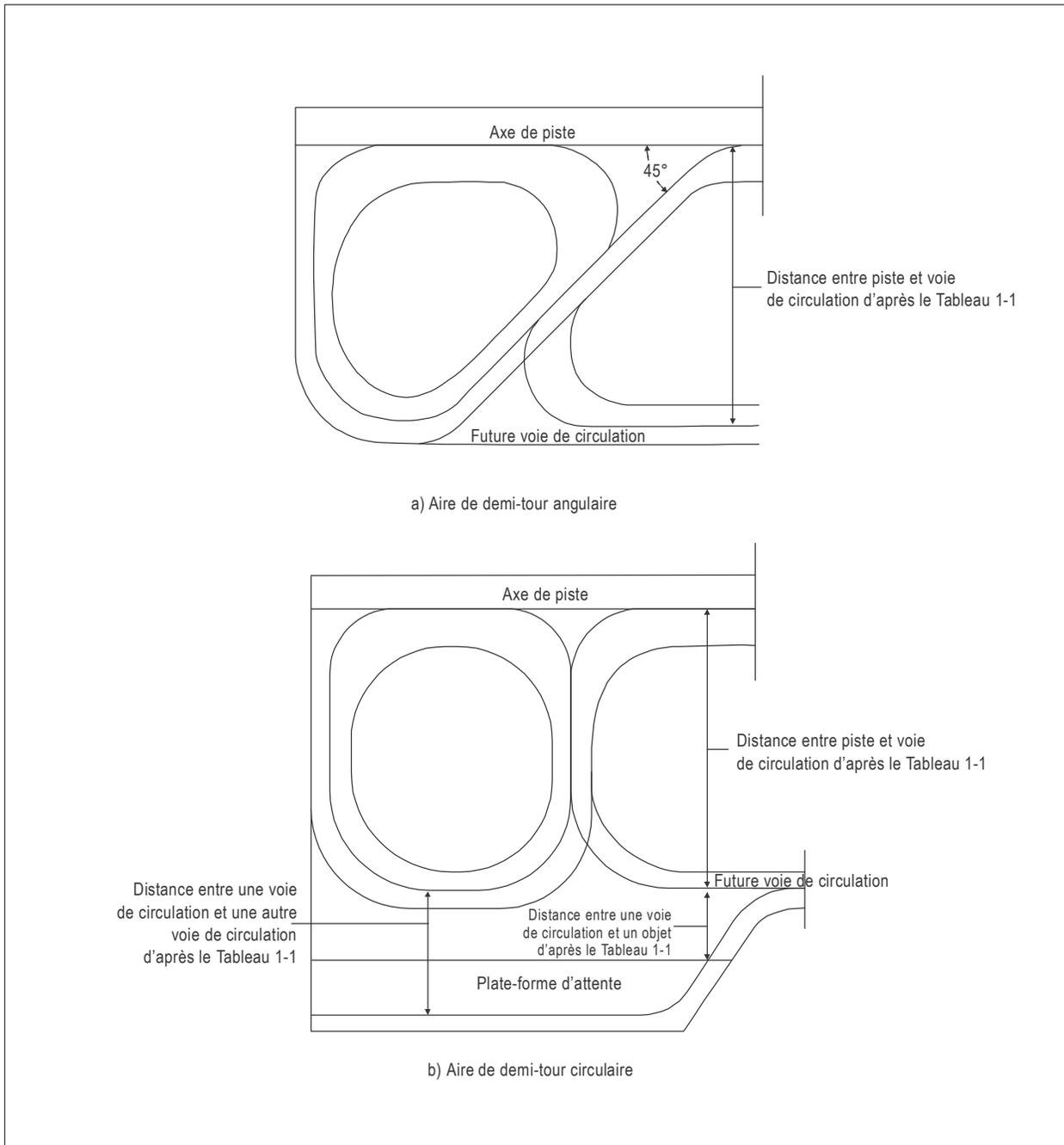


Figure 1-3. Aires de demi-tour

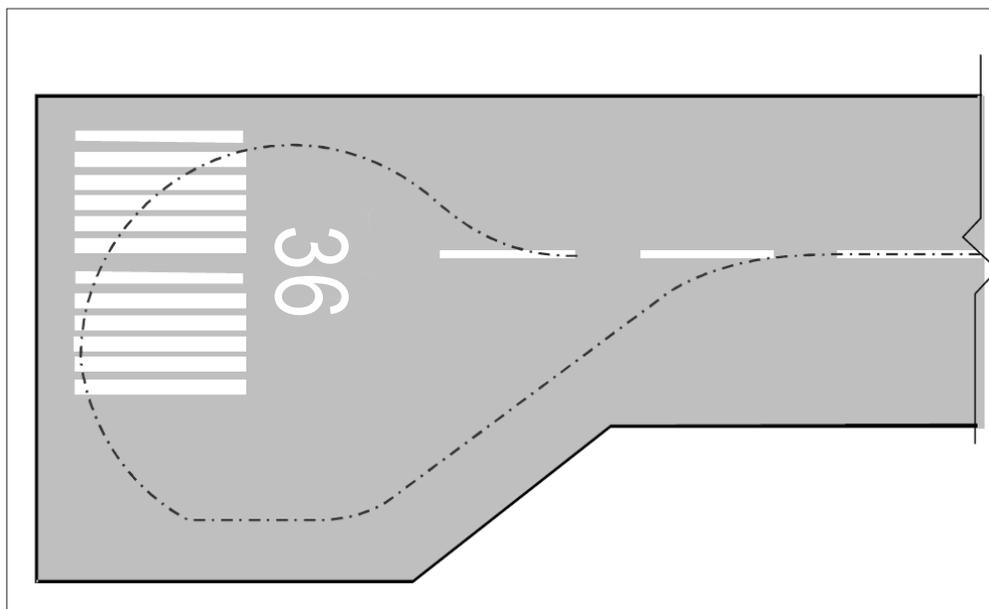


Figure 1-3. Aires de demi-tour (suite)

Désignation des voies de circulation

1.1.13 Une désignation normalisée des voies de circulation aide les pilotes à naviguer en sécurité entre la piste et l'aire de trafic et inversement, accroît la conscience de la situation et réduit ainsi les risques d'erreurs de navigation pouvant entraîner une incursion sur piste. La présente section énonce les principes à utiliser pour désigner les voies de circulation.

1.1.14 Ces orientations sont conçues pour être appliquées lors de la planification de nouveaux aérodromes. Pour les aérodromes existants, elles peuvent être prises en considération lors de la révision du plan de masse de l'aéroport ou lorsque des modifications majeures au réseau de voies de circulation sont envisagées. L'application de ces orientations à un aéroport existant peut obliger à modifier de façon importante les indicatifs de voies de circulation, de portes et de points d'attente, ce qui, aux aérodromes de taille moyenne ou grande, peut entraîner pour les aérodromes comme pour les usagers des coûts considérables, voire inabordable, qui doivent être regardés de près avant de procéder à la mise en œuvre. En revanche, l'introduction de changements de ce genre aux petits aérodromes peut s'avérer de peu d'utilité, étant donné le nombre réduit d'indicatifs qui y est utilisé.

1.1.15 La nécessité de procéder à un changement peut être déterminée et appréciée au moyen d'une évaluation de sécurité. Lorsqu'on modifie la désignation des voies de circulation, il faut prendre en compte et ne pas sous-estimer le risque de perturbation de l'exploitation et la nécessité de renouveler la formation ou de modifier la documentation. Il faut porter attention à la planification de la transition de l'ancien au nouveau système, ainsi qu'aux modifications supplémentaires qui pourraient devenir nécessaires.

1.1.16 Lorsqu'on applique ces orientations à une partie importante des installations existantes, il est indispensable de réaliser une évaluation du risque et des incidences ainsi qu'une analyse coût/avantages. Aux grands aérodromes, il faut s'attendre à des limites et à des contraintes, par exemple en raison du nombre de lettres disponibles pour les voies de circulation fréquemment utilisées. Il est essentiel de consulter les parties prenantes et les usagers intéressés, comme les exploitants d'aéronefs, les pilotes, les responsables du contrôle du mouvement de surface de l'aérodrome, le service de contrôle de l'aire de trafic et les exploitants de véhicules sur l'aire de manœuvre.

1.1.17 Les principes à appliquer sont les suivants :

Principes généraux

- a) le but principal du système de désignation des voies de circulation est de fournir aux pilotes et aux contrôleurs de la circulation aérienne un système clair, logique et commode ;
- b) selon le Chapitre 5, Volume I, de l'Annexe 14, les voies de circulation sont identifiées par un indicatif utilisé une seule fois sur l'aérodrome, qui comprend une seule lettre, deux lettres ou une combinaison d'une ou plusieurs lettres suivies ou non d'un numéro ;
- c) l'affectation de lettres à la désignation des voies de circulation commence à une extrémité de l'aérodrome et suit une séquence cohérente jusqu'à l'extrémité opposée (par exemple d'est en ouest, du nord au sud, dans le sens des aiguilles d'une montre, dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre) ;
- d) selon le Chapitre 5, Volume I, de l'Annexe 14, les lettres I, O et X ne sont pas utilisées, afin d'éviter la confusion avec les chiffres 1, 0 et la marque de zone fermée ;
- e) selon le Chapitre 5, Volume I, de l'Annexe 14, dans la désignation des voies de circulation, on doit éviter d'utiliser des mots tels que « intérieur » et « extérieur », dans la mesure du possible. Les indicatifs de poste de stationnement ne devraient pas être les mêmes que les indicatifs de voie de circulation ;
- f) les itinéraires de circulation au sol sont utilisés par l'autorité compétente du service de la circulation aérienne (ATS) pour réduire l'encombrement des fréquences sol et accroître la prévisibilité des autorisations de circulation au sol. Il faut prendre soin, lorsqu'on affecte un code ou un nom à ces itinéraires normalisés de circulation au sol, de ne pas créer de confusion avec la désignation des voies de circulation ;

Voies de circulation principales (voies desservant un itinéraire de circulation fréquemment utilisé)

- g) les voies de circulation fréquemment utilisées doivent être désignées par une lettre seulement, par exemple A (Alpha), B (Bravo), C (Charlie) ;
- h) une voie de circulation parallèle à une piste est automatiquement considérée comme un itinéraire de circulation principal et doit être désigné par une seule lettre ;
- i) une voie de circulation principale peut comprendre une section incurvée. Lorsqu'une autre voie de circulation croise une voie de circulation principale, la première doit être désignée par un indicatif distinct.

Voies de circulation menant à une piste

- j) les voies de circulation qui mènent à une piste sont désignées par un indicatif alphanumérique (par exemple, A1, A2, A3... A12). La numérotation commence à partir du chiffre 1 à une extrémité de la piste et suit une séquence uniforme jusqu'à l'autre extrémité. Cette séquence doit commencer dans le sens de l'usage le plus fréquent de la piste ;
- k) lorsque le plan de masse de l'aéroport prévoit la construction de voies de circulation supplémentaires, la séquence mentionnée à l'alinéa j) pour la numérotation des voies de circulation peut être réservée pour des voies de circulation futures. On évite ainsi de renuméroter l'ensemble du système de voies

de circulation par la suite. Une évaluation de sécurité doit être faite avant de décider d'omettre de la séquence certaines désignations de voies de circulation pour usage ultérieur (voir Figure 1-5 ci-dessous) ;

- l) lorsqu'une voie de circulation parallèle dessert deux pistes, les voies de circulation qui les rejoignent doivent être numérotées en ordre croissant pour la première piste et la séquence ne doit pas être poursuivie pour la seconde (voir Figure 1-5). La numérotation des voies de circulation qui rejoignent la deuxième piste recommence à partir du chiffre 1 en utilisant une nouvelle lettre ;
- m) lorsqu'une voie de circulation croise une piste, un indicatif différent doit être utilisé de part et d'autre de la piste ;

Autres voies de circulation

- n) lorsqu'une voie de circulation croise une voie de circulation principale, des indicatifs différents doivent être utilisés de chaque côté de la voie de circulation principale en tenant compte des conditions locales et des évaluations de sécurité ;
- o) il arrive que des voies de circulation courtes raccordent deux voies de circulation. Dans certains cas, elles sont désignées sous l'appellation « LINK 1, LINK 2, etc. » et la désignation de ces voies de circulation suit une séquence logique suivant la configuration côté piste et le réseau de voies de circulation. Selon le cas, en fonction surtout de la longueur de ces voies de circulation et de l'espace disponible, cette pratique peut être envisagée. Ces voies de circulation ne coupent aucune autre voie de circulation. La séquence doit être semblable à celle qui est appliquée pour désigner les voies de circulation.

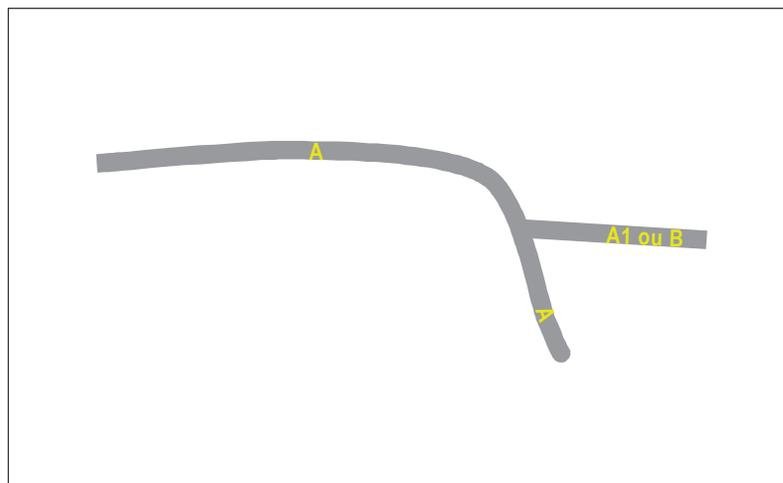


Figure 1-4. Désignation des voies de circulation principales

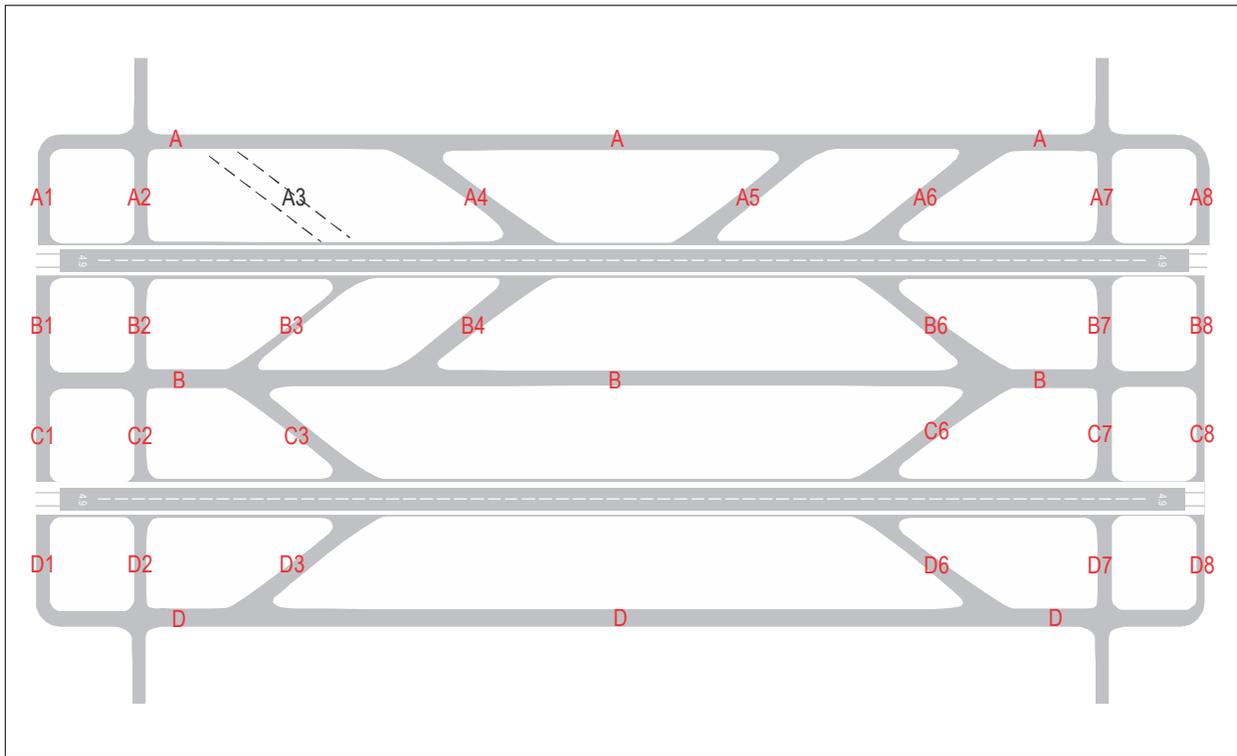


Figure 1-5. Désignation suggérée pour un système de voies de circulation complexe

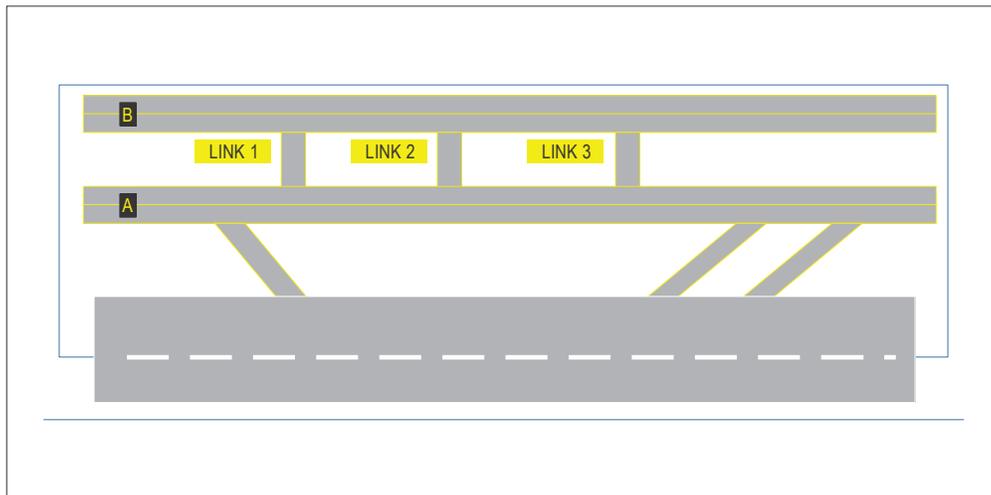


Figure 1-6. Désignation des voies de circulation de raccordement

Évaluation de divers agencements de voies de circulation

1.1.18 Une évaluation des divers agencements possibles de voies de circulation doit impérativement tenir compte de l'efficacité opérationnelle de chaque réseau en fonction de la piste et de l'aire de trafic qu'il doit desservir. Plus le tracé des pistes, des voies de circulation et des aires de trafic est complexe, plus il est possible de réduire les coûts d'exploitation en comparant les divers réseaux de voies de circulation possibles. Les experts-conseils, les compagnies aériennes et les autorités aéroportuaires ont élaboré à cet effet plusieurs modèles informatisés simulant l'écoulement du trafic au sol.

1.1.19 Par exemple, la Federal Aviation Administration des États-Unis a établi un modèle (Airfield Delay Model) qui simule tous les mouvements d'avions exécutés sur un aérodrome et sur les trajectoires d'approche durant une longue période de temps. Ces modèles peuvent prendre en compte divers facteurs variables, tels que :

- les types d'avions ;
- le volume de trafic ;
- les pointes de trafic ;
- le tracé des voies de circulation et des pistes ;
- les aérogares de destination ;
- les configurations de pistes ;
- les configurations de voies de circulation ;
- les voies de sortie rapide ;
- l'utilisation de certaines pistes par certaines catégories d'avions.

À partir de ces diverses variables, les modèles peuvent produire des données d'évaluation et de comparaison qui comprennent notamment :

- les coûts de consommation de carburant pour le roulage ;
- les distances de roulage ;
- les temps de roulage ;
- les retards associés au roulage ;
- les retards à l'arrivée sur la piste et au départ de la piste.

Distances de roulage

1.1.20 Le principe qui consiste à réduire au minimum les distances de roulage a principalement pour objet de réduire le temps de roulage et, par conséquent, d'économiser du carburant et d'améliorer les conditions d'utilisation et la sécurité des avions. Les distances de roulage revêtent une importance particulière dans le cas d'un avion lourdement chargé qui roule en vue du décollage. Même lorsqu'il s'agit d'un petit aéroport, le tracé des voies de circulation devrait tenir compte de cet aspect.

1.1.21 Dans le cas des grands aéroports, la question de la sécurité de la circulation revêt une importance plus grande. Des recherches approfondies ont montré que lorsqu'un avion roule, à pleine charge, sur une distance de 3 à 7 km (selon le type d'avion, les dimensions et le type des pneus et la température ambiante), la température de la carcasse du pneu au cours du décollage peut dépasser une valeur critique de 120 °C (250 °F). L'augmentation de température, au-delà de cette température critique, affecte la résistance de la carcasse de nylon, ainsi que l'adhérence du caoutchouc, et elle augmente sensiblement le risque de rupture du pneu. La température limite de 120 °C utilisée dans l'industrie s'applique au roulage en vue du décollage aussi bien qu'à la course au décollage. À la température de 120 °C, la résistance à la traction du nylon est réduite de 30 %. Des températures plus élevées entraînent la détérioration permanente des caractéristiques d'adhérence du caoutchouc. Les ruptures de pneus au décollage sont des incidents graves car elles peuvent se traduire par un décollage interrompu en même temps qu'un freinage inefficace sur les roues dont le pneu a éclaté.

1.1.22 Il convient donc de réduire, dans toute la mesure possible, les distances de roulage. Dans le cas d'un avion gros porteur, on considère comme limite acceptable une distance de 5 km et, en présence de circonstances défavorables, comme celles qui exigent un emploi fréquent des freins, il peut être nécessaire d'abaisser cette limite.

1.1.23 Tout plan de masse d'aéroport, quelles que soient les dimensions de l'aéroport, devrait tenir compte de la nécessité de réduire le plus possible les distances de roulage, en particulier pour les avions au départ, à la fois pour des raisons d'économie et pour la sécurité. Les distances de roulage pour les avions qui atterrissent peuvent être considérablement réduites par l'existence de voies de sortie rapide bien situées. En outre, les décollages exécutés à partir d'une intersection de voies de circulation et l'emploi de voies de sortie rapide ont pour effet, non seulement de réduire les distances de roulage et le temps d'occupation d'une piste, mais aussi d'augmenter la capacité d'utilisation de la piste.

1.2 CRITÈRES DE CONCEPTION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Généralités

1.2.1 Les critères de conception des voies de circulation sont moins rigoureux que ceux des pistes car la vitesse des avions sur les voies de circulation est très inférieure à leur vitesse sur les pistes. Le Tableau 1-1 indique les critères de conception des principales caractéristiques physiques recommandées pour une voie de circulation, conformément aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I. Il convient de souligner que pour la distance entre la roue extérieure du train principal de l'avion et le bord de la voie de circulation, on admet a priori que le poste de pilotage de l'avion demeure au-dessus des marques axiales des voies de circulation.

Code de référence d'aérodrome

1.2.2 Le code de référence a été créé dans l'intention de fournir une méthode simple permettant d'établir une relation entre les nombreuses spécifications concernant les caractéristiques d'un aérodrome, afin de garantir que les installations conviendront 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 est une lettre fondée sur l'envergure de l'avion.

1.2.3 Une spécification donnée est rattachée au plus déterminant des deux éléments du code ou à 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 critiques de l'avion 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.

1.2.4 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 1-2. Une classification des avions représentatifs selon le chiffre et la lettre de code figure à l'Appendice 3.

1.2.5 Le chiffre de code correspondant à l'élément 1 est déterminé d'après le Tableau 1-2, 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, ainsi qu'il est indiqué dans le manuel de vol approprié 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 chiffre de code choisi serait « 3 ».

1.2.6 La lettre de code pour l'élément 2 est déterminée d'après le Tableau 1-2, en choisissant la lettre de code qui correspond à la plus grande envergure des avions auxquels l'installation est destinée.

1.2.7 L'envergure est une composante pertinente pour les caractéristiques d'aérodrome liées aux distances de séparation (p. ex. obstacles, bandes), tandis que la composante de la largeur hors tout du train principal (OMGWS) a une incidence sur les caractéristiques de manœuvres au sol (p. ex. largeurs des pistes et voies de circulation). Ces deux composantes déterminantes devraient être utilisées séparément car l'utilisation de la composante la plus exigeante pourrait entraîner des surdimensionnements soit pour les séparations ou pour la largeur des pistes/voies de circulation pour certains types d'aéronefs. Comme la largeur hors tout du train principal est le paramètre pertinent pour déterminer la largeur des pistes, la largeur des voies de circulation et la portion nivelée des bandes des voies de circulation, elle est indiquée directement dans les dispositions pertinentes afin d'éviter la complexité d'un troisième élément de code.

Largeur des voies de circulation

1.2.8 Les largeurs minimales des voies de circulation sont indiquées au Tableau 1-1. Les largeurs minimales choisies sont obtenues en ajoutant la distance de dégagement entre les roues extérieures du train principal et le bord de la chaussée à l'OMGWS maximale de la catégorie considérée.

Tableau 1-2. Code de référence d'aérodrome

Élément de code 1	
Chiffre de code	Distance de référence de l'avion
1	Inférieure à 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	Jusqu'à 15 m exclus
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

Tableau 1-3. Vitesse admissible — rayon de virage

Vitesse (km/h)	Rayon de virage (m)
16	15
32	60
48	135
64	240
80	375
96	540

Virages de voies de circulation

1.2.9 Les changements de direction sur les voies de circulation doivent être aussi peu nombreux et aussi faibles que possible. Les virages doivent être conçus de telle façon que, lorsque le poste de pilotage des avions reste à la verticale des marques axiales de la voie de circulation, la distance minimale de dégagement entre les roues extérieures du train principal de l'avion et le bord de la voie de circulation ne soit pas inférieure aux distances spécifiées au Tableau 1-1.

1.2.10 Si des virages ne peuvent être évités, les rayons de virage doivent être compatibles avec les possibilités de manœuvre et les vitesses normales de circulation au sol des avions auxquels la voie de circulation est destinée. Le Tableau 1-3 indique les vitesses admissibles pour des rayons de courbure donnés, sur la base d'un facteur de charge latérale de 0,133 g (voir le § 1.2.23). Lorsqu'il est prévu d'aménager des virages brusques dont le rayon serait insuffisant pour permettre aux avions qui circulent au sol de virer sans sortir de la chaussée, il peut être nécessaire d'élargir la voie de circulation afin d'assurer le dégagement spécifié au Tableau 1-1. Il y a lieu de noter que des virages composites peuvent permettre de réduire ou de supprimer les surlargeurs d'une voie de circulation.

Jonctions et intersections

1.2.11 Des congés de raccordement doivent être ménagés aux jonctions et aux intersections des voies de circulation avec des pistes, des aires de trafic et d'autres voies de circulation afin que les dégagements minimaux spécifiés au Tableau 1-1 soient respectés. La section 1.5 contient des renseignements sur la conception des congés de raccordement.

Distances minimales de séparation pour les voies de circulation

Généralités

1.2.12 La distance de séparation entre l'axe d'une voie de circulation et l'axe d'une piste, une autre voie de circulation ou un objet, doit être au moins égale à la distance spécifiée au Tableau 1-1. Toutefois, sur un aérodrome déjà existant, on pourrait peut-être utiliser des distances de séparation plus faibles si une étude aéronautique révèle que de telles distances ne compromettent pas la sécurité et n'affecteront pas sensiblement la régularité de l'exploitation. Les § 1.2.29 à 1.2.67 donnent des indications sur les facteurs dont pourrait tenir compte l'étude aéronautique en question.

1.2.13 Les distances sont fondées sur l'envergure maximale d'un groupe, sur l'hypothèse qu'un avion s'écarte de l'axe de la voie de circulation d'une distance égale au dégagement entre les roues et le bord de la chaussée et sur l'intervalle (Z) pour ce groupe. Il convient de noter que, même dans les cas où, par suite d'une conception particulière de l'avion (résultant de la combinaison inhabituelle d'une grande envergure et d'une voie étroite), le bout de l'aile se trouverait plus éloigné par rapport à l'axe, la distance de dégagement qui en résulterait serait encore considérablement supérieure à la distance nécessaire pour permettre aux avions de passer.

*Distances de séparation entre une voie de circulation
et une autre voie de circulation ou un objet*

1.2.14 Des formules et des distances de séparation sont indiquées au Tableau 1-4 et illustrées à la Figure 1-7. Les distances de séparation qui concernent les voies de circulation et les voies de circulation d'aire de trafic sont fondées sur l'envergure de l'avion (Y) et l'écart latéral maximal (X) (la distance de dégagement entre la roue extérieure et le bord de la chaussée est spécifiée au Tableau 1-1).

1.2.15 Il est jugé approprié de prévoir des distances inférieures sur les voies d'accès de poste de stationnement car les vitesses de roulement sont normalement plus faibles lorsqu'un avion circule sur ces voies, et le surcroît d'attention du pilote se traduit par des écarts moins importants par rapport à l'axe. En conséquence, au lieu d'admettre a priori qu'un avion se trouve décalé par rapport à l'axe d'une distance correspondant à l'écart latéral maximal (X), on prend pour hypothèse une distance plus faible que l'on appelle « écart du train principal ».

1.2.16 Il convient de noter que deux facteurs ont été utilisés lors de l'élaboration des formules, soit l'écart latéral maximal ou l'écart du train principal et la marge de dégagement de bout d'aile. Ces facteurs ont des rôles différents. Le facteur « écart » représente une distance que les avions pourront utiliser en exploitation normale. D'autre part, la marge de dégagement de bout d'aile (intervalle Z dans la Figure 1-7) correspond à une marge de sécurité destinée à prévenir les accidents lorsqu'un avion sort de la voie de circulation, à faciliter la circulation en fournissant un espace supplémentaire et à tenir compte d'autres facteurs qui ont une incidence sur les vitesses de roulage.

1.2.17 Une échelle d'intervalles graduée a été choisie plutôt qu'un intervalle constant pour toutes les lettres de code, car :

- a) l'évaluation de la distance de dégagement par le pilote est plus difficile dans le cas des avions à grande envergure, notamment s'il s'agit d'un avion à ailes en flèche ;
- b) l'inertie des avions de grandes dimensions peut être plus élevée et il pourrait en résulter que ces avions, s'ils sortent d'une voie de circulation, s'écartent plus loin du bord de la chaussée.

1.2.18 Les intervalles proposés pour la détermination des distances de séparation entre une voie de circulation d'aire de trafic et un objet sont les mêmes que ceux qui sont proposés entre une voie de circulation et un objet ; en effet, bien que les voies de circulation d'aire de trafic soient associées aux aires de trafic, il est jugé que leur emplacement ne devrait pas entraîner une réduction de la vitesse de roulage. Les avions se déplaceront normalement à des vitesses plus faibles sur une voie d'accès de poste de stationnement et peuvent donc demeurer, en principe, à proximité de l'axe. Un écart de 1,5 m a été adopté pour les lettres de code A à C. Un écart de 2,5 m a été adopté pour les lettres de code D à F. L'emploi d'une échelle graduée pour indiquer l'écart latéral sur une voie d'accès de poste de stationnement est jugé approprié, car il est plus difficile pour le pilote d'un avion de grandes dimensions de suivre l'axe de la voie à cause de la hauteur du poste de pilotage.

Tableau 1-4. Distances minimales de séparation entre une voie de circulation et une autre voie de circulation ou un objet (dimensions exprimées en mètres)

Distance de séparation	Lettre de code					
	A	B	C	D	E	F
Entre l'axe d'une voie de circulation/voie de circulation d'aire de trafic et l'axe d'une autre voie de circulation/ voie de circulation d'aire de trafic :						
envergure (Y)	15,0	24,0	36,0	52,0	65,0	80,0
+ écart latéral maximal (X)	1,5	2,25	3,0	4,0	4,0	4,0
+ intervalle (Z)	6,5	5,75	5,0	7,0	7,0	7,0
Total de la distance de séparation (V)	23,0	32,0	44,0	63,0	76,0	91,0
Entre l'axe d'une voie de circulation/voie de circulation d'aire de trafic et un objet :						
½ envergure (Y)	7,5	12,0	18,0	26,0	32,5	40,0
+ écart latéral maximal (X)	1,5	2,25	3,0	4,0	4,0	4,0
+ intervalle (Z)	6,5	5,75	5,0	7,0	7,0	7,0
Total de la distance de séparation (V)	15,5	20,0	26,0	37,0	43,5	51,0
Entre l'axe d'une voie d'accès de poste de stationnement et l'axe d'une autre voie d'accès de poste de stationnement :						
envergure (Y)	15,0	24,0	36,0	52,0	65,0	80,0
+ écart du train principal	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
+ intervalle (Z)	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0
Total de la distance de séparation (V)	19,5	28,5	40,5	59,5	72,5	87,5
Entre l'axe d'une voie d'accès de poste de stationnement et un objet :						
½ envergure (Y)	7,5	12,0	18,0	26,0	32,5	40,0
+ écart du train principal	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
+ intervalle (Z)	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0
Total de la distance de séparation (V)	12,0	16,5	22,5	33,5	40,0	47,5

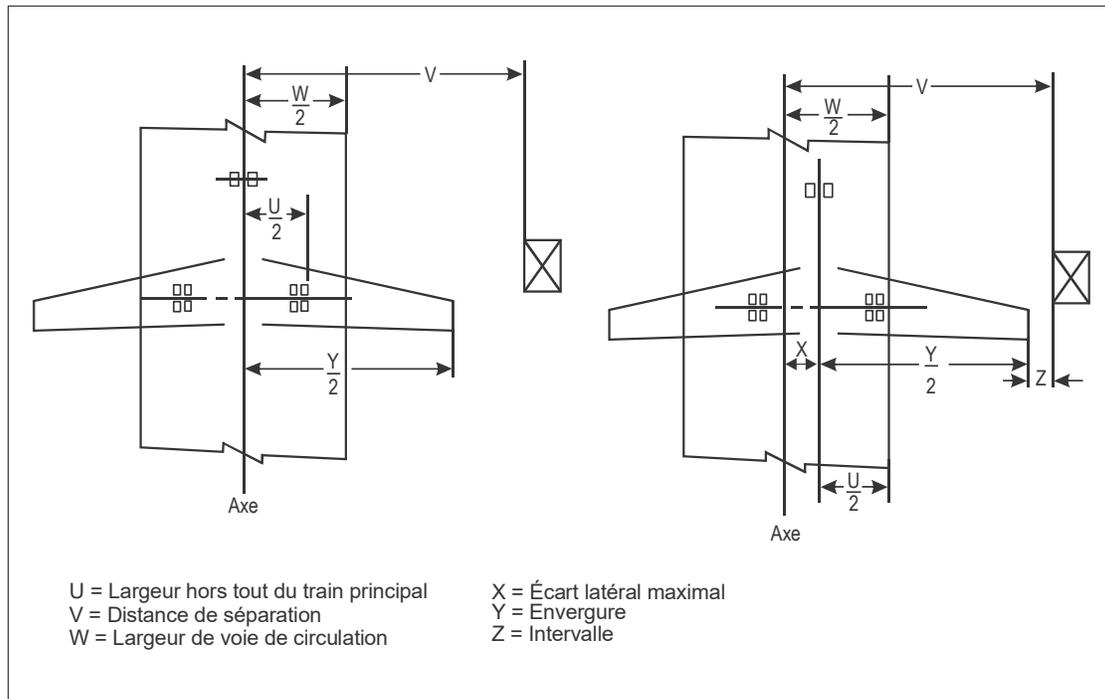


Figure 1-7. Distance de séparation par rapport à un objet

1.2.19 Les intervalles choisis pour les distances de séparation entre une voie de circulation et un objet et entre une voie de circulation d'aire de trafic et un objet sont plus élevés que pour les autres distances de séparation. Ces intervalles plus importants sont jugés nécessaires car, normalement, les objets situés le long des voies de circulation de ce type sont des objets fixes, ce qui rend la probabilité de collision avec l'un d'eux plus élevée que la probabilité de collision entre un avion qui sort accidentellement de la voie de circulation et un autre avion qui passe au même moment et au même endroit sur la voie de circulation parallèle. En outre, l'objet fixe peut être une clôture ou un mur parallèle, sur une certaine distance, à la voie de circulation. Même dans le cas d'une voie parallèle à une voie de circulation, les conducteurs de véhicules peuvent réduire involontairement la distance de dégagement en stationnant en dehors de la voie.

Distances de séparation entre une voie de circulation et une piste

1.2.20 Les distances de séparation sont fondées sur le principe selon lequel l'aile d'un avion centré sur une voie de circulation parallèle ne doit pas déborder sur la bande de la piste adjacente. Les formules et distances de séparation sont indiquées au Tableau 1-5. La distance minimale qui doit séparer l'axe d'une piste de l'axe d'une voie de circulation construite parallèlement à cette piste est fondée sur le principe accepté selon lequel l'extrémité de l'aile d'un avion roulant sur la voie de circulation ne devrait pas se trouver au-dessus de la bande de la piste. Cependant, cette distance minimale ne permettra peut-être pas à la bretelle raccordant la voie de circulation à la piste d'avoir une longueur suffisante pour garantir la sécurité des avions roulant derrière un avion en attente en retrait de la piste, au point d'arrêt. Pour garantir une telle sécurité, la voie de circulation parallèle devrait être située conformément aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I, Tableaux 3-1 et 3-2, compte tenu des dimensions de l'avion le plus exigeant pour le code d'aérodrome considéré. Par exemple, dans le cas d'un aérodrome code E, la distance de séparation serait égale à la somme de la distance entre le point d'attente avant piste et l'axe de piste, de la longueur hors tout de l'avion le plus exigeant et de la distance voie de circulation-objet spécifiée à la colonne E du Tableau 1-1.

Tableau 1-5. Distances minimales de séparation entre l'axe d'une voie de circulation ou d'une voie d'aire de trafic et l'axe d'une piste (en mètres)

Chiffre de code	1		2		3			4				
	A	B	A	B	A	B	C	D	C	D	E	F
½ envergure (Y) + ½ largeur de bande (piste avec approche à vue)	7,5	12	7,5	12	7,5	12	18	26	18	26	32,5	40
Total	37,5	42	47,5	52	62,5	57	73	81	93	101	107,5	115
ou												
½ envergure (Y) + ½ largeur de bande (piste avec approche aux instruments)	7,5	12	7,5	12	7,5	12	18	26	18	26	32,5	40
Total	77,5	82	77,5	82	147,5	152	158	166	158	166	172,5	180

Géométrie des voies de circulation parallèles

1.2.21 Les distances de séparation entre des voies de circulation parallèles indiquées au Tableau 1-1 ont été choisies d'après les dégagements de bout d'aile souhaités. Il faut également tenir compte d'autres facteurs lorsqu'on évalue la possibilité de faire un virage normal à 180° d'une voie de circulation à une autre voie de circulation parallèle. Ceux-ci comprennent :

- la possibilité de maintenir une vitesse de circulation raisonnable pour obtenir un haut degré d'utilisation du réseau de voies de circulation ;
- le maintien de distances de dégagement spécifiées entre les roues extérieures du train principal et le bord de la chaussée lorsque le poste de pilotage reste à la verticale des marques axiales de la voie de circulation ;
- la possibilité de manœuvrer avec un angle de guidage qui reste dans les limites des possibilités de l'avion et qui n'use pas exagérément les pneus.

1.2.22 Pour évaluer la vitesse de circulation lorsque l'avion effectue le virage à 180°, on admet que le rayon de virage est égal à la moitié de la distance de séparation indiquée dans le Tableau 1-1, c'est-à-dire :

Lettre de code	Rayon (m)
A	11,5
B	16,0
C	22,0
D	31,5
E	38,0
F	45,5

1.2.23 La vitesse dans le virage est fonction du rayon du virage (R) et du facteur de charge latérale (f). Ainsi, si l'on admet que le facteur de charge latérale est limité à 0,133 g :

$$\begin{aligned} V &= (127,133 \times (f) \times R)^{1/2} \\ &= (127,133 \times 0,133 R)^{1/2} \\ &= (4,1120 (R^{1/2})), \end{aligned}$$

où R est exprimé en mètres.

Les vitesses admissibles qui en résultent sont indiquées au Tableau 1-6.

1.2.24 Un examen des données du Tableau 1-6 montre que la vitesse est de 25,4 km/h pour la lettre de code E. Dans le cas de la lettre de code F, cette vitesse serait de 27,7 km/h. Pour réaliser la même vitesse sur des voies de circulation associées aux autres lettres de code, une distance de séparation de 80 m serait nécessaire. Toutefois, une telle distance de séparation pour les lettres de code A et B est peut-être trop grande comparée aux distances de séparation pour obtenir la distance de dégagement de bout d'aile souhaitée. À ce sujet, l'expérience montre que les avions légers doivent évoluer à plus faible vitesse que les gros-porteurs car leur roue de nez a tendance à pivoter.

1.2.25 Pour évaluer les facteurs mentionnés au § 1.2.21, alinéas b) et c), un constructeur d'aéronefs a mis au point un programme d'ordinateur pour étudier les mouvements d'un avion durant un virage à 180°. Un avion représentatif de chaque lettre de code a été utilisé (voir le Tableau 1-6). Ces avions ont été pris comme exemples parce qu'ils présentent la plus grande distance entre le train principal et le poste de pilotage, dans chaque code. Le rayon de virage dans chaque cas est fondé sur la moitié de la distance de séparation minimale.

1.2.26 La possibilité de faire un virage régulier dépend, en partie, de l'angle de guidage admissible. Le Tableau 1-7 présente ces données pour les avions représentatifs. (Les chiffres indiqués dans la dernière colonne sont fondés sur les données prises comme hypothèse au Tableau 1-6 et supposent un angle de dérapage de l'atterrisseur avant de 3° pour le Lear 55, le F28 et le MD80, et de 5° pour le MD11 et le B747.) L'étude a montré que l'angle maximal requis durant le virage ne dépasse pas les limites indiquées au Tableau 1-7 pour tous les avions.

1.2.27 La solution pour un virage à 180°, à laquelle on est parvenu en utilisant un programme d'ordinateur, peut également être obtenue par des moyens graphiques. Il faut pour cela déplacer progressivement le poste de pilotage sur l'axe du virage. On admet que le train principal se déplace sur une ligne formée par la position originale du point médian entre le train principal et la nouvelle position du poste de pilotage. Cette méthode est illustrée à la Figure 1-8.

1.2.28 Il est important de noter que les résultats du programme d'ordinateur se fondent sur des échelons de mouvements de 0,5°. C'est une opération beaucoup trop fastidieuse pour une solution graphique, aussi a-t-on procédé par échelons de 10° pour faire la comparaison avec la solution du programme d'ordinateur. Il a été conclu qu'une erreur d'environ 2,4 m est introduite par les échelons plus grands de la méthode graphique. Des échelons de 5° ramèneraient l'erreur à 1,5 m environ.

Tableau 1-6. Données prises pour hypothèse pour le calcul du virage à 180°

Lettre de code	Rayon de virage (m)	Modèle d'avion critique	Distance entre le train principal et le poste de pilotage (m)	Vitesse $V = 4,1120 (R^{1/2})$ (km/h)
A	11,5	Lear 55	5,7	14,0
B	16,0	F28	11,9	16,5
C	22,0	MD80	20,3	19,3
D	31,5	MD11	31,0	23,1
E	38,0	A340-600	37,4	25,4
E	38,0	B747	27,8	25,4
E	38,0	B777-300	34,2	25,4
F	45,5	A380	31,9	27,7

Tableau 1-7. Angles de guidage des avions

Type d'avion	Angle de guidage maximal	Angle de guidage maximal approximatif durant un virage à 180°
Lear 55	55°	40°
F28	76°	45°
MD80	82°	65°
MD11	72°	70°
A340-600	75°	70°
B747	70°	50°
B777-300	70°	65°
A380	70°	45°

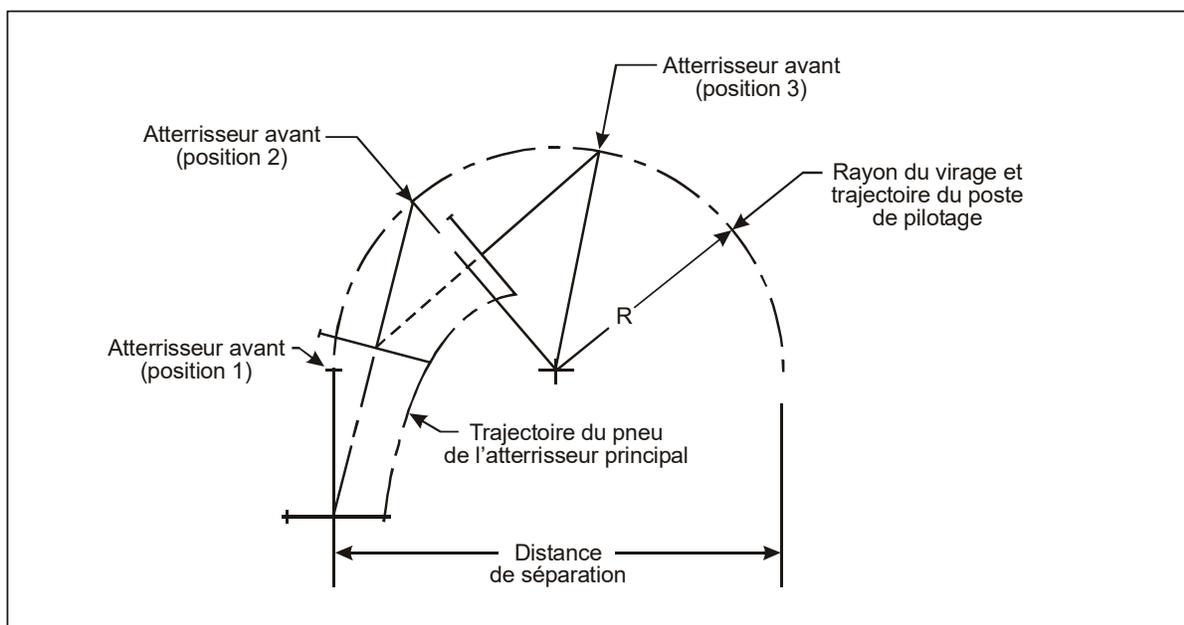


Figure 1-8. Solution graphique d'un virage à 180°

Étude aéronautique sur les distances minimales de séparation

Introduction

1.2.29 Les spécifications de l'Annexe 14, Volume I, visent à donner aux experts chargés de la planification les moyens de parvenir à une conception rationnelle de l'aérodrome, de manière à assurer la sécurité de l'exploitation. L'Annexe 14, toutefois, n'est pas destinée à être utilisée pour réglementer l'exploitation. On pourra peut-être utiliser les aérodromes existants avec des distances de séparation de voies de circulation inférieures à celles qui sont spécifiées dans l'Annexe si une étude aéronautique révèle que de telles distances ne compromettent pas la sécurité et n'affecteront pas sensiblement la régularité des mouvements. Les éléments indicatifs qui suivent ont pour objet d'aider les États à entreprendre une étude aéronautique ; ils définissent en effet les critères permettant de déterminer si des distances inférieures à celles qui sont spécifiées dans le Tableau 3-1 de l'Annexe 14 (reproduites dans le Tableau 1-1) conviendront pour l'exploitation de nouveaux avions de plus grandes dimensions dans l'environnement opérationnel spécifique d'un aérodrome existant. Cela pourrait aussi causer des restrictions ou des limitations opérationnelles. Si d'autres mesures, procédures opérationnelles et restrictions d'utilisation ont été élaborées, elles seront reproduites de manière détaillée dans le manuel d'aérodrome et régulièrement examinées pour déterminer si elles demeurent valides. On s'attend à ce que l'infrastructure d'un aérodrome existant ou d'un nouvel aérodrome soit dès que possible totalement conforme aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I. De plus amples orientations sur l'évaluation de la compatibilité d'un nouvel avion avec un aérodrome existant figurent dans les *Procédures pour les services de navigation aérienne (PANS) — Aérodromes* (Doc 9981).

Objectifs et portée

1.2.30 Une étude aéronautique a principalement pour objet de déterminer si la protection assurée par le système existant est suffisante pour l'exploitation de l'avion critique, au regard des points suivants :

- a) collision avec un autre avion, un véhicule ou un objet ;

- b) sortie d'une chaussée en dur ;
- c) dommages à un moteur causé par l'ingestion de corps étrangers.

1.2.31 Cette évaluation obligera à définir des besoins précis en ce qui concerne :

- a) la distance entre l'axe d'une piste et l'axe d'une voie de circulation ;
- b) la distance entre l'axe d'une voie de circulation et l'axe d'une voie parallèle ;
- c) la distance entre l'axe d'une voie de circulation et un objet ;
- d) la distance entre l'axe d'une voie d'accès de poste de stationnement et un objet ;
- e) les dimensions, les revêtements et les accotements des pistes et voies de circulation ;
- f) la protection des moteurs contre les dommages causés par des corps étrangers.

Il conviendrait de noter qu'il n'est pas nécessaire de prendre en considération, dans tous les cas, tous les facteurs opérationnels énumérés ci-dessus. C'est pourquoi il appartiendra à l'autorité compétente de déterminer quels seront les facteurs à considérer dans une analyse de risques concernant un site particulier. En outre, l'autorité compétente devrait définir les paramètres correspondant à chacun des facteurs opérationnels sélectionnés et affecter des coefficients à chacun de ces facteurs, sur la base d'une évaluation opérationnelle et technique subjective.

Considérations fondamentales

1.2.32 L'expérience acquise dans l'exploitation d'avions gros porteurs sur des aérodromes qui ne sont pas conçus pour ce type d'avion a montré que cette exploitation est possible, avec la sécurité et la régularité voulues, bien que subordonnée à l'application de certaines mesures (l'emploi d'itinéraires de roulage sélectionnés, de voies d'accès de postes de stationnement désignées, etc.). Il existe, en effet, toute une variété de facteurs défavorables qui ne concernent pas nécessairement l'environnement opérationnel d'un aérodrome donné. De plus, les analyses des accidents et incidents ne révèlent pas que ceux-ci sont causés par des marges insuffisantes qui ne respectent pas les spécifications de l'Annexe 14, Volume I. On peut donc admettre a priori que les considérations ci-dessus s'appliquent de la même manière à l'exploitation de nouveaux avions de plus grandes dimensions, sous réserve des conclusions de l'étude aéronautique.

Aspects relatifs à l'évaluation

1.2.33 Une étude aéronautique se composera essentiellement d'une analyse de risques fondée sur des critères pertinents et visant à évaluer :

- a) la probabilité de collision ;
- b) la probabilité de sortie de chaussée ;
- c) le risque de dommages causés aux moteurs par ingestion de corps étrangers.

La majorité des critères étant de nature qualitative, l'évaluation des niveaux de risque devrait s'exprimer en termes absolus ou quantitatifs. Afin que l'étude produise des résultats valables, elle devrait être complétée par des évaluations

opérationnelles et techniques. C'est pourquoi, lorsqu'elle procédera à cette étude, l'autorité compétente devrait consulter les exploitants.

1.2.34 En ce qui concerne l'évaluation du risque de collision, laquelle concerne les distances de séparation ou de dégagement assurées, on considère généralement que le niveau de risque relatif sur l'aire de mouvement (exprimé sous forme de probabilité de collision) augmente dans l'ordre ci-après :

piste → voie de circulation → voie d'aire de trafic → voie d'accès de poste de stationnement d'aéronef

L'augmentation du risque est attribuée aux facteurs suivants :

- a) diminution de la prise en compte des écarts de l'avion par rapport à l'axe ou à la ligne de guidage, et des marges correspondantes ;
- b) augmentation de la densité des véhicules et objets ;
- c) augmentation de la complexité des tracés donnant lieu, de la part du pilote, à des distractions, de la confusion, des erreurs d'interprétation, etc.

1.2.35 On considère comme un critère crucial, lorsqu'il s'agit de déterminer si les distances de séparation ou de dégagement existantes permettent l'exploitation sûre et régulière de nouveaux avions de plus grandes dimensions, la précision avec laquelle un avion roule au sol, par rapport à l'axe ou à la ligne de guidage sur une piste ou une voie de circulation :

- a) sur les tronçons rectilignes ;
- b) dans les virages de voies de circulation.

1.2.36 Les facteurs ci-après peuvent avoir une incidence sur la précision ou la sécurité réalisée dans l'environnement opérationnel quotidien et doivent donc, le cas échéant, faire l'objet d'un examen détaillé :

- a) qualité des lignes de guidage (marques et feux) ;
- b) qualité des panneaux de signalisation ;
- c) conditions de visibilité ;
- d) conditions diurnes ou nocturnes ;
- e) état de la surface (sèche, mouillée, recouverte de neige ou de glace) ;
- f) vitesse de roulage ;
- g) vigilance du pilote ;
- h) technique du pilote pour la négociation des virages ;
- i) effets du vent (vent traversier) ;
- j) caractéristiques de maniabilité de l'avion.

1.2.37 La mise en œuvre de moyens de guidage pour la circulation au sol, c'est-à-dire de marques, de feux et de panneaux de signalisation bien visibles dans toutes les conditions d'exploitation, ainsi que de bonnes caractéristiques de frottement de la surface de chaussée sont jugées primordiales pour l'obtention d'un niveau élevé de précision de roulage. À l'appui de ces considérations, on notera en effet que le pilote d'un avion gros porteur, lequel est incapable de voir les bouts d'ailes de l'avion, devra se fier essentiellement au guidage de circulation de surface et suivre ce guidage avec précision, ce qui lui garantira un dégagement de bout d'aile suffisant.

1.2.38 Il est nécessaire que la surface des chaussées présente de bonnes caractéristiques de frottement car l'efficacité directionnelle de l'atterrisseur avant risque de se dégrader sensiblement, dans le cas d'un avion gros porteur, lorsqu'une surface de chaussée non parfaitement sèche compromet l'exécution de virages contrôlés. Cela est particulièrement vrai en présence d'un fort vent traversier.

1.2.39 Le raisonnement utilisé pour déterminer les distances de séparation dans le cas des lettres de code E et F suppose a priori un écart latéral de 4,0 m par rapport à l'axe pour les voies de circulation et les voies d'aire de trafic, aussi bien sur un tronçon rectiligne que sur un tronçon courbe. Dans le cas des voies d'accès de poste de stationnement, l'écart latéral est de 2,5 m (écart moyen du train principal).

1.2.40 Des études sur les écarts observés par rapport à l'axe d'une voie de circulation, avec la participation d'un échantillonnage représentatif de types d'avions, y compris des avions gros porteurs, ont été effectuées aux aéroports de Londres/Heathrow et d'Amsterdam/Schiphol (voir l'Appendice 4). Les résultats obtenus révèlent que, dans des conditions d'utilisation favorables (c'est-à-dire avec un guidage précis fourni par des marques et des feux axiaux et de bonnes caractéristiques de frottement de la surface) l'écart moyen du train principal des avions par rapport à l'axe, sur des tronçons rectilignes de voie de circulation, est inférieur à 4,5 m. Il convient toutefois de noter que l'écart maximal du train principal, pour la plupart des avions, atteignait 8 à 10 m, selon le type d'avion. Avec ces réserves, une réduction de la valeur de l'écart moyen pris en compte dans une étude aéronautique peut être acceptable lorsqu'il s'agit d'un tronçon rectiligne de voie de circulation, alors qu'il convient de maintenir la valeur spécifiée si les conditions mentionnées plus haut ne sont pas remplies.

1.2.41 En ce qui concerne les courbes de voie de circulation, toutefois, la situation est quelque peu différente. Un écart fixe de 4,0 m jugé approprié pour définir des distances de séparation ou de dégagement ne tient pas compte du déport intérieur naturel du train principal qui résulte du fait que c'est le poste de pilotage qui suit l'axe de la voie de circulation. Dans le cas des nouveaux avions gros porteurs, la marge prévue pour le déport intérieur peut être insuffisante lorsqu'il s'agit de courbes de voie de circulation présentant un rayon de virage plus court. Par conséquent, il y aura lieu de procéder à une évaluation détaillée pour déterminer la trajectoire suivie par le bout d'aile situé à l'intérieur du virage. Pour une étude détaillée impliquant de nouveaux types d'avions gros porteurs, il peut être nécessaire de consulter les constructeurs d'aéronefs.

1.2.42 Les spécifications de conception sont fondées sur l'hypothèse que, dans les courbes d'une voie de circulation, c'est le poste de pilotage qui suit l'axe de la voie de circulation. Au cours des opérations quotidiennes, toutefois, les pilotes utilisent souvent la technique consistant à couper directement le virage ou à maintenir le train principal sur l'axe. Cette technique de rechange peut être prise en compte lorsqu'on envisage d'appliquer des distances de séparation ou de dégagement réduites. Elle pourrait s'appliquer, par exemple, dans le cas de voies de circulation courbes parallèles, l'avion se trouvant sur la voie extérieure utilisant la technique consistant à maintenir le poste de pilotage sur l'axe, et l'avion sur la voie intérieure, la technique consistant à maintenir le train principal sur l'axe. Les dimensions du congé de raccordement de la voie de circulation et le dégagement de bout d'aile sur les aires de l'aérogare sont d'autres éléments importants.

1.2.43 Outre qu'elle permettra de déterminer si les distances de séparation et de dégagement sont suffisantes, compte tenu des écarts relativement faibles prévus en exploitation normale, l'étude aéronautique peut exiger de plus une évaluation de la probabilité de collision résultant d'écarts involontaires de grande amplitude, y compris les cas d'avions qui sortent de la chaussée.

1.2.44 Les écarts accidentels sont pris en compte par l'emploi d'une marge de sécurité appropriée (intervalle Z) qui ne fait aucune distinction, toutefois, à l'égard du niveau de risque en cause. On peut admettre, en conséquence, que les marges spécifiées assureront une protection suffisante contre toute une gamme de facteurs opérationnels défavorables.

1.2.45 Si l'on envisage des marges plus faibles, l'étude devra déterminer la probabilité de collision à prévoir pour l'environnement opérationnel particulier de l'aérodrome considéré. Cela implique une évaluation du risque total, lequel se compose :

- a) du risque de sortie de chaussée ;
- b) de l'exposition aux risques de collision ;

et des critères distincts s'appliqueront à chacun de ces deux éléments :

pour a) :

- conditions de frottement de la surface ;
- vitesse de roulage ;
- voie de circulation rectiligne ou courbe ;
- roulage à l'arrivée ou roulage au départ ;

pour b) :

- type d'objet (fixe ou mobile) ;
- étendue ou densité de l'objet ;
- partie en cause de l'aire de mouvement.

1.2.46 En termes pratiques, on considère que le risque de sortie de chaussée s'accroît avec de mauvaises caractéristiques de frottement de la surface (présence de neige ou de glace), lorsque la vitesse de roulage est relativement élevée, dans les virages de voie de circulation. L'exposition au risque de collision augmente lorsque l'avion se déplace de la piste vers l'aire de trafic, par suite de l'augmentation de la densité des objets (fixes ou mobiles) et de l'existence de marges plus faibles. Dans un environnement opérationnel favorable, toutefois, on peut établir que la probabilité de collision est extrêmement faible, voire inexistante et que, par conséquent, des distances de séparation ou de dégagement plus faibles sont acceptables. Ce peut être le cas lorsqu'il s'agit d'un objet isolé situé le long d'une voie de circulation rectiligne, avec une vitesse de roulage peu élevée et de bonnes caractéristiques de frottement de la surface.

Considérations relatives à certaines caractéristiques fonctionnelles

Distances de séparation entre une piste et une voie de circulation

1.2.47 Le grand principe régissant la distance qui doit séparer une piste et une voie de circulation est le suivant : le bout de l'aile d'un avion roulant sur la voie de circulation ne doit pas se trouver au-dessus de la bande de la piste. Les autres grands éléments à prendre en compte sont de protéger un avion qui quitte accidentellement une piste contre une collision éventuelle avec un autre avion circulant sur une voie de circulation parallèle et de protéger les zones critiques et sensibles de l'ILS contre les brouillages provenant des aides de radionavigation. Le risque d'une collision est essentiellement régi par :

- a) la probabilité d'une sortie de piste ;

- b) l'exposition au risque de collision.

Ce risque de collision devrait être évalué dans le cadre d'une étude concernant l'environnement opérationnel particulier de l'aérodrome considéré.

1.2.48 Les statistiques démontrent que les sorties de piste se produisent pour différentes raisons, avec un écart latéral plus ou moins prononcé par rapport à l'axe de la piste. Le risque de sortie de piste est essentiellement attribuable :

- a) à des facteurs environnementaux :
 - mauvaises caractéristiques de frottement de la surface de piste ;
 - fort vent traversier, rafales, cisaillement du vent ;
- b) à des facteurs liés à la conduite et au fonctionnement de l'avion :
 - facteurs humains ;
 - défectuosité technique affectant le dispositif d'orientation du train avant, les pneus, le freinage, l'inversion de poussée.

1.2.49 Si les facteurs liés à la conduite et au fonctionnement de l'avion sont en général imprévisibles, les facteurs environnementaux peuvent être contrôlés par l'autorité compétente de manière à réduire le plus possible le risque global. De plus, l'exposition au risque de collision est largement influencée par l'importance des écarts latéraux par rapport à l'axe de la piste et par la densité de la circulation.

1.2.50 Des orientations sur le nivellement des bandes des pistes avec approche de précision, tenant compte des écarts latéraux, figurent au § 9.3 et à la Figure A-4 du Supplément A à l'Annexe 14, Volume I. L'établissement d'une relation entre les dimensions latérales et la distance de séparation existante peut faciliter l'évaluation de l'exposition relative au risque de collision. Lorsque les distances de séparation sont inférieures à celles qui sont spécifiées dans l'Annexe 14, Volume I, il semblerait toutefois souhaitable de chercher à réduire le plus possible le risque de sortie de piste en assurant un contrôle et une communication efficaces des caractéristiques de frottement des pistes, ainsi qu'une communication fiable des conditions de vent. Les exploitants peuvent donc contribuer à réduire au minimum les risques de sortie de piste en appliquant des restrictions opérationnelles en fonction des conditions communiquées.

Distances de séparation entre deux voies de circulation

1.2.51 Les distances de séparation spécifiées pour les voies de circulation parallèles sont destinées à assurer un dégagement de bout d'aile offrant la sécurité voulue en tenant compte de l'éventualité dans laquelle un avion qui manœuvre s'écarterait de l'axe de la voie de circulation, du point de vue des aspects suivants :

- a) précision de roulage réalisée dans les conditions d'exploitation courantes ;
- b) sortie de piste accidentelle.

Une étude visant à déterminer si des distances de séparation plus faibles assureront des marges de sécurité suffisantes dans l'environnement opérationnel d'un aérodrome existant nécessitera une évaluation du risque de collision qui, par suite des différents éléments en cause, devrait se rapporter :

- a) aux voies de circulation parallèles rectilignes ;
- b) aux virages de voies de circulation.

Dans l'un et l'autre cas, le risque de collision entre deux avions qui circulent sur des voies de circulation parallèles est déterminé principalement par la probabilité que l'un des deux avions s'écarte fortement, par inadvertance, de l'axe de la voie de circulation.

1.2.52 Par contre, la précision de roulage n'est pas considérée, en soi, comme intervenant de façon critique dans le risque de collision dans le cas de voies de circulation parallèles rectilignes.

1.2.53 Dans les virages de voies de circulation, toutefois, la précision de roulage constitue un élément critique du point de vue des risques de collision pour les différentes raisons exposées aux § 1.2.33 à 1.2.46. Il faut donc définir, en conséquence, les trajectoires des bouts d'ailes de deux avions gros porteurs.

1.2.54 Si l'on envisage d'adopter des distances de séparation plus faibles, il faut examiner avec soin les différents facteurs qui affectent la précision de roulage (§ 1.2.33 à 1.2.46), en particulier dans les virages de voies de circulation. À cet égard, il est jugé indispensable de maintenir, dans toutes les conditions d'exploitation, de bonnes caractéristiques de frottement à la surface des chaussées afin de limiter le plus possible :

- a) les écarts latéraux, grâce à un braquage approprié des roues (orientation) de l'atterrisseur avant, ainsi qu'à un freinage efficace ;
- b) les risques de sortie de chaussée.

Par conséquent, le risque global se limiterait essentiellement à la possibilité d'écarts accidentels importants résultant de défaillances techniques imprévisibles affectant la capacité de diriger un avion (p. ex. l'orientation de l'atterrisseur avant). L'évaluation du risque global porterait par conséquent sur :

- a) la probabilité d'occurrence d'une défaillance technique entraînant un écart important ;
- b) l'exposition au risque de collision, selon la densité de la circulation.

Dans le cas de l'alinéa a) ci-dessus, toutefois, rien n'indique que le coefficient de probabilité d'une défaillance mécanique serait significatif.

Distances de séparation entre une voie de circulation et un objet

1.2.55 Les considérations de risque et les conditions préalables associées à des distances de séparation réduites (§ 1.2.51 à 1.2.54) s'appliqueront de la même manière lorsqu'il s'agira de déterminer la validité des distances de séparation déjà assurées entre l'axe d'une voie de circulation et des objets sur un aérodrome existant. En ce qui concerne l'exposition aux risques de collision, il semble justifié de prêter une attention particulière aux aspects suivants :

- a) la nature des objets (fixes ou mobiles) ;
- b) leurs dimensions (objets isolés ou dispersés sur une grande étendue) ;
- c) leur emplacement par rapport aux tronçons rectilignes ou aux courbes des voies de circulation.

1.2.56 Il faudra, encore une fois, soumettre à un examen particulier les obstacles situés à proximité des courbes de voies de circulation et des aires adjacentes. Il s'agit non seulement de vérifier les dégagements de bouts d'ailes, mais aussi le risque d'incidence des turbulences provoquées par les réacteurs sur l'obstacle en question lorsqu'un avion change de direction à une intersection.

Distances de séparation entre une voie de circulation d'aire de trafic et un objet

1.2.57 D'une manière générale, l'aire de trafic est considérée comme une zone d'activité intense comportant un ensemble changeant d'obstacles fixes ou mobiles, de caractère temporaire ou permanent, dans un environnement opérationnel variable. En conséquence, un avion qui roule sur une voie de circulation d'aire de trafic peut être exposé à des risques de collision beaucoup plus élevés, en comparaison de l'avion qui roule sur une voie de circulation standard, même si la formule utilise, du point de vue des écarts et des intervalles, les mêmes marges. Ce niveau de risque est d'ailleurs confirmé par le taux comparativement élevé de comptes rendus d'incidents survenant sur l'aire de trafic, lequel continue d'être préoccupant. Rien n'indique toutefois que ces incidents sont liés à une insuffisance fondamentale des distances de séparation minimales spécifiées.

1.2.58 Néanmoins, on peut raisonnablement supposer que, sur un aérodrome où la séparation assurée est plus faible, le potentiel d'incidents sera plus grand, à moins que l'on ne réponde à une série d'exigences particulières concernant tous les éléments critiques qui interviennent dans les activités d'aire de trafic.

1.2.59 Il existe une relation essentielle entre le risque de collision et les objets mobiles qui peuvent empiéter sur les distances de dégagement par rapport aux avions qui circulent au sol. En conséquence, il serait essentiel d'assurer une séparation entre l'aire de manœuvre d'un avion et l'aire destinée à être utilisée par des objets mobiles (p. ex. des véhicules de service et autres équipements mobiles). Il faudrait donc prévoir expressément à cette fin :

a) pour l'avion :

— des lignes de guidage pour la circulation au sol (marques et feux) ;

b) pour les objets mobiles :

— des lignes de sécurité d'aire de trafic (voir le Chapitre 5 de l'Annexe 14, Volume I) ;
— des lignes de délimitation de voie de service ;
— des procédures et des règles visant à assurer la discipline nécessaire.

1.2.60 En ce qui concerne le guidage de la circulation au sol sur l'aire de trafic, il importe essentiellement, afin de limiter le plus possible le risque d'une sortie de chaussée majeure, de mettre à la disposition du pilote une ligne de guidage claire et non équivoque, continuellement visible dans toutes les conditions d'exploitation. Cette ligne de guidage est cruciale pour les pilotes d'avion gros porteur qui, se trouvant dans l'incapacité d'observer systématiquement le bout d'aile et d'évaluer, sans difficulté, une faible marge de dégagement, doivent suivre cette ligne d'aussi près que possible. Ce faisant, les pilotes sauront qu'ils peuvent circuler au sol en sécurité à la vitesse de roulage normale.

1.2.61 Afin d'assurer des manœuvres précises et de prévenir des écarts importants, lorsque l'efficacité du système d'orientation du train avant ou du freinage est marginale, il est important, en particulier en cas de fort vent traversier, de maintenir de bonnes caractéristiques de frottement à la surface des chaussées.

Distances de séparation entre une voie d'accès de poste de stationnement et un objet

1.2.62 Les exigences fonctionnelles et les aspects décrits plus haut, en ce qui concerne les risques associés à l'aire de trafic, sont tout aussi valables pour les distances de séparation entre l'axe d'une voie d'accès de poste de stationnement et un objet.

1.2.63 D'un point de vue opérationnel, la distance de séparation spécifiée par la formule en fonction d'une marge réduite d'écart du train principal et d'une marge de sécurité est considérée comme plutôt marginale dans le cas d'un environnement opérationnel où l'exposition au risque de collision est en principe la plus élevée et la précision de manœuvre la plus exigeante. Par conséquent, la réduction des valeurs spécifiées ne devrait être envisagée qu'en

dernier ressort seulement, sous réserve d'une étude analysant tous les éléments de risque abordés dans la présente section, compte tenu des conditions d'exploitation les plus défavorables observées à l'aérodrome considéré. Il est jugé essentiel, pour mener à bien cette étude, de consulter les exploitants afin de déterminer si les paramètres opérationnels retenus dans cette étude sont réalistes.

Dimensions, surface et accotements de voie de circulation

1.2.64 Une étude aéronautique devrait permettre en outre d'examiner le niveau de protection assuré par les aménagements existants contre les sorties de voie de circulation. Cette protection dépend principalement de la largeur des voies de circulation et des distances de dégagement roues – bord de chaussée qui leur sont associées.

Largeur des voies de circulation. La distance de dégagement roues – bord de chaussée de 4,0 m spécifiée pour les lettres de code E et F est considérée comme une valeur minimale. En conséquence, la largeur des voies de circulation devrait comprendre cette marge de dégagement, en particulier dans les virages et aux intersections. Elle devrait être au moins égale à la somme de la distance de dégagement roues – bord de chaussée des deux côtés et de la largeur hors tout maximale du train principal pour la lettre de code considérée.

Protection des moteurs contre les dommages causés par l'ingestion de corps étrangers

1.2.65 Les dommages causés aux moteurs par l'ingestion de corps étrangers sont considérables et restent donc une préoccupation constante. Il est probable qu'on assistera à une aggravation du problème avec l'entrée en service de nouveaux avions plus lourds, équipés de moteurs plus puissants. Il est donc nécessaire d'assurer la protection des accotements de voies de circulation au moins jusqu'à l'aplomb du moteur intérieur. De la même manière, il conviendra de s'assurer que la surface de l'accotement est d'un type qui lui permettra de résister à l'érosion provenant du souffle des moteurs.

1.2.66 Aux aéroports qui sont exposés à des conditions de neige et de glace, le problème causé par l'ingestion de corps étrangers est particulièrement critique sur l'ensemble de l'aire de mouvement. L'efficacité des opérations de déneigement et de déglacage déterminera le niveau de risque en ce qui concerne non seulement les dommages dus aux corps étrangers, mais aussi les sorties de chaussée.

Notification

1.2.67 Lorsque les distances de dégagement recommandées ne sont pas assurées à certains emplacements de l'aire de mouvement, sur un aérodrome donné, cela devrait être indiqué de façon appropriée sur la Carte d'aérodrome/d'hélistation — OACI (Chapitre 13 de l'Annexe 4), pour évaluation opérationnelle par les exploitants d'aéronefs et les pilotes.

Incidence des nouveaux avions de plus grandes dimensions sur les aéroports existants

1.2.68 Afin de répondre aux besoins d'un secteur en constante évolution, chaque nouvelle génération d'avions mise en service a présenté des dimensions supérieures à la précédente. L'expérience acquise grâce à l'introduction des nouveaux avions a montré qu'une bonne planification au stade initial de la conception d'un aéroport est vitale. Cependant, malgré tous les efforts des planificateurs, une installation prévue pour la génération d'avions courante peut ne pas convenir aux générations suivantes. Pour tenir au minimum l'incidence sur la capacité, il faudrait agrandir et développer les aéroports pour accueillir les nouveaux avions de plus grandes dimensions.

1.2.69 Dans le but de respecter les spécifications applicables, les planificateurs et ingénieurs d'aéroports doivent explorer toutes les possibilités lorsqu'ils entreprennent de réaménager des installations existantes. Souvent, après un examen en bonne et due forme de l'ensemble des options, les limites physiques des installations en place ne laissent d'autre choix à l'exploitant de l'aérodrome que d'imposer des restrictions opérationnelles provenant d'une étude de compatibilité menée conformément aux dispositions de l'Annexe 14, Volume I. Les *Procédures pour les services de navigation aérienne (PANS) — Aérodromes* (Doc 9981) contiennent d'autres procédures pour déterminer la compatibilité entre l'exploitation technique des avions et l'infrastructure et l'exploitation technique de l'aérodrome lorsqu'un aérodrome accueille un avion qui dépasse les caractéristiques certifiées de l'aérodrome.

Distances de séparation minimales des voies de circulation

1.2.70 Comme l'indique le § 1.2.47, selon le grand principe régissant la distance de séparation entre une piste et une voie de circulation, le bout de l'aile d'un avion roulant sur la voie de circulation ne doit pas se trouver au-dessus de la bande de la piste adjacente. Il faut faire en sorte qu'en cas de sortie de piste accidentelle d'un nouvel avion de plus grandes dimensions, l'envergure accrue d'un tel avion n'augmente pas le risque de collision avec un autre avion roulant sur une voie de circulation parallèle. Il faut aussi protéger les zones critiques et sensibles de l'ILS. Si l'envergure d'un avion situé sur une voie de circulation empiète sur la bande d'une piste parallèle adjacente, il faut envisager des restrictions opérationnelles (p. ex. ne pas faire circuler d'avion d'envergure trop grande sur cette voie de circulation lorsque la piste est utilisée). Dans la plupart des cas, pour maintenir la capacité de l'aérodrome, on pourra envisager des opérations simultanées avec des avions plus petits qui n'enfreindront pas les distances de séparation des avions plus exigeants. Par exemple, aux aérodromes où les distances entre les pistes et les voies de circulation sont conformes aux spécifications de la lettre de code E, on pourra envisager la possibilité de faire rouler un avion lettre de code E ou un avion plus petit sur une voie de circulation pendant qu'un avion lettre de code F utilise la piste parallèle adjacente.

1.2.71 Par contre, la distance de séparation minimale entre une piste et une voie de circulation construite parallèlement à cette piste ne permettra peut-être pas à la bretelle raccordant la voie à la piste d'avoir une longueur suffisante pour garantir la sécurité d'un avion roulant derrière un avion en attente en retrait de la piste, au point d'arrêt, en raison soit de l'envergure de l'aéronef en circulation ou de la longueur du fuselage de l'aéronef en attente ou des deux. Pour garantir la sécurité de telles opérations, la voie de circulation parallèle devrait être située conformément aux dispositions des Tableaux 3-1 et 3-2 de l'Annexe 14, Volume I, compte tenu des dimensions de l'avion le plus exigeant pour le code d'aérodrome considéré. Par exemple, la distance de séparation serait égale à la somme de la distance entre le point d'arrêt avant piste et l'axe de la piste, de la longueur hors tout de l'avion le plus exigeant et de la distance voie de circulation – objet spécifiée à la colonne E du Tableau 1-1.

1.2.72 Il s'agit d'assurer les dégagements suffisants qui permettront à un aéroport existant d'accueillir les nouveaux avions de plus grandes dimensions en tenant le risque au minimum. Si les distances de dégagement indiquées à l'Annexe 14, Volume I, ne peuvent pas être respectées, il conviendrait d'effectuer une étude aéronautique pour assurer la sécurité opérationnelle et déterminer les restrictions d'exploitation à imposer, s'il y a lieu, pour maintenir la sécurité (voir la Figure 1-9).

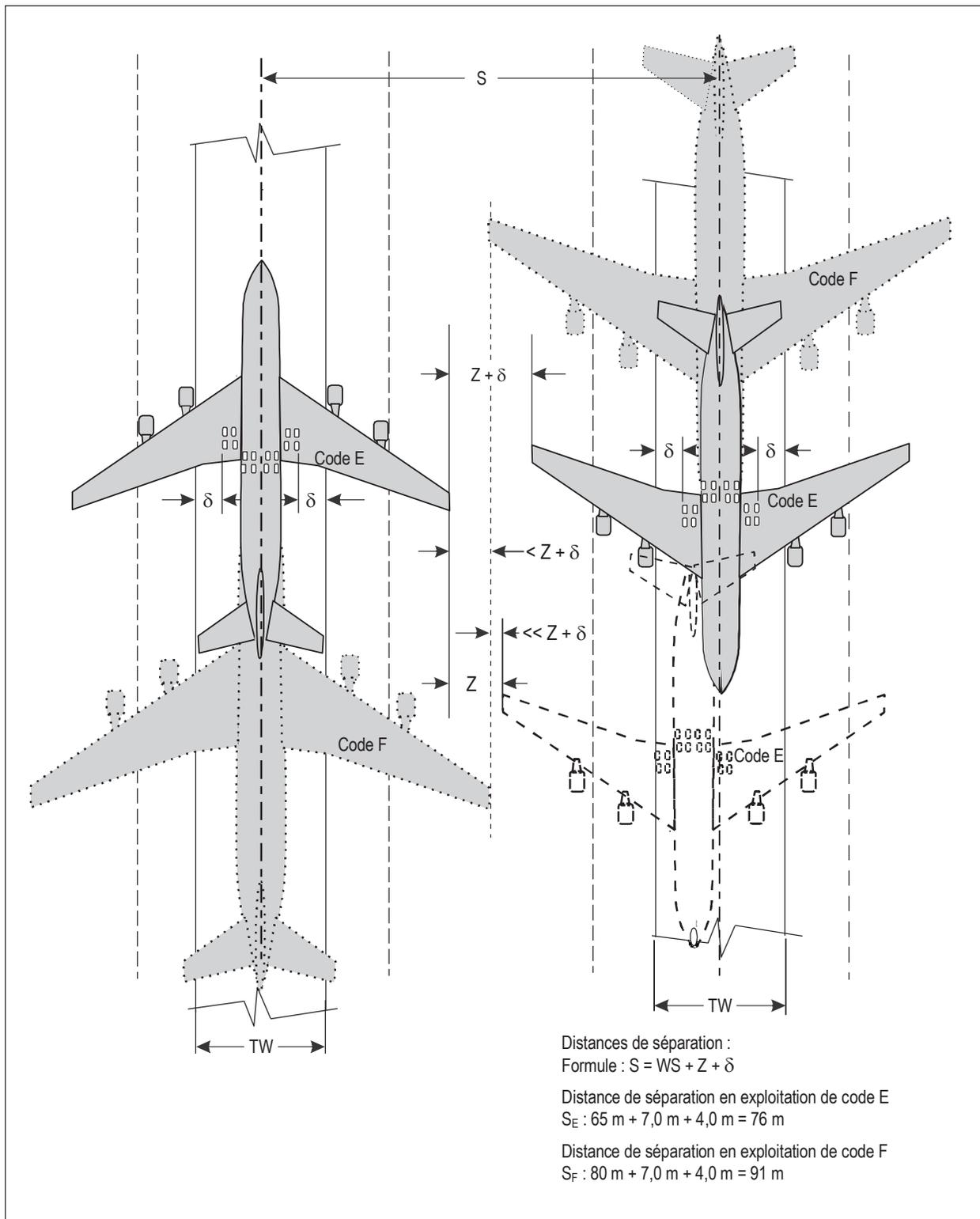


Figure 1-9. Distance de séparation entre deux voies de circulation

1.2.73 Afin de limiter le plus possible les restrictions de ce genre, lorsqu'on projette une nouvelle installation à ajouter à l'infrastructure d'un aéroport existant, il serait prudent d'appliquer le concept de distance de dégagement de base qui a été adopté lors de l'élaboration des spécifications de l'Annexe 14, Volume I. Voici un exemple d'application de ce concept :

À un aéroport dont le code de référence d'aérodrome est E, on projette de construire, en vue d'opérations code F, une nouvelle voie de circulation à côté d'une voie de circulation code E. Quelle distance devrait séparer les deux voies ?

Si les deux voies de circulation sont destinées à être utilisées pour des opérations code F simultanées (et à condition que les autres exigences applicables soient satisfaites), elles devraient être séparées de la distance minimale spécifiée pour le code F à la colonne 10 du Tableau 3-1 de l'Annexe 14, Volume I.

Si la voie de circulation existante ne doit être utilisée que par des avions code E, la nouvelle voie de circulation code F peut être située comme suit :

distance de séparation minimale : $(\frac{1}{2} WS_E + \frac{1}{2} WS_F) + C + Z_F$, où WS est l'envergure, C , la distance de dégagement roues extérieures – bord de chaussée applicable (4,0 m, dans l'exemple), et Z_F , la marge de sécurité (7,0 m) pour le code le plus exigeant.

Dans cet exemple, la capacité de l'aéroport sera peut-être légèrement réduite si deux avions code F doivent utiliser les voies de circulation en même temps, étant donné que la voie de circulation existante n'est pas conforme aux spécifications code F. Lorsqu'on applique ce principe à d'autres installations, on peut adopter une méthode similaire, à condition que les valeurs retenues pour la distance roues extérieures – bord de chaussée et la marge de dégagement de bout d'aile soient celles qui correspondent à la lettre de code supérieure.

Dimensions et capacité de l'aire de trafic, dégagements des postes de stationnement et circulation sur l'aire de trafic

1.2.74 L'envergure plus large et le fuselage éventuellement plus long des avions du code F auront une incidence directe sur le nombre de tels avions pouvant être accueillis sur les aires de trafic existantes, de même que sur l'endroit où ils pourront être accueillis. Pour des avions code D, E et F, les postes de stationnement existants devraient assurer des dégagements de 7,5 m, comme le prévoit l'Annexe 14, Volume I. Les postes qui n'offrent pas ces dégagements devront être modifiés. Lorsque des contraintes physiques empêchent de telles modifications, il sera peut-être nécessaire d'envisager des restrictions opérationnelles pour assurer la sécurité de l'exploitation.

1.2.75 Il faudrait aussi prévoir des dégagements suffisants à l'arrière des avions stationnés ou en attente. Ce point dépend non seulement de l'envergure des avions en circulation mais aussi de la longueur du fuselage des avions immobiles. En effet, si l'envergure est un critère déterminant, la longueur du fuselage des avions aura aussi une incidence directe sur les avions en circulation au sol. Donc, si les avions de plus grande envergure peuvent faire l'objet de restrictions opérationnelles en raison de leur envergure, il sera peut-être aussi nécessaire d'appliquer des restrictions opérationnelles dans les cas où la longueur accrue du fuselage d'un avion peut réduire les dégagements par rapport aux avions en circulation au sol.

1.3 VOIES DE SORTIE RAPIDE

Généralités

1.3.1 Une voie de sortie rapide est une voie de circulation raccordée à une piste suivant un angle aigu et conçue de façon à permettre à un avion qui atterrit de dégager la piste à une vitesse plus élevée que celle permise par les autres voies de sortie, ce qui réduit au minimum la durée d'occupation de la piste.

1.3.2 La décision de concevoir et d'aménager une voie de sortie rapide est fondée sur l'analyse de la circulation existante et de la circulation prévue. Ces voies de sortie ont principalement pour objet de réduire le temps d'occupation des pistes par un avion et, par conséquent, d'augmenter la capacité de l'aérodrome. Lorsque la densité de la circulation à l'heure de pointe est inférieure à environ 25 mouvements (atterrissages et décollages), il peut être suffisant d'aménager une voie de sortie perpendiculaire. Une voie de ce type peut être construite à moindre coût et, lorsqu'elle est convenablement située le long de la piste, elle permet l'écoulement efficace de la circulation.

1.3.3 L'établissement d'une norme unique d'application mondiale pour la conception des voies de sortie rapide présente des avantages évidents. Les pilotes se familiariseront avec la configuration et pourront escompter le même résultat au cours d'atterrissages sur un aérodrome doté de ces installations. En conséquence, des paramètres de conception sont énoncés dans l'Annexe 14, Volume I, pour un groupe de voies de sortie associées à des pistes portant le chiffre de code 1 ou 2 et pour un groupe associé à des pistes portant le chiffre de code 3 ou 4. Depuis que l'on utilise des voies de sortie rapide, de nouveaux essais et des travaux sur le terrain ont été entrepris pour déterminer le degré d'utilisation des voies de circulation, l'emplacement et la conception des voies de sortie, ainsi que le temps d'occupation des pistes. Les résultats de ces travaux ont conduit à la mise au point de critères de conception et d'implantation de voies de sortie pouvant accepter des catégories spécifiées d'aéronefs capables de se déplacer à des vitesses relativement élevées.

1.3.4 Il existe des divergences d'opinion en ce qui concerne la vitesse à laquelle les pilotes s'engageront dans les voies de sortie rapide. Certaines études donnent à penser que ces voies de circulation sont normalement utilisées à une vitesse qui ne dépasse pas 46 km/h (25 kt) et même, dans certains cas, à des vitesses plus faibles, en cas de freinage médiocre ou de forts vents traversiers ; d'autres études sur d'autres aérodromes ont montré que ces voies de sortie sont utilisées à des vitesses supérieures à 92 km/h (49 kt), avec chaussée sèche. Pour des raisons de sécurité, la vitesse de 93 km/h (50 kt) a été retenue comme valeur de référence pour le calcul du rayon de courbure et des sections rectilignes adjacentes des voies de sortie rapide lorsque le chiffre de code est 3 ou 4. Le planificateur choisira, toutefois, une vitesse inférieure pour le calcul des emplacements optimaux des sorties le long de la piste. De toute manière l'utilisation optimale des voies de sortie rapide exige la coopération des pilotes. Une instruction appropriée sur la conception de ces installations et les avantages que l'on peut en tirer peut rendre leur emploi plus fréquent.

Emplacement et nombre des voies de sortie

Critères de planification

1.3.5 Il conviendrait de tenir compte des critères de base ci-après dans la planification des voies de sortie rapide, afin d'assurer le plus possible l'emploi de méthodes de conception et de configurations normalisées :

- a) une piste destinée à servir uniquement aux atterrissages ne devrait être dotée d'une voie de sortie rapide qu'en cas de nécessité de réduire le temps d'occupation de la piste, compte tenu de l'intervalle minimal entre les arrivées ;

- b) dans le cas d'une piste destinée à être utilisée pour des décollages et des atterrissages se succédant en alternance, la séparation en temps entre un avion qui atterrit et l'avion qui décollera tout de suite après est le principal facteur de limitation de la capacité ;
- c) étant donné que les emplacements des voies de sortie rapide diffèrent selon le type d'avion, la composition de la flotte attendue à l'aéroport sera un critère déterminant ;
- d) la vitesse au-dessus du seuil, la capacité de freinage et la vitesse de dégagement en exploitation (V_{ex}) des avions déterminent l'emplacement des voies de sortie.

1.3.6 L'emplacement des voies de sortie en fonction des caractéristiques d'exploitation d'un avion est déterminé par la vitesse de décélération de l'avion après le passage du seuil. Pour déterminer la distance par rapport au seuil, il convient de tenir compte des conditions fondamentales ci-après :

- a) la vitesse au passage du seuil ;
- b) la vitesse de sortie initiale ou vitesse de dégagement au point de tangence de la courbe axiale de raccordement (point A des Figures 1-10 et 1-11).

Conception et détermination de l'emplacement et du nombre de voies de sortie rapide

1.3.7 Déterminer l'emplacement optimal et le nombre nécessaire de voies de sortie rapide pour un groupe d'avions donné est une tâche relativement complexe vu la multitude des critères à prendre en considération. Si la plupart des paramètres opérationnels sont propres au type d'avion en ce qui concerne la manœuvre d'atterrissage et la décélération freinée subséquente, certains critères sont plutôt indépendants du type d'avion.

1.3.8 Une méthode dite « des trois segments » a donc été mise au point ; elle permet de déterminer la distance type nécessaire du seuil de la piste au point de dégagement, en fonction des pratiques d'utilisation d'avions individuels et de l'incidence des paramètres particuliers à prendre en ligne de compte. Cette méthode est fondée sur des considérations analytiques complétées par des suppositions empiriques, qui sont décrites ci-après.

1.3.9 Pour les besoins de la conception des voies de sortie, on admet que les avions franchissent le seuil à une vitesse moyenne égale à 1,3 fois la vitesse de décrochage, en configuration d'atterrissage, avec une masse égale à environ 85 % de la masse maximale certifiée à l'atterrissage. En outre, les avions peuvent être groupés en fonction de leur vitesse au passage du seuil, au niveau de la mer, de la façon suivante :

Groupe A — vitesse inférieure à 169 km/h (91 kt)

Groupe B — vitesse comprise entre 169 km/h (91 kt) et 222 km/h (120 kt)

Groupe C — vitesse comprise entre 224 km/h (121 kt) et 259 km/h (140 kt)

Groupe D — vitesse comprise entre 261 km/h (141 kt) et 306 km/h (165 kt), la vitesse maximale au passage du seuil des avions actuellement en production étant toutefois de 282 km/h (152 kt).

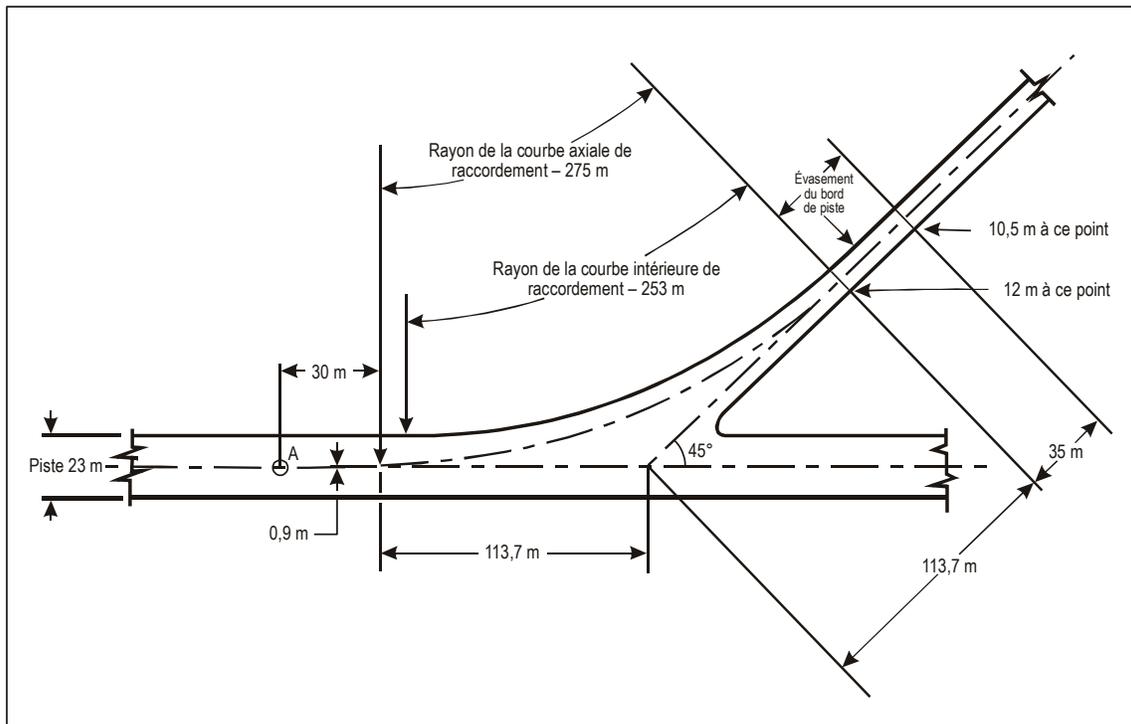


Figure 1-10. Conception de voies de sortie rapide (chiffre de code 1 ou 2)

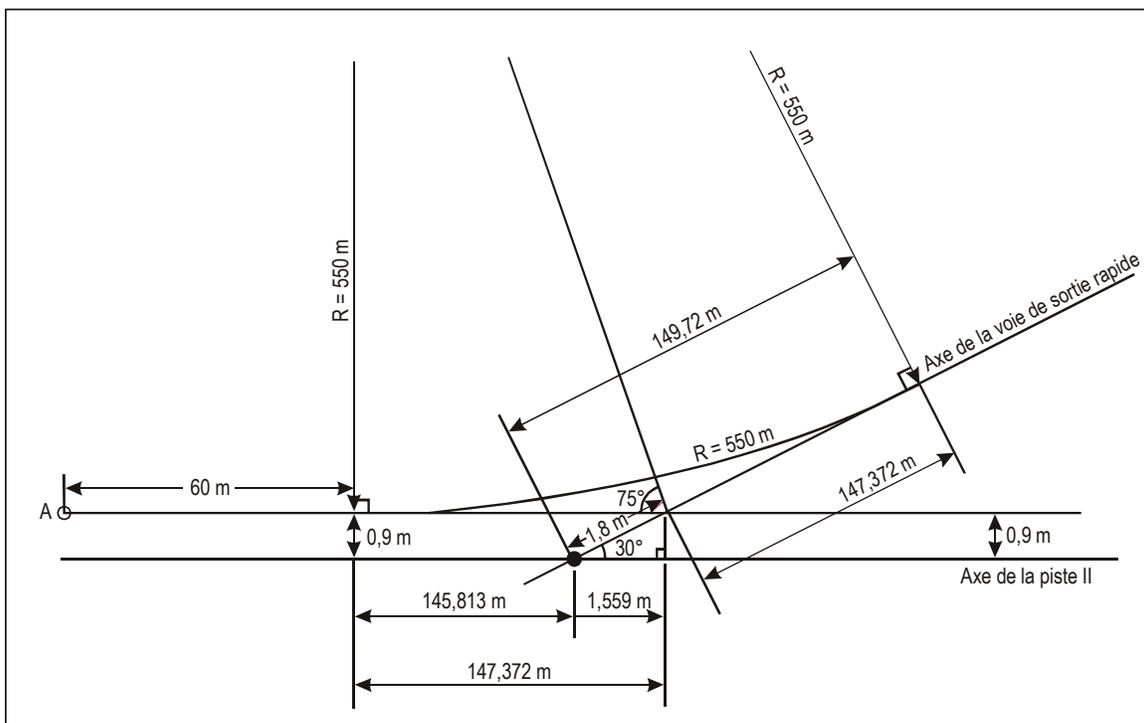


Figure 1-11. Conception de voies de sortie rapide (chiffre de code 3 ou 4)

1.3.10 L'analyse de certains types d'avions révèle que l'on peut adopter la classification suivante :

Groupe A

DC3
DHC6
DHC7

Groupe B

Avro RJ 100
DC6
DC7
Fokker F27
Fokker F28
HS146
HS748
IL76

Groupe C

A300, A310, A320, A330, A359, A388
B707-320
B727
B737
B747-SP
B757
B767
B788
DC9
MD80
MD90
DC10-10
L1011-200

Groupe D

A340
A351
B747
B777
B779
B789
DC10-30/40
MD-11
IL62
IL86
IL96
L1011-500
TU154

1.3.11 Le nombre de voies de sortie nécessaires est fonction du type d'avion et du nombre d'avions de chaque type qui évoluent en période de pointe. Par exemple, sur un aéroport très important, on peut s'attendre à recevoir surtout des avions des groupes C et D. En pareil cas, deux voies de sortie seulement peuvent suffire. D'autre part, un aéroport utilisé pour un nombre égal d'avions appartenant à ces quatre groupes peut exiger quatre sorties.

1.3.12 En utilisant la méthode des trois segments, on peut déterminer la distance totale requise du seuil de piste au point de décollage (point où l'avion quitte l'axe de la piste), comme illustré à la Figure 1-12.

La distance totale S est la somme de trois segments distincts calculés séparément.

Segment 1 : distance nécessaire entre le seuil de la piste et le point de toucher des roues du train principal (S_1).

Segment 2 : distance nécessaire pour la transition depuis le toucher des roues du train principal jusqu'à l'établissement d'une configuration de freinage stabilisée (S_2).

Segment 3 : distance nécessaire pour la décélération en mode de freinage normal jusqu'à une vitesse de décollage nominale (S_3).

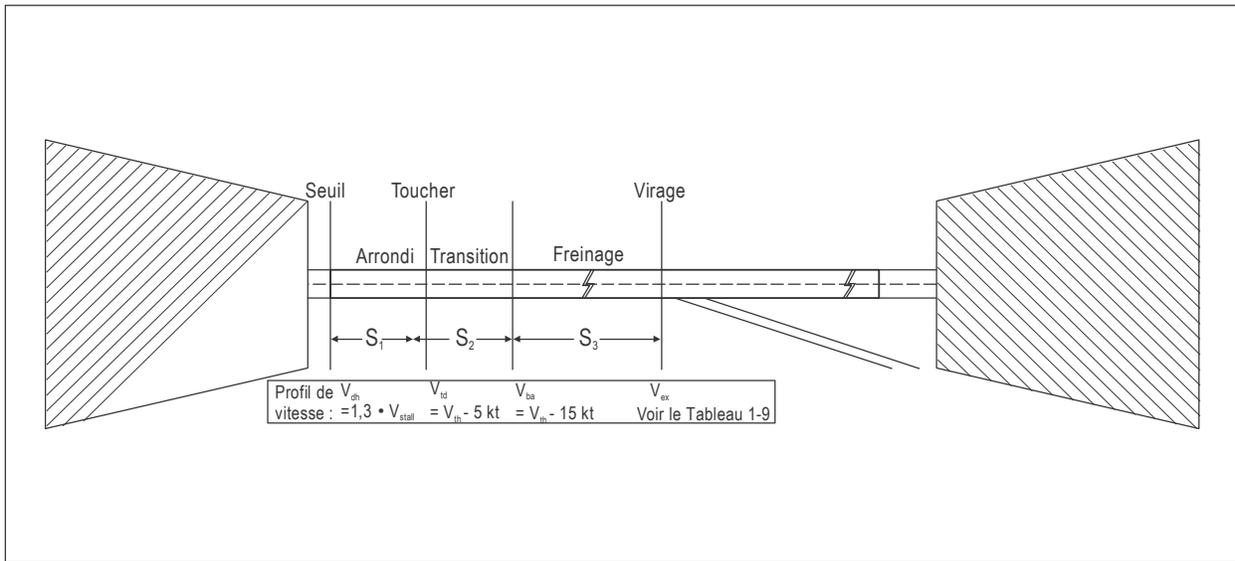


Figure 1-12. Méthode des trois segments

Profil de vitesse :

V_{seuil} Vitesse au-dessus du seuil : 1,3 fois la vitesse de décrochage pour une masse à l'atterrissage théorique égale à 85 % de la masse à l'atterrissage maximale. La vitesse est corrigée en fonction de l'altitude topographique et de la température de référence de l'aéroport.

V_{tdr} Vitesse théorique de toucher des roues : $V_{seuil} - 5 \text{ kt}$ (supposition prudente). Cette diminution de vitesse est considérée comme étant représentative pour la plupart des types d'avions.

V_{sdf} Vitesse théorique de serrage des freins (freinage).

V_{seuil} – 15 kt (freinage et/ou inversion de poussée).

V_{deg} Vitesse de dégagement nominale :

Chiffre de code 3 ou 4 : 30 kt

Chiffre de code 1 ou 2 : 15 kt

pour des voies de sortie rapide normalisées conformes aux Figures 1-10 et 1-11.

Pour d'autres types de voie de sortie rapide, voir les vitesses de dégagement indiquées au Tableau 1-8 et à la Figure 1-13.

Tableau 1-8. Vitesse de l'avion et rayon de courbure d'une voie de sortie rapide

Rayon R [m]	V_{calcul} [kt]	V_{exp} [kt]
40	14	13
60	17	16
120	24	22
160	28	24
240	34	27
375	43	30
550	52	33

La vitesse de sortie de calcul V_{calcul} étant compatible avec une accélération latérale de 0,133 g, la vitesse de dégagement en exploitation V_{exp} est déterminée de façon empirique afin de servir de critère pour la détermination de l'emplacement optimal de la voie de sortie.

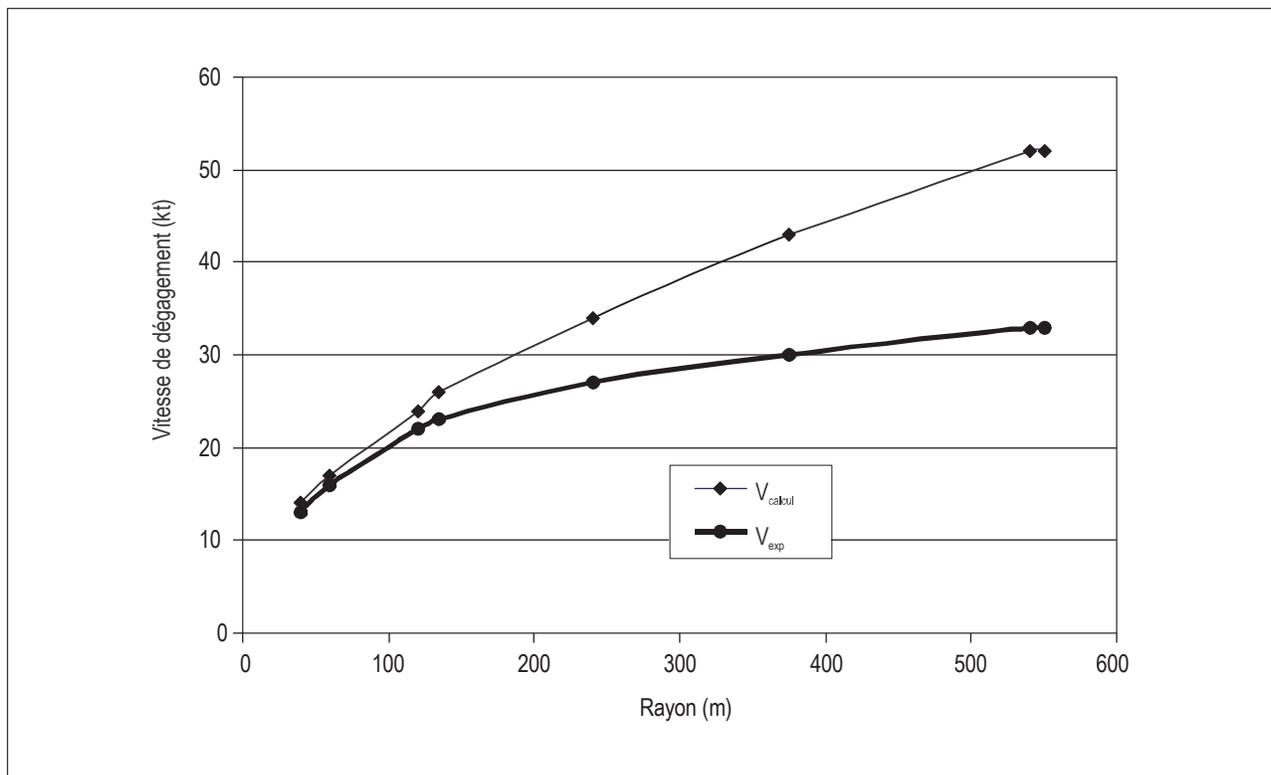


Figure 1-13. Vitesse de l'avion et rayon de courbure d'une voie de sortie rapide

Distances [en m] :

S₁ Distance ferme jusqu'au point de toucher des roues moyen, déterminée de façon empirique, corrigée en fonction de la pente descendante et de la composante de vent arrière, le cas échéant.

Catégories d'avions C et D : S₁ = 450 m
 Correction — Pente : + 50 m / - 0,25 %
 Correction — Vent arrière + 50 m / + 5 kt

Catégories d'avions A et B : S₁ = 250 m
 Correction — Pente : + 30 m / - 0,25 %
 Correction — Vent arrière + 30 m / + 5 kt

S₂ La distance de transition est calculée en fonction d'un temps de transition théorique (empirique) Dt = 10 secondes, pour une vitesse sol moyenne de :

$$S_2 = 10 \times V_{av} \quad [V_{av} \text{ en m/s}], \text{ ou}$$

$$S_2 = 5 \times (V_{seuil} - 10) \quad [V_{seuil} \text{ en kt}]$$

S₃ La distance de freinage est déterminée en fonction d'un taux de décélération théorique « a » conformément à l'équation suivante :

$$S_3 = \frac{V_{saf}^2 - V_{deg}^2}{2a} \quad [V \text{ en m/s}, a \text{ en m/s}^2], \text{ ou}$$

$$S_3 = \frac{(V_{seuil} - 15)^2 - V_{deg}^2}{8a} \quad [V \text{ en kt}, a \text{ en m/s}^2]$$

Un taux de décélération a de 1,5 m/s² est considéré comme étant réaliste du point de vue opérationnel pour le freinage sur une chaussée mouillée.

1.3.13 La sélection finale du ou des emplacements les plus pratiques pour les voies de sortie rapide doit être adaptée aux exigences globales de la planification et tenir compte d'autres facteurs, tels que :

- l'emplacement de l'aérogare et des aires de trafic ;
- l'emplacement des autres pistes et de leurs voies de sortie ;
- l'optimisation de la circulation sur les voies de circulation compte tenu des procédures de contrôle de la circulation aérienne ;
- l'élimination des détours inutiles sur les voies de circulation, etc.

En outre, il peut être nécessaire d'aménager d'autres voies de sortie, surtout dans le cas des pistes de grande longueur, après la ou les principales voies de sortie rapide, compte tenu des conditions et des besoins locaux. Ces voies supplémentaires peuvent être ou non des voies de sortie rapide. Il est recommandé de ménager entre ces sorties des intervalles d'environ 450 m jusqu'à environ 600 m avant l'extrémité de la piste.

1.3.14 Certains aérodromes accueillent un grand nombre d'avions dont le chiffre de code est 1 ou 2. Il peut être souhaitable, lorsque cela est possible, d'affecter exclusivement à ces avions une piste dotée d'une voie de sortie rapide.

Sur les aérodromes où ces avions utilisent les mêmes pistes que les appareils de transport aérien commercial, il peut être souhaitable d'aménager une voie de sortie rapide pour accélérer les mouvements au sol des avions légers. Dans l'un ou l'autre cas, il est recommandé de placer cette voie de sortie à une distance du seuil comprise entre 450 m et 600 m.

1.3.15 À la suite de la Recommandation 3/5 de la Réunion Aérodromes, routes aériennes et aides au sol, à l'échelon Division (1981), l'OACI a rassemblé, en 1982, des données sur l'emploi effectif des voies de sortie rapide. Ces données, qui ont été recueillies auprès de 72 aéroports, au cours d'atterrissages sur 229 pistes, ont fourni des renseignements sur le type de voie de sortie, les distances entre le seuil et la sortie, l'angle de sortie et l'emploi de la voie de sortie pour chaque orientation de piste. Au cours de l'analyse de ces données, il a été admis que la taille de l'échantillon des données analysées était la même pour toutes les orientations de piste. Selon une autre hypothèse, toutes les fois qu'un avion était sorti en empruntant une voie orientée à plus de 45° de la piste, cet avion aurait pu sortir par une voie de sortie rapide si une telle voie avait existé à cet emplacement (à l'exception de l'extrémité de piste). Le Tableau 1-9 indique l'emploi cumulatif des voies de sortie rapide en fonction de la distance par rapport au seuil. Cela signifie que s'il avait existé une voie de sortie rapide à une distance de 2 200 m du seuil, 95 % des avions du groupe A auraient pu sortir par cette voie. De la même manière, des voies de sortie rapide situées à 2 300 m, 2 670 m et 2 950 m du seuil auraient pu être utilisées par 95 % des avions des groupes B, C et D, respectivement. Le tableau indique les distances corrigées au moyen des coefficients proposés dans l'étude du Secrétariat et présentés à la Réunion AGA/81, à savoir 3 % par 300 m d'altitude et 1 % pour 5,6 °C au-dessus de 15 °C.

Conception géométrique

1.3.16 Les Figures 1-10 et 1-11 présentent des modèles types de conception de voies de sortie rapide conformes aux spécifications de l'Annexe 14, Volume I. Pour les pistes dont le chiffre de code est 3 ou 4, les marques axiales de voie de circulation débutent à 60 m au moins du point de tangence de la courbe axiale de raccordement et sont décalées de 0,9 m pour permettre au pilote de l'avion de reconnaître plus facilement le début de la courbe. Pour les pistes dont le chiffre de code est 1 ou 2, les marques axiales de voie de circulation débutent à 30 m au moins du point de tangence de la courbe axiale de raccordement.

1.3.17 Une voie de sortie rapide doit être conçue avec un rayon de courbure d'au moins :

550 m lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;

275 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2 ;

pour permettre des vitesses de sortie sur chaussée mouillée de :

93 km/h (50 kt) lorsque le chiffre de code est 3 ou 4 ;

65 km/h (35 kt) lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

Tableau 1-9. Emploi cumulatif des voies de sortie rapide en fonction de la distance par rapport au seuil (mètres)

Catégorie d'avion	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %	100 %
A	1 170	1 320	1 440	1 600	1 950	2 200	2 900
B	1 370	1 480	1 590	1 770	2 070	2 300	3 000
C	1 740	1 850	1 970	2 150	2 340	2 670	3 100
D	2 040	2 190	2 290	2 480	2 750	2 950	4 000

1.3.18 Le rayon de la courbe intérieure de raccordement d'une voie de sortie rapide doit être suffisant pour assurer un évasement de la voie de sortie qui permet de reconnaître plus facilement l'entrée et le point de dégagement vers la voie de circulation.

1.3.19 Une voie de sortie rapide devrait comporter, après la courbe de dégagement, une section rectiligne d'une longueur suffisante pour permettre aux avions qui dégagent de s'immobiliser complètement avant une intersection de voies de circulation ; la longueur de cette section ne devrait pas être inférieure à la distance ci-après pour un angle d'intersection de 30° :

Chiffre de code	Chiffre de code
1 ou 2	3 ou 4
35 m	75 m

Les distances ci-dessus sont calculées avec un taux de décélération de 0,76 m/s² sur la courbe de dégagement et un taux de 1,52 m/s² sur la section rectiligne.

1.3.20 L'angle d'intersection d'une voie de sortie rapide avec la piste ne devrait pas être supérieur à 45° ni inférieur à 25° ; il est préférable qu'il soit de 30°.

1.4 VOIES DE CIRCULATION EN PONT

Généralités

1.4.1 La configuration d'un aérodrome, ses dimensions et/ou l'extension de son réseau de pistes et de voies de circulation peuvent mener à l'obligation de construire des voies de circulation en pont pour franchir des voies de transport au sol (routes, chemins de fer, canaux) ou des plans d'eau (rivières, bras de mer). Les ponts de voie de circulation devraient être conçus de manière à ne poser aucun problème à la circulation des aéronefs et à permettre un accès facile aux équipes d'intervention en cas d'urgence. Leur résistance, leurs dimensions, leurs pentes et leurs dégagements devraient permettre une libre circulation des aéronefs de jour comme de nuit ainsi que dans diverses conditions météorologiques saisonnières, comme de fortes pluies, des périodes d'enneigement et de verglas, une faible visibilité ou des vents en rafales. Dans la conception des ponts, il faudra tenir compte des impératifs d'entretien et de nettoyage des voies de circulation ainsi que de l'enlèvement de la neige.

Implantation

1.4.2 Pour des raisons opérationnelles et économiques, on peut réduire le nombre des structures en pont requises et les problèmes s'y rattachant, en appliquant les critères suivants :

- si possible, le tracé des voies des modes de transport au sol devrait être conçu de manière à n'affecter que le plus petit nombre de pistes et de voies de circulation ;
- de préférence, les voies des modes de transport au sol devraient être groupées de manière à pouvoir toutes être franchies par une même structure ;
- tout pont devrait être situé sur un tronçon rectiligne de voie de circulation et les segments de voie situés aux deux extrémités du pont devraient être également rectilignes pour faciliter l'alignement des avions à l'approche du pont ;
- aucune voie de sortie rapide ne devrait être située sur un pont ;

- e) il faut éviter de placer un pont en un point où il pourrait nuire au bon fonctionnement du système d'atterrissage aux instruments ou à la visibilité du balisage lumineux d'approche ou des balisages lumineux de piste et de voie de circulation.

Dimensions

1.4.3 La conception d'un pont dépend de son objet et des spécifications relatives au mode de transport auquel il est destiné. Les besoins de l'aviation en matière de largeur, d'accotements et de pentes, etc., de la voie de circulation doivent être satisfaits.

1.4.4 La largeur du pont mesurée perpendiculairement à l'axe de la voie de circulation ne devra pas être inférieure à la largeur de la partie nivelée de la bande prévue pour cette voie de circulation, sauf si une protection latérale est assurée par une méthode éprouvée qui ne présente aucun danger pour les avions auxquels la voie de circulation est destinée. Les largeurs minimales spécifiées seront donc normalement les suivantes :

20,5 m	lorsque la lettre de code est A
22 m	lorsque la lettre de code est B
25 m	lorsque la lettre de code est C
37 m	lorsque la lettre de code est D
38 m	lorsque la lettre de code est E
44 m	lorsque la lettre de code est F

la voie de circulation occupant le centre de la bande. Dans les cas exceptionnels où une voie de circulation en virage doit passer sur un pont, une sur largeur devrait être aménagée pour compenser le mouvement dissymétrique de l'avion dû au déportement vers l'intérieur du train principal.

1.4.5 Si le type d'avion utilisant l'aérodrome n'est pas clairement défini ou si l'aérodrome est limité par certaines caractéristiques physiques, la largeur du pont projeté devrait correspondre dès le départ à une lettre de code supérieure. Ainsi, l'exploitant de l'aéroport n'aura pas à effectuer de modifications très coûteuses si un avion de plus grandes dimensions vient à utiliser l'aérodrome et le pont en question.

1.4.6 La largeur de la voie de circulation sur le pont devrait être au moins égale à sa largeur hors du pont. Contrairement aux autres parties du réseau de voies de circulation, la bande sur le pont sera normalement dotée d'un revêtement en dur et, comme telle, constituera un accotement roulant. De plus, la bande en dur sur le pont facilite l'entretien et, le cas échéant, les opérations d'enlèvement de la neige. De surcroît, la bande en dur permet aux véhicules de sauvetage et d'incendie, ainsi qu'aux autres véhicules d'urgence d'accéder au pont.

1.4.7 L'efficacité des manœuvres au sol sera plus grande si les avions peuvent aborder et quitter les ponts sur des tronçons rectilignes de la voie de circulation. Ces tronçons rectilignes permettront aux avions de s'aligner en plaçant leur train principal à cheval sur l'axe de la voie de circulation avant de traverser le pont. La longueur du tronçon rectiligne devrait être d'au moins le double de l'empattement (distance entre la roue avant et le centre géométrique du train principal) de l'avion le plus exigeant et être d'au moins

15 m	pour la lettre de code A
20 m	pour la lettre de code B
50 m	pour la lettre de code C, D ou E
70 m	pour la lettre de code F.

Il convient de noter que les futurs avions auront peut-être un empattement de 35 m ou plus, ce qui porterait la longueur requise du tronçon rectiligne à au moins 70 m.

Pentes

1.4.8 Des pentes transversales normales sont généralement aménagées sur les voies de circulation en pont, aux fins de l'écoulement des eaux. Si, pour d'autres raisons, la pente choisie est inférieure à 1,5 %, on devrait veiller à ce que le drainage de la voie de circulation soit satisfaisant.

1.4.9 Dans l'idéal, le pont devrait être au même niveau que le terrain adjacent de l'aérodrome. Si pour d'autres raisons techniques le tablier du pont est plus haut que le terrain environnant, les tronçons de voie de circulation dans le prolongement du pont devront être conçus avec des pentes qui ne dépassent pas le degré longitudinal de pente spécifié au Tableau 1-1.

Force portante

1.4.10 Un pont de voie de circulation devrait être conçu pour supporter les charges statiques et dynamiques qui lui sont imposées par l'avion le plus exigeant attendu sur l'aérodrome. On devrait tenir compte des tendances futures du développement de la masse des avions pour déterminer « l'avion le plus exigeant ». Des renseignements sur ces tendances futures sont régulièrement publiés par les associations de constructeurs. Si l'on tient compte des exigences futures, on évitera peut-être de coûteux travaux d'aménagement des ponts occasionnés par le progrès de la technologie et/ou de la demande croissante de transport.

1.4.11 La force portante du pont devrait normalement être suffisante sur toute la largeur de la surface nivelée de la bande pour supporter la circulation des avions pour lesquels la voie est prévue. La largeur minimale est spécifiée au § 1.4.4. Les parties du pont destinées aux véhicules seulement peuvent avoir une force portante moins grande que celles qui sont prévues pour les avions.

Protection latérale

1.4.12 Lorsque la largeur de la surface portante est inférieure à la largeur de la surface nivelée de la bande de voie de circulation, il faut installer un système éprouvé de protection latérale qui ne soit pas dangereux pour les avions auxquels la voie de circulation est destinée. Le système de protection latérale devrait être installé sur les bords de la partie portante de la bande pour empêcher les avions de sortir du pont ou de s'engager dans des secteurs de force portante réduite. Les systèmes de protection latérale devraient en général être considérés comme une sécurité supplémentaire plutôt qu'un moyen de réduire la largeur de chaussée offrant une force portante maximale.

1.4.13 D'après les renseignements recueillis auprès des États, des systèmes de protection latérale sont normalement installés sur un pont de voie de circulation, quelle que soit la largeur de la partie portante. Le dispositif de protection latérale est généralement un muret de béton qui peut servir de barrière. Deux exemples de murs de béton utilisés couramment sont illustrés à la Figure 1-14. La distance minimale à laquelle il est recommandé d'installer le dispositif de protection latérale varie selon les États, mais elle est généralement de 9 à 27 m de l'axe de la voie de circulation. Cela dit, il convient de tenir compte des facteurs indiqués au § 1.4.6 lorsqu'on cherche à déterminer l'emplacement des protections latérales. La hauteur du muret est généralement de 20 à 60 cm, le type le plus bas étant utilisé lorsque la largeur de la partie nivelée est sensiblement plus grande que la largeur de la bande de voie de circulation. Des ponts de voie de circulation sont en service depuis plus ou moins longtemps, certains depuis plus de 20 ans, et il n'a pas été signalé de cas où un avion a quitté accidentellement un pont.

1.4.14 Il peut être souhaitable d'installer un deuxième système de protection latérale. Ce système peut être un muret de béton ou un garde-fou qui n'est pas destiné à empêcher les avions de sortir de la voie de circulation mais plutôt à protéger le personnel d'entretien et les véhicules utilisant le pont.

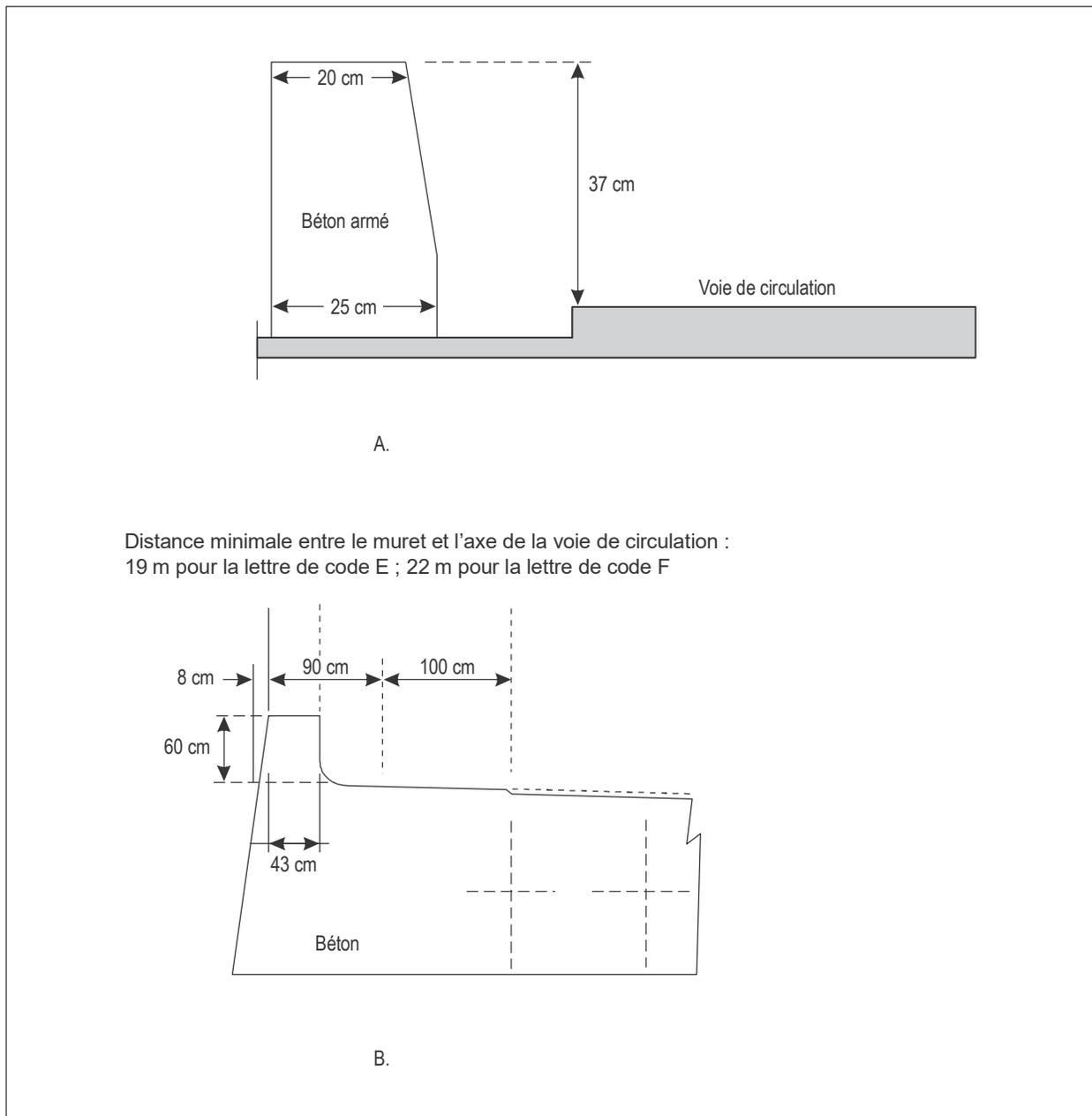


Figure 1-14. Exemples de murets de béton

Protection contre le souffle des réacteurs

1.4.15 Lorsqu'une voie de circulation passe au-dessus d'une voie utilisée par un autre mode de transport, il peut être nécessaire de prévoir un écran antisouffle. Celui-ci peut être réalisé en un matériau léger ajouré (éléments constitués de barres ou de grilles), capable de réduire le souffle initial à une vitesse qui ne présente pas de danger, de l'ordre de 56 km/h. Contrairement aux écrans pleins, les écrans ajourés ne posent aucun problème de drainage et de résistance en charge.

1.4.16 La largeur totale du pont et de la partie protégée devrait être égale ou supérieure à l’empreinte du souffle des avions qui utilisent la voie de circulation. Cette empreinte peut être déterminée en consultant la documentation fournie par les constructeurs des avions concernés.

1.5 CONGÉS DE RACCORDEMENT

Généralités

1.5.1 L’Annexe 14, Volume I, recommande les distances minimales de dégagement entre les roues extérieures du train principal des aéronefs appelés à utiliser une voie de circulation et le bord de cette dernière lorsque le poste de pilotage de l’avion demeure à la verticale des marques axiales de la voie de circulation. Ces dégagements minimaux sont indiqués au Tableau 1-1. Afin que ces spécifications soient respectées lorsqu’un avion exécute un virage, il peut être nécessaire d’aménager une chaussée supplémentaire sur les courbes de voie de circulation et sur les jonctions et intersections des voies de circulation. Il est à noter que, dans le cas d’un virage de voie de circulation, la surface de chaussée supplémentaire destinée à répondre aux spécifications recommandées en matière de dégagement fait partie de la voie de circulation et, en conséquence, l’expression « surlargeur de voie de circulation » est utilisée de préférence à « congé de raccordement ». Cependant, dans le cas d’une jonction ou d’une intersection d’une voie de circulation avec une piste, une aire de trafic ou une autre voie de circulation, l’expression « congé de raccordement » est jugée appropriée. Dans les deux cas, qu’il s’agisse de la surlargeur de voie de circulation ou du congé de raccordement, la résistance de la surface en dur supplémentaire à prévoir devrait être la même que celle de la voie de circulation. Le texte qui suit contient des renseignements précis sur la conception des congés de raccordement.

Méthodes permettant au pilote de manœuvrer sur les intersections de voies de circulation

1.5.2 Les spécifications de l’Annexe 14, Volume I, concernant la conception des voies de circulation ainsi que les aides visuelles pertinentes sont fondées sur le principe que le poste de pilotage de l’avion doit demeurer à la verticale de l’axe de la voie de circulation. Il faudrait éviter de décaler la ligne de guidage vers l’extérieur parce que cela implique qu’il faille une ligne de guidage distincte pour chaque type d’avion et ce, dans les deux sens. On ne pourrait pas, en pratique, utiliser un si grand nombre de lignes de guidage, notamment lorsque la voie de circulation est destinée à être utilisée de nuit ou par mauvaise visibilité, et il faudrait donc définir une ligne de compromis qui pourrait être utilisée par tous les avions.

1.6 ACCOTEMENTS ET BANDES DE VOIE DE CIRCULATION

Généralités

1.6.1 Un accotement est une bande de terrain qui borde une chaussée à revêtement pleine résistance et qui est traitée de façon à offrir une transition entre cette chaussée et la surface adjacente. Le but principal d’un accotement de voie de circulation est d’empêcher que des projections de pierres ou autres objets puissent endommager les réacteurs qui passent au-dessus du bord d’une voie de circulation, de prévenir l’érosion de la zone adjacente à la voie de circulation et d’offrir une surface au passage occasionnel des roues d’un avion. Un accotement devrait être capable de résister aux charges exercées par les roues du véhicule d’urgence le plus lourd de l’aéroport. Une bande de voie de

circulation est une zone qui comprend la voie de circulation et qui est destinée à protéger les avions qui circulent sur la voie de circulation et à réduire les risques de dommages au cas où ils sortiraient accidentellement de cette voie.

1.6.2 Les largeurs à prévoir pour les accotements et les bandes de voie de circulation sont indiquées dans le Tableau 1-1. On peut noter qu'un accotement de 5,5 m de large pour la lettre de code D, de 7,5 m de large pour la lettre de code E, et de 10,5 m de large pour la lettre de code F, de chaque côté de la voie de circulation, est considéré suffisant. Ces spécifications de largeur pour des accotements de voie de circulation sont fondées sur l'avion le plus critique des catégories en question. Aux aéroports actuels, il est souhaitable de protéger une aire plus large, au cas où l'on envisagerait l'exploitation de nouveaux avions de plus grandes dimensions, car ceux-ci feront courir un risque accru de dommages dus à des corps étrangers et à l'effet du souffle des réacteurs sur l'accotement de la voie de circulation, au cours de la manœuvre de mise en mouvement. Une largeur d'accotement de voie de circulation est jugée suffisante lorsqu'elle protège les moteurs intérieurs de l'avion critique, qui sont nettement plus près du sol que les moteurs extérieurs.

1.6.3 Les portions nivelées à prévoir pour les voies de circulation sont basées sur l'OMGWS d'un groupe, sur l'écart d'un aéronef par rapport à l'axe de la voie de circulation (dégagement entre les roues et le bord de la chaussée) et sur l'intervalle (Z), mais ne peuvent en aucun cas être inférieures à la largeur d'accotement requise, comme indiqué au Tableau 1-1.

1.6.4 La surface de l'accotement qui se raccorde à la voie de circulation devrait être au même niveau que la surface de la voie de circulation tandis que la surface de la bande devrait être de niveau avec le bord de la voie de circulation ou de l'accotement, s'il y en a un. Pour les lettres de code C, D, E ou F, la partie nivelée des bandes de voie de circulation ne devrait pas avoir une pente ascendante supérieure à 2,5 % ni une pente descendante supérieure à 5 %. Dans le cas où la lettre de code est A ou B, les pentes respectives sont de 3 % et 5 %. La pente ascendante est mesurée par rapport à la pente transversale de la surface de la voie de circulation adjacente et la pente descendante est mesurée par rapport à l'horizontale. Des trous ou des fossés ne devraient pas être tolérés dans la partie nivelée de la bande de voie de circulation. La bande de voie de circulation devrait présenter une aire exempte d'objets susceptibles de constituer un danger pour les avions qui l'empruntent. Il faudrait veiller à ce que les égouts des bandes de voie de circulation soient situés et conçus de manière à ne pas endommager les avions qui quittent accidentellement la voie de circulation. Des bouches d'égout spécialement adaptées seront peut-être nécessaires.

1.6.5 Aucun obstacle ne devrait être admis de part et d'autre d'une voie de circulation à une distance inférieure à la distance indiquée dans le Tableau 1-1. Cependant, les panneaux et autres objets qui, en raison de leur fonction, doivent être conservés sur la bande de voie de circulation afin de répondre aux besoins de la navigation aérienne peuvent être admis mais ils devraient être frangibles et situés de façon à réduire au minimum les dangers qu'ils présentent pour un avion qui les heurterait. Ces objets devraient être implantés de telle façon qu'ils ne puissent être heurtés par les hélices, les fuseaux-moteurs et les ailes des avions qui utilisent la voie de circulation. À titre d'indication, ils devraient être implantés de telle sorte qu'il n'y ait aucun objet d'une hauteur supérieure à 30 cm au-dessus du niveau du bord de voie de circulation à l'intérieur de la bande de voie de circulation.

Traitement

1.6.6 Les accotements et les parties nivelées des bandes de voie de circulation constituent des zones dégagées d'obstacles destinées à réduire au minimum le risque de dommages à un avion qui roulerait dans ces zones accidentellement ou en cas d'urgence. Ces zones devraient donc être traitées ou construites de façon à réduire le risque de dommages à un avion qui sortirait de la voie de circulation et être capables de supporter les véhicules de sauvetage et d'incendie et autres véhicules, s'il y a lieu, sur toute leur surface. Lorsqu'une voie de circulation est destinée à être utilisée par des avions à turbomachines, les réacteurs peuvent passer au-dessus du bord de la voie de circulation lorsque l'avion circule au sol et peuvent donc recevoir des projections de pierres ou d'objets étrangers provenant des accotements. De plus, le souffle des réacteurs sur les surfaces adjacentes à la voie de circulation peut projeter des matériaux et mettre par conséquent en danger le personnel, les avions et les installations. Certaines

précautions doivent donc être prises pour réduire ces possibilités. La nature de la surface de l'accotement de voie de circulation dépendra des conditions locales ainsi que des méthodes envisagées et du coût de l'entretien. Bien qu'une surface naturelle (p. ex. du gazon) puisse suffire dans certains cas, dans d'autres cas une surface artificielle peut être nécessaire. Quoi qu'il en soit, en plus d'offrir la force portante minimale en question ci-dessus, le type de surface choisie devrait être de nature à empêcher la projection de débris et de poussière.

1.6.7 Dans la plupart des conditions de circulation au sol, les vitesses des gaz d'échappement ne sont pas critiques, sauf aux intersections où la poussée approche de la valeur au démarrage. Avec le critère actuel portant la largeur des voies de circulation à maximum 23 m, les moteurs des plus gros avions à réaction se trouveront en dehors du bord du revêtement. C'est pourquoi il est recommandé de procéder au traitement des accotements de voie de circulation pour empêcher leur érosion ainsi que l'aspiration de corps étrangers par les réacteurs ou la projection de ces corps étrangers vers les moteurs des avions qui suivent. Les paragraphes qui suivent donnent de brefs renseignements sur les méthodes de protection des surfaces soumises au souffle des réacteurs et sur les surfaces qui doivent être débarrassées des pierres et autres objets susceptibles d'être aspirés par les turbomachines. Des renseignements additionnels figurent à l'Appendice 2, § 15 à 18.

1.6.8 Les études du souffle des réacteurs et de ses effets ont porté sur la répartition des gaz à la sortie et sur les vitesses d'échappement suivant le type des moteurs, la masse et la configuration des avions, sur les variations de la poussée et sur l'effet des vents traversiers. On a découvert que les effets de la chaleur sont négligeables dans le sillage des réacteurs. La température diminue plus rapidement que la vitesse avec la distance. De plus, le personnel, le matériel et les structures ne se trouvent pas normalement dans les zones de chaleur extrême lorsque les réacteurs sont en marche. Des études ont montré que les objets situés sur le trajet du souffle des réacteurs sont soumis à plusieurs forces, notamment à la pression dynamique associée à l'impact des gaz sur la surface, à la traînée créée par des gaz visqueux passant devant un objet et à des forces ascendantes résultant, soit de différences de pression, soit de la turbulence.

1.6.9 Des sols cohérents, lorsqu'ils sont désagrégés, sont sensibles à l'érosion due au souffle des réacteurs. Pour les sols cohérents, la protection contre l'érosion naturelle due au vent et à la pluie suffira normalement. Le dispositif protecteur doit être d'un type qui adhère à la couche d'argile pour ne pas être arraché par le souffle des réacteurs. Il est possible d'adopter pour une surface de sol cohérent un traitement à l'huile ou un traitement chimique. La cohésion requise pour protéger une surface contre l'érosion due au souffle des réacteurs est faible ; normalement, un indice de plasticité égal ou supérieur à deux suffira. Cependant, si des véhicules, avec leur équipement, doivent périodiquement utiliser la surface considérée, un indice de plasticité égal ou supérieur à six sera nécessaire. L'évacuation des eaux de ruissellement en ces endroits doit être suffisante si l'équipement s'y déplace, ce type de surfacage étant susceptible d'être ramolli par l'accumulation d'eau. Il faudra accorder une attention particulière aux sols cohérents hautement plastiques susceptibles d'une contraction supérieure à 5 % environ. Ces sols deviennent extrêmement mous lorsqu'ils sont mouillés ; il est donc très important d'aménager un bon système d'assèchement. En séchant, ils se fissurent et sont soumis à des efforts d'arrachement plus importants. On considère que les sols fins, sans cohésion, qui sont les plus sensibles à l'érosion due au souffle des réacteurs, sont ceux qui ne présentent pas les propriétés de cohésion ci-dessus.

Épaisseur des accotements et des plates-formes antisouffle

1.6.10 Les accotements de voie de circulation et les plates-formes antisouffle devraient avoir une épaisseur leur permettant de supporter le passage occasionnel de l'avion critique pris en considération lors des études sur le revêtement, ainsi que la charge critique par essieu du véhicule d'urgence ou d'entretien susceptible de circuler sur eux. De plus, les facteurs suivants devraient être tenus en ligne de compte :

- a) l'épaisseur nominale minimum nécessaire des accotements et plates-formes antisouffle pour qu'ils puissent supporter l'avion critique devrait être égale à la moitié de l'épaisseur déterminée pour le revêtement adjacent ;

- b) la charge critique par essieu du véhicule d'urgence ou d'entretien devrait être considérée pour un véhicule à roues simples. L'épaisseur devrait être déterminée en utilisant la charge critique et les procédures de détermination de l'épaisseur du revêtement. Si cette épaisseur est supérieure à celle indiquée à l'alinéa a) ci-dessus, cette épaisseur nominale devrait être utilisée pour les accotements et les plates-formes antisouffle ;
- c) pour des avions gros porteurs tels que les A330, A340, A350, B767, B777, B787, MD11, L1011 ou des avions plus petits, l'épaisseur minimale recommandée de la surface, s'il s'agit de béton bitumineux ou d'un agrégat, est de 5 cm sur les accotements et 7,5 cm sur les plates-formes antisouffle. Dans le cas d'avions tels que le B747 ou d'avions plus gros, il est recommandé d'augmenter cette épaisseur de 2,5 cm ;
- d) il est recommandé d'utiliser pour les accotements et les plates-formes antisouffle des bases stabilisées. Une surface de béton bitumineux de 5 cm d'épaisseur est le minimum recommandé sur une base stabilisée ;
- e) il est avantageux d'utiliser du béton de ciment Portland et une fondation granuleuse pour les accotements et les plates-formes antisouffle. Une épaisseur minimale de 15 cm de béton de ciment est recommandée ;
- f) il conviendrait d'utiliser pour la fondation et le revêtement des accotements et des plates-formes antisouffle les mêmes critères de compacité et de construction que pour le revêtement à grande résistance. Il est recommandé de prévoir un décrochement d'environ 2,5 cm au bord du revêtement principal, des accotements et des plates-formes antisouffle afin d'avoir une ligne de démarcation nette.

1.7 PLANIFICATION EN VUE DES AVIONS FUTURS

Généralités

1.7.1 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 pour l'avenir immédiat. Les spécifications actuelles visent donc à répondre aux besoins d'avions dont l'envergure peut atteindre 80 m (p. ex 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.

1.7.2 Les renseignements ci-après 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 sera peut-être acceptable sans 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.

Tendances des avions futurs

1.7.3 Les tendances de la conception des avions futurs peuvent être déterminées à partir de différentes sources, dont le Conseil international de coordination des associations d'industries aérospatiales. Aux fins de la planification du développement futur des aéroports, on peut utiliser les dimensions d'avion suivantes :

	Code F	Supérieur au 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 d'empennage	jusqu'à 24 m	jusqu'à 24 m
masse totale maximale	575 000 kg ou plus	650 000 kg ou plus

Données d'aérodrome

1.7.4 Si l'on applique les principes de base élaborés pour la mise en application de certaines spécifications relatives au code de référence d'aérodrome, il est possible que des avions ayant les dimensions indiquées dans le paragraphe précédent aient les effets indiqués ci-dessous sur le réseau de voies de circulation.

Largeur de voie de circulation

1.7.5 On escompte que les caractéristiques de roulage au sol des futurs avions de grandes dimensions seront analogues à celles des avions les plus grands actuellement en service, lorsque l'on considère la partie rectiligne de la voie de circulation. La largeur de voie de circulation W_T pour ces avions est représentée par la relation :

$$W_T = T_M + 2C$$

où :

T_M = largeur hors tout maximale du train principal

C = distance entre les roues extérieures et le bord de la voie de circulation (écart latéral maximal admissible).

Cette géométrie est illustrée à la Figure 1-15.

1.7.6 Pour les besoins de la planification, en supposant une augmentation de la largeur hors tout du train principal à 15 m et une distance roue – bord de voie de circulation de 4,0 m, la largeur de voie de circulation est de 23 m.

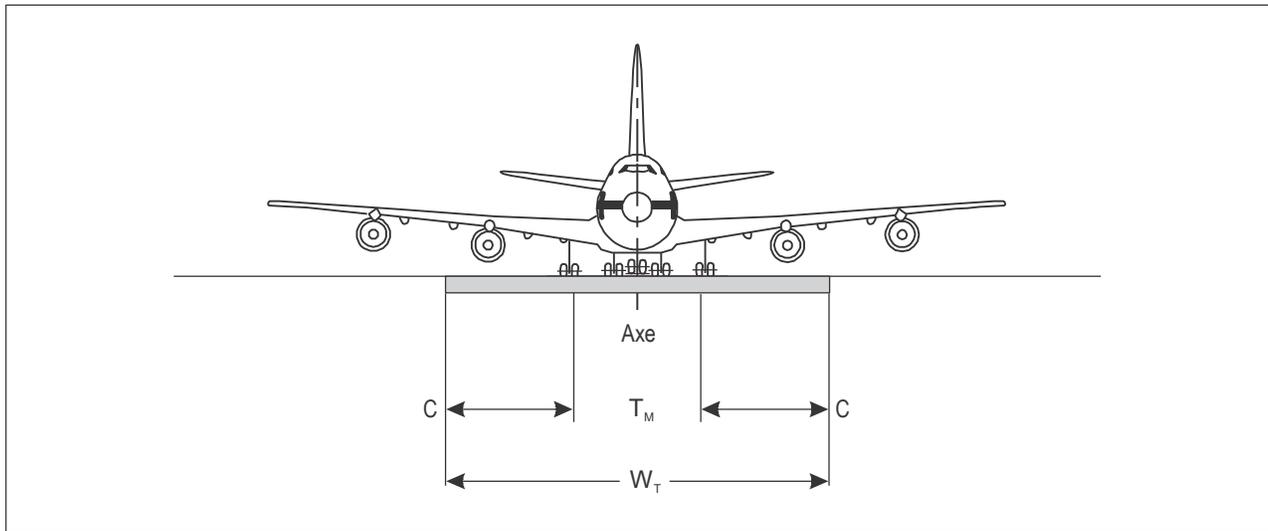


Figure 1-15. Géométrie de la largeur d'une voie de circulation

Distance de séparation entre une piste et une voie de circulation parallèle

1.7.7 La distance de séparation entre une piste et une voie de circulation parallèle est actuellement fondée sur le principe selon lequel aucune partie de l'avion qui roule sur l'axe de la voie de circulation ne doit déborder au-dessus de la bande de piste. Cette distance S est alors représentée par la relation suivante :

$$S = \frac{1}{2}(SW + WS)$$

où :

SW = largeur de bande

WS = envergure.

Cette géométrie est illustrée à la Figure 1-16.

1.7.8 Pour les besoins de la planification, dans le cas de l'avion le plus grand qui est prévu d'après les tendances futures, la distance de séparation est de 195 m. Cette valeur est fondée sur l'hypothèse que cet avion, qui présente une envergure de 90 m, peut circuler en sécurité à l'intérieur des limites de la bande de piste large de 280 m actuellement requise pour une piste avec approche classique ou une piste avec approche de précision.

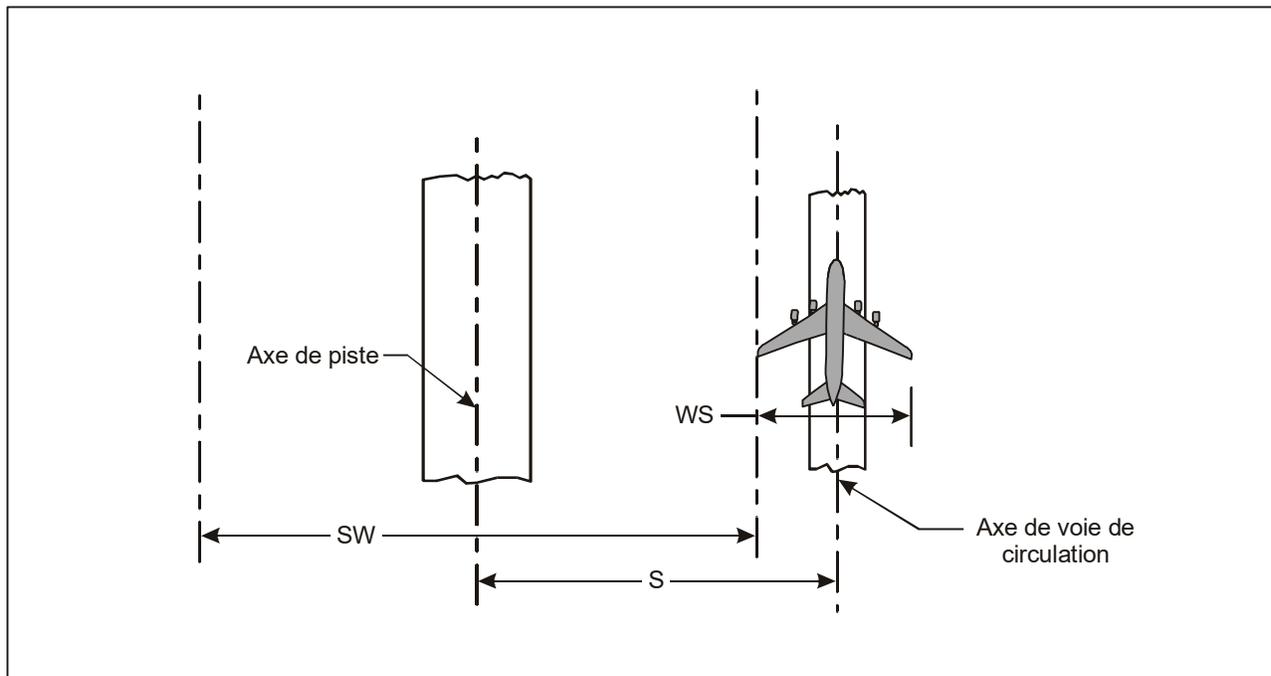


Figure 1-16. Géométrie de la séparation entre une piste et une voie de circulation parallèle

Séparation entre voies de circulation parallèles

1.7.9 La séparation entre deux voies de circulation parallèles, dont l'une peut être une voie de circulation d'aire de trafic, est fondée sur le principe qui consiste à assurer une séparation suffisante entre les bouts d'ailes si un avion s'écarte de l'axe de la voie de circulation. Les facteurs primaires influant sur cette question sont les suivants : l'envergure (WS), la distance entre les roues extérieures du train principal et le bord de la voie de circulation (C) et la marge de dégagement de bout d'aile (Z). Cela permet d'exprimer la distance de séparation S , de la façon suivante :

$$S = WS + C + Z$$

où :

WS = envergure

C = distance entre les roues extérieures du train principal et le bord de la voie de circulation (écart maximal admissible)

Z = marge de dégagement de bout d'aile (intervalle) tenant compte de la performance en virage de l'avion, de l'état superficiel de la chaussée et d'un tampon de sécurité pour les imprévus et pour limiter le plus possible les incidences potentiellement défavorables sur la capacité de l'aéroport.

Cette géométrie est illustrée à la Figure 1-17.

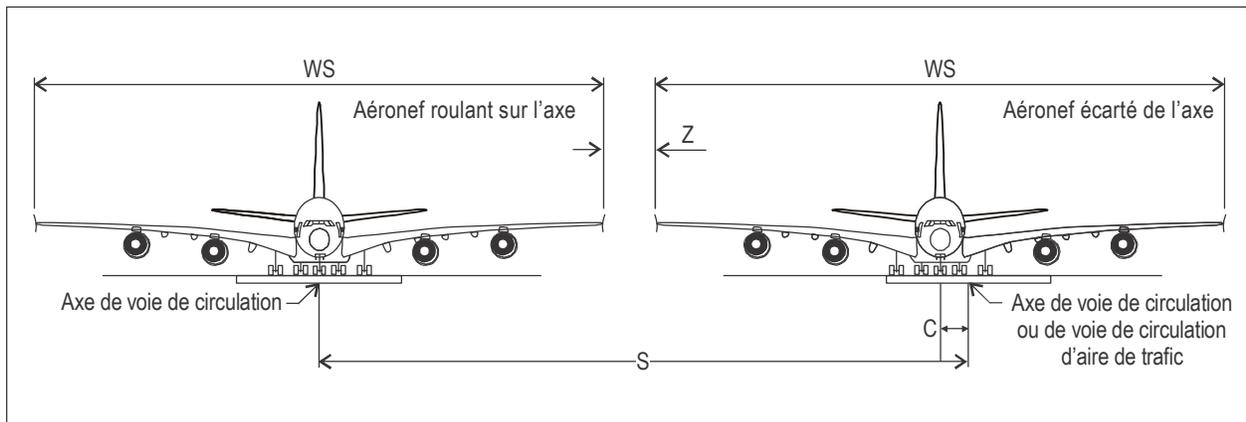


Figure 1-17. Géométrie de la séparation entre voies de circulation parallèles

Distance de séparation entre une voie de circulation et un objet

1.7.11 Les vitesses de roulage sur une voie de circulation et sur une voie de circulation d'aire de trafic sont considérées a priori comme équivalentes. Par conséquent, la distance de séparation par rapport à un objet est considérée a priori comme la même dans les deux cas. On a énoncé un principe de base selon lequel la distance de séparation voie de circulation/objet est fondée sur une marge entre le bout d'aile de l'avion et l'objet lorsque l'avion s'est écarté de l'axe de la voie de circulation. La distance de séparation S entre une voie de circulation et un objet est la suivante :

$$S = \frac{WS}{2} + C + Z$$

où :

WS = envergure

C = distance entre les roues extérieures du train principal et le bord de la voie de circulation (écart latéral maximal admissible)

Z = séparation entre le bout d'aile et un objet (intervalle) (voir l'explication au § 1.7.9).

Cette géométrie est illustrée à la Figure 1-18.

1.7.12 L'application de la relation ci-dessus se traduit par une distance entre l'axe d'une voie de circulation ou l'axe d'une voie de circulation d'aire de trafic et un objet égale à 53 m lorsqu'on utilise un écart de 4,0 m et l'actuelle marge de dégagement de bout d'aile (intervalle) code F de 7,0 m. L'envergure a été considérée a priori comme étant égale à 84 m.

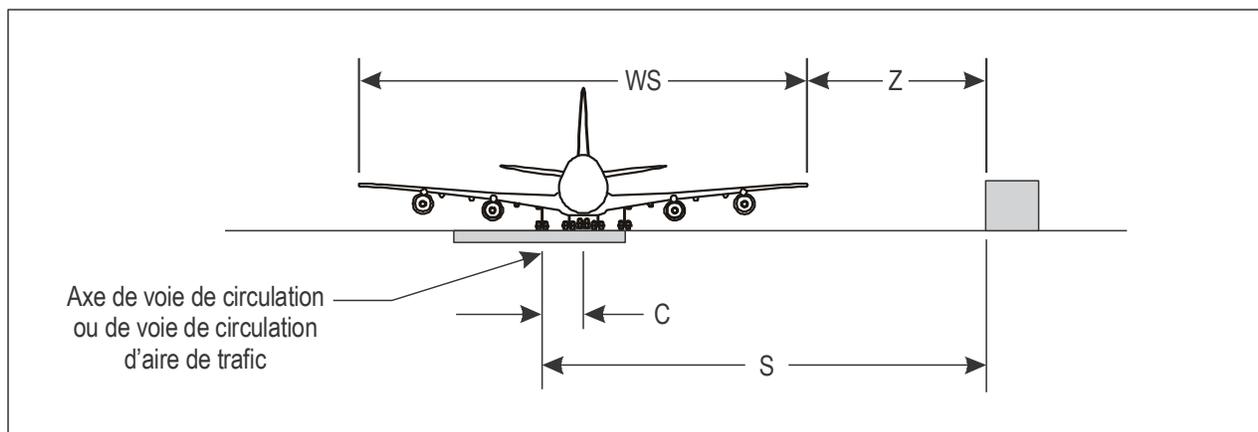


Figure 1-18. Géométrie de la séparation entre une voie de circulation et une voie de circulation d'aire de trafic et un objet

Séparation entre une voie d'accès de poste de stationnement et un objet

1.7.13 La vitesse de roulage plus faible d'un avion sur une voie d'accès de poste de stationnement permet d'envisager un écart latéral plus faible que dans le cas des autres voies de circulation. La géométrie de la Figure 1-19 illustre la relation entre un avion qui circule sur une voie d'accès de poste de stationnement et un objet. La distance de séparation S est donnée par l'équation suivante :

$$S = \frac{WS}{2} + d + Z$$

où :

WS = envergure

d = écart latéral

Z = marge de dégagement entre le bout d'aile et un objet (intervalle) (voir l'explication au § 1.7.9 ci-dessus).

1.7.14 Pour les besoins de la planification, l'application de la formule ci-dessus, pour un avion futur de grandes dimensions qui circule sur une voie d'accès de poste de stationnement, se traduit par une distance de séparation par rapport à un objet de 52,5 m. Cette valeur est fondée sur une envergure de 90 m, un écart de 3,5 m et une marge de dégagement de bout d'aile (intervalle) de 5,0 m.

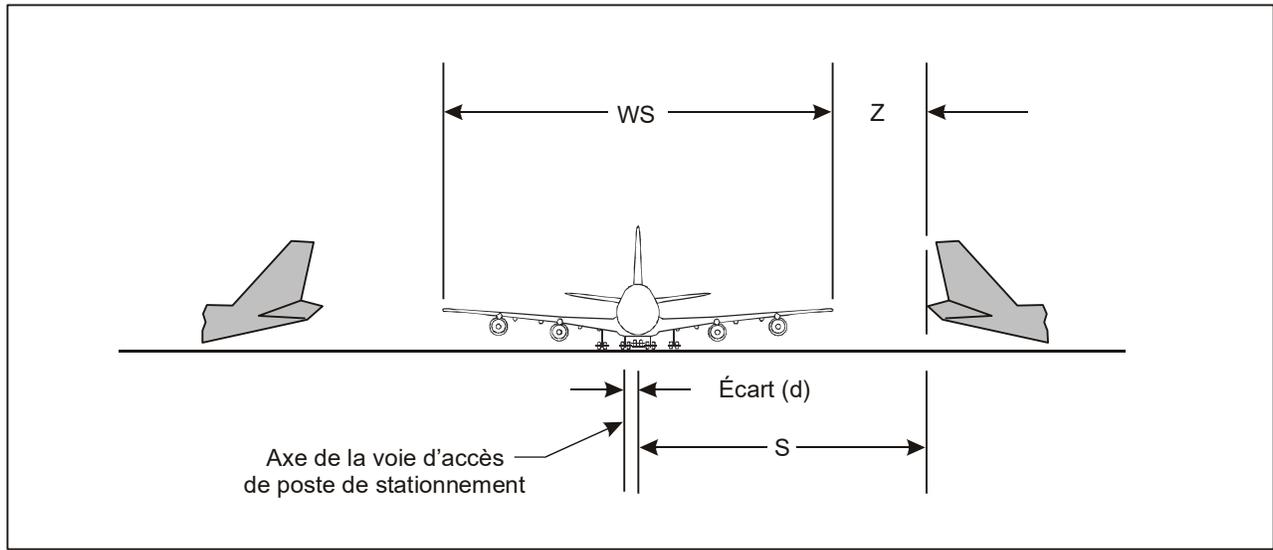


Figure 1-19. Géométrie de la séparation entre une voie d'accès de poste de stationnement et un objet

Autres considérations

1.7.15 Pour compléter les indications qui figurent dans les paragraphes précédents, des critères préliminaires destinés à répondre aux besoins des avions futurs sont présentés ci-après :

Largeur de piste : 45 m

Distance de piste visible : comme l'indique la spécification actuelle pour la lettre de code F

Pente transversale de piste : comme l'indique la spécification actuelle pour la lettre de code F

Accotements de piste : largeur totale piste et accotements — 75 m, avec un revêtement en dur d'une largeur totale minimum de pas moins de 60 m pour l'ensemble piste et accotements. Il sera peut-être nécessaire d'aménager une zone élargie afin de prévenir l'érosion de la zone adjacente et les dommages dus à des corps étrangers.

Pente et résistance des accotements de piste : comme l'indique la spécification actuelle pour la lettre de code F

Distances minimales de séparation entre l'axe d'une voie de circulation ou d'une voie d'aire de trafic et l'axe de piste :

½ envergure (Y)	45 m
+	
½ largeur de bande (piste avec approche à vue)	75 m
Total	120 m

ou :

½ envergure (Y)	45 m
+	
½ largeur de bande (piste avec approche aux instruments)	140 m
Total	185 m

Chaussée et accotements de voie de circulation (largeur totale) : Il convient d'aménager un espace suffisant pour prévenir l'érosion de la zone adjacente et les dommages causés par des corps étrangers. La largeur de la partie d'une voie de circulation en pont capable de supporter le passage des avions sera au moins égale à la largeur de l'aire nivelée de la bande aménagée pour cette voie de circulation.

Partie nivelée de la bande de voie de circulation (largeur totale) : Il convient d'aménager un espace suffisant pour prévenir l'érosion de la zone adjacente et les dommages causés par des corps étrangers. La largeur de la partie d'une voie de circulation en pont capable de supporter le passage des avions sera au moins égale à la largeur de l'aire nivelée de la bande aménagée pour cette voie de circulation.

Chapitre 2

PLATES-FORMES D'ATTENTE ET AUTRES CONTOURNEMENTS

2.1 NÉCESSITÉ DE PLATES-FORMES D'ATTENTE ET AUTRES CONTOURNEMENTS

2.1.1 Les *Procédures pour les services de navigation aérienne — ATM — Gestion du trafic aérien* (Doc 4444), Chapitre 7, § 7.9.1, Séquence de départ, disposent que « les départs seront normalement autorisés dans l'ordre dans lequel les aéronefs sont prêts à décoller ; toutefois, il pourra être dérogé à cet ordre de priorité pour permettre d'assurer le maximum de départs avec le retard moyen le plus faible ». Lorsque le niveau d'activité de l'aérodrome est faible (moins de 50 000 mouvements annuels environ), il n'est normalement guère nécessaire de déroger à la séquence de départ. Toutefois, lorsque le niveau d'activité est élevé et que l'aérodrome ne possède qu'une seule voie de circulation et aucune plate-forme d'attente ou autre moyen de contournement, les organismes de contrôle d'aérodrome sont dans l'impossibilité de changer la séquence de départ une fois que les avions ont quitté l'aire de trafic. En particulier, aux aérodromes dotés de vastes aires de trafic, il est souvent difficile de faire en sorte que les avions quittent l'aire de trafic de façon à ce qu'ils arrivent à l'extrémité de la piste dans l'ordre indiqué par les organismes des services de la circulation aérienne.

2.1.2 La mise en place d'un nombre adéquat de plates-formes d'attente ou autres moyens de contournement, fondée sur une analyse de la demande horaire de départs d'avions actuelle et à court terme, permettra un large degré de souplesse dans l'établissement de la séquence de départ. Cela donnera aux organismes des services de la circulation aérienne plus de latitude pour ajuster la séquence de décollage, pour éviter des attentes inutiles et augmenter ainsi la capacité de l'aérodrome. De plus, les plates-formes d'attente et autres contournements permettent :

- a) de retarder le départ de certains avions en raison de circonstances imprévues, sans retarder les avions qui suivent (p. ex. une addition de dernière minute à la charge payante ou le remplacement d'un équipement défectueux) ;
- b) aux équipages de procéder à la vérification et au réglage des altimètres avant le vol ainsi qu'à la programmation des équipements de bord de navigation par inertie lorsque ces opérations ne sont pas possibles sur l'aire de trafic ;
- c) de faire un point fixe, dans le cas des avions à moteurs à pistons ;
- d) d'établir un point de vérification VOR d'aérodrome.

2.2 TYPES DE CONTOURNEMENTS

2.2.1 En général, les solutions qui permettent à un avion de dépasser un avion qui le précède peuvent se subdiviser en trois types :

- a) *Plates-formes d'attente*. Il s'agit d'une aire définie où les avions peuvent être maintenus en attente ou être dépassés par d'autres avions. La Figure 2-1 donne quelques exemples de configurations de plates-formes d'attente et la Figure 2-2 donne un exemple détaillé d'une de ces plates-formes, située au point d'attente de circulation.

- b) *Voies de circulation doublées.* Il s'agit d'une deuxième voie de circulation ou d'une voie de contournement qui permet le dépassement en empruntant la voie de circulation parallèle normale. La Figure 2-3 en donne quelques exemples.
- c) *Peigne d'entrée de piste.* Il s'agit d'un doublement de la voie de circulation à l'entrée sur la piste. La Figure 2-4 en donne quelques exemples.

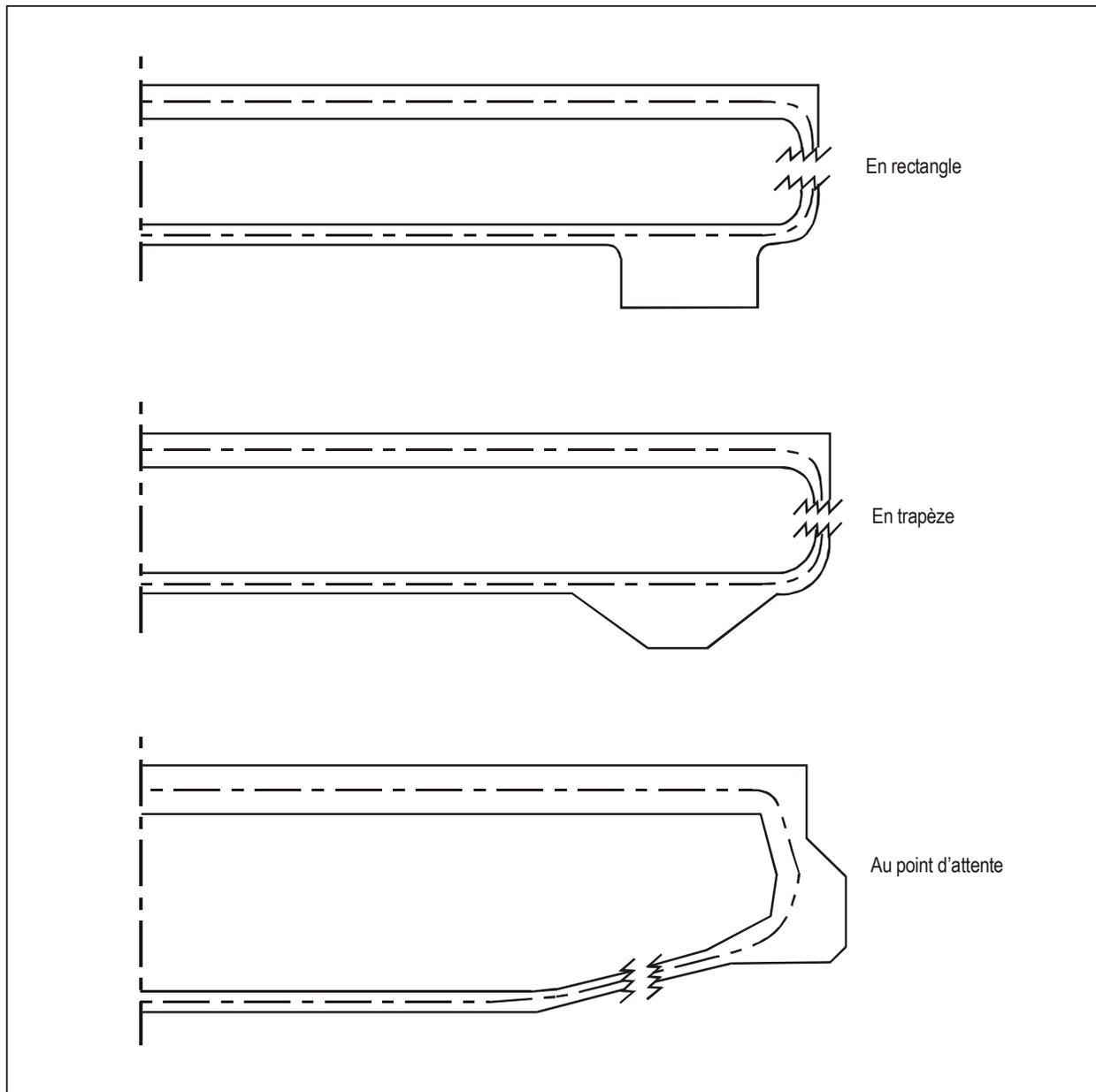


Figure 2-1. Exemples de configurations de plates-formes d'attente de circulation

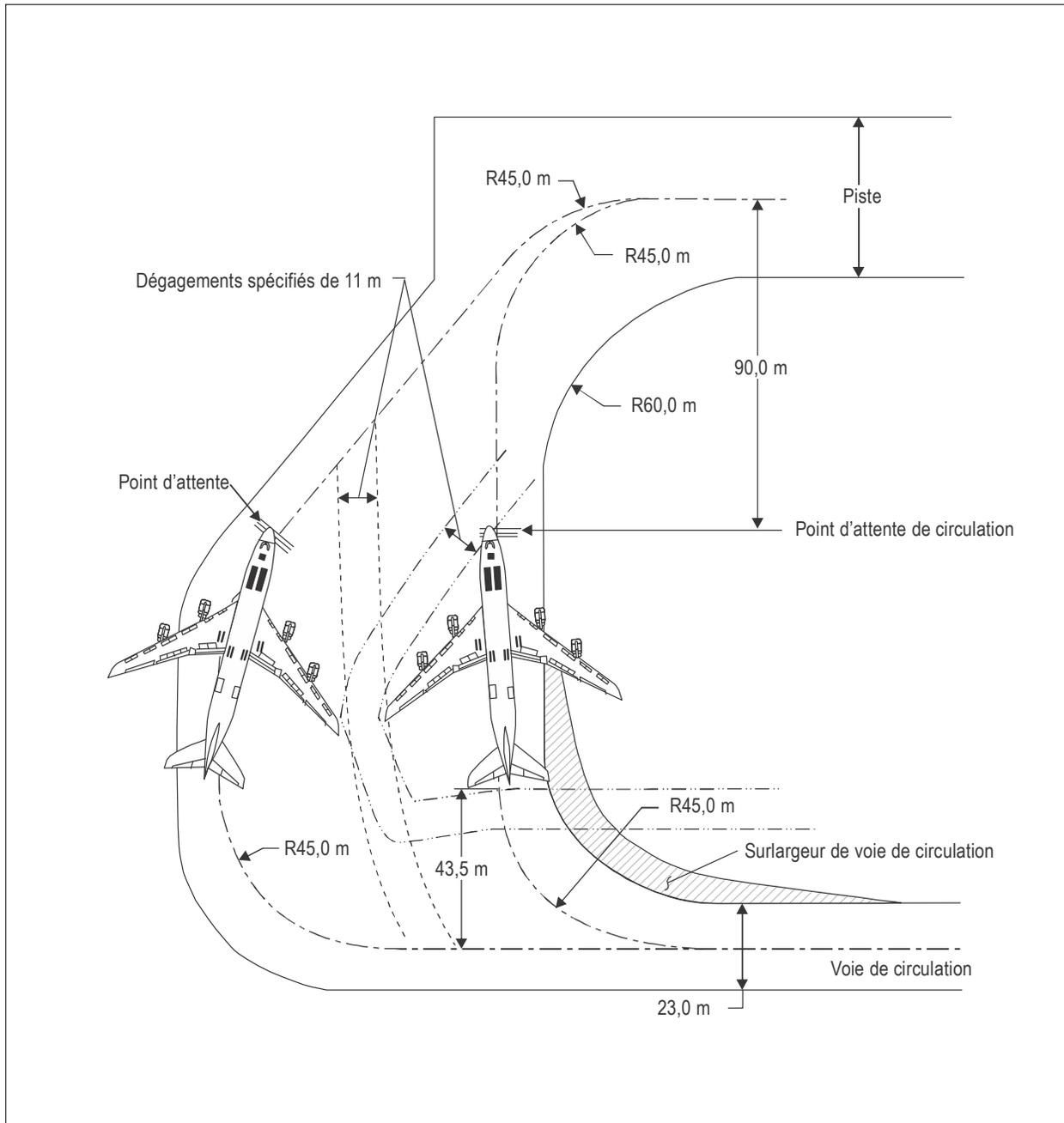


Figure 2-2. Exemple détaillé de plate-forme d'attente de circulation

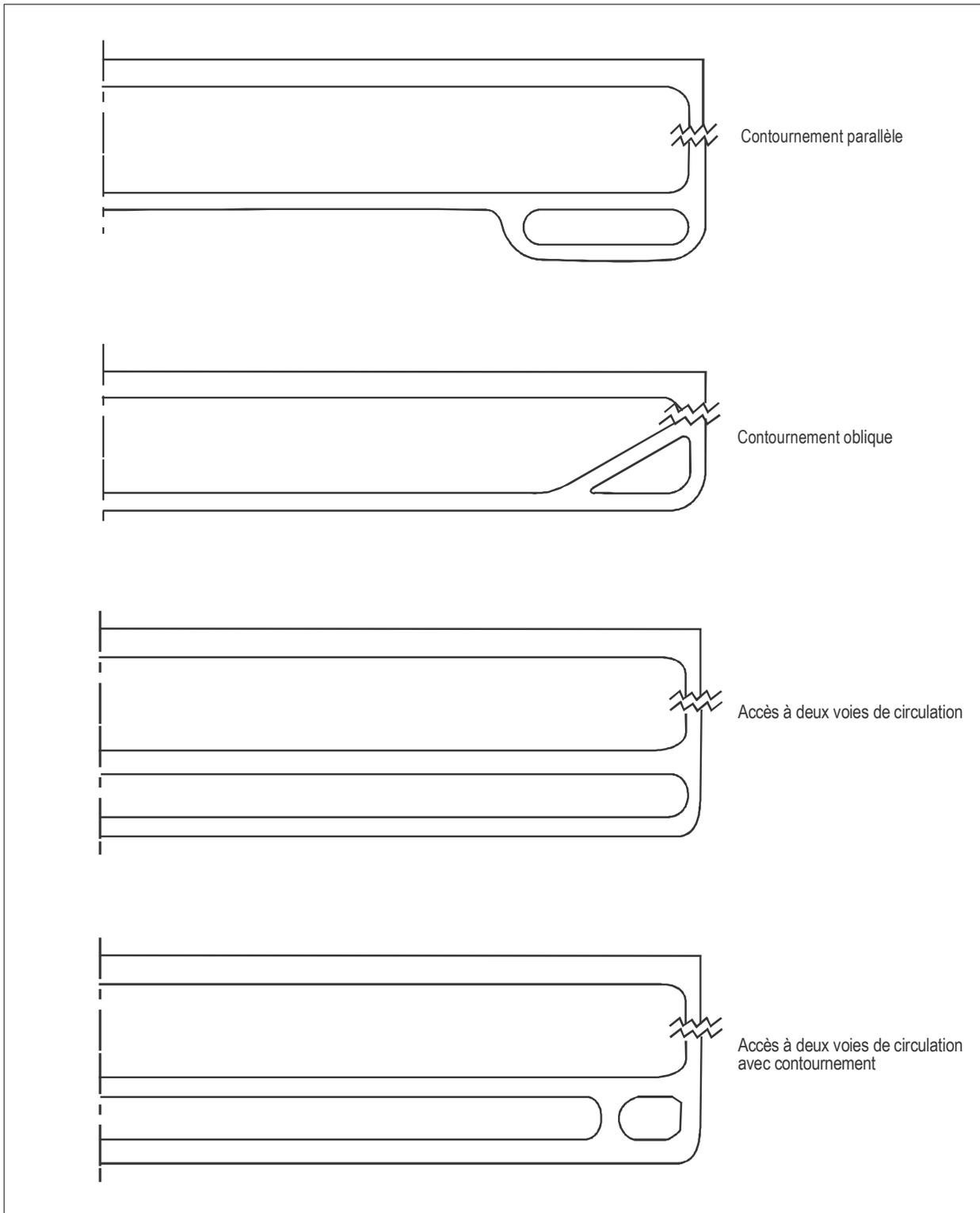


Figure 2-3. Exemples de voies de circulation doublées

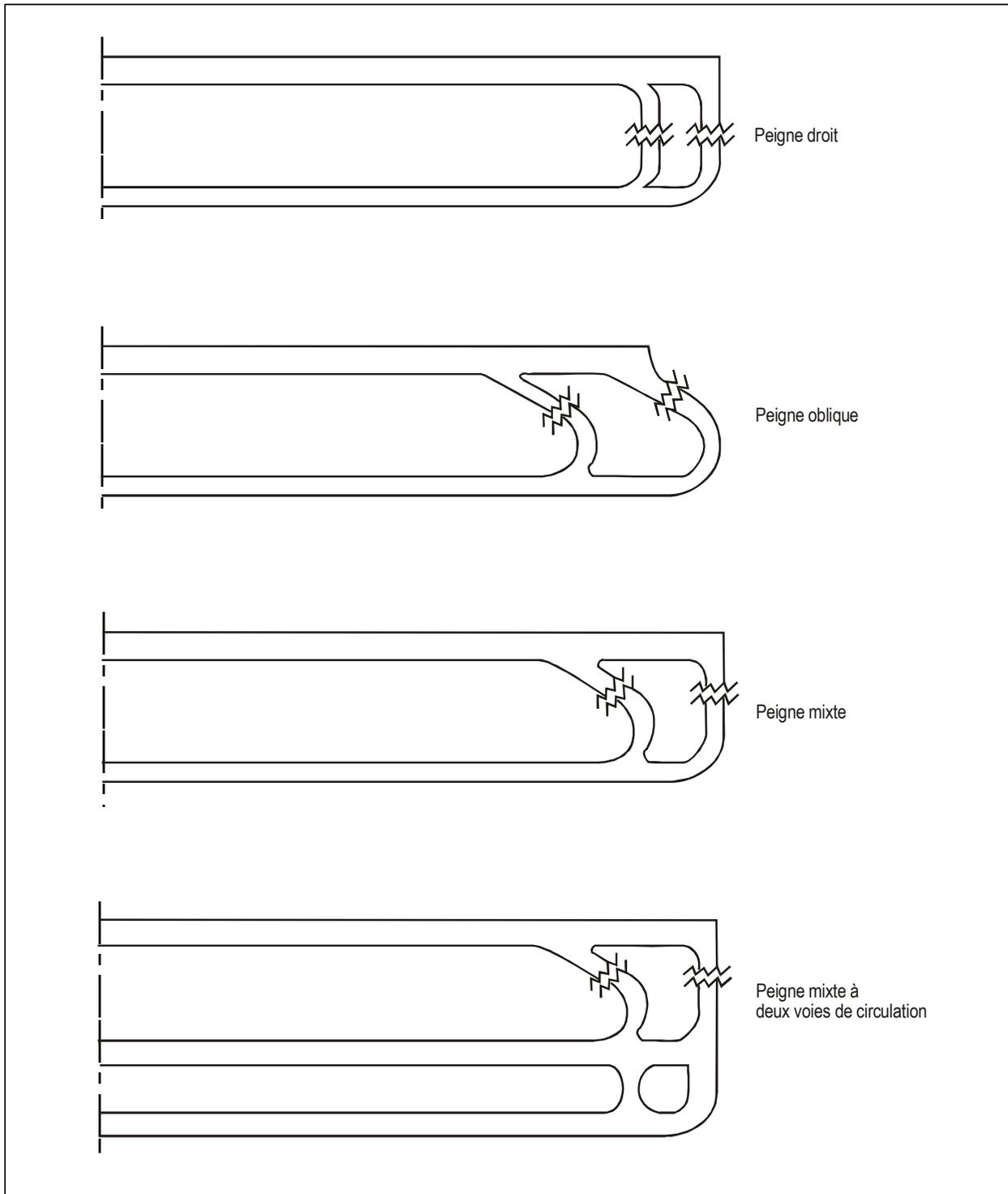


Figure 2-4. Exemples de peignes d'entrée de piste

2.2.2 Si on utilise une plate-forme d'attente, on peut faire décoller les avions en fonction de leur priorité, dans l'ordre autorisé par l'ATC. La présence d'une plate-forme d'attente permet aux avions de quitter la file de départ et d'y retourner indépendamment. La Figure 2-2 donne un exemple détaillé de la zone revêtue en dur constituant une plate-forme d'attente située au point d'attente de circulation. Cette conception est destinée à une piste avec approche classique ou une piste avec approche de précision dont le chiffre de code est 3 ou 4 et comprend un dégagement de 15 m entre les bouts d'ailes lorsque les deux avions sont centrés sur l'axe. Des plates-formes d'attente pour d'autres types de piste ou d'autres emplacements le long de la voie de circulation auront proportionnellement d'autres dimensions.

2.2.3 Les voies de circulation doublées ou les voies de contournement peuvent uniquement permettre des priorités relatives de départ en séparant la file de départ en deux parties. Les voies de contournement peuvent être construites pour un coût relativement faible mais n'assurent qu'une faible latitude pour modifier la séquence de départ. Une voie de circulation doublée sur toute la longueur est la solution la plus coûteuse et ne peut se justifier qu'aux aérodromes très fréquentés où il est, de toute évidence, nécessaire de permettre une circulation bidirectionnelle parallèle à la piste. Cela est nécessaire lorsque les aires de trafic de l'aérogare passagers ou d'autres installations sont situées de telle manière qu'elles engendrent des mouvements d'avions dans le sens contraire au courant de départ.

2.2.4 Le peigne d'entrée de piste limite la longueur de piste disponible pour les avions qui empruntent l'entrée la plus éloignée du seuil de piste. Cependant, cet inconvénient n'est pas grave si cette entrée peut être utilisée par des avions pour lesquels la longueur de roulage au décollage qui reste disponible est suffisante. Le peigne d'entrée permet également de dépasser un avion retardé à une autre entrée de voie de circulation ou même en bout de piste. L'utilisation de peignes d'entrée, combinée à des voies de circulation doublées, assure un degré de souplesse comparable à celui que l'on obtient avec une plate-forme d'attente bien conçue. Les accès obliques permettent une entrée en vitesse, mais il est plus difficile à l'équipage qui les emprunte de voir les avions sur l'axe d'approche et, étant donné qu'il existe une zone plus large revêtue en dur, ils sont plus coûteux. Des groupes de spécialistes de l'exploitation et du contrôle de la circulation aérienne ont préconisé des dispositifs d'entrée de piste qui permettraient à l'avion d'accélérer en virant pour entrer sur la piste, mais il faudra d'autres études, simulations et expériences avant de pouvoir définir une conception recommandée pour ce type d'accès.

2.2.5 Pour un aérodrome donné, le meilleur choix entre ces méthodes dépend de la géométrie du réseau existant de pistes et de voies de circulation ainsi que du volume du trafic. L'expérience montre que des considérations techniques et économiques locales seront souvent décisives dans le choix entre les trois types (ou combinaisons de types). Ces trois types peuvent également être utilisés dans différentes combinaisons visant à optimiser la circulation au sol des avions jusqu'au seuil.

2.3 EXIGENCES ET CARACTÉRISTIQUES DE CONCEPTION COMMUNES

2.3.1 Quel que soit le type de moyen de contournement utilisé, il faut maintenir une séparation minimale entre les axes de piste et de voie de circulation, suivant le type de piste desservi (voir le Tableau 1-1).

2.3.2 Le coût de construction d'un contournement est directement lié à la superficie de la nouvelle chaussée requise. De plus, des coûts indirects peuvent résulter de la perturbation de la circulation aérienne durant la période de construction.

2.3.3 La conception choisie devrait toujours permettre de disposer d'au moins une entrée au début de la piste utilisable pour le décollage, afin que les avions qui ont besoin de toute la longueur de roulage utilisable au décollage puissent aisément s'aligner pour le décollage sans perte sensible de longueur de piste.

2.3.4 Le sillage des hélices ou le souffle des réacteurs des avions en attente ne devrait pas être dirigé vers les autres avions ni vers la piste. Le traitement et l'entretien des accotements devraient être les mêmes que ceux décrits pour les accotements de voies de circulation (voir les § 1.6.6 à 1.6.10).

2.4 DIMENSIONS ET EMPLACEMENT DES PLATES-FORMES D'ATTENTE

2.4.1 L'espace nécessaire à une plate-forme d'attente dépend du nombre de positions d'attente à aménager, des dimensions des avions appelés à les utiliser et de la fréquence de leur utilisation. Les dimensions doivent laisser un espace libre suffisant entre les avions pour leur permettre de manœuvrer par leurs propres moyens. En général, la marge de dégagement de bout d'aile (intervalle) entre un avion stationné et un avion en mouvement sur la voie de circulation ou la voie de circulation d'aire de trafic ne devrait pas être inférieure à celle indiquée dans le tableau ci-après.

Lettre de code	Marge de dégagement de bout d'aile (intervalle) (m)
A	6,5
B	5,75
C	5
D	7
E	7
F	7

2.4.2 Le meilleur emplacement d'une plate-forme d'attente utilisée pour permettre une séquence de départ souple est une position adjacente à la voie de circulation qui dessert l'extrémité de piste. D'autres emplacements le long de la voie de circulation sont satisfaisants pour des avions qui effectuent des vérifications avant le départ ou des points fixes, ou lorsque la plate-forme sert de point d'attente pour les avions qui attendent l'autorisation de départ. On trouvera ci-dessous des critères relatifs à l'emplacement des plates-formes d'attente par rapport à la piste.

2.4.3 La distance entre une plate-forme d'attente et l'axe d'une piste devrait être conforme aux indications données dans le Tableau 2-1 et, dans le cas d'une piste avec approche de précision, elle devrait être telle qu'un avion en attente ou un véhicule ne gênera pas le fonctionnement des aides radioélectriques. Les aéronefs ou les véhicules devraient donc être à l'écart des zones sensibles et critiques de l'ILS, et ils ne devraient pas pénétrer dans la surface intérieure de transition.

2.4.4 Aux altitudes supérieures à 700 m, la distance de 90 m spécifiée au Tableau 2-1 pour une piste avec approche de précision dont le chiffre de code est 4 devrait être augmentée comme suit :

- a) jusqu'à une altitude de 2 000 m — 1 m par tranche de 100 m au-dessus de 700 m ;
- b) pour une altitude supérieure à 2 000 m et jusqu'à 4 000 m — 13 m plus 1,5 m par tranche de 100 m au-dessus de 2 000 m ;
- c) pour une altitude supérieure à 4 000 m et jusqu'à 5 000 m — 43 m plus 2 m par tranche de 100 m au-dessus de 4 000 m.

2.4.5 Si une plate-forme d'attente pour une piste avec approche de précision dont le chiffre de code est 4 se trouve à une altitude supérieure à celle du seuil, la distance spécifiée au Tableau 2-1 devrait être encore augmentée de 5 m pour chaque mètre de plus que l'altitude du seuil.

2.4.6 Pour le chiffre de code 4, lorsque la largeur du bord intérieur de la surface intérieure d'approche est supérieure à 120 m, une distance de plus de 90 m peut être nécessaire pour s'assurer qu'un aéronef en attente se trouve en dehors de la zone dégagée d'obstacle. Par exemple, une distance de 100 m est basée sur un avion ayant une hauteur d'empennage de 24 m, une distance entre le nez et la partie supérieure de l'empennage égale à 62,2 m et une hauteur de nez de 10 m, qui se trouve en attente, orienté à un angle d'au moins 45° par rapport à l'axe de la piste, en dehors de la zone dégagée d'obstacles.

2.4.7 La distance de 90 m pour le chiffre de code 3 ou 4 est basée sur un avion ayant une hauteur d'empennage de 20 m, une distance entre le nez et la partie supérieure de l'empennage égale à 52,7 m et une hauteur de nez de 10 m, qui se trouve en attente, orienté à un angle d'au moins 45° par rapport à l'axe de la piste, en dehors de la zone dégagée d'obstacles, et qu'il n'y a pas lieu de prendre en compte pour le calcul de l'altitude/hauteur de franchissement d'obstacles.

2.4.8 La distance de 60 m pour le chiffre de code 1 ou 2 est basée sur un avion ayant une hauteur d'empennage de 8 m, une distance entre le nez et la partie supérieure de l'empennage égale à 24,6 m et une hauteur de nez de 5,2 m, qui se trouve en attente, orienté à un angle d'au moins 45° par rapport à l'axe de la piste, en dehors de la zone dégagée d'obstacles.

2.5 MARQUES ET FEUX DE PLATE-FORME D'ATTENTE

Il est souhaitable, pour faciliter la précision de manœuvre des avions sur les plates-formes d'attente, de doter celles-ci de marques et de feux appropriés. Ces marques et ces feux aideront aussi à empêcher que les avions en stationnement ne gênent le passage des autres avions qui roulent sur la voie de circulation adjacente. Une ligne continue que devra suivre le pilote de l'avion paraît être une bonne méthode. Un balisage lumineux de bord de voie de circulation devrait être prévu si la plate-forme d'attente est destinée à être utilisée de nuit. L'emplacement et les caractéristiques des feux devraient être conformes aux spécifications du Chapitre 5 de l'Annexe 14, Volume I, applicables au balisage lumineux de voie de circulation.

Tableau 2-1. Distance minimale entre l'axe d'une piste et une plate-forme d'attente

Type d'exploitation sur la piste	Chiffre de code			
	1	2	3	4
Approche à vue et décollage	30 m	40 m	55 m	75 m
Approche classique	40 m	40 m	75 m	75 m
Approche de précision de catégorie I	60 m ^b	60 m ^b	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b}
Approche de précision des catégories II et III	—	—	90 m ^{a,b}	90 m ^{a,b,c}

- a. Si la plate-forme d'attente ou le point d'attente de circulation se trouve à une altitude inférieure à celle du seuil, la distance peut être diminuée de 5 m pour chaque mètre de moins que l'altitude du seuil, à condition de ne pas empiéter sur la surface intérieure de transition.
- b. Il faudra peut-être augmenter cette distance pour éviter un brouillage des aides radioélectriques ; dans le cas d'une piste avec approche de précision de catégorie III, cette augmentation peut être de l'ordre de 50 m.

Chapitre 3

AIRES DE TRAFIC

Une aire de trafic est une aire définie destinée à recevoir les avions pour l'embarquement ou le débarquement des passagers, de la poste ou du fret, le ravitaillement en carburant, le stationnement ou l'entretien. L'aire de trafic est généralement pourvue d'un revêtement en dur, mais peut ne pas l'être à l'occasion ; ainsi, dans certains cas, une aire de trafic en gazon peut être suffisante pour des avions légers.

3.1 TYPES D'AIRES DE TRAFIC

Aire de trafic d'aérogare passagers

3.1.1 Une aire de trafic d'aérogare passagers est une aire désignée pour les manœuvres et le stationnement des avions, adjacente à l'aérogare passagers ou facilement accessible depuis celle-ci. C'est sur cette aire que les passagers provenant de l'aérogare embarquent dans l'avion. En outre, l'aire de trafic d'aérogare passagers est utilisée pour le ravitaillement en carburant et l'entretien et aussi pour charger et décharger le fret, la poste et les bagages. Les points où les avions stationnent sur l'aire de trafic d'aérogare passagers sont appelés « postes de stationnement d'aéronef ».

Aire de trafic d'aérogare fret

3.1.2 Une aire de trafic d'aérogare fret distincte, adjacente à l'aérogare fret, est parfois prévue pour des avions qui ne transportent que du fret et de la poste. La séparation des avions cargo et des avions de passagers est souhaitable, car chaque type d'avion exige des installations de types différents sur l'aire de trafic et dans l'aérogare.

Aire de stationnement éloignée

3.1.3 En plus de l'aire de trafic d'aérogare, il est parfois nécessaire aux aéroports de prévoir une aire de stationnement distincte où les avions peuvent demeurer longtemps en stationnement. Ces aires peuvent être utilisées pendant les périodes de repos des équipages ou pour les opérations périodiques de petit entretien et pour l'entretien d'avions temporairement immobilisés. Bien que les aires de stationnement soient situées à l'écart des aires de trafic d'aérogare, elles devraient se trouver aussi près que possible de celles-ci pour tenir au minimum le temps d'embarquement/débarquement des passagers ainsi que pour des raisons de sûreté.

Aires d'entretien et de hangar

3.1.4 Une aire d'entretien est une aire découverte adjacente à un hangar de réparation, sur laquelle les opérations d'entretien des avions peuvent être effectuées, tandis qu'une aire de hangar est une aire sur laquelle les avions se déplacent pour entrer et sortir d'un hangar de garage.

Aires de trafic pour l'aviation générale

3.1.5 Les avions de l'aviation générale, utilisés pour des vols d'affaires ou des vols privés, nécessitent plusieurs catégories d'aires de trafic correspondant à leurs différentes activités.

Aire de trafic pour avions de passage

3.1.5.1 Les avions de l'aviation générale de passage utilisent cette aire pour un stationnement temporaire et pour se ravitailler en carburant, procéder aux opérations d'entretien et accéder aux transports de surface. Aux aérodromes qui desservent uniquement des avions de l'aviation générale, cette aire est habituellement proche de l'aire d'un exploitant basé en permanence sur l'aérodrome ou en fait intégralement partie. Un certain secteur de l'aire de trafic d'aérogare est aussi généralement réservé aux avions de l'aviation générale de passage.

Aires de trafic ou points d'amarrage destinés aux avions basés sur l'aérodrome

3.1.5.2 Les avions de l'aviation générale basés sur l'aérodrome ont besoin de se garer dans un hangar ou d'un espace pour s'amarrer à l'air libre. Les avions garés dans un hangar ont également besoin d'une aire, en avant du bâtiment, pour manœuvrer. Les aires ouvertes, utilisées pour y amarrer les avions basés sur l'aérodrome, peuvent être pourvues, ou non, d'un revêtement en dur ou de gazon, selon les dimensions des avions, les conditions météorologiques locales et l'état du sol. Il est souhaitable qu'elles se situent à l'écart des aires réservées aux avions de passage.

Autres aires pour l'entretien au sol

3.1.5.3 Des aires doivent également être prévues, selon les besoins, pour l'entretien, le ravitaillement en carburant, le chargement ou le déchargement.

3.2 CARACTÉRISTIQUES DE CONCEPTION

3.2.1 Pour concevoir l'un quelconque des divers types d'aires de trafic, il faut évaluer de nombreuses caractéristiques interdépendantes et souvent contradictoires. Malgré l'objet distinct des différents types d'aires de trafic, un grand nombre de caractéristiques générales de conception concernant la sécurité, l'efficacité, la géométrie, la souplesse et la réalisation sont communes à tous les types. Les paragraphes suivants donnent une brève description de ces caractéristiques générales.

Sécurité

3.2.2 La conception de l'aire de trafic doit tenir compte des procédures de sécurité associées aux manœuvres des avions sur cette aire. Dans ce contexte, la sécurité signifie que les avions doivent maintenir des distances de séparation spécifiées et suivre des procédures établies pour pénétrer sur l'aire, s'y déplacer et en sortir. La fourniture de services aux avions stationnés sur une aire de trafic devrait comprendre des procédures de sécurité, en particulier en ce qui concerne l'avitaillement en carburant. La chaussée devrait être en pente descendante à partir des bâtiments d'aérogare et autres structures, pour éviter la propagation des incendies de carburant éventuels sur l'aire de trafic. Chaque poste de stationnement devrait être doté d'une prise d'eau pour permettre d'arroser au jet régulièrement la

surface de l'aire. Il faut également assurer la sécurité des avions en plaçant l'aire de trafic en un point où les avions peuvent être protégés contre des personnes non autorisées. À cet effet, les secteurs auxquels le public a accès doivent être physiquement séparés des aires de trafic.

Efficacité

3.2.3 La conception de l'aire de trafic devrait contribuer à assurer un degré élevé d'efficacité en ce qui concerne les mouvements d'avions et la fourniture des services d'aire de trafic. La facilité des mouvements, des distances minimales de séparation pour la circulation au sol et le moins de retard possible pour les avions au départ de l'aire sont des mesures qui assurent l'efficacité quel que soit le type d'aire. S'il est possible de déterminer la disposition finale des postes de stationnement dès la phase initiale de planification de l'aérodrome, l'eau, l'électricité et les services peuvent alors être amenés à des postes fixes. L'oléo réseau, les bornes d'incendie, les prises d'air comprimé et le réseau d'alimentation électrique doivent être soigneusement planifiés à l'avance, car ils sont souvent installés sous la chaussée. Le coût initial élevé de ces services sera compensé par l'efficacité accrue des postes de stationnement et une meilleure utilisation de l'aire de trafic. Ces dispositions garantiront le rendement économique maximal de l'aire de trafic.

Géométrie

3.2.4 La planification et la conception d'une aire de trafic, quel qu'en soit le type, dépendent d'un certain nombre de considérations géométriques. Par exemple, la longueur et la largeur d'un terrain disponible pour implanter une aire de trafic peuvent interdire le choix de certains concepts. Dans le cas d'un nouvel aérodrome, il peut être possible de concevoir l'arrangement le plus efficace, fondé sur la nature de la demande, et de réserver ensuite une zone de terrain répondant de manière idéale au plan. Toutefois, l'agrandissement des aires de trafic ou l'addition de nouvelles aires à des aérodromes existants se fera habituellement dans des conditions qui sont loin d'être idéales, en raison des limitations imposées par la forme et les dimensions des terrains disponibles. La superficie globale nécessaire pour chaque poste de stationnement comprend la superficie requise pour les voies d'accès au poste, et aussi pour les voies de circulation d'aire de trafic utilisées en commun avec d'autres postes de stationnement. En conséquence, la superficie globale nécessaire pour implanter une aire de trafic dépend non seulement des dimensions des avions, des distances de séparation et des méthodes de stationnement, mais aussi de l'arrangement géométrique des voies d'accès aux postes, des autres voies de circulation, des écrans antisouffle, des secteurs utilisés pour le stationnement des véhicules de service et des voies destinées à la circulation des véhicules de surface.

Souplesse

3.2.5 La planification des aires de trafic doit comprendre une évaluation des caractéristiques de souplesse ci-après.

Gamme de dimensions d'avions

3.2.5.1 Le nombre et la taille des postes de stationnement doivent correspondre au nombre et aux dimensions des types d'avions qui utiliseront l'aire de trafic. Il faut établir un compromis entre les cas extrêmes où :

- a) on utiliserait une seule taille de poste de stationnement suffisamment grande pour recevoir le plus grand type d'avion ;
- b) on utiliserait autant de tailles de postes de stationnement qu'il y a de types d'avions.

La première méthode fait un usage très peu rationnel de la superficie disponible tandis que la deuxième n'assure qu'un faible niveau de souplesse d'exploitation. Dans le cas d'une aire de trafic d'aérogare passagers, une solution de compromis qui assure une souplesse adéquate consiste à classer les avions dans deux à quatre groupes, selon leur taille, et à prévoir des postes correspondant à ces groupes, en fonction de la demande prévue. Pour l'aviation générale, on pourra utiliser un plus grand nombre de tailles d'espaces de stationnement, parce que l'espace peut être loué et occupé par un seul avion de dimensions connues.

Possibilités d'expansion

3.2.5.2 Un autre élément clé d'un dispositif souple d'aire de trafic est la possibilité d'expansion pour répondre aux besoins futurs. Pour éviter de limiter indûment la possibilité d'expansion d'une aire de trafic donnée, celle-ci devrait être conçue sous une forme modulaire, de manière que les phases successives viennent s'ajouter intégralement à l'aire existante avec un minimum de perturbation des activités courantes.

Caractéristiques de conception communes

3.2.6 De nombreuses caractéristiques de conception pour la construction des aires de trafic sont communes à tous les types d'aires. Plusieurs de ces éléments sont décrits dans les paragraphes qui suivent.

Chaussée

3.2.6.1 Le type de chaussée est choisi après évaluation de la masse des avions, de la répartition des charges, de l'état du sol et du coût relatif des divers matériaux utilisables. Le béton armé est habituellement utilisé aux aérodromes desservis par les plus grands avions commerciaux, du fait qu'une plus grande résistance et une plus grande durabilité sont nécessaires. La plupart des aérodromes nécessitent, au minimum, un revêtement d'asphalte pour répondre aux critères de résistance, de drainage et de stabilisation, bien que des aires de trafic en gazon ou en sable stabilisé au ciment soient utilisées de manière satisfaisante à certains emplacements. Le béton armé est habituellement plus coûteux à utiliser que l'asphalte, mais il est d'un entretien moins coûteux et dure habituellement plus longtemps. De plus, le béton n'est relativement pas endommagé par les déversements de carburant des moteurs à réaction alors que l'asphalte est endommagé, même si le carburant demeure à la surface peu de temps. Ce problème peut être partiellement résolu en posant sur l'asphalte une couche de produits spéciaux d'étanchéité et en lavant fréquemment la surface.

Pente de la chaussée

3.2.6.2 Les pentes d'une aire de trafic doivent être suffisantes pour prévenir une accumulation d'eau à la surface mais doivent néanmoins être aussi peu accentuées que le permettent les exigences du drainage. Un drainage efficace des eaux de pluie sur les grandes aires de trafic revêtues en dur est normalement réalisé en prévoyant une pente prononcée et de nombreux drains de secteur. Toutefois, une pente trop forte posera des problèmes de maniabilité pour les avions et les véhicules de service. De plus, le ravitaillement en carburant d'un avion exige une surface presque horizontale pour réaliser une bonne répartition de la masse de carburant dans les divers réservoirs de l'avion. Les pentes et les drains devraient être conçus de manière à éloigner des bâtiments et des zones de service le carburant répandu sur l'aire de trafic. Afin d'établir un compromis entre les exigences du drainage, de la maniabilité et du ravitaillement en carburant, la pente d'une chaussée d'aire de trafic devrait être de 0,5 à 1 % dans le secteur des postes de stationnement et ne devrait pas dépasser 1,5 % dans les autres secteurs.

Souffle des réacteurs et sillage des hélices

3.2.6.3 Lorsque l'on planifie les aires de trafic ainsi que les voies de service et les bâtiments adjacents, il faut tenir compte des effets de la chaleur extrême et du souffle des réacteurs et des hélices. À certains aérodromes, il peut être nécessaire de prévoir une plus grande séparation entre les avions ou d'installer des écrans antisouffle entre les postes de stationnement pour contrer ces effets. L'Appendice 2 contient plus de détails sur cette question.

3.3 AGENCEMENTS DE BASE DES AIRES DE TRAFIC D'AÉROGARE

Généralités

3.3.1 Le type d'agencement d'aire de stationnement d'aérogare qui convient le mieux à un aérodrome donné dépend de nombreux critères étroitement liés entre eux. Bien entendu, la conception de l'aire de trafic d'aérogare doit être entièrement compatible avec la conception d'aérogare choisie, et vice versa. Il convient d'utiliser une méthode itérative pour choisir la meilleure combinaison d'aire de trafic et d'aérogare, afin de comparer les avantages et les inconvénients de chaque système analysé séparément. Le volume du trafic qui utilise l'aérogare est un important facteur pour déterminer l'agencement d'aire de trafic qui dessert le plus efficacement un modèle d'aérogare donné. De plus, un aérodrome où l'on note un très fort pourcentage de correspondances internationales (correspondance directe avec un autre vol), ou de départs de passagers locaux, peut avoir besoin d'un système d'aérogare et d'aire de trafic spécial en raison des caractéristiques particulières du trafic passagers.

Embarquement des passagers

3.3.2 La planification de l'agencement d'aire de trafic devra tenir compte de la méthode utilisée pour l'embarquement des passagers. Certaines méthodes ne peuvent être utilisées qu'avec un ou deux des schémas de base de stationnement des avions.

3.3.2.1 La mise en place de passerelles d'embarquement permet aux passagers d'embarquer directement dans l'avion par le niveau supérieur de l'aérogare. Deux types de passerelles d'embarquement sont illustrés à la Figure 3-1 :

- a) *La passerelle fixe d'embarquement.* Il s'agit d'une courte passerelle placée à l'extrémité d'une saillie dans le bâtiment d'aérogare. L'avion se positionne nez en avant le long de la saillie et s'arrête lorsque sa porte avant se trouve en regard de la passerelle. Celle-ci s'avance sur une très courte distance jusqu'à l'avion et ne permet qu'une très faible variation de niveau entre le pont principal de l'avion et le plancher de l'aérogare.
- b) *La passerelle télescopique motorisée.* Une extrémité de cette passerelle télescopique peut pivoter au point où elle se rattache à l'aérogare, tandis que l'autre est portée par un système motorisé de roues jumelées orientables. La passerelle pivote vers l'avion et s'allonge jusqu'à la porte de l'avion. Il est possible de relever ou d'abaisser notablement l'extrémité qui vient s'accoupler à l'avion, ce qui permet de desservir des types d'avions présentant différentes hauteurs de pont principal.

3.3.2.2 Outre les passerelles d'embarquement, on utilise des moyens plus élémentaires pour l'embarquement des passagers :

- a) *Escabeaux mobiles*. Les escabeaux mobiles sont poussés manuellement ou tractés jusqu'à l'avion et amenés au niveau de la porte. Les passagers marchent sur l'aire de trafic jusqu'à l'avion, ou sont amenés par autobus, et utilisent l'escabeau pour embarquer.
- b) *Transbordeurs*. Les passagers embarquent à l'aérogare dans un autobus ou dans un transbordeur spécialement conçu et sont amenés jusqu'à un poste de stationnement éloigné. Ils embarquent alors en montant les marches d'un escabeau ou ils passent directement du transbordeur à bord de l'avion, sans changer de niveau, après élévation de la cabine du transbordeur.
- c) *Escalier intégré*. Cette méthode est analogue à celle de l'escabeau mobile et peut être utilisée avec tout avion doté d'un escalier intégré. Une fois l'avion immobilisé, l'équipage libère l'escalier intégré et les passagers marchent sur l'aire de trafic ou sont amenés par autobus jusqu'à l'aérogare.

Aérogare passagers — Systèmes et configurations de stationnement

3.3.3 La conception des systèmes et configurations de stationnement est directement reliée au concept utilisé pour l'aérogare passagers. On trouvera dans le *Manuel de planification d'aéroport* (Doc 9184), Partie I — *Planification générale*, la description des divers concepts d'aérogare passagers. La Figure 3-2 montre différents systèmes de stationnement et les caractéristiques de chacun de ces systèmes, du point de vue de l'aire de trafic, sont brièvement décrites ci-après.

Système simple

3.3.4 Ce système s'applique aux aéroports à faible volume de trafic. Les avions sont normalement stationnés en oblique, en position frontale ou arrière, de manière à pouvoir entrer ou sortir par leurs propres moyens. Il faut veiller à assurer un dégagement suffisant entre la bordure de l'aire de trafic et la façade de l'aérogare côté piste afin de réduire les effets nuisibles du souffle des réacteurs. Si l'on ne prévoit pas ce dégagement, il faudra installer des écrans antisouffle. L'aire de trafic peut être agrandie progressivement en fonction de la demande, sans grande perturbation des activités aéroportuaires.

Système linéaire

3.3.5 Le système linéaire peut être considéré comme une phase évoluée de la configuration simple. Les avions peuvent être stationnés en configuration oblique ou parallèle. Toutefois, le stationnement frontal avec sortie refoulée et dégagement minimal entre la bordure de l'aire de trafic et l'aérogare est plus couramment adopté avec ce système qui permet d'obtenir une utilisation plus efficace de la superficie de l'aire de trafic et d'assurer un traitement plus rationnel des avions et des passagers. Le stationnement frontal permet des manœuvres relativement faciles et simples pour les avions qui entrent au moteur dans leur poste de stationnement. Le refoulement à la sortie ne gêne guère les activités qui se déroulent aux postes de stationnement voisins. En revanche, ce système nécessite des tracteurs de remorquage et des opérateurs qualifiés. Sur les aéroports où le volume de trafic est élevé, il sera peut-être nécessaire de doubler les voies de circulation d'aire de trafic afin de réduire les encombrements de ces voies lors des manœuvres de refoulement. Le couloir compris entre la bordure de l'aire de trafic et la façade de l'aérogare peut servir à la circulation des véhicules, et des créneaux de stationnement réservés au matériel de service d'assistance en escale peuvent être aménagés autour de la section avant des avions en stationnement. Lorsque l'on prévoit dès le début une aire de trafic assez profonde pour convenir aux fuselages les plus longs, le système linéaire offre autant de souplesse et de possibilité d'expansion que le système simple et presque autant que le système d'aire de trafic dégagée.

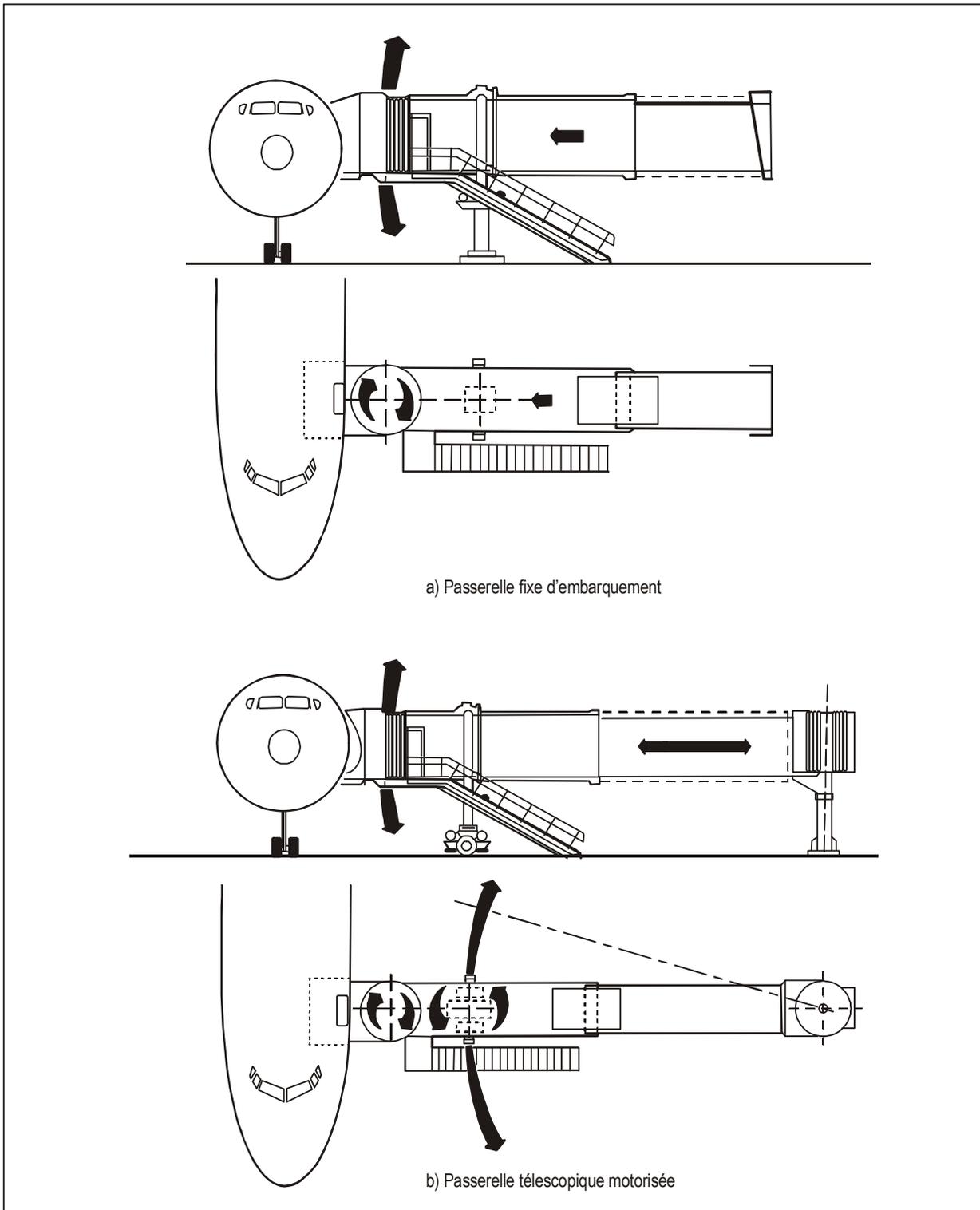


Figure 3-1. Passerelles d'embarquement de passagers

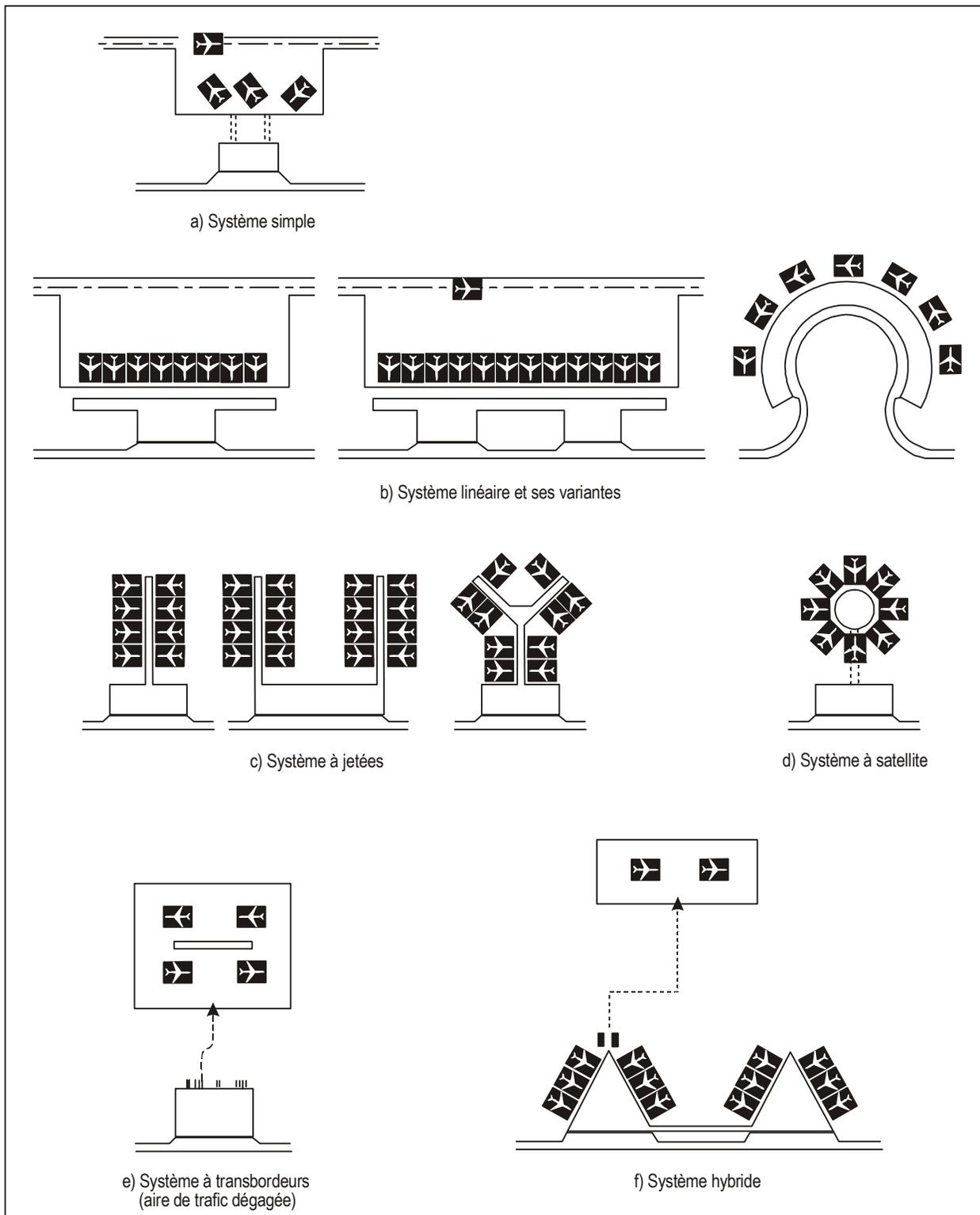


Figure 3-2. Aérogare passagers — Systèmes et configurations de stationnement

Système à jetées

3.3.6 Comme le montre la Figure 3-2, il existe plusieurs variantes de ce système, selon la forme des jetées. Les avions peuvent stationner au niveau des portes d'embarquement, de part et d'autre de la jetée, en configuration oblique, parallèle ou perpendiculaire (frontale). Lorsqu'il existe une seule jetée, ce système présente la plupart des avantages du système linéaire pour les activités côté piste, à ceci près que ses possibilités d'expansion progressive sont restreintes. Lorsqu'il y a deux ou plusieurs jetées, il faut veiller à assurer le dégagement nécessaire entre elles. Si chaque jetée dessert un grand nombre de portes, il faudra peut-être doubler les voies de circulation entre les jetées pour éviter les conflits entre avions à l'arrivée et avions au départ. Il importe de ménager un espace suffisant entre deux ou plusieurs jetées afin de répondre aux exigences des avions futurs de plus grandes dimensions.

Système à satellite

3.3.7 Le système à satellite comprend une unité satellite séparée de l'aérogare et entourée des postes de stationnement d'avions. Habituellement, les passagers accèdent au satellite depuis l'aérogare en empruntant un couloir souterrain ou surélevé, ce qui permet d'obtenir une meilleure utilisation de l'aire de trafic, mais l'accès peut également se faire en surface. Selon la forme du satellite, les avions sont stationnés en configuration radiale ou parallèle, ou dans une configuration différente. Lorsque les avions sont stationnés en configuration radiale, les manœuvres de refoulement s'en trouvent facilitées, mais cela nécessite une plus grande surface d'aire de trafic. Si l'on adopte une configuration de stationnement en triangle, cette solution a non seulement pour effet d'exiger que les avions effectuent des virages brusques et peu commodes pour se rendre à certains postes de stationnement, mais elle crée en outre des encombrements pour les véhicules de service d'assistance en escale qui circulent autour du satellite. Ce système présente l'inconvénient qu'il est difficile à développer progressivement, ce qui signifie qu'il faut construire une unité entièrement nouvelle lorsque des points d'embarquement supplémentaires sont nécessaires.

Système à transbordeurs

3.3.8 Ce système peut s'appeler système d'aire de trafic dégagée ou éloignée, ou système de transbordeur. Étant donné que, pour les avions, l'aire de trafic idéale serait proche de la piste et éloignée des autres structures, ce système présenterait des avantages du point de vue de la maniabilité des avions, par exemple une distance totale de roulage plus courte, des manœuvres autonomes plus simples, une grande souplesse et de grandes possibilités d'expansion des aires de trafic. Cependant, comme il exige que les passagers, les bagages et le fret soient transportés sur des distances relativement plus longues, au moyen de transbordeurs (salles d'attente mobiles/autocars) et de chariots, dans les deux sens entre l'aérogare et les postes de stationnement, ce système peut causer des encombrements du côté piste.

Système hybride

3.3.9 Le système hybride représente la combinaison de deux ou plusieurs des systèmes décrits ci-dessus. Il est assez courant de combiner le système à transbordeurs avec l'un des autres systèmes pour les besoins du trafic de pointe. Dans ce cas, les postes de stationnement situés en des points distants de l'aérogare sont souvent appelés aires éloignées ou postes de stationnement éloignés.

3.4 DIMENSIONS DES AIRES DE TRAFIC

Généralités

- 3.4.1 La superficie nécessaire pour un agencement donné d'aire de trafic dépend des facteurs ci-après :
- a) dimensions et caractéristiques de maniabilité des avions utilisant l'aire de trafic ;
 - b) volume de trafic escompté ;
 - c) distances de séparation requises ;
 - d) type d'accès (et de départ) aux postes de stationnement ;
 - e) agencement de base de l'aérogare ou autres utilisations de l'aéroport (voir la section 3.3) ;
 - f) opérations requises sur les avions au sol ;
 - g) voies de circulation et voies de service.

Dimensions des avions

3.4.2 Avant de définir une conception détaillée d'aire de trafic, il faut connaître les dimensions et les caractéristiques de maniabilité des divers types d'avions appelés à l'utiliser. La Figure 3-3 montre les dimensions qu'il est nécessaire de connaître pour déterminer l'espace nécessaire pour un poste de stationnement et le Tableau 3-1 donne des dimensions pour divers types d'avions. La longueur totale (L) et l'envergure (S) peuvent être prises comme point de départ pour déterminer la superficie globale de l'aire de trafic nécessaire à un aéroport. Toutes les autres superficies nécessaires pour les distances de séparation, la circulation au sol, l'entretien, etc., doivent être déterminées en fonction de cette « empreinte » des avions. Les caractéristiques de maniabilité d'un avion dépendent du rayon de virage (R), lequel dépend à son tour de l'emplacement du centre de virage (pivot) de l'avion. Le centre de virage ou pivot est le point autour duquel tourne l'avion. Ce point est situé sur l'axe du train principal, à une distance de l'axe du fuselage qui varie selon l'angle de braquage de la roue avant utilisé au cours de la manœuvre de virage. Les valeurs indiquées au Tableau 3-1 pour le rayon de virage sont dérivées des angles de braquage indiqués. Dans la plupart des cas, les valeurs du rayon de virage sont mesurées entre le pivot et le bout d'aile ; pour certains avions, elles sont mesurées entre le pivot et le nez ou les stabilisateurs horizontaux.

Volumes de trafic

3.4.3 Le nombre et les dimensions des postes de stationnement nécessaires sur une aire de trafic donnée peuvent être déterminés d'après les prévisions de mouvements à un aéroport donné. La prévision d'activité sur l'aire de trafic doit être ventilée entre des périodes appropriées de planification de la demande pour le type d'aire de trafic en cause. Il n'est pas nécessaire de concevoir l'aire de trafic pour les périodes d'activité de pointe extraordinaires, mais pour des périodes d'activité raisonnable avec le moins de retard possible. Par exemple, le nombre de postes de stationnement à l'aérogare passagers devrait être suffisant pour l'heure de pointe du jour moyen du mois de pointe. La période de pointe pour l'accumulation d'avions cargo est de plus d'une heure et de moins d'un jour ; par conséquent, l'aire de trafic fret devrait être capable de recevoir l'activité d'un jour moyen du mois de pointe. Les autres types d'aire de trafic devraient avoir suffisamment de postes de stationnement pour recevoir le trafic correspondant à la période de pointe appropriée. De plus, la planification des aires de trafic devrait être ventilée en plusieurs phases pour réduire le plus possible les immobilisations nécessaires. Des superficies d'aires de trafic devraient alors être ajoutées suivant les besoins pour répondre à la croissance de la demande.

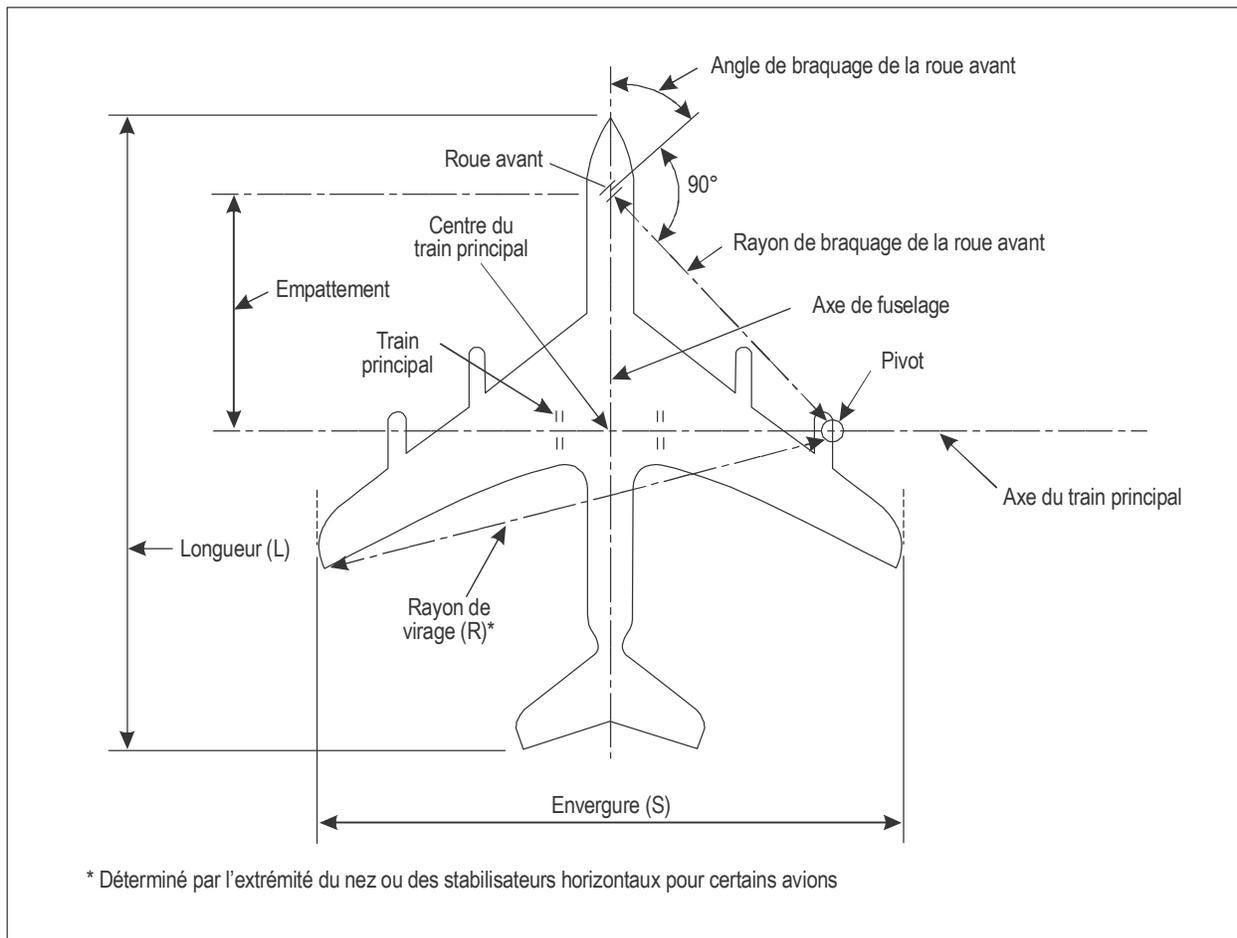


Figure 3-3. Dimensions requises pour déterminer l'espace nécessaire pour un poste de stationnement

Tableau 3-1. Dimensions de certains avions

Type d'avion	Longueur (m)	Envergure (m)	Angle de braquage de la roue avant	Rayon de virage (m)
A300BB2	46,70	44,80	50°	38,80 ^a
A320-200	37,57	33,91	70°	21,91 ^c
A330/A340-200	59,42	60,30	65°	45,00 ^a
A330/A340-300	63,69	60,30	65°	45,60 ^a
B727-200	46,68	32,92	75°	25,00 ^c
B737-200	30,58	28,35	70°	18,70 ^a
B737-400	36,40	28,89	70°	21,50 ^c
B737-900	41,91	34,32	70°	24,70 ^c
B747	70,40	59,64	60°	50,90 ^a
B747-400	70,67	64,90	60°	53,10 ^a
B757-200	47,32	37,95	60°	30,00 ^a
B767-200	48,51	47,63	60°	36,00 ^a
B767-400 ER	51,92	61,37	60°	42,06 ^a
B777-200	63,73	60,93	64°	44,20 ^a
B777-300	73,86	73,08	64°	46,80 ^a
BAC 111-400	28,50	27,00	65°	21,30 ^a
DC8-61/63	57,12	43,41/45,2	70°	32,70 ^c
DC9-30	36,36	28,44	75°	20,40 ^c
DC9-40	38,28	28,44	75°	21,40 ^c
DC9-50	40,72	28,45	75°	22,50 ^c
MD82	45,02	32,85	75°	25,10 ^b
MD90-30	46,50	32,87	75°	26,60 ^b
DC10-10	55,55	47,35	65°	35,60 ^a
DC10-30	55,35	50,39	65°	37,30 ^a
DC10-40	55,54	50,39	65°	36,00 ^a
MD11	61,60	52,50	65°	39,40 ^a
L1011	54,15	47,34	60°	35,59 ^a

a. Au bout d'aile

b. Au nez de l'avion

c. Au bout de l'empennage

Dégagements sur les aires de trafic

3.4.4 Un poste de stationnement devrait assurer les dégagements minimaux ci-après entre un avion stationné à ce poste et tout avion stationné à un autre poste, toute construction voisine ou tout autre objet fixe.

<i>Lettre de code</i>	<i>Dégagement (m)</i>
A	3,0
B	3,0
C	4,5
D	7,5
E	7,5
F	7,5

Les dégagements pour les lettres de code D, E et F peuvent être réduits aux emplacements ci-après (uniquement pour les avions arrivant au poste par leurs propres moyens et sortant par refoulement) :

- entre l'aérogare (y compris les passerelles d'embarquement) et le nez d'un avion ;
- sur une partie du poste de stationnement sur laquelle un système de guidage visuel pour l'accostage assure un guidage en azimut.

Ces dégagements, à la discrétion des planificateurs de l'aéroport, peuvent être augmentés selon les besoins pour assurer la sécurité de l'exploitation sur l'aire de trafic. L'emplacement des voies d'accès de poste de stationnement et des voies de circulation d'aire de trafic, par rapport au poste de stationnement, devrait assurer, entre les axes de ces voies et un avion en stationnement, les distances minimales de séparation ci-dessous :

<i>Lettre de code</i>	<i>Distances minimales de séparation entre</i>	
	<i>l'axe d'une voie d'accès de poste de stationnement et un objet (m)</i>	<i>l'axe d'une voie de circulation d'aire de trafic et un objet (m)</i>
A	12,0	15,5
B	16,5	20,0
C	22,5	26,0
D	33,5	37,0
E	40,0	43,5
F	47,5	51,0

Types d'entrée et de sortie de poste de stationnement

3.4.5 Il existe plusieurs méthodes permettant à un avion d'entrer dans un poste de stationnement et d'en sortir : il peut entrer et sortir par ses propres moyens, il peut être remorqué à l'entrée et à la sortie, ou il peut entrer par ses propres moyens et être remorqué à la sortie. Toutefois, lorsqu'on étudie les dimensions que devrait présenter l'aire de trafic, ces méthodes peuvent être classées sous les rubriques « manœuvres autonomes » et « assistance par tracteur ».

3.4.5.1 *Manœuvres autonomes.* Il s'agit de la méthode par laquelle un avion entre dans un poste de stationnement et en sort par ses propres moyens, c'est-à-dire sans l'aide d'un tracteur pour une partie quelconque de la manœuvre. La Figure 3-4 a), b) et c) montre la superficie nécessaire dans le cas d'un avion qui entre dans un poste de stationnement et en sort, pour différentes configurations de stationnement, soit respectivement : stationnement frontal oblique, stationnement arrière oblique et stationnement parallèle. La manœuvre normale d'entrée et de sortie, lorsqu'il s'agit d'un poste de stationnement adjacent au bâtiment d'aérogare ou à une jetée et d'une configuration de stationnement frontal ou arrière, comporte un virage à 180°, comme le montre la Figure 3-4 a) et b). Le rayon de ce virage et la géométrie de l'avion figurent parmi les facteurs qui déterminent la séparation nécessaire entre les postes. Cette méthode de stationnement exige une plus grande superficie de chaussée que les méthodes de stationnement avec assistance par tracteur, mais cette augmentation de superficie est compensée par l'économie de matériel et de personnel réalisée en regard des coûts d'utilisation d'un tracteur. Ces méthodes sont donc généralement appliquées aux aéroports où le volume de trafic est relativement faible. La Figure 3-4 c) illustre la superficie de poste de stationnement dont a besoin un avion qui manœuvre de façon autonome, laquelle dépend de l'angle selon lequel l'avion peut entrer sans difficulté dans un poste de stationnement, avec d'autres avions stationnés sur des postes adjacents. Si cette configuration de stationnement offre la plus grande facilité de manœuvre pour les avions qui entrent et sortent, elle exige cependant la superficie d'aire de trafic la plus importante. En outre, il convient de tenir compte de l'effet du souffle des réacteurs sur le personnel et le matériel de ravitaillement et d'entretien qui sont au travail sur les postes de stationnement voisins.

3.4.5.2 *Assistance par tracteur.* Il s'agit de toute méthode d'entrée et de sortie qui exige l'utilisation d'un tracteur et d'une barre de remorquage. La plupart des aérodromes les plus fréquentés dans le monde ont recours à une variante quelconque de cette méthode. La méthode la plus courante est celle où l'avion entre par ses propres moyens et est refoulé à la sortie, mais d'autres combinaisons sont possibles. L'utilisation du tracteur permet des postes de stationnement beaucoup plus rapprochés, ce qui réduit la superficie d'aire de trafic et d'aérogare nécessaire pour recevoir un nombre élevé d'avions. On peut voir sur la Figure 3-4 d) la superficie nécessaire dans le cas d'un avion qui utilise cette méthode et stationne perpendiculairement à l'aérogare. De toute évidence, cette méthode entraîne une utilisation plus efficace de l'espace d'aire de trafic disponible que la méthode des manœuvres autonomes. La manœuvre est simple et ne crée pas de problèmes excessifs de souffle des réacteurs pour le personnel et le matériel d'aire de trafic ou le bâtiment d'aérogare. Cette méthode permet en outre de réduire ou de supprimer la nécessité d'installer des écrans antisouffle. En général, une certaine forme de guidage est fournie au pilote pour lui permettre de positionner l'avion avec précision en regard de la porte d'embarquement. La manœuvre de départ est plus complexe, car habituellement l'avion est refoulé par un tracteur jusqu'à la voie de circulation et on lui fait exécuter en même temps un virage à 90°. Normalement, le refoulement s'effectue moteurs stoppés. Il faut en moyenne 3 à 4 minutes entre le début du refoulement et le moment où le tracteur est découplé et où l'avion se déplace par ses propres moyens. Dans l'opération de refoulement, il faut que le conducteur du tracteur soit habile et expérimenté afin qu'il ne fasse pas pivoter excessivement la roue avant et, sur chaussée glissante où la traction est réduite, qu'il continue de faire avancer l'avion tout en maintenant un contrôle directionnel.

3.4.5.3 *Espacement des postes de stationnement.* Des formules générales ont été établies, dans un certain nombre de cas, pour calculer la distance requise entre les postes. Le cas le plus simple est celui d'un avion qui se présente perpendiculairement à l'aérogare et qui est refoulé perpendiculairement. Comme le montre la Figure 3-4 d), la distance minimale (D) entre les postes est simplement égale à l'envergure (S) augmentée de la distance de séparation requise (C).

3.4.5.4 Pour les autres méthodes d'entrée et de sortie, ou pour d'autres angles de stationnement, la géométrie est plus complexe et il faut faire une analyse détaillée pour déterminer les espacements. Les données techniques du constructeur devraient être consultées pour déterminer les rayons de virage de bout d'aile et les caractéristiques d'utilisation des avions appelés à utiliser ces techniques de manœuvres plus complexes.

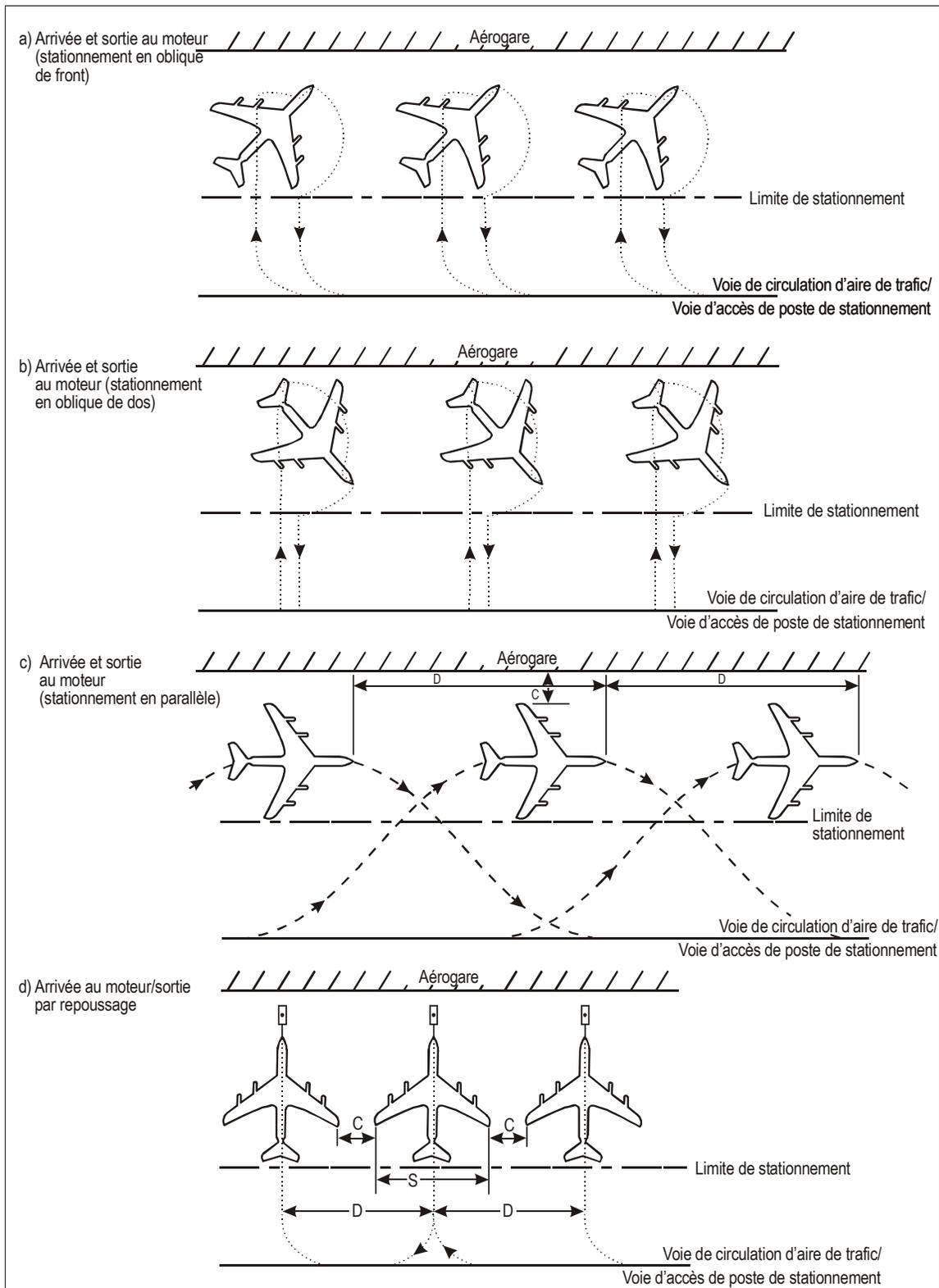


Figure 3-4. Postes de stationnement — Dégagements nécessaires pour l'entrée et la sortie

Services au sol

3.4.6 Les services fournis au sol à un avion de passagers, pendant qu'il occupe un poste de stationnement, comprennent : le service d'hygiène, le service hôtelier, le déchargement et le chargement des bagages, le ravitaillement en eau potable, le ravitaillement en carburant, la climatisation, l'approvisionnement en oxygène, l'alimentation électrique et l'air comprimé pour le démarrage des moteurs, ainsi que le remorquage de l'avion. Un véhicule ou du matériel sont associés à la plupart de ces opérations ou bien il existe des installations fixes pour permettre leur exécution. Les Figures 3-5 et 3-6 montrent un schéma type du matériel d'assistance au sol pour un avion de moyen tonnage. Lorsqu'on adopte la configuration de stationnement frontal avec sortie par refoulement, le secteur à droite du nez de l'avion, en avant de l'aile, est souvent utilisé comme zone de service pour y garer à l'avance des véhicules et du matériel.

Voies de circulation et voies de service

Généralités

3.4.7 La superficie totale nécessaire pour une aire de trafic comprend non seulement celle des postes de stationnement des avions mais aussi la superficie nécessaire pour les voies de circulation d'aire de trafic, les voies d'accès de poste de stationnement et les voies de service qui permettent d'accéder aux postes de stationnement et de fournir des services d'appui. L'emplacement de ces voies dépendra de l'agencement de l'aérogare et des emplacements relatifs des pistes et des services implantés en dehors de l'aire de trafic, tels que les cuisines, les réservoirs de carburant, etc.

Voies de circulation d'aire de trafic

3.4.8 Les voies de circulation d'aire de trafic et les voies d'accès de poste de stationnement ainsi que leur interaction avec les postes de stationnement sont définies au Chapitre 1 du présent manuel. Les voies d'accès de poste de stationnement sont des embranchements de voies de circulation d'aire de trafic qui, à leur tour, sont généralement situées au bord de la chaussée d'aire de trafic.

Voies de service

3.4.9 La nécessité et l'emplacement des voies de service sont traités au Chapitre 4 du présent manuel. Dans le cadre de la planification globale des aires de trafic, il faut tenir compte de l'espace nécessaire pour des voies de service. Celles-ci sont généralement adjacentes à l'aérogare et parallèles à celle-ci, ou sont situées du côté piste du poste de stationnement, parallèlement à la voie d'accès de poste de stationnement. Leur largeur variera selon le niveau de circulation prévu et aussi selon que l'on peut ou non établir un réseau de voies à sens unique. Si la voie de service est adjacente à l'aérogare, il faut prévoir un dégagement suffisant sous les passerelles d'embarquement pour les plus gros véhicules appelés à utiliser la voie. Si la voie de service n'est pas adjacente à l'aérogare, ce problème est éliminé, mais il y a alors conflit entre les véhicules et les avions. La planification générale des aires de trafic devrait également tenir compte des zones nécessaires pour les manœuvres et l'entreposage du matériel au sol.

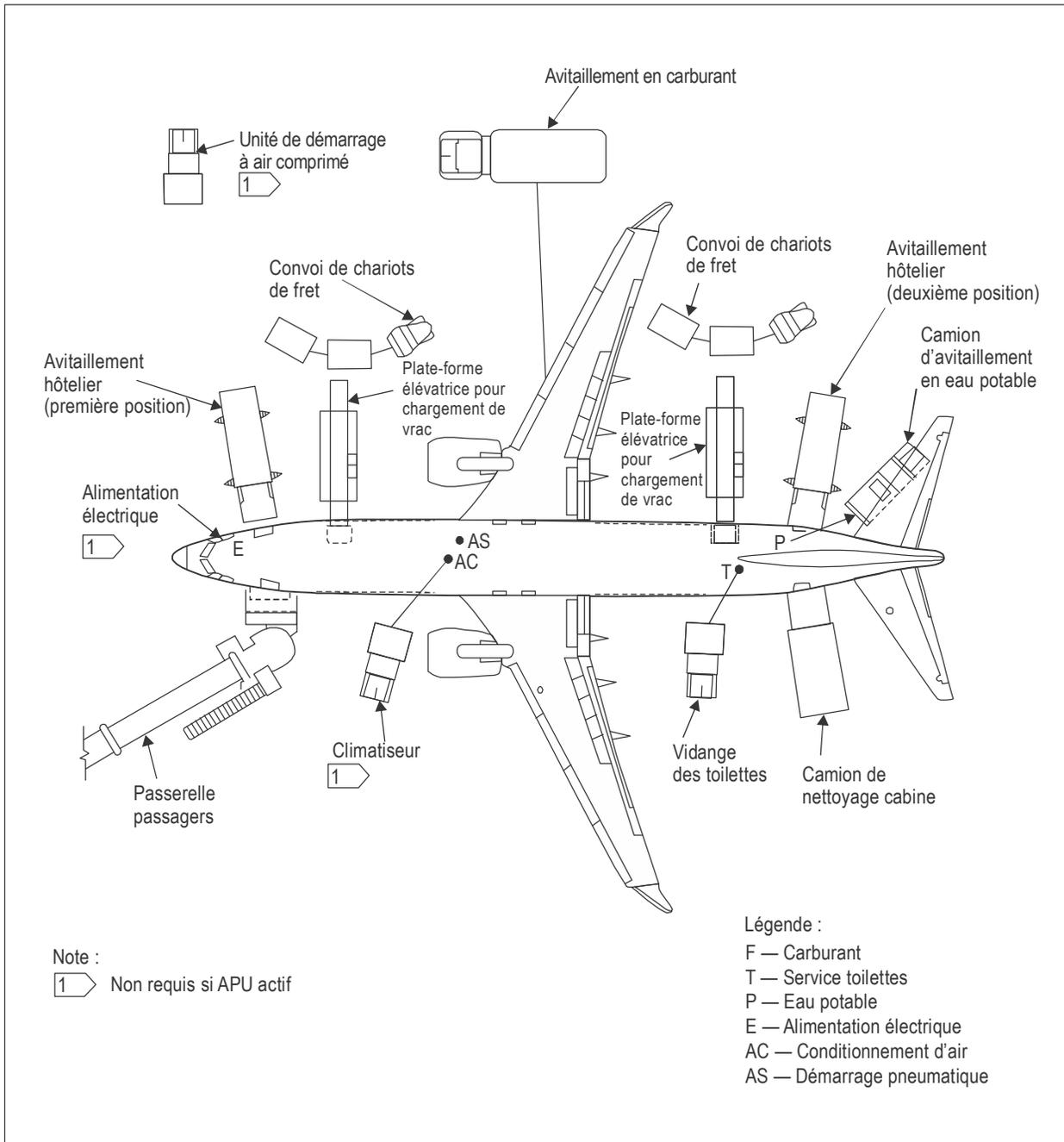


Figure 3-5. Schéma type du matériel d'assistance au sol (Boeing 737 – MAX)

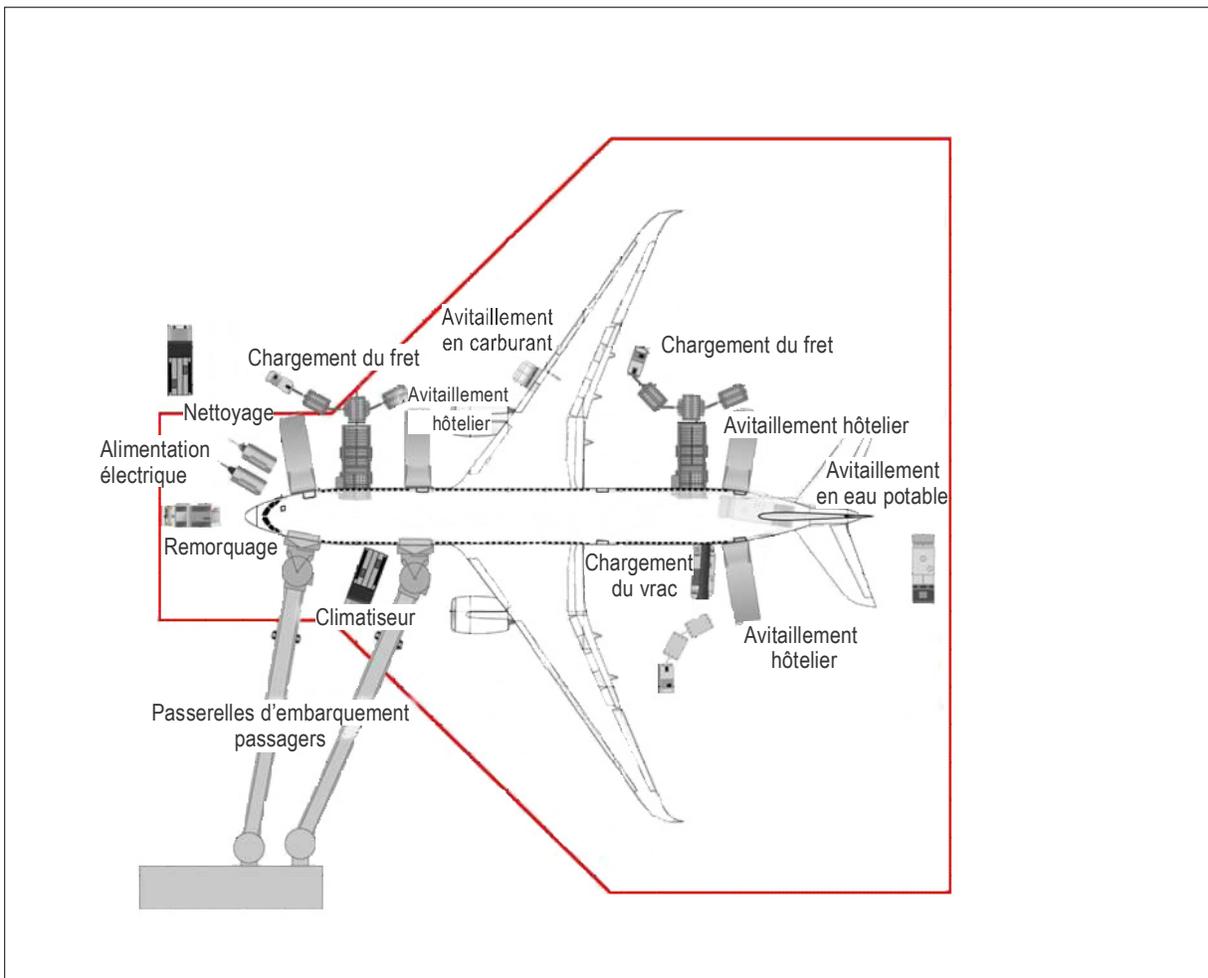


Figure 3-6. Schéma type du matériel d'assistance au sol (Airbus A350-900)

3.5 GUIDAGE SUR LES AIRES DE TRAFIC

Le *Manuel de conception des aérodomes* (Doc 9157), Partie 4 — *Aides visuelles*, traite des avantages des marques et feux d'aire de trafic, ainsi que du guidage sur les postes de stationnement. Ce guidage a pour objet d'assurer la sécurité des manœuvres des avions sur le poste de stationnement, ainsi qu'un positionnement précis des avions. En général, par bonne visibilité, des lignes peintes, et au besoin, des signaleurs, garantiront des mouvements sûrs et précis. Pour l'utilisation de nuit, il faudrait prévoir un éclairage de l'aire de trafic par projecteurs et, pour les périodes de mauvaise visibilité, un balisage lumineux axial dans la chaussée. Des dispositifs de guidage visuel pour l'accostage donnent des indications précises pour les avions stationnant de façon autonome.

3.6 POSTES DE DÉGIVRAGE/ANTIGIVRAGE

Emplacement

3.6.1 On peut centraliser les opérations de dégivrage/antigivrage à l'aérogare ou à proximité si la demande en ce qui concerne les portes ne risque pas de causer de retards excessifs, d'encombrements ou de longues périodes d'attente, et si le temps de roulage de l'aérogare à la piste est inférieur à la durée de protection du liquide utilisé. Une installation de dégivrage/antigivrage située ailleurs qu'à une porte ou située à un point éloigné permet de mieux utiliser les postes de stationnement et de compenser la variabilité des conditions météorologiques en réduisant le temps de roulage et, de ce fait, en faisant bénéficier d'une plus grande partie de la durée de protection.

3.6.2 Un poste de dégivrage/antigivrage aménagé près d'une voie de circulation risque de provoquer la formation de files d'attente d'avions. Il devrait donc offrir une possibilité de contournement, comme l'illustre la Figure 3-7. Par rapport à un poste de stationnement, une installation située ailleurs qu'à une porte permet de récupérer plus facilement le liquide dégivrant/antigivrant pour s'en débarrasser de façon sûre. Une plate-forme d'attente de circulation de dimensions et de capacité suffisantes peut être utilisée pour le dégivrage/antigivrage des avions, si les conditions ci-dessus sont respectées. Les itinéraires de circulation au sol conduisant aux plates-formes de dégivrage/antigivrage devraient comprendre le moins possible de virages et d'intersections, le but étant de permettre une circulation rapide des avions sans nuire à la sécurité opérationnelle.

3.6.3 Pour qu'un poste de dégivrage/antigivrage puisse fonctionner avec efficacité et afin de prévenir les incursions sur piste par des véhicules de service, des voies de service ou des aires de mise en place seront peut-être nécessaires. Il faudrait veiller à ne pas nuire aux temps d'intervention des véhicules de sauvetage et de lutte contre l'incendie. Les voies de service devraient tenir compte de facteurs d'exploitation et de sécurité (prévention des incursions sur piste/voie de circulation) ainsi que de facteurs environnementaux (p. ex. gestion des écoulements de liquide dégivrant/antigivrant). Des indications appropriées de guidage et de contrôle de la circulation de surface, comme des panneaux d'arrêt de véhicule ou des panneaux de point d'attente sur voie de service, seront peut-être nécessaires.

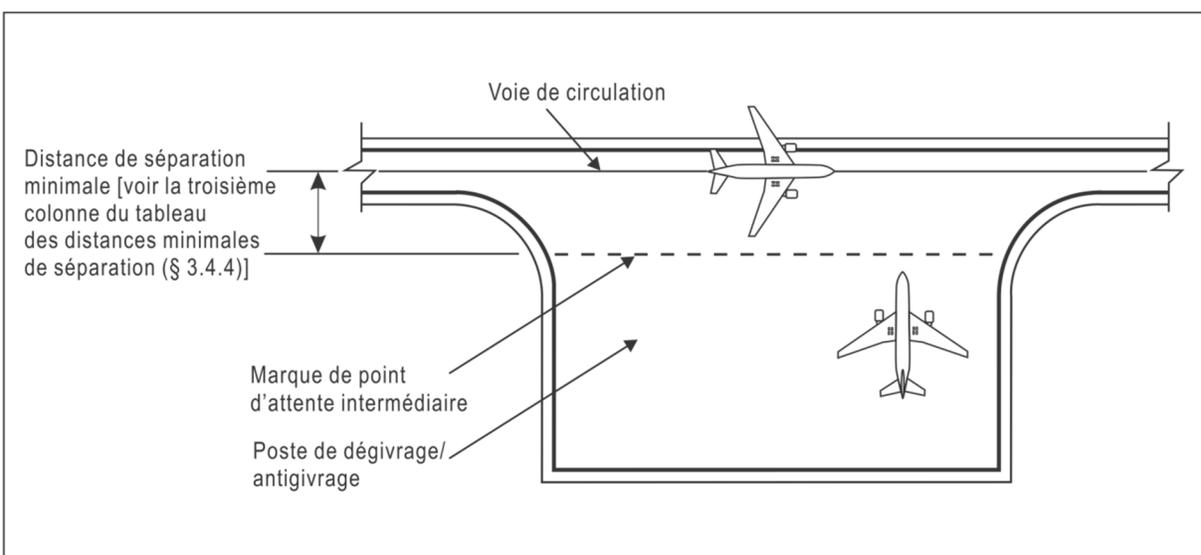


Figure 3-7. Distance de séparation minimale sur un poste de dégivrage/antigivrage

Facteurs influant sur les dimensions d'un poste de dégivrage/antigivrage

3.6.4 Les dimensions d'un poste de dégivrage/antigivrage dépendent des dimensions des avions, du nombre d'avions à traiter, des conditions météorologiques, du type et de la capacité de l'équipement de distribution utilisé et de la méthode d'application du liquide dégivrant/antigivrant. On peut obtenir une estimation des dimensions d'ensemble du poste à partir du nombre d'avions à traiter à un moment donné. Il conviendrait aussi de tenir compte du temps de transit des véhicules de dégivrage/antigivrage entre l'aire de remplissage/stockage et le poste de dégivrage/antigivrage.

Facteurs influant sur le nombre de plates-formes de dégivrage/antigivrage

3.6.5 Le nombre de plates-formes nécessaires dépend :

- a) des conditions météorologiques — aux aéroports où les précipitations de neige mouillée ou de pluie se congelant sont plus fréquentes, un plus grand nombre de plates-formes de dégivrage/antigivrage est recommandé pour éviter des retards inacceptables ;
- b) du type d'avion à traiter — il faut moins de temps pour traiter un avion à fuselage étroit qu'un avion gros porteur. Les avions à moteurs fixés au fuselage exigent un temps de traitement plus long que les avions aux moteurs fixés sous l'aile ;
- c) de la méthode d'application du liquide dégivrant/antigivrant — la méthode peut comprendre une ou deux étapes. La méthode à deux étapes donnant lieu à un temps d'occupation plus long, c'est elle qui devrait être utilisée comme base pour déterminer le nombre de plates-formes nécessaires, afin d'assurer une plus grande souplesse et aussi pour éviter de compromettre les cadences maximales des départs ;
- d) du type et de la capacité de l'équipement de distribution utilisé — un équipement mobile à petit réservoir ou exigeant un temps de chauffage du liquide plus long peut augmenter le temps de traitement et nuire aux cadences des départs ;
- e) des cadences des départs — le nombre d'avions à traiter devrait correspondre au nombre de décollages qui peut être autorisé pour tenir au minimum les retards et l'encombrement de l'aéroport.

Considérations environnementales

3.6.6 Une plate-forme de dégivrage/antigivrage devrait avoir les mêmes dimensions que l'aire de stationnement nécessaire à l'avion le plus exigeant et offrir un dégagement de 3,8 m tout autour pour les mouvements des véhicules. S'il y a plus d'une plate-forme de dégivrage/antigivrage, les aires de mouvement des véhicules ne devraient pas se chevaucher mais être exclusives à la plate-forme correspondante. De plus, lors de la planification des dimensions d'ensemble d'un poste de dégivrage/antigivrage, il conviendrait de tenir compte des dégagements minimaux spécifiés au Chapitre 3 de l'Annexe 14, Volume I.

3.6.7 En plus de nuire aux caractéristiques de frottement de la chaussée, l'excès de liquide dégivrant/antigivrant qui s'écoule d'un avion risque de polluer les eaux souterraines. Il est donc impératif de n'utiliser que la quantité optimale de liquide. Quoi qu'il en soit, il faut recueillir l'excès pour éviter qu'il pollue les eaux souterraines. Tout le ruissellement recueilli sur une plate-forme de dégivrage/antigivrage doit être traité de façon appropriée avant d'être rejeté dans le réseau pluvial.

3.6.8 Une façon de procéder serait de recueillir tout le ruissellement de surface à un point de collecte où il pourrait être traité avant d'être rejeté dans le réseau pluvial. Des rainures pratiquées dans la chaussée faciliteraient la récupération de l'excès de liquide dégivrant/antigivrant. La récupération et le traitement de l'excès de liquide sont relativement plus faciles à exécuter sur une plate-forme de dégivrage/antigivrage éloignée qu'à un poste de stationnement.

Chapitre 4

SÉPARATION DES AVIONS ET VÉHICULES SUR L'AIRE DE MOUVEMENT

4.1 NÉCESSITÉ D'ASSURER LA SÉPARATION DES AVIONS ET VÉHICULES

4.1.1 Il existe des possibilités d'interaction entre les avions et les véhicules circulant sur les pistes, les voies de circulation et les aires de trafic qui constituent l'aire de mouvement. Cependant, le nombre d'interactions peut être réduit au minimum dans la phase de planification de l'aérodrome en assurant la séparation entre la circulation des avions et la circulation des véhicules. Une circulation convenablement divisée réduira au minimum les risques de collision entre les avions et les véhicules et améliorera au maximum l'efficacité des mouvements d'avions. Les interactions nécessaires devraient être planifiées et réservées à certains secteurs désignés à l'avance, au moyen des procédures établies.

4.1.2 La présence de certains véhicules est nécessaire sur l'aire de mouvement pour l'assistance aux avions, l'entretien et les travaux de construction sur l'aérodrome, ainsi que pour les opérations d'urgence. Toutefois, en raison des caractéristiques physiques différentes des aérodromes, aucun critère précis de conception ne peut être établi pour promouvoir la séparation des avions et des véhicules. Cependant, un certain nombre de mesures peuvent être prises pour réduire l'importance de la circulation simultanée d'avions et de véhicules au sol.

4.2 ACTIVITÉS ENTRAÎNANT LA CIRCULATION SIMULTANÉE D'AVIONS ET DE VÉHICULES AU SOL

4.2.1 La majorité des interactions qui peuvent se produire entre des avions et des véhicules interviennent sur les aires de trafic. Voici quelques opérations effectuées sur les aires de trafic qui peuvent impliquer la présence de véhicules et dont il faudrait tenir compte lorsqu'on planifie la séparation des avions et véhicules sur les aires de trafic :

- a) débarquement et embarquement des passagers ;
- b) déchargement et chargement des bagages ;
- c) déchargement et chargement du fret et de la poste ;
- d) service hôtelier ;
- e) service d'hygiène ;
- f) ravitaillement en carburant ;
- g) fourniture d'air comprimé pour le démarrage des moteurs ;
- h) entretien des avions ;

- i) alimentation électrique et climatisation (si ces opérations ne sont pas assurées à l'aide de groupes auxiliaires de puissance).

De plus, il faudrait également tenir compte de la présence de véhicules d'intervention d'urgence et de sûreté sur les aires de trafic.

4.2.2 Les opérations qui exigent l'intervention de véhicules sur les aires de mouvement, en dehors des aires de trafic, comprennent notamment :

- a) *Les opérations d'urgence.* Elles font intervenir des véhicules de sauvetage et de lutte contre l'incendie, dont la présence peut être nécessaire en un point quelconque de l'aérodrome ou aux abords des pistes.
- b) *Les opérations de sûreté.* Elles font appel à de petits véhicules utilisés pour patrouiller les clôtures et les zones réglementées.
- c) *Les activités d'entretien et de construction.* Il s'agit de véhicules utilisés pour la réparation des chaussées, des aides à la navigation et du balisage lumineux, la tonte du gazon, l'enlèvement de la neige et de la glace, etc.

4.3 MÉTHODES À SUIVRE POUR ASSURER LA SÉPARATION

4.3.1 On trouvera dans les paragraphes ci-après plusieurs principes généraux permettant d'assurer la séparation des avions et des véhicules. Pour les aires de trafic en particulier, la mesure dans laquelle les avions et véhicules peuvent être séparés dépend surtout de l'espace dont on dispose. Plus on dispose d'espace sur l'aire de trafic pour un nombre donné de postes de stationnement, plus il est facile de séparer les différents types de trafic. En général, les nécessités économiques sont telles que les aires de trafic ont rarement une superficie excessive et, quoi qu'il en soit, la croissance de la circulation aérienne absorbe généralement toute superficie additionnelle prévue pour les aires de trafic. Le degré de séparation nécessaire dépend des dimensions et autres caractéristiques des avions (p. ex. l'envergure, la maniabilité et le souffle des réacteurs) et de la nature des véhicules. De plus, lors de la planification des aérodromes, les exploitants d'aéronefs devraient être consultés pour déterminer les besoins qu'ils prévoient en ce qui concerne les mouvements de véhicules au sol.

Exclusion

4.3.2 Bien que la conception des installations d'aérodromes puisse atténuer beaucoup le problème de la circulation mixte d'avions et de véhicules, il est néanmoins très important que les exploitants d'aéronefs soient conscients de la nécessité de limiter le plus possible le volume de la circulation au sol. Tous les véhicules dont la fonction n'appelle pas leur présence sur l'aire de mouvement devraient être exclus. Cette pratique est également conforme aux mesures élémentaires de sûreté aux aérodromes. Le réseau routier du côté ville devrait être conçu de manière que les véhicules publics puissent accéder à toutes les zones publiques d'un aérodrome sans passer sur l'aire de mouvement. Des mesures devraient également être prises pour éviter que des véhicules publics puissent avoir accès sans autorisation à l'aire de mouvement. À cet effet, il faut prévoir des clôtures, des portes et autres dispositifs de sûreté permettant le contrôle rigoureux des accès.

Voies de service pour les véhicules

4.3.3 Des voies de service destinées aux véhicules circulant du côté piste peuvent supprimer ou diminuer largement l'usage des pistes et des voies de circulation par ces véhicules. Ces voies de service devraient être planifiées de telle sorte que les véhicules circulant au sol puissent éviter au moins les sections de l'aire de mouvement qui sont critiques du point de vue de l'encombrement. Par exemple, elles peuvent être utilisées comme voies de service périphériques, donnant accès aux aides à la navigation, comme voies temporaires pour les véhicules des chantiers de construction, ou comme voies côté piste entre les bâtiments de l'aérogare et les aires de trafic pour le passage des véhicules des compagnies aériennes, des trains de chariots à bagages, etc. Dans le cas d'aérogares dotées de passerelles d'embarquement, les voies côté piste peuvent, dans certains cas, passer au-dessous de la partie fixe des passerelles. La Figure 4-1 donne des exemples de voies de service côté piste utilisées sur les aires de trafic.

4.3.4 Voici quelques considérations générales sur la planification des voies de service :

- a) on devrait s'efforcer de planifier les voies de service côté piste de telle façon qu'elles ne traversent pas les pistes et les voies de circulation. À certains aérodromes à forte densité de circulation, des passages souterrains ont été construits sous les pistes et les voies de circulation afin d'éviter de tels croisements ;
- b) la planification du réseau de voies de l'aérodrome devrait tenir compte de la nécessité de prévoir, pour les véhicules de sauvetage et d'incendie, des voies d'accès d'urgence aux diverses zones de l'aérodrome et en particulier aux aires d'approche jusqu'à 1 000 m du seuil ou, tout au moins, de la limite de l'aérodrome ;
- c) des voies de service vers les aides à la navigation devraient être prévues de façon à gêner le moins possible le fonctionnement de ces aides. S'il est nécessaire qu'une voie d'accès traverse une aire d'approche, la voie devrait être située de telle sorte que les véhicules qui y circulent ne constituent pas des obstacles pour les avions ;
- d) le réseau des voies de service côté piste doit également être conçu en tenant compte des mesures de sûreté locales. Les points d'accès au réseau doivent donc être réglementés. Si les mouvements des véhicules affectent la circulation des avions sur les pistes et les voies de circulation, ils devront être coordonnés par le contrôle d'aérodrome approprié. Ce contrôle est en général exercé au moyen de communications radio bilatérales, bien que des signaux visuels, comme ceux d'une lampe de signalisation, soient jugés suffisants lorsque le volume de trafic à l'aérodrome est faible. Des panneaux de signalisation ou des signaux peuvent également être employés pour faciliter le contrôle aux intersections.

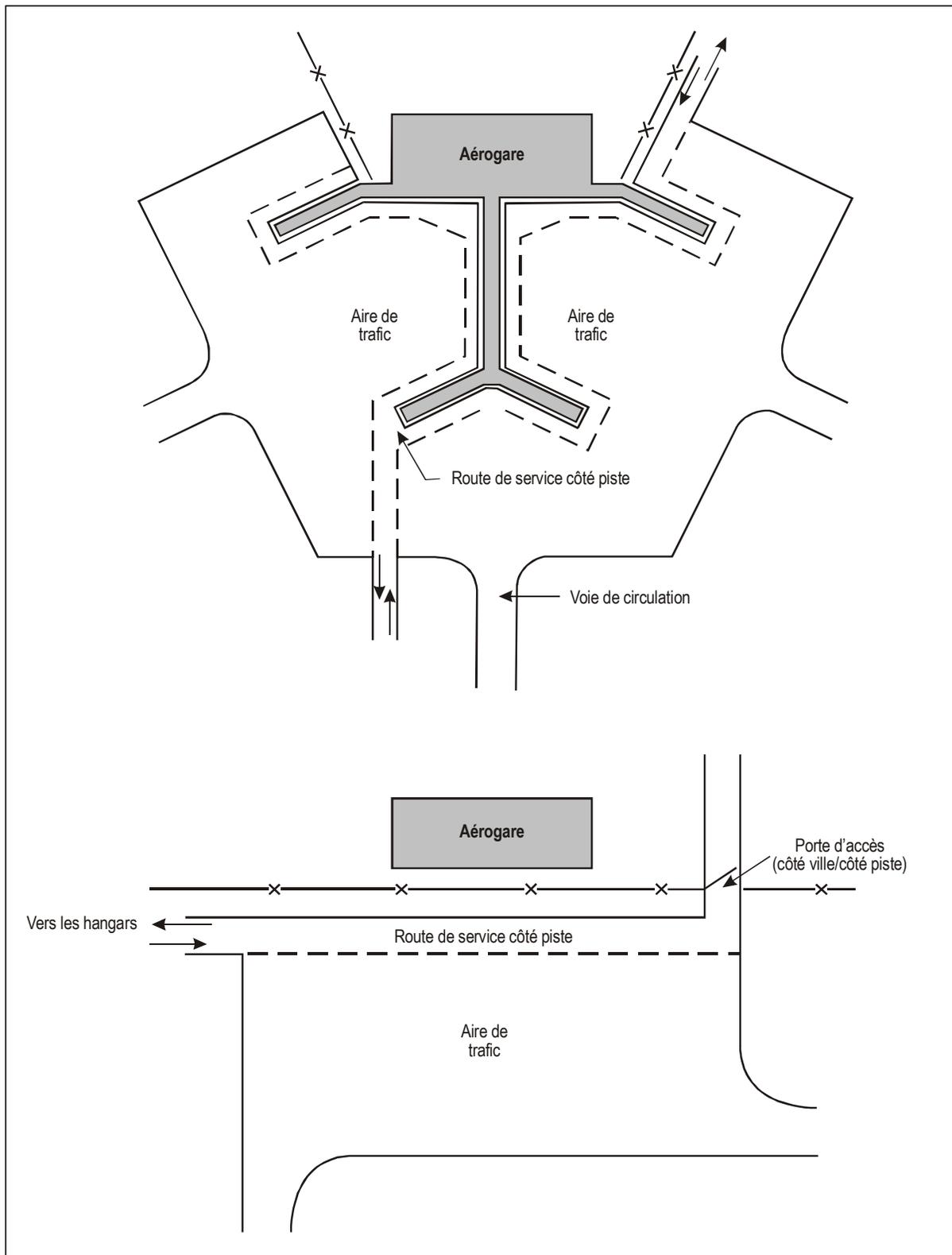


Figure 4-1. Exemples de routes de service côté piste

Installations fixes de petit entretien

4.3.5 La mise en place d'installations aéroportuaires fixes, intégrées dans la chaussée ou dans le bâtiment d'aérogare à côté des postes de stationnement, permet d'éliminer de l'aire de trafic de nombreux véhicules de service. Par exemple, l'installation d'oléoprises pour l'avitaillement en carburant, de prises d'air comprimé, de prises fixes d'alimentation électrique, de prises de vidange, de robinets d'eau potable, de prises de conditionnement d'air et de prises téléphoniques à proximité des postes de stationnement réduirait considérablement l'équipement et les véhicules requis pour le petit entretien des avions. On peut également considérer que les passerelles d'embarquement et de débarquement des passagers entrent dans cette catégorie car elles éliminent la nécessité d'utiliser un escabeau et l'obligation pour les passagers de passer sur l'aire de trafic (en marchant ou à bord d'un véhicule de transport). De plus, il est généralement possible d'installer sur les passerelles des prises pour certaines opérations de petit entretien de l'avion. Parmi les inconvénients possibles des installations fixes, il faut citer leur coût initial élevé et les difficultés d'adaptation pour différents types d'avions. Toutefois, si lors de la planification, l'emplacement et le nombre de ces installations sont soigneusement étudiés, la souplesse nécessaire peut être réalisée. De plus, les différents types d'alimentation électrique nécessaires aux avions actuels compliquent la fourniture de prises fixes d'alimentation électrique ; toutefois, sur les nouveaux avions, on note actuellement une tendance à une plus grande normalisation des besoins en la matière. Le *Manuel de planification d'aéroport* (Doc 9184), Partie I — *Planification générale*, contient certains éléments sur les installations fixes de petit entretien.

Marques

4.3.6 Des marques peintes devraient être utilisées pour faciliter la séparation des avions et véhicules sur les aires de trafic. Des marques de guidage peuvent être utilisées pour aider les pilotes à manœuvrer rapidement et avec sécurité sur les aires de trafic. D'autres marques sont utilisées comme repères de sécurité pour la mise en place d'équipements sur les aires de trafic, par exemple les lignes de dégagement de bout d'aile et autres marques utilisées pour délimiter les voies que doivent emprunter les véhicules, les passagers ou le personnel pour traverser l'aire de trafic. Un changement de couleur devrait permettre de distinguer les lignes les unes des autres.

Appendice 1

CALCUL DES CONGÉS DE RACCORDEMENT

1. TERMINOLOGIE ET NOTATIONS

1.1 Généralités

Les paragraphes qui suivent décrivent les termes et les notations utilisés dans le présent appendice. Dans tout cet appendice, il est admis que l'avion circule sur une chaussée horizontale.

1.2 Termes concernant l'avion

(voir la Figure A1-1)

Angle de braquage de la roue avant. Angle formé par l'axe longitudinal de l'avion et la direction de la roue avant.

Angle de guidage (β). Angle formé par la tangente à la ligne de guidage et l'axe longitudinal de l'avion.

Axe théorique du train principal. Perpendiculaire abaissée du pivot sur l'axe longitudinal de l'avion.

Centre du train principal (U). Point d'intersection de l'axe longitudinal de l'avion et de l'axe théorique du train principal.

Longueur de référence (d). Distance entre le point de référence de l'avion et l'axe théorique du train principal.

Pivot (P). Centre de rotation de l'avion.

Point de référence de l'avion (S). Point de l'axe longitudinal de l'avion qui suit la ligne de guidage tracée sur le sol. Le point de référence est situé à la verticale du poste de pilotage.

Voie du train principal (T). Largeur hors tout du train principal.

1.3 Termes concernant le calcul des congés de raccordement

(voir la Figure A1-2)

Centre de la ligne de guidage (O). Centre de courbure de la ligne de guidage au point S .

Déport du train principal (λ). Distance entre le centre du train principal U et la ligne de guidage, mesurée perpendiculairement à cette dernière.

Ligne de guidage. Ligne matérialisée sur la chaussée, au moyen de marques et de feux, que doit suivre le point de référence de l'avion au cours du roulage.

1.4 Glossaire des notations

Les notations ci-après sont employées pour l'étude de la trajectoire du centre du train principal et le calcul des congés de raccordement (voir les Figures A1-1 et A1-2).

d	=	longueur de référence de l'avion
M	=	marge de dégagement minimale entre les roues extérieures du train principal et le bord de la chaussée
O	=	centre de courbure de la ligne de guidage au point S
P	=	pivot
r	=	rayon du congé de raccordement
R	=	rayon de courbure de la ligne de guidage au point S
S	=	point de référence de l'avion
T	=	voie du train principal
U	=	centre du train principal
α	=	angle entre le rayon OU et la tangente en U à la trajectoire du centre du train principal
β	=	angle de guidage
λ	=	déport du train principal
ρ et θ	=	coordonnées polaires d'un point [(S) ou (U), selon le cas]

2. DÉTERMINATION DE LA TRAJECTOIRE SUIVIE PAR LE TRAIN PRINCIPAL D'UN AVION CIRCULANT AU SOL

2.1 Détermination par le calcul

Généralités

2.1.1 Généralement, à la jonction ou à l'intersection d'une voie de circulation avec des pistes, des aires de trafic et d'autres voies de circulation, le raccordement est réalisé par un arc de cercle (voir la Figure A1-2B). Aussi les calculs développés ci-dessous sont-ils strictement limités à la solution du problème posé dans le cas de cette hypothèse. Néanmoins, les calculs suivants sont plus généraux que ceux qui sont strictement nécessaires pour l'étude des congés de raccordement. Ils s'appliquent également au mouvement d'un avion quittant un poste de stationnement sur une aire de trafic ou manœuvrant sur une plate-forme d'attente de circulation.

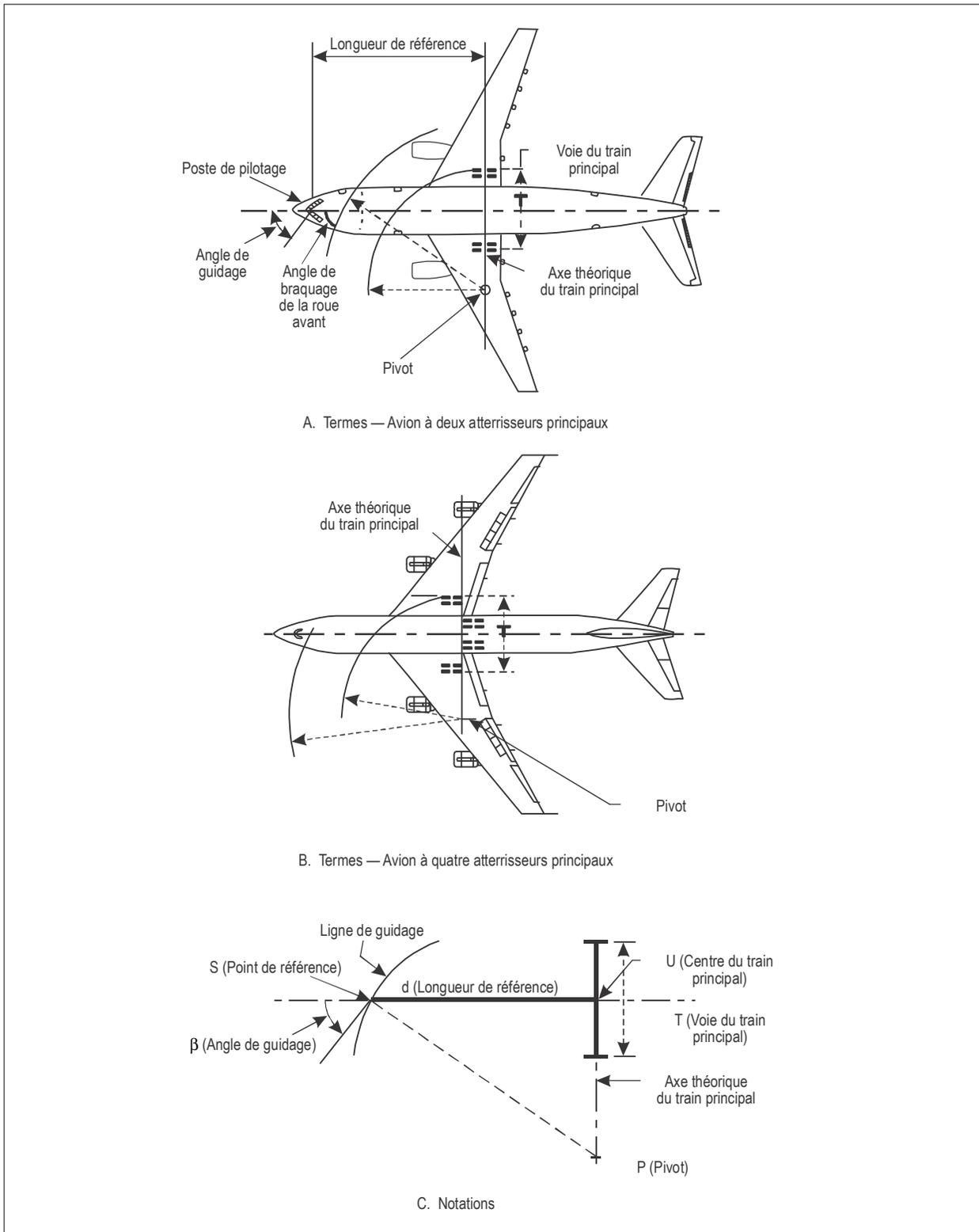


Figure A1-1. Termes et notations relatifs aux aéronefs

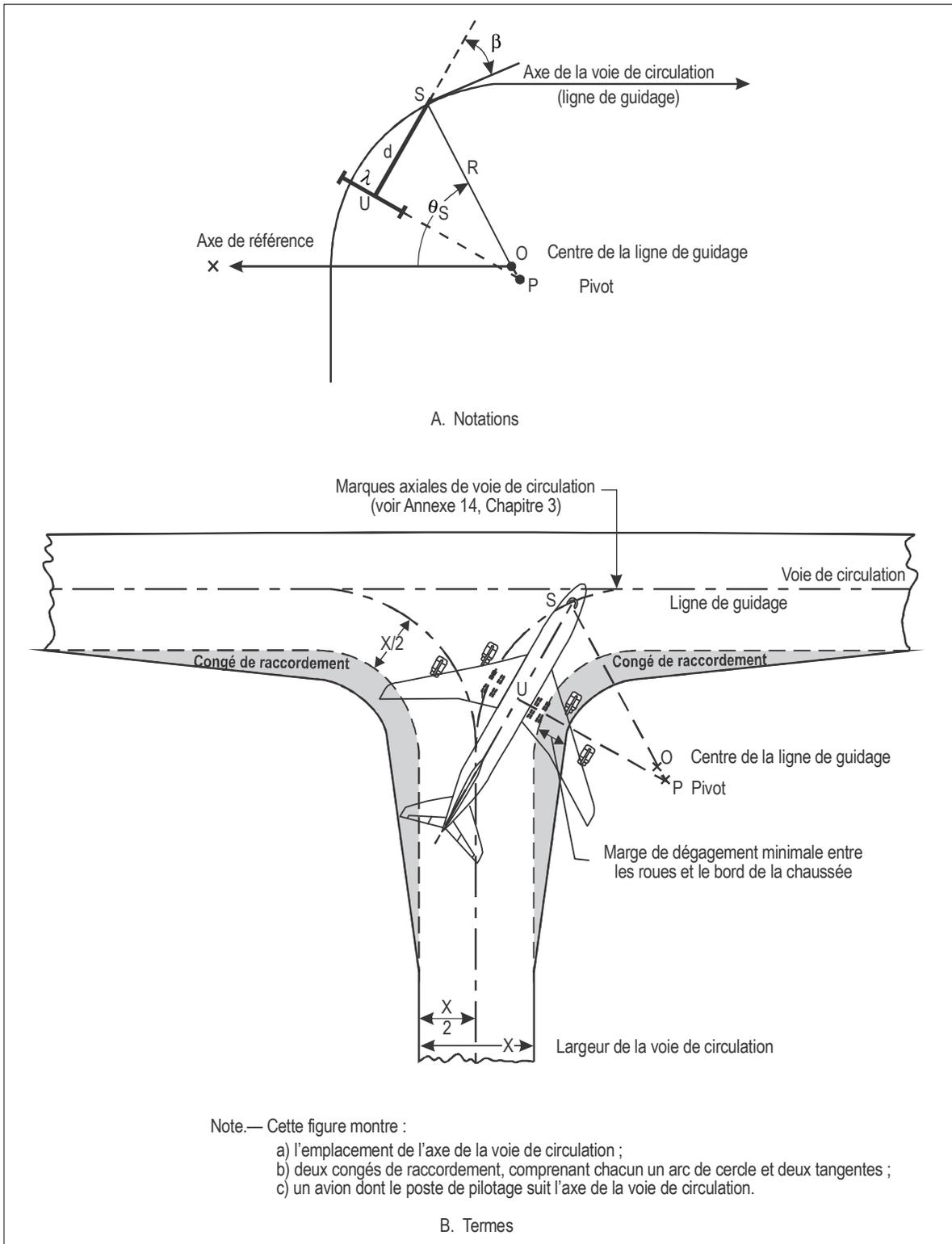


Figure A1-2. Termes et notations relatifs à la conception des congés de raccordement et des voies de circulation

Le point de référence (S) décrit un arc de cercle

Lieu du centre du train principal (U)

2.1.2 Étant donné l'hypothèse simplificatrice ci-dessus, le point de référence (S) de l'avion décrit pendant le virage un arc de cercle de centre O et de rayon R. Pour étudier le mouvement de l'avion, il est nécessaire d'avoir un système de référence. Soit OX l'axe de référence, ρ et θ_U les coordonnées polaires de U (voir la Figure A1-3). Au cours du mouvement, la droite US reste tangente au point U à la trajectoire de ce point. Cette condition nous donne l'équation différentielle du lieu de U :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\rho(d\theta_U)}{(d\rho)} \quad (1)$$

ρ peut être exprimé en fonction de d , R et α :

$$\rho = d \times \cos \alpha \pm \sqrt{(d^2 \times \cos^2 \alpha - d^2 + R^2)} \quad (2)$$

Note.— Le signe plus (+) doit être pris si $\alpha > \pi/2$ et le signe moins (-) si $\alpha < \pi/2$.

En séparant les variables, l'équation différentielle peut s'écrire :

$$d\theta_U = \frac{d \times \operatorname{tg} \alpha \times \sin \alpha}{\sqrt{[R^2 + d^2 \times (\cos^2 \alpha - 1)]}} \times (d\alpha) \quad (3)$$

Son intégration donne une relation biunivoque entre θ_U et α pour des conditions initiales données.

$$\theta_U - \theta_O = \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\operatorname{tg} \alpha \times \sin \alpha}{\sqrt{[\left(\frac{R^2}{d^2} + \cos^2 \alpha - 1\right]}} \times (d\alpha) \quad (4)$$

2.1.3 *Cas particulier : $R = d$.* L'intégration n'est facile que dans le cas particulier où $R = d$ (voir la Figure A1-3B). Si R , le rayon de courbure de la ligne de guidage, est égal à d , la longueur de référence de l'avion, serait alors :

$$\begin{aligned} \theta_U - \theta_S &= \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{\operatorname{tg} \alpha \times \sin \alpha}{\cos \alpha} \times (d\alpha) \\ &= \int_{\alpha_0}^{\alpha} \operatorname{tg}^2 \alpha \times (d\alpha) = [\operatorname{tg} \alpha - \alpha]_{\alpha_0}^{\alpha} \end{aligned}$$

et en prenant pour conditions initiales $\theta_0 = 0$, $\alpha_0 = 0$ et $\rho_0 = 2d$

$$\theta_U = \operatorname{tg} \alpha - \alpha \quad (5)$$

expression où les angles sont exprimés en radians. L'angle polaire du point de référence (S) est alors :

$$\theta_S = \operatorname{tg} \alpha \quad (6)$$

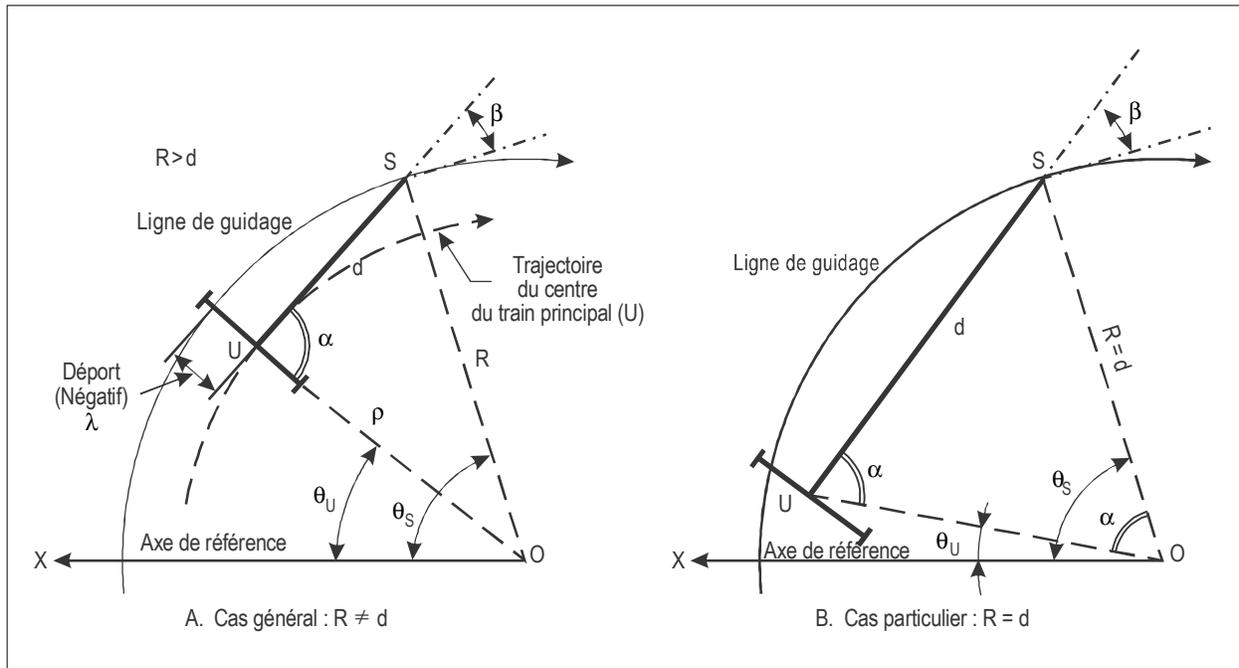


Figure A1-3. Étude de la trajectoire du train principal

L'angle de guidage correspondant est :

$$\beta = 2\alpha - \pi/2 \tag{7}$$

et le déport du train d'atterrissage peut être calculé par la formule :

$$\lambda = d(2 \cos \alpha - 1) \tag{8}$$

Les courbes correspondant à ce cas particulier sont portées sur le graphique de la Figure A1-4. Son utilisation est expliquée au § 2.2.

2.1.4 *Cas général : R ≠ d.* Dans le cas général où $R \neq d$, l'équation (4) ne peut être résolue qu'en faisant appel à une intégrale elliptique. Son intégration nécessite des calculs fastidieux que la construction d'un congé de raccordement ne suffit pas à justifier même si l'on dispose d'un ordinateur. La méthode décrite au § 2.1.2, équation (4), moins rigoureuse, permet de les éviter tout en fournissant une précision suffisante pour les projets de congé de raccordement.

2.1.5 La connaissance de l'angle de guidage (β) en tout point de la trajectoire du point de référence de l'aéronef (S) permet de construire facilement le lieu du centre du train principal (U) et d'en déduire la trajectoire du train principal au cours du virage. Soit maintenant O et R respectivement le centre et le rayon de la portion courbe de la ligne de guidage. En supposant que l'angle de guidage (β) demeure inchangé au cours d'un petit mouvement, le centre instantané de rotation de l'avion à l'instant considéré est P (et non O). Par conséquent, le point de référence aurait quitté la ligne de guidage et décrit un petit arc de cercle égal à :

$$\frac{R}{d} \sin \beta \times (d\theta_s) \tag{9}$$

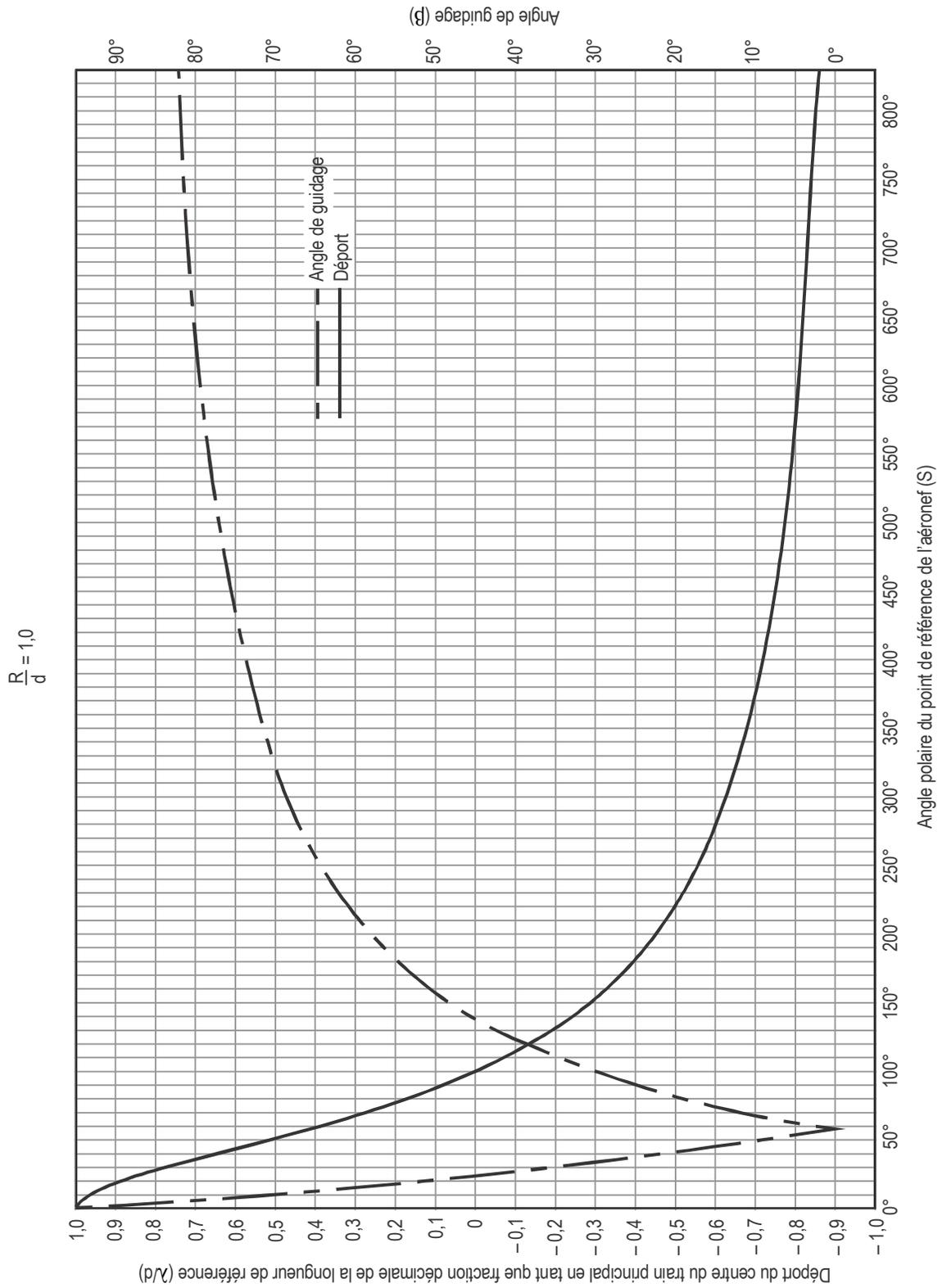


Figure A1-4. Angle de guidage et déports du train principal lorsque $R = d$

où

d est la longueur de référence de l'avion ;

R et θ_s sont les coordonnées polaires du point S par rapport à l'axe OX.

On peut admettre en première approximation que, lorsque le point (S) suit la ligne de guidage, la variation de l'angle de guidage est :

$$d\beta = \left(1 - \frac{R}{d} \sin \beta\right) \times (d\theta_s) \quad (10)$$

Cette condition nous donne la relation biunivoque suivante entre θ_s et β pour des conditions initiales données :

$$\theta_s - \theta_o = \int_{\beta_o}^{\beta} \frac{d}{d - R \sin \beta} \times (d\beta) \quad (11)$$

2.1.6 L'intégration de cette équation conduit à poser $R/d = X$ et à considérer uniquement le cas où $R > d$, $K = \sqrt{X^2 - 1}$. En résolvant l'équation par rapport à $\beta/2$ et en introduisant les conditions initiales $\theta_o = 0$, $\beta_o = 0$, on trouve :

$$\theta_s = \frac{1}{K} \log \frac{1 + (K - X) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 + (K + X) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \quad (12)$$

ou, en revenant aux paramètres R et d :

$$\theta_s = \frac{d}{\sqrt{R^2 - d^2}} \times \log \frac{d + [\sqrt{R^2 - d^2} - R] \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{d - [\sqrt{R^2 - d^2} + R] \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \quad (13)$$

θ_s étant exprimé en radians et le logarithme étant le logarithme népérien. Il est alors facile d'obtenir $\operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$ en fonction de θ_s . On trouve avec les notations précédentes :

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{1 - e^{K\theta}}{X - K - X \times e^{K\theta} - K \times e^{K\theta}} \quad (14)$$

en admettant que $R > d$.

Déport du centre du train principal (λ)

2.1.7 Sur une aire de trafic, selon les conditions initiales, le déport de U peut être à l'intérieur ou à l'extérieur de la ligne de guidage suivie par le point S (voir la Figure A1-5). Sur une piste ou une voie de circulation, lorsque le point de référence de l'avion (S) aborde le virage, le déport initial du centre du train principal est extérieur à l'arc de cercle et, au cours du virage, le train principal se déporte progressivement vers l'intérieur. Par conséquent, à tout instant (voir la Figure A1-3) :

$$\overset{\wedge}{USO} = \frac{\pi}{2} \pm \beta ; \text{ et}$$

$$(R + \lambda)^2 = R^2 + d^2 - 2dR \times \cos \left(\frac{\pi}{2} \pm \beta \right) \quad (15)$$

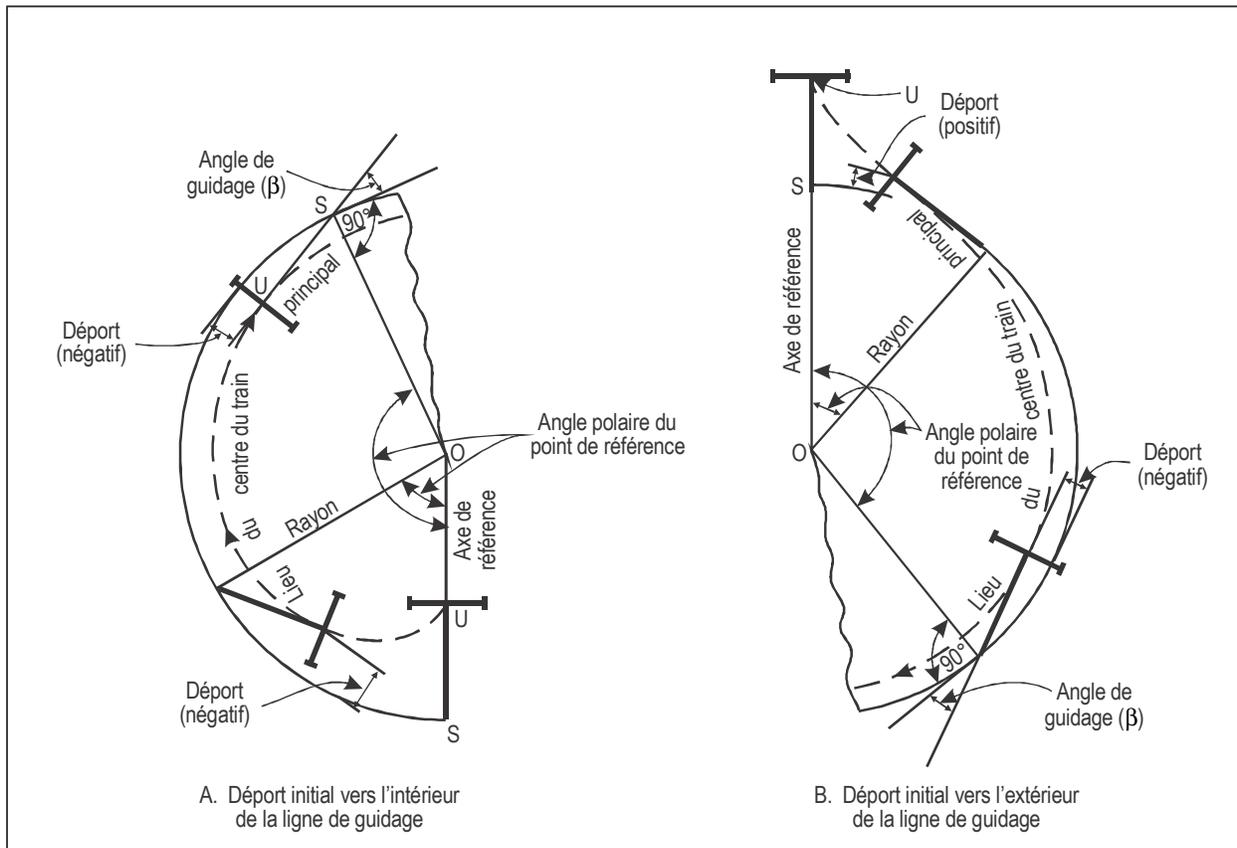


Figure A1-5. Déport du centre du train principal lorsque le point de référence décrit un arc de cercle

Les solutions de cette équation donnent les valeurs du déport :

à l'intérieur de l'arc

$$\lambda = \sqrt{R^2 + d^2 + 2 dR \sin\beta} - R ; \text{ et}$$

à l'extérieur de l'arc

$$\lambda = \sqrt{R^2 + d^2 + 2 dR \sin\beta} - R ; \text{ ou}$$

si l'on exprime la valeur du déport en pourcentage de la longueur de référence de l'avion :

$$\frac{\lambda}{d} = \sqrt{1 + X^2 \pm 2X \sin\beta} - X \quad (16)$$

le signe plus devant être pris dans le cas du déport à l'extérieur de l'arc de cercle et le signe moins dans l'autre cas.

Le point de référence (S) suit une ligne droite

Lieu du centre du train principal (U)

2.1.8 En fin de virage, le point de référence (S) arrive sur l'axe de la voie de circulation et suit une ligne droite. L'angle de guidage diminue progressivement et le centre du train principal décrit une tractrice (voir la Figure A1-6). Par conséquent :

$$\log \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \log \operatorname{tg} \frac{\beta_{\max}}{2} - \frac{F}{d} \quad (17)$$

permet de calculer l'angle de guidage lorsque le point (S) a parcouru une distance F sur l'axe de la voie de circulation rectiligne.

Déport du centre du train principal (λ)

2.1.9 Lorsque le point de référence (S) a parcouru une distance F en ligne droite (voir la Figure A1-6), l'angle de guidage (β) a pris la valeur calculée dans la première équation du § 2.1.3 et le déport du centre de l'atterrisseur principal (U) est donné par :

$$\frac{\lambda}{d} = \sin \beta \quad (18)$$

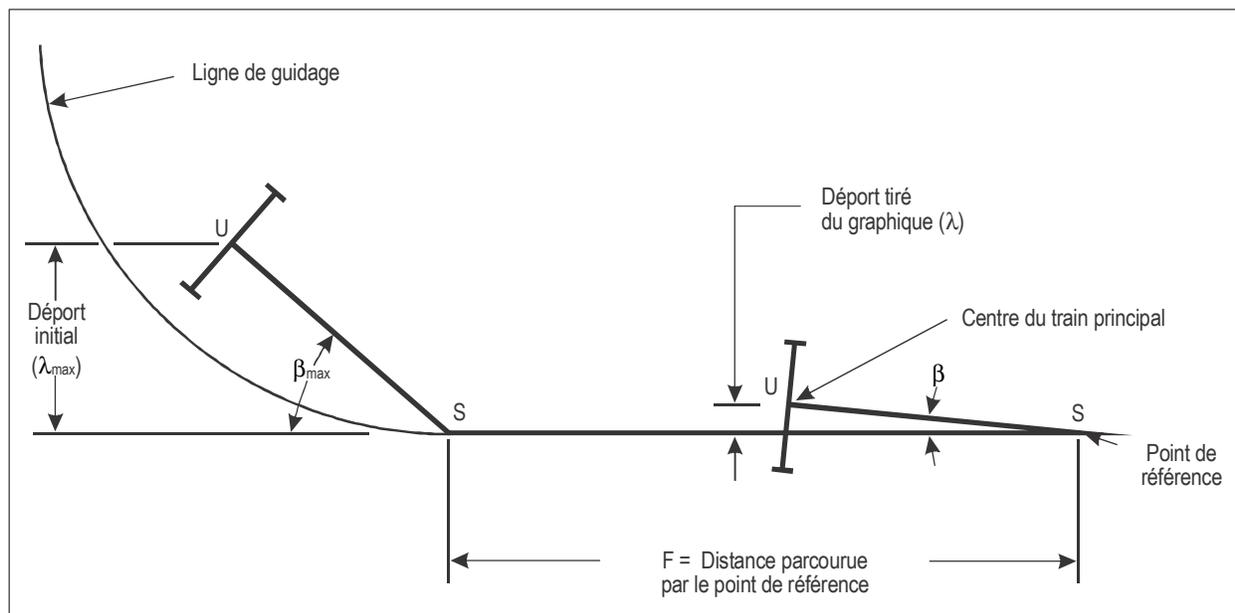


Figure A1-6. Déport du centre du train principal lorsque le point de référence suit une ligne droite

Résultats des calculs précédents

2.1.10 Les équations établies ci-dessus permettent de calculer le lieu géométrique du centre du train principal d'un avion pendant un changement de direction. Elles permettent en outre d'établir des graphiques analogues à ceux des Figures A1-7, A1-9, A1-11, A1-14, A1-15, A1-16 et A1-17, dont l'utilisation pour l'établissement des congés de raccordement est expliquée à la section 3.

2.2 Détermination de la trajectoire à l'aide de graphiques

Généralités

2.2.1 Cette méthode¹ consiste à déterminer plusieurs positions successives de l'avion en utilisant les paramètres suivants :

β = angle de guidage

λ = déport du train principal

et à tracer point par point le lieu du centre du train d'atterrissage au cours du mouvement. Le tracé obtenu doit être vérifié pour s'assurer que l'angle de guidage reste, pendant le virage, dans les limites permises par les possibilités de braquage du train avant des avions du type considéré.

1. Les graphiques des Figures A1-7, A1-9 et le Tableau A1-1 utilisés ont été établis par l'Australie. Ces graphiques peuvent également être employés pour l'étude du mouvement d'un avion quittant un poste de stationnement ou manœuvrant sur une plate-forme d'attente.

Le point de référence (S) suit une ligne droite*Lieu du centre du train principal (U)*

2.2.2 La Figure A1-7 indique le déport du centre du train principal par rapport à une ligne droite, connaissant le déport initial à partir de cette ligne et la distance parcourue, le long de cette ligne, par le point de référence.

Exemple

Un avion dont la longueur de référence est égale à 18 m suit une ligne droite sur une distance de 40 m, comme le montre la Figure A1-8.

Étape 1. Tracer à l'échelle le déport initial comme le montre la figure. Déport initial = 12 m = 66,7 % de la longueur de référence.

Étape 2. La distance de 40 m parcourue par le point de référence équivaut à 216,7 % de la longueur de référence.

Étape 3. Le déport du centre du train principal, une fois que le point de référence s'est déplacé le long de la ligne droite, est égal à 8,75 % de la longueur de référence, comme le montre la Figure A1-7. Pour cette position, le déport est de 1,60 m.

Le point de référence (S) décrit un arc de cercle*Lieu du centre du train principal (U)*

2.2.3 Les graphiques de la Figure A1-9 ont été établis pour un certain nombre de valeurs du rapport :

$$\frac{\text{Rayon de l'arc de cercle}}{\text{Longueur de référence de l'avion}} = \frac{R}{d}$$

Ces valeurs, comprises entre 0,5 et 10,0, sont indiquées en tête de chacun des graphiques qui donnent :

- a) le déport du centre du train principal ;
- b) l'angle de guidage (en tireté) ;

en fonction des valeurs de l'angle polaire du point de référence de l'avion.

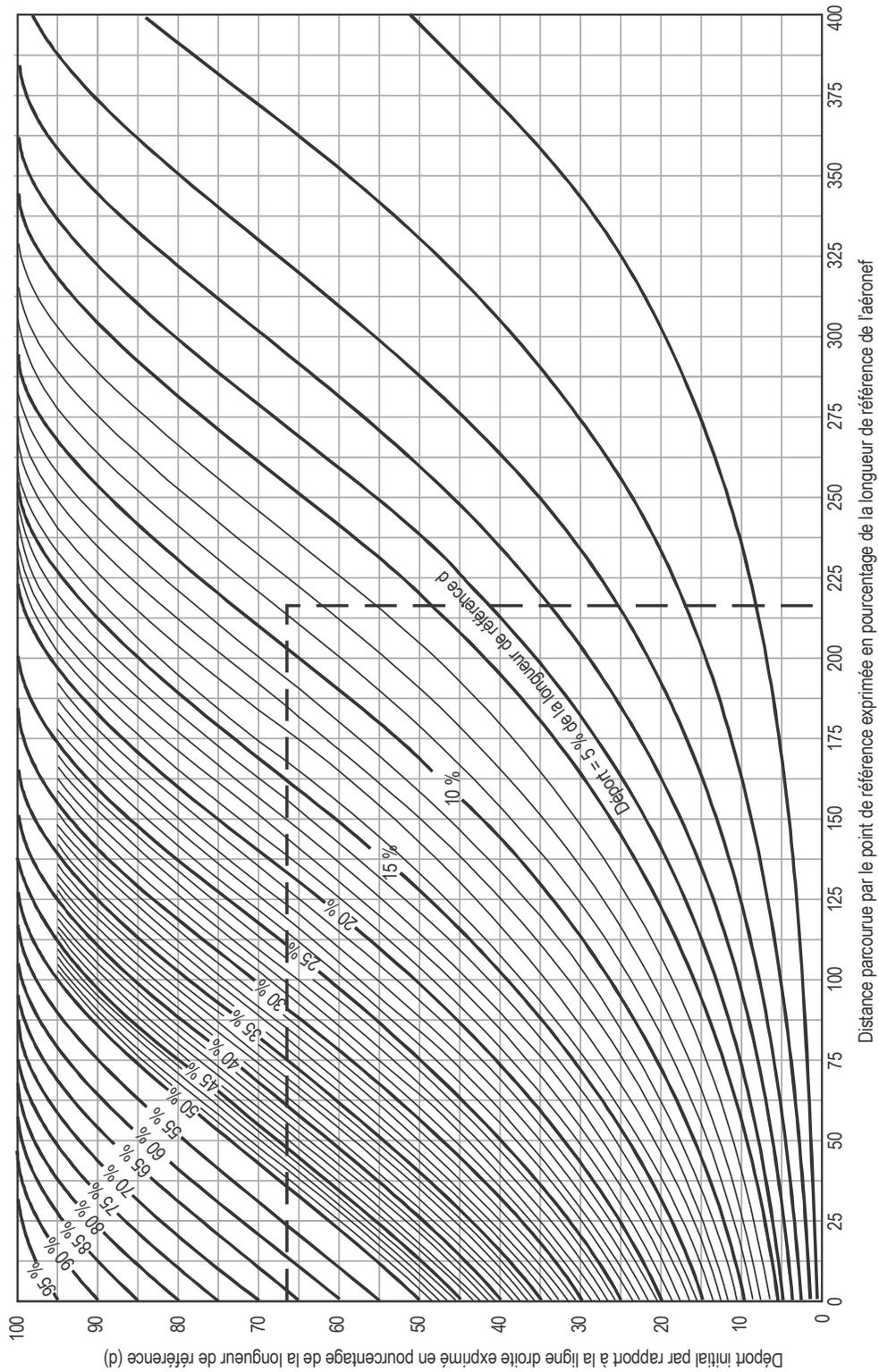


Figure A1-7. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence (S) suit une ligne droite

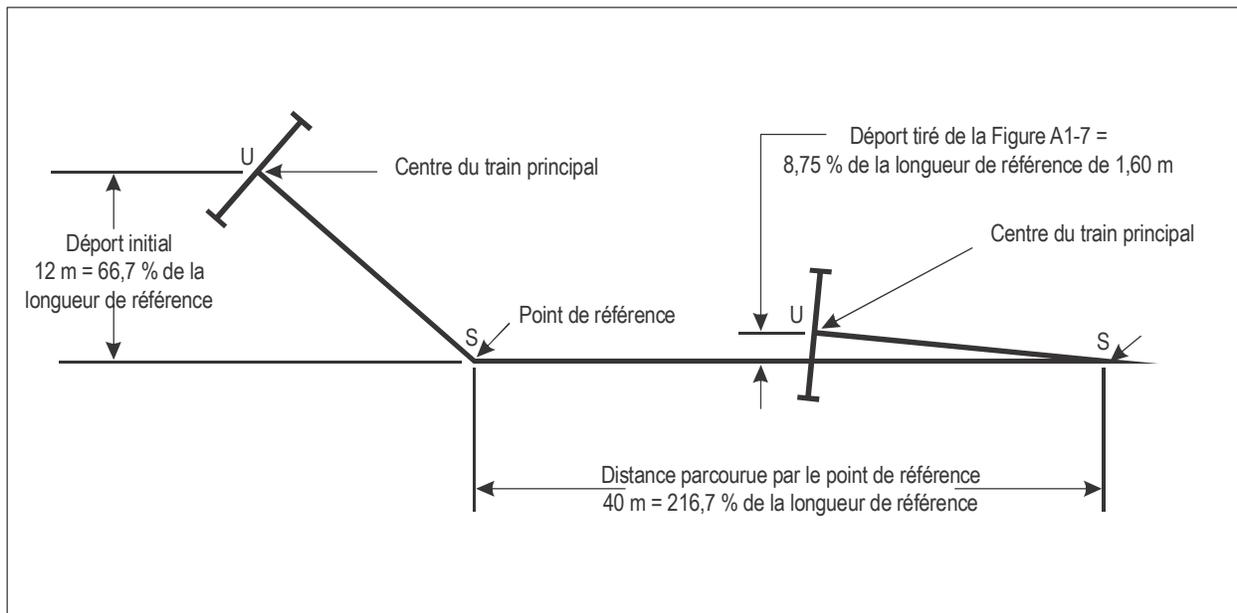


Figure A1-8. Exemple de déport du centre du train principal (U) lorsque le point de référence suit une ligne droite

Exemple

Un avion dont la longueur de référence est égale à 18 m décrit un arc de cercle de rayon égal à 27 m, comme le montre la Figure A1-10.

Étape 1. Porter à l'échelle le déport du centre du train principal lorsque le point de référence commence à se déplacer sur la courbe.

Déport = 12,15 m = +0,675 de la longueur de référence

Étape 2. Calculer $\frac{R}{d} = \frac{27}{18} = 1,5$

Étape 3. Sur la Figure A1-11, pour $R/d = 1,5$, lire l'angle polaire du point de référence correspondant au déport obtenu à l'étape 1.

Déport = +0,675

Angle polaire du point de référence = 27,5°

Étape 4. En utilisant l'angle polaire du point de référence obtenu à l'étape 3, tracer la ligne de référence portée sur le graphique.

Étape 5. Choisir des valeurs appropriées de l'angle polaire du point de référence (voir le graphique) et lire les déports correspondants sur la Figure A1-11.

<i>Angle polaire du point de référence de l'avion</i>	<i>Déport du centre du train principal</i>
94°	0,125 fois la longueur de référence = 2,25 m
142°	0,285 fois la longueur de référence = 5,15 m

Étape 6. Avec les déports obtenus à l'étape 5, tracer le lieu du centre du train principal (voir le graphique).

Étape 7. On peut obtenir les angles de guidage pour toute valeur de l'angle polaire du point de référence en lisant les valeurs indiquées sur la courbe tirée du graphique.

Exemple : angle polaire du point de référence = 142°
angle de guidage = 36,2°

Note.— Sur les graphiques, à un trait continu représentant le déport du centre du train principal correspond un trait tiré pour l'angle de guidage. Lorsque le déport du centre du train principal est indiqué par un trait mixte, veiller à bien lire l'angle de guidage sur la courbe en trait mixte correspondante.

Angles de braquage de la roue avant (β)

2.2.4 Connaissant le rapport X entre la longueur de référence et la distance comprise entre la roue avant et l'axe théorique du train principal, les angles de braquage de la roue avant peuvent être lus sur le Tableau A1-1 pour tout angle de guidage.

Exemple

Un avion dont la longueur de référence est 55 m et la distance comprise entre l'atterrisseur avant et l'axe théorique de l'atterrisseur principal est 36,6 m présente un angle de guidage de 77,778° après avoir décrit un arc de cercle.

Étape 1. Calculer le rapport « X ».

$$X = \frac{55}{36,6} = 1,5$$

Étape 2. Dans le Tableau A1-1, déterminer la colonne correspondant à $X = 1,5$.

Étape 3. Lire, sur le Tableau A1-1, l'angle de braquage de la roue avant correspondant à l'angle de guidage de 77,778°, soit 72°.

Étape 4. Il convient alors de s'assurer que l'angle maximal de braquage de la roue avant n'a pas été dépassé. Si cet angle est dépassé, il faudra choisir une valeur plus élevée pour le rayon de courbure de la ligne de guidage (on appliquera la procédure décrite au § 3.2.4 lorsque $R < d$) et le congé de raccordement sera plus grand ; dans certains cas, toutefois, il serait préférable de modifier le tracé de la voie de circulation, en adoptant un rayon de courbure plus grand pour la ligne axiale.

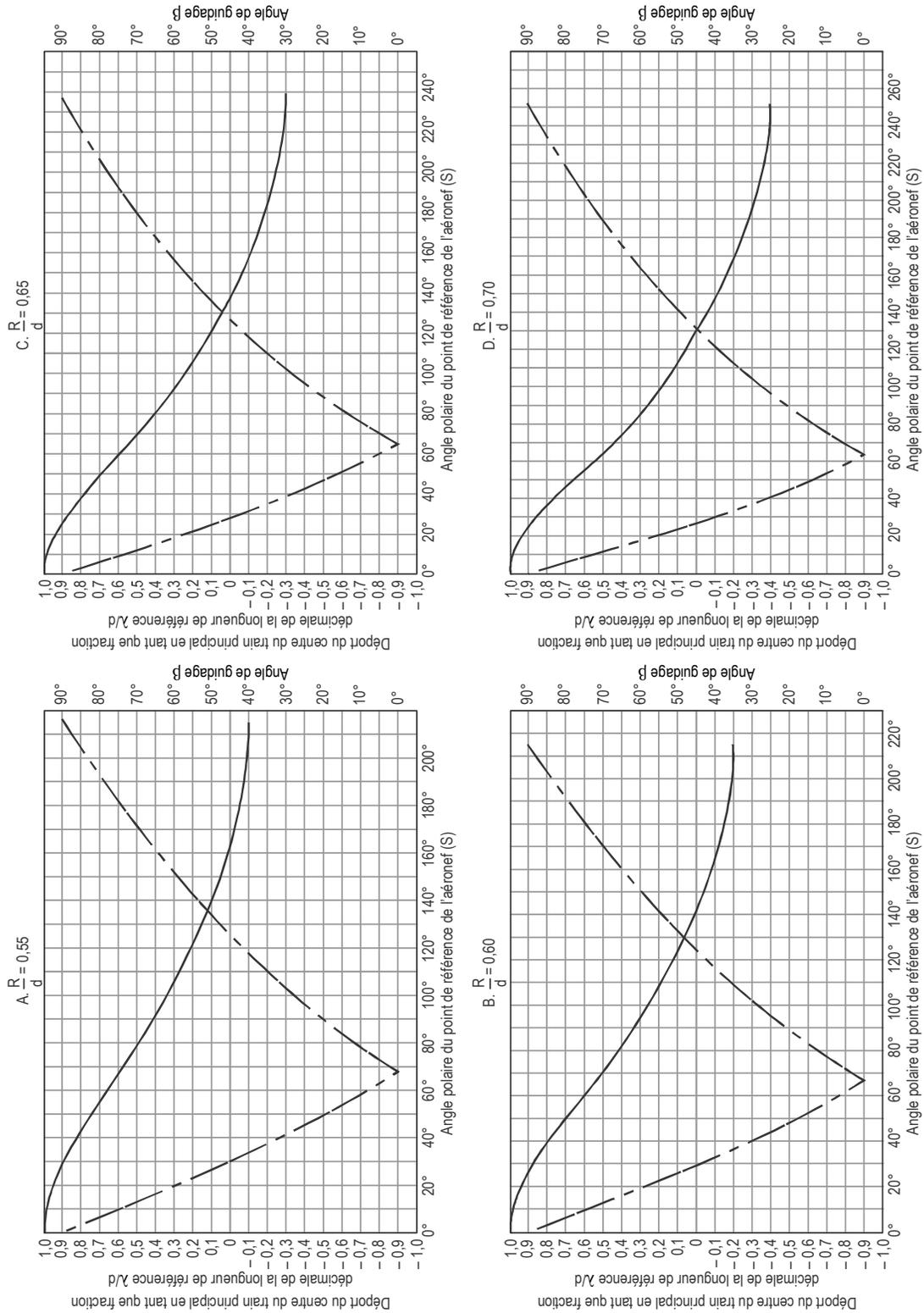


Figure A1-9. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence de l'avion décrit un arc de cercle

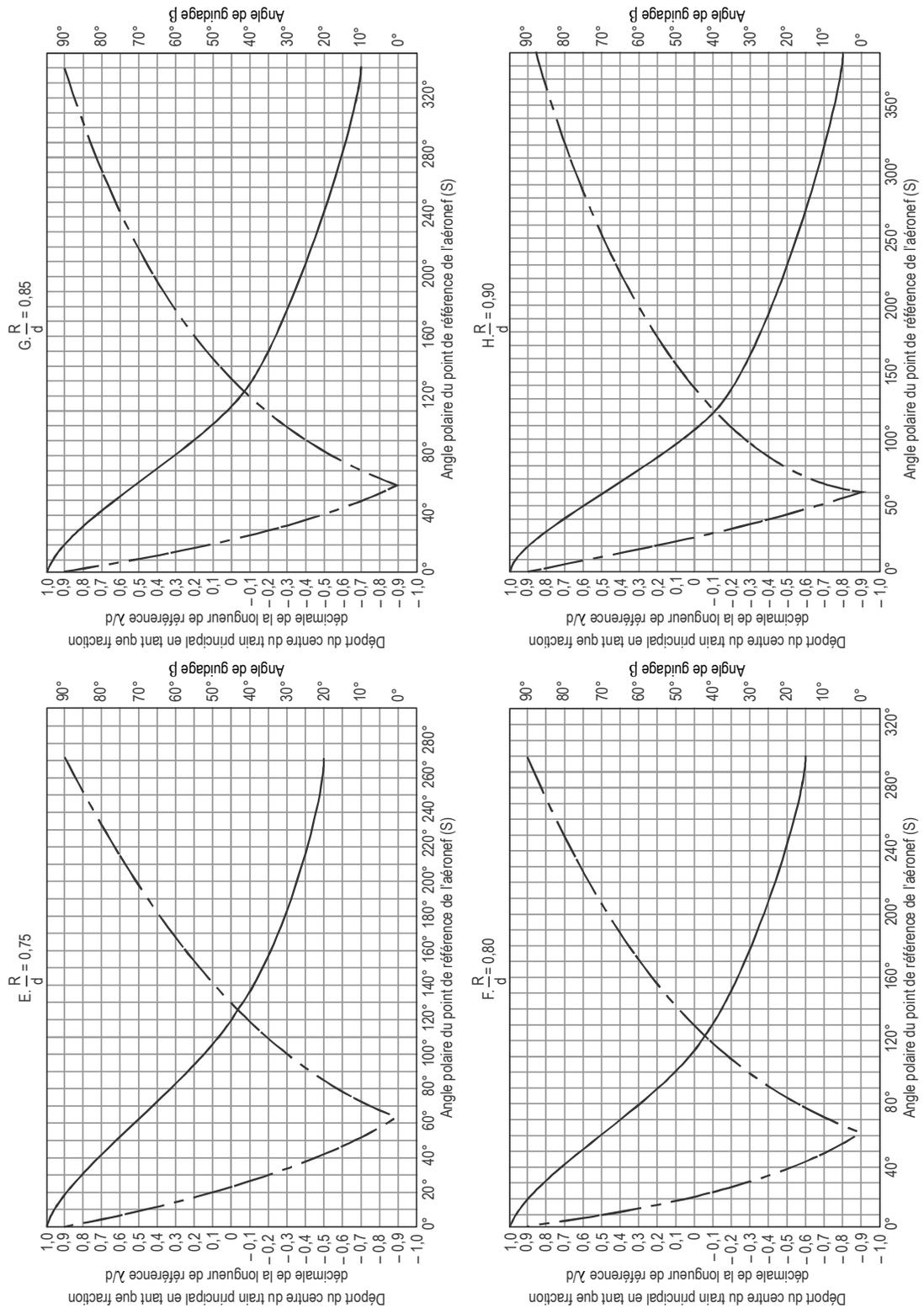


Figure A1-9. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence de l'avion décrit un arc de cercle (suite)

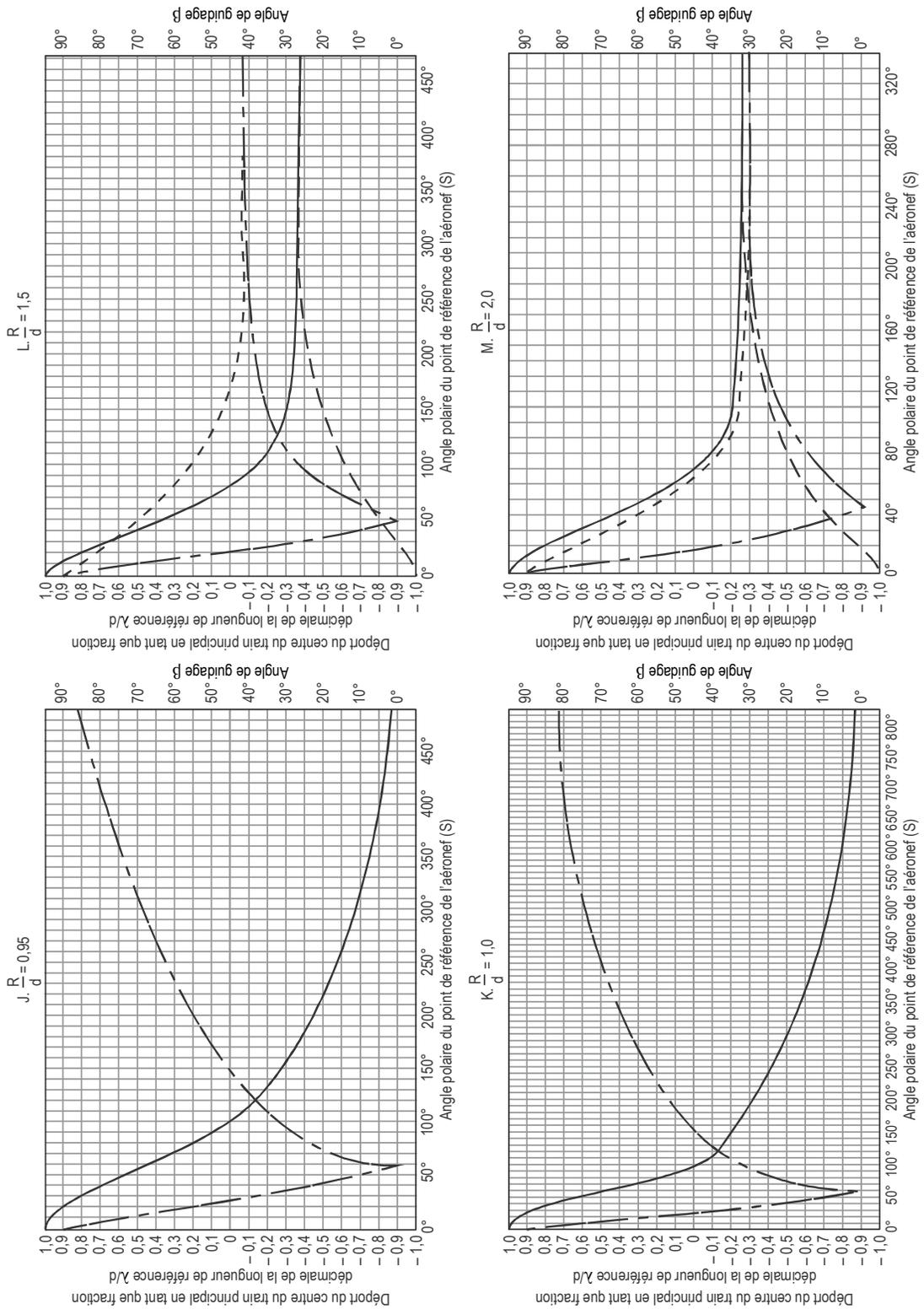


Figure A1-9. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence de l'avion décrit un arc de cercle (suite)

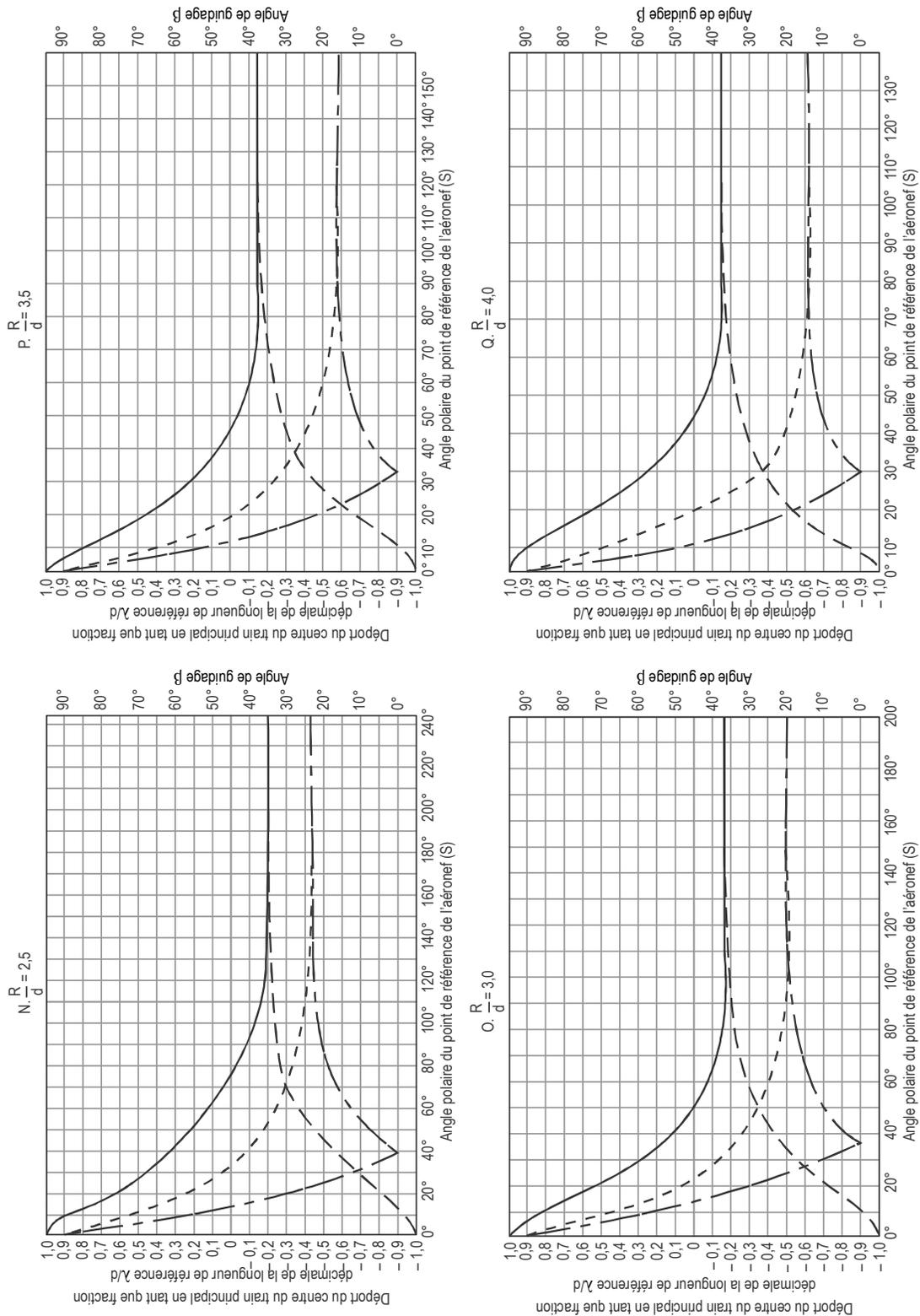


Figure A1-9. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence de l'avion décrit un arc de cercle (suite)

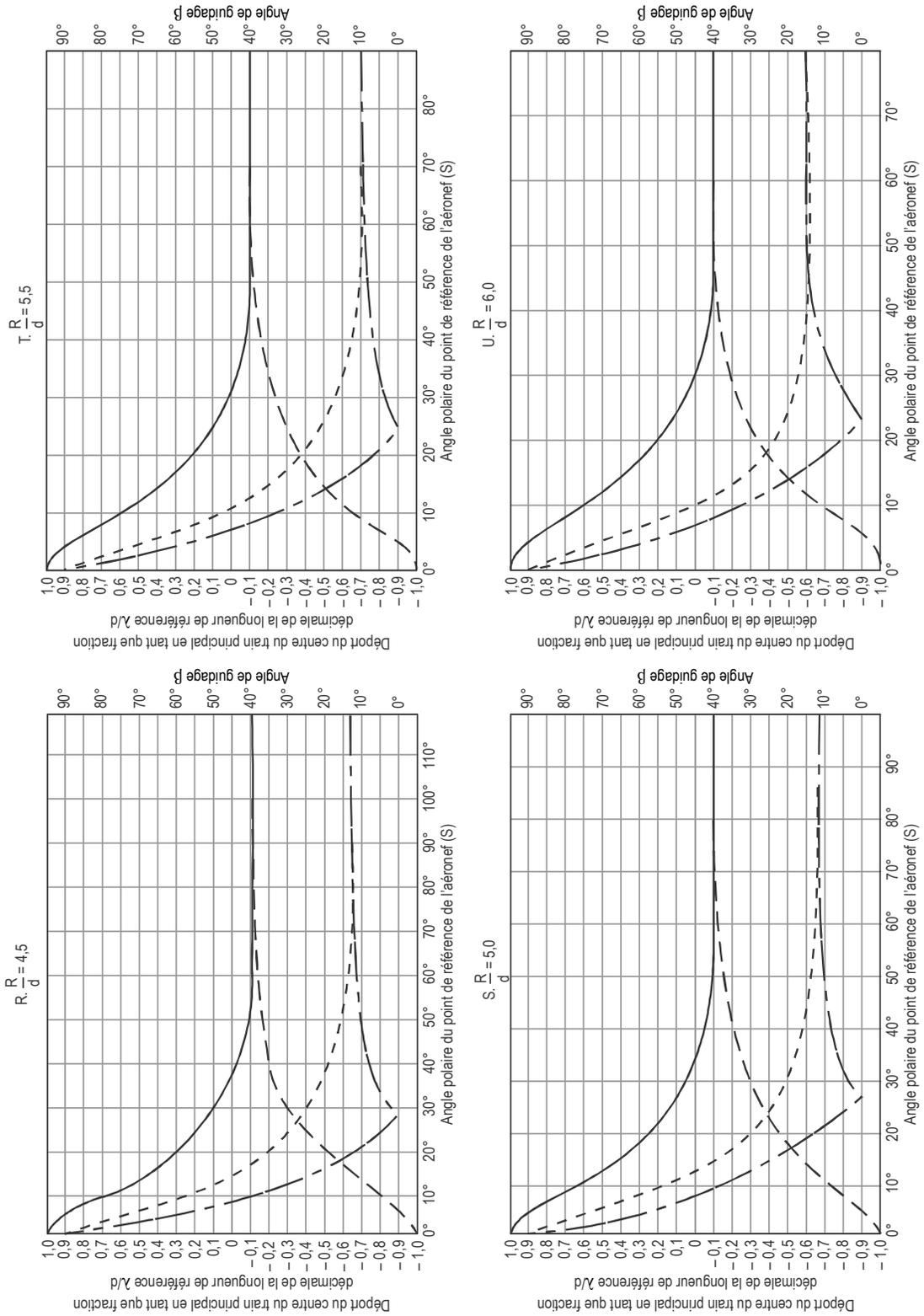


Figure A1-9. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence de l'avion décrit un arc de cercle (suite)

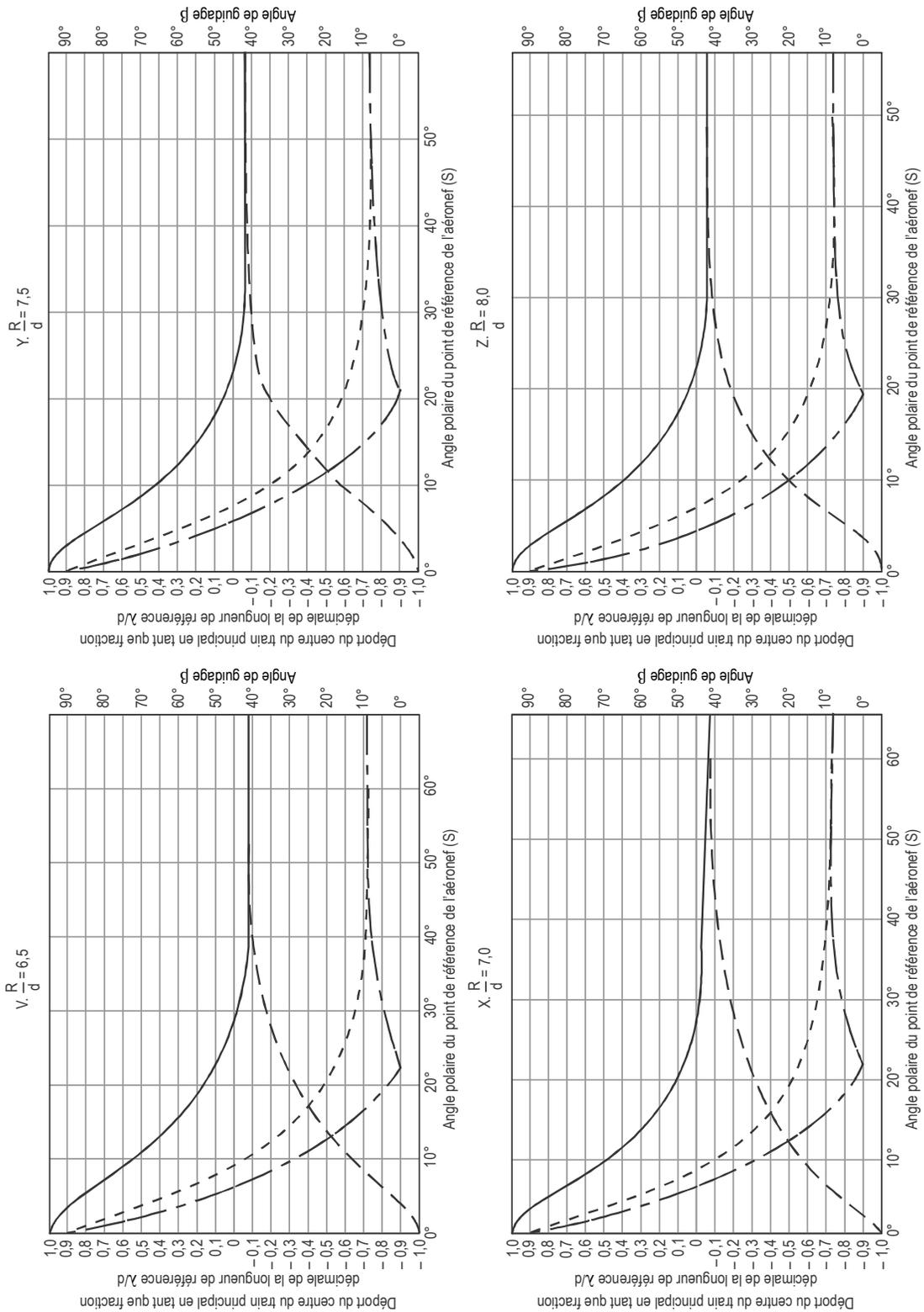


Figure A1-9. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence de l'avion décrit un arc de cercle (suite)

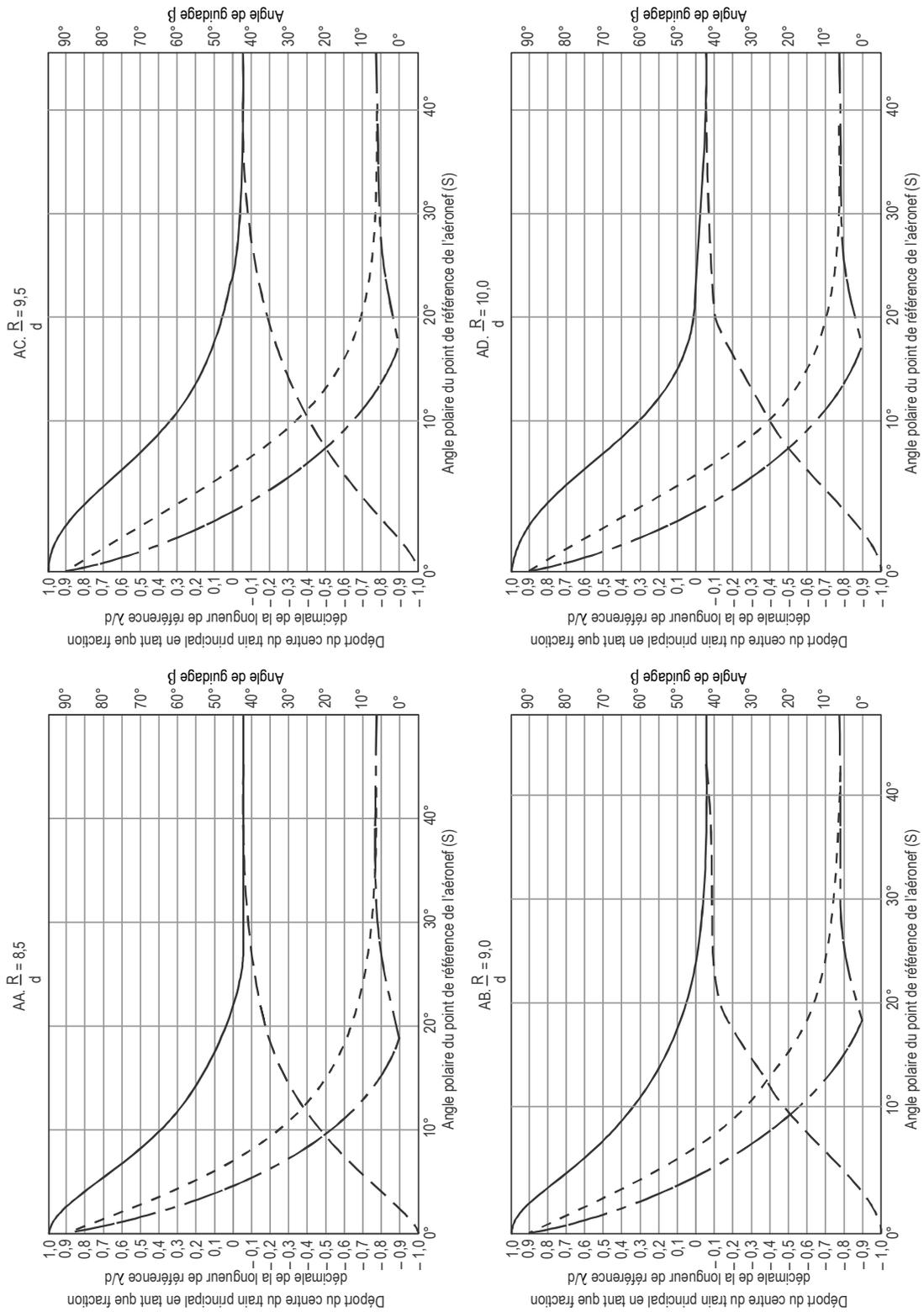


Figure A1-9. Angle de guidage (β) et déports (λ) du centre du train principal lorsque le point de référence de l'avion décrit un arc de cercle (suite)

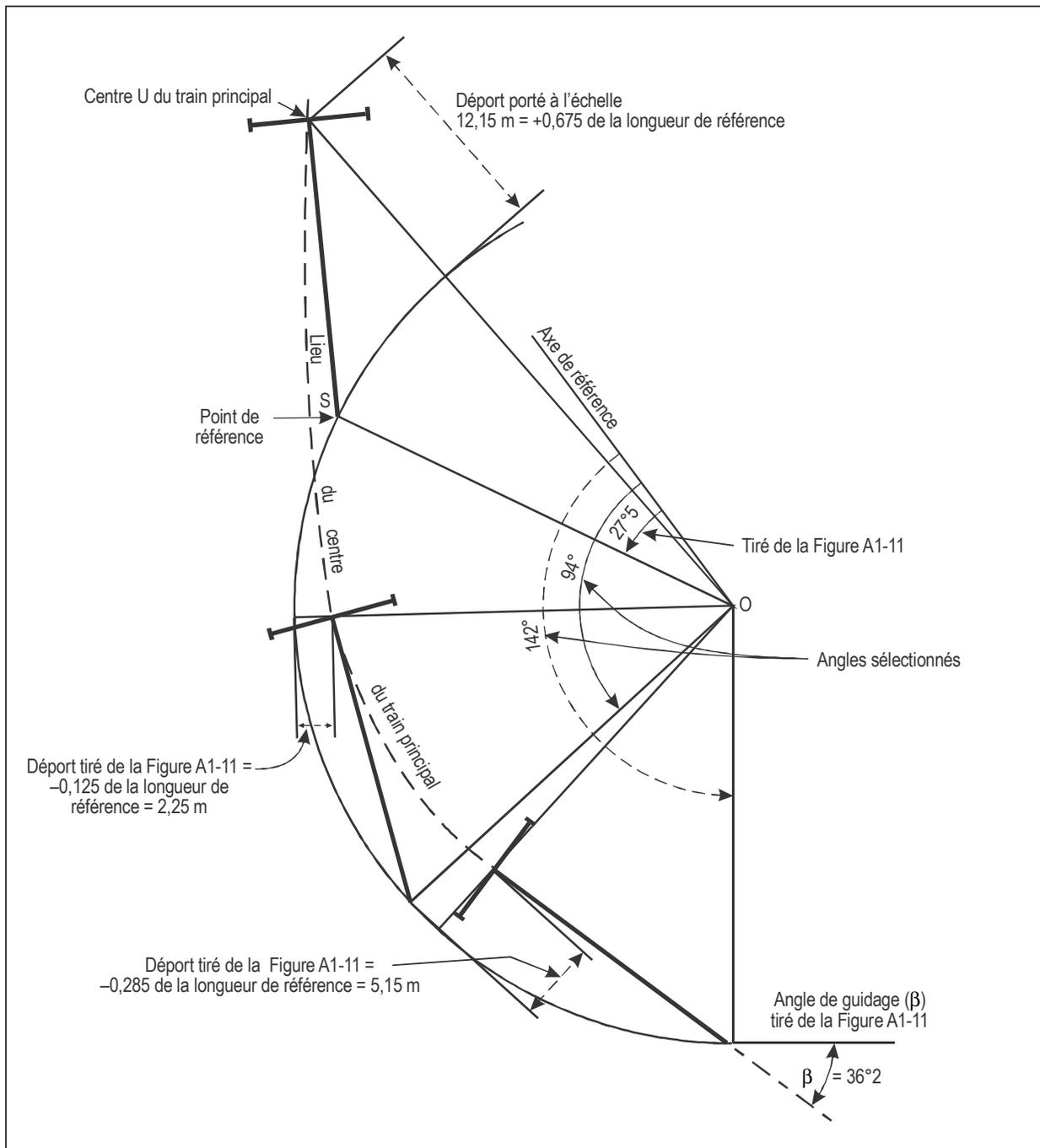


Figure A1-10. Exemple de lieux du centre du train principal lorsque le point de référence décrit un arc de cercle

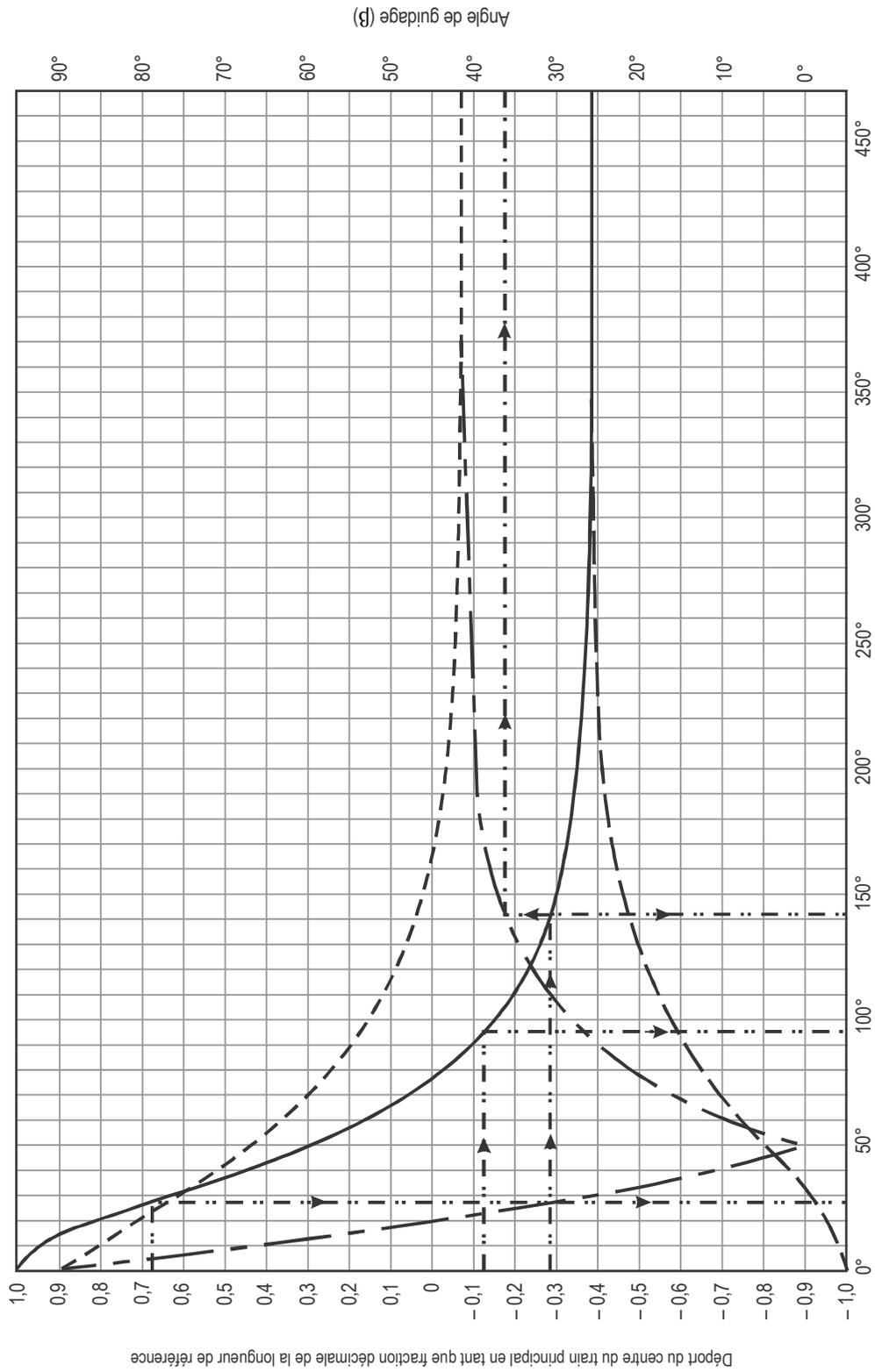


Figure A1-11. Angle polaire du point de référence de l'avion (S)

3. TRACÉ DES CONGÉS DE RACCORDEMENT²

3.1 Méthode graphique

3.1.1 La méthode graphique consiste à déterminer sur plan le tracé du congé de raccordement. La seule précaution à prendre est d'adopter une échelle suffisamment grande pour que la précision du dessin soit suffisante. Pour établir ce plan on peut procéder par étapes successives comme indiqué ci-dessous :

- a) tracer les axes des voies de circulation (ou des pistes) à raccorder ;
- b) porter sur le plan les bords latéraux des voies de circulation et/ou des pistes à aménager ;
- c) construire point par point la trajectoire du centre du train principal pour le type d'avion le plus exigeant ;
- d) tracer le congé de raccordement.

3.1.2 La trajectoire du centre du train principal peut être construite en utilisant les graphiques des Figures A1-7 et A1-9 selon la méthode décrite au § 2.2. Différents tracés sont acceptables pour le congé de raccordement ; il importe seulement que les marges de sécurité minimales indiquées au Tableau A1-1 soient respectées. Pour veiller à ce que ces conditions soient remplies, une méthode pratique consiste à tracer la courbe parallèle à la trajectoire du centre du train principal de l'avion, laquelle est située à une distance de celle-ci égale à $(T/2 + M)$, et à tracer ensuite le congé de raccordement en conséquence.

Exemple : Tracé d'un congé de raccordement par la méthode graphique (voir la Figure A1-12)

	<i>Données</i> (m)
Changement de direction de la voie de circulation 90°	
Rayon de courbure de l'axe de la voie de circulation (R)	36,6
Largeur de la voie de circulation (X)	23,0
Longueur de référence de l'avion (d)	18,3
Voie du train principal (T)	8,0
Marge de sécurité (M)	4,0

Étape 1. Extraire de la Figure A1-9 M correspondant à $R/d = 2$:

- a) la valeur de l'angle polaire du point de référence (S) à l'entrée du virage, l'angle de guidage (β) étant alors O ;
- b) la valeur associée du déport du centre du train principal exprimée en fonction de la longueur de référence de l'avion qui est égale à 0,235. Établir ensuite le tableau des valeurs de λ/d et β pour une série de valeurs de θ_s (p. ex. de 20 en 20°). Porter ensuite sur le plan la ligne de référence et les positions successives de U , comme il est indiqué à l'étape 3.

2. Les graphiques de la présente section ont été établis par le Royaume-Uni.

θ_s	$\frac{\lambda}{d}$	β
43°	+0,235	0
60°	+0,03	13°
80°	-0,11	21°
100°	-0,19	25°
120°	-0,22	27°
133°	-0,24	28°

Étape 2. La Figure A1-7 donne les valeurs suivantes de λ/d pour une série de valeurs de F/d correspondant à un déport initial $\lambda/d = \sin 28^\circ = 0,47$:

$\frac{\lambda}{d}$	0,47	0,35	0,25	0,15	0,10	0,05
$\frac{F}{d}$	0	0,34	0,69	1,21	1,62	2,31

Étape 3. Les courbes peuvent être tracées en procédant comme suit :

- tracer l'axe de référence comme le montre la Figure A1-12 ;
- pour chaque valeur de θ_s choisie à l'étape 1, placer le point U correspondant. Pour cela, placer le point S sur la ligne de guidage, tracer l'axe longitudinal de l'avion correspondant à l'angle de guidage β et marquer U à une distance $d = 18,3$ m de S . Vérifier la précision de la construction de chaque point U en utilisant la liste des valeurs de λ/d à l'étape 1 ;
- lorsque le point de référence S , sortant du virage, suit à nouveau une ligne droite, construire le lieu du centre du train principal en utilisant les valeurs de λ/d et F/d choisies à l'étape 2 (voir la Figure A1-12) ;
- pour chaque position choisie de U , porter à partir de U , vers l'intérieur du virage et perpendiculairement à l'axe longitudinal de l'avion, une longueur $(T/2 + M) = 4 + 4,0 = 8,0$ m. En joignant les points ainsi construits on obtient une courbe parallèle au lieu du centre du train principal. Cette courbe donne la limite théorique minimale du congé de raccordement ;

Note.— Si la circulation des avions peut avoir lieu dans les deux sens, construire également la courbe qui correspond à l'autre sens de déplacement sur la voie de circulation.
- choisir un tracé du congé de raccordement qui puisse être facilement piqueté sur le terrain. Il est en général préférable de choisir une ligne composée de segments de droite et d'un arc de cercle. Dans le cas de cet exemple, un arc de cercle de 31,7 m de rayon est le tracé le plus simple qui puisse être choisi (voir la Figure A1-12).

Étape 4. Vérifier la validité du tracé (Figure A1-12) :

- la marge de sécurité est de 4,0 m, ce qui correspond bien au minimum recommandé par le Chapitre 3 de l'Annexe 14 (voir le Tableau A1-1) ;
- la valeur maximale de l'angle de guidage (28°) reste dans les possibilités de braquage de la roue avant pour tous les types d'avions susceptibles d'utiliser l'aérodrome.

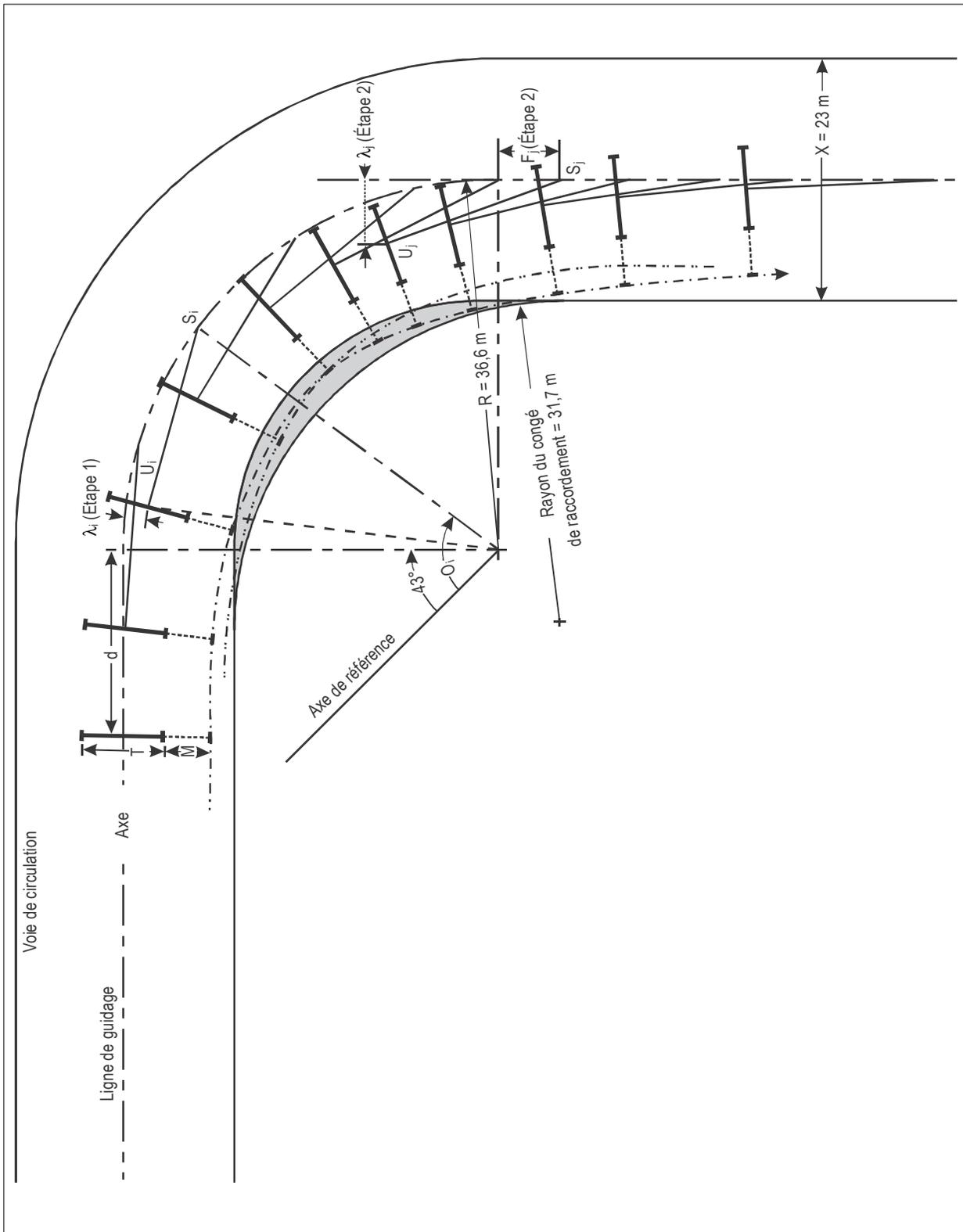


Figure A1-12. Méthode graphique de tracé du congé de raccordement

3.2 Méthode par arc et tangentes

3.2.1 Au cours d'un changement de direction, le centre de l'atterrisseur principal d'un avion suit une courbe complexe que l'on peut représenter avec une approximation suffisante par un arc de cercle et ses tangentes. On peut réaliser un congé de raccordement ayant une forme qui suive d'assez près la trajectoire du train principal, compte tenu de la marge de sécurité nécessaire, en utilisant :

- a) un arc de cercle concentrique à la ligne de guidage pour donner la surlargeur de chaussée nécessaire à l'intérieur du virage ;
- b) une tangente à chaque extrémité de cet arc pour assurer un raccord en sifflet, permettant de résorber le déport résiduel du train principal.

Pour tracer le congé de raccordement, il suffit de connaître le rayon (r) de l'arc de cercle et la longueur (l) des raccords en sifflet (voir la Figure A1-13).

Détermination du rayon du congé de raccordement (r)

3.2.2 Le rayon du congé de raccordement est égal à :

$$r = R - (\lambda \max + M + \frac{T}{2})$$

où

R	=	rayon de courbure de l'axe de la voie de circulation pris comme ligne de guidage
$\lambda \max$	=	déport maximal du train principal au cours du changement de direction
M	=	marge minimale de sécurité
T	=	voie du train principal.

3.2.3 La valeur maximale du déport du train principal $\lambda \max$ dépend de la longueur de référence de l'avion (d), du rayon de courbure de l'axe de la voie de circulation (R) et de l'importance du changement de direction. La Figure A1-14 donne cette valeur maximale sous forme de pourcentage de la longueur de référence de l'avion pour toute valeur du rapport R/d comprise entre 1 et 5.

3.2.4 Lorsque la longueur de référence de l'avion (d) est supérieure au rayon de courbure de l'axe de la voie de circulation (R), il est conseillé de prendre une ligne de guidage fictive de rayon $R/d = 1$ pour déterminer le rayon du congé de raccordement. Il convient alors de repérer les points où cette ligne de guidage fictive rejoint la partie rectiligne de l'axe de la voie de circulation, ces points devant être utilisés pour la construction du raccord en sifflet (voir le § 3.2.8).

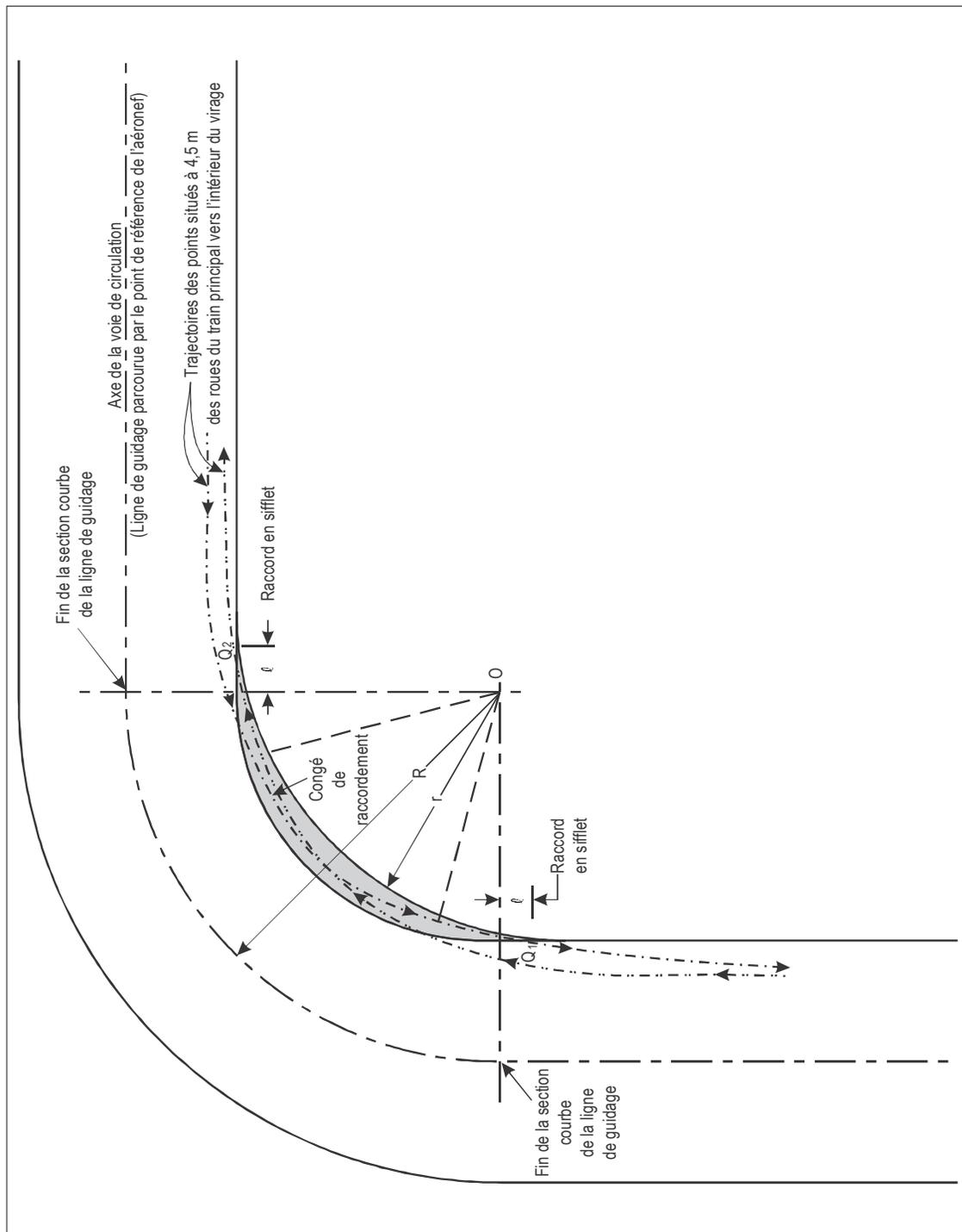


Figure A1-13. Tracé d'un congé de raccordement par la méthode par arc et tangentes avec indication des dégagements nécessaires et du congé calculé

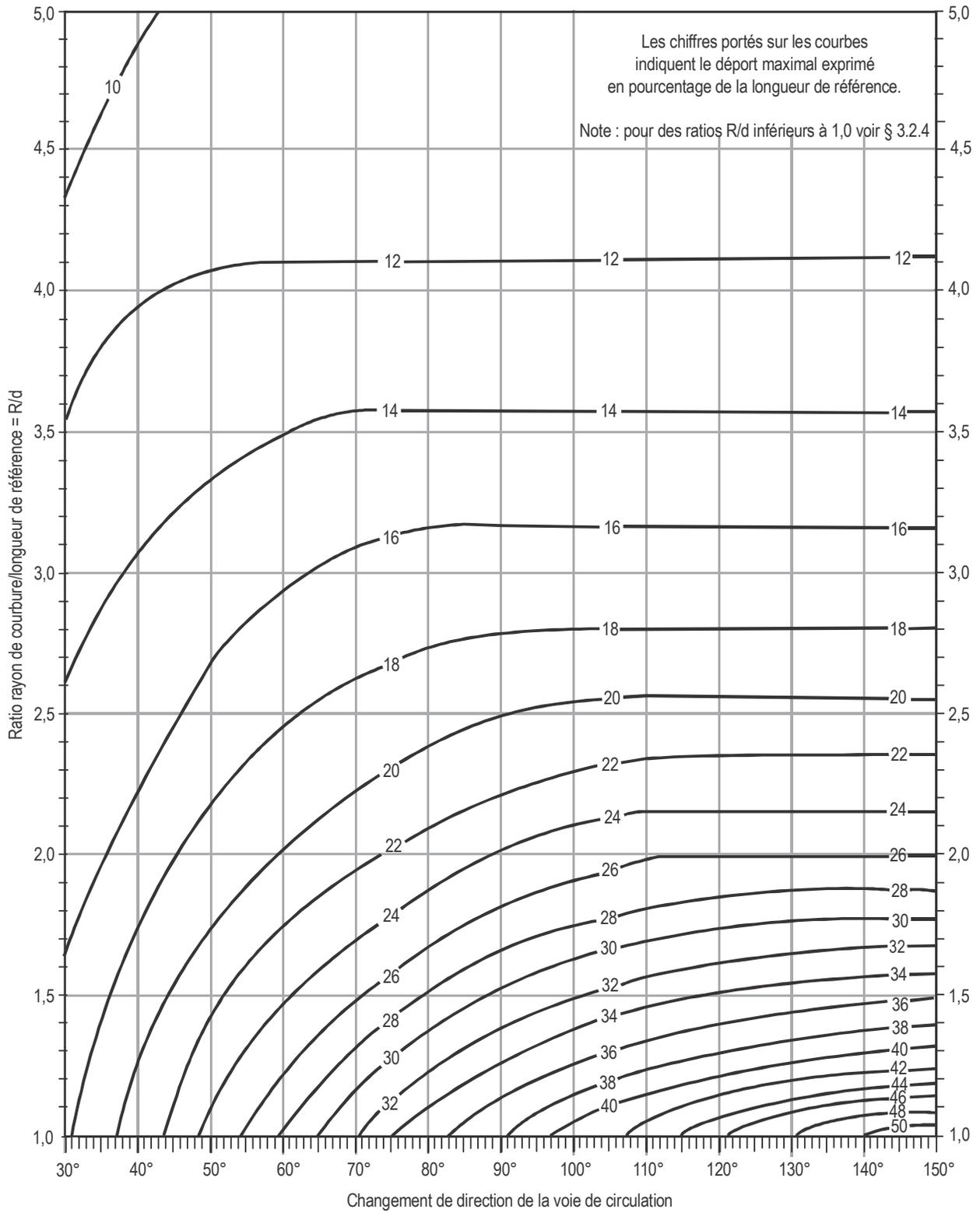


Figure A1-14. Départ maximal (λ max) du centre du train principal

Détermination de la longueur du raccord en sifflet

3.2.5 Le congé de raccordement cesse d'être nécessaire dès que le déport du train principal devient inférieur au déport maximal admissible sans congé de raccordement :

$$\lambda = \frac{X}{2} - \left(M + \frac{T}{2} \right)$$

où

- X = largeur de la voie de circulation
- M = marge minimale de sécurité
- T = voie du train principal.

Cette valeur résiduelle du déport du train principal en fin de virage est atteinte lorsque le point de référence de l'avion (S) a parcouru en ligne droite une distance F donnée par l'équation (17) établie au § 2.1.8 et la longueur du raccord en sifflet est donc égale à :

$$l = F - d$$

3.2.6 L'équation (17) permet le calcul de F en fonction de :

- a) β , angle de guidage résiduel correspondant à λ , calculé au § 3.2.5 ;
- b) β max, valeur maximale de l'angle de guidage au cours du changement de direction. Cette valeur est atteinte quand λ est égal à λ max comme l'indique la Figure A1-14.

L'emploi d'abaques permet d'éviter tout calcul. La Figure A1-15 donne la valeur de l'angle de guidage résiduel correspondant au déport maximal admissible sans congé de raccordement, pour tout avion dont la longueur de référence est comprise entre 12 et 60 m. La Figure A1-16 donne la valeur de l'angle de guidage en fonction de celles du changement de direction et du rapport R/d . Enfin, la Figure A1-17 permet de transformer ces valeurs d'angle de guidage en valeurs de déplacement le long de l'axe rectiligne.

3.2.7 Il convient de s'assurer que cette valeur de l'angle de guidage ne dépasse pas les limites normales de braquage de la roue avant des types d'avions appelés à utiliser l'aérodrome. Si tel était le cas, il faudrait augmenter le rayon de courbure de la ligne de guidage et la dimension du congé de raccordement.

Note.— Le fait que le point de référence de l'avion ne coïncide pas en général avec la roue avant introduit une petite erreur. Cependant, cette erreur joue dans le sens de la sécurité.

Tracé du congé de raccordement

3.2.8 On obtient comme suit le congé de raccordement désiré :

- a) tracer un arc de cercle de rayon (r) concentrique à celui de l'axe de la voie de circulation (ou, éventuellement, à la ligne de guidage fictive mentionnée au § 3.2.4) ;
- b) repérer sur le bord intérieur de la voie de circulation les points Q_1 et Q_2 situés à la distance l de la partie courbe de la ligne de guidage, comme indiqué à la Figure A1-13 ;
- c) à partir des points obtenus à l'alinéa b) ci-dessus, tracer les tangentes à l'arc de rayon (r).

3.2.9 La méthode par arc et tangentes est illustrée dans l'Exemple n° 1 ci-après.

Variante du tracé précédent

3.2.10 On peut obtenir une approximation plus précise du congé de raccordement nécessaire en utilisant deux droites de raccordement. On obtient le point d'intersection des deux droites de raccordement en calculant à nouveau le déport maximal admissible sans congé de raccordement, mais en utilisant une marge de sécurité plus faible. La façon pratique de procéder et le résultat obtenu sont illustrés dans l'Exemple n° 2.

3.3 Emploi d'abaques à lecture rapide

3.3.1 Des abaques à lecture rapide permettent de construire les congés de raccordement des voies de circulation d'une façon relativement simple si l'on donne des valeurs constantes à certaines variables :

- la largeur de voie de circulation et la marge minimale de sécurité correspondant à la catégorie de l'aérodrome ;
- la longueur de référence et la voie du train principal correspondant au type d'avion le plus exigeant envisagé.

3.3.2 La Figure A1-20 a été établie pour un type d'avion particulier, le Boeing 747, compte tenu des valeurs constantes suivantes, qui sont recommandées par l'Annexe 14 :

largeur de voie de circulation $X = 23$ m
marge minimale de sécurité $M = 4,0$ m

et en prenant pour ligne de guidage l'axe de voie de circulation. Conformément aux spécifications de l'Annexe 14, le point de référence choisi est situé à la verticale du poste de pilotage. Les valeurs constantes ci-après concernent chacun des types d'avions :

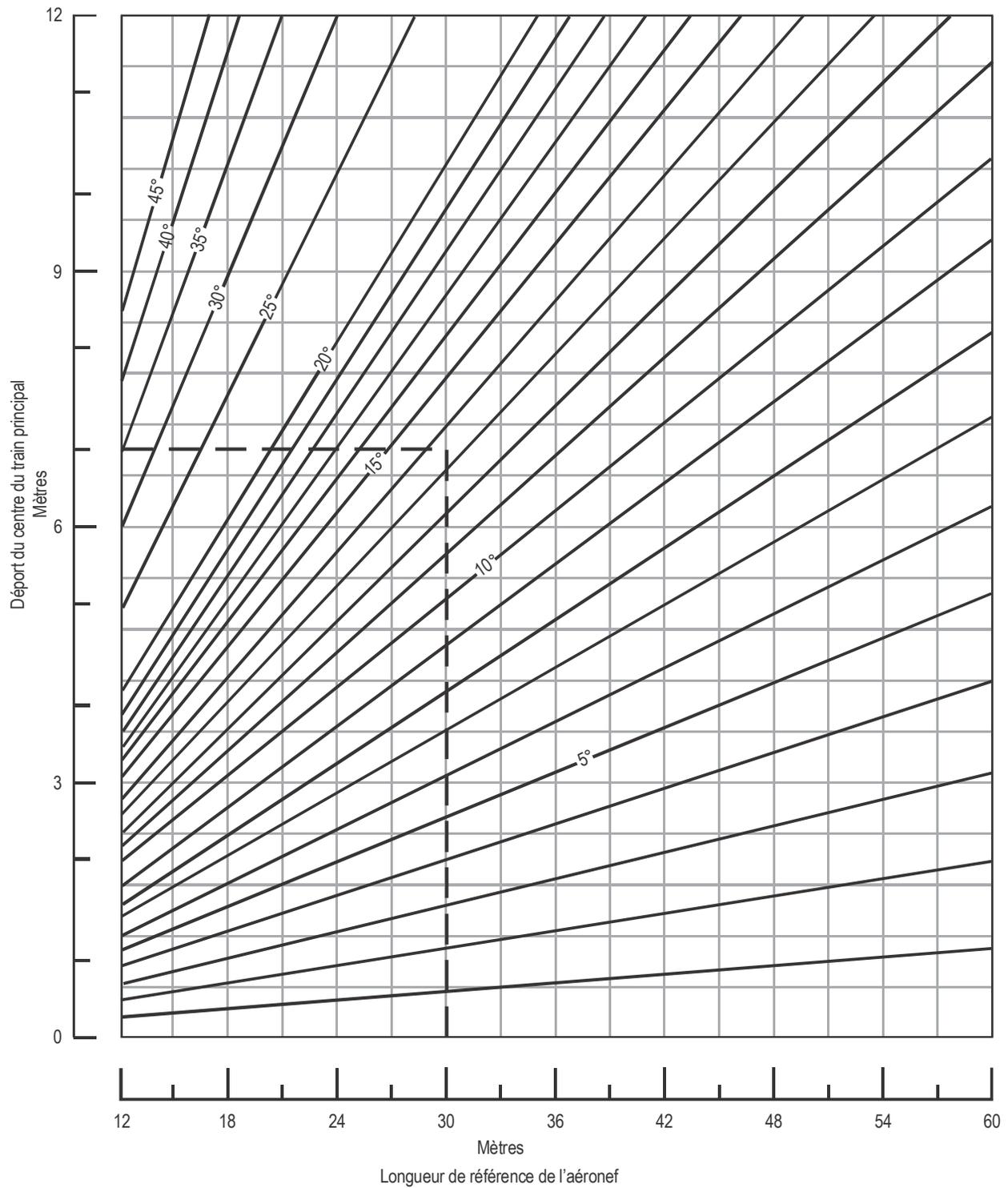
<i>Paramètre</i>	<i>B747 (m)</i>
Longueur de référence de l'avion (d)	27,7
Voie du train principal (T)	12,8

3.3.3 Le tracé du congé de raccordement (Figure A1-21) est déterminé de la façon suivante :

Étape 1. On détermine d'abord le rayon du congé de raccordement (r) en portant sur l'abaque A de la Figure A1-20 le point correspondant au changement de direction de la voie de circulation et au rayon de courbure de l'axe. La valeur obtenue par interpolation entre les courbes tracées pour des valeurs rondes de r est utilisée pour tracer un arc concentrique à celui de la ligne de guidage.

Étape 2. La distance parcourue (F) à partir de laquelle le congé de raccordement devient inutile, s'obtient de la même façon à l'aide de l'abaque B de la Figure A1-20 et donne la distance à partir du point où le bord intérieur de la voie de circulation redevient rectiligne.

Étape 3. Les tangentes à l'arc sont tracées de manière à couper le bord de la voie de circulation à l'extrémité de la distance parcourue (F). Le tracé obtenu est celui du congé de raccordement cherché (voir la Figure A1-21).



**Figure A1-15. Angle de guidage (β) et déport du centre du train principal (λ)
(Les valeurs portées sur les courbes représentent les angles de guidage)**

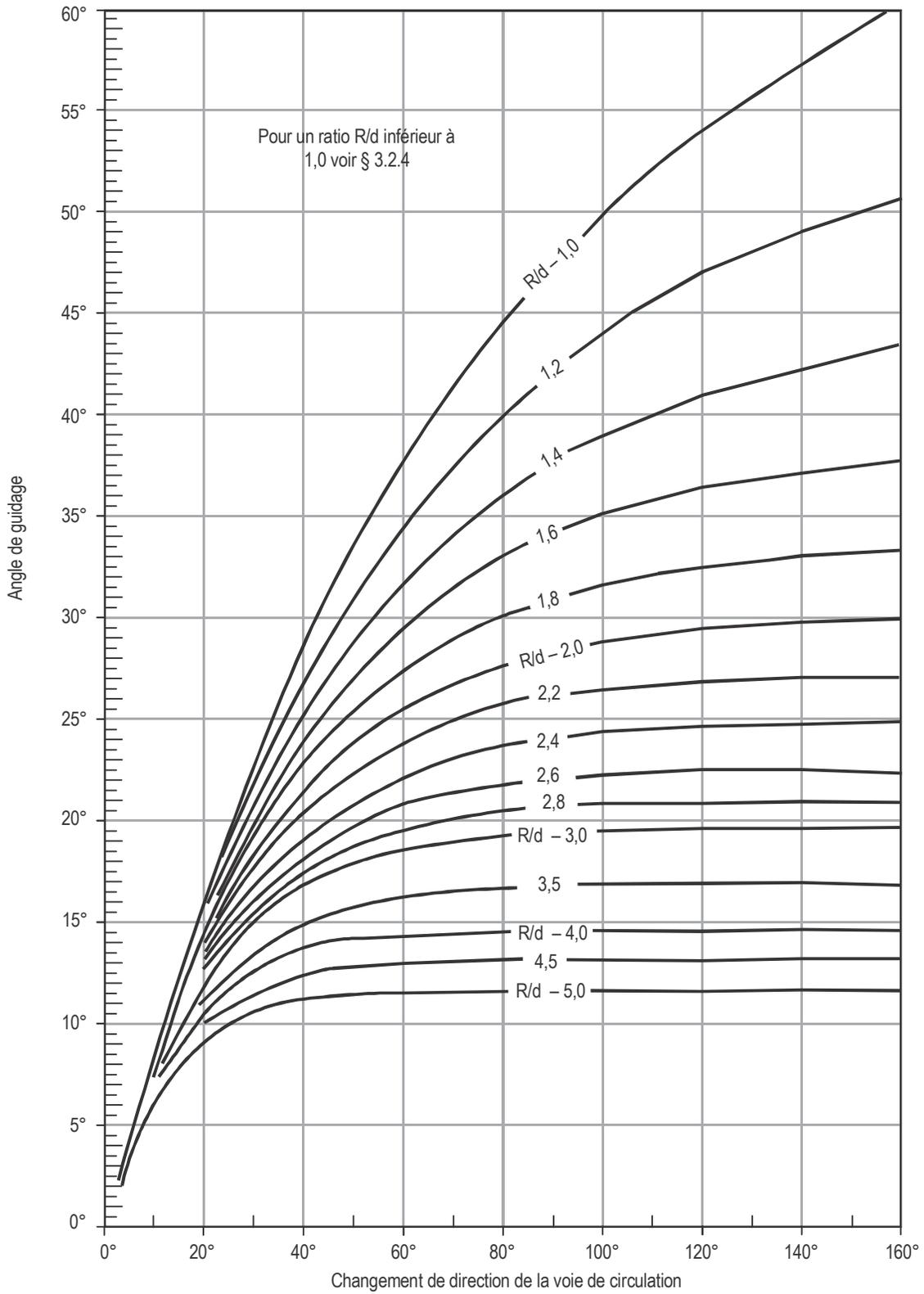


Figure A1-16. Augmentation de l'angle de guidage au cours d'un virage

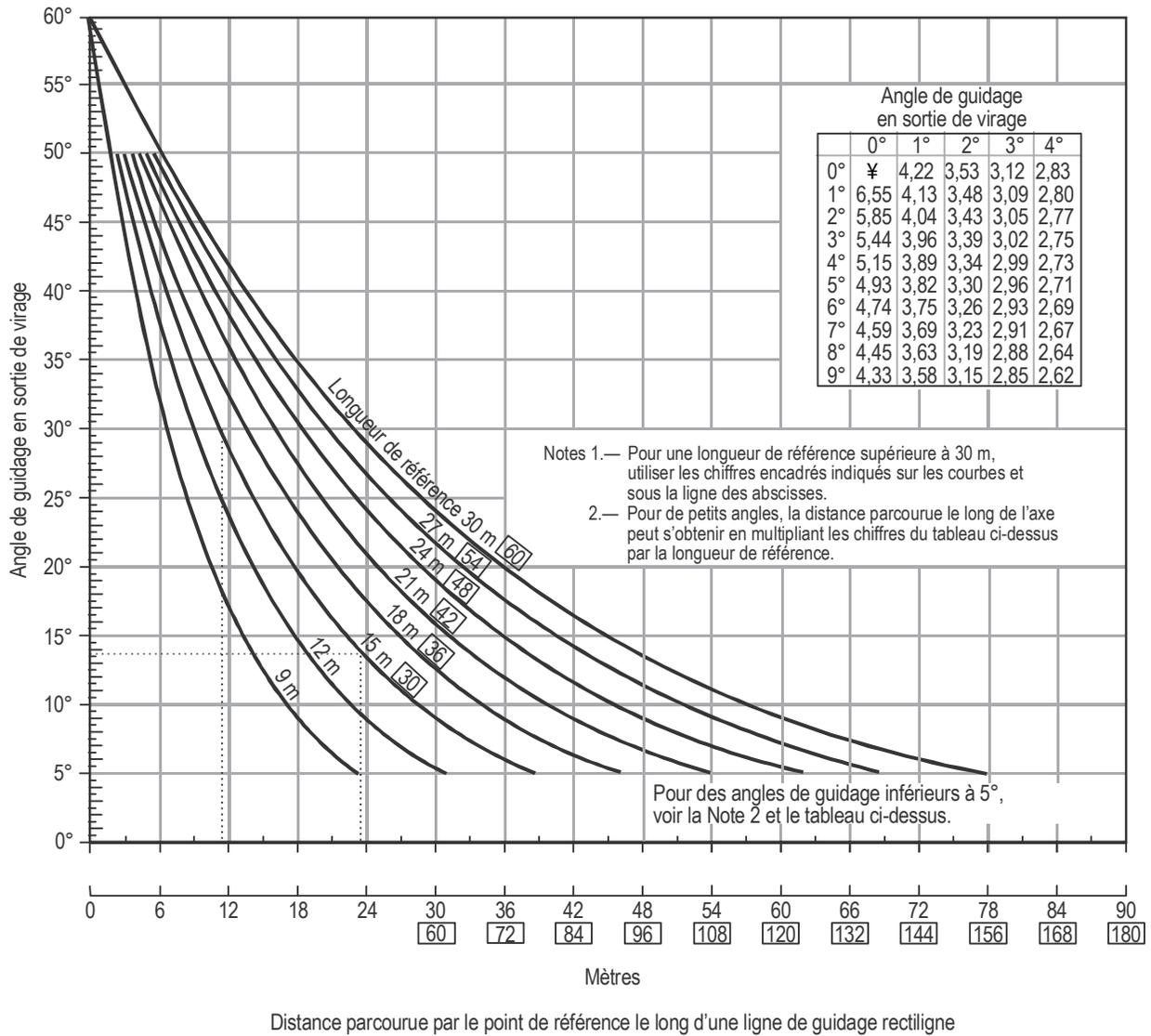


Figure A1-17. Diminution de l'angle de guidage après un virage

**Exemple n° 1. Tracé d'un congé de raccordement par la méthode par arc et tangentes
(voir la Figure A1-18)**

	Données (m)
Changement de direction de la voie de circulation	135°
Rayon de courbure de l'axe de la voie de circulation (R)	42
Largeur de la voie de circulation (X)	23
Longueur de référence de l'avion (d)	22
Voie du train principal (T)	8
Marge de sécurité (M)	4,5
Rapport $\frac{R}{d} =$	$\frac{42}{22} = 1,9$
Déport intérieur maximal (Figure A1-14) = 27 % de d	$\lambda \text{ max} = 6 \text{ m}$
Rayon du congé de raccordement, $r = R - (\lambda \text{ max} + \frac{T}{2} + M)$	$42 - (6 + 4 + 4,5) = 27,5 \text{ m}$
Déport intérieur maximal sans congé de raccordement = $\frac{X}{2} - (M + \frac{T}{2})$	$11,5 - (4,5 + 4) = 3 \text{ m}$
D'après la Figure A1-15 cette valeur correspond à un angle de guidage de 7,6°.	
Se reporter à la Figure A1-16 pour obtenir l'angle de guidage à la fin du virage (135°, $R/d = 1,9$) ; on obtient 31°.	
À l'aide de la Figure A1-17, on transforme ces valeurs d'angle de guidage en valeurs de déplacement le long de l'axe rectiligne. La valeur 7,6° donne une distance L_1 et la valeur 31° donne une distance L_2 . La différence L_3 entre L_1 et L_2 correspond à la distance que doit parcourir le point de référence pour ramener l'angle de guidage de 31° à 7,6°.	$L_1 = 47,9 \text{ m}$ $L_2 = 16,5 \text{ m}$ $L_3 = 31,4 \text{ m}$
Pour obtenir la distance au-delà de l'extrémité de la courbe à laquelle se trouve le centre du train principal, on soustrait la longueur de référence de L_3 .	$31,4 - 22 = 9,4 \text{ m}$
Tracé	
1. Tracer un arc de centre O (centre de la courbe de la voie de circulation) et de 27,5 m de rayon.	
2. Marquer les points situés à une distance de 9,4 m au-delà de l'extrémité de la courbe sur le bord intérieur de la voie de circulation.	
3. Tracer, à partir de ces points, les tangentes à l'arc.	

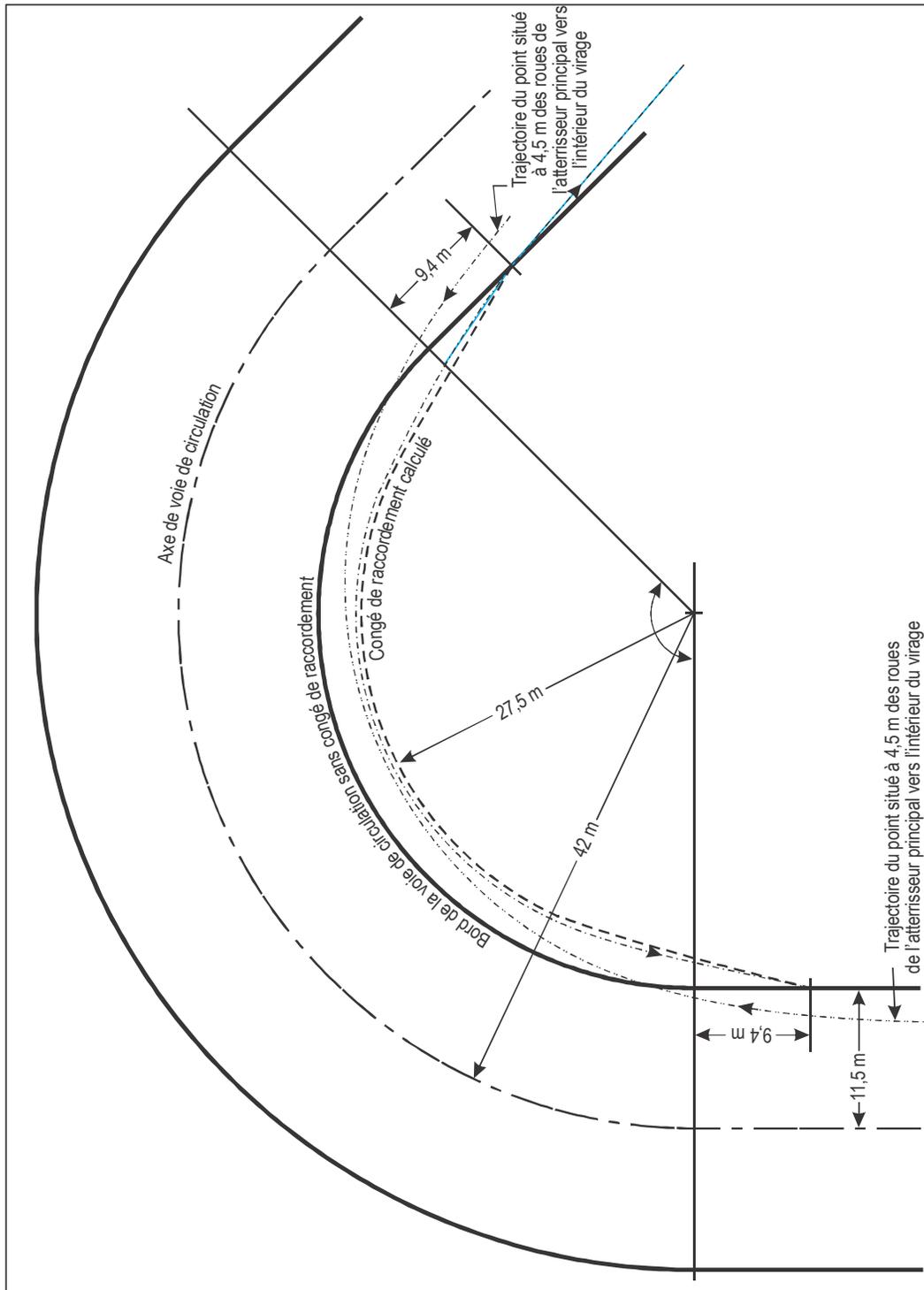


Figure A1-18. Exemple de congé de raccordement obtenu par la méthode par arc et tangentes (voir l'Exemple n° 1)

Exemple n° 2. Congé de raccordement composite pour avion à grande longueur de référence et à large voie (voir la Figure A1-19)

	Données (m)
Changement de direction de la voie de circulation 90°	
Rayon de courbure de l'axe de la voie de circulation (R)	34,3
Largeur de la voie de circulation (X)	23
Longueur de référence de l'avion (d)	25,6
Voie du train principal (T)	13,1
Marge de sécurité (M)	4,6
Premier point du congé de raccordement	
Rapport $\frac{R}{d} =$	$\frac{34,3}{25,6} = 1,34$
Déport intérieur maximal (Figure A1-14) = 32,6 % de d	$\lambda \text{ max} = 8,3 \text{ m}$
Rayon du congé de raccordement, $r = R - (\lambda \text{ max} + \frac{T}{2} + M)$	$34,3 - (8,3 + 6,6 + 4,6) = 14,8 \text{ m}$
Déport intérieur maximal sans congé de raccordement = $\frac{X}{2} - (M + \frac{T}{2})$	$11,5 - (4,6 + 6,6) = 0,3 \text{ m}$
D'après la Figure A1-15 cette valeur correspond à un angle de guidage de 0,7°.	
Se reporter à la Figure A1-16 pour obtenir l'angle de guidage à la fin du virage (90°, R/d = 1,34) ; on obtient 39°.	
À l'aide de la Figure A1-17 on transforme ces valeurs d'angle de guidage en valeurs de déplacement le long de l'axe rectiligne. La valeur 0,7° se situe au-dessous des courbes du graphique et l'on doit donc utiliser le tableau. À l'intersection de la colonne 0° et de la ligne correspondant à la décimale 0,7°, on trouve la valeur 4,59. La distance parcourue est égale à $4,59 \times d = L_1$. D'après le graphique, on voit que la valeur 39° correspond à L_2 .	$L_1 = 4,59 \times 25,6 = 117,5 \text{ m}$
La différence L_3 entre L_1 et L_2 correspond à la distance que doit parcourir le point de référence pour ramener l'angle de 39° à 0,7°.	$L_2 = 12,5 \text{ m}$ $L_3 = 105 \text{ m}$
Pour obtenir la distance au-delà de l'extrémité de la courbe à laquelle se trouve le centre du train principal, on soustrait la longueur de référence de L_3 .	$105 - 25,6 = 79,4 \text{ m}$

Données
(m)

Deuxième point du congé de raccordement

Pour obtenir le deuxième point du congé de raccordement, on calcule à nouveau les données ci-dessus en utilisant une valeur de M inférieure pour la marge de sécurité.

Les données ci-après restent inchangées :

- a) Rapport $R/d = 1,34$
- b) Déport intérieur maximal, $\lambda \text{ max} = 8,3 \text{ m}$
- c) Angle de guidage à la fin du virage = 39°
- d) Déplacement du point de référence pour réduire l'angle de 39° $L_2 = 12,5 \text{ m}$

Nouvelle valeur choisie pour la marge de sécurité (M_1) = 1,5 m

$$\text{Déport intérieur maximal sans congé de raccordement} = \frac{X}{2} - \left(M_1 + \frac{T}{2}\right) \quad 11,5 - (1,5 + 6,6) = 3,4 \text{ m}$$

D'après la Figure A1-15, cette valeur correspond à un angle de guidage de $7,5^\circ$ qu'on transforme (Figure A1-17) en une valeur de déplacement du point de référence égale à L_1 . La différence L_3 entre L_1 et L_2 correspond à la distance que doit parcourir le point de référence pour ramener l'angle de 39° à $7,5^\circ$.

$$L_1 = 55,5 \text{ m} \\ L_3 = 55,5 - 12,5 = 43 \text{ m}$$

Pour obtenir la distance au-delà de l'extrémité de la courbe à laquelle se trouve le centre du train principal, on soustrait la longueur de référence de L_3 .

$$43 - 25,6 = 17,4 \text{ m}$$

Ce point donne une marge de sécurité de 1,5 m. Comme la valeur de cette marge doit être de 4,6 m le raccordement définitif doit passer à 3,1 m à l'intérieur de ce point.

Tracé

1. Tracer un arc de centre O (centre de la courbe de la voie de circulation) et de 14,8 m de rayon.
 2. Porter des points à une distance de 17,4 m au-delà de l'extrémité de la courbe, sur le bord intérieur de la voie de circulation.
 3. Tracer des arcs ayant pour centre les points indiqués en 2 ci-dessus, avec un rayon de 3,1 m.
 4. Tracer les tangentes communes aux arcs décrits en 1 et 3 ci-dessus.
 5. Porter des points à 79,4 m au-delà de l'extrémité de la courbe, sur le bord intérieur de la voie de circulation.
 6. À partir de ces points, tracer des tangentes aux arcs définis en 3 ci-dessus.
-

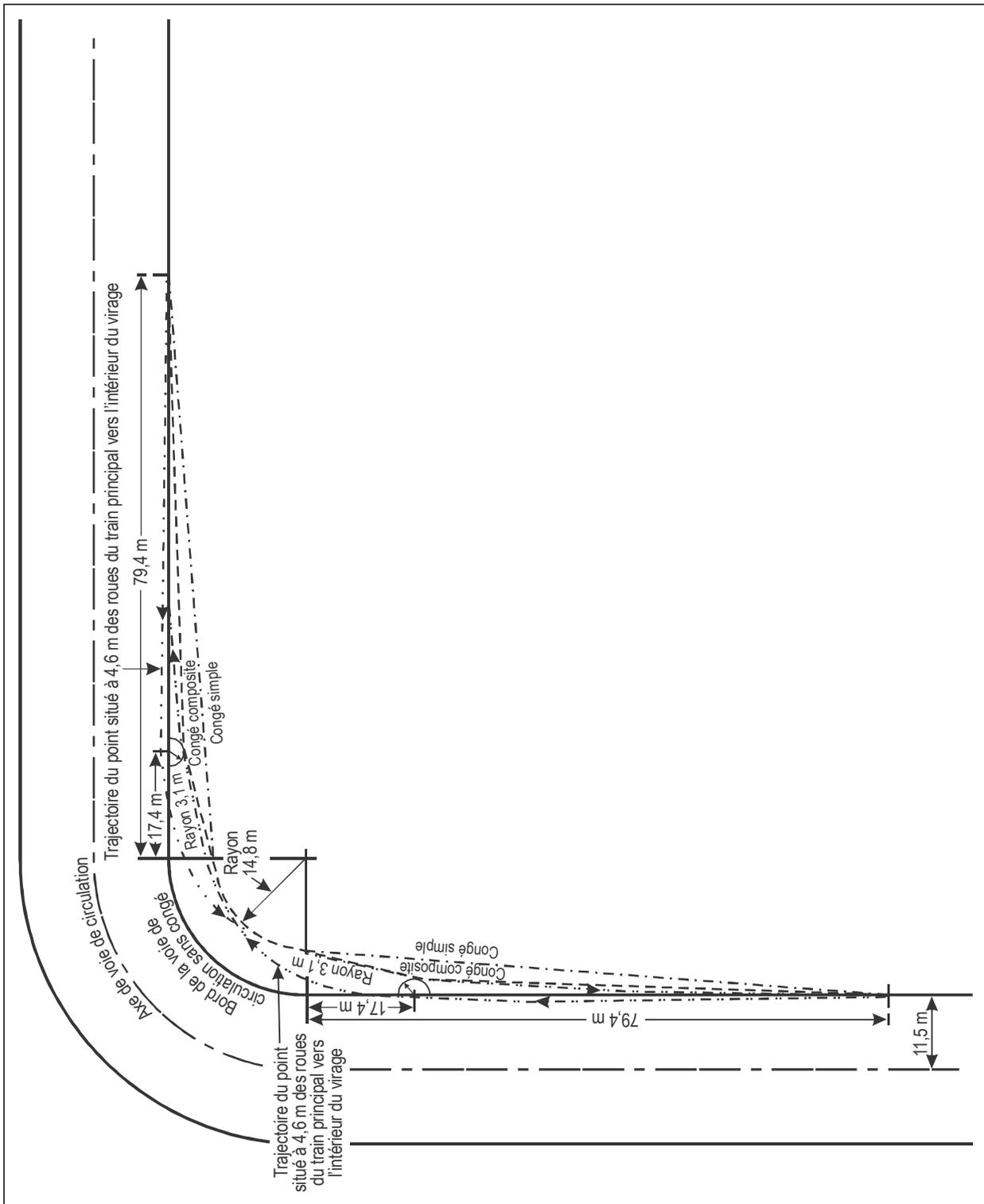
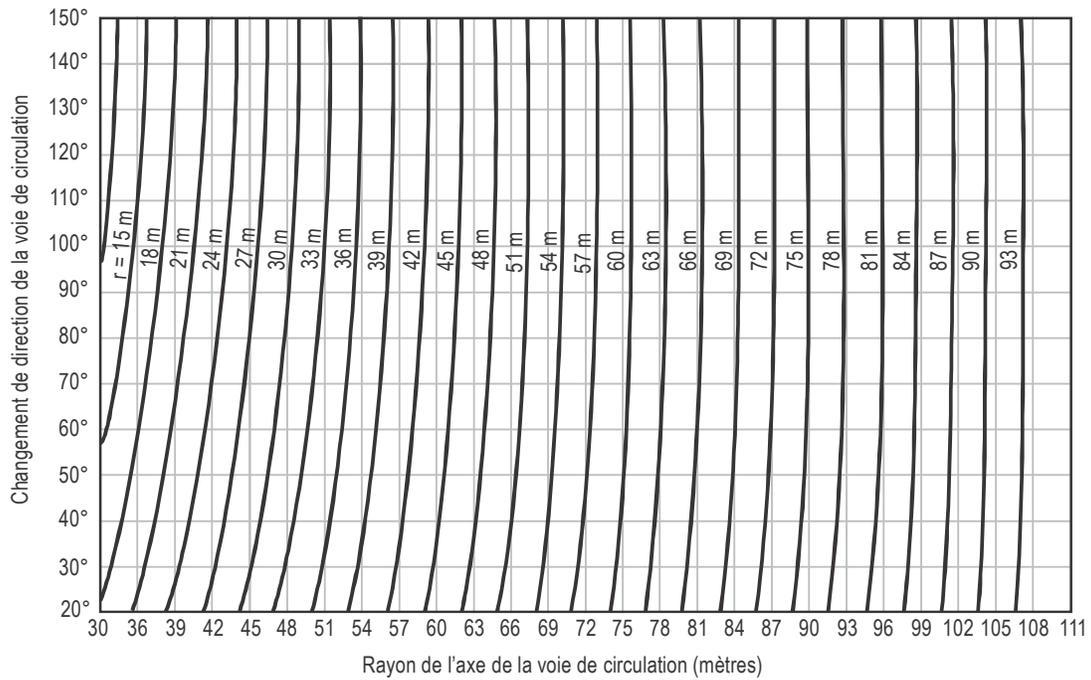
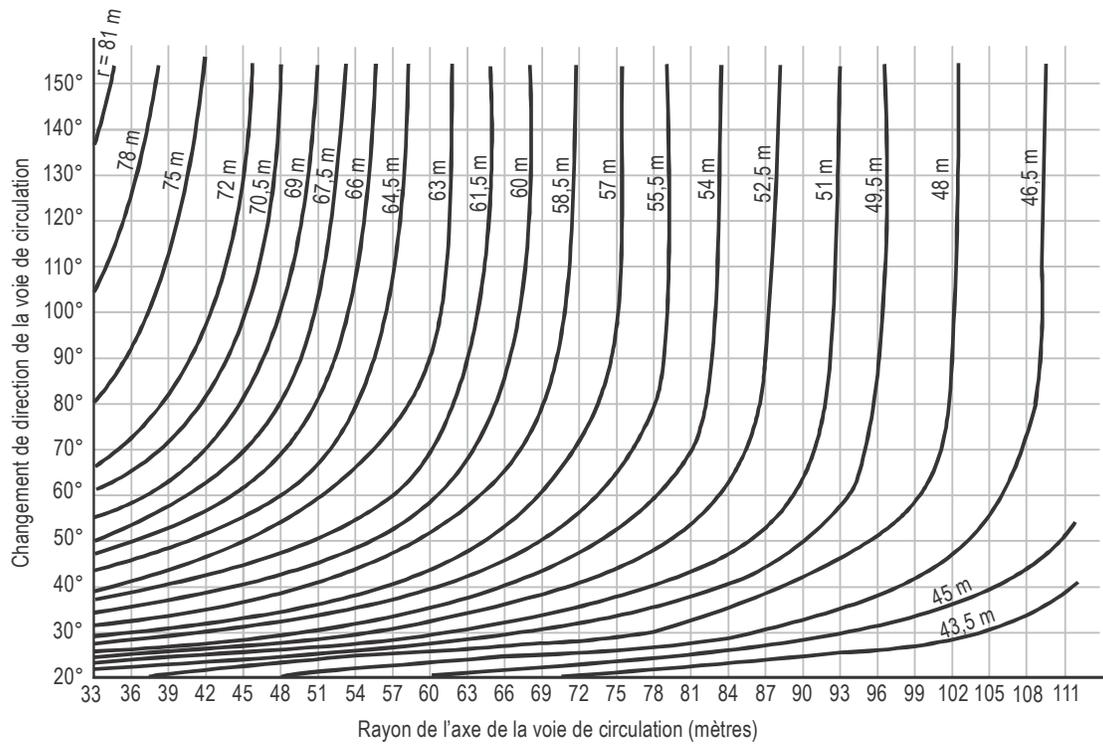


Figure A1-19. Congé de raccordement composite pour avion à grande longueur de référence et à large voie (voir l'Exemple n°2)

Graphique A — Rayon de l'arc du congé de raccordement (r)



Graphique B — Distance parcourue (F)



**Figure A1-20. Graphique à lecture rapide pour Boeing 747
 (le poste de pilotage suivant l'axe de la voie de circulation)**

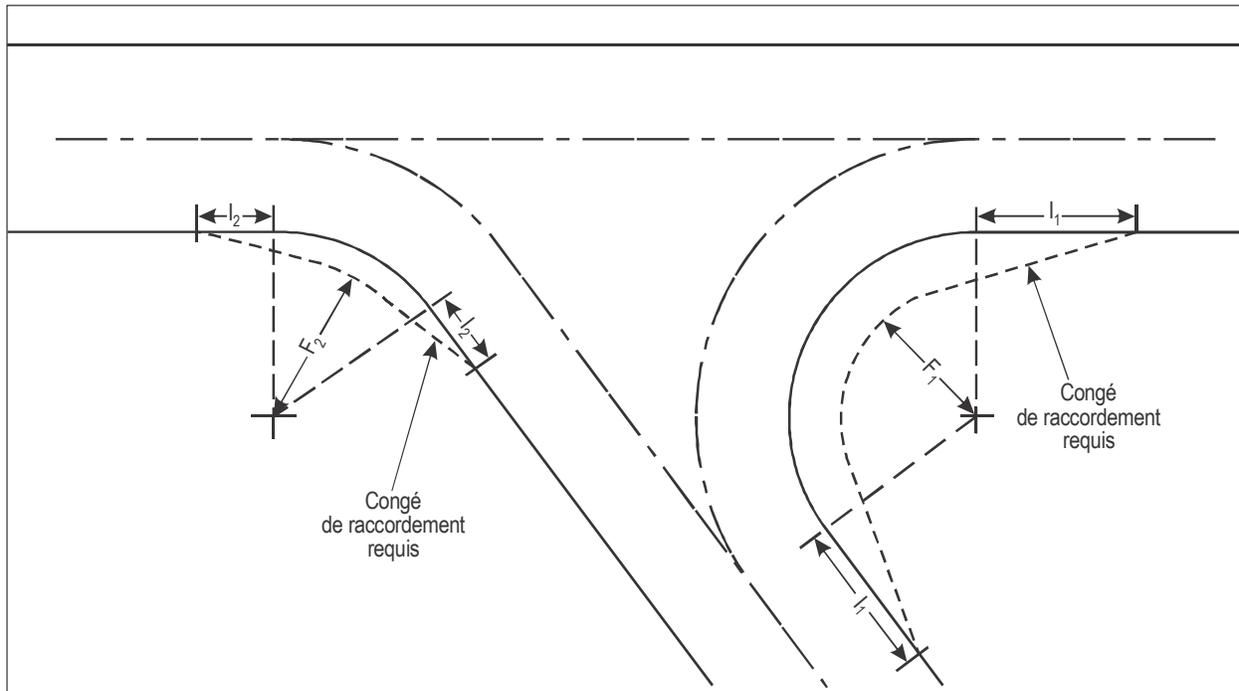


Figure A1-21. Schéma de congés de raccordement de voies de circulation

Tableau A1-1. Relation entre l'angle de guidage et l'angle de braquage de la roue avant

Angle de braquage de la roue avant (°)	X = 1,0	X = 1,1	X = 1,2	X = 1,3	X = 1,4	X = 1,5	X = 1,6	X = 1,7	X = 1,8	X = 1,9	X = 2,0
0,5	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900	0,950	1,000
1,0	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,800	1,899	1,999
1,5	1,500	1,650	1,800	1,950	2,100	2,249	2,399	2,549	2,699	2,848	2,998
2,0	2,000	2,200	2,400	2,599	2,799	2,998	3,198	3,397	3,597	3,796	3,995
2,5	2,500	2,750	2,999	3,249	3,498	3,747	3,996	4,245	4,494	4,742	4,991
3,0	3,000	3,299	3,599	3,898	4,196	4,495	4,793	5,091	5,389	5,686	5,984
3,5	3,500	3,849	4,198	4,546	4,894	5,242	5,589	5,936	6,283	6,629	6,974
4,0	4,000	4,399	4,797	5,194	5,591	5,988	6,384	6,779	7,174	7,568	7,961
4,5	4,500	4,948	5,395	5,842	6,288	6,733	7,177	7,621	8,063	8,505	8,945
5,0	5,000	5,497	5,993	6,489	6,983	7,476	7,969	8,460	8,949	9,438	9,925
5,5	5,500	6,046	6,591	7,135	7,677	8,219	8,758	9,296	9,833	10,368	10,900
6,0	6,000	6,595	7,188	7,780	8,371	8,959	9,546	10,131	10,713	11,293	11,871
6,5	6,500	7,144	7,785	8,425	9,063	9,698	10,331	10,962	11,590	12,215	12,837
7,0	7,000	7,692	8,382	9,069	9,754	10,436	11,115	11,790	12,463	12,132	13,797
7,5	7,500	8,240	8,978	9,712	10,443	11,171	11,895	12,615	13,332	14,044	14,751
8,0	8,000	8,788	9,573	10,354	11,131	11,904	12,673	13,437	14,196	14,951	15,700
8,5	8,500	9,336	10,167	10,995	11,818	12,635	13,448	14,255	15,057	15,852	16,642
9,0	9,000	9,883	10,761	11,635	12,502	13,364	14,220	15,070	15,912	16,748	17,577
9,5	9,500	10,430	11,355	12,273	13,185	14,091	14,989	15,880	16,763	17,638	18,505
10,0	10,000	10,977	11,947	12,911	13,867	14,815	15,755	16,686	17,609	18,522	19,425
10,5	10,500	11,523	12,539	13,547	14,546	15,536	16,517	17,488	18,449	19,399	20,339
11,0	11,000	12,069	13,130	14,181	15,223	16,255	17,276	18,286	19,284	20,270	21,244
11,5	11,500	12,612	13,720	14,815	15,899	16,971	18,031	19,079	20,113	21,134	22,142
12,0	12,000	13,160	14,309	15,447	16,572	17,684	18,783	19,867	20,937	21,992	23,031
12,5	12,500	13,705	14,898	16,077	17,243	18,394	19,530	20,650	21,754	22,842	23,912
13,0	13,000	14,249	15,485	16,706	17,912	19,101	20,274	21,429	22,566	23,685	24,784
13,5	13,500	14,793	16,071	17,333	18,578	19,805	21,013	22,202	23,371	24,520	25,648
14,0	14,000	15,337	16,657	17,959	19,242	20,505	21,748	22,970	24,170	25,348	26,503
14,5	14,500	15,880	17,241	18,583	19,904	21,203	22,479	23,733	24,963	26,168	27,350
15,0	15,000	16,423	17,825	19,205	20,563	21,896	23,206	24,490	25,748	26,981	28,187
15,5	15,500	16,965	18,407	19,825	21,219	22,587	23,928	25,242	26,528	27,785	29,015
16,0	16,000	17,506	18,988	20,444	21,873	23,273	24,645	25,988	27,300	28,582	29,834
16,5	16,500	18,047	19,568	21,061	22,524	23,957	25,358	26,728	28,066	29,371	30,644
17,0	17,000	18,588	20,147	21,675	23,172	24,636	26,066	27,463	28,825	20,152	31,444
17,5	17,500	19,128	20,725	22,288	23,818	25,312	26,770	28,192	29,577	30,924	32,235
18,0	18,000	19,667	21,301	22,899	24,460	25,984	27,469	28,915	30,321	31,689	33,017
18,5	18,500	20,206	21,876	23,508	25,100	26,652	28,162	29,632	31,059	32,445	33,790
19,0	19,000	20,745	22,450	24,115	25,737	27,316	28,851	30,343	31,790	33,194	34,553
19,5	19,500	21,282	23,023	24,719	26,371	27,976	29,535	31,048	32,514	33,934	35,308
20,0	20,000	21,820	23,594	25,322	27,001	28,633	30,214	31,747	33,231	34,666	36,052

Angle de braquage de la roue avant (°)	X = 1,0	X = 1,1	X = 1,2	X = 1,3	X = 1,4	X = 1,5	X = 1,6	X = 1,7	X = 1,8	X = 1,9	X = 2,0
20,5	20,500	22,356	24,164	25,922	27,629	29,285	30,889	32,440	33,940	35,389	36,788
21,0	21,000	22,892	24,733	26,520	28,254	29,933	31,558	33,127	34,643	36,105	37,514
21,5	21,500	23,427	25,300	27,116	28,876	30,577	32,221	33,808	35,338	36,812	38,232
22,0	22,000	23,962	25,866	27,710	29,494	31,218	32,880	34,483	36,026	37,512	38,940
22,5	22,500	24,496	26,430	28,301	30,109	31,854	33,534	35,152	36,708	38,203	39,639
23,0	23,000	25,029	26,993	28,891	30,722	32,485	34,183	35,814	37,283	38,886	40,330
23,5	23,500	25,561	27,554	29,478	31,330	33,113	34,826	36,471	38,049	29,562	41,011
24,0	24,000	26,093	28,114	30,062	31,936	33,737	35,465	37,122	38,709	40,229	41,684
24,5	24,500	26,625	28,673	30,644	32,539	34,356	36,098	37,766	39,362	40,889	42,348
25,0	25,000	25,155	29,230	31,224	33,128	34,971	36,726	38,405	40,009	41,540	43,003
25,5	25,500	27,685	29,786	31,802	33,734	35,582	37,349	39,037	40,648	42,185	43,650
26,0	26,000	28,214	30,340	32,377	34,326	36,189	37,967	39,664	41,281	42,821	44,288
26,5	26,500	28,742	30,892	32,950	34,916	36,792	38,580	40,284	41,906	43,450	44,919
27,0	27,000	29,270	31,443	33,520	35,502	37,390	39,188	40,899	42,525	33,071	45,541
27,5	27,500	29,796	31,992	34,088	36,084	37,985	39,791	41,508	43,138	44,685	46,155
28,0	28,000	30,323	32,540	34,653	36,664	38,575	40,389	42,111	43,744	45,292	46,760
28,5	28,500	30,848	33,086	35,216	37,240	39,161	40,982	42,708	44,343	45,892	47,358
29,0	29,000	21,372	22,631	35,777	37,813	39,742	41,570	43,299	44,936	46,484	47,949
29,5	29,500	31,896	34,174	36,335	38,382	40,320	42,153	43,885	45,522	47,069	48,531
30,0	30,000	32,419	34,715	36,890	38,948	40,893	42,731	44,465	46,102	47,648	49,107
30,5	30,500	32,941	35,255	37,443	39,511	41,463	43,304	45,039	46,676	48,219	49,674
31,0	31,000	33,463	35,793	37,994	40,071	42,028	43,872	45,608	47,244	48,784	50,235
31,5	31,500	33,983	36,329	38,542	40,627	42,589	44,435	46,172	47,805	49,342	50,788
32,0	32,000	34,503	36,864	39,088	41,180	43,146	44,994	46,730	48,361	49,893	51,334
32,5	32,500	35,022	37,397	39,631	41,730	43,700	45,548	47,282	48,910	50,438	51,874
33,0	33,000	35,540	37,929	40,172	42,276	44,249	46,097	47,810	49,454	50,077	52,406
33,5	33,500	36,057	38,459	40,710	42,819	44,794	46,642	48,372	49,991	51,509	52,932
34,0	34,000	36,574	38,987	41,246	43,359	45,335	47,182	48,908	50,524	52,035	53,451
34,5	34,500	37,090	39,514	41,780	43,896	45,872	47,717	49,440	51,050	52,555	53,964
35,0	35,000	37,604	40,039	42,311	44,430	46,406	48,248	49,967	51,571	53,069	54,470
35,5	35,500	38,119	40,562	42,839	44,960	46,935	48,775	50,488	52,086	53,578	54,971
36,0	36,000	38,632	41,084	43,365	45,467	47,461	49,297	51,005	52,596	54,080	55,465
36,5	36,500	39,144	41,604	43,889	46,011	47,983	49,184	51,517	53,101	54,577	55,953
37,0	37,000	39,656	42,122	44,410	46,532	48,501	50,328	52,024	53,601	55,068	56,435
37,5	37,500	40,166	42,639	44,929	47,050	49,015	50,637	52,526	54,095	55,553	56,911
38,0	38,000	40,676	43,154	45,445	47,565	49,526	51,341	53,024	54,584	56,034	57,382
38,5	38,500	41,185	43,667	45,960	48,077	50,003	51,842	53,517	55,068	56,509	57,847
39,0	39,000	41,693	44,179	46,471	48,585	50,537	52,339	54,005	55,548	56,978	58,307
39,5	39,500	42,201	44,689	46,981	49,091	51,036	52,831	54,489	56,022	57,443	58,761
40,0	40,000	42,707	45,198	47,487	49,594	51,533	53,320	54,968	56,492	57,902	59,210
40,5	40,500	43,213	45,704	47,992	50,094	52,026	53,804	55,443	56,957	58,357	59,654
41,0	41,000	43,719	46,210	48,494	50,590	52,515	54,285	55,914	57,418	58,807	60,093
41,5	41,500	44,222	46,713	48,994	51,084	53,001	54,761	56,381	57,874	59,252	60,527

Angle de braquage de la roue avant (°)	X = 1,0	X = 1,1	X = 1,2	X = 1,3	X = 1,4	X = 1,5	X = 1,6	X = 1,7	X = 1,8	X = 1,9	X = 2,0
42,0	42,000	44,725	47,215	49,492	51,575	53,483	55,234	56,843	58,325	59,692	60,956
42,5	42,500	45,227	47,716	49,988	52,063	53,963	55,703	57,302	58,772	60,128	61,381
43,0	43,000	45,729	48,215	50,481	52,549	54,439	56,169	57,756	59,215	60,559	61,800
43,5	43,500	46,229	48,712	50,972	53,031	54,911	56,631	58,206	59,654	60,986	62,216
44,0	44,000	46,729	49,208	51,461	53,511	55,381	57,089	58,653	60,088	61,409	62,626
44,5	44,500	47,228	49,702	51,947	53,988	55,847	57,543	59,096	60,519	61,827	63,033
45,0	45,000	47,726	50,194	52,431	54,462	56,310	57,995	59,534	60,945	62,241	63,435
45,5	45,500	48,224	50,685	52,914	54,934	56,770	58,442	59,970	61,368	62,652	63,833
46,0	46,000	48,720	51,175	53,394	55,403	57,227	58,887	60,401	61,878	63,058	64,227
46,5	46,500	49,216	51,663	53,872	55,869	57,681	59,328	60,829	62,202	63,460	64,616
47,0	47,000	49,711	52,149	54,347	56,333	58,132	59,765	61,254	62,613	63,858	65,002
47,5	47,500	50,205	52,634	54,821	56,794	58,850	60,200	61,675	63,021	64,253	65,384
48,0	48,000	50,698	53,118	55,293	57,253	59,025	60,631	62,092	63,425	64,644	65,763
48,5	48,500	51,190	53,600	55,762	57,709	59,467	61,059	62,506	63,825	65,031	66,137
49,0	49,000	51,682	54,080	56,230	58,163	59,907	61,485	62,917	64,222	65,415	66,508
49,5	49,500	51,173	54,559	56,696	58,614	60,343	61,907	63,325	64,616	65,795	66,876
50,0	50,000	52,663	55,037	57,159	59,063	60,777	62,326	63,730	65,007	66,172	67,240
50,5	50,500	53,152	55,513	57,621	59,510	61,209	62,742	64,131	65,394	66,546	67,600
51,0	51,000	53,641	55,988	58,081	59,954	61,637	63,155	64,530	65,778	66,916	67,957
51,5	51,500	54,128	56,461	58,539	60,396	62,063	63,566	64,925	66,159	67,283	68,311
52,0	52,000	54,615	56,933	58,995	60,836	62,487	63,974	65,317	66,537	67,647	68,662
52,5	52,500	55,102	57,404	59,449	61,273	62,908	64,379	65,707	66,912	68,008	69,010
53,0	53,000	55,587	57,873	59,901	61,709	63,326	64,781	66,094	67,284	68,366	69,355
53,5	53,500	56,072	58,341	60,351	62,142	63,743	65,181	66,478	67,653	68,721	69,697
54,0	54,000	56,556	58,807	60,800	62,573	64,156	65,578	66,859	68,019	69,074	70,035
54,5	54,500	57,039	59,272	61,247	63,001	64,568	65,972	67,238	68,383	69,423	70,371
55,0	55,000	57,521	59,736	61,692	63,428	64,977	66,364	67,614	68,744	69,770	70,705
55,5	55,500	58,003	60,199	62,136	63,358	65,383	66,754	67,987	69,102	70,114	71,035
56,0	56,000	58,484	60,660	62,577	64,276	65,788	67,141	68,358	69,458	70,455	71,363
56,5	56,500	58,964	61,120	63,017	64,696	66,190	67,526	68,727	69,811	70,794	71,688
57,0	57,000	59,444	61,579	63,456	65,115	66,590	67,909	69,093	70,161	71,130	72,011
57,5	57,500	59,923	62,037	63,893	65,532	66,988	68,289	69,457	70,510	71,464	72,331
58,0	58,000	60,401	62,493	64,328	65,947	67,384	68,667	69,818	70,856	71,795	72,649
58,5	58,500	60,878	62,948	64,762	66,360	67,778	69,043	70,177	71,199	72,124	72,965
59,0	59,000	61,355	63,402	65,194	66,772	68,170	69,417	70,534	71,540	72,451	73,278
59,5	59,500	61,831	63,855	65,624	67,181	68,360	69,789	70,889	71,879	72,775	73,589
60,0	60,000	62,307	64,307	66,053	67,589	68,948	70,158	71,242	72,216	73,098	73,898
60,5	60,500	62,781	64,757	64,481	67,995	69,334	70,526	71,592	72,551	73,418	74,205
61,0	61,000	63,256	65,207	66,907	68,400	69,719	70,892	71,941	72,884	73,736	74,509
61,5	61,500	63,729	65,655	67,332	68,802	70,101	71,255	72,287	73,214	74,052	74,812
62,0	62,000	64,202	66,102	67,775	69,204	70,482	71,617	72,632	73,543	74,366	75,112
62,5	62,500	64,674	66,549	68,177	69,603	70,861	71,977	72,975	73,870	74,678	75,411
63,0	63,000	65,146	66,994	68,598	70,001	71,238	72,336	73,315	74,195	74,988	75,707

Angle de braquage de la roue avant (°)	X = 1,0	X = 1,1	X = 1,2	X = 1,3	X = 1,4	X = 1,5	X = 1,6	X = 1,7	X = 1,8	X = 1,9	X = 2,0
63,5	63,500	65,617	67,438	69,017	70,398	71,614	72,692	73,654	74,518	75,296	76,002
64,0	64,000	66,088	67,881	69,435	70,793	71,988	73,047	73,992	74,839	75,603	76,295
64,5	64,500	66,558	68,323	69,852	71,186	72,360	73,400	74,327	75,159	75,908	76,586
65,0	65,000	67,027	68,764	70,267	71,578	72,731	73,752	74,661	75,476	76,211	76,876
65,5	65,500	67,496	69,205	70,681	71,969	73,100	74,102	74,993	75,792	76,512	77,164
66,0	66,000	67,964	69,644	71,095	72,358	73,468	74,450	75,324	76,107	76,812	77,450
66,5	66,500	68,432	70,082	71,506	72,746	73,834	74,797	75,653	76,420	77,110	77,734
67,0	67,000	68,899	70,520	71,917	73,133	74,199	75,142	75,980	76,731	77,406	78,017
67,5	67,500	69,336	70,956	72,327	73,518	74,563	75,486	76,306	77,041	77,702	78,299
68,0	68,000	69,832	71,392	72,735	73,902	74,925	75,828	76,631	77,349	77,995	78,579
68,5	68,500	70,298	71,827	73,143	74,285	75,286	76,169	76,954	77,656	78,287	78,858
69,0	69,000	70,763	72,251	73,549	74,667	75,646	76,509	77,276	77,962	78,587	79,135
69,5	69,500	71,227	72,695	73,955	75,048	76,004	76,847	77,596	78,266	78,867	79,411
70,0	70,000	71,692	73,127	74,359	75,427	76,361	77,184	77,915	78,569	79,156	79,686
70,5	70,500	72,155	73,559	74,762	75,805	76,717	77,520	78,233	78,870	79,442	79,959
71,0	71,000	72,619	73,900	75,165	76,182	77,072	77,855	78,550	79,171	79,728	80,232
71,5	71,500	73,081	74,420	75,566	76,559	77,425	78,188	78,865	79,470	80,012	80,503
72,0	72,000	73,544	74,850	75,967	76,934	77,778	78,521	79,180	79,768	80,296	80,772
72,5	72,500	74,006	75,278	76,367	77,309	78,129	78,852	79,493	80,065	80,578	81,041
73,0	73,000	74,467	75,707	76,766	77,681	78,480	79,182	79,805	80,360	80,859	81,309
73,5	73,500	74,929	76,134	77,164	78,053	78,829	79,511	80,116	80,655	81,139	81,575
74,0	74,000	75,389	76,561	77,561	78,425	79,178	79,840	80,426	80,949	81,418	81,841
74,5	74,500	75,850	76,987	77,958	78,795	79,525	80,167	80,735	81,241	81,696	82,106
75,0	75,000	76,310	77,413	78,354	79,165	79,872	80,493	81,043	81,533	81,973	82,369
75,5	75,500	76,770	77,838	78,749	79,534	80,218	80,818	81,350	81,824	82,249	82,632
76,0	76,000	77,229	78,262	79,143	79,902	80,563	81,143	81,656	82,114	82,524	82,894
76,5	76,500	77,688	78,686	79,537	80,269	80,907	81,466	81,962	82,403	82,798	83,155
77,0	77,000	78,147	79,110	79,930	80,636	81,250	81,789	82,266	82,691	83,072	83,415
77,5	77,500	78,605	79,533	80,322	81,002	81,593	82,111	82,570	82,979	83,345	83,675
78,0	78,000	79,063	79,955	80,714	81,367	81,935	82,433	82,873	83,265	83,617	83,933
78,5	78,500	79,521	80,377	81,105	81,731	82,276	82,753	83,175	83,551	82,888	84,192
79,0	79,000	79,979	80,799	81,496	82,095	82,616	83,073	83,477	83,837	84,159	84,449
79,5	79,500	80,436	81,220	81,886	82,459	82,956	83,392	83,778	84,121	84,429	84,706
80,0	80,000	80,893	81,641	82,276	82,822	83,296	83,711	84,078	84,405	84,698	84,962
80,5	80,500	81,350	82,061	82,665	83,184	83,634	84,029	84,378	84,689	84,967	85,217
81,0	81,000	81,807	82,481	83,054	83,545	83,972	84,347	84,677	84,971	85,235	85,472
81,5	81,500	82,263	82,901	83,442	83,907	84,310	84,664	84,976	85,254	85,502	85,726
82,0	82,000	82,719	83,320	83,830	84,287	84,647	84,980	85,274	85,536	85,770	85,980
82,5	82,500	83,175	83,739	84,217	84,628	84,984	85,296	85,572	85,817	86,036	86,234
83,0	83,000	83,631	84,156	84,604	84,988	85,320	85,612	85,869	86,098	86,302	86,487
83,5	83,500	84,087	84,576	84,991	85,347	85,656	85,927	86,166	86,378	86,568	86,740
84,0	84,000	84,542	84,994	85,378	85,707	85,992	86,242	86,462	86,658	86,834	86,992
84,0	84,000	84,542	84,994	85,378	85,707	85,992	86,242	86,462	86,658	86,834	86,992

Appendice 2

SOUFFLE DES RÉACTEURS ET ÉCRANS ANTISOUFFLE

Introduction

1. Les termes « souffle des réacteurs » et « sillage de l'hélice » sont utilisés pour décrire les déplacements d'air produits respectivement par un moteur à réaction et un moteur à hélice en fonctionnement. Dans la conception des installations au sol, des bâtiments et des chaussées, il faut tenir compte de l'effet des forces qui résultent de ces déplacements d'air. Avant la mise en service des turboréacteurs, on ne prêtait guère attention aux effets du sillage des hélices dans la conception des installations et des chaussées. Les aires de service et d'entretien étaient parfois dotées d'écrans de protection pour dévier le souffle causé par la présence d'avions très rapprochés les uns des autres dans ces secteurs, mais la conception des aires de trafic et des aérogares n'était généralement pas influencée par des considérations de sillage d'hélices. Les moteurs à réaction et les améliorations techniques qui ont augmenté la puissance et l'efficacité de ces moteurs ont fortement augmenté la vitesse du souffle et ont amené à concevoir des installations pour se protéger contre les forces qui y sont associées. Le présent appendice décrit l'ampleur et l'emplacement des forces qui s'exercent et présente certains concepts quant à l'emplacement et aux types d'écrans et de chaussées qui peuvent être nécessaires aux aérodromes pour atténuer les effets de ces forces.

Effets connexes

2. Dans la planification des installations de l'aérodrome, il faut tenir compte non seulement de la grande vitesse du souffle mais aussi du bruit, de la chaleur et des gaz provenant de l'échappement des moteurs à réaction. Toutefois, les endroits où les effets de cet échappement peuvent nuire aux personnes ou aux bâtiments sont en général déjà inoccupés en raison de la grande vitesse du souffle. La possibilité que du sable, du gravier et d'autres objets libres deviennent des projectiles et soient projetés à de grandes distances ou aspirés par les moteurs doit être atténuée. De tels projectiles peuvent blesser les personnes et endommager les équipements, les installations ou d'autres avions.

Régime des moteurs

3. Trois niveaux de poussée des moteurs sont habituellement considérés pour déterminer les vitesses de souffle critiques à utiliser dans la conception des bâtiments et des chaussées : régime de ralenti, régime de mise en mouvement et régime de décollage (poussée maximale continue). Presque toutes les installations adjacentes aux aires de mouvement des avions seront soumises au moins à la poussée de ralenti des moteurs de l'avion critique. Le régime de mise en mouvement est le niveau de poussée nécessaire pour que l'avion commence à rouler et sa valeur correspond généralement à 50 à 60 % de la poussée maximale continue. Les zones conçues pour résister à la poussée de mise en mouvement comprennent généralement les bâtiments d'aérogare, les accotements d'aire de trafic et de voie de circulation, les plates-formes d'attente et toutes les chaussées, à l'exception des pistes. Les avions utilisent la poussée maximale continue durant le décollage et, par conséquent, la chaussée, les accotements et les extrémités des pistes devraient être conçus pour résister à cette poussée maximale.

Vitesses du souffle admissibles

4. Des vitesses de souffle supérieures à 56 km/h sont considérées comme gênantes pour le confort du personnel et le bon fonctionnement des véhicules et autres équipements sur l'aire de mouvement. Il est possible de

concevoir des bâtiments résistant à des vitesses beaucoup plus élevées, mais les coûts supplémentaires de construction nécessaires pour que les bâtiments puissent résister à des pressions supérieures à celles qui sont normalement considérées dans la conception des bâtiments peuvent être prohibitifs. Les bâtiments sont normalement conçus pour résister à des vents de 130 à 200 km/h, selon la localité. Si les vitesses de calcul sont supérieures à ce niveau pour tenir compte du souffle des réacteurs, il faudra alors renforcer en conséquence la structure des bâtiments et les façades. Pour un aérodrome donné, il faut étudier le compromis à faire entre l'augmentation du coût du bâtiment et le recours à d'autres solutions permettant de réduire la vitesse du souffle qui frappe le bâtiment (p. ex. en installant des écrans antisouffle ou en augmentant les dimensions de l'aire de trafic).

VITESSE ET PRESSION DU SOUFFLE

Contours de vitesses

5. Des renseignements sur les vitesses spécifiques des gaz d'échappement, notamment sur l'empreinte latérale et verticale du souffle, d'un modèle d'avion donné figurent dans le document « *Airplane Characteristics For Airport Planning* » établi par les constructeurs pour la plupart des modèles d'avions. Ce document est généralement fourni par le constructeur sur demande écrite. Les empreintes latérales et verticales des B737-8, B747-8, MD-11 et B777-300ER aux régimes de ralenti, de mise en mouvement et de décollage sont représentées aux Figures A2-1 à A2-4. Le Tableau A2-1 montre, pour chacun de ces quatre types d'avions commerciaux et pour les trois niveaux de poussée, les distances derrière l'avion auxquelles la vitesse du souffle tombe à 56 km/h, soit la vitesse limite pour le confort du personnel et pour l'utilisation de véhicules et autres équipements.

Pression du souffle

6. Les forces engendrées par le souffle des réacteurs peuvent être calculées au moyen de la formule générale de la pression du vent $P = C \times V^2$, où P est la pression, C un facteur de forme et V^2 est le carré de la vitesse du vent perpendiculairement à la surface. La Figure A2-5 présente un graphique de la pression en fonction de la vitesse du souffle et comprend la formule générale, avec les unités indiquées pour la vitesse et la pression. La courbe supérieure est celle de la pression s'exerçant sur une surface plane perpendiculaire à la direction du souffle qui engendre la pression la plus grande possible. La courbe inférieure est celle d'une surface plus aérodynamique présentant un coefficient de facteur de forme égal à 70 % du coefficient de surface plane. La force totale s'exerçant sur une surface courbe est obtenue en multipliant la pression par la superficie de la surface projetée sur un plan perpendiculaire à la direction du souffle. La pression étant une fonction du carré de la vitesse, la pression quadruple lorsque la vitesse double. D'autre part, un accroissement relativement léger de la distance entre l'arrière de l'avion et les bâtiments, l'équipement ou le personnel entraîne une importante réduction de la pression que le souffle exerce sur l'objet. La Figure A2-5 comporte également des vitesses de souffle représentatives, extraites du Tableau A2-2, pour montrer le rapport avec le niveau de confort du personnel et la pression de calcul de résistance au vent d'un bâtiment type.

Autres considérations

7. Plusieurs autres facteurs définissent plus avant la nature du souffle, comme suit :

- a) le souffle des réacteurs est irrégulier et turbulent par nature. Lorsque l'on conçoit des fenêtres et des éléments de bâtiments à moins de 1,4 m, il faut tenir compte des vibrations causées par le caractère cyclique des vitesses de souffle ;
- b) la hauteur de l'axe du souffle dépend de la hauteur et de l'orientation des moteurs de l'avion ;

- c) sauf pour les avions à fuselage long, le souffle ne dépasse généralement pas latéralement l'extrémité des ailes de l'avion, assez loin derrière celui-ci (voir les notes sur les Figures A2-1 à A2-4) ;
- d) les vents ambiants peuvent augmenter, diminuer ou déplacer le souffle des réacteurs, selon leur direction. Il faut tenir compte de ce facteur en ajoutant à la vitesse du souffle une vitesse du vent ambiant (pour un emplacement donné).

ÉCRANS ANTISOUFFLE

Application

8. Des écrans antisouffle sont utilisés aux aérodromes pour réduire ou éliminer les effets nuisibles du souffle en détournant le flux d'air à grande vitesse, la chaleur, les gaz et le bruit associés au souffle. Il devient nécessaire de mettre en place des écrans lorsqu'il est impossible d'assurer une séparation sûre et raisonnable entre les moteurs des avions et les personnes, les bâtiments et autres objets sur l'aérodrome. Les emplacements de l'aérodrome où il faut installer des écrans antisouffle sont indiqués à la Figure A2-6.

Critères de planification

9. Lorsque l'on planifie un système d'écrans antisouffle pour un aérodrome nouveau ou existant, il faut bien connaître les types d'avions et les différents mouvements qu'ils peuvent effectuer au sol. Chaque segment de l'aire de mouvement, notamment les aires de trafic, les voies de circulation, les plates-formes d'attente et les pistes, doit être analysé pour déterminer la force et la direction possible du souffle à cet emplacement. Dans le cas d'un nouvel aérodrome, cette information devient un des nombreux critères nécessaires pour déterminer les limites d'implantation des futurs bâtiments et installations. Dans le cas d'un aérodrome existant, cette information peut servir à déterminer où il faut installer de nouveaux écrans antisouffle ou modifier ces écrans en raison de la mise en service d'avions à réaction plus grands, de l'aménagement de nouvelles pistes ou voies de circulation, ou d'un changement dans les circuits de circulation au sol des avions.

Écrans antisouffle sur les aires de trafic

10. Le type de voie de circulation sur l'aire de trafic empruntée par les avions qui entrent ou sortent des postes de stationnement est un facteur critique pour déterminer la nécessité d'écrans antisouffle et leur emplacement. La Figure A2-7 illustre un exemple des écrans antisouffle nécessaires pour un poste de stationnement avec manœuvre autonome et pour le même poste avec une procédure d'entrée au moteur et de sortie par refoulement. Étant donné qu'un avion qui manœuvre par ses propres moyens doit faire un demi-tour complet sur l'aire de trafic avec ses réacteurs à la poussée de mise en mouvement, tous les secteurs situés le long des voies publiques, des voies de service et entre les postes de stationnement d'avion peuvent être soumis à un souffle excessif. Il faudra donc installer des écrans à tous ces emplacements, à moins que l'on puisse séparer suffisamment les positions des avions et les secteurs affectés. La situation se complique si les passagers doivent marcher sur l'aire de trafic pour embarquer. Des précautions additionnelles peuvent être nécessaires pour les protéger du souffle des avions qui entrent ou sortent des postes adjacents. Si l'aire de stationnement était conçue pour que les avions utilisent une procédure d'entrée au moteur et sortie par refoulement, avec des dispositifs de chargement par le nez, il suffirait d'installer un écran antisouffle le long de la voie de service. Ce type de système s'est généralisé sur les grands aérodromes qui reçoivent les avions à réaction de la dernière génération en raison du problème croissant que pose le souffle des nouveaux avions à réaction et de la nécessité de réduire le coût et la complexité des dispositifs antisouffle sur les postes de stationnement à manœuvres autonomes.

Écrans antisouffle dans les secteurs autres que les aires de trafic

11. Des écrans antisouffle devraient également être mis en place à tous les points d'un aérodrome où le souffle des réacteurs peut mettre en danger le personnel, endommager des bâtiments, des équipements ou d'autres avions. Des écrans sont souvent installés le long des voies de circulation et près des intersections de voies de circulation pour protéger les hangars ou les installations d'aérogares aux points où les avions peuvent virer à 90° ou 180°. La zone située au-delà de l'extrémité de piste, dans le prolongement de l'axe de piste, est un autre emplacement critique qui devrait être examiné attentivement parce que cette zone est soumise au souffle de la poussée maximale continue au décollage. Il peut être nécessaire de protéger par des écrans les routes ou les voies ferrées qui passent dans ces zones. Bien entendu, les écrans antisouffle ne devraient jamais constituer un danger pour les avions ou les véhicules qui circulent au sol (voir la Figure A2-7).

Autres types de protection contre le souffle des réacteurs

12. Bien que l'emploi d'écrans antisouffle soit efficace, la protection contre le souffle des réacteurs peut être obtenue par d'autres moyens et d'autres matériaux. Tout obstacle naturel ou artificiel assure une certaine protection. Des haies, des buissons et des arbres peuvent également aider à atténuer le bruit dans une certaine mesure. Des haies d'une certaine hauteur peuvent notamment être utilisées avantageusement dans certains cas, par exemple au voisinage des aires de point fixe.

CONCEPTION DES ÉCRANS ANTISOUFFLE

13. Bien qu'ils soient souvent d'une importance vitale pour la sécurité de l'exploitation d'un aérodrome, les écrans antisouffle constituent rarement le point de départ de la conception des aires de trafic ou des installations aéroportuaires. Au contraire, ils sont mis en place une fois seulement que l'on a établi le plan de base de l'aérodrome, et aux emplacements qui conviennent le mieux par rapport aux mouvements des avions ou des véhicules. De plus, l'aspect des écrans antisouffle est souvent dicté par des considérations architecturales d'ensemble. C'est pourquoi il est difficile de normaliser un modèle d'écran antisouffle et ces écrans doivent souvent être conçus « sur mesure ».

Types d'écrans

14. On peut utiliser du béton ou du métal. La plupart des écrans préfabriqués sont en métal. Les déflecteurs en béton nécessitent généralement beaucoup moins d'entretien. Les écrans à fentes détournent le souffle sur toute leur hauteur et les forces qui s'exercent sont donc moins grandes que celles qui frappent un écran plein dans les mêmes conditions de souffle. Des chicanes, des perforations, des fentes et des ondulations peuvent être utilisées séparément ou en combinaison pour réduire ou éliminer les effets du souffle en arrière de l'écran. Plusieurs types d'écrans antisouffle sont illustrés à la Figure A2-8.

Conception structurelle des écrans antisouffle

15. Les écrans antisouffle conçus sur mesure ou préfabriqués doivent être parfaitement étudiés pour s'assurer que l'écran utilisé est suffisamment résistant pour supporter les forces en cause. Dans la conception d'un dispositif d'écrans, il conviendrait en général de tenir compte des points suivants :

- a) *Pression brute du vent.* Pour un emplacement donné des écrans, la vitesse et la pression maximales du souffle des avions utilisant l'aérodrome peuvent être obtenues auprès des constructeurs d'aéronefs.

- b) *Hauteur des écrans.* Les écrans devraient être, au moins, suffisamment hauts pour détourner la partie centrale du souffle. Cette hauteur varie selon le type d'avion et devrait intervenir en même temps que le calcul de la pression pour déterminer la partie critique du dispositif d'écrans.
- c) *Forme et types d'écrans.* La forme de l'écran, qui peut être courbe, rectiligne, incliné ou vertical, et le type d'écran, avec ou sans ouvertures, détermineront la pression nette de vent s'exerçant sur la paroi. Des formes de conception aérodynamique et des ouvertures dans l'écran réduiront la pression brute.
- d) *Analyse des forces.* Compte tenu de la pression nette s'exerçant sur la paroi, de sa hauteur, de l'emplacement des autres supports, tels que les entretoises et contreventements, et du type des matériaux utilisés, on pourra déterminer les dimensions et la résistance des éléments de la paroi. Cette méthode s'applique aux éléments préfabriqués tout comme aux éléments construits sur mesure.
- e) *Fondations.* Les dimensions et la forme des fondations dépendront des facteurs indiqués à l'alinéa d), ainsi que du type de sol. En conséquence, les fondations seront nécessairement conçues suivant les exigences locales.

PLATES-FORMES ANTISOUFFLE ET ACCOTEMENTS À L'ÉPREUVE DU SOUFFLE

16. Les accotements adjacents aux voies de circulation et aux pistes, et particulièrement les zones situées au-delà de l'extrémité des pistes, peuvent être soumis à des effets de souffle intenses. En fait, les forces horizontales et verticales exercées par les gaz d'échappement à grande puissance des réacteurs des avions actuels, à 10,5 m derrière la tuyère d'échappement d'un réacteur fonctionnant à la poussée maximale, peuvent soulever des blocs de pierre de 0,6 m de diamètre. Les forces qui produisent ces effets diminuent rapidement avec la distance et, au-delà de 360 m environ des moteurs d'un avion gros porteur, elles ne sont plus capables de déplacer que du sable et des sols fins sans cohésion. On devrait prévoir des plates-formes antisouffle et des accotements en dur pour atténuer les effets nuisibles de ces facteurs. Des indications sur la manière de traiter les accotements et les plates-formes antisouffle figurent au § 1.6.10 du Chapitre 1.

Dimensions

17. Les plates-formes antisouffle devraient avoir une largeur égale à la largeur de la piste, plus les accotements. La longueur de ces plates-formes peut être déterminée comme suit :

- pour des avions tels que le Boeing 747 et l'A380, une plate-forme antisouffle d'au moins 120 m de longueur est recommandée ;
- pour les avions plus légers, une plate-forme de 60 m de longueur est recommandée.

Drainage

18. La qualité du drainage devrait être maintenue ou améliorée sur les aires en question. Lorsqu'il y a un décrochement du bord de la chaussée et une pente transversale de 5 % des aires gazonnées existantes, ceux-ci peuvent être maintenus dans la surface nouvellement dotée d'un revêtement. Il est recommandé de prévoir des couches d'une épaisseur suffisante pour maintenir un drainage positif dans les couches de base ou de fondation sous le revêtement de la piste. Une autre solution consiste à installer des drains au bord du revêtement. Un nombre suffisant de regards devraient être disposés dans les drains afin de permettre l'inspection et le nettoyage du système. Les couvercles de regard devraient être capables de résister aux charges auxquelles ils sont soumis.

Conditions spéciales

19. Les conditions locales, à certains aéroports, peuvent exiger une protection additionnelle de la surface contre l'érosion. Dans ce cas, il est recommandé de prévoir un revêtement supplémentaire. La section de chaussée et le matériau superficiel à utiliser devraient être fonction de l'expérience locale. Si l'on adopte des méthodes et des matériaux peu coûteux, il faut tenir compte du temps nécessaire à l'entretien, particulièrement pour les zones voisines des « aires opérationnelles » ou « voies de circulation » critiques.

Tableau A2-1. Distance à laquelle la vitesse du souffle tombe à 56 km/h

Type d'avion	Régime de ralenti (m)	Régime de mise en mouvement (m)	Régime de décollage (m)
DC8	6		
B727	29	49	130
B747	76	250	410
DC10	64	180	460
A320	17,5	48	380
B737-8	19	56	334
B777-300ER	43	99	689
B747-8	22	98	789
MD-11	65	160	564
A380	45	88	429

Tableau A2-2. Vitesses du souffle

Type d'avion	Vitesse du souffle à 15 m de la queue			Vitesse du souffle à 30 m de la queue		
	Ralenti (km/h)	Mise en mouvement (km/h)	Décollage (km/h)	Ralenti (km/h)	Mise en mouvement (km/h)	Décollage (km/h)
Avions commerciaux à réaction						
DC8	29	122	210	14	96	161
B727	106	193	530	53	96	290
B747	74	164	320	67	143	260
DC10	116	260	610	85	177	420
A320	60	120	224*	45	79	215*
B737-8	56	80	241	S.O.	56	241
B777-300ER	56	80	161	56	80	161
B747-8	56	80	322	S.O.	80	241
MD-11	72	120	322	56	120	322
A380	78	132	262*	67	111	254*
(*) valeurs extrapolées						
Avions d'affaires à réaction						
Lear-Commander	47	95	215	21	43	98
Falcon	72	137	305	43	64	146
Sabreliner	79	162	370	35	74	169
Gulfstream-II	145	297	675	80	141	320

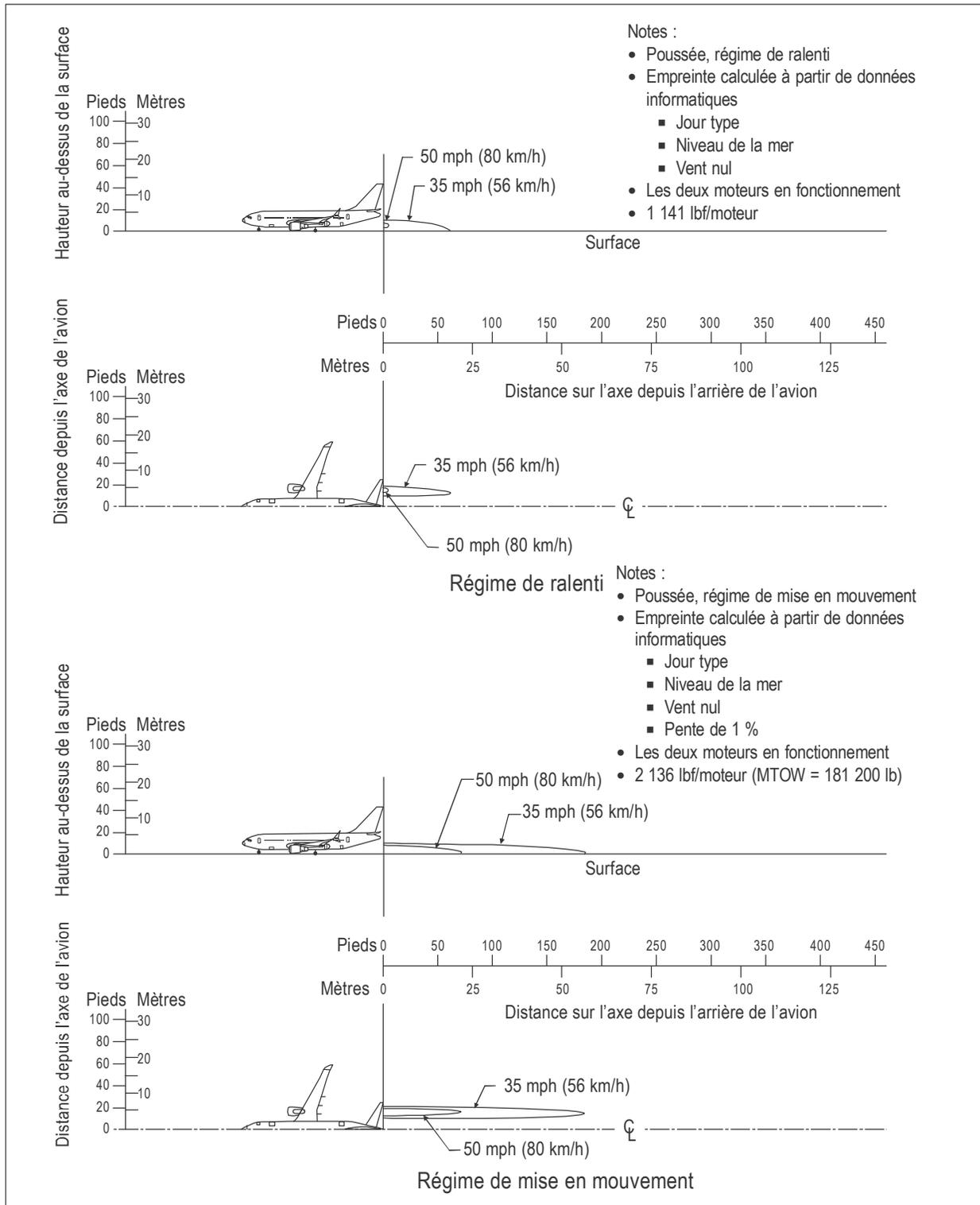


Figure A2-1. Boeing — Modèle 737-8

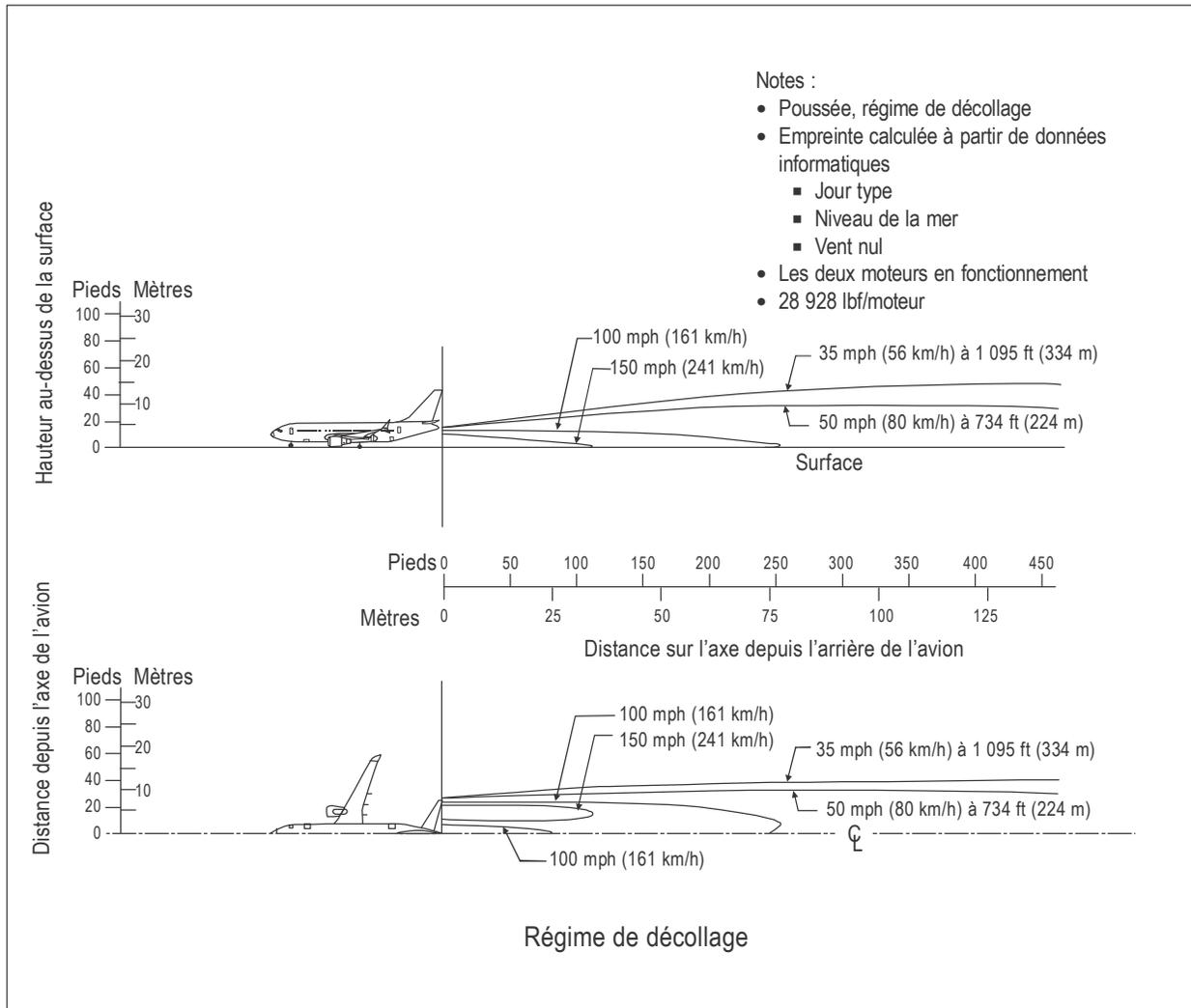


Figure A2-1. Boeing — Modèle 737-8 (suite)

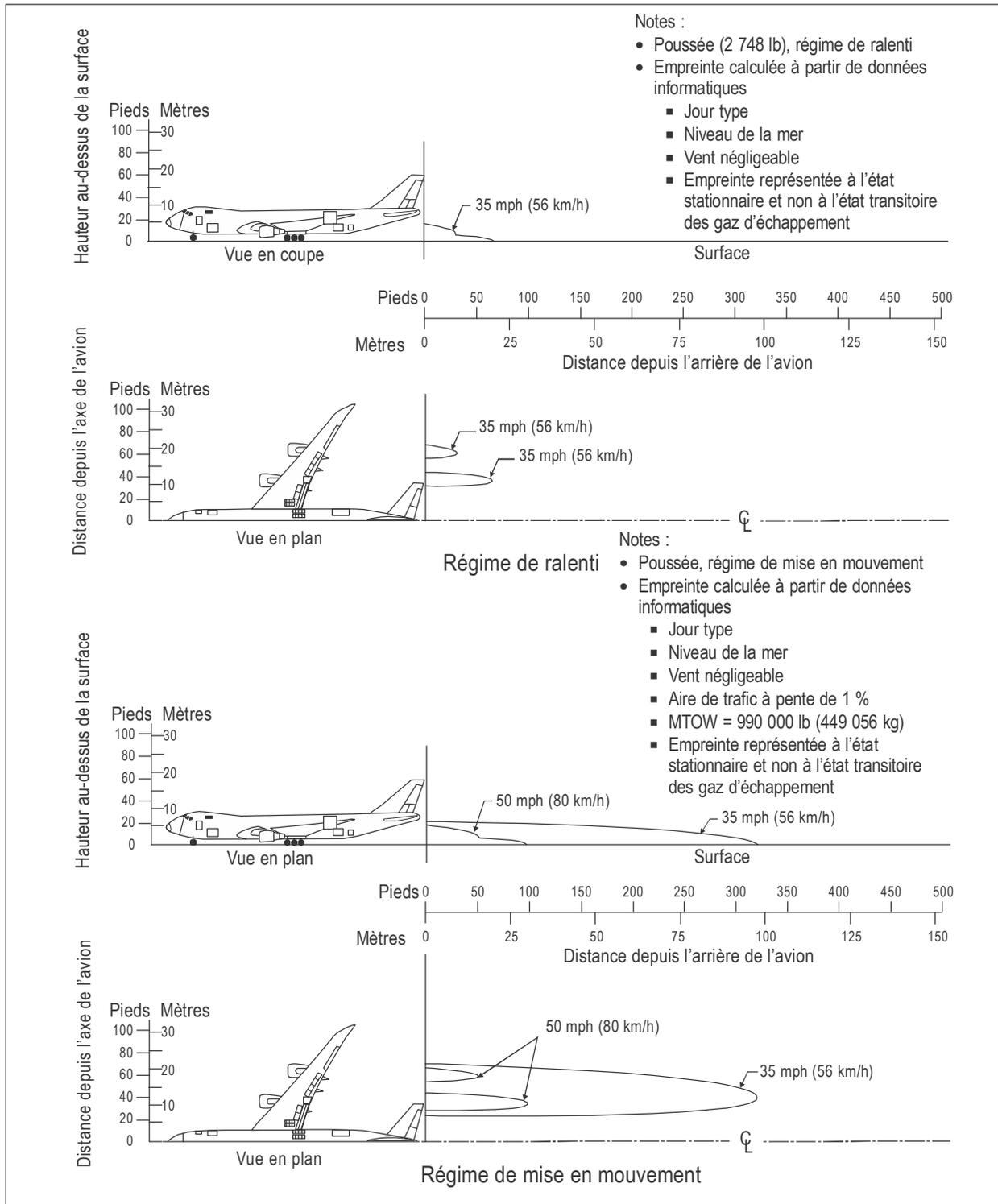


Figure A2-2. Boeing — Modèle 747-8

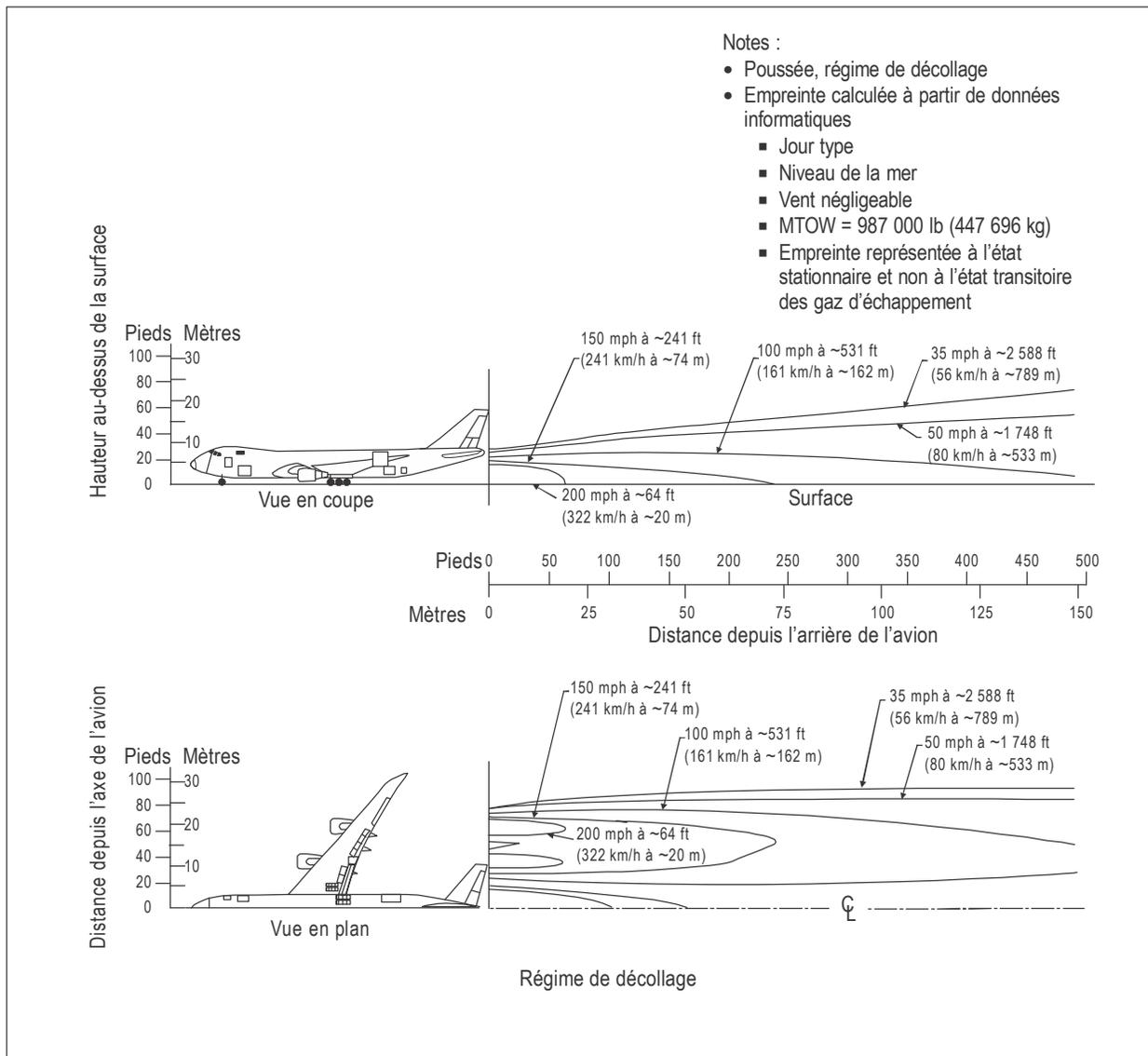


Figure A2-2. Boeing — Modèle 747-8 (suite)

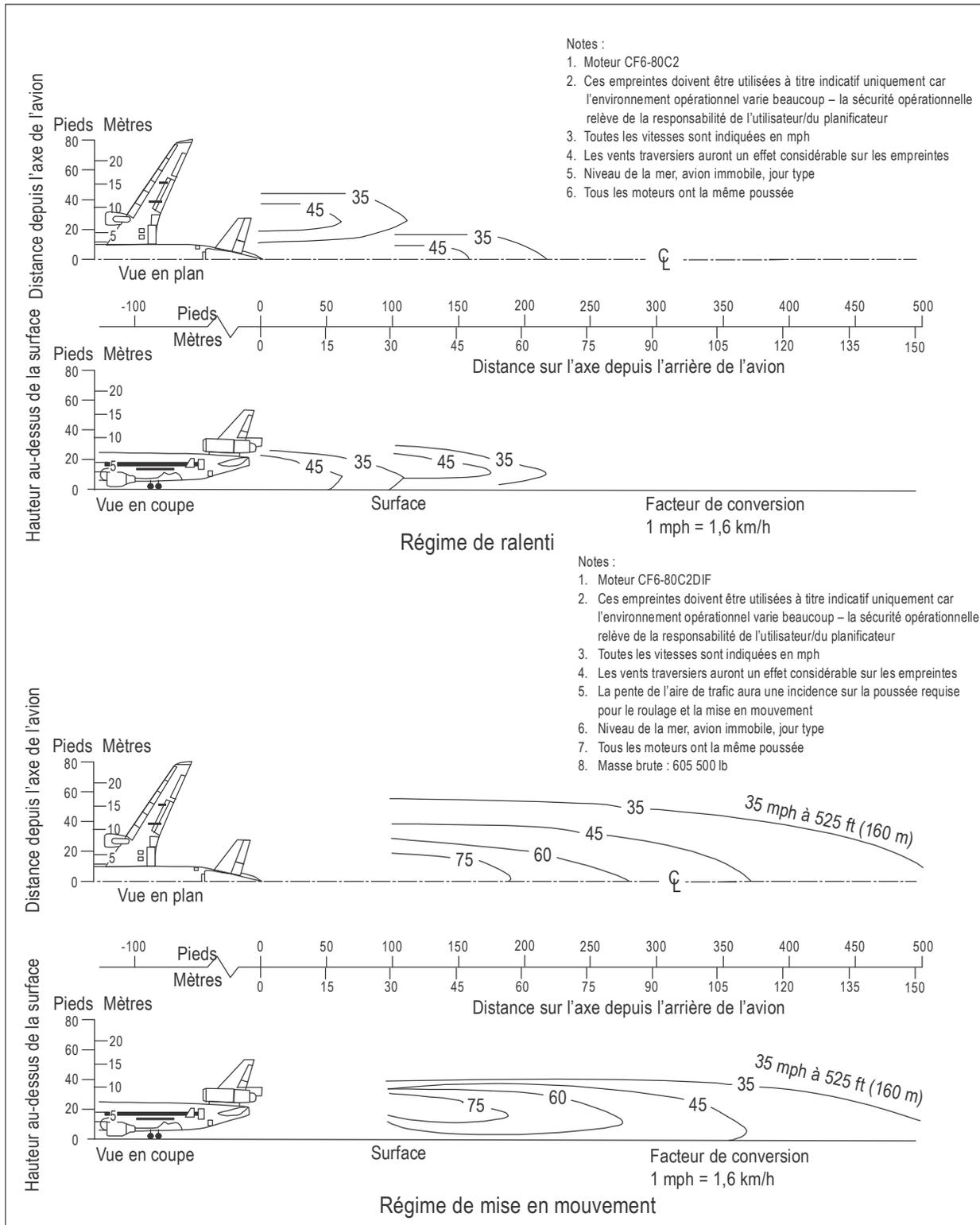


Figure A2-3. McDonnell Douglas — Modèle MD-11

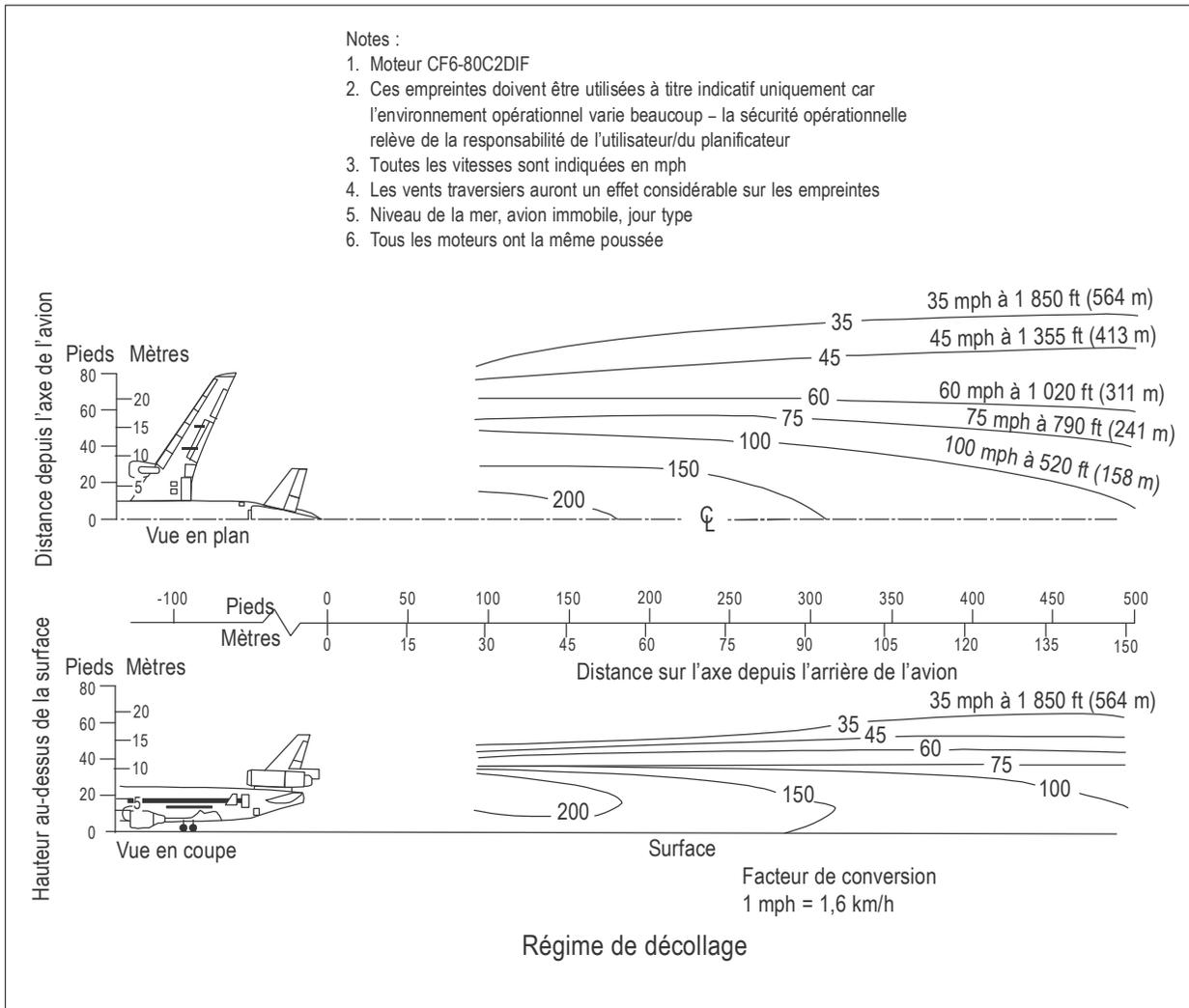


Figure A2-3. McDonnell Douglas — Modèle MD-11 (suite)

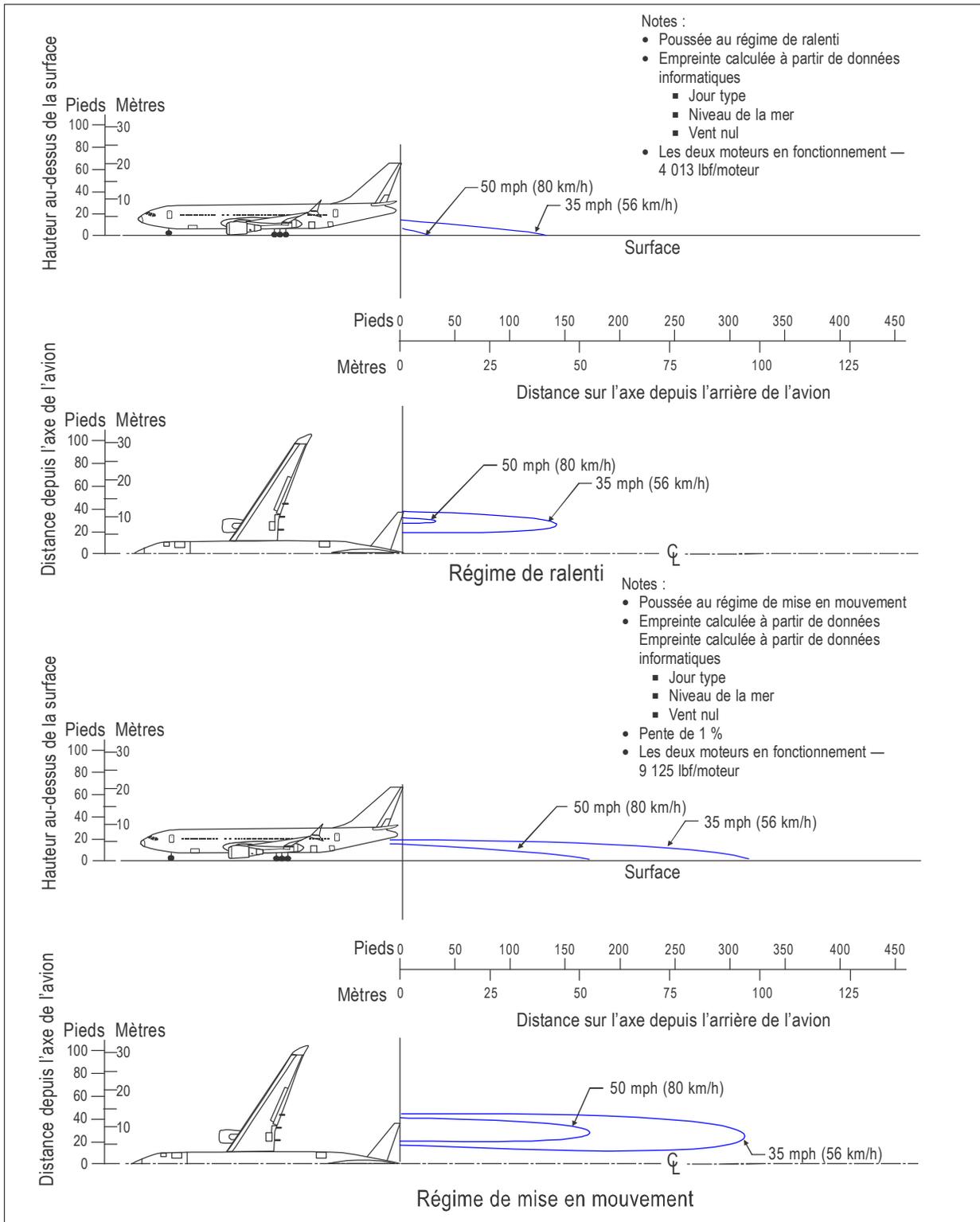


Figure A2-4. Boeing — Modèle 777-300ER

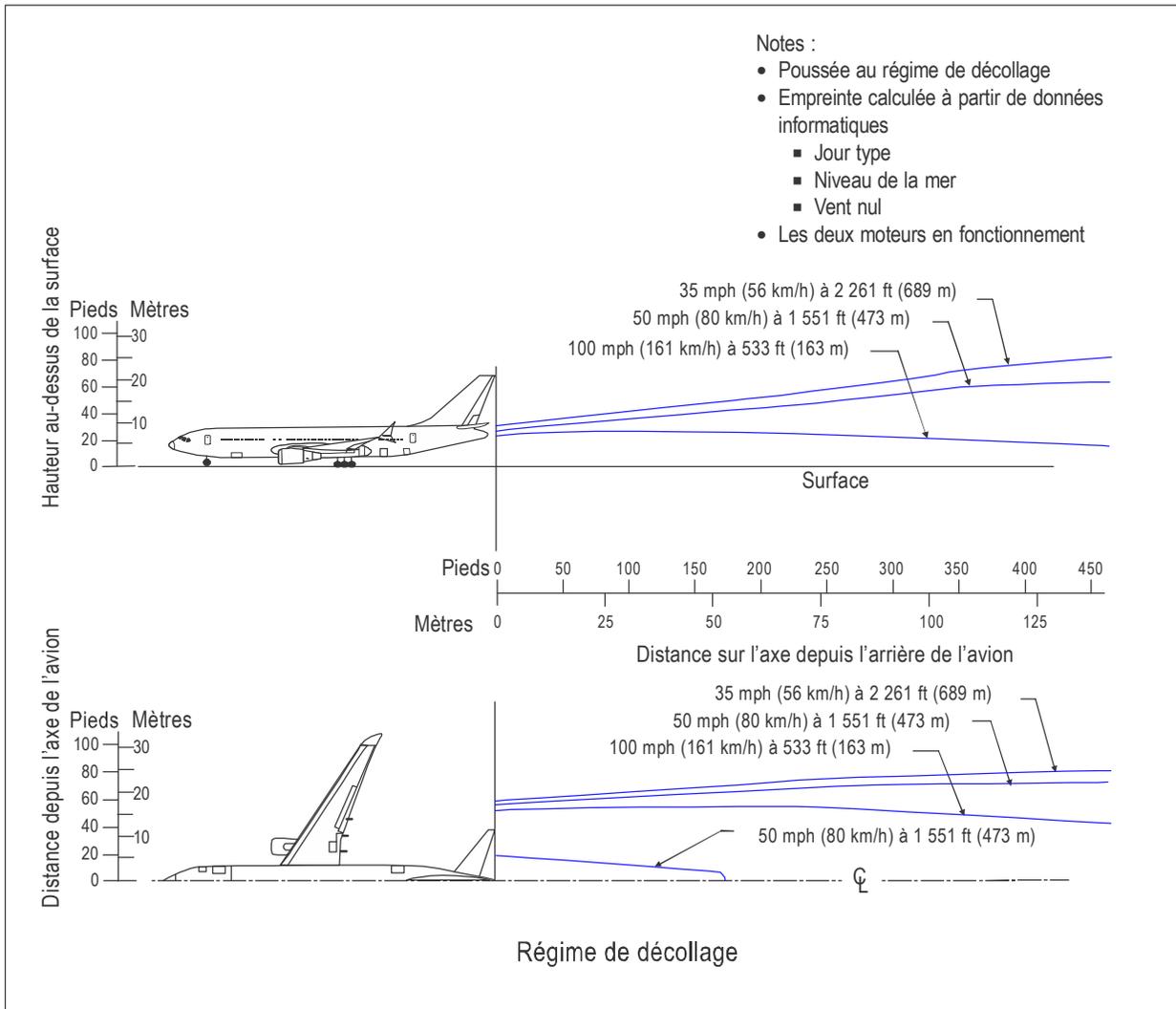


Figure A2-4. Boeing — Modèle 777-300ER (suite)

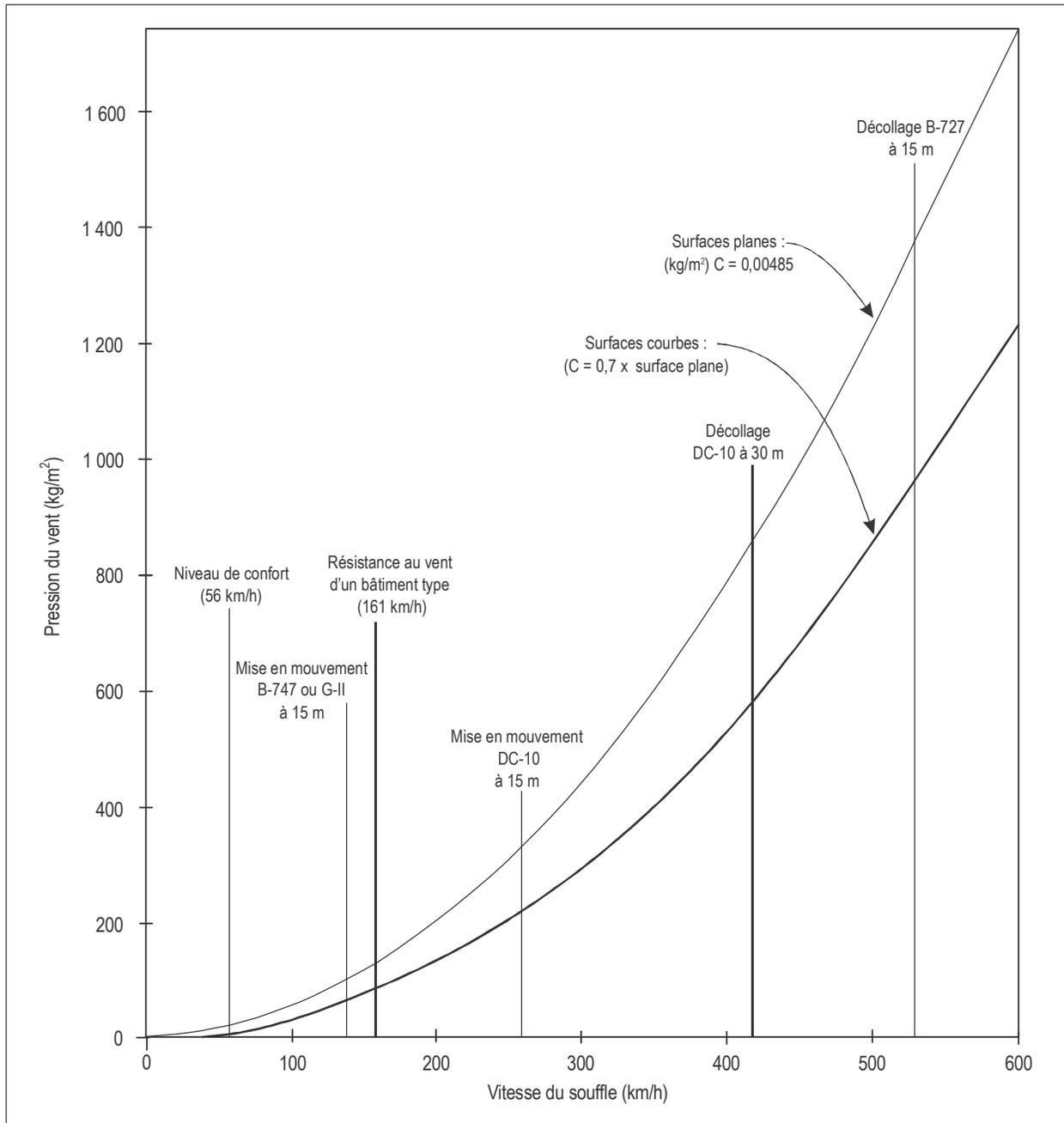


Figure A2-5. Relation entre la pression du vent et la vitesse du souffle

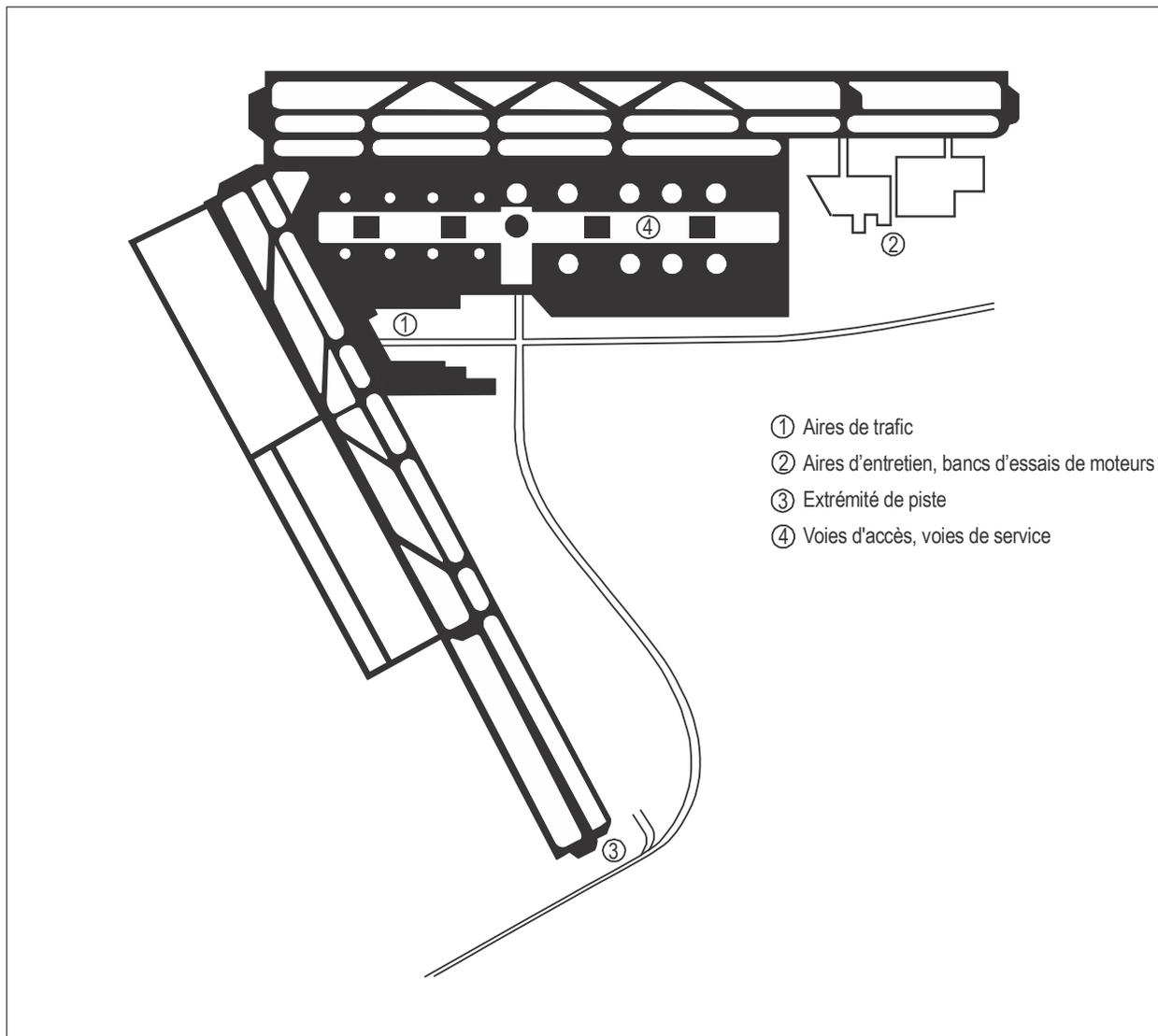


Figure A2-6. Emplacements de l'aérodrome nécessitant des écrans antisouffle

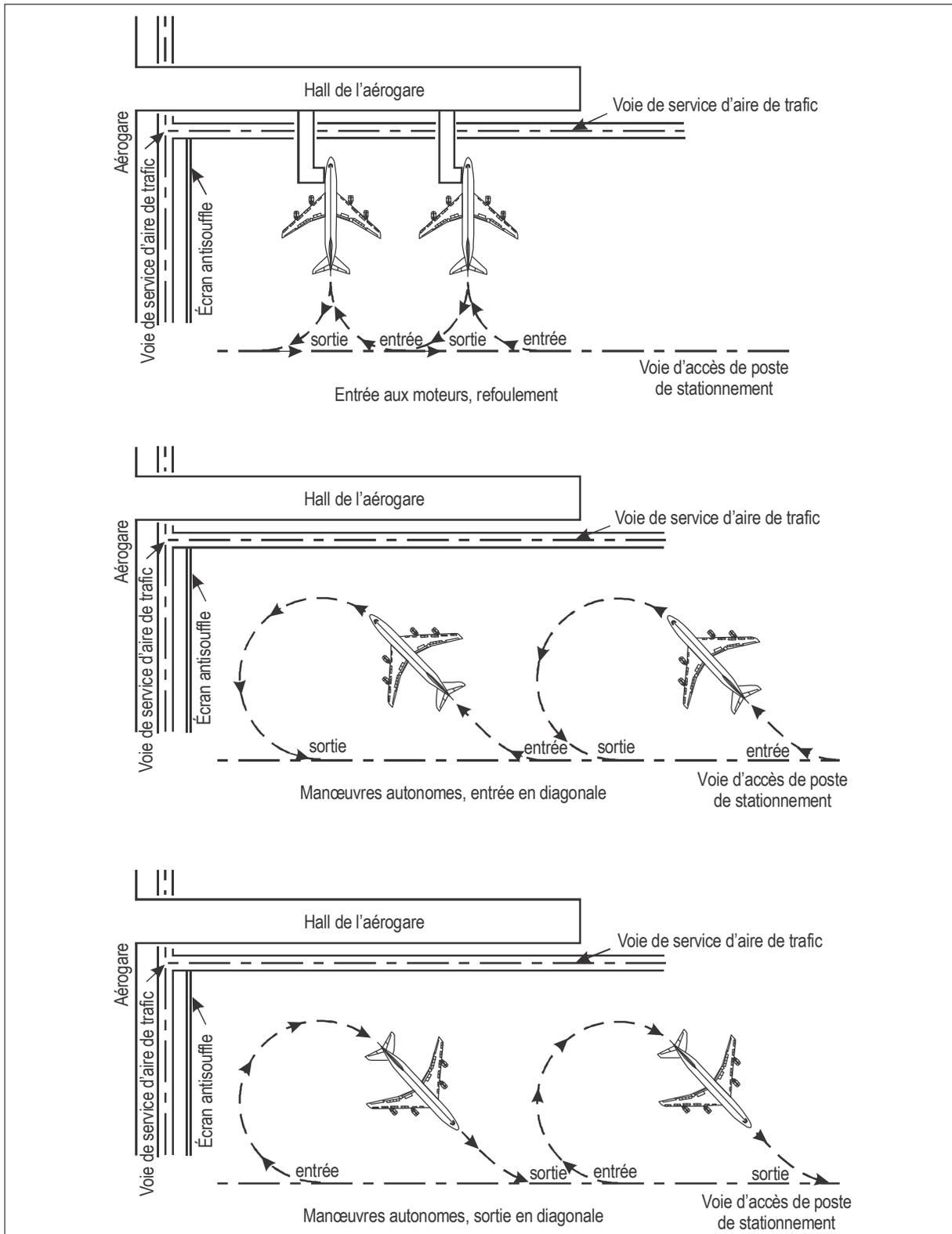


Figure A2-7. Écrans antisouffle sur les aires de trafic

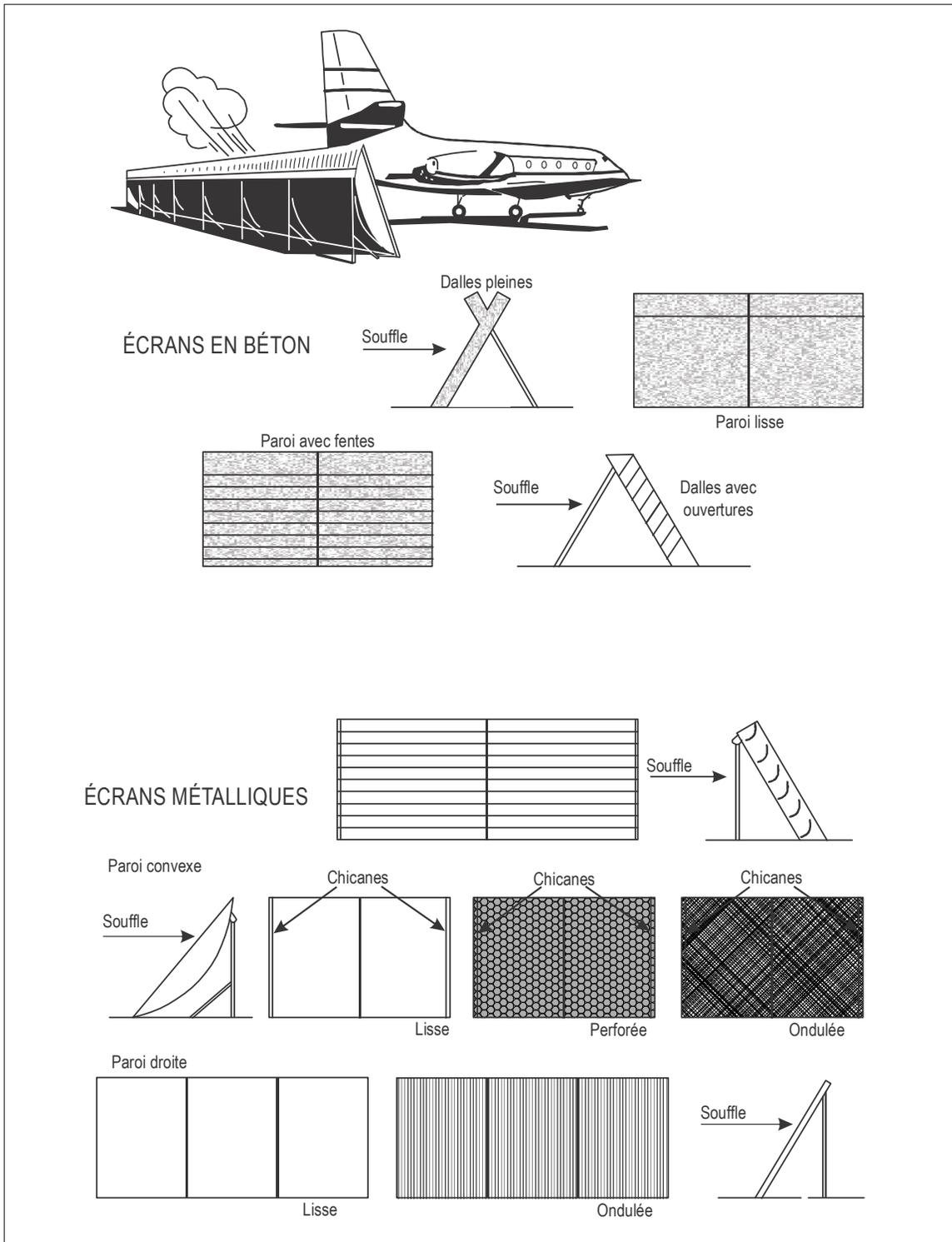


Figure A2-8. Types d'écrans antisouffle

Appendice 3

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

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur hors tout du train principal (m)
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	—
	Golden Eagle 421 C	1A	708	12,5	—
	Titan 404	1A	721	14,1	—
	Piper	PA28-161	1A	494 ¹	10,7
PA28-181		1A	490 ¹	10,8	3,2
PA28R-201		1A	487 ¹	10,8	3,4
PA32R-301		1A	539 ¹	11,0	3,5
PA32R-301T		1A	756 ¹	11,0	3,5
PA34-220T		1A	520 ¹	11,9	3,5
PA44-180		1A	671 ¹	11,8	3,2
PA46-350P		1A	637 ¹	13,1	3,9

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur hors tout du train principal (m)
Raytheon/Beechcraft	A24R	1A	603	10,0	3,9
	A36	1A	670	10,2	2,9
	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
Cessna	525	1B	939	14,3	4,1
DeHavilland Canada	DHC3	1B	497	17,7	3,7
	DHC6	1B	695	19,8	4,1
LET	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 ²	4,0
	L410 UPV-E9	2B	952	20,0 ²	4,0
	L410 UPV-E20	2B	1 050	20,0 ²	4,0
	L420	2B	920	20,0 ²	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 ³	3C	1 797	34,1	8,9
	A320-200 avec sharklets ³	3C	1 797	35,8	8,9
	A320neo	3C	1 775	35,8	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)
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 ³	3C	1 799	34,3	7,0
	B737-900 ³	3C	1 799	34,3	7,0
	B737-7 ³	3C	1 799	35,9	7,0
	B737-8 ³	3C	1 799	35,9	7,0
	B737-9 ³	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
McDonnell Douglas	MD90	3C	1 798	32,9	6,2
SAAB	340A	3C	1 220	21,4	7,3
	340B	3C	1 220	22,8 ⁴	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
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

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur hors tout du train principal (m)
	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
Canadair	CL44D-4	4D	2 240	43,4	10,5
Iliouchine	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

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur hors tout du train principal (m)
	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 ⁵	12,6
	B747-SR	4E	1 860	59,6	12,4
	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

Type d'avion	Modèle	Code	Longueur de terrain de référence de l'avion (m)	Envergure (m)	Largeur hors tout du train principal (m)
	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 ⁵	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 ⁶	71,8	12,8

1. Au-dessus d'un obstacle de 15 m.
2. Réservoirs de saumon d'aile installés.
3. Autre masse maximum au décollage, consulter le constructeur, le manuel de planification d'aéroport ou l'exploitant de l'aéronef.
4. Avec bouts d'ailes allongés.
5. Ailettes marginales.
6. Données préliminaires.

Appendice 4

ÉTUDE SUR LES ÉCARTS PAR RAPPORT À L'AXE D'UNE VOIE DE CIRCULATION

Introduction

Note.— Plusieurs études ont été effectuées dans le but de mesurer les écarts par rapport à l'axe d'une voie de circulation. Le présent appendice utilise les études qui ont eu lieu à Londres et à Amsterdam comme exemples. Les résultats obtenus sont propres à chaque aéroport et dépendent des chaussées et des conditions météorologiques. Si ces études peuvent être utiles à ceux qui comptent se livrer à une activité similaire, leurs résultats ne devraient pas être utilisés directement si l'un quelconque ou plusieurs des facteurs diffèrent de ceux qui ont été pris en compte dans ces études. La sécurité de l'exploitation doit être la principale préoccupation lorsque les études visent à permettre des distances de séparation inférieures aux marges de sécurité minimales spécifiées au Tableau 3-1 de l'Annexe 14, Volume I.

Étude réalisée à Londres–Heathrow

1. Une étude sur les écarts par rapport à l'axe d'une voie de circulation a été réalisée à l'aéroport de Londres–Heathrow, par la société British Airports Public Ltd. Plus de 77 000 mouvements d'avions circulant au sol dans toutes les conditions météorologiques ont été enregistrés. L'étude avait pour but de montrer que les pilotes ne s'écartent pas sensiblement de l'axe de la voie de circulation lorsqu'ils roulent au sol. L'analyse des données avait deux objectifs. Le premier consistait à estimer la probabilité de collision entre les bouts d'ailes de deux Boeing 747-400 qui se croisent sur des voies de circulation parallèles. Le deuxième objectif consistait à estimer le nombre d'années qui pourraient s'écouler avant qu'une telle collision se produise. L'étude visait en outre à évaluer la pertinence des distances minimales recommandées dans le Tableau 3-1 de l'Annexe 14, Volume I, pour la séparation entre, d'une part, l'axe d'une voie de circulation et, d'autre part, l'axe d'une piste parallèle ou l'axe d'une autre voie de circulation parallèle, ou encore un objet.

Sections rectilignes de voie de circulation

2. Sur la base de quelque 2 000 observations d'écarts enregistrées sur les sections rectilignes des voies de circulation, pour le B747, l'étude en vient à la conclusion que la probabilité de collision entre deux B747-400 qui se croisent sur des voies de circulation parallèles est d'environ 10^{-8} , c'est-à-dire de 1 sur 100 millions. Ce résultat est fondé sur l'hypothèse que les axes des voies de circulation sont espacés de 76,5 m et que les avions ont une envergure de 65 m. L'analyse des données recueillies dans la grande base de données qui avait été créée indique, de manière très évidente, que les avions qui roulent au sol ne s'écartent pas beaucoup des axes des voies de circulation. Ces données ont fourni en outre une estimation du nombre annuel de cas où deux B747 de type standard se croisent sur des voies de circulation parallèles à Heathrow. Ce nombre s'élèverait à environ 80 cas par an sur environ 34 000 mouvements de B747. Ce faible chiffre est dû au fait que, dans la majorité des cas, les avions se déplacent dans la même direction sur le réseau de voies de circulation. Les avions au départ utilisent une piste et les avions à l'arrivée en utilisent une autre ; leurs trajectoires se chevauchent rarement. La Figure A4-1 montre la distribution des écarts sur laquelle se fonde l'analyse.

Sections courbes de voie de circulation

3. On a estimé que la probabilité de collision, sur des sections courbes de voie de circulation, est du même ordre de grandeur que sur les sections rectilignes, c'est-à-dire de 10^{-8} . Les observations d'écart de B747 sur les sections courbes de voie de circulation n'ont pas été assez nombreuses pour permettre de répéter l'analyse détaillée dont avaient fait l'objet les sections rectilignes. Les données ont été recueillies en deux emplacements. Les données recueillies pour la courbe intérieure se sont révélées inutiles étant donné l'existence d'une grande surface en dur qui s'étendait vers l'intérieur de la courbe et que les pilotes avaient tendance à utiliser comme raccourci. Le nombre d'observations réalisées sur la courbe extérieure était faible car cette partie de la voie de circulation avait été fermée pendant plusieurs mois de travaux d'entretien. La Figure A4-2 montre la distribution des 185 écarts de B747 observés sur la courbe extérieure. Les nombres négatifs représentent des écarts par rapport à l'axe vers l'intérieur de la courbe. Ce résultat revêt une forme différente par rapport à la Figure A4-1, qui ne montre que les écarts absolus. La Figure A4-2 indique que les trains principaux de presque tous les avions suivent le raccourci. Pour faire en sorte qu'une collision se produise sur une partie courbe de la voie de circulation parallèle, il faut que l'avion qui circule à l'extérieur s'écarte vers l'intérieur de la courbe et que l'avion qui circule à l'intérieur s'écarte vers l'extérieur de la courbe. La Figure A4-2 montre qu'en ce qui concerne cette dernière éventualité, la probabilité d'occurrence est très faible. La distribution globale des écarts révèle que la probabilité de collision serait analogue à celle qui a été établie pour les sections rectilignes, c'est-à-dire de 10^{-8} . On a estimé que les sections courbes des voies de circulation posent moins de problèmes que les sections rectilignes car, dans un réseau donné de voies de circulation, les éléments courbes seront toujours moins nombreux. Par conséquent, la probabilité que deux avions se croisent est beaucoup moins grande sur une section courbe que sur une section rectiligne.

Incidence de la vitesse

4. L'analyse a montré que la vitesse de l'avion n'affecte pas l'écart latéral.

Incidence de mauvaises conditions météorologiques

5. Aucun lien n'a pu être établi entre de mauvaises conditions météorologiques et des écarts importants par rapport à l'axe d'une voie de circulation. Au cours de la collecte des données, la plupart des phénomènes météorologiques ont été enregistrés, notamment des chutes de neige, de la pluie forte, des vents forts et une visibilité réduite à 1 000 m.

Statistiques pour tous types d'avions

6. Les Tableaux A4-1 et A4-2 fournissent des statistiques récapitulatives pour tous types d'avions sur les sections rectilignes et les sections extérieures courbes des voies de circulation, respectivement.

Étude réalisée à Amsterdam-Schiphol

7. Une étude sur les écarts par rapport à l'axe d'une voie de circulation a été réalisée d'octobre 1988 à septembre 1991 à l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol. Plus de 9 000 mouvements d'aéronefs de la catégorie E de l'OACI (essentiellement des B747) ont été enregistrés au cours de cette période de trois ans. Les données ont été recueillies sur une section rectiligne et une section courbe d'une voie de circulation de 22,9 m de largeur, au moyen de faisceaux infrarouges. Le rayon de la section courbe de la voie de circulation était de 55 m et le virage, de 120° . Les deux sections étaient dotées de feux axiaux.

8. Les données ont été utilisées par la compagnie Boeing pour une analyse statistique des écarts du train d'atterrissage. L'étude avait pour but d'estimer les probabilités d'écart extrême (nettement en dehors de la plage des écarts observés) et de contact entre saumons d'aile entre deux avions circulant sur des voies parallèles.

9. Le Tableau A4-3 résume les statistiques établies pour les données recueillies. D'après les données concernant la section courbe, les pilotes des avions gros porteurs utilisent une technique de survirage « au jugé » pour veiller à ce que le train d'atterrissage demeure sur la chaussée.

Estimations de probabilité d'écart

10. Le fait qu'il n'existe pas de données sur des écarts supérieurs à 3,54 m sur les sections rectilignes oblige à des extrapolations pour obtenir des écarts plus grands.

Probabilité de contact de saumons d'aile

11. À partir des probabilités extrapolées d'écart extrême du train principal, les probabilités de contact de saumons d'aile entre deux aéronefs circulant sur des voies de circulation parallèles ont été calculées. Ces probabilités dépendent de la distribution de probabilité de la somme des écarts sur les deux voies de circulation. Il convient de noter que deux écarts simultanés sur des voies de circulation parallèles sont indépendants du point de vue statistique.

12. Le Tableau A4-4 résume les séparations estimatives requises entre voies de circulation et des limites supérieures estimatives de 90 % pour diverses probabilités en ce qui concerne les envergures.

Estimations des séparations requises entre voies de circulation

13. Par exemple, la séparation estimative moyenne à prévoir entre deux voies de circulation pour une probabilité de 10^{-9} de contact de saumons d'aile entre deux aéronefs d'une envergure de 73,2 m est de 80,5 m.

Conditions influant sur l'écart

14. Parmi les paramètres qui ont été enregistrés en même temps que les écarts figurent l'année, le mois, le jour, l'heure ainsi que la vitesse et la direction du roulage. La variabilité des écarts n'a pas été influencée par ces paramètres. Par exemple, l'écart type sur la section rectiligne est de 68,8 cm. Il est de 67,1 cm après retrait de tout écart systématique dû à la direction du roulage, à la saison et à l'heure du jour. Ainsi, la signification utile (par opposition à la signification statistique) de ces effets peut être minime.

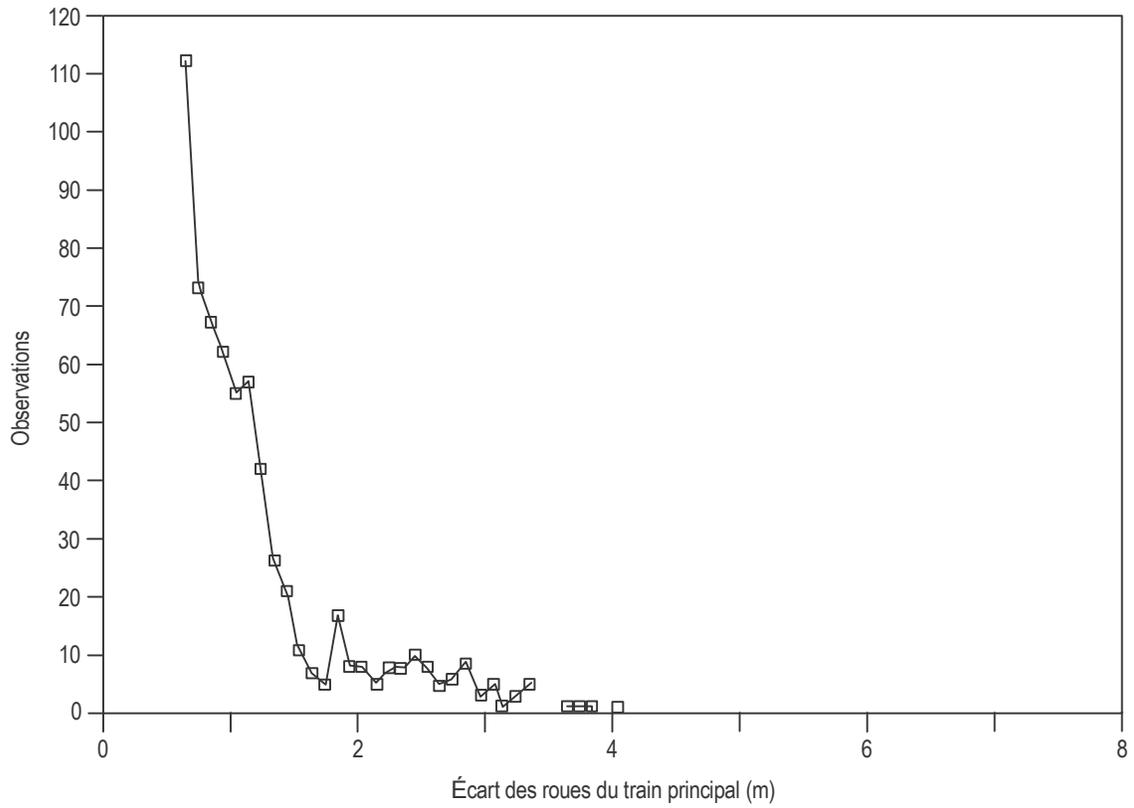


Figure A4-1. Écarts des roues du train principal du B-747 sur les sections rectilignes des voies de circulation

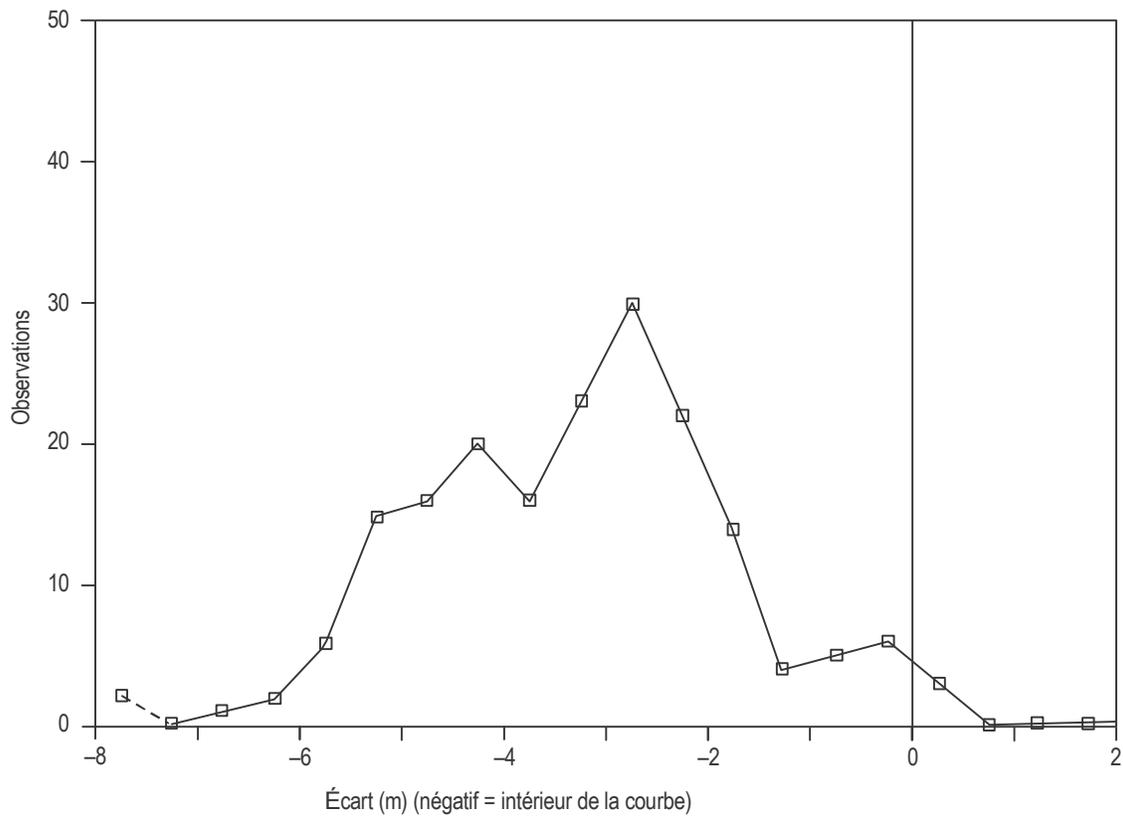


Figure A4-2. Écarts des roues du train principal du B-747 sur les sections courbes des voies de circulation

Tableau A4-1. Résumé des statistiques (sections rectilignes de voie de circulation)

Avion	Écart du train principal (m)			Écart du train avant (m)			Vitesse (kt)			Observations
	Moyenne	95 %	Max	Moyenne	95 %	Max	Moyenne	95 %	Max	
A310	0,60	1,42	9,0	0,56	1,37	9,1	18,8	25	35	1 213
B727	0,65	1,85	8,1	0,56	1,36	9,0	18,9	27	49	1 997
B737	0,81	1,90	9,1	0,68	1,62	8,5	17,2	25	35	9 035
B747	0,59	1,90	4,1	0,47	1,21	7,8	17,3	25	34	1 988
B757	0,72	1,74	7,9	0,63	1,43	6,1	16,1	24	35	6 089
BAC1-11	0,65	1,53	9,5	0,63	1,49	8,2	15,8	23	33	3 749
DC9S	0,68	1,62	9,5	0,63	1,50	8,7	17,2	25	39	2 941
DC9	0,59	1,44	8,4	0,57	1,42	8,2	16,2	24	33	2 885
F27	0,95	2,39	9,6	0,62	1,47	9,6	17,9	26	32	1 075
F28	1,26	5,73	10,0	1,00	4,63	9,2	17,2	24	33	745
S360	0,80	2,00	7,4	0,63	1,43	9,2	17,1	23	27	1 528
L1011	0,50	1,22	8,9	0,46	1,13	5,2	17,1	25	31	722

Tableau A4-2. Résumé des statistiques (courbe extérieure de voie de circulation)

Avion	Écart du train principal (m)					Écart du train avant (m)					Vitesse (kt)			Observations
	Moyenne	Min	5 %	95 %	Max	Moyenne	Min	5 %	95 %	Max	Moyenne	95 %	Max	
A310	-2,2	-6,4	-3,9	-0,5	+0,6	+0,54	-6,0	-1,3	+2,4	+4,6	16,0	21	27	848
B727	-1,92	-7,5	-3,7	+0,2	+2,5	+0,37	-5,2	-1,5	+2,2	+6,1	17,0	23	33	1 044
B737	-0,75	-5,0	-2,5	+0,9	+5,8	+0,32	-5,4	-1,4	+2,1	+5,4	16,6	22	30	3 152
B747	-3,31	-7,6	-5,7	-0,5	+0,1	-0,04	-4,1	-2,4	+2,6	+5,3	15,3	22	25	185
B757	-1,50	-7,7	-3,2	0,0	+2,5	+0,08	-3,7	-1,5	+2,0	+4,7	16,3	21	27	2 425
BAC1-11	-1,10	-9,7	-3,0	+0,7	+4,2	+0,47	-5,8	-1,4	+2,4	+6,1	16,4	22	27	962
DC9S	-1,09	-9,0	-3,2	+1,0	+3,6	-0,29	-8,3	-2,6	+1,9	+5,7	16,2	22	29	1 510
DC9	-1,11	-7,2	-3,0	-0,8	+2,0	+0,28	-3,0	-1,7	+2,3	+6,7	15,9	22	26	557
F27	-1,69	-7,4	-4,0	+0,4	+8,0	+0,39	-4,2	-1,4	+2,4	+9,2	17,1	23	27	465
F28	-1,33	-8,2	-3,8	+0,7	+9,2	+0,52	-8,9	-1,4	+2,5	+6,0	17,2	22	26	467
S360	-0,71	-9,6	-2,8	+1,1	+8,7	+0,47	-3,7	-1,3	+2,4	+4,2	17,0	22	25	534
L1011	-2,8	-5,9	-4,5	-0,8	+1,4	+0,18	-4,4	-2,2	+2,3	+3,4	14,5	20	26	255

Tableau A4-3. Résumé des données relatives aux voies de circulation

		OACI Aéronefs code E		B747 (tous les modèles)		Rapport de Schiphol Aéronefs code E	
		Train avant	Train principal	Train avant	Train principal	Train avant	Train principal
Section rectiligne	Taille échantillon	7 958	7 958	7 855	7 855	8 191	8 191
	Moyenne (cm)	-14,8	-12,5	-15,2	-13,2	-8,0	-26,0
	Écart type (cm)	68,5	76,4	67,4	68,8	68,0	70,0
Section courbe	Taille échantillon	1 382	1 382	1 351	1 351	1 380	1 380
	Moyenne (cm) ¹	393,5	-202,2	400,3	-199,8	389	-199
	Écart type (cm)	244,1	236,8	237,6	236,0	227	216

1. Une valeur positive indique un écart extérieur par rapport à l'axe de la courbe, et une valeur négative, un écart intérieur.

Tableau A4-4. Estimations des séparations requises entre voies de circulation et des limites supérieures de 90 %

Envergure	Estimations				Limites 90 %			
	10e-6	10e-7	10e-8	10e-9	10e-6	10e-7	10e-8	10e-9
67	72,8	73,4	73,9	74,4	73,3	73,9	74,6	75,2
70	75,8	76,4	76,9	77,4	76,4	76,7	77,6	78,2
73	78,9	79,5	80,0	80,5	79,4	80,0	80,7	81,3
76	81,9	82,5	83,0	83,5	82,4	83,1	83,7	84,3
79	85,0	85,6	86,1	86,6	85,5	86,1	86,7	87,4
82	88,0	88,6	89,1	89,6	88,5	89,2	89,8	90,4
85	91,1	91,7	92,2	92,7	91,6	92,2	92,8	93,5

Appendice 5

CONCEPTION ET DÉTERMINATION DE L'EMPLACEMENT ET DU NOMBRE DES VOIES DE SORTIE RAPIDE

5.1 Détermination de l'emplacement optimal du point de dégagement

- Étape 1. Préciser les conditions d'exploitation pour lesquelles il faudrait augmenter la capacité de la piste. Selon l'usage prévu de celle-ci, ces conditions pourraient être les suivantes :
- période de pointe
 - situation météorologique particulière
 - groupe d'avions particulier
 - atterrissages et départs en alternance

- Étape 2. Déterminer la combinaison type d'avions à laquelle la sortie est destinée compte tenu du scénario envisagé. Il conviendrait de tenir compte des types d'avions futurs. Si la sortie n'est prévue que pour un groupe d'avions particulier, ne prendre que ces avions en considération. Ne pas tenir compte des types d'avions dont la part d'utilisation est inférieure à un certain pourcentage (p. ex. 5 ou 10 %).

- Étape 3. Déterminer si la séparation entre la piste et la voie de circulation permet de construire une voie de sortie rapide (RET) normalisée.

Les RET normalisées sont dessinées comme il est illustré aux Figures 1-10 et 1-11 du Chapitre 1.

Si le réseau de pistes et de voies de circulation empêche d'aménager une RET normalisée, il est recommandé de construire une sortie en forme de spirale pour permettre une vitesse de dégagement plus élevée qu'une sortie à 90°. Cette option s'applique en particulier aux pistes à vue.

- Étape 4. Calculer les distances pour l'arrondi, la transition et le freinage de chaque type d'avion au moyen de la méthode des trois segments. Pour une RET normalisée, utiliser 33 kt comme vitesse de dégagement V_{deg} ou les valeurs figurant au Tableau 1-8 et à la Figure 1-13 du Chapitre 1.

- Étape 5. Répéter les calculs pour différentes conditions de vent représentatives, à l'aide de la formule suivante :

$$V_{seuil,sol} = V_{seuil} - V_{vent}$$

$$V_{vent} = \text{composante vent debout}$$

Insérer $V_{seuil,sol}$ à la place de V_{seuil} dans les formules appropriées.

- Étape 6. Ces calculs donnent un point de dégagement optimal (OTP) pour chaque type d'avion et pour différentes conditions de vent.
- Étape 7. Étant donné que la position du point de toucher des roues ainsi que les distances de transition et de freinage présentent une certaine dispersion, des longueurs de 100 m avant et 200 m après l'OTP constituent ce que l'on appelle le « segment de dégagement optimal (OTS) ». Cela tient aussi compte du fait que les pilotes peuvent réduire le temps d'occupation de la piste en adaptant leur technique de freinage à cette fin.
- Étape 8. Trouver l'OTS correspondant au pourcentage le plus élevé d'avions servis (OTS_{max}), en additionnant les pourcentages correspondant aux types d'avions pour lesquels l'OTP se trouve dans un OTS particulier. Il conviendrait de tenir compte de la probabilité de conditions de vent différentes.
- Étape 9. Déterminer le point de dégagement faisant partie de l' OTS_{max} . Il s'agit de l'emplacement optimal pour une voie de sortie rapide, compte tenu des caractéristiques du scénario retenu.
- Étape 10. S'il y a plus d'un OTS montrant clairement un pourcentage plus élevé que d'autres, il sera peut-être nécessaire d'envisager de construire deux voies de sortie rapide ou plus.
- Étape 11. Comparer le point de dégagement calculé aux points de dégagement jugés optimaux pour la configuration existante du réseau de pistes et de voies de circulation. Noter qu'il est recommandé de prévoir une distance d'environ 450 m entre les sorties et que cette recommandation devrait être respectée.

5.2 Exemple d'utilisation de la méthode décrite à la section 1.3 du Chapitre 1

L'exemple ci-dessous vise à illustrer l'utilisation de la méthode décrite à la section 1.3 du Chapitre 1. Les calculs sont fondés sur les suppositions suivantes :

- Le chiffre de code de référence d'aérodrome est 4.
 - Pour augmenter la capacité dans les conditions spécifiées, il faudrait ajouter une sortie à une distance comprise entre 1 800 m et 2 500 m du seuil d'une piste à vue longue de 2 500 m. Dans la zone de toucher des roues, la pente de la piste est de $-0,75\%$.
 - La sortie devrait être mise en service pour 2020.
 - La piste devrait offrir la capacité maximale en conditions de vent debout fort (vitesse supérieure à 15 kt). Dans de telles conditions, elle est la seule disponible pour les atterrissages et les décollages à l'aéroport en question, et elle doit accueillir tous les types d'avions.
 - En conditions de vent léger, seuls les avions de transport régional l'utilisent pour atterrir ; par contre, pour le décollage, elle sert à tous les types d'avions, sous réserve de leurs performances.
- Étape 1. Le scénario d'exploitation particulier prévoit une utilisation en période de pointe par vent debout fort et des atterrissages et décollages en alternance d'avions de tous les types.
- Étape 2. La combinaison d'avions prévue pour la période 2020 à 2030 est décrite au Tableau A5-1. Dans le calcul de l'emplacement optimal de la sortie, on ne tient compte que des types d'avions qui constituent plus de 10 % des utilisateurs (repérés par un *).

Étape 3. Une voie de circulation parallèle longe la piste à une distance de 120 m (entre les axes). Les avions à l'atterrissage doivent faire un virage de 180° pour se diriger vers l'aire de trafic. La construction d'une voie de sortie rapide normalisée n'est pas possible. Voir au § 1.3.12 un autre tracé possible pour la sortie. La vitesse de dégagement pour ce type de sortie serait de 24 kt d'après la Figure 1-13.

Étape 4. Étant donné que tous les types d'avions considérés font partie des catégories C et D, le point de toucher des roues est situé à une position commune. D'après la méthode des trois segments, cette position peut être calculée comme suit pour une pente de -0,75 % et un vent arrière nul :

Aéronefs des catégories C et D :	$S_1 =$	450 m
+ correction pour la pente (-0,75 %) :		+ 150 m
	$S_1 =$	600 m

On peut trouver la vitesse au-dessus du seuil pour chaque type d'avion dans les manuels d'utilisation d'avion des compagnies aériennes, et cette vitesse permet d'obtenir la distance de transition :

[V _{seuil} en kt]		
Avion :	V _{seuil} :	S ₃ :
B737	128	590 m
A320	133	615 m
RJ	121	555 m

Pour une vitesse de dégagement de 24 kt et un taux de décélération de 1,5 m/s², on peut calculer la distance de freinage :

[V en kt, a en m/s ²]		
Avion :	V _{seuil} :	S ₃ :
B737	128	1 016 m
A320	133	1 112 m
RJ	121	888 m

Étape 5. Étant donné que le facteur déterminant est un vent debout fort, le calcul de S₂ et de S₃ est répété pour des vents debout de 15, 20 et 25 kt à l'aide de la formule ci-après :

$$V_{\text{seuil,sol}} = V_{\text{seuil}} - V_{\text{vent}}$$

V_{vent} = 15 kt

Avion :	V _{seuil} :	V _{seuil,sol} :	S ₂ :	S ₃ :
B737	128	113	515	752 m
A320	133	118	540	836 m
RJ	121	106	480	642 m

$V_{vent} = 20 \text{ kt}$

Avion :	V_{seuil} :	$V_{seuil,sol}$:	S_2 :	S_3 :
B737	128	108	490	673 m
A320	133	113	515	752 m
RJ	121	101	455	568 m

$V_{vent} = 25 \text{ kt}$

Avion :	V_{seuil} :	$V_{seuil,sol}$:	S_2 :	S_3 :
B737	128	103	465	597 m
A320	133	108	490	673 m
RJ	121	96	430	499 m

Étape 6. La somme de S_1 , S_2 et S_3 donne l'OTP pour chaque type d'avion et chaque condition de vent (valeurs arrondies à 10 m) :

Avion :	$V_{vent} = 0$	$V_{vent} = 15 \text{ kt}$	$V_{vent} = 20 \text{ kt}$	$V_{vent} = 25 \text{ kt}$
B737	2 210 m	1 870 m	1 760 m	1 660 m
A320	2 330 m	1 980 m	1 870 m	1 760 m
RJ	2 040 m	1 800 m	1 620 m	1 530 m

Étape 7. On peut déterminer l'OTS pour chaque point de dégagement. Il commence à 100 m en amont de l'OTP et se termine à 200 m en aval. Tous les types d'avions servis par ce segment sont additionnés. La valeur maximale possible pour les quatre conditions de vent considérées est de $4 \times 100 \% = 400 \%$. La Figure A5-1 montre comment déterminer l'OTS pour l'A320 et un vent debout de 20 kt.

Étape 8. Le Tableau A5-2 montre qu'un OTS_{max} commençant à 1 660 m et se terminant à 1 960 m par rapport au seuil, ou commençant à 1 700 m et se terminant à 2 000 m par rapport au seuil, convient au plus grand pourcentage d'avions. La probabilité de conditions de vent différentes n'est pas prise en considération, puisque la sortie est nécessaire seulement en conditions de vent fort. En conditions météorologiques normales, le volume de trafic qui emprunte cette piste est nettement inférieur à la capacité maximale de la piste même sans sortie supplémentaire.

Étape 9. Comme le montrent le Tableau A5-2 et la Figure A5-2, le point de dégagement optimal pour l' OTS_{max} est situé à 1 760 ou 1 800 m du seuil.

Étape 10. Pour le scénario considéré, il n'est pas nécessaire d'étudier un emplacement pour une seconde sortie car il n'a pas été déterminé d'autre pic d'utilisation correspondant à une combinaison d'avions différente.

Étape 11. Si le réseau de pistes et de voies de circulation n'impose pas un emplacement différent, il est suggéré que le point de dégagement soit situé à une distance de :

$$S = 1\,800 \text{ m par rapport au seuil}$$

5.3 Exemple de conception d'une voie de sortie rapide non normalisée

Le § 1.3.19 et la Figure 1-9 du Chapitre 1 indiquent que pour construire une RET normalisée, il faut que la distance entre l'axe de la piste et l'axe d'une voie de circulation parallèle soit d'au moins :

$$d = (150 + 75) \times \sin(31^\circ) + d_R = 116 + d_R \text{ (en mètres)}$$

(où d_R est une distance à ajouter pour les virages sur l'axe de la voie de circulation).

Une méthode de remplacement pour la construction d'une voie de circulation parallèle distante de 120 m, qui autoriserait une vitesse de dégagement plus élevée par rapport à une voie de sortie à angle droit, est décrite ci-dessous et illustrée à la Figure A5-3.

La sortie a été dessinée comme suit :

- **Axe** : La première partie de la courbe de dégagement a à peu près la forme d'une spirale. Le rayon de dégagement initial est de 160 m, et il diminue à 100 m dans la deuxième partie. Lorsque l'angle entre l'axe de la voie de sortie et l'axe de la piste atteint 60° , le rayon est de 40 m. Dans la troisième partie, la courbe a un rayon constant de 40 m jusqu'à la fin du virage de 180° .
- **Vitesse de dégagement** : D'après le Tableau 1-8 du Chapitre 1, la vitesse de dégagement est de 24 kt pour un rayon de 160 m, et de 13 kt pour un rayon de 40 m. La distance nécessaire pour que la vitesse de l'avion diminue de 24 à 13 kt est d'environ 140 m. Ces valeurs donnent un taux de décélération a de $0,4 \text{ m/s}^2$ le long de la courbe de dégagement, ce qui correspond à un taux sûr pour tous les types d'avions.
- **Courbe intérieure du congé** : La courbe intérieure du congé a été prévue pour tous les types d'avions utilisant l'aéroport. L'avion critique est le B777-300, qui, à l'heure actuelle, présente la longueur de référence la plus grande.
- **Bord extérieur** : Pour permettre des décollages depuis une intersection à partir de cette sortie, le bord extérieur présente un angle droit simple. La distance entre l'axe et le bord extérieur est de 20 m au point le plus proche, ce qui assure une sécurité suffisante pour toutes les manœuvres de virage.

5.4 Calcul de la courbe de dégagement

Les coordonnées des points de base de la courbe de dégagement ont été déterminées comme il est montré à la Figure A5-4 et dans les calculs ci-après (toutes valeurs en mètres) :

Si :

$$R_1 = 160 \text{ m}$$

$$R_2 = 100 \text{ m}$$

$$R_3 = 40 \text{ m}$$

les calculs sont valables pour :

$$112 \text{ m} \leq S \leq 127 \text{ m}$$

où S est la distance entre l'axe de la piste et l'axe de la voie de circulation.

$$P_0 : \quad \begin{aligned} x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$$

$$M_1 : \quad \begin{aligned} x_{M1} &= 0 \\ y_{M1} &= R_1 \end{aligned}$$

$$P_1 : \quad x_1 = R_1 \times \sin (\varphi_1)$$

$$\varphi_1 = 90^\circ - \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\sqrt{R_2^2 - a^2}} \right)$$

$$a = \frac{R_2 \times b}{R_1 - R_2}$$

$$b = R_1 + 10 - S$$

$$y_1 = R_1 - (a + b)$$

$$M_2 : \quad x_{M2} = b \times \operatorname{tg} (\varphi_1)$$

$$y_{M2} = S - 10$$

$$P_2 : \quad x_2 = b \times \operatorname{tg} (\varphi_1) + R_2 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$y_2 = S - 60$$

$$\varphi_2 = 60^\circ$$

$$M_3 : \quad x_{M3} = b \times \operatorname{tg} (\varphi_1) + (R_2 - 40) \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$y_{M3} = S - 40$$

$$P_3 : \quad x_3 = x_{M3}$$

$$y_3 = S$$

Tableau A5-1. Combinaison d'avions prévue pour la période 2020-2030

Avion	Part d'utilisation
B747	1,2 %
B777	1,2 %
A340	6,7 %
A3xx	0,2 %
B757	1,4 %
B767	1,7 %
B737*	22,3 %
A330	6,4 %
A320*	35,9 %
RJ*	18,1 %
Misc.	4,9 %
Total	100,0 %

Tableau A5-2. Points et segments optimaux de dégagement

Point de dégagement [m]	Segment de dégagement [m]	Avions servis à V_{vent} [kt]			Somme des parts d'utilisation [%]
		B737	A320	RJ	
1 530	1 430 – 1 730	25		20, 25	59
1 620	1 520 – 1 820	20, 25	25	15, 20, 25	135
1 660	1 560 – 1 860	20, 25	25	15, 20	117
1 760	1 660 – 1 960	15, 20, 25	20, 25	15	157
1 800	1 700 – 2 000	15, 20	15, 20, 25	15	170
1 870	1 770 – 2 070	15	15, 20	0, 15	130
1 980	1 880 – 2 180		15	0	54
2 040	1 940 – 2 240	0	15	0	76
2 210	2 110 – 2 410	0	0		58
2 330	2 230 – 2 530		0		36

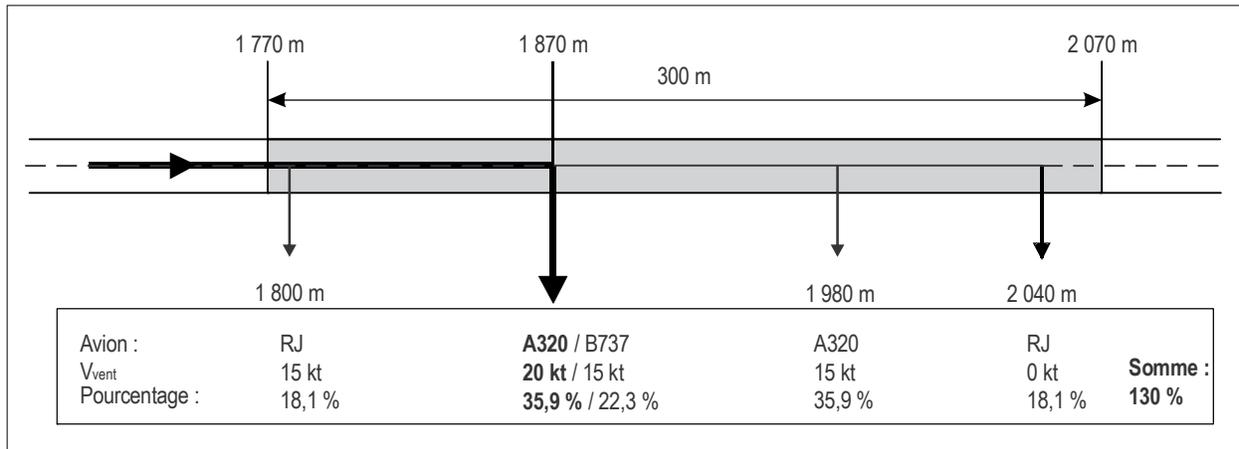


Figure A5-1. Segment de décollage optimal — A320

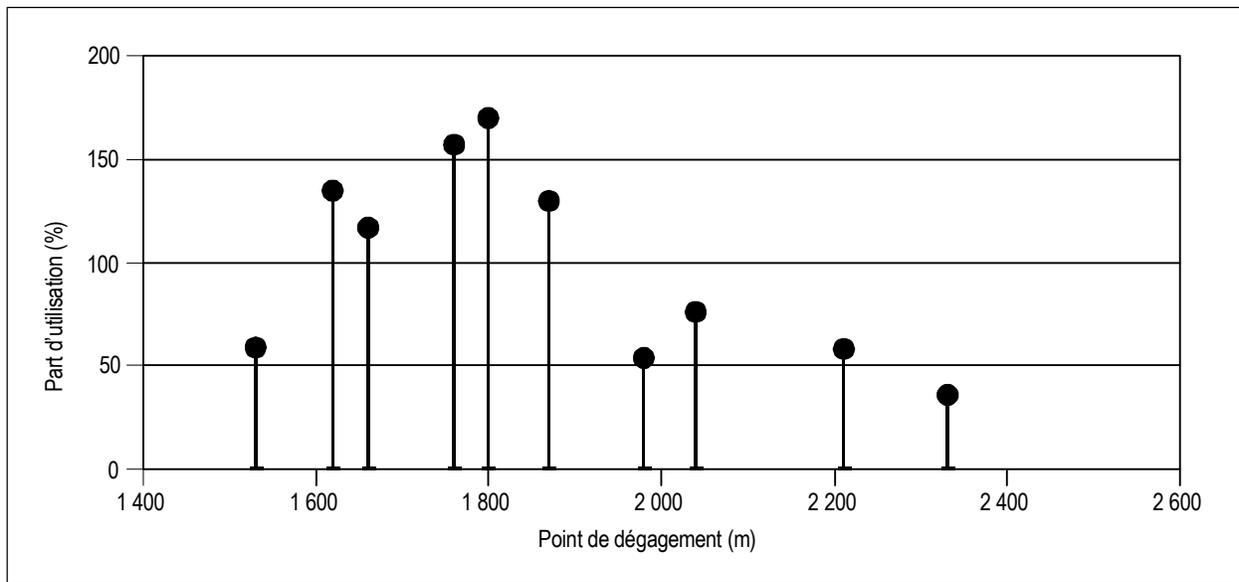


Figure A5-2. Point de décollage optimal

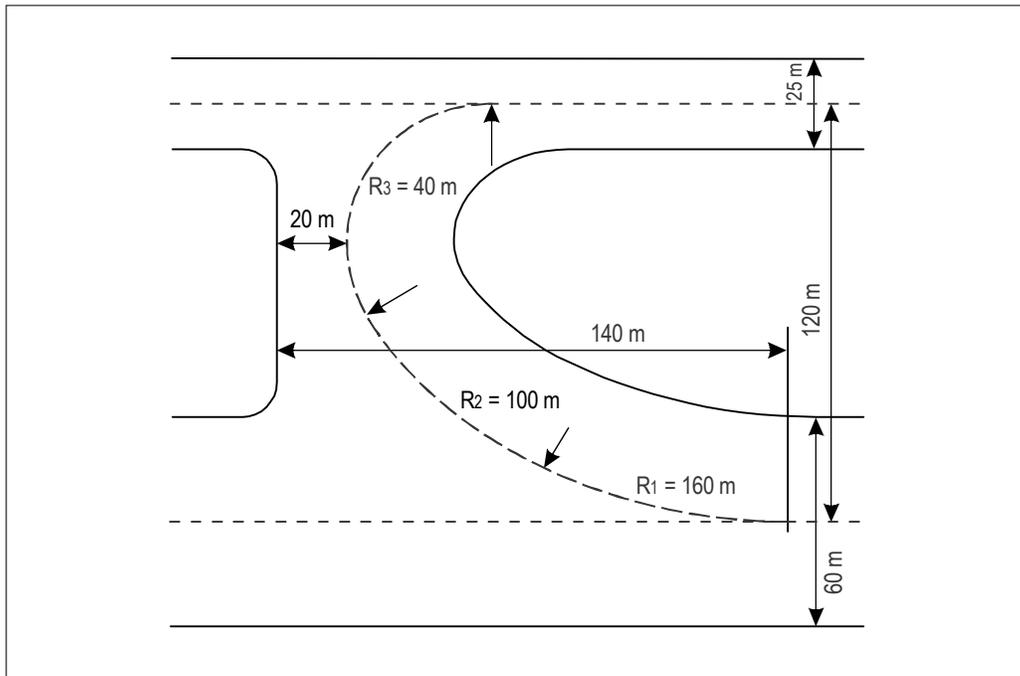


Figure A5-3. Autre tracé possible pour une voie de sortie

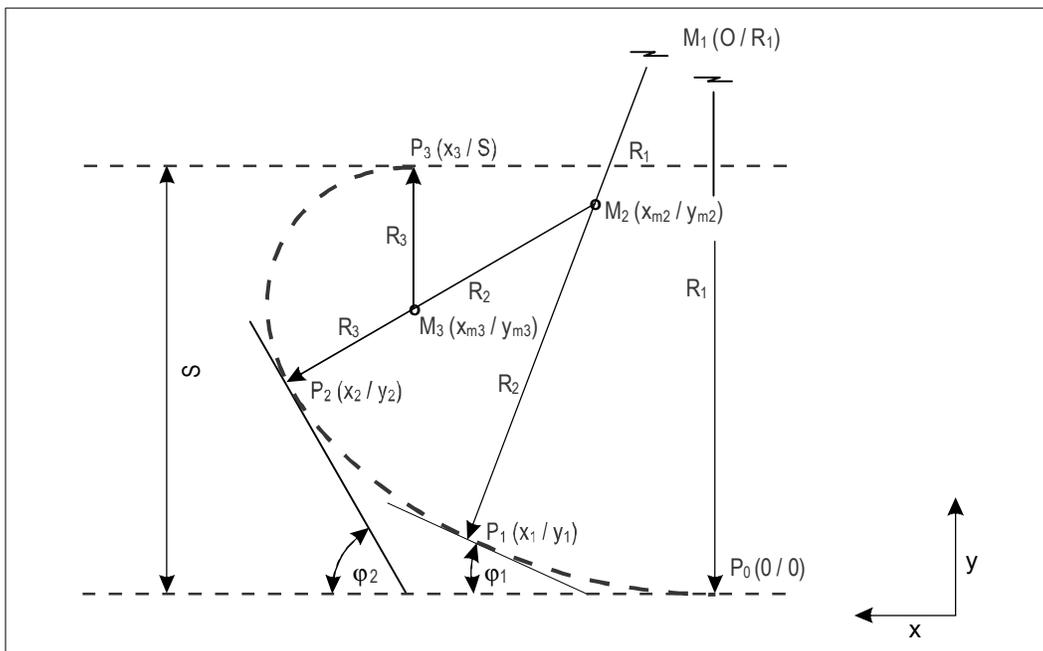


Figure A5-4. Calcul de la courbe de dégagement

ISBN 978-92-9275-792-2



9 789292 757922