



NOTE DE TRAVAIL

TREIZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal (Canada), 9 – 19 octobre 2018

COMITÉ A

Point 3 : Renforcement du système mondial de navigation aérienne

3.5 : Autres questions relatives à l'ATM

SYSTÈME DE RÉFÉRENCE RAPPORTÉ AU NORD VRAI

(Note présentée par le Canada)

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

L'annexe 4 de l'OACI - *Cartes aéronautiques*, onzième édition, section 9.8.1, exige que les relèvements, les routes et les radiales soient publiés en degrés magnétiques, sauf dans des circonstances exceptionnelles où les relèvements, les routes et les radiales peuvent être rapportés au nord vrai ou au nord de la grille. Lors de la douzième Conférence de navigation aérienne (AN-Conf/12), le Canada a présenté une motion dans le document AN-Conf/12 -WP/147, paragraphe 4.3.5, pour passer d'un système de référence rapporté au nord magnétique à un système de référence rapporté au nord vrai.

Avec le passage des systèmes d'aéronefs analogiques aux systèmes d'aéronefs numériques, les divergences de déclinaison magnétique ont causé et continueront de causer des erreurs opérationnelles dans les procédures de navigation fondée sur les performances (PBN), les approches et atterrissages couplés au pilote automatique CAT II/III et le codage AIRAC 424 pour tous les segments de croisière et de cap. Les segments de route ne subiront pas les mêmes erreurs de déconnexion que les segments de croisière et de cap, mais des erreurs d'affichage peuvent être présentes.

Il faudrait éliminer la pratique consistant à utiliser un système de référence rapporté au nord magnétique pour les relèvements, les routes et les radiales et publier et utiliser uniquement le système de référence rapporté au nord vrai. Les procédures sont conçues en référence au nord vrai et converties en référence au nord magnétique. La plupart des gros aéronefs utilisent des unités de référence inertielles et des systèmes de gestion de vol qui, pour afficher les informations aux pilotes, effectuent les calculs en ajoutant à la référence au nord vrai les valeurs de la déclinaison magnétique figurant dans des tableaux. Des gyroscopes à coût compétitif pour les avions de petite et moyenne taille sont maintenant disponibles ; ils utilisent des gyroscopes à fibre optique (FOG) et la technologie des microsystèmes électromécaniques (MEMS). Les petits aéronefs volant en régime de vol à vue (VFR) calculent leurs trajectoires de vol par rapport au nord vrai et convertissent ensuite ces trajectoires en données magnétiques avant de décoller.

Les transporteurs aériens, les fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP) et les fabricants d'équipement avionique d'origine (FEO) dépensent des millions chaque année pour gérer la déclinaison magnétique.

La technologie disponible aujourd'hui a rendu obsolète l'utilisation d'un système de référence rapporté au nord magnétique, augmente les coûts des ANSP et des opérateurs aériens et génère une instabilité dans la poursuite des aéronefs lorsqu'il existe des différences de déclinaison magnétique mineures à modérées.

Suite à donner : La Conférence est invitée à adopter la recommandation présentée au paragraphe 3.6.

1. INTRODUCTION

1.1 La déclinaison magnétique a toujours posé un problème pour la conception et l'exploitation des procédures aux instruments, depuis les phases en route jusqu'aux phases terminales et d'approche. Alors que les systèmes de référence d'assiette et de cap (AHRS) et les systèmes de référence de cap magnétique (MHRS) utilisent des sondes magnétométriques et un détecteur magnétique pour le guidage directionnel, les unités de référence par inertie (IRU), les gyroscopes à fibre optique (FOG) et les microsystèmes électromécaniques (MEMS) fonctionnent sur la base du nord vrai et utilisent un tableau de déclinaisons magnétiques pour rechercher les valeurs locales et présenter ensuite les données magnétiques à l'avion et au pilote. Alors que les AHRS sont étalonnés au moins une fois par an pour corriger les erreurs de déclinaison magnétique, il se peut que les IRU/systèmes de gestion de vol (FMS)/SVS (*Système de vision synthétique*) n'aient pas des tableaux de déclinaisons magnétiques à jour, la présence de tels tableaux dans ces systèmes n'étant généralement pas obligatoire.

2. ANALYSE

2.1 À Anchorage, en Alaska, en 2012, la *Federal Aviation Administration* (FAA) a mis à jour la déclinaison magnétique de l'aéroport et des approches aux PANC (Ted Stevens Anchorage International Airport) pour refléter les valeurs de cette année-là. Cela a causé un décalage entre la déclinaison magnétique utilisée dans divers systèmes d'aéronef et la base de données de navigation du système de gestion de vol. Par conséquent, les avions de Boeing (à l'exception du 737) ont subi un guidage latéral inacceptable lors des approches CAT II et CAT III. Pour corriger le problème, la FAA a réintroduit la déclinaison magnétique à la valeur précédente, incorrecte mais utilisable par les aéronefs, jusqu'à ce que les exploitants d'aéronefs puissent mettre à jour leurs tableaux de déclinaisons magnétiques dans les systèmes de référence inertiels. Essentiellement, au niveau des systèmes informatiques, il y avait un antagonisme entre les caps fournis par les unités de référence par inertie et les caps donnés par le système de pilotage automatique de l'avion, ce qui a entraîné un roulis de l'avion à l'approche ILS en CAT II ou III.

2.2 Les exploitants d'aéronefs ayant des unités de référence par inertie pour les données de cap voyaient leurs avions effectuer des approches instables de catégorie II et de catégorie III aux aéroports canadiens. L'enquête a révélé que les tableaux de déclinaisons magnétiques des avions étaient périmés de dix à quinze ans. Les variations de la déclinaison magnétique et les valeurs EPOCH changent plus rapidement. La *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) a recommandé une mise à jour à mi-cycle du modèle magnétique mondial 2015, car les prévisions ne seront plus valables jusqu'en 2020.

2.3 Bien que l'état des tableaux de déclinaisons magnétiques des autres exploitants aériens ne soit pas connu, chaque exploitant reçoit du fabricant de son IRU des informations sur l'exactitude de la déclinaison magnétique et l'exploitant doit déterminer comment cela affecte son exploitation.

2.4 Lorsqu'il évolue sur des trajectoires via le FMS, l'avion suit normalement correctement les trajectoires en route, indépendamment du tableau de déclinaisons magnétiques et de la présentation d'informations au pilote. Pour les pilotes, c'est comme un vent de travers qui n'est pas confirmé par la présentation du vent réel sur l'écran multifonctions (MFD) et les trajectoires sur la carte varieront par rapport à la trajectoire affichée dans l'avion. Toutefois, sur certains aéronefs, l'utilisation de l'IRU couplée à la position dans le FMS amènera l'avion à hésiter entre les niveaux d'approche de la qualité de navigation requise (RNP) ; par exemple, un DH8-100 utilisant des IRU avec des tableaux de déclinaisons magnétiques de 1985 présentait une erreur de 12 degrés à l'aéroport d'Iqaluit (CYFB). Avec la meilleure position calculée dans le FMS, l'avion présentait un roulis en approche par vent calme, car le mauvais cap générait un vent de travers artificiel. Il n'est pas clair si ce « roulis » aurait été plus prononcé à des niveaux RNP plus serrés.

2.5 Avec des informations de cap incorrectes, les pistes synthétiques générées par la visualisation tête haute (HUD) et les systèmes de guidage par vision synthétique ne recouvrent pas la piste réelle.

2.6 Si l'information sur la déclinaison magnétique est incorrecte, les trajectoires d'approche affichées dans le FMS varieront par rapport aux cartes jusqu'à ce que le segment devienne actif et utilise la déclinaison magnétique de conception de la procédure au lieu de la déclinaison magnétique du système de l'avion.

2.7 L'avion suivra un cap incorrect en vecteur jusqu'aux opérations finales. Selon l'architecture du système, une interception stable de la trajectoire finale peut être retardée (tergiversations) jusqu'à ce que l'avion puisse calculer la différence entre le cap déterminé par l'indicateur de déviation de cap (CDI) et le guidage reçu du FMS pendant que la capture est active.

2.8 La référence de cap nord vrai dans une opération de navigation fondée sur les performances (PBN) simplifierait la cartographie, l'exploitation de l'avion et réduirait les coûts à l'avenir. Au Canada seulement, il en coûte environ 500 000,00 CAD par année pour gérer les déclinaisons magnétiques dans diverses publications. Un coût supplémentaire de 300 000,00 CAD par année est consacré à la rotation des radiophares omnidirectionnels VHF (VOR) et à la vérification en vol des procédures de vol aux instruments modifiées pour tenir compte des changements de déclinaison magnétique. En réalité, il s'agit d'un travail potentiellement redondant pour maintenir la déclinaison magnétique dans les limites des exigences de l'Annexe 4 - *Cartes aéronautiques* et cela n'améliore pas la sécurité de la procédure. Les autres coûts liés à la variation de la déclinaison magnétique comprennent :

- La renumérotation de la signalisation de l'aéroport et de la piste.
- Les alignements RADAR.
- Les mises à jour des tableaux de déclinaisons magnétiques des aéronefs pour l'IRU, le FMS (note – si une ancienne IRU ne peut accepter un nouveau tableau de déclinaisons magnétiques, une mise à niveau et un remplacement de l'IRU est nécessaire).
- Des réunions sur les normes de l'industrie et les efforts de certification pour traiter les problèmes actuels posés par la variation de la déclinaison magnétique affectant la flotte mondiale (incohérence des bases de données, perte de la certification CAT II et CAT III, problèmes de RNP).

2.9 La flotte mondiale d'aéronefs qui ont l'IRU pourrait passer à la référence au nord vrai via un commutateur d'aéronef ou un changement de logiciel ponctuel. Les flottes d'aéronefs régionaux qui utilisent encore des sondes magnétométriques pour alimenter les données de compas AHRS/MHRS pourraient passer à des systèmes non magnétiques si le délai d'exécution est suffisant (2030) ou utiliser un convertisseur à faible coût entre les sondes magnétométriques et l'unité de référence d'assiette et de cap (AHRU).

2.10 De nombreux systèmes ne reposant pas sur des sondes magnétométriques sont maintenant disponibles et utilisent les technologies MEM et LITEF, dont le coût est compétitif par rapport aux systèmes AHRS/MHRS magnétiques traditionnels stabilisés.

2.11 Un grand pourcentage d'avions légers sont maintenant équipés d'un GPS et devraient encore régler les gyroscopes directionnels avec le compas magnétique à amortissement liquide comme référence. Avec le temps (2030), des compensateurs pourraient être ajoutés pour sélectionner la déclinaison magnétique locale par rapport au compas magnétique à amortissement liquide ou, pour ceux qui ne voudraient pas installer un nouveau compas, les applications « sacoche de vol électronique » pourraient être utilisées comme étape intermédiaire pour les corrections. Cet effort serait encore plus

rentable que les changements continus de données dans les services de navigation aérienne (SNA) et les flottes de gros avions.

2.12 Aucune réglementation n'existe pour s'assurer que les IRU/FMS utilisent des tableaux de déclinaisons magnétiques actualisés.

2.13 De nombreux programmes de surveillance au compas de secours utilisent l'IRU de l'avion comme système de référence de cap standard de leurs programmes ; il est possible qu'ils utilisent des données incorrectes pour leur programme de surveillance.

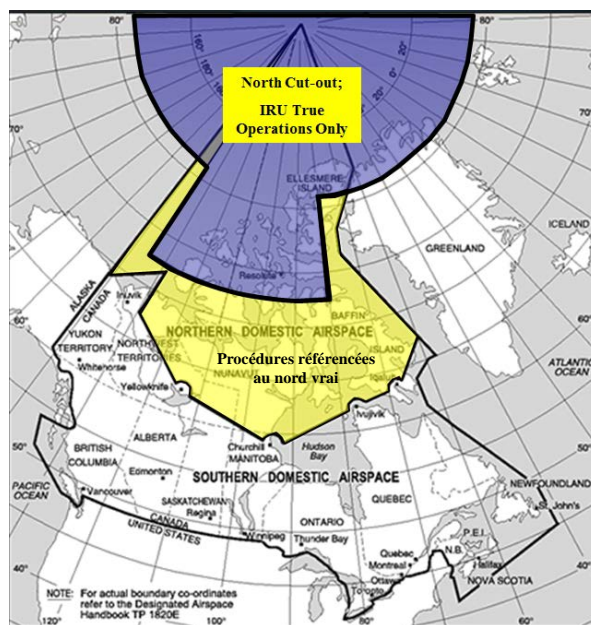
2.14 Au Canada, l'ANSP maintient les procédures des voies aériennes, de trajectoire terminale et d'approche à plus ou moins deux degrés pour les systèmes d'intégrité CAT I ou moins.

2.15 Au Canada, l'ANSP maintient les approches ILS CAT II/III à plus ou moins un degré.

2.16 La déclinaison magnétique assignée aux procédures aux instruments par l'État est codée dans les bases de données de navigation et peut ne pas correspondre à la déclinaison magnétique du système de l'avion, ce qui entraîne des divergences entre les systèmes de l'avion et les cartes sources de l'État.

2.17 Il a été demandé au RTCA SC-227, le groupe qui gère le document DO-236B (C), Normes minimales de performance des systèmes aéronautiques : Qualité de navigation requise pour la navigation de surface, et le document DO-238A, Normes de performance opérationnelle minimale pour la qualité de navigation requise pour la navigation de surface, de traiter la question de la déclinaison magnétique pour les opérations RNP afin de l'inclure dans la spécification des normes de performances opérationnelles minimales (MOPS) et la spécification de performances minimales des systèmes de bord (MASPS).

2.18 Depuis un certain temps, le Canada applique des procédures conventionnelles et fondées sur les PBN utilisant le nord vrai comme référence de cap dans une vaste zone de l'espace aérien intérieur du Nord canadien. Cela a servi de banc d'essai pour les opérations PBN basées sur le nord vrai en route, en trajectoire terminale et les opérations RNP, LPV, LNAV et LNAV/VNAV. Les déconnexions de segments vues avec les segments ARINC 424 conventionnels et causées par des divergences de déclinaisons magnétiques n'existent pas dans le cas des opérations effectuées dans cet espace aérien sur la base de la référence au nord vrai.



2.19 Le Canada a effectué un essai de conversion dans l'espace aérien intérieur du Sud, où toutes les données du FMS ont utilisé une valeur de déclinaison magnétique de « 0 » pour prouver qu'une conversion de référence au nord vrai sur un seul cycle de base de données était possible. Une combinaison complète de procédures conventionnelles et de procédures PBN a été utilisée avec succès à l'aide de cette méthode.

3. CONCLUSION

3.1 Les erreurs de déclinaison magnétique affectent les différents aéronefs et leur capacité à naviguer avec précision de multiples façons. Chaque opérateur doit comprendre l'ampleur de l'erreur de déclinaison magnétique dans son système de navigation et quelles en sont les incidences sur les différents types d'approches et niveaux de RNP.

3.2 Les références de cap magnétique ne sont plus requises dans les aéronefs qui utilisent le nord vrai dans les calculs de navigation. La conversion des solutions de cap et de trajectoire en solutions magnétiques comme dernière étape pour l'utilisation du pilote automatique, pour l'affichage et pour la référence du pilote introduit des erreurs au niveau de la machine et cause des divergences entre les données cartographiques et les données affichées sur les écrans de l'aéronef.

3.3 Même les aéronefs légers qui dépendent uniquement d'un compas magnétique utilisent des cartes de navigation pour vol à vue et des prévisions des vents en altitude qui sont calculées en référence au nord vrai. À l'exception de la lecture directe du compas magnétique à amortissement liquide, les aéronefs légers pourraient voler en prenant le nord vrai comme référence. Des aides rentables, faciles à obtenir pourraient être utilisées pour cette correction.

3.4 Les opérations PBN modernes et les opérations conventionnelles ont fait leurs preuves dans l'espace aérien intérieur du Nord canadien, grâce à la validation des procédures de vol aux instruments basées sur un système de référence au nord vrai. Un essai visant à faire passer, sur un seul cycle, l'espace aérien intérieur du Sud en espace aérien référencé au nord vrai a été couronné de succès.

3.5 L'exploitation du SNA par rapport au nord vrai éliminerait les coûts et le travail acharné du SNA, des exploitants d'aéronefs, des exploitants d'aéroports, des fournisseurs de certification et de bases de données et simplifierait grandement les systèmes de navigation.

3.6 Compte tenu de ce qui précède, la Conférence est invitée à approuver la recommandation suivante :

Recommandation 3.5/X Système de référence au nord vrai

Il est recommandé que la Conférence demande aux États et aux régions d'adopter un système de référence au nord vrai d'ici 2030.