



Circulaire d'information

Sujet: Compensation de température de la fonction de navigation verticale (VNAV) du système de gestion de vol (FMS)

Bureau émetteur :	Normes	CI n° :	500-020
Secteur d'activités :	Admissibilité	Édition n° :	03
Dossier n° :	5009-32-4	Date d'entrée en vigueur :	2013-07-22
SGDDI n° :	8514635-V3		

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION.....	2
1.1	Objet.....	2
1.2	Applicabilité.....	2
1.3	Description des changements.....	2
2.0	RÉFÉRENCES ET EXIGENCES.....	2
2.1	Documents de référence.....	2
2.2	Documents annulés.....	3
2.3	Définitions et abréviations.....	3
3.0	CONTEXTE.....	3
4.0	FMS NOUVEAUX OU MODERNISÉS	5
4.1	FMS nouveaux ou modernisés incorporant une fonction d'approche VNAV barométrique.....	5
4.2	Utilisation de la compensation de température.....	5
4.3	Prévention contre l'entrée d'une température erronée.....	6
4.4	Altitudes de point de cheminement entrées manuellement.....	6
4.5	Annonce et indication.....	6
4.6	Moyen de correction de la température pour l'altitude barométrique.....	6
4.7	Méthode simplifiée.....	6
4.8	Méthode précise.....	7
5.0	FMS EXISTANTS N'AYANT PAS DE COMPENSATION DE TEMPÉRATURE.....	8
6.0	BUREAU RESPONSABLE	8

1.0 INTRODUCTION

Cette circulaire d'information (CI) vise à fournir des renseignements et des orientations. Elle peut servir à décrire un modèle de moyen acceptable, mais non le seul, de se conformer aux règlements et aux normes. Cette circulaire en soi ne peut modifier, ni créer une exigence réglementaire, ni peut-elle autoriser de changements ou des dérogations aux exigences réglementaires, ni établir des normes minimales.

1.1 Objet

Le présent document a pour objet de fournir, au personnel de la Certification des aéronefs de l'Administration centrale et des régions 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

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 pour les délégations à l'extérieur. Ces renseignements sont également accessibles à toute personne du milieu aéronautique, à titre d'information.

1.3 Description des changements

Le document présent, anciennement connu sous le nom de Circulaire Consultative (CC) 500-020 Édition 02, est publié de nouveau comme CI 500-020 Édition 03. Sauf pour quelques modifications mineures d'ordre rédactionnel, corrections d'équations et la mise à jour des références, le contenu demeure le même.

2.0 RÉFÉRENCES ET EXIGENCES

2.1 Documents de référence

Les documents de référence suivants sont destinés à être utilisés conjointement avec le document présent:

- (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 Publication de Transports Canada (TP) 308—*Critères d'élaboration des procédures de vol aux instruments*;
- (f) Circulaire d'information (CI) No. 700-028, *Contrôle de la trajectoire verticale pendant une approche de non précision*

- (g) TP 14371—*Manuel d'information aéronautique*;
- (h) Publication de Nav Canada CAPGEN—*Canada Air Pilot, General Pages*;
- (i) Circulaire d'information de la Federal Aviation Administration (FAA AC) 20-138C—*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 5 (2006)*; et
- (k) Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) Inc. Document DO-236B—*Minimum Aviation System Performance Standards: Required Navigation Performance for Area Navigation*.

2.2 Documents annulés

À compter de l'entrée en vigueur du présent document, les documents suivants sont annulés:

- (a) CI 500-020 Édition 02—*Compensation de température de la fonction de navigation verticale (VNAV) du système de gestion de vol (FMS)*.

2.3 Définitions et abréviations

Les définitions suivantes ne s'appliquent qu'aux fins du présent document :

- (a) **CAPGEN** signifie « pages de généralité du Canada Air Pilot »;
- (b) **CFIT** signifie « impact contre le relief sans perte de contrôle »;
- (c) **DA** signifie « altitude de décision »;
- (d) **FAF** signifie « repère d'approche finale »;
- (e) **IAF** signifie « repère d'approche initiale »;
- (f) **IFR** signifie « règles de vol aux instruments »;
- (g) **ILS** signifie « système d'atterrissage aux instruments »;
- (h) **ISA** signifie « atmosphère type internationale »;
- (i) **MAP** signifie « point d'approche interrompue »;
- (j) **MAHP** signifie « point d'attente en cas d'approche interrompue »;
- (k) **MDA** signifie « altitude minimale de descente »;
- (l) **OACI** signifie « Organisation d'aviation civile internationale »;
- (m) **RNAV** signifie « 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'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 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 du 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. Il s'agit là d'une fonction dont plusieurs groupes du milieu de l'aviation préconisent l'utilisation dans un souci de prévention des CFIT. Ces deux profils de descente en VNAV barométrique sont illustrés à la figure 1.

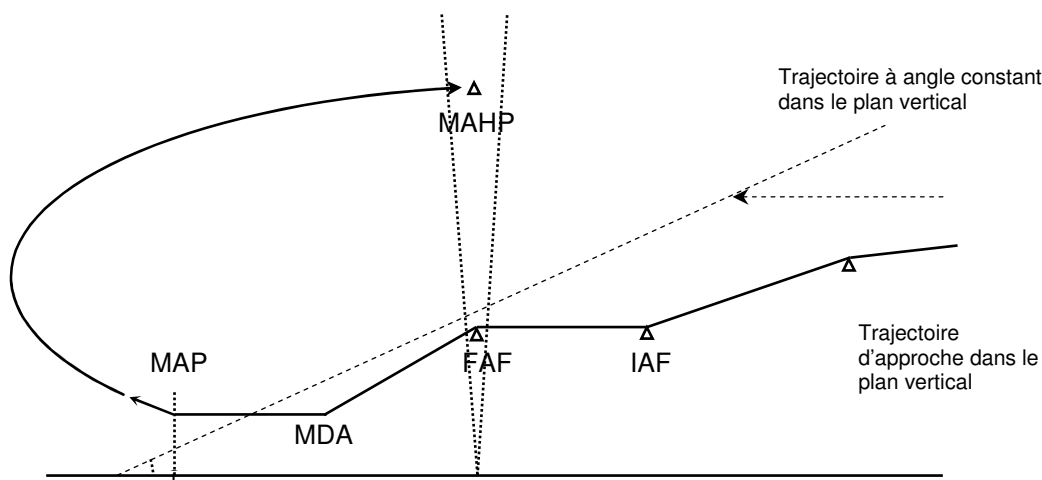


Figure 1. PROFILS D'APPROCHE VNAV DANS LE PLAN VERTICAL OBTENUS À L'AIDE DU FMS

- (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. Au-dessous des conditions ISA, la trajectoire à angle constant dans le plan vertical va avoir un angle moins prononcé que dans des conditions ISA. De la même façon, le profil vertical défini par les altitudes des points de cheminement va être 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 d'avoir des FMS capables de 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 le franchissement des obstacles (GEFO) 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 GEFO s'intéresse à la conception et à la présentation de tous les types de procédures d'approche de non-précision, et notamment à la nécessité de tenir compte de la technique de l'approche stabilisée et d'offrir un profil vertical défini à suivre 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-236B de RTCA Inc. en ce qui concerne des températures inférieures aux conditions ISA.

4.0 FMS NOUVEAUX OU MODERNISÉS

À l'origine, la politique exigeait une compensation « pour toutes les températures », autrement dit tant au-dessus qu'au-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 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 cet angle est 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 l'IAF jusqu'au MAHP (appelé point de cheminement d'attente en cas d'approche interrompue dans les procédures RNAV) inclusivement, tels que ces points sont codés dans la base de données de navigation. Le FMS doit également permettre de déterminer une MDA/DA ayant une compensation de température lorsque le pilote entre la MDA/DA.
- (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 à Nav Canada, telles qu'elles sont décrites dans le CAP GEN.

4.2 Utilisation de la compensation de température

TCAC reconnaît que certains États membres de l'OACI n'exigent pas l'application de la compensation de température. Bien que la Certification nationale des aéronefs de 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 de la plus haute importance que la trajectoire dans le plan vertical et les altitudes IFR minimales soit 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 relever.
- (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

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

L'affichage par le FMS des altitudes compensées en fonction de la température doit se différencier clairement de celui des altitudes non compensées. En plus des altitudes devant servir au guidage par le FMS, les altitudes compensées et non compensées doivent être annoncées clairement.

4.6 Moyen de correction de la température pour l'altitude barométrique

La base servant à corriger les altitudes en cas de températures s'écartant de la norme a été présentée dans le document 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. Ces méthodes se retrouvent 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

La méthode simplifiée fournit une correction se situant au plus à 5 % de 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.

$\text{Correction} = H * ((15 - t_0) / (273 + t_0 - 0.5 * L_0 * (H + H_{ss})))$ (Voir la note ci-dessous)			
Où :			
	H	=	Altitude minimale au-dessus de la source de calage altimétrique (sauf indication contraire, la source de calage est normalement l'aérodrome) pi

t_0	=	$t_{\text{aérodrome}} + L_0 * H_{\text{aérodrome}}$ qui est la température de l'aérodrome (ou du point de compte rendu de température spécifié) ramenée au niveau de la mer	°C
L_0	=	Gradient thermique vertical standard (0,0019812 °C/pi ou 0.0065 °C/m)	°C/pi
H_{ss}	=	Altitude la source de calage altimétrique	pi
$t_{\text{aérodrome}}$	=	Température de l'aérodrome (ou du point de compte rendu de température spécifié)	°C
$H_{\text{aérodrome}}$	=	Altitude de l'aérodrome (ou du point de compte rendu de température spécifié)	pi

Tableau 1. Méthode simplifiée de correction de la température

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

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).

$\text{Correction} = \Delta h_{\text{Paéronef}} - \Delta h_{\text{Gaéronef}} = (-\Delta T_{\text{std}}/L_0) * \text{Ln}[(1 + L_0 * \Delta h_{\text{Paéronef}})/(T_0 + L_0 * h_{\text{Paérodrome}})]$ <p>(Voir note (a) ci-dessous)</p>			
Où :			
$\Delta h_{\text{Paéronef}}$	=	Altitude (pression) de l'aéronef au-dessus de l'aérodrome	pi
$\Delta h_{\text{Gaéronef}}$	=	Altitude (géopotential) de l'aéronef au-dessus de l'aérodrome	pi
ΔT_{std}	=	Écart de la température par rapport à la température ISA	K
L_0	=	Gradient thermique vertical standard avec altitude pression dans la première couche (du niveau de la mer à la tropopause) de l'ISA. (Voir note (b) ci-dessous)	K/pi
T_0	=	Température standard au niveau de la mer	K
$h_{\text{Paérodrome}}$	=	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) *Dans cette équation, le gradient thermique vertical est défini comme étant un nombre négatif, alors qu'il est un nombre positif dans l'équation simplifiée. Cette présentation est fidèle à celle adoptée dans les équations du document PANS OPS de l'OACI.*

5.0 FMS EXISTANTS N'AYANT PAS DE COMPENSATION DE TEMPÉRATURE

- (1) Bien que la mise en oeuvre de procédures de compensation de la température soit une responsabilité opérationnelle, il n'empêche qu'il incombe à la Certification nationale des aéronefs de TCAC de veiller à ce que les véritables 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 :

« 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. »

6.0 BUREAU RESPONSABLE

Pour obtenir plus de renseignements veuillez communiquer avec le
Coordonnateur des normes (AART)

Téléphone : 613-990-8234
Télécopieur : 613-952-3298
Courriel : CAIRS_NCR@tc.gc.ca

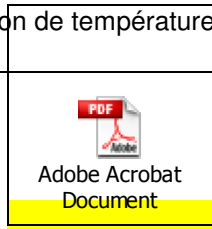
Toute proposition de modification au présent document doit être soumise au moyen du Système de signalement des questions de l'Aviation civile (SSQAC), à l'adresse suivante :

www.tc.gc.ca/SSQAC

ou par courriel à : CAIRS_NCR@tc.gc.ca

Original signé par Aaron McCrorie le 22 juillet 2013

A. McCrorie
Directeur, Normes
Aviation civile



1 Document Original Signé