

1.0 Introduction

- 1) La présente Circulaire d'information (CI) vise à fournir des renseignements et des conseils. Elle décrit un moyen acceptable, parmi d'autres, de démontrer la conformité à la réglementation et aux normes en vigueur. Elle ne peut en elle-même ni modifier, ni créer une exigence réglementaire, ni peut-elle autoriser de changements ou de dérogations aux exigences réglementaires, ni établir de normes minimales.

1.1 Objet

- 1) Le présent document a pour objet de fournir au personnel de la Certification Nationale des Aéronefs, ainsi qu'aux délégués et à l'industrie, des lignes directrices relatives aux critères d'incorporation d'une compensation de température dans les systèmes de gestion de vol (FMS) nouveaux ou modernisés, servant dans les procédures d'approche avec navigation verticale (VNAV) barométrique.

1.2 Applicabilité

- 1) Le présent document s'applique à tout le personnel de l'Aviation Civile de Transports Canada (TCAC), ainsi qu'aux particuliers et aux organismes qui font usage des privilèges qui leur sont accordés en vertu d'une délégation ministérielle de pouvoirs à l'externe. Ces renseignements sont également accessibles à toute personne du milieu aéronautique, à titre d'information.

1.3 Description des changements

- 1) Le document présent, anciennement connu sous le nom de Circulaire d'Information (CI) 500-020 Édition 03, est publié de nouveau comme CI 500-020 Édition 04. Une divergence a été identifiée dans l'équation de correction de la section 4.8 entre l'Édition 02 de cette CI et le document source de l'Organisation d'aviation civile internationale (OACI). L'Édition 03 a aligné le CI, mais il a été découvert par la suite que le document de l'OACI était incorrect. De plus, les formes des équations simplifiées et précises ont été révisées pour une définition cohérente des variables.
- 2) Le qualificatif « à la MDA », où MDA signifie altitude minimale de descente, a été ajouté à la phrase « ... la trajectoire verticale à angle constant peut être interceptée et volée comme un ILS », où ILS signifie système d'atterrissage aux instruments, au paragraphe 3.0(3).
- 3) L'Édition 04 corrige l'erreur introduite dans l'Édition 03 et intègre la clarification demandée par les Normes d'opérations aériennes.
- 4) L'Édition 04 incorpore la mise à jour des références pour la CI 20-138, Document 8168-OPS/611 et Document DO-236.
- 5) Au point 5 de la section 3.0 le Groupe d'Experts sur le Franchissement des Obstacles (GEFO) est maintenant appelé le Groupe d'Experts sur les Procédures de Vol aux Instruments.
- 6) La section 4.6 a été mise à jour pour indiquer que seule la méthode simplifiée est incluse dans Publications de Transports Canada (TP) 14371.
- 7) La section 5.0(1) a ajouté le cas où la compensation de température ne corrige pas la MDA/ altitude de décision (DA).

2.0 Références et exigences

2.1 Documents de référence

- 1) Les documents de référence suivants sont destinés à être utilisés conjointement avec le présent document :
 - a) Chapitre 523 du Manuel de navigabilité (MN)—Avions des catégories normale, utilitaire, acrobatique et navette;
 - b) Chapitre 525 du MN—Avions de la catégorie transport;
 - c) Chapitre 527 du MN—Giravions de la catégorie normale;
 - d) Chapitre 529 du MN—Giravions de la catégorie transport;
 - e) Circulaire d'information (CI) No. 803-001, Édition no 15, 2025-04-01, Publication de Transports Canada (TP) 308/GPH 209 – Changement 9.1 —Critères d'élaboration des procédures de vol aux instruments;
 - f) Circulaire d'information (CI) No. 700-028, Édition no 01, 2013-04-22 - Contrôle de la trajectoire verticale pendant une approche de non précision
 - g) TP 14371—Manuel d'information aéronautique;
 - h) Publication de Nav Canada CAP GEN—Canada Air Pilot, General Pages;
 - i) Circulaire d'information de la Federal Aviation Administration (FAA AC) 20-138D—Airworthiness Approval of Positioning and Navigation Systems;
 - j) Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 8168-OPS/611—Procédures pour les services de navigation aérienne, exploitation technique des aéronefs, Volume I, Édition 6 (2018);
 - k) Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) Inc. Document DO-236D—Minimum Aviation System Performance Standards: Required Navigation Performance for Area Navigation;
 - l) Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 8168 — Procédures pour les services de navigation aérienne, exploitation technique des aéronefs, Volume II, Édition 7 (2020), Modification 10; et
 - m) Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), document 8168 — Procédures pour les services de navigation aérienne, exploitation technique des aéronefs, Volume III, Édition 1 (2018), Modification 3.

2.2 Documents annulés

- 1) Sans objet.
- 2) Par défaut, il est entendu que la publication d'une nouvelle édition d'un document annule automatiquement toutes éditions antérieures de ce même document.

2.3 Définitions et abréviations

- 1) Les **abréviations** suivantes s'appliquent aux fins du présent document :
 - a) **CAP GEN** : pages de généralité du Canada Air Pilot;
 - b) **CFIT** : impact contre le relief sans perte de contrôle;
 - c) **DA** : altitude de décision;

- d) **FAF** : repère d'approche finale;
- e) **IAF** : repère d'approche initiale;
- f) **IFR** : règles de vol aux instruments;
- g) **ILS** : système d'atterrissage aux instruments;
- h) **ISA** : atmosphère type internationale;
- i) **MAP** : point d'approche interrompue;
- j) **MAHP** : point d'attente en cas d'approche interrompue;
- k) **MDA** : altitude minimale de descente;
- l) **OACI** : Organisation d'aviation civile internationale; et
- m) **RNAV** : navigation de surface.

3.0 Contexte

- 1) Les altimètres barométriques sont étalonnés de façon à n'indiquer l'altitude vraie que dans des conditions de température et de pression au niveau de la mer répondant à celles de l'atmosphère type internationale (ISA). Dans les cas où la température est plus élevée que celle de l'ISA, l'altitude vraie sera plus élevée que celle indiquée par l'altimètre. Inversement, si la température est inférieure à celle de l'ISA, l'altitude vraie sera moindre que celle indiquée.
- 2) Les effets de la température froide sur les altitudes des procédures d'approche aux instruments publiées sont reconnus depuis longtemps au Canada. Bien que les procédures canadiennes d'approche de non-précision soient conçues à partir du TP 308 de Transports Canada, *Critères d'élaboration des procédures de vol aux instruments*, ces critères ne tiennent pas compte des températures autres que standards et TCAC a prévu une procédure permettant de corriger manuellement les altitudes règles de vol aux instruments (IFR) minimales spécifiées dans les procédures d'approche, lorsque la température de l'aéroport où a lieu l'approche est inférieure à 0 °C. Cette procédure est décrite dans les pages de généralité du Canada Air Pilot (CAP GEN). Toutefois, cette procédure est quelque peu compliquée, puisqu'elle oblige le pilote à se servir d'un tableau pour calculer manuellement la correction à apporter à chaque altitude IFR minimale de la procédure d'approche.
- 3) Les FMS qui permettent de recourir à la VNAV pendant des approches de non-précision peuvent aussi bien incorporer une trajectoire étendue à angle constant dans le plan vertical pour la trajectoire d'approche finale qu'offrir une navigation verticale point à point entre les points de cheminement de la procédure d'approche. Grâce à la présence de cette trajectoire étendue à angle constant dans le plan vertical, il n'est pas nécessaire de suivre le profil vertical défini par les altitudes IFR minimales des points de cheminement de la procédure d'approche : il est possible d'intercepter la trajectoire à angle constant dans le plan vertical et de la suivre comme un ILS à la MDA. Il s'agit là d'une fonction dont plusieurs groupes du milieu de l'aviation préconisent l'utilisation, dans un souci de prévention des impacts contre le relief sans perte de contrôle (CFIT). Ces deux profils de descente en VNAV barométrique sont illustrés à la Figure 1.

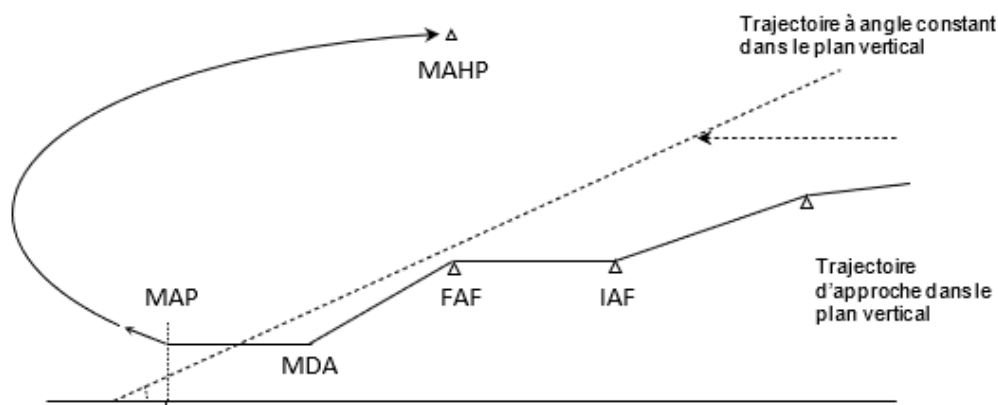


Figure 1. Profils d'approche VNAV dans le plan vertical obtenus à l'aide du FMS

Note: Pour la définition de ces abréviations, voir la section 2.3.

- 4) Dans cette illustration, les deux trajectoires obtenues dans le plan vertical à l'aide du FMS sont définies par altimétrie barométrique. Par conséquent, les trajectoires dans le plan vertical ne vont correspondre aux altitudes de la procédure publiée qu'en présence de conditions ISA. Dans des conditions inférieures à ISA, la trajectoire à angle constant dans le plan vertical aura un angle moins prononcé que dans des conditions ISA. De la même façon, le profil vertical défini par les altitudes des points de cheminement sera plus bas. Dans de telles circonstances, la marge de franchissement prévue par rapport au relief et aux obstacles pendant les approches ne sera pas assurée si l'aéronef vole aux altitudes IFR minimales, pas plus que les pilotes ne seront conscients de cette situation. Il ne fait pas de doute qu'en VNAV barométrique au FMS, la marge de franchissement du relief et des obstacles est une question de sécurité qui doit être réglée.
- 5) La nécessité que les FMS aient une capacité à corriger les altitudes d'approche publiées pour les températures inférieures aux conditions ISA a été reconnue et discutée par divers groupes, comme le Groupe d'experts sur les procédures de vol aux instruments de l'OACI et le Groupe de travail du comité spécial SC-181 chargé du RTCA DO-236B.
- 6) Dans le cadre du projet CFIT de l'OACI, le Groupe d'Experts sur les Procédures de Vol aux Instruments de l'OACI s'intéresse à la conception et à la présentation de tous les types de procédures d'approche de non-précision, notamment en considérant la technique de l'approche stabilisée lors de la définition d'un profil vertical à suivre pour une approche ayant une pente minimale de 5 % (trajectoire de descente de 3°). Conscient du problème de sécurité inhérent à la marge de franchissement du relief et des obstacles par des températures inférieures aux conditions ISA, ce groupe a introduit le concept d'altitudes aux procédures pour traiter des approches stabilisées.
- 7) Le Groupe de travail SC-181 a conclu son mandat par la publication de la RTCA DO-236B. Bien que ce document reconnaisse que tous les États ne se sont pas entendus sur la totalité des éléments de compensation de la température, son annexe H, qui donne des renseignements sur une telle compensation, fait des recommandations sur la mise en œuvre d'une compensation pour des températures inférieures aux conditions ISA. On y traite de l'application d'une compensation de température à l'angle de la trajectoire d'approche finale dans le plan vertical ainsi qu'aux altitudes des points de cheminement associés à l'approche.

- 8) Les renseignements donnés dans les paragraphes qui suivent sont cohérents avec les critères figurant dans le document DO-236D de RTCA Inc. en ce qui concerne des températures inférieures aux conditions ISA.

4.0 FMS nouveaux ou modernisés

- 1) À l'origine, la politique exigeait une compensation « pour toutes les températures », autrement dit, tant au-dessus qu'en dessous des conditions ISA. La présente CI exige qu'il n'y ait compensation de l'angle de la trajectoire d'approche finale dans le plan vertical et de l'altitude des points de cheminement associés à la procédure d'approche qu'en cas de températures inférieures aux conditions ISA. Bien que toute température s'écartant de la norme se traduise par des altitudes indiquées différentes des altitudes réelles, TCAC s'inquiète essentiellement de la question de la compensation des altitudes lorsque les températures sont inférieures aux conditions ISA. TCAC est d'avis que les FMS dénués de tout moyen de compensation par des températures inférieures aux conditions ISA donnent naissance à une marge de franchissement réduite par rapport au relief et aux obstacles pendant des approches VNAV.

4.1 FMS nouveaux ou modernisés incorporant une fonction d'approche VNAV barométrique

- 1) Dans le cas des FMS nouveaux ou modernisés, ils doivent être conçus de manière à permettre à l'avion de suivre le véritable angle d'approche dans le plan vertical du segment de l'approche finale, tel que défini dans la base de données de navigation résidente, et ce, pour toutes les températures inférieures aux conditions ISA. Le FMS doit également permettre une compensation de la température à tous les points de cheminement, depuis le repère d'approche initiale (IAF) jusqu'au point d'attente en cas d'approche interrompue (MAHP) (appelé point de cheminement d'attente en cas d'approche interrompue dans les procédures navigation de surface (RNAV)) inclusivement, tels que codés dans la base de données de navigation. Le FMS doit également permettre de déterminer que la MDA/DA entrée par le pilote soit compensée, en tenant compte de la température.
- 2) La compensation de température peut être appliquée aux températures d'aéroport « inférieures à l'ISA » ou « inférieures à 0 °C ». Cette dernière possibilité a été incluse afin d'assurer la cohérence avec les procédures opérationnelles en vigueur chez Nav Canada, telles que décrites dans le CAP GEN.

4.2 Utilisation de la compensation de température

- 1) TCAC reconnaît que certains États membres de l'OACI n'exigent pas l'application de la compensation de température. Bien que TCAC exige que les FMS nouveaux ou modernisés soient capables de compenser la température pour la trajectoire à angle constant dans le plan vertical et pour les altitudes minimales des approches IFR en cas de températures inférieures aux conditions ISA, l'emploi de cette fonction ne doit pas être obligatoire, ni ne doit empêcher le FMS de fournir une trajectoire dans le plan vertical ou un profil de descente en VNAV barométrique, si aucune compensation de température n'est effectuée.

4.3 Prévention contre l'entrée d'une température erronée

- 1) Il est capital que la trajectoire dans le plan vertical et les altitudes IFR minimales soient compensées correctement en cas de températures inférieures aux conditions ISA. Par exemple, une erreur dans le signe de la température entrée dans le système pour des températures inférieures aux conditions ISA va abaisser la trajectoire dans le plan vertical et les altitudes des points de cheminement indiqués, alors qu'en réalité, il aurait fallu les rehausser.

- 2) Si un FMS est conçu de façon telle qu'il faille entrer à la main des températures pour en permettre la compensation, le FMS doit être doté d'un moyen permettant au pilote de confirmer les données censées avoir été entrées. Les algorithmes de la compensation de température du FMS doivent donner au pilote des indications pour lui permettre d'interpréter comment la trajectoire dans le plan vertical et les altitudes ont été corrigées.

4.4 Altitudes de point de cheminement entrées manuellement

- 1) En général, les FMS sont conçus de manière à pouvoir entrer ou modifier les altitudes des points de cheminement. Cette fonction permet aux pilotes d'entrer les altitudes assignées par le contrôle de la circulation aérienne. Normalement, le contrôle de la circulation aérienne s'attend à ce que les altitudes ne soient pas compensées en fonction de la température. Pour cette raison, il doit être possible d'entrer ou de modifier manuellement les altitudes des points de cheminement, sans appliquer automatiquement une compensation de température.

4.5 Annonce et indication

- 1) L'affichage par le FMS des altitudes compensées en fonction de la température doit se différencier clairement de celui des altitudes non compensées. De plus, les altitudes servant au guidage du FMS, compensées ou non compensées, doivent être clairement identifiées et affichées.

4.6 Méthodes de correction de l'altitude barométrique en tenant compte de la température

- 1) Les procédures servant à corriger les altitudes en cas de températures s'écartant de la norme a été présentée dans le document « Procedures for Air Navigation Services Aircraft Operations » (PANS OPS) Doc 8168 de l'OACI. Deux méthodes y sont présentées : la « méthode simplifiée », qui est décrite à la rubrique 4.7 et la « méthode précise », qui est décrite à la rubrique 4.8. Ces deux méthodes sont jugées acceptables par TCAC et sont résumées ci-dessous. Veuillez noter que, pour respecter la présentation adoptée dans le document PANS OPS Doc 8168 de l'OACI, les définitions des paramètres sont propres à chaque méthode. La méthode simplifiée se trouve également à la rubrique RAC 9.17.1 de la publication de Transports Canada (TP) 14371 intitulée - Manuel d'information aéronautique.

4.7 Méthode simplifiée

- 1) Les calculs effectués selon la méthode simplifiée fournissent une correction d'altitude se situant dans les 5 % de ceux effectués selon la méthode précise, pour des altitudes d'aérodrome allant jusqu'à 10 000 pi (3 000 m) et pour des hauteurs allant jusqu'à 5 000 pi (1 500 m) au-dessus de l'altitude du terrain.

$\text{Correction} = H \left[\frac{(15 - t_0)}{273 + t_0 - 0.5 L_0 (H + H_{SS})} \right]$			
(Voir la note ci-dessous)			
Où :			
	H	=	Hauteur minimale au-dessus de la source de calage altimétrique (sauf indication contraire, la source de calage est normalement l'aérodrome) pi
	t ₀	=	t _{aérodrome} + L ₀ * H _{aérodrome} qui est la température à l'aérodrome (ou du point spécifié d'observation de la température), ajustée pour le niveau de la mer °C
	L ₀	=	0.0019812 °C/pi or 0.0065 °C/m °C/pi Gradient thermique vertical standard avec altitude pression dans la première couche (du niveau de la mer à la tropopause) de l'ISA.
	H _{SS}	=	Altitude de la source de calage altimétrique pi
	t _{aérodrome}	=	Température à l'aérodrome (ou au point spécifié d'observation de la température) °C
	H _{aérodrome}	=	Altitude topographique de l'aérodrome (ou d'un autre point spécifié) pi

Tableau 1. Méthode simplifiée de correction de la température

Note: La valeur de la correction établie d'après cette formule doit être ajoutée aux altitudes minimales de vol selon les règles IFR qui sont publiées.

4.8 Méthode précise

- 1) La méthode précise est plus complexe que la méthode simplifiée, car elle fait appel à un processus itératif pour calculer la correction d'altitude. Cette méthode est valable jusqu'à 36 000 pi (11 000 m).

$\text{Correction} = \Delta h_{\text{Paéronef}} - \Delta h_{\text{Gaéronef}} = \frac{\Delta t_{\text{std}}}{L_0} \ln \left[1 - \frac{L_0 \Delta h_{\text{Paéronef}}}{273 + t_{\text{std}} - L_0 h_{\text{Paérodrome}}} \right]$			
(Voir note (a) et (b) ci-dessous)			
Où :			
	$\Delta h_{\text{Paéronef}}$	=	Altitude (pression) de l'aéronef au-dessus de l'aérodrome pi
	$\Delta h_{\text{Gaéronef}}$	=	Altitude (géopotentielle) de l'aéronef au-dessus de l'aérodrome pi
	ΔT_{std}	=	Écart de la température par rapport à la température ISA °C
	L_0	=	0.0019812 °C/pi or 0.0065 °C/m °C /pi Gradient thermique vertical standard avec altitude pression dans la première couche (du niveau de la mer à la tropopause) de l'ISA.
	t_{std}	=	Température standard au niveau de la mer °C
	$h_{\text{Paérodrome}}$	=	Altitude (pression) de l'aérodrome pi

Tableau 2. Méthode précise de correction de la température

- a) La valeur de la correction établie d'après cette formule doit être ajoutée aux altitudes minimales de vol selon les règles IFR qui sont publiées.
- b) Cette équation n'est pas conforme au document OACI 8168 - Procédures pour les services de navigation aérienne, opérations aériennes, volume III, Édition 1 (2018) car le document OACI contient une erreur. Cette équation corrige l'erreur et doit être utilisée à la place de celle de l'OACI. Cette équation est basée sur document OACI 8168 volume II, Édition 7 (2020).

5.0 FMS existants n'ayant pas de compensation de température

- 1) Bien que la mise en œuvre de procédures de compensation de la température soit une responsabilité opérationnelle, TCAC a la responsabilité de veiller à ce que les utilisateurs soient conscients des limitations d'un système installé à bord. TCAC reconnaît qu'il existe des FMS comprenant une fonction d'approche VNAV barométrique mais ne possèdent pas de fonction de compensation de la température. Pour ces derniers systèmes, la remarque qui suit doit être insérée dans le manuel de vol de l'aéronef, à la rubrique des « limitations » consacrée au FMS :
- 2) « Pendant le guidage VNAV barométrique en approche, y compris la transition à l'approche, le segment d'approche finale et la procédure d'approche interrompue, il n'y a aucune compensation de la température. En cas de vol aux altitudes IFR minimales non compensées, la marge prévue

de franchissement du relief et des obstacles ne sera pas assurée si les températures sont inférieures à celles de l'ISA. »

- 3) Certaines installations avec compensation de température ne corrigent pas la MDA/DA. Pour ces installations, le pilote pourrait avoir besoin d'effectuer manuellement des corrections de température à la MDA/DA si le système ne corrige pas automatiquement cela.

6.0 Gestion de l'information

- 1) Sans objet.

7.0 Historique du document

- 1) CI 500-020, **Édition 03**, SGDDI 8514635 (français), 8511380 (anglais), en date du 2013-07-22 — Compensation de température de la fonction de navigation verticale (VNAV) du système de gestion de vol (FMS);
- 2) CI 500-020, **Édition 02**, SGDDI 3698283 (français), 3698255 (anglais), en date du 2008-01-07 — Compensation de température de la fonction de navigation verticale (VNAV) du système de gestion de vol (FMS);
- 3) CI 500-020, **Édition 01**, SGDDI 1596458 (français), 1441506 (anglais), en date du 2006-02-10 — Compensation de température de la fonction de navigation verticale (VNAV) du système de gestion de vol (FMS);

8.0 Contactez-nous

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez contacter :

Services de documentation AART

Courriel : AARTDocServices-ServicesdocAART@tc.gc.ca

Nous vous invitons à nous faire part de toute proposition de modification au présent document. Veuillez soumettre vos commentaires à :

Services de documentation AART

Courriel : AARTDocServices-ServicesdocAART@tc.gc.ca

Document original signé par

Linda Kovacic
Directrice, Direction des Normes
Aviation civile