

Doc 9905
AN/471



Manuel de conception de procédures de qualité de navigation requise à autorisation obligatoire (RNP AR)

Approuvé par le Secrétaire général
et publié sous son autorité

Première édition — 2009

Organisation de l'aviation civile internationale

Doc 9905
AN/471



Manuel de conception de procédures de qualité de navigation requise à autorisation obligatoire (RNP AR)

Approuvé par le Secrétaire général
et publié sous son autorité

Première édition — 2009

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, rue University, 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, à l'adresse www.icao.int.

Première édition 2009

**Doc 9905, Manuel de conception de procédures de qualité
de navigation requise à autorisation obligatoire (RNP AR)**

N° de commande : 9905
ISBN 978-92-9231-651-8

© ICAO 2009

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.

AMENDMENTS

La parution des amendements est annoncée dans les suppléments au *Catalogue des publications de l'OACI*. Le Catalogue et ses suppléments sont disponibles sur le site web de l'Organisation à l'adresse suivante : www.icao.int. Le tableau ci-dessous est destiné à rappeler les divers amendements.

AMENDEMENTS ET RECTIFICATIFS

[illegible][illegible]

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
AVANT-PROPOS	VII
DÉFINITIONS.....	IX
ABRÉVIATIONS ET SIGLES	XIII
Chapitre 1. Description de la qualité de navigation requise à autorisation obligatoire (RNP AR)	1-1
1.1 Objet du manuel	1-1
1.2 Application	1-1
1.3 Qualification des aéronefs	1-2
1.4 Qualification opérationnelle	1-2
1.5 Informations relatives aux opérations aériennes.....	1-3
1.6 Procédures de vol.....	1-3
Chapitre 2. Conception de procédures d'approche RNP AR	2-1
2.1 Principes fondamentaux	2-1
2.2 Altitude/hauteur de franchissement d'obstacles (OCA/H) et altitude/hauteur de décision (DA/H)	2-1
2.3 Conditions standard.....	2-2
2.4 Effets du terrain	2-2
2.5 Protection latérale.....	2-2
2.6 Protection verticale	2-3
Chapitre 3. Critères généraux	3-1
3.1 Catégories de vitesse des aéronefs.....	3-1
3.2 Calcul du rayon de virage et de l'angle d'inclinaison latérale.....	3-3
Chapitre 4. Construction des procédures	4-1
4.1 Principes généraux.....	4-1
4.2 Segment d'approche initiale	4-14
4.3 Attente	4-16
4.4 Segment d'approche intermédiaire	4-16
4.5 Segment d'approche finale (FAS).....	4-18
4.6 Segment d'approche interrompue (MAS)	4-36
4.7 Détermination de l'OCA/H	4-43
Chapitre 5. Publication et cartes	5-1
5.1 Introduction.....	5-1
5.2 Titres des cartes aéronautiques.....	5-1
5.3 Identification des cartes	5-1

	<i>Page</i>
5.4 Notes relatives aux cartes	5-1
5.5 Représentation	5-2
5.6 Minimums	5-2
 Appendice 1. Marge minimale de franchissement d'obstacles (MOC) du Budget d'erreur verticale (VEB) — Explication des équations (unités SI)	 APP 1-1
 Appendice 2. Marge minimale de franchissement d'obstacles (MOC) du Budget d'erreur verticale (VEB) — Explication des équations (unités non SI).....	 APP 2-2

AVANT-PROPOS

La qualité de navigation requise (RNP) a d'abord été envisagée par l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) comme un moyen de faciliter des changements dans l'exploitation de l'espace aérien. L'OACI a reconnu que les systèmes mondiaux de navigation par satellite, l'infrastructure de navigation, l'exploitation et les systèmes aéronautiques évoluaient trop rapidement pour son processus traditionnel de normalisation technique. La RNP a été créée pour qu'il soit possible de spécifier les conditions à respecter en ce qui concerne l'espace aérien et l'exploitation, sans subir les contraintes d'un processus lent de spécification d'équipement et de systèmes.

Dans un premier temps, afin d'appuyer l'exploitation RNP, des critères de conception de procédures RNP ont été établis et intégrés aux *Procédures pour les services de navigation aérienne — Exploitation technique des aéronefs* (PANS-OPS) (Doc 8168). Cependant, faute de demande et de connaissance générale de ce que la RNP rendait possible au niveau du changement du paradigme d'exploitation et de mise en œuvre, les critères initiaux étaient conservateurs par nature et par spécification. Devant la nécessité de solutions RNP exigeantes pour des endroits spécifiques, les critères de l'OACI se sont donc révélés insuffisants pour apporter l'information d'appui nécessaire à l'approbation des opérations.

Dans le même temps, un État, en collaboration avec l'industrie et une importante compagnie aérienne, a entrepris de mettre au point des critères permettant l'emploi de la RNP pour résoudre un grave problème d'accès à des aéroports situés dans des environnements riches en obstacles, par conditions météorologiques contraignantes. Ces critères relatifs à des procédures RNP ont été publiés dans un document d'application de la réglementation [United States Federal Aviation Administration (FAA) Advisory Circular (AC) 120-29A].

Les critères RNP de la circulaire AC 120-29A permettent une grande souplesse dans la conception des procédures ainsi que l'adaptation de celles-ci. Cette circulaire donne plus que les indications traditionnelles pour la conception de procédures en fournissant des critères portant sur des aspects opérationnels à prendre en compte pour la mise en œuvre des opérations aériennes en question (p. ex. évaluation du segment à vue, panne moteur, extraction, pente de montée adaptée et atterrissage interrompu). Cependant, ces critères peuvent être très exigeants et demander beaucoup de temps, car ils doivent être évalués et approuvés pour chaque application. Dès lors, il a été convenu qu'un certain degré de normalisation plutôt qu'une variabilité maximale faciliterait non seulement l'élaboration des procédures mais aussi leur mise en œuvre.

Le même État, de concert avec sa communauté aéronautique, a produit un ensemble distinct de critères de conception de procédures préservant la flexibilité dans de nombreux domaines cruciaux mais fixant des normes dans d'autres, afin de simplifier l'effort de conception tout en maintenant la possibilité de retirer des avantages opérationnels intéressants. Ces critères ont été publiés dans une ordonnance (United States FAA Order 8250.52) et ont d'abord été utilisés dans cet État, mais ils ont aussi été adoptés par d'autres États qui souhaitaient en disposer pour résoudre des problèmes d'exploitation dans leurs régions respectives. Après avoir examiné ces critères, l'OACI en a établi de nouveaux, qui ont été harmonisés avec les PANS-OPS sur les plans de la terminologie, des unités de mesure et de certains paramètres de conception, et les a utilisés pour produire le présent manuel. Les concepts liés à ces critères équivalents étant relativement récents, il a été décidé de ne pas les ajouter aux PANS-OPS à ce stade.

Afin de rationaliser et d'appuyer la mise en œuvre d'opérations RNP, l'OACI a créé le Groupe d'étude sur la qualité de navigation requise et les besoins opérationnels spéciaux (RNPSORSG), qui a élaboré le *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)* (Doc 9613). Le Manuel PBN porte sur deux types de spécification de navigation pour les opérations d'approche : approche RNP (RNP APCH) et approche RNP à autorisation obligatoire (RNP AR APCH). La spécification RNP APCH est destinée à répondre aux besoins opérationnels généraux en matière de RNP et à permettre l'emploi d'aéronefs dotés de possibilités RNP de base sans imposer d'autorisation opérationnelle. La

spécification RNP AR APCH, qui réclame un niveau supérieur de performances de navigation mieux à même de surmonter le problème de l'accès aux aéroports situés dans des environnements riches en obstacles, par exemple, et facilite l'évolution de la gestion du trafic aérien (ATM), oblige l'exploitant à répondre à des exigences supplémentaires concernant les aéronefs et les équipages et à obtenir une autorisation opérationnelle de l'autorité de réglementation de l'État.

Les procédures RNP AR peuvent apporter des avantages considérables aux chapitres de l'exploitation et de la sécurité par rapport à d'autres procédures de navigation de surface (RNAV) en prescrivant une précision, une intégrité et une fonctionnalité de navigation accrues pour permettre des opérations utilisant des marges de franchissement d'obstacles réduites qui rendent possible la mise en œuvre de procédures d'approche et de départ dans des situations où l'application d'autres procédures n'est pas réalisable ou acceptable du point de vue opérationnel. Les procédures mises en œuvre conformément au présent manuel permettent de tirer parti de moyens de navigation latérale et verticale (VNAV) gérées qui améliorent la sécurité de l'exploitation et réduisent les risques d'impact sans perte de contrôle (CFIT).

Le présent manuel s'adresse aux exploitants d'aéronefs et aux concepteurs de procédures qui doivent élaborer des procédures d'approche aux instruments fondées sur la RNP utilisant une avionique RNAV et dont la mise en œuvre est soumise à une autorisation obligatoire (AR).

Il contient des critères de conception visant à aider les États à mettre en œuvre les procédures d'approche RNP AR conformément au Manuel PBN, Volume II, Partie C, Chapitre 6, *Mettre en œuvre les approches RNP AR APCH*. Des critères similaires portant sur les procédures de départ y seront éventuellement ajoutés.

DÉFINITIONS

Alignement de descente. Trajectoire de vol définie dans le plan vertical, qui passe par le DCP/RDH sur le segment d'approche finale d'une APV ou PA.

Altitude de décision (DA) ou hauteur de décision (DH). Altitude ou hauteur spécifiée à laquelle, au cours de l'approche de précision ou d'une approche avec guidage vertical, une approche interrompue doit être amorcée si la référence visuelle nécessaire à la poursuite de l'approche n'a pas été établie.

Note 1.— La DA est rapportée au niveau moyen de la mer, et la DH, à l'altitude du seuil.

Note 2.— On entend par « référence visuelle nécessaire » la section de la configuration d'aide visuelle ou de l'aire d'approche qui devrait demeurer en vue suffisamment longtemps pour permettre au pilote d'évaluer la position de l'aéronef et la vitesse de variation de cette position par rapport à la trajectoire à suivre. Dans les opérations de catégorie III avec une hauteur de décision, la référence visuelle nécessaire est celle qui est spécifiée pour la procédure et l'opération particulières.

Note 3.— Pour la facilité, lorsque les deux expressions sont utilisées, elles peuvent être écrites sous la forme « altitude/hauteur de décision » et abrégées « DA/H ».

Application de navigation. L'application d'une spécification de navigation et de l'infrastructure d'aides à la navigation correspondante à des routes, des procédures et/ou un volume d'espace aérien défini, en accord avec le concept d'espace aérien envisagé.

Note.— L'application de navigation est l'un des éléments, à côté des procédures de communication, de surveillance et d'ATM, qui répondent aux objectifs stratégiques dans un concept d'espace aérien défini.

Arrivée normalisée aux instruments (STAR). Route désignée d'arrivée, suivie conformément aux règles de vol aux instruments (IFR), reliant un point significatif, normalement situé sur une route ATS, à un point où peut commencer une procédure d'approche aux instruments.

Concept d'espace aérien. Un concept d'espace aérien donne le schéma et le cadre envisagé des opérations à l'intérieur d'un espace aérien. Le concept d'espace aérien est principalement un énoncé de planification de l'espace aérien. Des concepts d'espace aérien sont mis au point pour satisfaire des objectifs stratégiques explicites, tels que l'amélioration de la sécurité, l'accroissement de la capacité de trafic aérien, l'atténuation d'impacts environnementaux, etc. Les concepts d'espace aérien peuvent inclure des détails concernant l'organisation pratique de l'espace aérien et ses usagers, sur la base d'hypothèses CNS/ATM particulières, p. ex. structure des routes ATS, minimums de séparation, espacement des routes et marges de franchissement d'obstacles.

Contrôle aux procédures. Service de contrôle de la circulation aérienne fourni en utilisant des informations d'autres sources qu'un système de surveillance ATS.

Contrôle de redondance cyclique (CRC). Algorithme mathématique appliqué à l'expression numérique des données, qui procure un certain degré d'assurance contre la perte ou l'altération de données.

Départ normalisé aux instruments (SID). Route désignée de départ, suivie conformément aux règles de vol aux instruments (IFR), reliant l'aérodrome ou une piste spécifiée de l'aérodrome à un point significatif spécifié, normalement situé sur une route ATS désignée, auquel commence la phase en route d'un vol.

Environnement de navigation mixte. Environnement dans lequel des spécifications de navigation différentes peuvent être appliquées dans un même espace aérien (p. ex. routes RNP 10 et RNP 4 dans le même espace aérien) ou dans lequel des opérations utilisant la navigation conventionnelle sont autorisées dans le même espace aérien que des applications RNAV ou RNP.

Fonctionnalités de navigation. Détail des capacités du système de navigation (telles que l'exécution de transitions entre parcours, possibilités de décalage parallèle, circuits d'attente, bases de données de navigation) nécessaires.

Note.— Les besoins fonctionnels de la navigation sont un des éléments déterminants pour la sélection d'une certaine spécification de navigation. Les fonctionnalités de navigation (besoins fonctionnels) pour chaque spécification de navigation figurent dans le Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) (Doc 9613), Volume II, Parties B et C.

Infrastructure d'aides à la navigation. On entend par infrastructure d'aides à la navigation les aides de navigation, spatiales ou au sol, disponibles pour satisfaire aux exigences d'une spécification de navigation.

Navigation de surface (RNAV). Méthode de navigation permettant le vol sur n'importe quelle trajectoire voulue dans les limites de la couverture d'aides de navigation situées au sol ou dans l'espace ou dans les limites des possibilités d'aides autonomes, ou grâce à une combinaison de ces deux moyens.

Note.— La navigation de surface englobe la navigation fondée sur les performances ainsi que d'autres opérations qui ne répondent pas à la définition de la navigation fondée sur les performances.

Navigation fondée sur les performances (PBN). Navigation de surface fondée sur des exigences en matière de performances que doivent respecter des aéronefs volant sur une route ATS, selon une procédure d'approche aux instruments ou dans un espace aérien désigné.

Note.— Les exigences en matière de performances sont exprimées dans des spécifications de navigation sous forme de conditions de précision, d'intégrité, de continuité, de disponibilité et de fonctionnalité à respecter pour le vol envisagé, dans le cadre d'un concept particulier d'espace aérien.

Opérations RNAV. Opérations aériennes utilisant un système de navigation de surface pour des applications RNAV. Les opérations RNAV incluent l'utilisation de la navigation de surface pour des opérations qui ne sont pas mises au point en accord avec le Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) (Doc 9613).

Opérations RNP. Opérations aériennes utilisant un système fondé sur la RNP pour des applications de navigation RNP.

Procédure d'approche avec guidage vertical (APV). Procédure d'approche aux instruments qui utilise les guidages latéral et vertical mais ne répond pas aux spécifications établies pour les approches et atterrissages de précision.

Route à navigation de surface. Route ATS établie à l'usage des aéronefs qui peuvent utiliser la navigation de surface.

Route RNP. Route ATS établie à l'usage des aéronefs qui respectent une spécification de navigation RNP prescrite.

Service de surveillance ATS. Terme désignant un service fourni directement au moyen d'un système de surveillance ATS.

Spécification de navigation. Ensemble de conditions à remplir par un aéronef et un équipage de conduite pour l'exécution de vols en navigation fondée sur les performances dans un espace aérien défini. Il y a deux types de spécification de navigation :

Spécification RNP. Spécification de navigation fondée sur la navigation de surface, qui prévoit une obligation de suivi des performances et d'alertes désignée par le préfixe RNP (p. ex. RNP 4, RNP APCH).

Spécification RNAV. Spécification de navigation fondée sur la navigation de surface, qui ne prévoit pas d'obligation de surveillance et d'alerte en ce qui concerne les performances et qui est désignée par le préfixe RNAV (p. ex. RNAV 5, RNAV 1).

Note.— Le Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN) (Doc 9613), Volume II, contient des éléments indicatifs détaillés sur les spécifications de navigation.

Surface de franchissement d'obstacles (OCS). Surface d'évaluation d'obstacles utilisée pour déterminer une altitude minimale permettant le franchissement d'obstacles à n'importe quel point.

Système de renforcement embarqué (ABAS). Système qui renforce l'information provenant des autres éléments du GNSS par les données disponibles à bord de l'aéronef et/ou qui l'intègre à ces données.

Note.— La forme la plus courante d'ABAS est le contrôle autonome de l'intégrité par le récepteur (RAIM).

Système de renforcement satellitaire (SBAS). Système de renforcement à couverture étendue dans lequel l'utilisateur reçoit l'information de renforcement d'un émetteur basé sur satellite.

Système de surveillance ATS. Terme générique désignant, selon le cas, l'ADS-B, le PSR, le SSR ou tout autre système sol comparable qui permet l'identification des aéronefs.

Note.— Un système sol comparable est un système dont il a été démontré, par une évaluation comparative ou une autre méthode, qu'il assure un niveau de sécurité et de performances égal ou supérieur à celui du SSR mono-impulsion.

Système RNAV. Système de navigation qui permet des vols sur n'importe quelle trajectoire voulue à l'intérieur de la couverture d'aides de navigation à référence sur station ou dans les limites des capacités d'aides autonomes, ou une combinaison des deux. Un système RNAV peut être inclus dans le cadre d'un système de gestion de vol (FMS).

Système RNP. Système de navigation de surface qui prend en charge la surveillance et d'alerte à bord en ce qui concerne les performances.

ABRÉVIATIONS ET SIGLES

AC	Advisory Circular
ADS-B	surveillance dépendante automatique — diffusion
AGL	au-dessus du niveau du sol
anpe	erreur liée à la performance de navigation réelle
APCH	approche
APV	procédure d'approche avec guidage vertical
AR	autorisation obligatoire
*ase	erreur du système altimétrique
ASI	anémomètre
ATC	contrôle de la circulation aérienne
*atis	service automatique d'information de région terminale
ATM	gestion du trafic aérien
ATS	services de la circulation aérienne
ATT	tolérance longitudinale
BARO-VNAV	navigation verticale barométrique
BG	géométrie du fuselage
CAT	catégorie
CDA	approche en descente continue
CFIT	impact sans perte de contrôle
Cotg	cotangente
CNS/ATM	communications, navigation et surveillance/Gestion du trafic aérien
DA/H	altitude/Hauteur de décision
DER	extrémité départ de la piste
D _{FAP}	distance du seuil au point d'approche finale
D _{FROP}	distance au point de dégauchissement d'approche finale
DR	vitesse verticale de descente
DTA	distance d'anticipation de virage
FAA	Federal Aviation Administration (Administration fédérale de l'aviation, États-Unis)
FAF	repère d'approche finale
FAP	point d'approche finale
FAS	segment d'approche finale
FCC	calculateur de commandes de vol
FOSA	évaluation de la sécurité des opérations aériennes
FROP	point de dégauchissement d'approche finale
ft	pieds
*fte	erreur technique de vol
FTP	point de seuil fictif
GNSS	système mondial de navigation par satellite
GP	alignement de descente
GPI	point d'interception au sol
GPS	système mondial de localisation
H	altitude
HATh	hauteur au-dessus du seuil

* Abréviation ou sigle extrait du *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)* (Doc 9613).

HL	perte de hauteur
IAF	repère d'approche initiale
IAS	vitesse indiquée
IF	repère intermédiaire
IRU	centrale inertielle
ISA	atmosphère type internationale
isad	écart de température par rapport à l'atmosphère type internationale
km	kilomètre
kt	nœud
LNAV	navigation latérale
LTP	point de seuil d'atterrissage
LTP _{ELEV}	altitude du point de seuil d'atterrissage
m	mètre
MA	approche interrompue
MAS	segment d'approche interrompue
MEL	liste minimale d'équipements
MOC	marge minimale de franchissement d'obstacles
NM	mille marin
OAS	surface(s) d'évaluation d'obstacles
OCA/H	altitude/hauteur de franchissement d'obstacles
OCS	surface de franchissement d'obstacles
PANS-OPS	Procédures des services de navigation aérienne — Opérations aériennes
PBN	navigation fondée sur les performances
PSR	radar primaire de surveillance
R	taux de virage
r	rayon
RA	radioaltimètre
RDH	hauteur du point de repère
RF	rayon jusqu'à un repère (<i>Radius to fix</i>) (type de parcours ARINC)
RNAV	navigation de surface
RNP	qualité de navigation requise
RNP AR	qualité de navigation requise à autorisation obligatoire
RNPSORSG	Groupe d'étude sur la qualité de navigation requise et les besoins opérationnels spéciaux
RSS	somme des carrés
RWY	piste
SI	Système international d'unités
SOC	début de la montée
SSR	radar secondaire de surveillance
VV	vitesse vraie
TCH	hauteur de franchissement du seuil
TF	direction jusqu'à un repère (<i>Track to fix</i>) (type de parcours ARINC)
Tg	Tangente
TP	point de virage
TrD	distance de transition
TWC	composante vent arrière
V	vitesse
VA	cap vers altitude (type de parcours ARINC)
vae	erreur d'angle vertical
V _{at}	vitesse au seuil
VEB	budget d'erreur verticale
VGSI	indicateur visuel de pente de descente
VNAV	navigation verticale
VPA	angle de trajectoire verticale

V_{slg}	vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage à la masse maximale à l'atterrissage
V_{so}	vitesse de décrochage
WGS	système géodésique mondial
wpr	erreur de précision du point de cheminement

Chapitre 1

DESCRIPTION DE LA QUALITÉ DE NAVIGATION REQUISE À AUTORISATION OBLIGATOIRE (RNP AR)

1.1 OBJET DU MANUEL

1.1.1 Le présent manuel s'adresse aux exploitants d'aéronefs et aux concepteurs de procédures qui élaborent des procédures d'approche aux instruments fondées sur la qualité de navigation requise (RNP) utilisant une avionique de navigation de surface (RNAV) et dont la mise en œuvre est soumise à une autorisation obligatoire (AR).

1.1.2 Il contient des critères de conception destinés à aider les États à mettre en œuvre des procédures d'approche RNP AR conformément au *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)* (Doc 9613) (appelé ci-après Manuel PBN), Volume II, Partie C, Chapitre 6, *Mettre en œuvre la RNP AR APCH*.

1.2 APPLICATION

1.2.1 La mise en œuvre de procédures RNP AR va au-delà de la conception de procédures en ce sens qu'elle nécessite un processus d'autorisation des exploitants d'aéronefs destiné à garantir la prise en compte d'autres besoins critiques et l'obtention préalable d'approbations de navigabilité et d'exploitation. Le Manuel PBN donne des orientations sur la mise en œuvre et l'approbation opérationnelle.

1.2.2 Le Manuel PBN contient les spécifications de navigation applicables à deux types d'approches RNP : RNP APCH et RNP AR APCH.

1.2.3 Les opérations d'approche RNP AR font partie des procédures d'approche avec guidage vertical (APV), qui sont visées par l'Annexe 6 — *Exploitation des aéronefs*. Ce type d'opérations exige un système de guidage de navigation verticale (VNAV) pour l'exécution du segment d'approche finale (FAS). Les opérations RNP AR APCH actuelles font appel à un système de navigation verticale barométrique (BARO-VNAV) répondant à des exigences de navigabilité spécifiques. Le franchissement d'obstacles est fondé sur une évaluation statistique de toutes les erreurs composant ce que l'on appelle le budget d'erreur verticale (VEB). On peut utiliser d'autres systèmes de guidage vertical, à condition qu'ils assurent une précision, une intégrité et un confinement similaires.

1.2.4 On peut concevoir des procédures RNP AR APCH prenant en charge plusieurs minimums pour diverses valeurs appropriées de RNP (p. ex., RNP 0,3, RNP 0,2, jusqu'à RNP 0,1). Cependant, les concepteurs ne devraient pas publier de procédures RNP de valeur inférieure à 0,3, à moins qu'elles n'apportent un avantage opérationnel. Plus la valeur de la RNP est basse, plus la limite d'alerte l'est également, ce qui accroît la possibilité d'une alerte suivie d'une remise des gaz. Dès lors, la valeur de RNP minimale publiée ne devrait pas être plus basse que ne l'exige l'exploitation.

1.2.5 Les critères de conception du présent manuel s'appliquent à différents types d'aéronefs et ne peuvent donc pas prendre en compte toutes les possibilités de certains. Ainsi, les procédures conçues conformément à ce manuel constitueront une solution opérationnelle acceptable dans un grand nombre de situations, mais non la totalité. Lorsque l'application de ces critères ne permet pas d'obtenir une solution acceptable du point de vue opérationnel, l'élaboration de procédures détaillées peut être nécessaire pour satisfaire aux conditions locales. D'autres solutions de

conception existent qui spécifient le type d'aéronef ou des paramètres de performance précis, des conditions ou limites d'utilisation spéciales, la formation des équipages, l'évaluation opérationnelle ainsi que d'autres conditions pouvant être nécessaires, dont on peut prouver qu'elles assurent un niveau de sécurité équivalent. Ces solutions ne font pas l'objet du présent manuel et nécessitent une évaluation de la sécurité des opérations aériennes (FOSA) et une approbation opérationnelle cas par cas.

1.2.6 Les opérations RNP AR APCH utilisent des niveaux élevés de capacité RNAV, et tous les aspects opérationnels doivent répondre aux exigences pertinentes spécifiées dans le Manuel PBN.

1.2.7 La sécurité des procédures RNP AR APCH dépend des liens d'interdépendance entre les possibilités des aéronefs, les procédures d'exécution et la conception des procédures. Les utilisateurs du présent manuel devraient bien comprendre cette différence critique de la conception des procédures RNP AR.

1.3 QUALIFICATION DES AÉRONEFS

1.3.1 La qualification des aéronefs fait partie intégrante du processus d'autorisation des opérations RNP AR. En ce qui concerne les procédures de vol aux instruments RNP AR, seuls les aéronefs dont les performances, les possibilités et les fonctionnalités ont été démontrées peuvent être autorisés à exécuter des opérations RNP AR APCH.

1.3.2 Les aéronefs doivent répondre aux exigences de la spécification de navigation RNP AR APCH détaillée dans le Manuel PBN. Les aviateurs doivent démontrer et documenter les performances et les possibilités des aéronefs, de même que toutes les procédures ou limitations particulières applicables aux aéronefs et à leurs systèmes, dans le cadre d'un programme de certification ou d'une évaluation de conformité.

1.3.3 La démonstration des possibilités permet à tous les aéronefs qualifiés d'exécuter les procédures de vol aux instruments considérées, ce qui libère le concepteur de la nécessité de prendre en considération chaque type d'aéronef ou les performances dont il est capable.

1.3.4 Une fois les performances, l'intégrité et les fonctionnalités démontrées, documentées et approuvées dans le cadre de la démonstration de la capacité RNP AR, il n'est pas nécessaire d'effectuer des tests en vol ou simulations particuliers ou de grande ampleur pour recueillir des preuves statistiques des performances de l'aéronef afin d'appuyer la mise en œuvre d'opérations RNP AR.

1.4 QUALIFICATION OPÉRATIONNELLE

1.4.1 Le processus d'autorisation d'exploitation RNP AR APCH englobe l'approbation des procédures d'exécution et la formation des équipages conformément à la spécification de navigation RNP AR APCH détaillée dans le Manuel PBN.

1.4.2 Les procédures d'exécution doivent être conformes à toutes les conditions fixées dans l'approbation de capacité RNP AR des aéronefs et à toute exigence supplémentaire prévue par exemple dans la liste minimale d'équipements (LME), les manuels d'exploitation, les manuels de vol et les indications de maintenance.

1.4.3 Les procédures d'exécution doivent également tenir compte de toutes les limitations ou exigences particulières fixées par le concepteur des procédures. Dans certains cas, des équipements ou possibilités spécifiques peuvent être nécessaires pour exécuter une procédure RNP AR APCH.

1.4.4 Les procédures RNP AR APCH individuelles sont validées conformément au Manuel PBN et à d'autres indications pertinentes avant d'être publiées. Cependant, comme les fonctionnalités, l'équipement et la pilotabilité

peuvent varier, les exploitants sont tenus de procéder à une validation opérationnelle de chaque procédure applicable au type d'aéronef utilisé.

1.4.5 Avant d'être autorisé à exécuter des opérations RNP AR APCH, un exploitant doit démontrer aux autorités de réglementation de l'État que tous les éléments liés à ces opérations ont été dûment traités, notamment les suivants :

- a) détermination de la qualification des aéronefs ;
- b) formation (p. ex. équipages, agents techniques d'exploitation) ;
- c) LME, maintien de la navigabilité ;
- d) exigences relatives aux procédures opérationnelles ;
- e) procédures du service technique d'exploitation ;
- f) procédures de maintenance ;
- g) conditions ou limitations relatives à l'approbation ;
- h) validation opérationnelle des procédures pour chaque type d'aéronef ;
- i) réalisation d'une évaluation de la sécurité des opérations aériennes.

1.4.6 Les considérations et questions spécifiques à ces différents éléments sont traitées dans le Manuel PBN.

1.5 INFORMATIONS RELATIVES AUX OPÉRATIONS AÉRIENNES

1.5.1 L'exploitant qui envisage d'effectuer des procédures aux instruments RNP AR doit examiner l'information, les procédures de vol et la formation de ses équipages pour s'assurer qu'elles sont suffisantes pour lui permettre d'obtenir la qualification et l'approbation opérationnelle nécessaires.

1.5.2 L'information, les procédures de vol et la formation des équipages doivent convenir aux procédures d'approche aux instruments RNP AR APCH, aux types ou variantes d'aéronefs, aux fonctions respectives des membres d'équipage, aux systèmes de bord ainsi qu'aux aides de navigation et systèmes au sol à utiliser. Les sujets couverts par la formation seront adaptés à la nature de la formation (qualification initiale, qualification périodique, requalification, mise à jour de la formation au commandement ou qualification par différence, selon le cas). Les exigences relatives à la formation des équipages sont traitées dans le Manuel PBN.

1.6 PROCÉDURES DE VOL

Les utilisateurs du présent manuel doivent connaître les aspects suivants des opérations RNP AR APCH.

- a) *Capacité RNP*. L'équipage doit connaître la capacité RNP de l'aéronef, qui est documentée dans l'autorisation RNP AR correspondant à la configuration de l'aéronef ou aux procédures opérationnelles [p. ex. système mondial de localisation (GPS) hors de fonctionnement, utilisation du directeur de vol au lieu du pilote automatique].

- b) *Vérification de la disponibilité RNP.* Avant d'amorcer une approche, il incombe à l'équipage de veiller à ce que la RNP appropriée ait été sélectionnée. La RNP la plus élevée convenant aux conditions d'exploitation devrait être sélectionnée afin de réduire la possibilité d'alerte et l'approche interrompue qui s'ensuit. Avant de commencer la procédure, l'équipage vérifiera que les systèmes de navigation assurent les performances nécessaires et qu'il peut s'attendre à ce que ces performances soient maintenues pendant toute la durée de l'opération. La RNP ne devrait pas être changée une fois la procédure commencée.
 - c) *Parcours RF (rayon jusqu'à un repère).* L'utilisation de parcours RF permet une plus grande souplesse dans la conception de la trajectoire d'une procédure. Les parcours RF peuvent être présents dans toutes les phases de la procédure, segment final compris. Si la capacité de suivre un parcours RF est obligatoire, la carte d'approche contiendra une note à cet effet. L'utilisation de parcours RF dans la conception de procédures étant facultative, la capacité de suivre des procédures prévoyant de tels parcours doit être expressément indiquée dans l'autorisation de l'exploitant.
 - d) *Équipement minimal.* Des dispositions relatives à l'équipement minimal figurent dans le Manuel PBN. À certains endroits, l'espace aérien ou des obstacles exigeront une capacité RNP pour l'exécution d'une approche interrompue à tout moment de la procédure. Pour ces endroits, un équipement redondant peut être nécessaire.
 - e) *Vitesses ou pentes de montée non standard.* Les approches RNP AR sont élaborées en fonction de vitesses d'approche normalisées et spécifient une pente de montée nominale précise pour l'approche interrompue. Toute exception aux normes doit être indiquée dans la procédure d'approche, et, avant le début de l'opération, l'exploitant doit veiller à ce que chaque exception respecte les restrictions publiées.
 - f) *Opérations non normales.* Les équipages doivent être capables de maintenir la position de leur aéronef à l'intérieur des tolérances de la trajectoire correspondant à la RNP sélectionnée, en situation normale ou non normale. (Les tolérances techniques de vol sont précisées dans les spécifications de navigation traitées dans le Manuel PBN, Volume II, Chapitre 6).
 - g) *Tolérances de la trajectoire de vol verticale.* Dans le segment d'approche finale, les équipages surveilleront tout écart vertical par rapport à la trajectoire VNAV pour s'assurer que l'aéronef respecte les tolérances indiquées dans les spécifications de navigation figurant dans le Manuel PBN, Volume II, Chapitre 6.
 - h) *Pilote automatique couplé.* L'utilisation du pilote automatique couplé est recommandée. Les procédures de l'exploitant doivent spécifier les conditions d'exploitation sans pilote automatique.
-

Chapitre 2

CONCEPTION DE PROCÉDURES D'APPROCHE RNP AR

2.1 PRINCIPES FONDAMENTAUX

RNP APCH et RNP AR APCH

2.1.1 Une procédure RNP APCH est une procédure d'approche RNP qui exige une TSE latérale de ± 1 NM dans les segments initial, intermédiaire et d'approche interrompue (MAS) et de $\pm 0,3$ NM dans le segment d'approche finale (FAS). Des orientations sur la mise en œuvre d'opérations RNP APCH figurent dans le Manuel PBN, Volume II, Chapitre 5, Mettre en œuvre la RNP APCH.

2.1.2 Une procédure RNP AR APCH est une procédure d'approche RNP qui exige une TSE latérale de $\pm 0,1$ NM dans tous les segments. Les procédures RNP AR APCH imposent également une certaine précision dans le plan vertical, comme l'indique le Manuel PBN, Volume II, Chapitre 6. Le point de référence verticale des procédures RNP AR est le point de seuil d'atterrissage (LTP). Les critères RNP AR APCH n'intéressent que les aéronefs et les exploitants qui remplissent des conditions supplémentaires précises touchant la certification, l'approbation et la formation. Les procédures RNP AR APCH ne sont publiées que pour les endroits où elles apportent des avantages opérationnels importants tout en préservant ou améliorant la sécurité de l'exploitation. Les exigences en matière de certification et d'approbation RNP AR sont traitées dans le Manuel PBN. Aux fins de l'application des critères contenus dans le présent manuel, les niveaux de RNP concernent la protection contre les obstacles associée aux valeurs de RNP. Le niveau de RNP est utilisé pour déterminer la demi-largeur (en NM) de l'aire de protection encadrant un segment de procédure aux instruments.

2.2 ALTITUDE/HAUTEUR DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLES (OCA/H) ET ALTITUDE/HAUTEUR DE DÉCISION (DA/H)

2.2.1 Une OCA/H est indiquée sur les cartes des procédures RNP AR. Cependant, lorsqu'une procédure comporte un segment d'approche interrompue (MAS) visé par une RNP inférieure à 1,0, une DA/H est publiée à la place ; une mention à cet effet est alors portée sur la carte. En pareil cas, on s'assure, dans le cadre du processus d'approbation, que l'approche interrompue ne sera pas exécutée avant le point nominal où se trouve la DA/H.

Limite inférieure de la DA/H — Aérodromes

2.2.2 Une limite inférieure est appliquée à l'OCA/H, comme suit :

- a) 75 m (246 ft), à condition que la surface intérieure d'approche, les surfaces intérieures de transition et la surface d'atterrissage interrompu de l'Annexe 14 — *Aérodromes*, Volume I, Chapitre 4, aient été évaluées et ne présentent aucune pénétration ;
- b) 90 m (295 ft) dans tous les autres cas.

Complexité des procédures et OCA/H inférieures à 75 m (246 ft)

2.2.3 Si l'emploi d'une approche en ligne droite donne une OCH de 75 m (246 ft), il ne faudrait pas compliquer la procédure en ajoutant des virages RF ou en réduisant la RNP uniquement pour obtenir une OCH plus basse.

2.3 CONDITIONS STANDARD

L'OCA/H est publiée pour les catégories d'aéronefs pour lesquelles la procédure est conçue. Les valeurs de l'OGH seront fondées sur les conditions standard suivantes :

- a) le guidage vertical en approche finale et la DA/H sont basés sur l'altimètre barométrique ;
- b) la procédure est exécutée à l'aide du directeur de vol ou du pilote automatique ;
- c) les dimensions de l'aéronef sont prises en compte dans la certification (aucune mesure supplémentaire de conception de procédure n'est requise) ;
- d) la remise des gaz ou l'approche interrompue est protégée par le processus de certification et d'approbation ;
- e) les aéronefs ont reçu les certifications et approbations RNP AR appropriées de l'autorité compétente.

2.4 EFFETS DU TERRAIN

L'application du bilan d'erreur verticale (VEB) à la protection contre les obstacles dépend d'une altimétrie précise. Un terrain qui s'élève rapidement, des crêtes ou des falaises élevées, des vallées et des canyons profonds peuvent provoquer des effets de portance (Bernouilli/Venturi/orographiques) susceptibles d'influer sur les performances verticales des aéronefs. Les endroits risquant de présenter d'importantes variations de pression doivent être déterminés lors du processus de conception, et leur effet doit être pris en compte lors de la conception et validé lors de l'évaluation de sécurité.

2.5 PROTECTION LATÉRALE

Pour les procédures RNP AR, la demi-largeur de l'aire primaire équivaut à deux fois la valeur de la RNP ($2 \times \text{RNP}$). Il n'y a pas de zone tampon ni d'aire secondaire. Le Tableau 2-1 énumère les valeurs de RNP applicables aux divers segments des procédures aux instruments.

Tableau 2-1. Valeurs de RNP

<i>Segment</i>	<i>RNP AR</i>		
	<i>Maximale</i>	<i>Standard</i>	<i>Minimale</i>
Arrivée	2	2	1,0
Initial	1	1	0,1
Intermédiaire	1	1	0,1
Final	0,5	0,3	0,1
Approche interrompue	1,0	1,0	0,1*
*Voir au § 4.6 les limitations applicables à la valeur minimale du MAS.			

2.6 PROTECTION VERTICALE

2.6.1 Dans le segment d'approche finale et le MAS, deux surfaces d'évaluation d'obstacles (OAS) assurent le franchissement des obstacles :

- a) une surface d'approche finale basée sur le VEB du système baro-altimétrique ;
- b) une surface horizontale basée sur une distance de transition (TrD) (voir le § 4.6.9) et une surface d'approche interrompue (Z).

2.6.2 Les processus de certification, d'approbation et de formation visent à assurer que le système baro-altimétrique et les performances de l'équipage permettent de respecter le profil vertical.

Chapitre 3

CRITÈRES GÉNÉRAUX

3.1 CATÉGORIES DE VITESSE DES AÉRONEFS

3.1.1 Les différences dans les performances d'aéronefs ont une incidence directe sur l'espace aérien et la visibilité nécessaires pour des manœuvres telles que l'approche indirecte, l'approche interrompue avec virage, la descente d'approche finale et les manœuvres précédant l'atterrissage (notamment virages de base et virages conventionnels). L'élément le plus important des performances est la vitesse. En conséquence, cinq catégories d'aéronefs typiques ont été établies pour constituer une base normalisée de comparaison entre la manœuvrabilité des aéronefs et les différentes procédures d'approche aux instruments.

3.1.2 La configuration d'atterrissage à prendre en compte sera définie par l'exploitant ou par l'avionneur.

3.1.3 Dans le présent document, les catégories d'aéronefs sont identifiées par une lettre, comme suit :

- Catégorie A — moins de 169 km/h (91 kt) vitesse indiquée (VI) ;
- Catégorie B — 169 km/h (91 kt) ou plus, mais moins de 224 km/h (121 kt) VI ;
- Catégorie C — 224 km/h (121 kt) ou plus, mais moins de 261 km/h (141 kt) VI ;
- Catégorie D — 261 km/h (141 kt) ou plus, mais moins de 307 km/h (166 kt) VI ;
- Catégorie E — 307 km/h (166 kt) ou plus, mais moins de 391 km/h (211 kt) VI.

3.1.4 Le critère pris en compte pour la catégorisation des avions est la VI au seuil (V_{at}), qui est égale à 1,3 fois la vitesse de décrochage V_{so} ou à 1,23 fois la vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage à la masse maximale à l'atterrissage certifiée. Si V_{so} et V_{slg} sont toutes deux disponibles, on utilisera la plus grande des valeurs V_{at} obtenues. Les gammes de VI des Tableaux 3-1 a) et 3-1 b) doivent être utilisées dans les calculs de procédures. Pour la conversion de ces vitesses en vitesses vraies (VV), voir le § 3.1.7.

Restriction de catégorie d'aéronefs et de VI

3.1.5 Lorsque les impératifs d'espace aérien sont critiques pour une certaine catégorie d'aéronefs, on peut baser les procédures sur des aéronefs d'une catégorie de vitesses inférieure, mais l'utilisation de ces procédures doit être limitée à ces catégories. On peut aussi indiquer qu'une procédure est limitée à une VI maximale spécifique pour un segment donné, sans faire référence à une catégorie. La vitesse vraie (VV) devrait être calculée à partir des vitesses conventionnelles figurant aux Tableaux 3-1 a) et 3-1 b).

Changement permanent de catégorie (masse maximale à l'atterrissage)

3.1.6 Un exploitant peut imposer, à titre permanent, une masse à l'atterrissage inférieure et l'utiliser pour déterminer la V_{at} , s'il en a reçu l'approbation de l'État dont il relève. La catégorie définie pour un avion donné sera une valeur permanente et donc indépendante des variations de l'exploitation quotidienne.

Tableau 3-1 a). Vitesse indiquée (VI) (km/h)

Segment		VI par catégorie d'aéronefs (CAT)				
		CAT A	CAT B	CAT C	CAT D	CAT E
Initial, intermédiaire		280	335	445	465	467
Final		185	240	295	345	Comme spécifié
Approche interrompue		205	280	445	490	Comme spécifié
Restriction de vitesse minimale	Initial	204	259	389	389	Comme spécifié
	Final	185	222	259	306	Comme spécifié
	Intermédiaire	204	259	333	333	Comme spécifié
	Approche interrompue	185	241	306	343	Comme spécifié

Tableau 3-1 b). Vitesse indiquée (VI) (kt)

Segment		VI par catégorie d'aéronefs (CAT)				
		CAT A	CAT B	CAT C	CAT D	CAT E
Initial, intermédiaire		150	180	240	250	250
Final		100	130	160	185	Comme spécifié
Approche interrompue		110	150	240	265	Comme spécifié
Restriction de vitesse minimale	Initial	110	140	210	210	Comme spécifié
	Final	100	120	140	165	Comme spécifié
	Intermédiaire	110	140	180	180	Comme spécifié
	Approche interrompue	100	130	165	185	Comme spécifié

Note.— Les valeurs figurant dans le Tableau 3-1 b) sont converties et arrondies, pour des motifs opérationnels, au plus proche multiple de 5, et sont considérées comme équivalentes du point de vue de la sécurité de l'exploitation.

Calcul de la vitesse vraie (VV)

3.1.7 La conversion des VI en VV aux fins des procédures RNP AR utilise les équations standard suivantes :

Unités non SI :

$$VV = VI * 171233 * [(288 + VAR) - 0,00198 * H]^{0,5} / (288 - 0,00198 * H)^{2,628}$$

Unités SI :

$$VV = VI * 171233 * [(288 + VAR) - 0,006496 * H]^{0,5} / (288 - 0,006496 * H)^{2,628}$$

où

- VI = vitesse indiquée (kt ou km/h, selon le cas)
- VV = vitesse vraie (kt ou km/h, selon le cas)
- VAR = écart par rapport à l'atmosphère type internationale (ISA) (valeur standard +15) ou données locales pour une température élevée de 95 %, si disponibles
- H = altitude (ft ou m, selon le cas)

Les équations ci-dessus figurent dans une feuille de calcul Microsoft Excel disponible avec la version électronique du manuel sur le site web public de l'OACI (www.icao.int), sous la rubrique « Publications ».

3.2 CALCUL DU RAYON DE VIRAGE ET DE L'ANGLE D'INCLINAISON LATÉRALE

Vitesses pour les calculs de virage

3.2.1 Pour les procédures RNP AR, le rayon des virages par le travers et les virages RF est calculé comme suit : vitesse $V = VV + \text{vent arrière supposé}$.

3.2.2 Déterminer la VV du virage en utilisant les formules figurant au § 3.1.7 et la vitesse correspondant à la catégorie d'aéronefs la plus élevée du Tableau 3-1 a) ou 3-1 b) pour laquelle la procédure est conçue.

3.2.3 Une restriction de vitesse peut être appliquée pour réduire le rayon de virage. Cependant, la vitesse maximale doit être acceptable du point de vue opérationnel pour l'aéronef qu'il est prévu d'utiliser. Une seule restriction de vitesse par segment d'approche est permise, et la vitesse la plus élevée convenant à la catégorie de vitesse la plus rapide pour laquelle la procédure est autorisée sera utilisée pour déterminer cette vitesse.

Calcul du rayon des virages par le travers

3.2.4 Le rayon de virage appliqué à un repère par le travers est basé sur un angle d'inclinaison latérale standard de 18 degrés et une VV augmentée du vent arrière supposé. Trouver la catégorie d'aéronefs la plus rapide pour laquelle la procédure d'approche sera publiée et déterminer la VI correspondante à partir du Tableau 3-1 a) (unités SI) ou du Tableau 3-1 b) (unités non SI). Calculer la VV à l'aide de la formule appropriée figurant au § 3.1.7, en utilisant l'altitude la plus élevée autorisée dans le virage. Pour les segments initial et intermédiaire, utiliser l'altitude minimale du repère avant le repère de virage. Utiliser la composante de vent arrière (TWC) du Tableau 3-2 a) (unités SI) ou du Tableau 3-2 b) (unités non SI) pour l'altitude la plus élevée du virage. [Pour un virage amorcé à une altitude comprise entre les valeurs du tableau, on peut interpoler la TWC. Si on utilise une valeur de vent interpolée pour une altitude inférieure à 152 m (500 ft), alors la valeur 0 ft du vent commence à 28 km/h (15 kt).]

3.2.5 Pour le segment d'approche interrompue, utiliser l'altitude basée sur une pente de 7 % dont l'origine se trouve à l'OCA/H – HL [perte de hauteur : nominale 15,2 m (50 ft)].

3.2.6 D'autres gradients, ou valeurs spécifiques, de vent arrière peuvent être utilisés suite à une détermination du vent spécifique au site d'après l'historique météorologique des lieux (en utilisant les renseignements disponibles d'autres sources). La source et les valeurs utilisées devraient être documentées.

Tableau 3-2 a). Composante de vent arrière (TWC) et altitude (unités SI)

<i>TWC (km/h) pour les calculs de virage</i>	
<i>Hauteur du virage au-dessus de l'aérodrome (m)</i>	<i>Composante de vent arrière standard (kt)</i>
100	40
500	92
1 000	100
1 500	130
2 000	157
2 500	185
3 000	220
≥ 3 500	242

3.2.7 Sélectionner la TWC appropriée dans le Tableau 3-2 a) ou 3-2 b) pour l'altitude la plus élevée du virage et l'ajouter à la VV. Déterminer le rayon de virage (r).

1) Calculer le taux de virage (R) en degrés/seconde comme suit :

$$R = (6\,355 \operatorname{tg} \alpha) / (\pi * V)$$

où

V = (VV + vitesse du vent) en km/h ;
 α = angle d'inclinaison latérale

ou

$$R = (3\,431 \operatorname{tg} \alpha) / (\pi * V)$$

où

V = (VV + vitesse du vent) en kt ;
 α = angle d'inclinaison latérale

jusqu'à une valeur maximale de 3 degrés/seconde.

2) Calculer comme suit le rayon de virage (r) pour une valeur R donnée :

$$r = V / (20 * \pi * R)$$

où

V = (VV + vitesse du vent)

Tableau 3-2 b). Composante de vent arrière (TWC) et altitude (unités non SI)

<i>TWC (kt) pour les calculs de virage</i>	
<i>Hauteur du virage au-dessus de l'aérodrome (ft)</i>	<i>Composante de vent arrière standard (kt)</i>
500	25
1 000	38
1 500	50
2 000	50
2 500	50
3 000	50
3 500	55
4 000	60
4 500	65
5 000	70
5 500	75
6 000	80
6 500	85
7 000	90
7 500	95
8 000	100
8 500	105
9 000	110
9 500	115
10 000	120
10 500	125
≥ 11 000	130

Rayons de virage basés sur des angles d'inclinaison latérale non standard

3.2.8 L'angle d'inclinaison latérale de calcul standard est de 18 degrés. Des angles inférieurs ou supérieurs sont autorisés pour réaliser des transitions en douceur, maintenir des approches stabilisées, abaisser les minimums ou obtenir des longueurs de parcours particulières. Les angles d'inclinaison latérale non standard doivent être compris dans la fenêtre des valeurs figurant au Tableau 3-3.

Tableau 3-3. Fenêtre d'angles d'inclinaison latérale

<i>Hauteur au-dessus du niveau du sol (AGL) la plus basse dans le segment RF</i>	<i>Angle d'inclinaison latérale maximal (degrés)</i>
<152 m (500 ft)*	≤ 3
≥ 152 m (500 ft)*	≤ 20
* Hauteur au-dessus du seuil	

3.2.9 Ces critères s'appliquent jusqu'au FL 190 inclusivement. Pour des virages au-dessus du FL 190, il faudrait utiliser un angle d'inclinaison latérale de 5 degrés. Si cet angle donne une distance d'anticipation de virage (DTA) supérieure à 20 NM, alors :

$$r = 37 (\text{tg } 0,5 * \text{ changement de route en degrés}) \text{ km}$$

$$r = 20 (\text{tg } 0,5 * \text{ changement de route en degrés}) \text{ NM}$$

Note.— Les aéronefs qui utilisent ces procédures peuvent provenir d'États utilisant les unités SI et être dotés d'anémomètres en unités SI. Cependant, les vitesses des catégories d'aéronefs non SI ne sont pas des conversions exactes : il s'agit de valeurs arrondies. La plus grande différence concerne la Catégorie C, pour laquelle la différence type de rayon de virage peut atteindre 50 m. Cela est particulièrement important aux valeurs basses de RNP (RNP 0,1 avec demi-largeur de seulement 370 m) et devrait être pris en compte dans la construction des limites de virage.

Virages par le travers — Distance d'anticipation de virage (DTA)

3.2.10 La DTA est la distance mesurée entre le repère de virage et les points de commencement et de fin d'un virage par le travers. La longueur minimale d'un segment ne peut pas être inférieure à la somme des DTA associées aux repères de commencement et de fin du segment (voir la Figure 3-1).

$$DTA = r \text{ tg}(A/2)$$

où

r = rayon de virage pour la VV de la catégorie d'aéronefs la plus rapide pour laquelle la procédure est conçue, à l'altitude de virage et à ISA + 15

A = angle de virage

Note 1.— Ces critères diffèrent des formules du Doc 8168 — Procédures pour les services de navigation aérienne — Opérations aériennes (PANS-OPS), Supplément M, car la distance de gauchissement/dégauchissement est prise en compte dans la certification RNP.

Note 2.— Les distances nominales utilisées pour calculer les pentes de descente sont mesurées le long de l'arc, du point de virage jusqu'à la bissectrice dans le cas du parcours de rapprochement, et le long de l'arc, de la bissectrice jusqu'au point de dégauchissement dans le cas du parcours d'éloignement.

Calcul de l'angle d'inclinaison latérale pour un rayon de parcours RF spécifique

3.2.11 Lorsque des parcours RF sont nécessaires, l'angle d'inclinaison latérale requis pour une VV, une vitesse vent arrière et un rayon de virage donnés est calculé comme suit :

Unités SI :

$$\alpha = \arctg (VV + W)^2 / (127094 * \pi * r) \text{ où } R \leq (6355 * \tan \alpha) / [\pi * (VV + W)] \leq 3^\circ/\text{sec}$$

Unités non SI :

$$\alpha = \arctg (VV + W)^2 / (68625 * \pi * r) \text{ avec } R \leq (3431 * \tan \alpha) / [\pi * (VV + W)] \leq 3^\circ/\text{sec}$$

où

W = vitesse vent arrière

r = rayon de virage

3.2.12 Pour que le plus grand nombre possible d'aéronefs puissent exécuter cette procédure, le rayon requis doit donner un angle d'inclinaison latérale compris dans la fenêtre des valeurs figurant au Tableau 3-3.

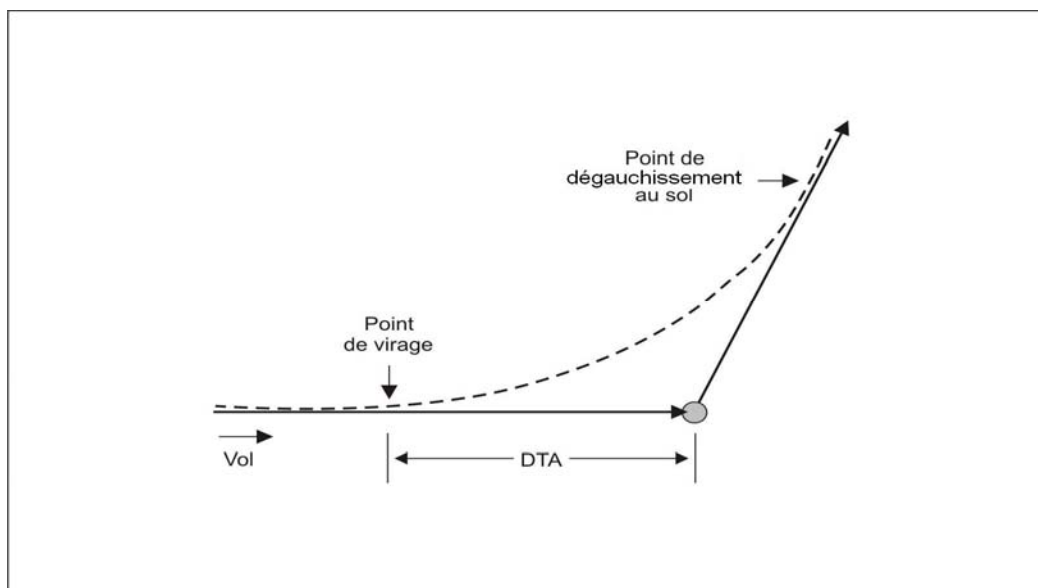


Figure 3-1. Distance d'anticipation de virage (DTA)

Chapitre 4

CONSTRUCTION DES PROCÉDURES

4.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

Segments et parcours

4.1.1 Les segments d'arrivée, initial et intermédiaire permettent une transition en douceur entre l'environnement en route et le segment d'approche finale (FAS). La descente pour l'interception de l'alignement de descente (GP) et la mise en configuration de l'aéronef en vue de l'approche finale doivent se dérouler dans ces segments. Les segments RNP initial, intermédiaire, final et d'approche interrompue devraient être conçus à l'aide du type de parcours [route jusqu'à un repère (type de parcours ARINC) (TF ou RF)] qui répond le mieux aux exigences en ce qui concerne les obstructions et aux besoins opérationnels. En règle générale, les parcours TF sont les premiers envisagés, mais on peut utiliser des parcours RF à la place de virages TF-TF à des fins de maîtrise de la trajectoire de virage, de simplification de la procédure ou d'amélioration de la pilotabilité.

Repères

Identification des repères

4.1.2 Les repères utilisés sont ceux des critères généraux. Chaque repère sera identifié conformément aux spécifications de l'Annexe 15 — *Services d'information aéronautique*.

Repères de palier de descente

4.1.3 Les repères de palier de descente ne sont pas autorisés dans les procédures RNP AR.

Restrictions relatives à la publication des procédures RNP AR

Erreurs altimétriques

4.1.4 Le guidage vertical en approche finale utilise des altimètres barométriques. Par conséquent, on ne publiera pas de procédures destinées à être utilisées avec des sources éloignées de calage altimétrique.

Surface de segment à vue

4.1.5 Il faut que la surface de segment à vue soit dégagée de tout obstacle pour publier des procédures RNP AR.

Cadre de référence

4.1.6 Les positions des obstacles sont définies suivant un système de coordonnées x, y, z classique dont l'origine se trouve au LTP et qui est parallèle à l'ellipsoïde du Système géodésique mondial 1984 (WGS-84) (voir la Figure 4-1). L'axe des x est parallèle à la trajectoire d'approche finale : les valeurs positives de x sont des distances avant le seuil, les valeurs négatives, des distances après le seuil. L'axe des y est perpendiculaire à l'axe des x. L'axe des z est vertical ; les hauteurs au-dessus du seuil sont positives.

Largeur des segments RNP

4.1.7 Les valeurs de RNP sont spécifiées en centièmes (0,01) de NM. La largeur d'un segment correspond à 4 fois la valeur de la RNP ($4 \times \text{RNP}$), et la demi-largeur, à $2 \times \text{RNP}$ (voir la Figure 4-2). Les valeurs de RNP standard pour les procédures aux instruments figurent au Tableau 4-1.

4.1.8 Les valeurs de RNP standard figurant au Tableau 4-1 devraient être appliquées, à moins qu'une valeur inférieure ne s'impose pour obtenir la route sol nécessaire ou l'OCA/H la plus basse. Les valeurs de RNP les plus basses figurent dans la colonne « Minimales » du Tableau 4-1.

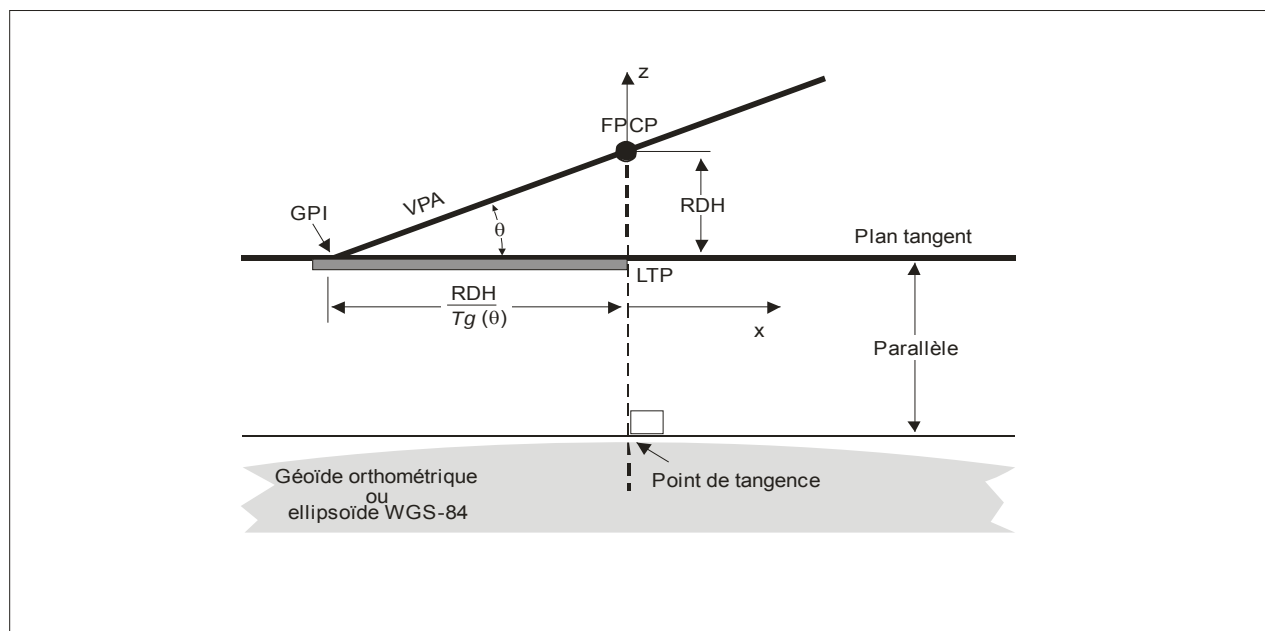


Figure 4-1. Système de coordonnées

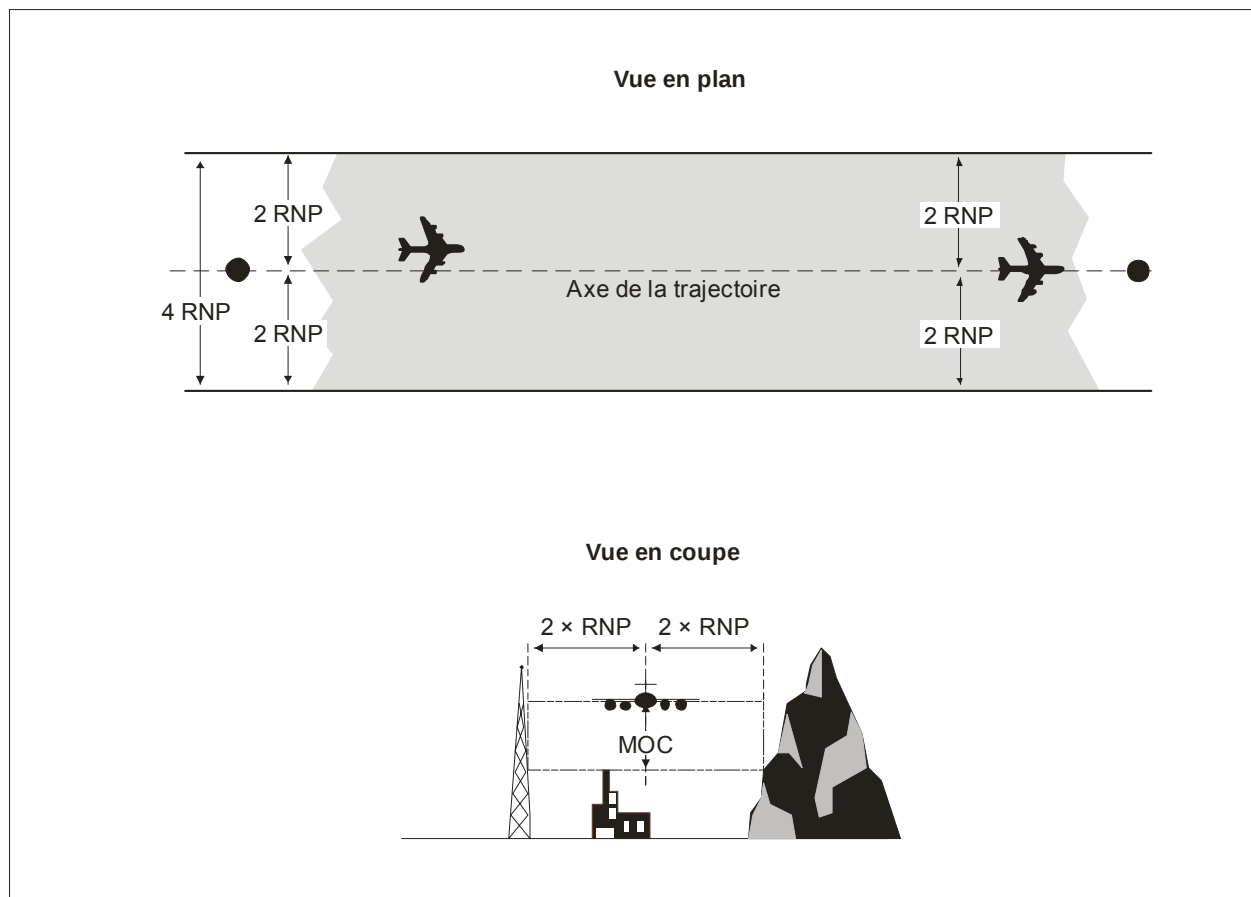


Figure 4-2. Largeurs d'un segment RNP

Tableau 4-1. Valeurs de RNP

Segment	VALEURS DE RNP		
	Maximales	Standard	Minimales
Départ	1	1	0,1
Intermédiaire	1	1	0,1
Final	0,5	0,3	0,1
Approche interrompue	1	1	0,1*
* Utilisée seulement dans le cadre des dispositions relatives au segment final rectiligne minimal, qui fait l'objet de la section sur l'approche interrompue. Voir la section 4.6.			

Longueur des segments RNP

4.1.9 Il faudrait concevoir des segments d'une longueur suffisante permettant une descente qui suit le plus possible la pente optimale et la prise en compte de la DTA si un virage est nécessaire. La longueur minimale de tout segment rectiligne est égale à $2 \times \text{RNP}$ (+ DTA, dans une construction avec virage par le travers). Le § 4.1.7 s'applique quand la RNP change (la valeur de la RNP change $1 \times \text{RNP}$ avant le repère). Aux fins des calculs de franchissement d'obstacles, le segment s'étend de $1 \times \text{RNP}$ avant le premier repère à $1 \times \text{RNP}$ après le second repère.

Changement de la largeur d'un segment (valeurs de RNP)

4.1.10 Le changement de la valeur de la RNP doit avoir été accompli quand l'aéronef atteint le repère. En conséquence, l'aire située à $\pm 1 \text{ RNP}$ du repère doit être évaluée pour les deux segments. La réduction de la RNP est illustrée à la Figure 4-3, l'augmentation de la RNP, à la Figure 4-4, et les changements de valeur de RNP dans le cas d'un parcours RF, à la Figure 4-5.

Segment à parcours TF

4.1.11 Un parcours TF correspond à une trajectoire de vol géodésique entre deux repères ; il s'agit du parcours standard utilisé dans les procédures RNP AR. Les parcours TF sont généralement reliés par des repères par le travers.

Construction de l'aire de virage à un point de cheminement par le travers reliant deux parcours TF

4.1.12 Cette construction est spécifique aux procédures RNP AR et n'utilise que des aires primaires : $\frac{1}{2} \text{AW} = 2 \times \text{RNP}$; les zones tampon ne s'appliquent pas. L'angle de virage devrait être limité à un maximum de 70 degrés aux endroits où l'aéronef doit franchir le (passer par le travers du) repère à une altitude supérieure au FL 190, et de 90 degrés à une altitude égale ou inférieure au FL 190. Si des obstructions empêchent cette construction, il faudrait envisager un parcours RF (voir le § 4.1.13). L'aire de virage par le travers est construite comme suit :

ÉTAPE 1 : Déterminer la route sol à suivre. Calculer le rayon de virage (r) comme il est décrit au § 3.2.4. Construire la trajectoire de virage tangentiellement aux parcours de rapprochement et d'éloignement. Le centre sera situé sur la bissectrice (voir les Figures 4-6 et 4-7).

ÉTAPE 2 : Construire la limite extérieure tangentiellement à la limite extérieure des parcours de rapprochement et d'éloignement, suivant un rayon de $2 \times \text{RNP}$ centré sur le repère.

ÉTAPE 3 : Construire la limite intérieure de virage tangentiellement à la limite intérieure des parcours de rapprochement et d'éloignement, suivant un rayon de $(r + 1 \text{ RNP})$. Le centre est situé sur la bissectrice (voir la Figure 4-7).

L'évaluation du parcours d'éloignement commence à une distance de 1 RNP avant le repère de virage (voir la Figure 4-6) ou avant la bissectrice de l'angle (voir la Figure 4-7), selon le cas qui se présente en premier.

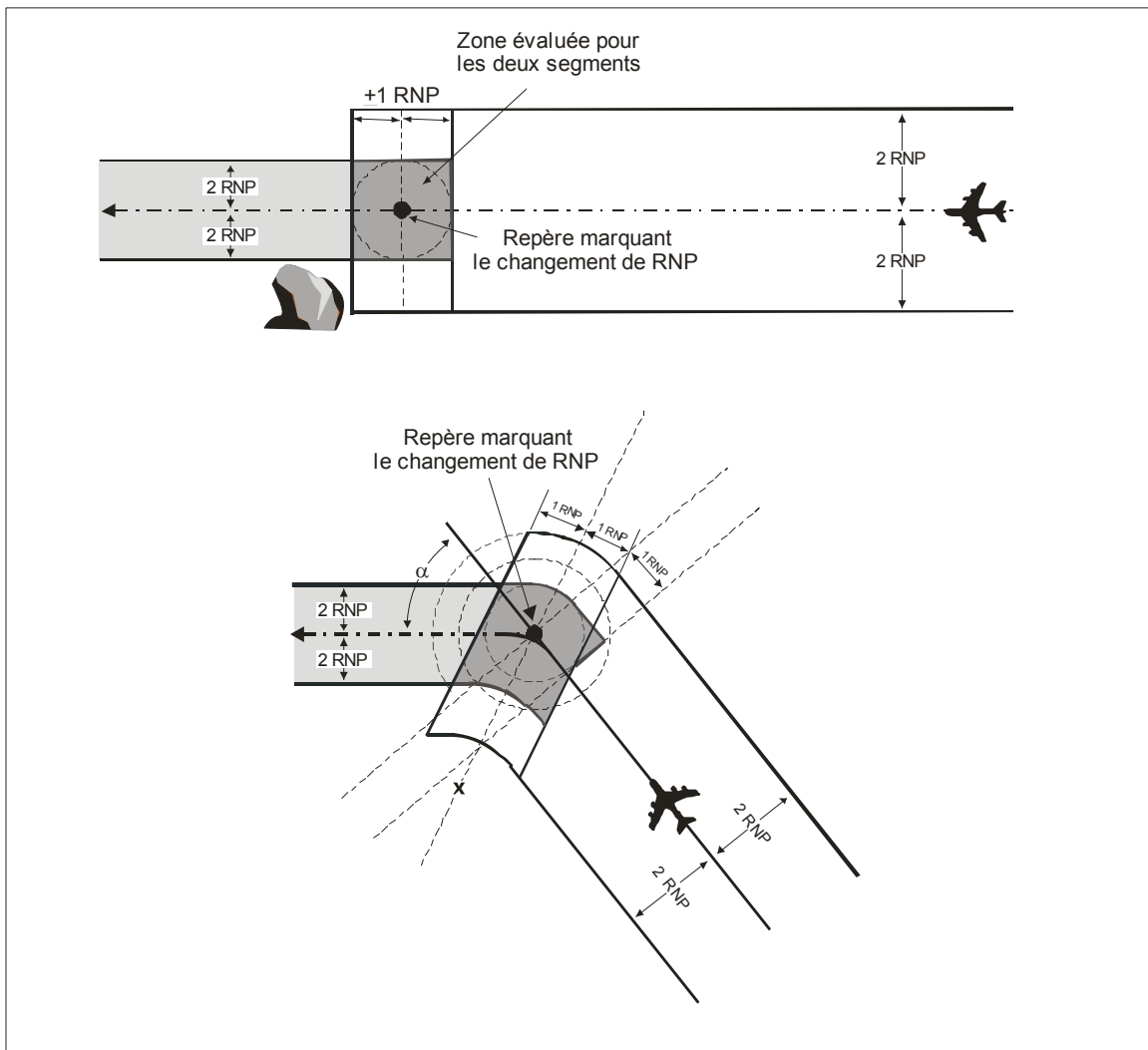


Figure 4-3. Réduction de la RNP (segment rectiligne et segment avec virage)

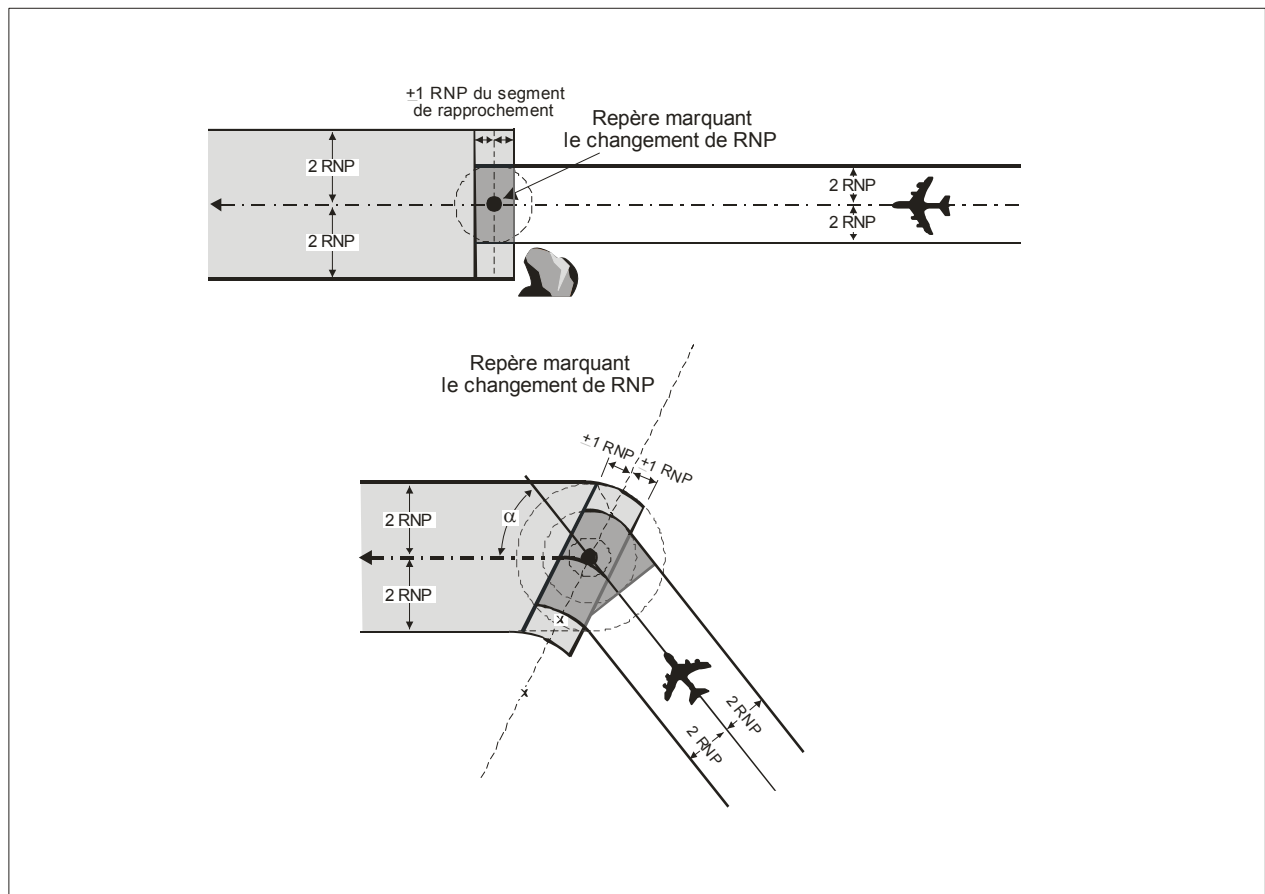


Figure 4-4. Augmentation de la RNP (segment rectiligne et segment avec virage)

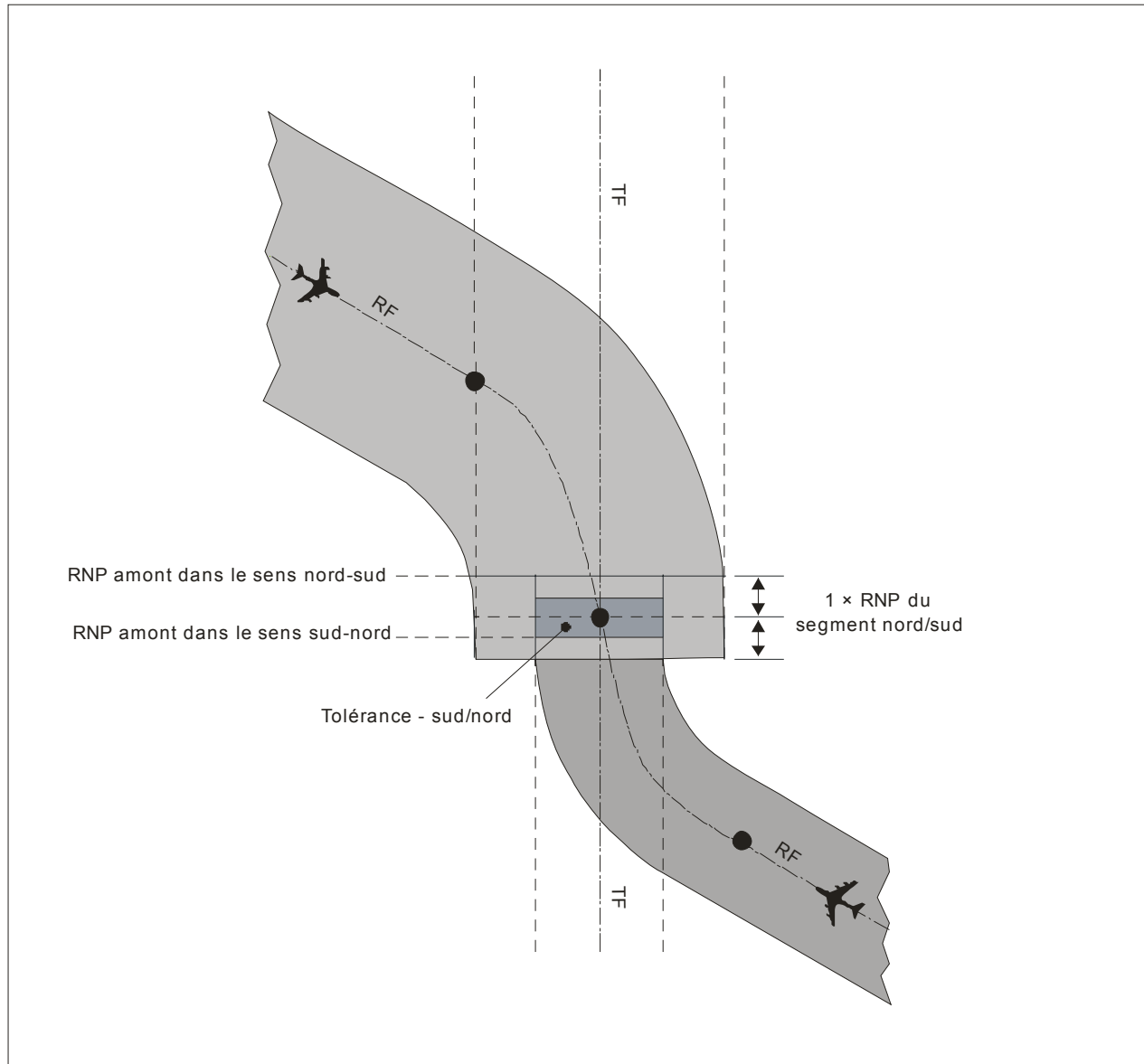


Figure 4-5. Changement des valeurs de RNP

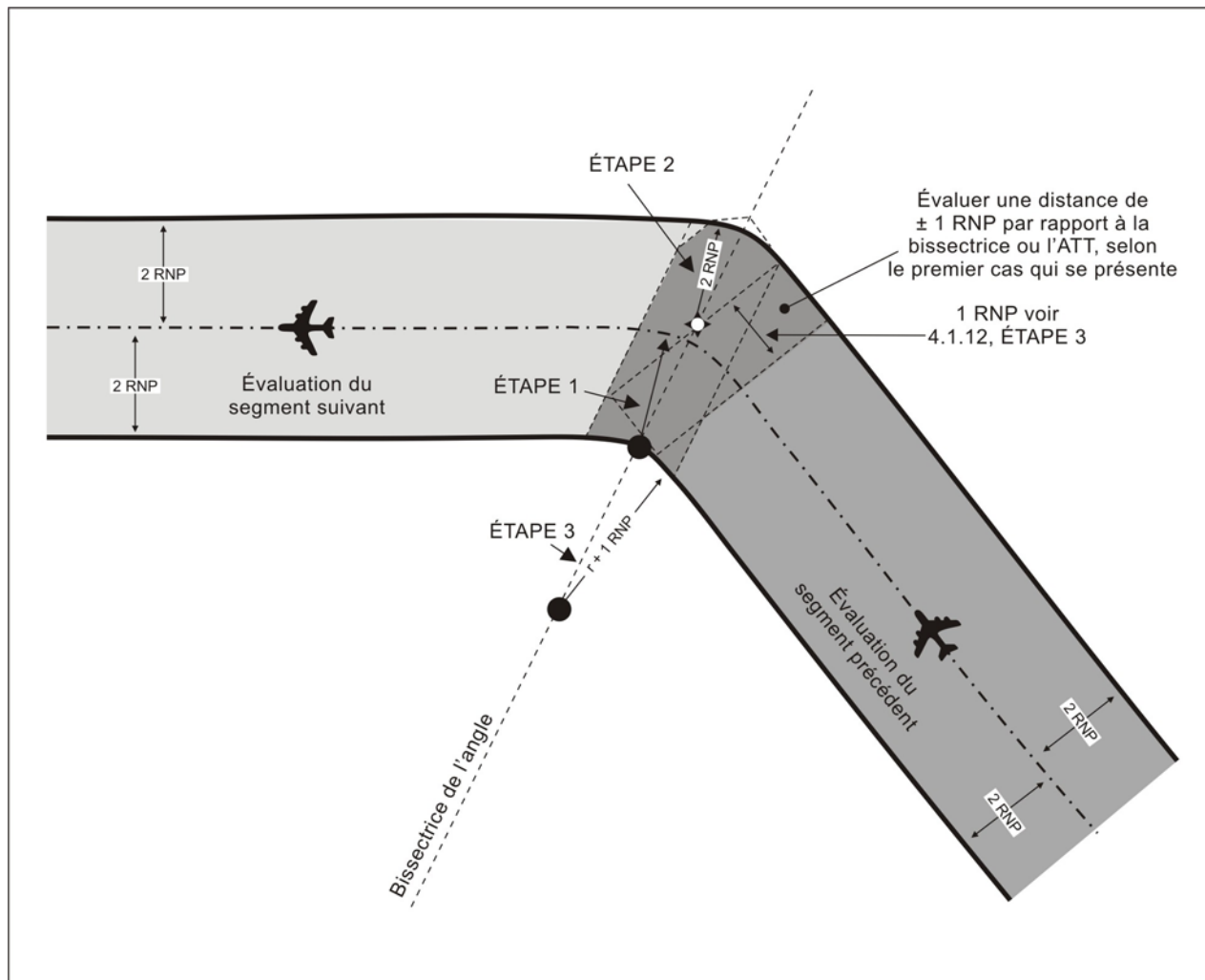


Figure 4-6. Virage court à un repère par le travers

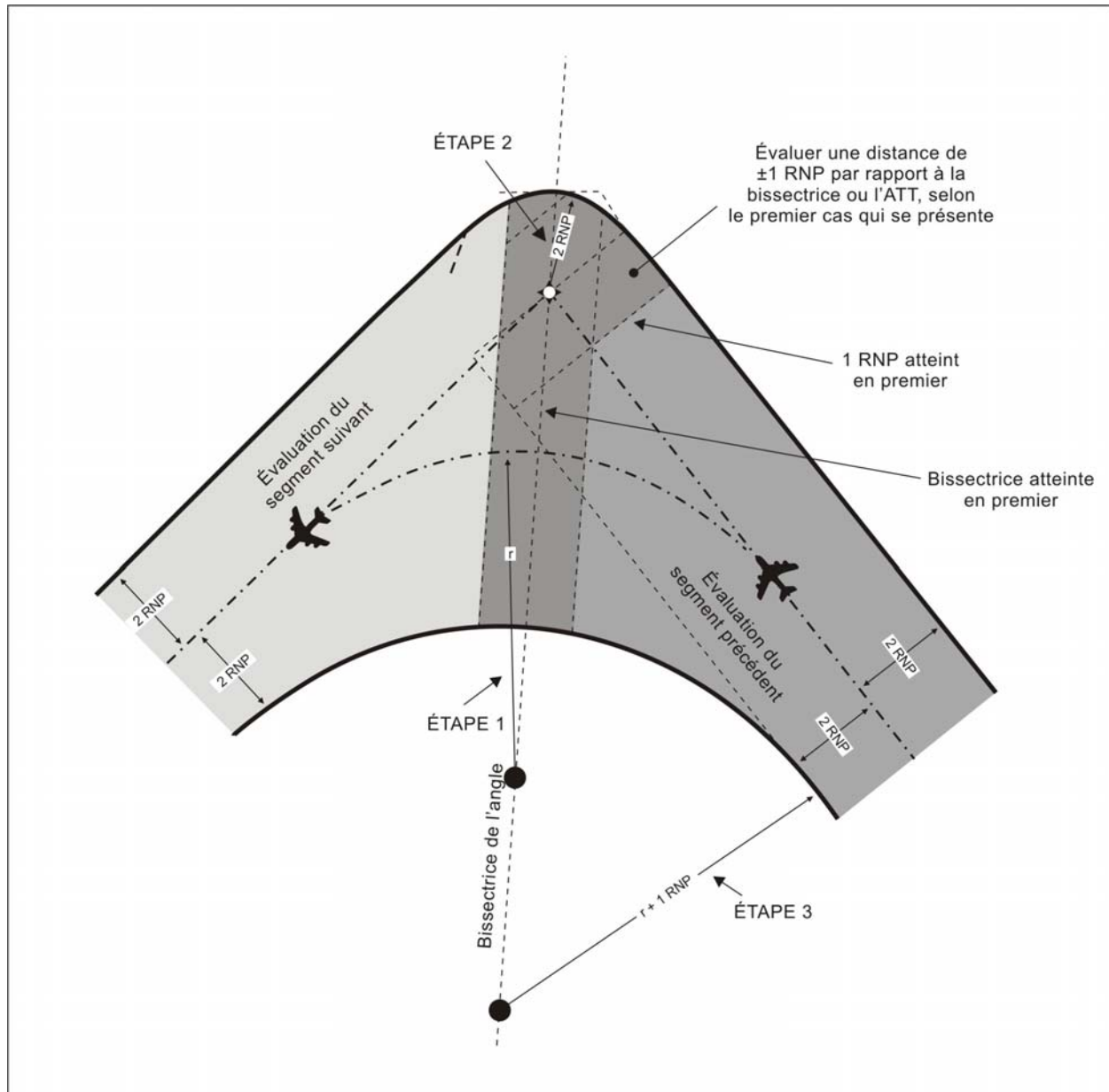


Figure 4-7. Virage long à un repère par le travers

Virages RF

Construction d'un parcours RF

4.1.13 On peut utiliser un parcours RF pour réaliser un changement de direction quand des obstructions empêchent un virage par le travers ou pour répondre à d'autres besoins opérationnels. Un parcours RF donne une route sol courbe reproductible de rayon fixe.

4.1.14 Le parcours RF est spécifié comme suit :

- a) point de commencement au repère de fin du parcours de rapprochement et point de fin au repère de commencement du parcours d'éloignement ;
- b) virage centré sur le point situé à l'intersection de la bissectrice et de tout rayon de virage (ou à l'intersection du rayon perpendiculaire au parcours de rapprochement au point de commencement du parcours et du rayon perpendiculaire au parcours d'éloignement au point de fin du parcours).

Les paramètres a) et b) doivent chacun spécifier le même arc de virage tangent au parcours de rapprochement à son repère de fin et tangent au parcours d'éloignement à son repère de commencement. Ensemble, ils « surspécifient » le virage. Cela est cependant résolu grâce à la sélection, par le codeur de données, des paramètres nécessaires pour le système de navigation considéré. (Voir la Figure 4-8.)

4.1.15 L'aire de virage est délimitée par des arcs concentriques. Le rayon de virage minimal est de $2 \times \text{RNP}$.

ÉTAPE 1 : Déterminer la route sol à suivre pour éviter les obstacles. Calculer le ou les virages et le ou les rayons de virage (r) correspondants nécessaires pour réaliser au mieux la route sol. Suivre les indications du § 3.2.8 pour confirmer que l'angle d'inclinaison latérale correspondant à R se situe entre les valeurs spécifiées au Tableau 3-3.

ÉTAPE 2 : Placer le centre du virage à une distance « r » perpendiculaire aux parcours de rapprochement et d'éloignement. Le point obtenu est le centre de la trajectoire nominale du virage et des arcs extérieur et intérieur.

ÉTAPE 3 : Construire la trajectoire de vol. Tracer un arc de rayon « r » du point de tangence du parcours de rapprochement au point de tangence du parcours d'éloignement.

ÉTAPE 4 : Construire la limite extérieure de l'aire de virage. Tracer un arc de rayon $(r + 2 \times \text{RNP})$ du point de tangence de la limite extérieure du parcours de rapprochement au point de tangence de la limite extérieure du parcours d'éloignement.

ÉTAPE 5 : Construire la limite intérieure de l'aire de virage. Tracer un arc de rayon $(r - 2 \times \text{RNP})$ du point de tangence de la limite intérieure du parcours de rapprochement au point de tangence de la limite intérieure du parcours d'éloignement.

ÉTAPE 6 : La hauteur de la surface est constante le long d'une ligne radiale, de façon similaire à une marche d'escalier en spirale, comme il est illustré à la Figure 4-9 a) pour l'approche et à la Figure 4-9 b) pour une approche interrompue. Pour déterminer la hauteur de la surface d'un parcours RF d'approche, calculer la hauteur en fonction de la pente de la trajectoire nominale et appliquer la hauteur sur une ligne radiale traversant le point. Pour déterminer la hauteur de la surface d'un parcours RF d'approche interrompue, la distance compte tenu de la pente est fondée sur une longueur d'arc calculée en fonction d'un rayon $(r - 1 \times \text{RNP})$.

Calcul des pentes de descente

4.1.16 Les pentes de descente sont calculées entre les positions nominales des repères. Pour les parcours RF, la distance utilisée est la longueur de l'arc entre ces positions.

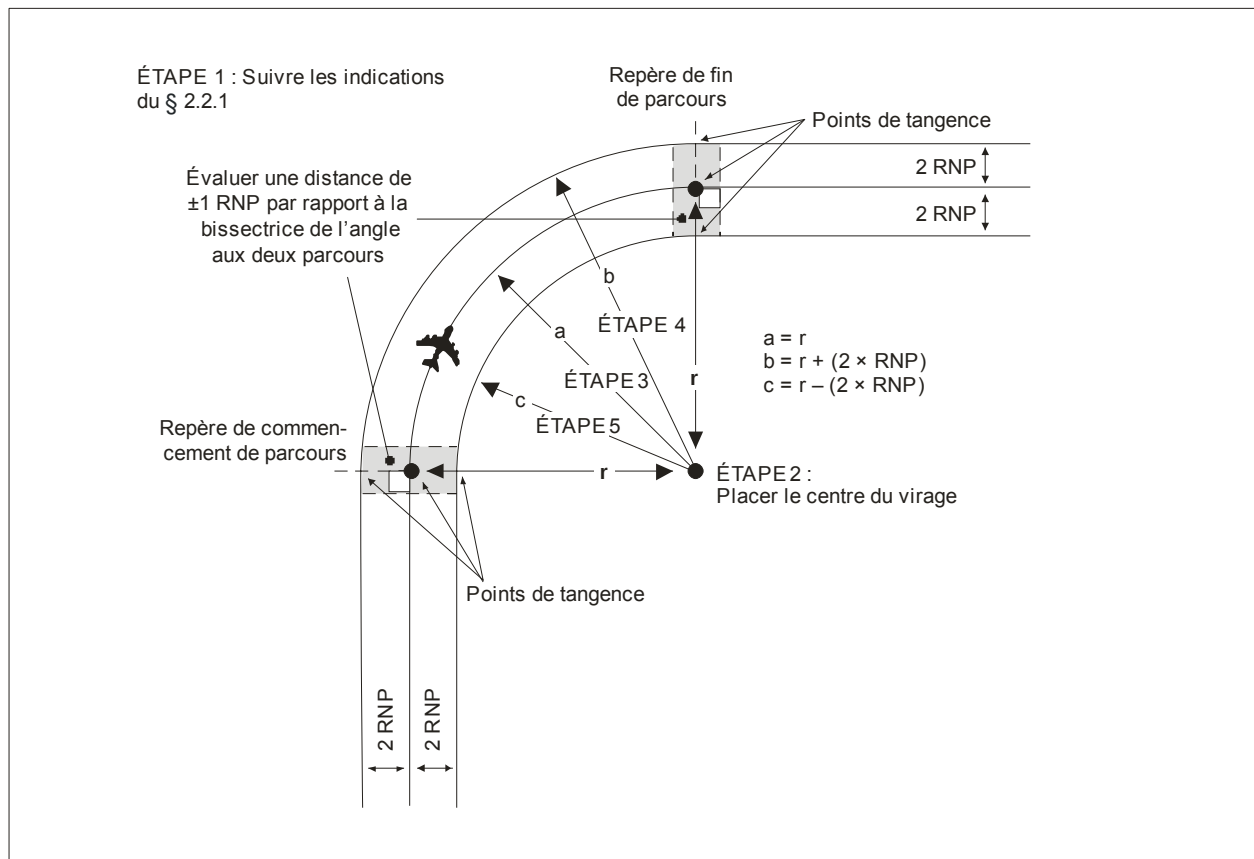


Figure 4-8. Construction d'un virage RF

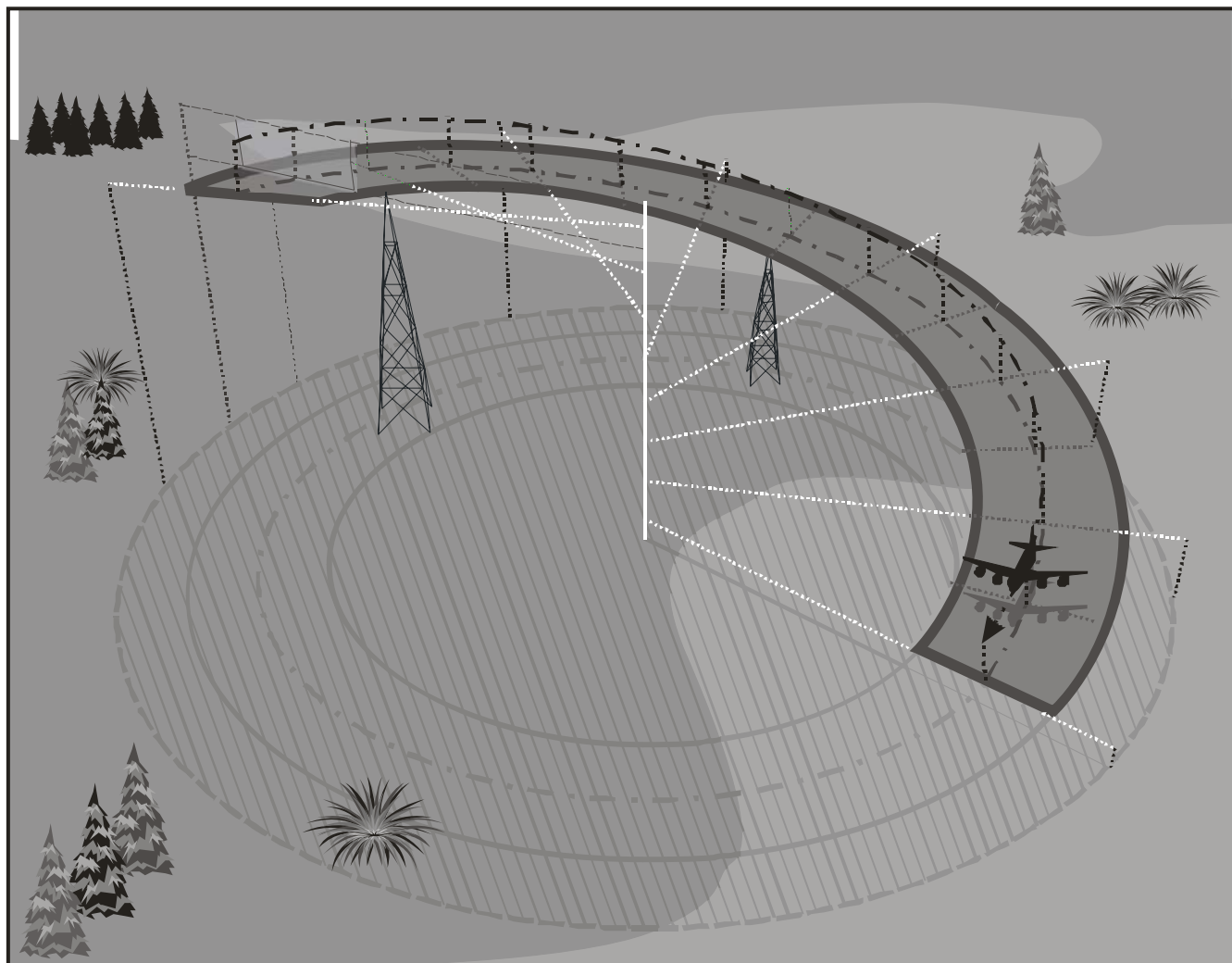


Figure 4-9 a). Surface de franchissement d'obstacles de parcours RF d'approche

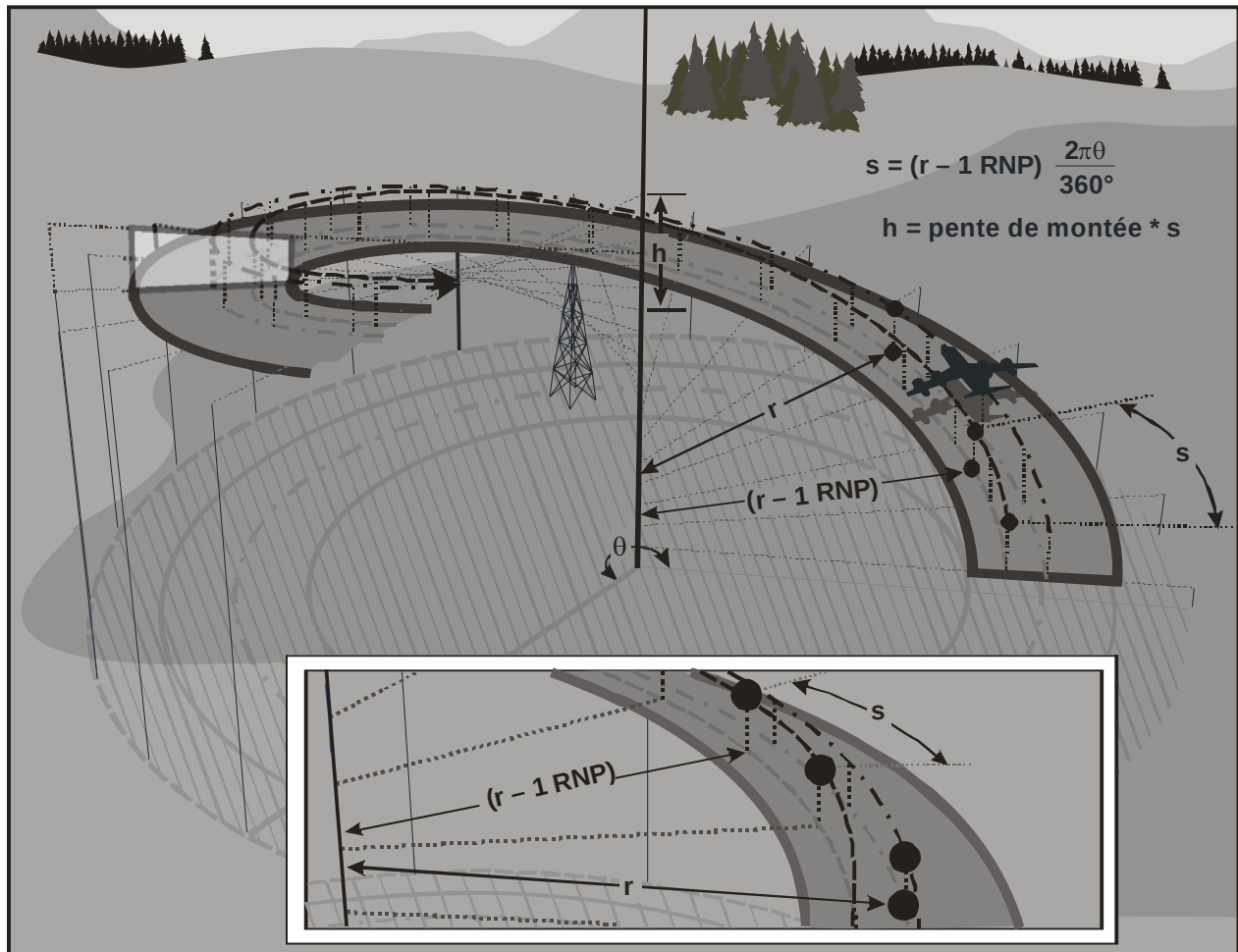


Figure 4-9 b). Surface de franchissement d'obstacles de parcours RF d'approche interrompue (MAS)

Terrain montagneux

4.1.17 En terrain montagneux, la marge minimale de franchissement d'obstacles (MOC) des segments initial, intermédiaire et d'approche interrompue devrait être augmentée d'une valeur pouvant atteindre 100 %.

4.2 SEGMENT D'APPROCHE INITIALE

Valeur de précision latérale

4.2.1 Dans le segment d'approche initiale, la valeur de précision latérale maximale et optimale est de 1,0 NM ; la valeur minimale, de 0,1 NM.

Longueur

4.2.2 Il faudrait concevoir des segments d'une longueur suffisante permettant une descente qui suit le plus possible la pente optimale et la prise en compte de la distance d'anticipation si un virage par le travers est nécessaire.

4.2.3 La longueur minimale de tout segment rectiligne correspond à $2 \times \text{RNP}$ (+ DTA, selon qu'il convient, dans une construction avec virage par le travers). Le § 4.1.10 s'applique quand la valeur de précision latérale change (la valeur change $1 \times \text{RNP}$ avant le repère).

4.2.4 La longueur maximale du segment initial (total de tous les segments qui le composent) est de 50 NM.

Alignement

4.2.5 Dans une procédure RNP AR, l'arrivée normale se fait par une route RNP ou RNAV directe. Cependant, une procédure RNP AR peut aussi utiliser la configuration RNP APCH normale en T ou en Y. Une telle configuration est basée sur un segment final aligné sur la piste, précédé d'un segment intermédiaire et de segments initiaux (jusqu'à trois), disposés de part et d'autre le long de la trajectoire d'approche finale de façon à former un T ou un Y.

4.2.6 La RNAV permet une grande souplesse dans la géométrie de la procédure d'approche. On utilise de préférence la configuration en Y quand les obstacles et le trafic aérien l'autorisent. L'approche devrait être conçue de façon à créer la configuration la moins complexe possible pour obtenir l'OCA/H minimale souhaitée. Voir les exemples à la Figure 4-10.

4.2.7 Les virages reliant des parcours TF ne devraient normalement pas dépasser 90 degrés. Pour des virages plus grands, il faudrait faire appel à des parcours RF, et on peut les envisager pour tous les virages. Dans une configuration en T ou en Y, les repères d'approche initiale (IAF) décalés sont situés de telle manière qu'un changement de direction de 70 à 90 degrés est nécessaire au repère intermédiaire (IF). La région d'interception d'une trajectoire de rapprochement d'un IAF décalé s'étend sur 180° autour de l'IAF, ce qui permet une entrée directe lorsque le changement de direction à l'IF est de 70° ou plus.

Segments initiaux latéraux

4.2.8 Les segments initiaux latéraux sont basés sur des différences de direction de 70° à 90° par rapport à la trajectoire du segment intermédiaire. Cette configuration fait en sorte que l'entrée depuis l'intérieur d'une région d'interception ne nécessite pas un changement de direction de plus de 110° à l'IAF.

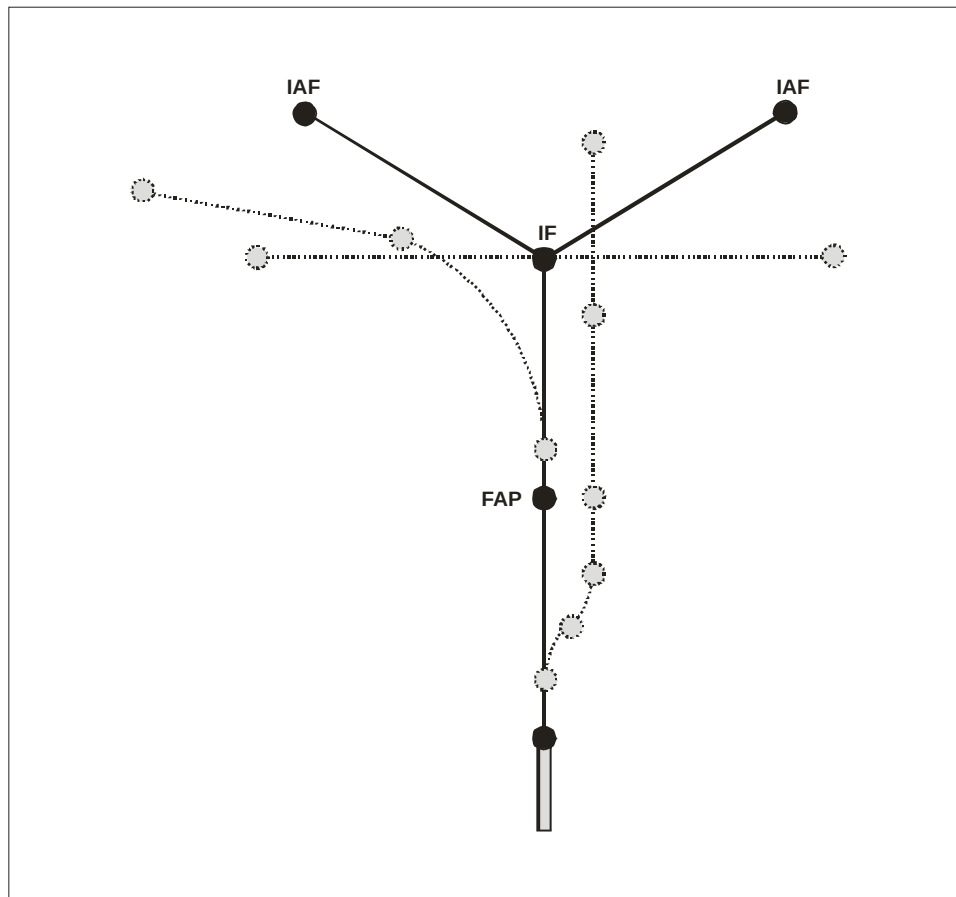


Figure 4-10. Application d'un configuration en Y ou en T de base

Segment initial central

4.2.9 Le segment initial central peut commencer à l'IF. Il est normalement aligné sur le segment intermédiaire. Sa région d'interception est de 70° à 90° de chaque côté de la trajectoire du segment initial, l'angle étant identique au changement de direction à l'IF pour l'IAF décalé correspondant. Pour des virages supérieurs à 110° à un IAF, une entrée de secteur 1 ou de secteur 2 devrait être utilisée.

Segments initiaux restreints

4.2.10 Lorsqu'il n'y a pas d'IAF décalé ou qu'il n'y en a qu'un seul, il ne peut pas y avoir d'entrée directe à partir de toutes les directions. En pareil cas, un circuit d'attente peut être prévu à l'IAF pour permettre une entrée dans la procédure au moyen d'un virage conventionnel.

4.3 ATTENTE

4.3.1 S'il faut prévoir un circuit d'attente, la configuration privilégiée est située au repère d'approche initiale et alignée sur le segment initial.

Pente de descente

4.3.2 Voir le Tableau 4-2 pour les valeurs de descente standard et maximales.

Altitudes minimales

4.3.3 Les altitudes minimales dans le segment d'approche initiale seront établies en tranches de 50 m ou 100 ft, selon qu'il convient. L'altitude choisie assurera une marge minimale de franchissement de 300 m (984 ft) au-dessus des obstacles et ne doit pas être inférieure à quelque altitude que ce soit spécifiée pour quelque portion que ce soit des segments d'approche intermédiaire ou d'approche finale.

Altitudes/hauteurs de procédure

4.3.4 Il sera établi et publié des altitudes/hauteurs de procédure pour tous les segments d'approche initiale. Les altitudes/hauteurs de procédure ne seront pas inférieures à l'OCA/H et seront établies en coordination avec le contrôle de la circulation aérienne (ATC) en fonction des besoins des aéronefs. L'altitude/hauteur de procédure du segment initial devrait être établie de façon à permettre à l'aéronef d'intercepter la pente/l'angle de descente du FAS à partir de l'intérieur du segment intermédiaire.

4.4 SEGMENT D'APPROCHE INTERMÉDIAIRE

4.4.1 Le segment d'approche intermédiaire raccorde le segment d'approche initiale FAS. C'est le segment dans lequel la configuration, la vitesse et la position de l'aéronef sont ajustés en vue de l'entrée dans le FAS.

Tableau 4-2. Contraintes relatives à la pente de descente

Segment	Pente de descente	
	Standard	Maximale
Arrivée	4 % (2,4°)	8 % (4,7°)
Initial	4 % (2,4°)	8 % (4,7°)
Intermédiaire	≤ 2,5 % (1,4°)	Égale à la pente du segment final
Final	5,2 % (3°)	Voir le Tableau 4-3

Valeur de précision latérale

4.4.2 Dans le segment d'approche intermédiaire, la valeur de précision latérale maximale et optimale est de 1,0 NM ; la valeur minimale, de 0,1 NM.

Longueur

4.4.3 Il faudrait concevoir des segments d'une longueur suffisante permettant une descente qui suit le plus possible la pente optimale et la prise en compte de la distance d'anticipation si un virage par le travers est nécessaire. La longueur minimale de tout segment rectiligne est égale à $2 \times \text{RNP}$ (+ DTA, dans le cas d'une construction avec virage par le travers). Le § 4.1.10 s'applique quand la valeur de précision latérale change (la RNP change $1 \times \text{RNP}$ avant le repère).

Alignement

4.4.4 Le segment d'approche intermédiaire devrait être aligné sur le FAS, chaque fois que c'est possible. Les virages par le travers du point d'approche finale (FAP) sont limités à un changement de direction maximale de 15 degrés au repère. Pour les virages de plus de 15 degrés, il faudrait utiliser un parcours RF.

Pente de descente

4.4.5 La pente de descente optimale du segment intermédiaire est de 2,5 % (1,4 degré). La pente de descente maximale est la même que la pente maximale d'approche finale. Si on utilise un angle de descente supérieur à l'angle standard, il faudrait s'assurer, durant l'évaluation, d'une flexibilité suffisante pour la technique d'approche en descente continue (CDA).

4.4.6 Si une pente supérieure à la pente standard est nécessaire, un segment précédent doit permettre à l'aéronef de se mettre en configuration pour la descente dans le segment final.

4.4.7 S'il y a un changement de direction au moyen d'un virage par le travers au FAP, on peut ne pas tenir compte de la réduction de la trajectoire car elle est négligeable (angle maximal de virage 15°).

Tableau 4-3. Angle de trajectoire verticale (VPA) maximal

<i>Catégorie d'aéronefs</i>	<i>VPA θ</i>	<i>Pente %</i>	<i>Ft/NM</i>
A < 150 km/h (80 kt)	6,4	11,2	682
150 km/h $\leq$ A < 167 km/h (80 kt $\leq$ A < 90 kt)	5,7	9,9	606
B	4,2	7,3	446
C	3,6	6,3	382
D	3,1	5,4	329

Altitude/hauteur minimale

4.4.8 L'altitude/la hauteur minimale est égale à la hauteur de l'obstacle le plus élevé dans l'aire du segment d'approche intermédiaire, augmentée de la marge minimale de franchissement d'obstacles de 150 m (492 ft).

4.4.9 L'altitude/la hauteur minimale dans le segment d'approche intermédiaire sera établie en multiples de 50 m ou 100 ft, selon qu'il convient.

Altitudes/hauteurs de procédure

4.4.10 Les altitudes/hauteurs de procédure dans le segment intermédiaire seront établies de façon à permettre à l'aéronef d'intercepter une descente d'approche finale prescrite.

Marge minimale de franchissement d'obstacles (MOC)

4.4.11 Lors de l'établissement de l'altitude minimale du segment intermédiaire [altitude d'interception de l'angle de trajectoire verticale (VPA)], il faudrait tenir compte de la différence entre la valeur de la MOC intermédiaire de 150 m (492 ft) et la valeur de la MOC fournie par l'OAS liée au VEB pour l'obstruction déterminante dans le segment intermédiaire.

4.4.12 Si la MOC liée au VEB pour l'obstruction déterminante est supérieure à la MOC intermédiaire, la MOC du VEB devrait s'appliquer (voir les Figures 4-11 et 4-12).

4.4.13 Si la MOC liée au VEB est inférieure à la MOC du segment intermédiaire au FAP, la MOC intermédiaire devrait être appliquée au segment final jusqu'à la surface VEB.

Note.— Si l'altitude minimale doit être augmentée en raison de la présence d'obstacles dans le segment intermédiaire, le FAP doit être déplacé. Le VEB doit être recalculé et une nouvelle altitude minimale, établie.

4.5 SEGMENT D'APPROCHE FINALE (FAS)

4.5.1 Le guidage latéral dans le FAS est fonction de la RNP. Le guidage vertical provient d'une avionique BARO-VNAV. L'OAS (VEB) du FAS est basée sur une limitation de l'erreur verticale de l'avionique BARO-VNAV aux valeurs énoncées.

Valeur de précision latérale

4.5.2 Dans le FAS, la valeur de précision latérale maximale est de 0,5 NM, la valeur optimale, de 0,3 NM, et la valeur minimale, de 0,1 NM. Le segment devrait être évalué en fonction d'une valeur de 0,3 NM. On ne devrait utiliser une valeur inférieure à la valeur optimale que dans les cas suivants :

- a) quand 0,3 NM donne une DA/H supérieure à 90 m (295 ft) au-dessus du LTP ;
- b) quand une valeur inférieure apporte un avantage opérationnel important.

4.5.3 Dans ces deux cas, la valeur minimale que l'on peut utiliser est de 0,1 NM. Si une approche à valeur de RNP inférieure à 0,3 est publiée, l'OCA/H devrait également être publiée pour une RNP de 0,3.

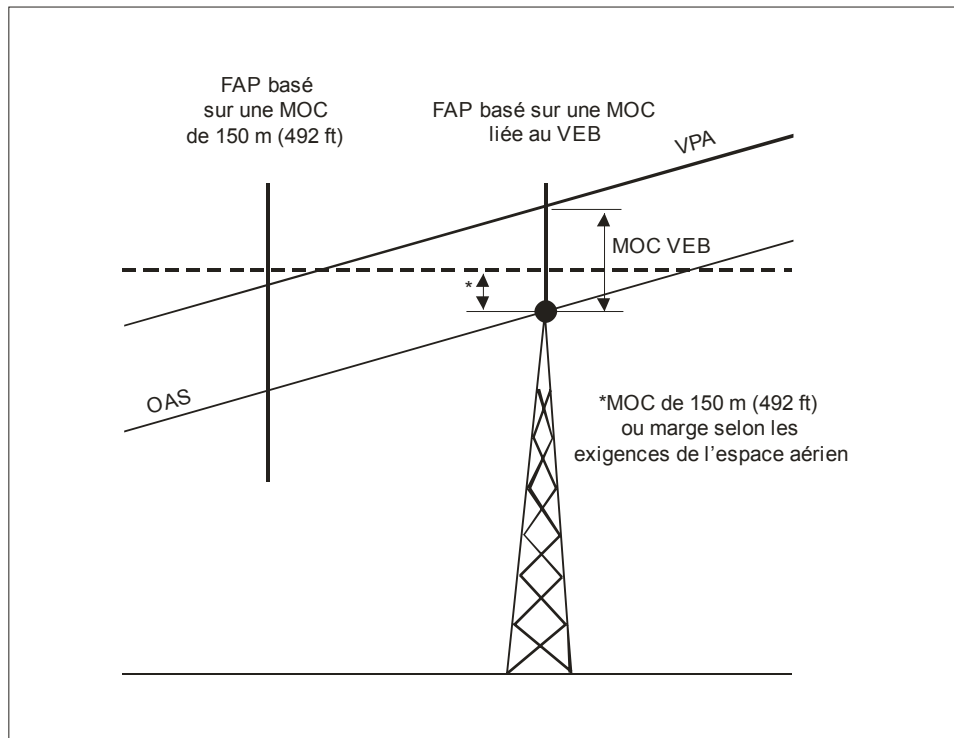


Figure 4-11. Segment intermédiaire – MOC 1

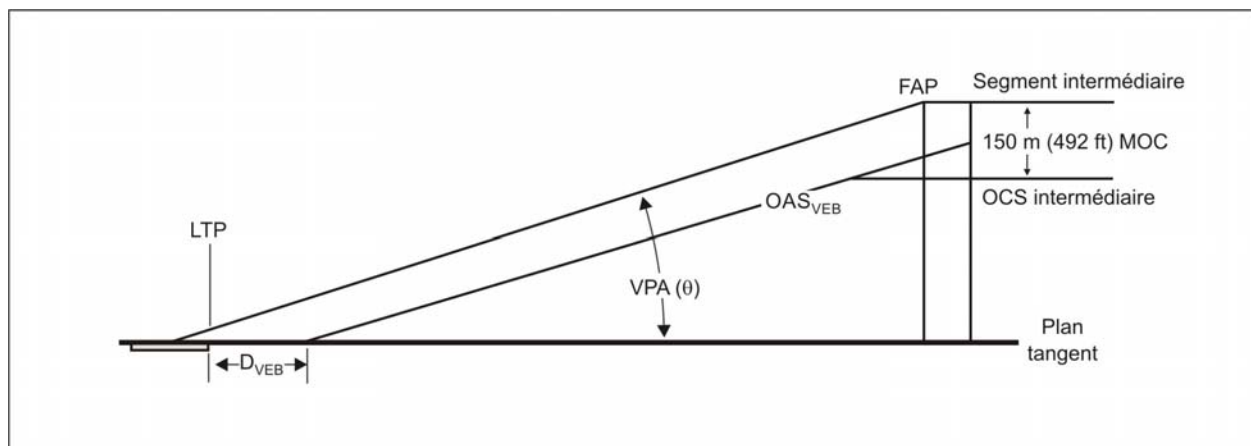


Figure 4-12. Segment intermédiaire – MOC 2

Longueur

4.5.4 Aucune longueur maximale ou minimale n'est spécifiée. Cependant, la longueur doit permettre la descente nécessaire et la stabilisation de l'aéronef avant l'OCA/H.

Alignement

Approches en ligne droite

4.5.5 L'alignement d'approche finale optimal correspond à un segment TF rectiligne du FAP au LTP sur le prolongement de l'axe de piste (voir la Figure 4-13). Si nécessaire, la trajectoire TF peut être décalée jusqu'à un maximum de 5 degrés. Dans ce cas, elle doit croiser le prolongement de l'axe de piste au moins 450 m (1 476 ft) avant le LTP.

Emplacement du point d'approche finale (FAP)

4.5.6 Le FAP est un point situé sur la réciproque de la trajectoire vraie d'approche finale à l'endroit où le VPA prolongé de la RDH au-dessus du LTP [point de seuil fictif (FTP) en cas de décalage] croise l'altitude du segment intermédiaire.

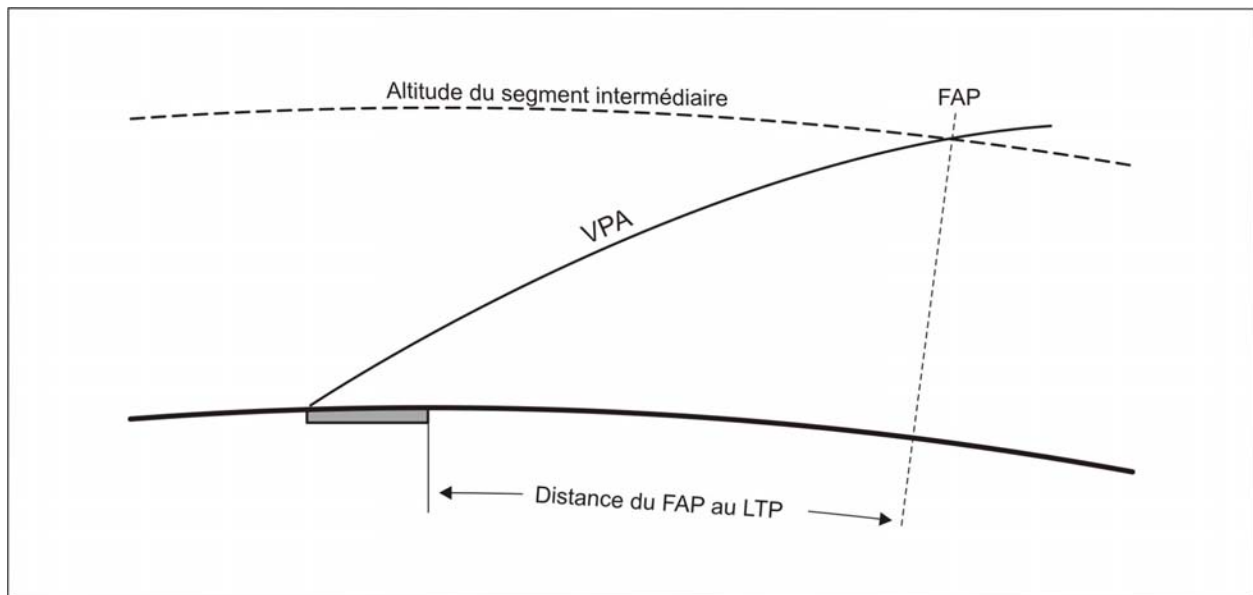


Figure 4-13. Distance du FAP au LTP

4.5.7 Dans tous les cas, le FAP sera identifié sous forme de repère nommé. La latitude et la longitude du FAP sont calculées géodésiquement à partir du LTP en utilisant :

- a) la réciproque de la trajectoire vraie du parcours TF d'approche finale (direction vraie – 180 degrés) ; et
- b) la distance requise du LTP (FTP en cas de décalage) au FAP.

4.5.8 Pour les cas où l'approche finale est constituée d'un seul parcours TF, une feuille de calcul Microsoft Excel, disponible avec la version électronique du manuel sur le site web public de l'OACI (www.icao.int) sous la rubrique « Publications », permet de calculer la D_{FAP} (distance du LTP au FAP) ainsi que la latitude et la longitude WGS-84 du FAP [voir les Figures 4-14 a) et 4-14 b)].

Calcul de la distance du FAP au LTP

4.5.9 La distance du FAP au LTP peut être calculée comme suit :

$$d = \frac{r_e * \ln\left(\frac{r_e + a}{r_e + b + RDH}\right)}{\text{tg}(VPA)}$$

ou

$$d = r_e * \ln[(r_e + a)/(r_e + b + RDH)]/\text{tg}(VPA)$$

où

- d = distance du FAP au LTP (m ou ft, selon le cas)
- r_e = (rayon terrestre moyen) 6 367 435,67964 (m) ou 20 890 537 (ft), selon le cas
- RDH = hauteur du point de repère (m ou ft, selon le cas)
- a = altitude du FAP (m ou ft, selon le cas)
- b = altitude du LTP (m ou ft, selon le cas)

Les calculs sont effectués par rapport au géoïde (plutôt qu'à l'ellipsoïde), car le VPA correspond à un gradient de pression déterminé par l'altimètre barométrique, donc relativement au géoïde. Le VPA conserve un gradient par rapport à la Terre et suit une trajectoire en arc, comme il est illustré à la Figure 4-13.

Calculateur de FAP

4.5.10 Un calculateur de FAP est disponible avec la version électronique du manuel sur le site web public de l'OACI (www.icao.int), sous la rubrique « Publications ».

Virage dans le FAS

4.5.11 On peut concevoir un segment final en utilisant un parcours RF lorsque des obstacles ou des impératifs d'ordre opérationnel empêchent une approche en ligne droite du FAP au LTP. Les virages par le travers ne sont pas autorisés. La distance géodésique le long de la trajectoire depuis le LTP (FTP, si LTP décalé) jusqu'au point où le GP atteint l'altitude minimale du segment intermédiaire (D_{FAP}) devrait être déterminée et la D_{FAP} , calculée.

FAP Calculs		VEB Origine et pente de l'OAS	
Altitude minimale du segment intermédiaire (a) :	500 m	Altitude minimale du segment intermédiaire :	762 m
Altitude MSL du LTP (b) :	20 m	Altitude LTP :	16 m
RDH :	15 m	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire verticale (VPA) :	3°	- 165,00 RDH :	17 m
		Valeur RNP :	0,30 NM
		Δ ISA :	-12,44°
Distance du LTP au FAP (D) :	8 872,36 m 4,79 NM	Segment rectiligne	
Latitude LTP/FTP :	036° 30' 00,00" N	(Envergure =<80 m) LTP-Origine :	1 042,86 m
Longitude LTP/FTP :	095° 54' 00,00" O		
Relèvement vrai de la piste/Route vraie :	15	Pente OAS :	0,049845
Latitude FAP :	36° 25' 21,962" N	Segment à virage RF 	
Longitude FAP :	95° 55' 32,181" O	Angle d'inclinaison latérale :	18°
	Latitude/Longitude valides pour segment rectiligne seulement	(Envergure =<80 m) LTP-Origine :	1 138,37 m
		Pente OAS :	0,049845
VPA Limites de température		MOC VEB	
Angle de trajectoire verticale :	3°	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire verticale max. :	3,5°	Altitude MSL LTP :	16 m
Altitude FAP :	762 m	RDH :	17 m
Altitude LTP :	400 m	Tangente VPA :	0,052408
ACT :	2,44°C	Pente OAS :	0,049845
Angle de trajectoire verticale min. :	2,99°	Distance origine OAS :	762 m
		(mesurée le long de la trajectoire à partir du LTP)	
NA au-dessous de	2,44°C	Distance obstacle :	3 048 m
NA au-dessus de	45,46°C	(mesurée le long de la trajectoire à partir du LTP)	
NA au-dessous de (2,5°)	-38,87°C	MOC VEB (à l'obstacle)	63 m
		OAS_{HGT} (à l'obstacle)	113 m

Figure 4-14 a). Calculateurs de VEB et de FAP (unités SI)

FAP Calculs		VEB OAS Origine et pente de l'OAS	
Altitude minimale du segment intermédiaire (a) :	5 000 ft	Altitude minimale du segment intermédiaire :	4 500 ft
Altitude MSL LTP (b) :	321 ft	Altitude LTP :	1 200 ft
RDH :	52,50 ft	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire verticale (VPA) :	3°	RDH :	55 ft
		Valeur RNP :	0,14 NM
		Δ ISA :	-20°
Distance du LTP au FAP (D) :	88 267,53 ft 14,53 NM	Segment rectiligne (Envergure ≤262) LTP-Origine :	2 537,39 ft
Latitude LTP/FTP :	088° 00' 00,00" N	Pente OAS :	0,048172
Longitude LTP/FTP :	167° 55' 48,50" O	Segment à virage RF Angle d'inclinaison latérale :	18°
Relèvement vrai de la piste/Route vraie :	150	(Envergure ≤262) LTP-Origine :	2 865,18 ft
Latitude FAP :	88° 12' 16,420" N	Pente OAS :	0,048172
Longitude FAP :	171° 46' 37,176" O Latitude/Longitude valides pour segment rectiligne seulement		
UNITÉS NON SI Version 2.2 17/3/09			
VPA Limites de température		MOC VEB	
Angle de trajectoire verticale :	3°	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire verticale max. :	3,5°	Altitude MSL LTP :	1 200 ft
Altitude FAP :	4 500 ft	RDH :	55 ft
Altitude LTP :	1 200 ft	Tangente VPA :	0,052408
ACT :	-10°C	Pente OAS :	0,048172
Angle de trajectoire verticale min. :	2,84°	Distance origine OAS :	3 811,84 ft
		(mesurée le long de la trajectoire à partir du LTP)	
NA au-dessous de	-10°C	Distance obstacle :	29 763,55 ft
NA au-dessus de	47,25°C	(mesurée le long de la trajectoire à partir du LTP)	
NA au-dessous de (2,5°)	-39,32°C	MOC VEB (à l'obstacle)	365 ft
		OAS_{HGT} (à l'obstacle)	1 250 ft

Figure 4-14 b). Calculateurs de VEB et de FAP (unités non SI)

4.5.12 Le parcours (TF ou RF) sur lequel se trouve le FAP est déterminé en comparant cette distance avec la longueur totale du FAS.

Exigence relative à un segment rectiligne avant l'OCH

4.5.13 Une procédure intégrant un parcours RF dans le segment final permettra à l'aéronef d'être stabilisé à un point de dégauchissement d'approche finale (FROP) aligné sur l'axe de la piste avant que l'aéronef n'arrive à :

- a) une hauteur de 152 m (500 ft) au-dessus de l'altitude du LTP :

$$\text{Unités SI : } D_{150} = \frac{150 - \text{RDH}}{\text{tg}(\text{VPA})}$$

$$\text{Unités non SI : } D_{492} = \frac{492 - \text{RDH}}{\text{tg}(\text{VPA})}$$

- b) une distance minimale avant l'OCA/H calculée conformément au § 4.5.14 (voir les Figures 4-15 et 4-16).

4.5.14 La VV est basée sur la VI de la catégorie d'aéronefs la plus rapide pour laquelle la procédure est conçue, à ISA + 15 °C et à l'altitude de l'aérodrome, augmentée d'un vent arrière de 15 kt, pendant :

- a) 15 secondes, pour une approche interrompue à RNP de 1,0 ou plus :

$$\text{Unités SI : } D_{15\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\text{tg}(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 27,78) * 4,167$$

$$\text{Unités non SI : } D_{15\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\text{tg}(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 15) * 25,317$$

- b) 50 secondes, pour une approche interrompue à RNP inférieure à 1,0 ou une RNP APCH :

$$\text{Unités SI : } D_{50\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\text{tg}(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 27,78) * 13,89$$

$$\text{Unités non SI : } D_{50\text{sec}} = \frac{\text{HATh} - \text{RDH}}{\text{tg}(\text{VPA})} + (V_{\text{TAS}} + 15) * 84,39$$

Identification du FAP dans un segment RF

4.5.15 Lorsque le FAP doit se trouver sur un segment RF, le segment doit être scindé en deux, chaque segment ayant le même rayon et le même centre de virage et le FAP coïncidant avec le repère initial du second segment. Déterminer la distance du LTP au FAP (D_{FAP}) à l'aide de la formule figurant au § 4.5.9. La longueur du parcours RF ($\text{LONGUEUR}_{\text{RF}}$) du FROP au FAP peut être calculée en soustrayant de la D_{FAP} la distance jusqu'au point de dégauchissement d'approche finale (D_{FROP}).

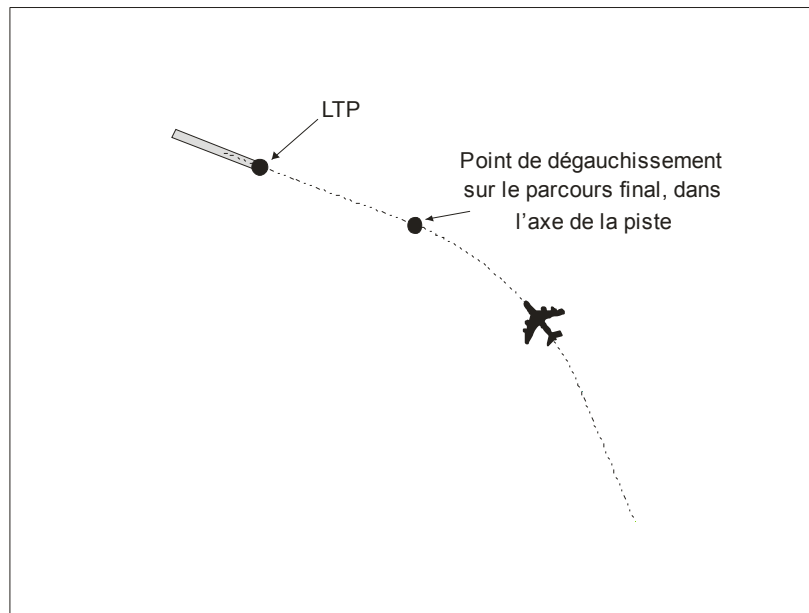


Figure 4-15. Point de dégauchissement d'approche finale (FROP)

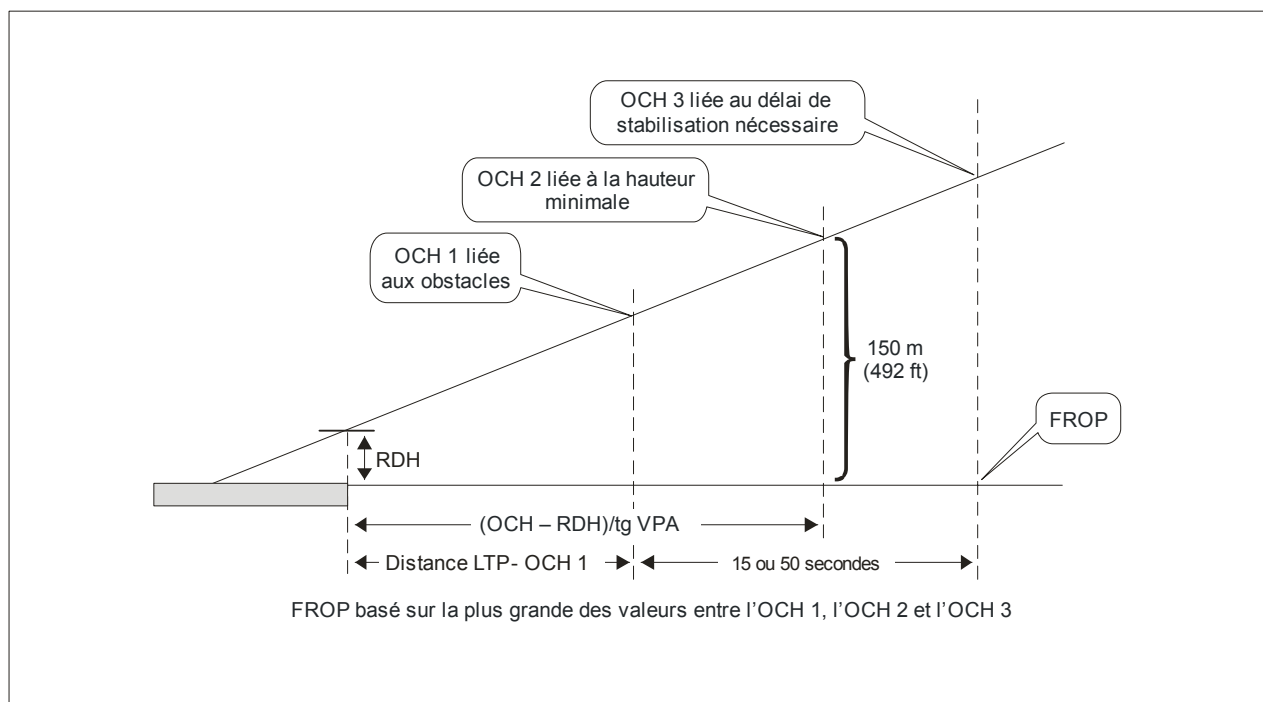


Figure 4-16. Contraintes applicables à l'OCH et au FROP

4.5.16 Le nombre de degrés d'arc pour une longueur d'arc précise peut être calculé comme suit :

$$\text{degrés d'arc} = (180 \cdot \text{LONGUEUR}_{\text{RF}}) / (\pi \cdot r)$$

où r = rayon du parcours RF.

Inversement, la longueur d'un arc pour un nombre précis de degrés de virage peut être calculée comme suit :

$$\text{longueur de l'arc} = (\text{degrés d'arc} \cdot \pi \cdot r) / 180$$

Détermination des coordonnées WGS-84 d'un FAP situé sur un segment RF

4.5.17 On peut utiliser cette méthode pour calculer la latitude et la longitude WGS-84 (voir la Figure 4-17). Plusieurs logiciels calculeront des coordonnées géographiques à partir de mesures cartésiennes par rapport au LTP. Utiliser les formules et la méthode ci-dessous pour obtenir les valeurs cartésiennes.

ÉTAPE 1 : Déterminer la distance du LTP au FAP (D_{FAP}) à l'aide de la formule figurant au § 4.5.9.

ÉTAPE 2 : Déterminer la distance du LTP au FROP (D_{FROP}) (voir la Figure 4-17).

ÉTAPE 3 : Soustraire la D_{FROP} de la D_{FAP} pour obtenir la distance du FROP au FAP le long de l'arc.

4.5.18 Si le FAP est situé sur le segment RF, déterminer ses coordonnées X et Y comme suit :

$$X = D_{\text{FROP}} + r \cdot \sin A$$

$$Y = r - r \cdot \cos A$$

où

les valeurs X et Y sont déterminées selon un système de coordonnées cartésiennes classique (à droite), l'axe des X positif étant aligné sur l'inverse de l'azimut de la piste.

r = rayon du parcours RF

A = angle de virage

4.5.19 L'altitude de virage est déterminée en projetant l'alignement de descente du RDH à l'IAF le long de la trajectoire de vol de repère à repère. L'altitude de virage est l'altitude du GP au repère ou à l'altitude minimale du repère, si celle-ci est plus élevée.

Limitation du système liée à la hauteur radioaltimétrique (RA)

4.5.20 Les calculateurs de commande de vol (FCC) de certains aéronefs limitent les angles d'inclinaison latérale quand l'aéronef se trouve à une altitude radio inférieure à 122 m (400 ft). Si un obstacle ou un élément de relief, dans quelque portion que ce soit de l'aire virage, dépasse l'altitude de la trajectoire d'approche nominale à la perpendiculaire de l'obstacle ou de l'élément moins 122 m (400 ft) [altitude de l'obstacle > altitude de la trajectoire nominale – 122 m (400 ft)], la limite de 5 degrés appliquée à l'angle d'inclinaison latérale par le FCC devrait être utilisée dans le calcul du virage.

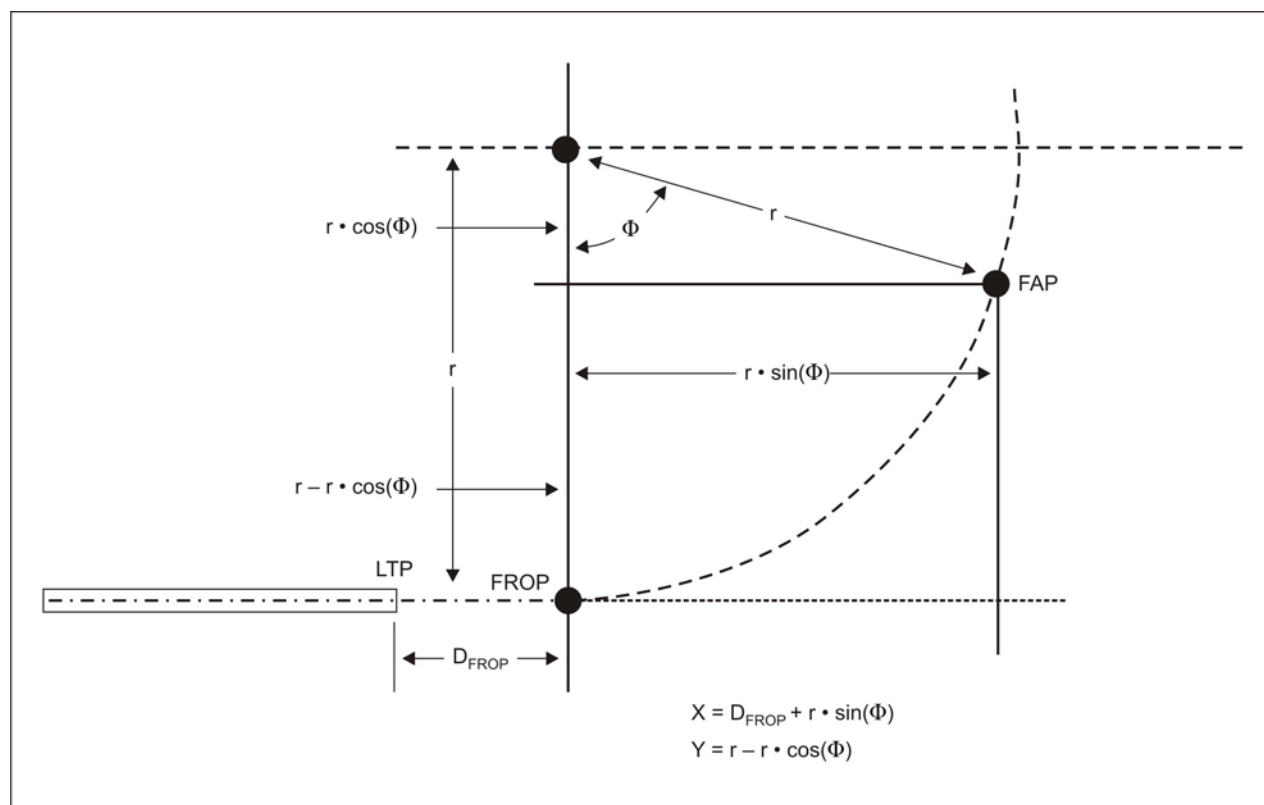


Figure 4-17. FAP dans un parcours RF

Exigences relatives à l'angle de trajectoire verticale (VPA)

4.5.21 Le VPA de calcul standard minimal est de 3 degrés. Les VPA de plus de 3 degrés ne seront utilisés que dans les situations suivantes :

- a) quand des obstacles empêchent d'utiliser un angle de 3 degrés ;
- b) quand des températures froides réduisent le VPA effectif à un angle inférieur au minimum de 2,75 degrés.

4.5.22 Le Tableau 4-3 indique le VPA maximal admissible par catégorie d'aéronefs. Si le VPA requis est supérieur à la valeur maximale pour la catégorie d'aéronefs considérée, l'OCA/H de cette catégorie ne devrait pas être publiée.

4.5.23 L'angle de GP ne devrait pas se traduire par une vitesse verticale de descente (DR) supérieure à 300 m/min (1 000 ft/min) pour les aéronefs visés par la procédure.

Valeurs de RDH et plages recommandées de RDH pour les catégories d'aéronefs

4.5.24 Valeurs de RDH et plages recommandées de RDH pour les catégories d'aéronefs A à D. Dans les procédures RNP AR concernant la même piste, les valeurs de RDH et d'angle de GP devraient être identiques. Si la piste est dotée d'un ILS, les valeurs de RDH et d'angle de GP de l'ILS devraient être utilisées pour définir le VPA. Si la

piste n'est pas dotée d'un ILS mais d'un indicateur visuel de pente de descente (VGSI) dont les valeurs de RDH et d'angle de GP sont appropriées, la RDH du VGSI et un VPA égal à l'angle de GP devraient être utilisés. Sinon, il faudrait utiliser une valeur de RDH appropriée tirée du Tableau 4-4 et un VPA de 3 degrés.

Note.— Quand l'angle VGSI diffère de plus de 0,2 degré par rapport au VPA ou quand la RDH du VGSI diffère du RDH de la procédure de plus de 1 mètre (3 ft), p. ex., lorsque le PAPI ne coïncide pas avec le VPA, une note à cet effet doit être publiée sur la carte d'approche.

Effet de la température sur le VPA

4.5.25 L'OAS du segment final RNP est basée sur un guidage vertical assuré par BARO-VNAV. Le VPA effectif (angle réel de la trajectoire de vol) dépend de l'écart de température par rapport à l'atmosphère type internationale (ISA) associée à l'altitude topographique de l'aéroport. La limite de température élevée a pour but d'empêcher toute vitesse verticale de descente supérieure à 300 m/min (1 000 ft /min). La limite de température basse assure une protection contre les obstacles pour la température la plus basse prévue et empêche un VPA effectif inférieur à 2,5 degrés. L'ISA de l'aéroport peut être calculée à l'aide des équations ci-dessous.

$$ISA_{\text{aéroport}}^{\circ\text{C}} \text{ (unités SI)} = 15 - \left(\frac{0,00198 * \text{Altitude}_{\text{aéroport}}}{0,3048} \right)$$

$$ISA_{\text{aéroport}}^{\circ\text{C}} \text{ (unités non SI)} = 15 - (0,00198 * \text{Altitude}_{\text{aéroport}})$$

Tableau 4-4. Exigences relatives à la RDH

Catégorie d'aéronefs	RDH recommandée ±5 ft	Remarques
A	12 m (40 ft)	Il existe un grand nombre de pistes de longueur inférieure à 1 800 m (6 000 ft) et de largeur réduite et/ou force portante limitée sur lesquelles il est normalement interdit aux plus gros aéronefs d'atterrir.
B	14 m (45 ft)	Aéroport régional avec services de transporteurs aériens limités.
C, D	15 m (50 ft)	Les pistes principales ne sont normalement pas utilisées par les aéronefs dont la hauteur entre le point de référence d'aéronef et les roues dépasse 6 m (20 ft).
E	17 m (55 ft)	La plupart des pistes principales des grands aéroports.

La procédure d'approche devrait assurer une protection contre les obstacles dans une plage de températures jugées raisonnables pour l'aéroport. Fixer la limite de température inférieure d'après la température moyenne la plus basse enregistrée sur cinq ans pour le mois le plus froid (ACT). Calculer la différence ($\Delta ISA_{\text{BASSE}}$) entre cette température et la température ISA de l'aéroport à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta ISA_{\text{BASSE}} = - (ISA^{\circ\text{C}} - ACT^{\circ\text{C}})$$

Note.— La hauteur géopotentielle inclut une correction qui tient compte de la variation de l'accélération de la pesanteur (g) (moyenne $9,8067 \text{ m/sec}^2$) en fonction de la hauteur. Cependant, l'effet est négligeable aux altitudes minimales prises en compte pour le franchissement des obstacles. La différence entre la hauteur géométrique et la hauteur géopotentielle varie depuis zéro au niveau moyen de la mer à -18 m (-59 ft) à $10\,972 \text{ m}$ ($36\,000 \text{ ft}$).

Calcul du VPA effectif minimal

4.5.26 On obtient le VPA effectif minimal en soustrayant l'erreur altimétrique liée à la température froide de l'altitude de calcul du VPA au FAP et en calculant l'angle réduit à l'origine du VPA au seuil. (Voir la Figure 4-18.)

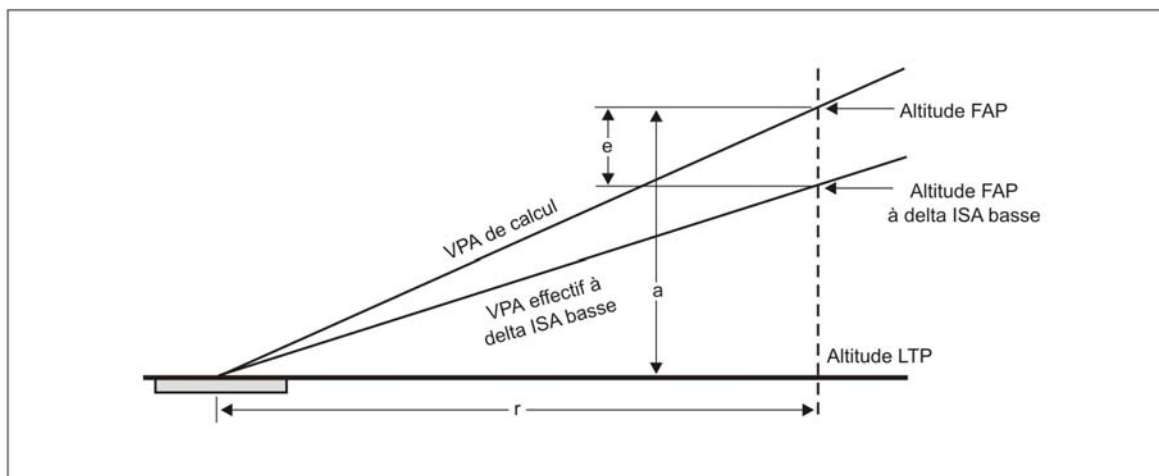


Figure 4-18. VPA effectif par température froide

Limite de température basse

4.5.27 Le VPA effectif à la température publiée minimale ne doit pas être inférieur à 2,5 degrés. Dans certains cas, le VPA nominal peut être haussé au-dessus de 3,0 degrés. Cependant, il convient alors de prendre en compte les performances de l'aéronef au VPA plus élevé, les effets des températures élevées et les contraintes réglementaires applicables au GP maximal pour l'aéronef considéré.

4.5.27.1 Si l'historique des températures de l'endroit indique que la limite de température basse est fréquemment atteinte durant des périodes de redressement occupées définies, il conviendrait d'envisager de hausser l'angle de GP à l'angle le plus bas (dans les limites du Tableau 4-3) qui permettra une approche plus fréquemment utilisable.

4.5.27.1.1 Le VPA minimal est égal à la plus élevée des valeurs suivantes : 2,5 degrés ou

$$\text{Min}_{\text{VPA}} = \arctg\left(\frac{a+e}{r}\right)$$

où

a = altitude FAP – altitude LTP (m ou ft, selon le cas)

e (unités SI) = $\Delta\text{ISA}_{\text{BASSE}} * [(0,19 * 0,3048) + (0,0038 * a)] + (0,032 * a) + (4,9 * 0,3048)$, ou

e (unités non SI) = $\Delta\text{ISA}_{\text{BASSE}} * [0,19 + (0,0038 * a)] + (0,032 * a) + 4,9$

$$r = \frac{a}{\text{tg}(\text{VPA})}$$

4.5.27.1.2 Si le VPA effectif est inférieur à 2,5 degrés, calculer $\Delta\text{ISA}_{\text{BASSE}}$ de façon à obtenir un angle de 2,5 degrés, en utilisant une des formules ci-dessous :

$$\Delta\text{ISA}_{\text{BASSE}} \text{ (unités SI)} = \frac{-e - (0,032 * a) - (4,9 * 0,3048)}{(0,19 * 0,3048) + (0,0038 * a)}$$

$$\Delta\text{ISA}_{\text{BASSE}} \text{ (unités non SI)} = \frac{-e - (0,032 * a) - 4,9}{0,19 + (0,0038 * a)}$$

où

e = altitude FAP – b

b = $r * \text{tg}(2,5^\circ) + \text{altitude LTP}$

$$r = \frac{a}{\text{tg}(\text{VPA})}$$

a = altitude FAP – altitude LTP (m ou ft, selon le cas)

4.5.27.1.3 Déterminer la limite de température basse publiée « NA au-dessous » pour la procédure en utilisant dans la formule ci-dessous la valeur $\Delta\text{ISA}_{\text{BASSE}}$ obtenue par l'équation figurant au § 4.5.27.1.2 :

$$\text{NA au-dessous} = \text{ISA} + \Delta\text{ISA}_{\text{BASSE}}$$

Note.— Si l'historique des températures de l'endroit indique que la limite de température basse est fréquemment atteinte durant des périodes de redressement occupées définies, envisager de hausser le VPA à l'angle le plus bas qui permettra une approche que l'on pourra utiliser plus souvent.

Calcul du VPA effectif maximal

4.5.28 On obtient le VPA effectif maximal en ajoutant l'erreur altimétrique liée à la température chaude à l'altitude de calcul du VPA au FAP et en calculant l'angle accru à l'origine du VPA au seuil. (Voir la Figure 4-19.)

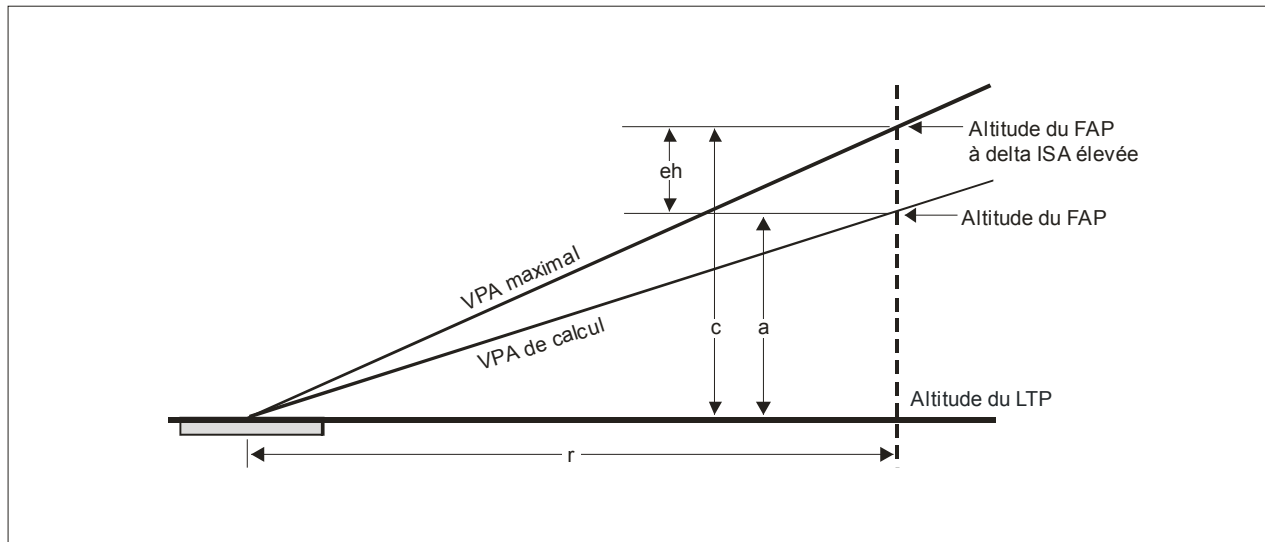


Figure 4-19. VPA effectif par température chaude

4.5.28.1 Pour ce faire, déterminer la valeur ΔISA_{haute} maximale (au-dessus de l'ISA) qui donnera le VPA maximal admissible, en utilisant une des formules suivantes :

$$\Delta ISA_{haute} \text{ (unités SI)} = \frac{eh - (0,032 * a) - (4,9 * 0,3048)}{(0,19 * 0,3048) + (0,0038 * a)}$$

$$\Delta ISA_{haute} \text{ (unités non SI)} = \frac{eh - (0,032 * a) - 4,9}{0,19 + (0,0038 * a)}$$

où

eh = c – altitude FAP

c = $r * \tan(\alpha)$ + altitude du LTP

α = VPA maximal admissible

a = altitude FAP – altitude LTP

$$r = \frac{a}{\tan(VPA)}$$

4.5.28.2 Le VPA effectif maximal correspond à 1,13 fois la valeur de calcul maximale du Tableau 4-3 pour la catégorie d'approche la plus rapide publiée. Si le VPA effectif calculé est supérieur, la température maximale publiée doit alors être restreinte à une valeur plus basse. Déterminer $NA_{au-dessus}$ à l'aide de la formule ci-après :

$$NA_{au-dessus} = ISA + \Delta ISA_{haute}$$

Budget d'erreur verticale (VEB)

4.5.29 Le calcul du VEB est décrit aux Appendices 1 et 2.

Surface d'évaluation d'obstacles (OAS) de l'approche finale

4.5.30 La distance de l'origine de l'OAS de l'approche finale par rapport au LTP (D_{VEB}) et la pente de l'OAS sont définies par le VEB. Deux feuilles Microsoft Excel [voir les Figures 4-20 a) et 4-20 b)] effectuant des calculs de VEB sont fournies avec la version électronique du manuel sur le site web public de l'OACI (www.icao.int), sous la rubrique « Publications ».

Note.— En cas de réduction de la RNP dans des segments pour lesquels le VEB est utilisé, la valeur de RNP maximale sera utilisée dans le calcul du VEB.

FAP Calculs		VEB Origine et pente de l'OAS	
Altitude minimale du segment intermédiaire (a) :	500 m	Altitude minimale du segment intermédiaire :	762 m
Altitude MSL du LTP (b) :	20 m	Altitude LTP :	16 m
RDH :	15 m	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire (VPA) :	3°	- 165,00 RDH :	17 m
		Valeur RNP :	0,30 NM
		Δ ISA :	-12,44°
Distance du LTP au FAP (D) :	8 872,36 m 4,79 NM	Segment rectiligne	
Latitude LTP/FTP :	036° 30' 00,00" N	(Envergure ≤ 80 m) LTP-Origine :	1 042,86 m
Longitude LTP/FTP :	095° 54' 00,00" O	Pente OAS :	0,049845
Relèvement vrai de la piste/Route vraie :	15	Segment à virage RF 	
Latitude FAP :	36° 25' 21,962" N	Angle d'inclinaison latérale :	18°
Longitude FAP :	95° 55' 32,181" O	(Envergure ≤ 80 m) LTP-Origine :	1 138,37 m
	Latitude/Longitude valides pour segment rectiligne seulement	Pente OAS :	0,049845
UNITÉS SI Version 2.2 17/3/09			
VPA Limites de température		MOC VEB	
Angle de trajectoire verticale :	3°	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire verticale max. :	3,5°	Altitude MSL LTP :	16 m
Altitude FAP :	762 m	RDH :	17 m
Altitude LTP :	400 m	Tangente VPA :	0,052408
ACT :	2,44°C	Pente OAS :	0,049845
Angle de trajectoire verticale min. :	2,99°	Distance origine OAS :	762 m
		(mesurée le long de la trajectoire à partir du LTP)	
NA au-dessous de	2,44°C	Distance obstacle :	3 048 m
NA au-dessus de	45,46°C	(mesurée le long de la trajectoire à partir du LTP)	
NA au-dessous de (2,5°)	-38,87°C		
	36,39°F	MOC VEB (à l'obstacle)	63 m
	113,84°F	OAS_{HGT} (à l'obstacle)	113 m
	-37,96°F		

Figure 4-20 a). Feuille de calcul VEB (unités SI)

FAP Calculs		VEB Origine et pente OAS	
Altitude minimale du segment intermédiaire (a) :	5 000 ft	Altitude minimale du segment intermédiaire :	4 500 ft
Altitude MSL LTP (b) :	321 ft	Altitude LTP :	1 200 ft
RDH :	52,50 ft	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire verticale (VPA) :	3°	RDH :	55 ft
		Valeur RNP :	0,14 NM
		Δ ISA :	-20°
Distance du LTP au FAP (D) :	88 267,53 ft 14,53 NM	Segment rectiligne	
Latitude LTP/FTP :	088° 00' 00,00" N	(Envergure ≤<262) LTP-Origine :	2 537,39 ft
Longitude LTP/FTP :	167° 55' 48,50" O	Pente OAS :	0,048172
Relèvement vrai de la piste/Route vraie :	150	Segment à virage RF 	
Latitude FAP :	88° 12' 16,420" N	Angle d'inclinaison latérale :	18°
Longitude FAP :	171° 46' 37,176" O	(Envergure ≤<262) LTP-Origine :	2 865,18 ft
	Latitude/Longitude valides pour segment rectiligne seulement	Pente OAS :	0,048172
UNITÉS NON SI Version 2.2 17/3/09			
VPA Limites de température		MOC VEB	
Angle de trajectoire verticale :	3°	Angle de trajectoire verticale :	3°
Angle de trajectoire verticale max. :	3,5°	Altitude MSL LTP :	1 200 ft
Altitude FAP :	4 500 ft	RDH :	55 ft
Altitude LTP :	1 200 ft	Tangente VPA :	0,052408
ACT :	-10°C	Pente OAS :	0,048172
Angle de trajectoire verticale min. :	2,84°	Distance origine OAS :	3 811,84 ft
		(mesurée le long de la trajectoire à partir du LTP)	
NA au-dessous de	-10°C	14°F	
NA au-dessus de	47,25°C	117,05°F	
NA au-dessous de (2,5°)	-39,32°C	-38,78°F	
		MOC VEB (à l'obstacle)	365 ft
		OAS_{HGT} (à l'obstacle)	1 250 ft

Figure 4-20 b). Feuille de calcul VEB (unités non SI)

4.5.31 La hauteur de l'OAS à une distance « x » quelconque du LTP peut être calculée comme suit :

$$OAS_{HGT} = (r_e + LTP) e^f - r_e - LTP$$

où

$$f = \frac{(x - D_{VEB}) * OAS_{pente}}{r_e}$$

OAS_{HGT} = hauteur de l'OAS liée au VEB (m ou ft, selon le cas)

x = distance du LTP à l'obstacle (m ou ft, selon le cas)

D_{VEB} = distance du LTP à l'interception du niveau LTP de l'OAS liée au VEB (m ou ft, selon le cas)

r_e = (rayon terrestre moyen) 6 367 435,67964 (m) ou 20 890 537 (ft), selon le cas

OAS_{pente} = valeur obtenue de l'Appendice 1 ou 2, selon le cas

Note.— D_{VEB} et tg OAS d'approche finale s'obtiennent tous deux à partir de l'Appendice 1 (unités SI) ou de l'Appendice 2 (unités non SI).

Ajustement pour tenir compte de la géométrie du fuselage de l'aéronef (bg)

4.5.32 Lorsque l'approche finale correspond à un segment rectiligne, la pente de l'OAS est la même pour les portions droite et courbe de la trajectoire. Cependant, la marge de franchissement d'obstacles est accrue pour tenir compte de la différence entre la trajectoire du point de référence de navigation sur l'aéronef et la trajectoire des roues. Pour la position ailes horizontales, la différence théorique est de 8 m (25 ft) pour tous les aéronefs. Pour tenir compte du bg lors d'une inclinaison latérale, on calcule un autre ajustement, comme suit :

$$bg = 40 * \sin(\text{angle d'inclinaison latérale}) \text{ m ou}$$

$$bg = 132 * \sin(\text{angle d'inclinaison latérale}) \text{ ft}$$

L'angle d'inclinaison latérale optimal est de 18 degrés, mais on peut utiliser d'autres angles d'inclinaison pour certains aéronefs. La marge de franchissement d'obstacles d'ajustement pour la portion courbe de l'approche finale ainsi que l'orientation relative de l'OAS VEB pour les portions droite et courbe sont illustrées à la Figure 4-21.

Interaction du VPA et du VEB

4.5.33 D_{VEB} diminue légèrement quand le VPA est augmenté. En conséquence, si on augmente l'angle pour supprimer une pénétration, il faut recalculer le VEB et réévaluer l'OAS. Pour déterminer la hauteur de l'OAS et la MOC VEB (à l'obstacle), utiliser les formules ci-dessous :

$$OAS_{Hgt(Obs)} = (r_e + LTP_{altitude}) * e^p - r_e - LTP_{altitude}$$

$$VEB_{MOC} = e^q * (r_e + LTP_{altitude} + RDH) - r_e - OAS_{Hgt(Obs)}$$

où

r_e = (rayon terrestre moyen) 6 367 435,679 64 (m) ou 20 890 537 (ft), selon le cas

$LTP_{altitude}$ = altitude du LTP (m ou ft, selon le cas)

OBS_x = distance du LTP à l'obstacle (m ou ft, selon le cas)

$D_{origine}$ = distance du LTP à l'origine de l'OAS (m ou ft, selon le cas)

OAS_{pente} = pente de l'OAS, tirée de l'Appendice 1 ou 2 (m ou ft, selon le cas)

$$p = \frac{OBS_x - D_{origine}}{r_e \cdot \left(\frac{1}{OAS_{pente}} \right)}$$

$$q = \frac{OBS_x \cdot \tan(VPA)}{r_e}$$

4.6 SEGMENT D'APPROCHE INTERROMPUE (MAS)

4.6.1 Le MAS commence au point de l'OCA/H sur le VPA et se termine au point où une nouvelle approche, une attente ou un retour au vol en route est amorcé.

Principes généraux

4.6.2 L'ordre de considération des options d'approche interrompue est le suivant :

- a) approche interrompue standard utilisant la RNP 1,0 ;
- b) approche interrompue RNAV utilisant la RNP APCH. Le retour à la RNP APCH n'est utilisé que s'il apporte un avantage opérationnel important ;
- c) utilisation de niveaux inférieurs à RNP 1,0. (Voir la Figure 4-22.)

4.6.3 La pente de l'OAS d'approche interrompue (Z) est de 2,5 %. On peut utiliser une autre pente, pouvant atteindre 5 %, avec l'approbation de l'autorité compétente, dans le cas d'un aéronef dont les performances de montée permettent de retirer un avantage opérationnel de l'OCA/H plus basse qui y est associée. Si on applique une pente de montée supérieure, une OCH pour une pente de 2,5 % ou une autre procédure utilisant une pente de 2,5 % doivent aussi être disponibles.

4.6.4 Si d'autres contraintes empêchent d'utiliser une pente de 2,5 %, la pente de l'OAS d'approche interrompue est la pente utilisable minimale.

Note.— Une pente minimale supérieure à 2,5 % peut être nécessaire quand un parcours RF en approche finale limite la hausse requise de l'OCA/H.

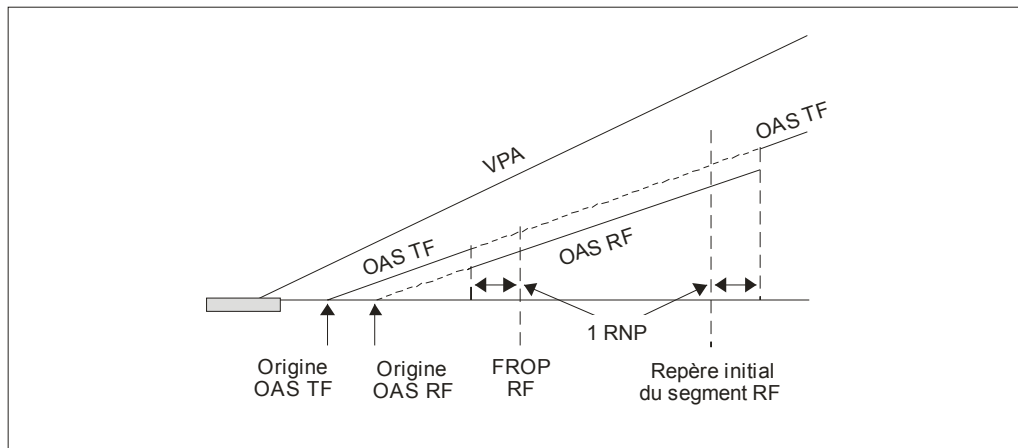


Figure 4-21. Ajustement de l'OAS pour les parcours TF et RF

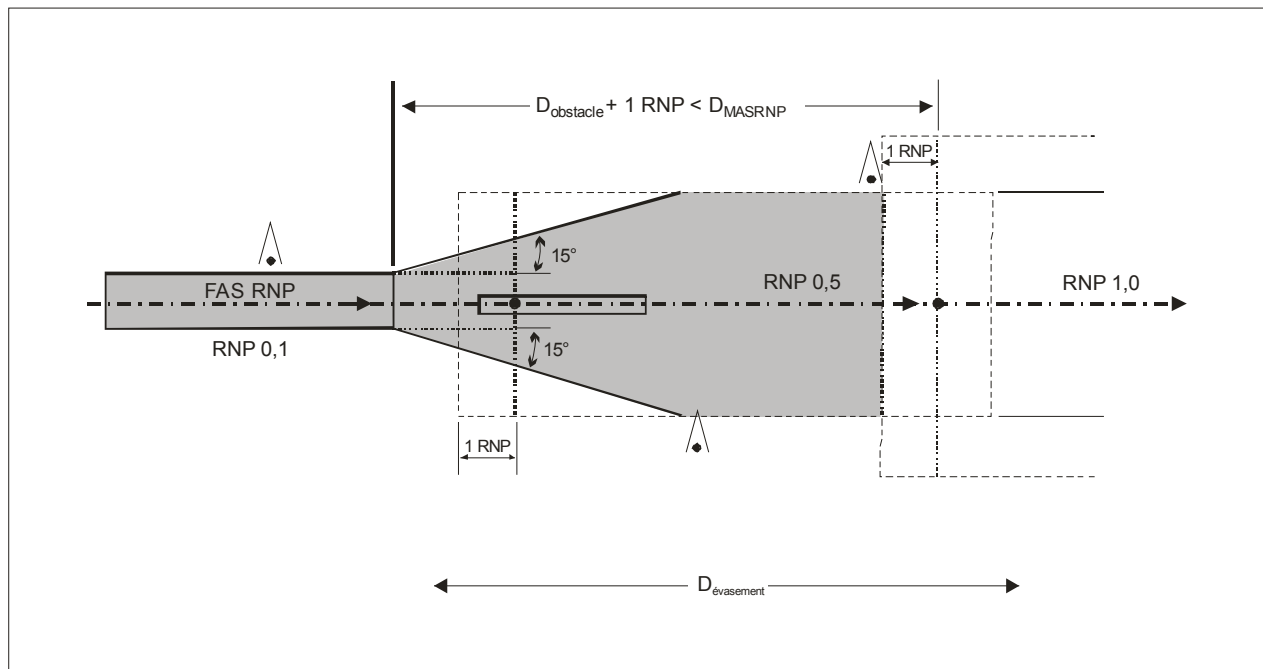


Figure 4-22. Prolongement maximal de la RNP < 1,0 en approche interrompue

4.6.5 Pour des approches interrompues utilisant des niveaux inférieurs à RNP 1,0 (voir la Figure 4-22), les contraintes suivantes s'appliquent :

- les aéronefs sont tenus de suivre la trajectoire d'approche interrompue de calcul quel que soit le point à partir duquel la remise des gaz est amorcée ;
- le prolongement de niveaux d'approche finale inférieurs à RNP 1,0 dans le MAS est limité (voir le § 4.6.17) ;
- à des niveaux de RNP inférieurs à 1, les virages ne sont pas autorisés au-dessous de 152 m (500 ft) AGL ;
- des niveaux de RNP inférieurs à 1,0 pour l'approche interrompue peuvent limiter le nombre d'aéronefs capables de suivre la procédure ; ils ne devraient être mis en œuvre qu'au besoin. Dans ce cas, une note à cet effet doit figurer sur la carte ;
- une DA/H est spécifiée et une note est ajoutée à titre indicatif sur la carte d'approche pour mettre en garde contre une transition précoce à une RNP d'approche interrompue pour le guidage.

Valeurs de précision latérale pour l'approche interrompue

4.6.6 Le MAS standard prolonge le FAS à l'OCA/H ou à la DA/H, selon le cas, en s'évasant de 15 degrés de part et d'autre de l'axe de la trajectoire, jusqu'à une largeur de ± 2 NM (RNP 1,0). (Voir la Figure 4-23.)

4.6.7 Les virages ne sont pas autorisés dans la portion évasée. Si un virage est nécessaire avant la fin de la Dévaselement, envisager une autre technique de construction, p. ex., réduire les valeurs de précision latérale (RNP) du MAS au-dessous de 1,0.

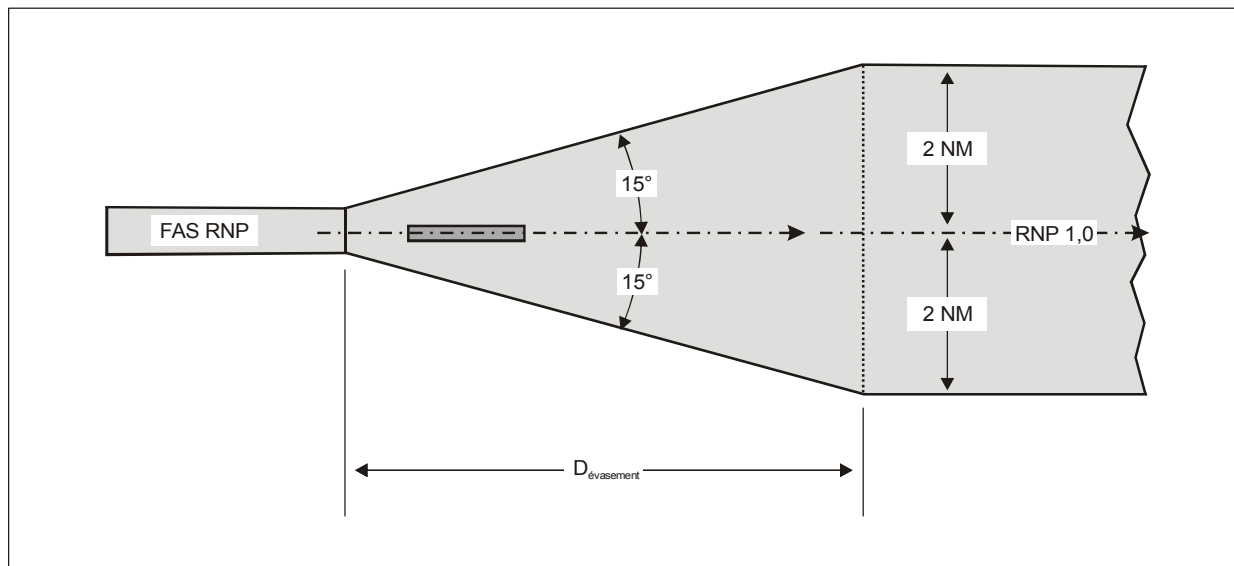


Figure 4-23. Évasement du segment d'approche interrompue

OAS d'approche interrompue (surface Z).

4.6.8 Voir les Figures 4-24, 4-25 et 4-26 pour une illustration du processus ci-dessous.

Calcul du début de la montée (SOC)*Plage du SOC*

4.6.9 La plage du SOC par rapport au LTP est la suivante :

$$XSOC_{Cat} = (OCH_{Cat} - RDH) / \text{tg VPA} - TrD$$

où

$XSOC_{Cat}$ = plage du SOC pour la catégorie d'aéronefs, positive avant le seuil, négative après le seuil.

OCH_{Cat} = OCH pour la catégorie d'aéronefs (la valeur minimale correspond à la perte de hauteur liée à l'altimètre barométrique pour la catégorie)

RDH = hauteur de référence de la trajectoire verticale

Tg VPA = pente du VPA

et

TrD = distance de transition

$$TrD = t \times \text{MaxGndSpeed} + 4/3 \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2}$$

où

t = 15 secondes

MaxGndSpeed = VV maximale d'approche finale pour la catégorie d'aéronefs, calculée à l'altitude de l'aérodrome et à ISA + 15, augmentée d'un vent arrière de 19 km/h (10 kt)

anpe = $1,225 \times \text{RNP}$ (erreur longitudinale 99,7 %)

wpr = 18,3 m (60 ft) (erreur de résolution de point de cheminement 99,7 %)

fte = $22,9 / \text{tg VPA}$ m, $(75 / \text{tg VPA})$ ft (erreur technique de vol 99,7 %)

Hauteur du SOC

4.6.10 La hauteur du SOC au-dessus du LTP est calculée comme suit :

$$OCH_{Cat} - HL_{Cat}$$

Note.— L'erreur liée à la performance de navigation réelle (anpe), l'erreur de résolution de point de cheminement (wpr) et l'erreur technique de vol (fte) sont les facteurs de probabilité 99,7 % du VEB projetés dans le plan horizontal et multipliés par un facteur de 4/3 pour obtenir une marge $10E^{-5}$.

HL_{Cat} = Perte de hauteur liée à l'altimètre barométrique pour la catégorie d'aéronefs

Pente

4.6.11 Une pente nominale de surface de montée en approche interrompue (tg Z) de 2,5 % est spécifiée par la procédure. D'autres pentes de montée, pouvant atteindre 5 %, peuvent aussi être spécifiées, comme l'indique le § 4.6.2. Elles peuvent être utilisées, avec l'approbation de l'autorité compétente, par les aéronefs dont les performances de montée permettent de retirer un avantage opérationnel de l'OCA/H plus basse qui y correspondent.

Types de parcours autorisés

4.6.12 La trajectoire d'approche interrompue est constituée d'une série de segments. Les types de parcours autorisés sont les parcours TF et RF.

4.6.13 De plus, si la valeur RNP du parcours RF est inférieure à 1,0, la longueur de ce parcours doit satisfaire aux exigences du § 4.6.17 « RNP d'approche interrompue inférieure à 1,0 et publication de la DA/H maximale ».

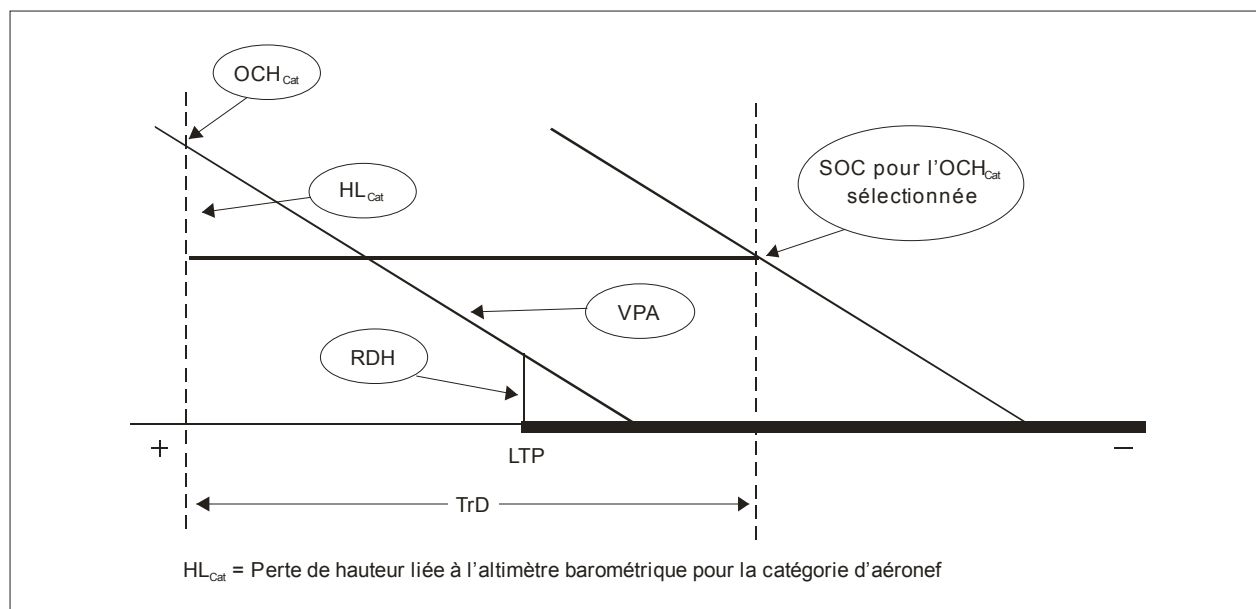


Figure 4-24. Détermination du SOC

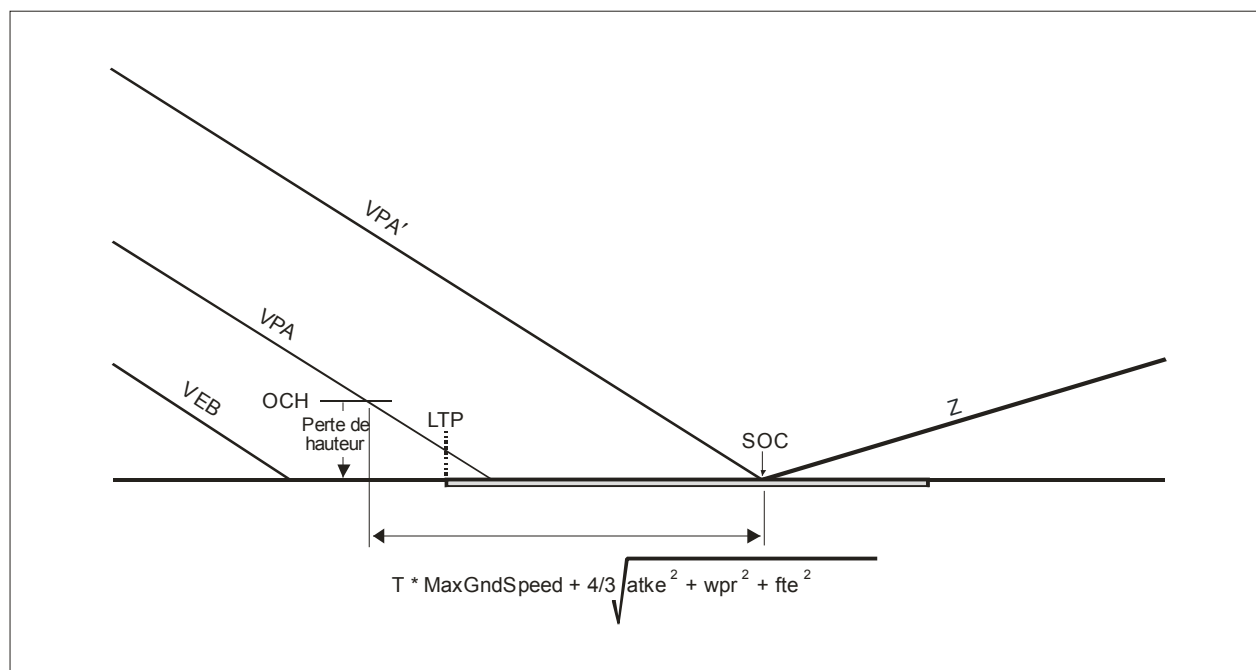


Figure 4-25. Surface d'approche interrompue (Z)

Approche interrompue avec virages

4.6.14 Le nombre et l'amplitude des virages compliquent la procédure ; leur utilisation devrait être limitée. Si des virages sont nécessaires dans une approche interrompue, la trajectoire du FAS devrait être maintenue jusqu'à l'extrémité départ de la piste (DER) (ou l'équivalent, dans une procédure avec décalage). Le premier virage ne doit pas avoir lieu avant la DER, à moins que la RNP de l'approche interrompue ne soit inférieure à 1,0.

4.6.15 Si le niveau de RNP de l'approche interrompue est inférieur à 1,0, l'angle d'inclinaison latérale des virages RF de la procédure doit être limité à 15 degrés ; des limites de vitesse maximale peuvent être imposées pour obtenir un rayon spécifique et, dans la mesure du possible, un virage RF ne devrait pas être amorcé avant la DER.

4.6.16 Parfois, ni une RNP réduite ni un virage RF ne permettent de surmonter un obstacle dans une approche interrompue en ligne droite. En pareil cas, on peut mettre fin à la procédure RNP et construire une approche interrompue RNP APCH standard utilisant le système mondial de navigation par satellite (GNSS). La surface Z commence alors à s'évaser de 15 degrés de chaque côté à une distance de 1 RNP (approche finale) avant l'emplacement longitudinal de l'OCA/H sur le VPA, ou 75 m (250 ft) sur le VPA, si cette valeur est plus élevée.

Note.— Un parcours cap vers altitude (VA) (type de parcours ARINC) basé sur une approche interrompue GNSS (RNP APCH) peut assurer une meilleure marge de franchissement par rapport à un obstacle à l'approche interrompue en ligne droite qu'un virage RF ou un virage par le travers.

RNP d'approche interrompue inférieure à 1,0 et publication de la DA/H (voir la Figure 4-25)

4.6.17 Lorsque l'OCA/H est définie par un obstacle à l'approche interrompue, la valeur RNP de l'approche interrompue peut être limitée tant que l'obstacle n'a pas été dépassé. La valeur de RNP la plus élevée (RNP FAS ou RNP MAS < 1,0) qui permet de franchir l'obstacle devrait être utilisée. Cependant, la DA/H est publiée plutôt que l'OCA/H et limitée à 75 m (246 ft), 90 m (295 ft) ou plus. La carte doit porter une note indiquant que la transition vers la RNP d'approche interrompue pour le guidage latéral ne doit pas commencer avant l'emplacement de la DA/H sur la trajectoire.

Prolongement maximal de la RNP inférieure à 1,0 en approche interrompue

4.6.18 La distance maximale (D_{MASRNP}) à laquelle on peut prolonger une valeur de précision latérale inférieure à 1,0 NM en approche interrompue, mesurée à partir du point où la DA/H croise le VPA, est la suivante :

$$D_{MASRNP} = (\text{RNP approche interrompue} - \text{RNP approche finale}) \cdot \cotg \text{ de l'évasement obtenu par la centrale inertielle de référence (IRU)}$$

où

$$\text{en NM, } \cotg \text{ évasement IRU} = (VV + TWC)/8 \text{ kt}$$

$$\text{en km, } \cotg \text{ évasement IRU} = (VV + TWC)/14,828 \text{ km/h}$$

VV = vitesse en approche interrompue initiale pour la catégorie d'aéronefs compte tenu de l'altitude de l'aérodrome à ISA + 15

TWC = composante vent arrière de 19 km/h (10 kt).

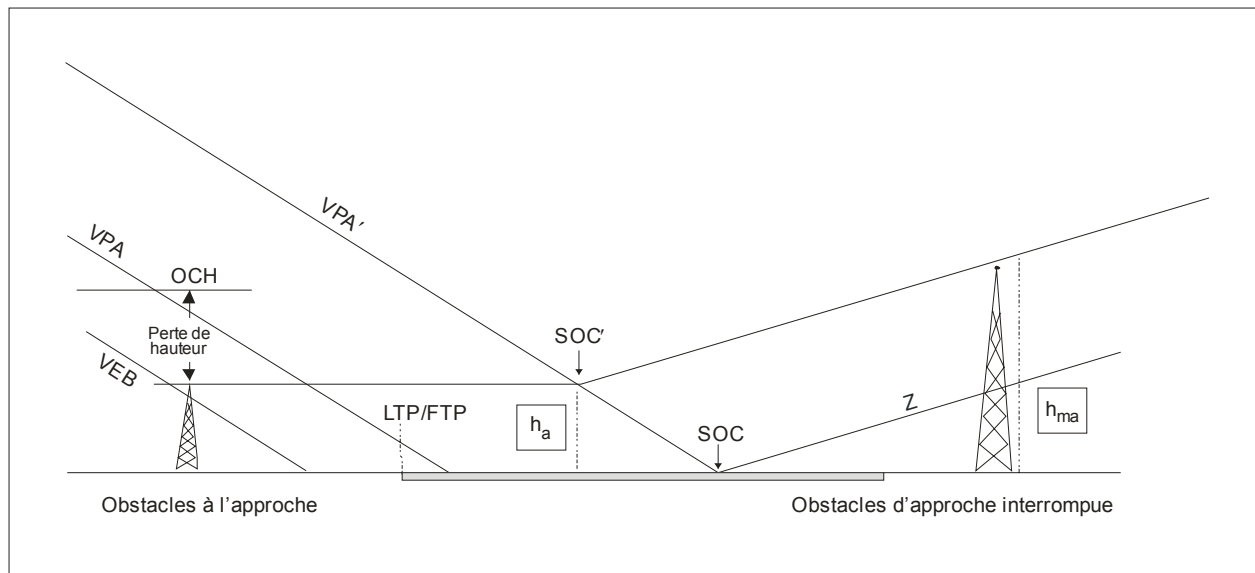


Figure 4-26. Obstacle à l'approche interrompue après le SOC

Note.— La spécification d'une DA/H et d'une distance permet de faire en sorte qu'une vitesse de dérive de 8 degrés par heure de l'IRU ne causera pas de dépassement de la limite RNP d'approche finale prolongée.

Restriction de virage en cas de RNP inférieure à 1,0 en approche interrompue

4.6.19 Si un virage est nécessaire, il ne doit être amorcé qu'au-dessus de 152 m (500 ft) AGL et à au moins $D_{MASvirage}$ après la DA/H. Dans la mesure du possible, le virage ne doit pas être effectué avant la DER.

4.7 DÉTERMINATION DE L'OCA/H

4.7.1 Le calcul de l'OCA/H fait intervenir un ensemble de surfaces d'évaluation d'obstacles (OAS). S'il y a pénétration d'une OAS, l'ajustement de perte de hauteur applicable à la catégorie d'aéronefs en question est ajouté à la hauteur de l'obstacle à l'approche le plus haut ou à la hauteur équivalente de la plus forte pénétration de l'OAS d'approche interrompue, si cette dernière hauteur est supérieure. Cette valeur devient l'OCA/H (voir les Figures 4-26 et 4-27).

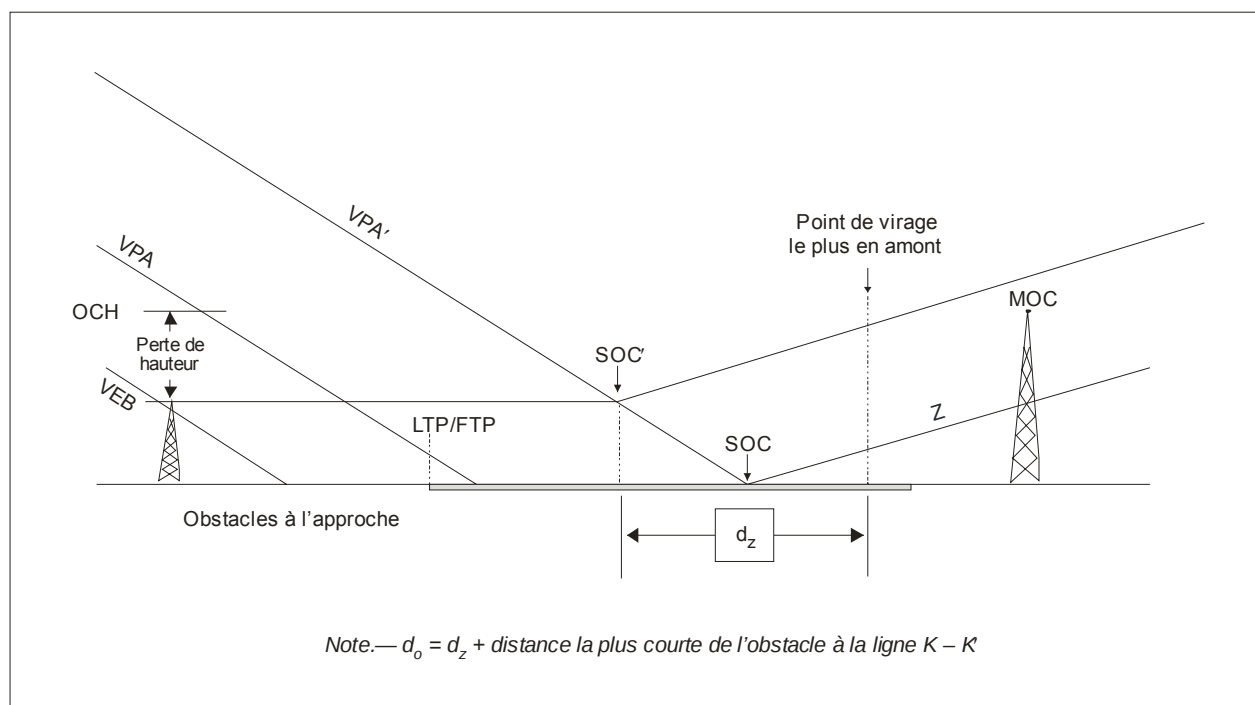


Figure 4-27. Approche interrompue avec virage

Obstacles à prendre en compte

4.7.2 Les obstacles à prendre en compte sont ceux qui pénètrent l'OAS. Ils sont divisés en obstacles à l'approche et obstacles à l'approche interrompue, comme suit (voir la Figure 4-26).

- Les obstacles à l'approche sont situés entre le FAP et le SOC.
- Les obstacles à l'approche interrompue sont situés après le SOC.

4.7.3 Toutefois, cette catégorisation peut parfois causer une pénalisation excessive dans le cas de certains obstacles à l'approche interrompue. Si l'autorité compétente le souhaite, les obstacles à l'approche interrompue peuvent être définis comme étant ceux qui dépassent un plan parallèle au plan du VPA et ayant son origine au SOC, c'est-à-dire les obstacles d'une hauteur supérieure à $(X_{SOC} + x) \tan VPA$, où X_{SOC} est la distance du LTP au SOC.

Calcul de l'OCH

4.7.4 Déterminer d'abord la hauteur de l'obstacle à l'approche le plus élevé qui pénètre l'OAS d'approche finale ou le plan horizontal de D_{veb} à l'origine de la surface Z.

4.7.5 Ensuite, ramener les hauteurs de tous les obstacles à l'approche interrompue à des hauteurs d'obstacles à l'approche équivalents au moyen de la formule suivante :

$$h_a = [(h_{ma} + MOC) * \cotg Z - X_z + x] / (\cotg VPA + \cotg Z)$$

où

h_a = hauteur de l'obstacle à l'approche équivalent

h_{ma} = hauteur de l'obstacle à l'approche interrompue

$\cotg Z$ = cotangente de l'angle de la surface Z

$\cotg VPA$ = cotangente du VPA

X_z = origine de la surface d'approche interrompue (Z) par rapport au LTP (LTP fictif, le cas échéant). L'origine de la surface est positive avant le LTP/FTP, négative après.

X = distance entre l'obstacle et le seuil calculée conformément aux § 4.7.7, 4.7.8 et 4.7.9.

4.7.6 La MOC est de 0 m (0 ft) pour une approche interrompue en ligne droite et les virages RF, de 30 m (98 ft) pour des virages jusqu'à 15 degrés et de 50 m (164 ft) pour des virages de plus de 15 degrés.

Approche interrompue en ligne droite

4.7.7 Déterminer l'OCH de la procédure en ajoutant l'ajustement de perte de hauteur figurant au Tableau 4-5 à la hauteur de l'obstacle à l'approche le plus élevé (réel ou équivalent).

$$OCH = h_a + \text{marge HL}$$

Calcul de l'OCH (virages dans l'approche interrompue — sauf RF)

4.7.8 L'altitude/hauteur de l'obstacle sera inférieure à :

$$(OCA/H - HL) + (d_z + d_o) \tan Z - MOC$$

où

d_o = distance la plus courte de l'obstacle au point de virage (TP) amont (voir les Figures 4-26 et 4-27)

d_z = distance horizontale du SOC au TP amont,

et la MOC est de :

50 m (164 ft) [Cat H, 40 m (132 ft)] pour les virages supérieurs à 15 degrés ; de 30 m (98 ft) pour les virages inférieurs ou égaux à 15 degrés.

4.7.9 Si l'altitude/hauteur de l'obstacle dépasse la surface Z, l'OCA/H doit être augmentée, ou le TP déplacé, pour procurer la marge de franchissement requise.

Application de parcours RF dans une approche interrompue avec virage

4.7.10 Quand on utilise un parcours RF dans une approche interrompue, la distance le long de la trajectoire durant le virage RF à prendre en compte dans la longueur de la trajectoire aux fins du calcul de la pente de l'OAS correspond à la longueur de l'arc (des arcs) basée sur un rayon de virage de $r - 1$ RNP. [Voir les Figures 4-9 b) et 4-28].

4.7.11 La hauteur de la surface à tout point de la trajectoire est constante radialement sur toute la surface. La pente est seulement dans la direction du vecteur de vol nominal tangent à la trajectoire nominale, en tout point, et présente une pente latérale nulle le long de tout rayon.

4.7.12 L'altitude/hauteur de l'obstacle sera inférieure à :

$$(OCA/H - HL) + (d_z + d_o) \tan Z - MOC$$

où

d_o = distance mesurée le long de l'arc (des arcs), calculée pour les parcours RF utilisant un rayon égal à $(r - 1)$ RNP),

d_z = distance horizontale du SOC au repère du virage.

La MOC appliquée dans la formule pour obtenir h_a est de 0 pour les parcours RF d'approche interrompue.

4.7.13 Si l'altitude/hauteur de l'obstacle dépasse la surface Z, l'OCA/H doit être augmentée, ou le TP déplacé, pour procurer la marge de franchissement requise.

Marges de perte de hauteur

Ajustements pour les altitudes d'aérodrome élevées

4.7.14 Les marges de perte de hauteur figurant au Tableau 4-5 seront ajustées dans le cas des altitudes d'aérodrome supérieures à 900 m (2 953 ft). Les tolérances du tableau seront augmentées à raison de 2 % de la marge RA par tranche de 300 m (984 ft) d'altitude d'aérodrome.

Ajustements pour angles de GP élevés

4.7.15 Les procédures comportant des angles de GP supérieurs à 3,5 degrés ou un angle tel que le taux de descente nominal (V_{at} pour le type d'aéronef $\times$ le sinus de l'angle de GP) dépasse 5 m/sec (1 000 ft/min) sont hors norme et imposent ce qui suit :

- a) augmenter la marge de perte de hauteur (qui peut être spécifique au type d'aéronef) ;
- b) ajuster l'origine de la surface d'approche interrompue ;
- c) ajuster la pente de la surface W ;
- d) effectuer un nouveau levé des obstacles ;
- e) appliquer des contraintes opérationnelles appropriées.

4.7.16 Pareilles mesures sont normalement limitées à des exploitants et des aéronefs expressément approuvés et sont accompagnées de restrictions appropriées applicables à l'aéronef et à l'équipage de conduite. Elles ne doivent pas être utilisées comme moyen d'introduire des procédures antibruit.

Tableau 4-5. Marges de perte de hauteur

<i>Les marges de perte de hauteur suivantes seront appliquées à tous les obstacles à l'approche et obstacles à l'approche équivalents</i>				
	<i>Marges avec radioaltimètre</i>		<i>Marges avec altimètre barométrique</i>	
<i>Catégorie d'aéronefs (V_{at})</i>	<i>mètres</i>	<i>ft</i>	<i>mètres</i>	<i>ft</i>
A – 169 km/h (90 kt)	13	42	40	130
B – 223 km/h (120 kt)	18	59	43	142
C – 260 km/h (140 kt)	22	71	46	150
D – 306 km/h (165 kt)	26	85	49	161

Note.— Les marges avec radioaltimètre ne sont utilisées que pour des ajustements de perte de hauteur.

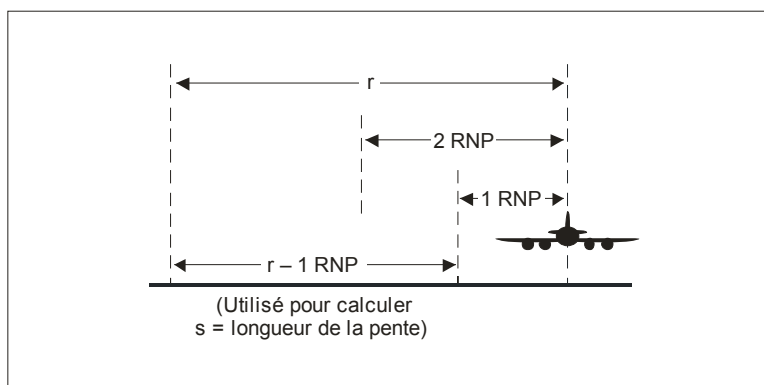


Figure 4-28. Rayon pour le calcul de la longueur de la trajectoire en fonction de la pente

Exceptions et ajustements

4.7.17 Les valeurs du tableau des marges de perte de hauteur sont calculées de manière à tenir compte des aéronefs qui utilisent des procédures manuelles normales d'approche interrompue à partir de l'OCA/H sur la trajectoire d'approche nominale. Elles peuvent être ajustées pour certains types d'aéronefs si on dispose d'éléments probants suffisants en ce qui concerne le vol et sur le plan théorique, c'est-à-dire la valeur de perte de hauteur correspondant à une probabilité de 1×10^{-5} (fondée sur un taux d'approche interrompue de 10^{-2}).

Marges pour une vitesse au seuil (V_{at}) donnée

4.7.18 Si une marge de perte de hauteur/d'altimètre est nécessaire pour une V_{at} donnée, les formules ci-après s'appliquent (voir aussi les PANS-OPS, Volume II, Partie I, Section 4, Chapitre 1, Tableaux I-4-1-1 et I-4-1-2) :

Marge = $(0,068 V_{at} + 28,3)$ mètres avec V_{at} en km/h

Marge = $(0,125 V_{at} + 28,3)$ mètres avec V_{at} en kt

où V_{at} est la vitesse au seuil basée sur 1,3 fois la vitesse de décrochage en configuration d'atterrissage à la masse maximale d'atterrissage certifiée.

Note.— Les équations présupposent que les caractéristiques aérodynamiques et dynamiques des aéronefs sont directement en rapport avec la catégorie de vitesse. Ainsi, il est possible que les marges calculées de perte de hauteur/d'altimètre ne représentent pas de façon réaliste les aéronefs de petites dimensions dont la V_{at} à la masse maximale à l'atterrissage dépasse 165 kt.

Virages en approche interrompue — restrictions

4.7.19 Quand un virage en approche interrompue est nécessaire, le point le plus en amont dans l'aire de mise en virage doit être situé après une distance équivalant à 152 m (500 ft) AGL par rapport à une pente de 2,5 % ou une pente de montée spécifiée plus élevée dont l'origine est au SOC.

Chapitre 5

PUBLICATION ET CARTES

5.1 INTRODUCTION

Les critères généraux des PANS-OPS, Volume II, Partie I, Section 3, Chapitre 5, Renseignements à publier pour les procédures de départ ; Partie I, Section 4, Chapitre 9, Cartes/AIP ; et Partie III, Section 5, Publication, s'appliquent tels qu'ils sont modifiés dans le présent chapitre. Voir dans les PANS-OPS, Volume II, Partie III, Section 5, Chapitre 2, les spécifications particulières de publication concernant les bases de données aéronautiques. La spécification de navigation de toute procédure publiée doit figurer dans l'AIP de l'État, sur la carte ou à la section GEN de la publication.

5.2 TITRES DES CARTES AÉRONAUTIQUES

Les cartes doivent être intitulées conformément à l'Annexe 4 — *Cartes aéronautiques*, § 2.2.

5.3 IDENTIFICATION DES CARTES

5.3.1 Les cartes doivent être identifiées conformément à l'Annexe 4, § 11.6, et inclure l'abréviation RNAV.

5.3.2 L'identification des cartes d'approche RNP représentant des procédures qui répondent aux critères de la spécification de navigation RNP AR APCH doit inclure l'abréviation RNAV _(RNP).

Note.— Le texte entre parenthèses (au § 5.3.2) ne fait pas partie de l'autorisation ATC.

5.4 NOTES RELATIVES AUX CARTES

5.4.1 Les exigences RNAV applicables à l'équipement, à l'exploitation ou à la fonctionnalité de navigation doivent figurer sur la carte sous forme de note.

a) exemples de notes relatives à de l'équipement supplémentaire :

« double GNSS requis » ou « IRU requis » ;

b) exemple de note relative à une fonctionnalité de navigation spécifique :

« RF requis ».

5.4.2 Pour les procédures RNP AR APCH, les notes particulières suivantes peuvent être nécessaires :

- a) une note signalant l'obligation d'obtenir une autorisation spécifique doit figurer sur la carte ;
- b) pour les procédures RNP AR APCH avec RNP d'approche interrompue inférieure à 1,0, une note doit indiquer que la transition à la RNP d'approche interrompue pour le guidage latéral ne doit pas commencer avant la position de la DA/H sur la trajectoire.

5.5 REPRÉSENTATION

Parcours RF

5.5.1 Toute exigence relative à un parcours RF doit figurer sur la carte. La note concernant une telle exigence peut figurer avec le parcours auquel elle s'applique ou sous forme de note spécifique s'y rapportant. Si un parcours RF est une exigence commune sur une carte donnée, une note générale devrait être utilisée, comme il est indiqué au § 5.4.

5.5.2 Quand différents niveaux de RNP s'appliquent à différents segments initiaux, ils doivent être indiqués sur la carte dans une note. La note requise peut figurer avec le parcours auquel elle s'applique ou sous forme de note de procédure s'y rapportant. Si une même valeur de RNP s'applique aux segments initiaux et intermédiaires, une note générale devrait être utilisée, comme il est indiqué au § 5.4.

5.6 MINIMUMS

5.6.1 Une OCA/H est indiquée sur les cartes d'approche de toutes les procédures RNP AR APCH, à une exception près : dans le cas des procédures RNP AR APCH comportant un MAS visé par une valeur de RNP inférieure à 1,0, c'est la DA/H qui est publiée. Un exemple de représentation des minimums est donné dans les PANS-OPS, Volume II, Partie I, Section 4, Chapitre 9.

5.6.2 Une OCA/H ou une DA/H pour une RNP 0,3 doit être publiée pour chaque procédure d'approche RNP AR. D'autres OCA/H ou DA/H pour des valeurs de RNP comprises entre 0,1 et 0,3 peuvent être publiées, selon qu'il convient.

Appendice 1

MARGE MINIMALE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLES (MOC) DU BUDGET D'ERREUR VERTICALE (VEB) — EXPLICATION DES ÉQUATIONS (UNITÉS SI)

La marge minimale de franchissement d'obstacles (MOC) du budget d'erreur verticale (VEB) est obtenue en combinant trois écarts types connus par la méthode de la somme des carrés (RSS) et en multipliant le résultat par quatre tiers pour déterminer une valeur combinée de 4 écarts types (4σ). Les erreurs de biais sont ensuite ajoutées pour obtenir la MOC totale.

MOC : 75 m quand il n'y a pas pénétration des surfaces d'approche (voir l'Annexe 14, Vol. I, Chapitre 4)
90 m quand il y a pénétration des surfaces d'approche (voir l'Annexe 14, Vol. I, Chapitre 4)

Les sources d'écart prises en compte dans la MOC du VEB sont les suivantes :

- erreur liée aux performances de navigation réelles (anpe)
- erreur de précision du point de cheminement (wpr)
- erreur technique de vol (fte) **fixée à 23 m**
- erreur du système altimétrique (ase)
- erreur d'angle vertical (vae)
- système automatique d'information de région terminale (atis) **fixée à 6 m**

Les erreurs de biais de la MOC sont les suivantes :

- erreur liée à la géométrie du fuselage (bg)
- demi-envergure **fixée à 40 m**
- écart de température par rapport à l'atmosphère type internationale (isad)

L'équation MOC qui combine ces erreurs est la suivante :

$$MOC = bg - isad + \frac{4}{3} \sqrt{anpe^2 + wpr^2 + fte^2 + ase^2 + vae^2 + atis^2}$$

Les formules de trois écarts types pour les calculs RSS sont les suivantes :

$$anpe : anpe = 1,225 \cdot rnp \cdot 1852 \cdot \tan(VPA)$$

$$wpr : wpr = 18 \cdot \tan(VPA)$$

$$fte : fte = 23$$

$$ase : ase = -2,887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{altitude})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{altitude}) + 15$$

$$vae : vae = \left(\frac{\text{altitude} - LTP_{\text{altitude}}}{\tan(VPA)} \right) \left[\tan(VPA) - \tan(VPA - 0,01^\circ) \right]$$

$$atis : atis = 6$$

Calcul des erreurs de biais :

$$\text{isad} : \text{isad} = \frac{(\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}) \cdot \Delta\text{ISA}}{288 + \Delta\text{ISA} - 0,5 \cdot 0,0065 \cdot \text{altitude}}$$

biais bg : valeur fixe pour les segments rectilignes : bg = 7,6

segments RF : bg = demi-envergure · sin α

EXEMPLES DE CALCULS

Variables de calcul

La température minimale applicable est de 20 °C inférieure à l'atmosphère type : (ΔISA = -20)

La qualité de navigation requise (RNP) est de 0,14 NM : (rnp = 0,14)

VALEURS FIXES D'AUTORISATION REQUISE (AR)

La fte verticale de trois écarts types est estimée à 23 m : (fte = 23)

L'erreur verticale de calage altimétrique de trois écarts types de l'atis est estimée à 6 m : (atis = 6)

L'angle d'inclinaison latérale maximal est de 18 degrés : (α = 18°)

Variables de la trajectoire verticale

Angle de trajectoire verticale (VPA) : VPA = 3°

Point d'approche finale (FAP) à 1 400 m : (FAP = 1 400)

Altitude du point du seuil d'atterrissage (LTP_{altitude}) : (LTP_{altitude} = 360)

Hauteur du point de repère (RDH) : (RDH = 17)

Température minimale d'aérodrome (T_{min}) à 20 °C au-dessous de l'ISA : (ΔISA = -20) :

$$T_{\text{min}} = \Delta\text{ISA} + (15 - 0,0065 \cdot \text{LTP}_{\text{altitude}})$$

$$T_{\text{min}} = -20 + (15 - 0,0065 \cdot 360)$$

$$T_{\text{min}} = -7,34^{\circ}\text{C}$$

Calculs

$$\text{MOC} = \text{bg} - \text{isad} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}^2 + \text{vae}^2 + \text{atis}^2}$$

$$\begin{aligned} \text{anpe} : \quad \text{anpe} &= 1,225 \cdot \text{rnp} \cdot 1852 \cdot \text{tg}(\text{VPA}) \\ &= 1,225 \cdot 0,14 \cdot 1852 \cdot \text{tg}3^{\circ} \\ &= 16,6457 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{wpr} : \quad \text{wpr} &= 18 \cdot \text{tg}(\text{VPA}) \\ &= 18 \cdot \text{tg}3^{\circ} \\ &= 0,9433 \end{aligned}$$

$$\text{fte :} \quad \text{fte} = 23$$

$$\text{ase :} \quad \text{ase} = -2,887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{altitude})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{altitude}) + 15$$

$$\begin{aligned} \text{ase}_{75} &= -2,887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{LTP}_{\text{altitude}} + 75)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{LTP}_{\text{altitude}} + 75) + 15 \\ &= -2,887 \cdot 10^{-7} \cdot (360 + 75)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (360 + 75) + 15 \\ &= 17,7729 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ase}_{\text{FAP}} &= -2,887 \cdot 10^{-7} \cdot (\text{FAP})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{FAP}) + 15 \\ &= -2,887 \cdot 10^{-7} \cdot (1400)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (1400) + 15 \\ &= 23,5341 \end{aligned}$$

$$\text{vae :} \quad \text{vae} = \left(\frac{\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}}{\text{tg}(\text{VPA})} \right) [\text{tg}(\text{VPA}) - \text{tg}(\text{VPA} - 0,01^\circ)]$$

$$\begin{aligned} \text{vae}_{75} &= \left(\frac{75}{\text{tg}(\text{VPA})} \right) [\text{tg}(\text{VPA}) - \text{tg}(\text{VPA} - 0,01^\circ)] \\ &= \left(\frac{75}{\text{tg}3^\circ} \right) [\text{tg}3^\circ - \text{tg}(3^\circ - 0,01^\circ)] \\ &= 2,2505 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{vae}_{\text{FAP}} &= \left(\frac{\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{altitude}}}{\text{tg}(\text{VPA})} \right) [\text{tg}(\text{VPA}) - \text{tg}(\text{VPA} - 0,01^\circ)] \\ &= \left(\frac{1400 - 360}{\text{tg}3^\circ} \right) [\text{tg}3^\circ - \text{tg}(3^\circ - 0,01^\circ)] \\ &= 3,4730 \end{aligned}$$

$$\text{atis :} \quad \text{atis} = 6$$

$$\text{isad :} \quad \text{isad} = \frac{(\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}) \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0,5 \cdot 0,0065 \cdot \text{altitude}}$$

$$\begin{aligned} \text{isad}_{75} &= \frac{75 \cdot (\Delta \text{ISA})}{288 + \Delta \text{ISA} - 0,5 \cdot 0,0065 \cdot (\text{LTP}_{\text{altitude}} + 75)} \\ &= \frac{75 \cdot (-20)}{288 - 20 - 0,5 \cdot 0,0065 \cdot (360 + 75)} \\ &= -5,6267 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{isad}_{\text{FAP}} &= \frac{(\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}) \cdot (\Delta \text{ISA})}{288 + \Delta \text{ISA} - 0,5 \cdot 0,0065 \cdot (\text{FAP})} \\ &= \frac{(1400 - 360) \cdot (-20)}{288 - 20 - 0,5 \cdot 0,0065 \cdot (1400)} \\ &= -78,9524 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{bg} : \quad \text{bg} &= \text{demi-envergure} \cdot \sin \alpha \\ &= 40 \cdot \sin 18^\circ \\ &= 12,3607 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MOC}_{75} &= \text{bg} - \text{isad}_{75} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}_{76}^2 + \text{vae}_{76}^2 + \text{atis}^2} \\ &= 12,6307 + 5,6267 + \frac{4}{3} \sqrt{16,6457^2 + 0,9433^2 + 23^2 + 17,7729^2 + 0,2505^2 + 6^2} \\ &= 63,3777 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MOC}_{\text{fap}} &= \text{bg} - \text{isad}_{\text{fap}} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}_{\text{fap}}^2 + \text{vae}_{\text{fap}}^2 + \text{atis}^2} \\ &= 12,6307 + 78,9524 + \frac{4}{3} \sqrt{16,6457^2 + 0,9433^2 + 23^2 + 23,5341^2 + 3,4730^2 + 6^2} \\ &= 141,3599 \end{aligned}$$

CALCUL DE LA PENTE DE LA SURFACE D'ÉVALUATION D'OBSTACLES (OAS)

La pente de l'OAS est calculée en utilisant la différence de hauteurs de l'OAS à la MOC_{fap} et à la MOC_{75} :

$$\text{OASpente} = \frac{(\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{altitude}} - \text{MOC}_{\text{FAP}}) - (75 - \text{MOC}_{75})}{\frac{\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{altitude}} - 75}{\text{tg}(\text{VPA})}}$$

CALCUL DE LA DISTANCE ENTRE LE LTP ET L'ORIGINE DE L'OAS

L'origine de l'OAS est calculée en soustrayant la distance du point à 75 m du VPA par rapport au LTP de la distance du point MOC_{75} .

$$\text{OASorigine} = \left(\frac{75 - \text{RDH}}{\text{tg}(\text{VPA})} \right) - \left(\frac{75 - \text{MOC}_{75}}{\text{OASpente}} \right)$$

En utilisant les nombres donnés en exemple ci-dessus :

$$\begin{aligned} \text{OASpente} &= \frac{(1400 - 360 - 14,3599) - (75 - 63,3777)}{\frac{1400 - 360 - 75}{\text{tg}3^\circ}} \\ &= 0,0481726 \text{ (4,817 \%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OASorigine} &= \left(\frac{75 - 17}{\text{tg}3^\circ} \right) - \left(\frac{75 - 63,3777}{0,0481726} \right) \\ &= 865,4422 \end{aligned}$$

Appendice 2

MARGE MINIMALE DE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLES (MOC) DU BUDGET D'ERREUR VERTICALE (VEB) — EXPLICATION DES ÉQUATIONS (UNITÉS NON SI)

Le franchissement d'obstacles minimum (MOC) requis du budget d'erreur verticale (VEB) est issu de la combinaison de trois écarts types connus par la méthode de la somme des carrés (RSS) et la multiplication par quatre tiers pour déterminer une valeur combinée de 4 écarts types (4σ). Les erreurs de biais sont ensuite ajoutées pour obtenir la MOC totale.

MOC : 250 ft sans pénétration des surfaces d'approche (voir l'Annexe 14, Vol. I, Chapitre 4)
300 ft avec pénétration des surfaces d'approche (voir l'Annexe 14, Vol. I, Chapitre 4)

Les sources d'écart comprises dans la MOC du VEB sont les suivantes :

- erreur liée aux performances de navigation réelles (anpe)
- erreur de précision des points de cheminement (wpr)
- erreur technique de vol (fte) **fixée à 75 ft**
- erreur du système altimétrique (ase)
- erreur de l'angle vertical (vae)
- système automatique d'information de région terminale (atis) **fixé à 20 ft**

Les erreurs de biais de la MOC sont les suivantes :

- erreur liée à la géométrie du fuselage (bg)
- demi-envergure **fixée à 132**
- écart de température par rapport à l'atmosphère type internationale (isad)

L'équation MOC qui combine ces erreurs est la suivante :

$$\text{MOC} = \text{bg} - \text{isad} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}^2 + \text{vae}^2 + \text{atis}^2}$$

Les formules de trois écarts types pour les calculs RSS sont les suivantes :

$$\text{anpe} : \quad \text{anpe} = 1,225 \cdot \text{rnp} \cdot \frac{1852}{0,3048} \cdot \text{tg}\theta$$

$$\text{wpr} : \quad \text{wpr} = 60 \cdot \text{tg}\theta$$

$$\text{fte} : \quad \text{fte} = 75$$

$$\text{ase} : \quad \text{ase} = -88 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{altitude})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{altitude}) + 50$$

$$\text{vae} : \quad \text{vae} = \left(\frac{\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}}{\text{tg}\theta} \right) [\text{tg}\theta - \text{tg}(\theta - 0,01^\circ)]$$

$$\text{atis} : \quad \text{atis} = 20$$

Calculs relatifs aux erreurs de biais :

$$\text{isad} : \text{isad} = \frac{(\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}) \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0,5 \cdot 0,00198 \cdot \text{altitude}}$$

biais bg : valeurs fixes des segments rectilignes : bg = 25

segments RF : bg = demi-envergure · sin φ

EXEMPLES DE CALCULS

Variables de conception

La température minimale qui s'applique est de 20°C en dessous de l'atmosphère type : (ΔISA = -20)

La qualité de navigation requise (RNP) est de 14 NM : (rnp = 0,14)

VALEURS FIXES D'AUTORISATION REQUISE (AR)

La fte verticale de deux écarts types est estimée à 75 ft : (fte = 75)

L'erreur verticale d'ajustement altimétrique de trois écarts types est estimée à 20 ft : (atis = 20)

L'angle de roulis maximal est de 18° : (φ = 18°)

Variables de la trajectoire verticale

Point d'approche finale (FAP) à 4 500 ft : (FAP = 4 500)

Hauteur du point du seuil d'atterrissage [(LTP_{altitude} (ft)) : (LTP_{altitude} = 1 200)

Hauteur de référence (RDH en ft) : (RDH = 55)

Angle de trajectoire verticale (VPA) : (VPA = 3°)

Calculs

$$\text{MOC} = \text{bg} - \text{isad} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}^2 + \text{vae}^2 + \text{atis}^2}$$

$$\begin{aligned} \text{anpe} : \text{anpe} &= 1,225 \cdot \text{rnp} \cdot \frac{1852}{0,3048} \cdot \text{tgVPA} \\ &= 1,225 \cdot 0,14 \cdot \frac{1852}{0,3048} \cdot \text{tg}3^\circ \\ &= 54,6117 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{wpr} : \text{wpr} &= 60 \cdot \text{tgVPA} \\ &= 60 \cdot \text{tg}3^\circ \\ &= 3,1445 \end{aligned}$$

$$\text{fte} : \quad \text{fte} = 75$$

$$\begin{aligned}
 \text{ase} : \quad \text{ase} &= -88 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{altitude})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{altitude}) + 50 \\
 \text{ase}_{250} &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{LTP}_{\text{altitude}} + 250)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{LTP}_{\text{altitude}} + 250) + 50 \\
 &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (1200 + 250)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (1200 + 250) + 50 \\
 &= 59,2400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ase}_{\text{FAP}} &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (\text{FAP})^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (\text{FAP}) + 50 \\
 &= -8,8 \cdot 10^{-8} \cdot (4500)^2 + 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot (4500) + 50 \\
 &= 77,4680
 \end{aligned}$$

$$\text{vae} : \text{vae} = \left(\frac{\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}}{\text{tgVPA}} \right) [\text{tgVPA} - \text{tg}(\text{VPA} - 0,01^\circ)]$$

$$\begin{aligned}
 \text{vae}_{\text{FAP}} &= \left(\frac{\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{altitude}}}{\text{tgVPA}} \right) [\text{tgVPA} - \text{tg}(\text{VPA} - 0,01^\circ)] \\
 &= \left(\frac{4500 - 1200}{\text{tg}3^\circ} \right) [\text{tg}3^\circ - \text{tg}(3^\circ - 0,01^\circ)] \\
 &= 11,0200
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{vae}_{250} &= \left(\frac{250}{\text{tgVPA}} \right) [\text{tgVPA} - \text{tg}(\text{VPA} - 0,01^\circ)] \\
 &= \left(\frac{250}{\text{tg}3^\circ} \right) [\text{tg}3^\circ - \text{tg}(3^\circ - 0,01^\circ)] \\
 &= 0,8349
 \end{aligned}$$

$$\text{isad} : \text{isad} = \frac{(\text{altitude} - \text{LTP}_{\text{altitude}}) \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0,5 \cdot 0,00198 \cdot \text{altitude}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{isad}_{\text{FAP}} &= \frac{(\text{FAP} - \text{LTP}_{\text{altitude}}) \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0,5 \cdot 0,00198 \cdot (\text{FAP})} \\
 &= \frac{(4500 - 1200) \cdot (-20)}{288 - 20 - 0,5 \cdot 0,00198 \cdot (4500)} \\
 &= -250,432
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{isad}_{250} &= \frac{250 \cdot \Delta \text{ISA}}{288 + \Delta \text{ISA} - 0,5 \cdot 0,00198 \cdot (\text{LTP}_{\text{altitude}} + 250)} \\
 &= \frac{250 \cdot (-20)}{288 - 20 - 0,5 \cdot 0,00198 \cdot (1200 + 250)} \\
 &= -18,7572
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{bg} : \text{bg} &= \text{demi} - \text{envergure} \cdot \sin \phi \\
 &= 132 \cdot \sin 18^\circ \\
 &= 40,7902
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MOC}_{250} &= \text{bg} - \text{isad}_{250} + \frac{4}{3} \sqrt{\text{anpe}^2 + \text{wpr}^2 + \text{fte}^2 + \text{ase}_{250}^2 + \text{vae}_{250}^2 + \text{atis}^2} \\
 &= 40,7902 + 18,7572 + \frac{4}{3} \sqrt{54,6117^2 + 3,1445^2 + 75^2 + 59,2400^2 + 0,8349^2 + 20^2} \\
 &= 208,782
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MOC_{FAP} &= bg - isad_{FAP} + \frac{4}{3} \sqrt{anpe^2 + wpr^2 + fte^2 + ase_{FAP}^2 + vae_{FAP}^2 + atis^2} \\
 &= 40,7902 + 250,432 + \frac{4}{3} \sqrt{54,6117^2 + 3,1445^2 + 75^2 + 77,4680^2 + 11,020^2 + 20^2} \\
 &= 455,282
 \end{aligned}$$

CALCUL DE L'OBSTACLE PENTE DE LA SURFACE D'ÉVALUATION D'OBSTACLES (OAS)

La pente de l'OAS est calculée en utilisant la différence de hauteurs de l'OAS à la MOC_{FAP} et MOC₂₅₀ :

$$\begin{aligned}
 OAS_{\text{pente}} &= \frac{(FAP - LTP_{\text{altitude}} - MOC_{FAP}) - (250 - MOC_{250})}{\frac{FAP - LTP_{\text{altitude}} - 250}{tgVPA}} \\
 &= \frac{(4500 - 1200 - 455,282) - (250 - 208,782)}{\frac{4500 - 1200 - 250}{tg(3)}} \\
 &= 0,04817 \text{ (4,817 \%)}
 \end{aligned}$$

CALCUL DE L'OAS LTP À LA DISTANCE D'ORIGINE

L'origine OAS est calculée d'après la distance du LTP à un point à 250 ft de l'angle de trajectoire verticale après déduction du point MOC₂₅₀.

$$\begin{aligned}
 OAS_{\text{origine}} &= \left(\frac{250 - RDH}{tgVPA} \right) - \frac{(250 - MOC_{250})}{OAS_{\text{pente}}} \\
 &= \left(\frac{250 - 55}{tg(3)} \right) - \frac{(250 - 208,782)}{0,04817} \\
 &= 2865,179
 \end{aligned}$$

— FIN —

