



NOTE DE TRAVAIL

DOUZIÈME CONFÉRENCE DE NAVIGATION AÉRIENNE

Montréal, 19 – 30 novembre 2012

**Point 5 : Trajectoires de vol efficaces — grâce aux opérations basées sur trajectoire
5.2 : Amélioration de la synchronisation du trafic par opérations basées sur trajectoire 4D**

OPÉRATIONS BASÉES SUR TRAJECTOIRE 4D DANS LE SESAR

(Note présentée par la Présidence de l'Union européenne au nom de l'Union européenne et de ses États membres¹ ; par les autres États membres de la Conférence européenne de l'aviation civile² ; et par les États membres d'EUROCONTROL)

SOMMAIRE

La présente note contient une description de haut niveau du concept de l'exploitation basée sur trajectoire 4D, qui est décrit dans le Concept opérationnel d'ATM mondial de l'OACI. Ce concept continue actuellement d'être développé dans le SESAR, et les activités portent en particulier sur les besoins spécifiques de l'exploitation initiale en 4D (4D-I) qui fait actuellement l'objet de démonstrations en Europe dans le cadre du programme SESAR.

Suite à donner : La Conférence est invitée à convenir de la recommandation figurant au § 7.

1. INTRODUCTION

1.1 La trajectoire quadridimensionnelle (4D) des vols civils (BT) et des vols militaires (MT) est au cœur du futur système de gestion du trafic aérien (ATM) mis au point par le Programme de recherche ATM dans le cadre du Ciel unique européen (SESAR) conformément aux besoins de l'exploitation exprimés par le Groupe d'experts des liaisons de données opérationnelles (OPLINKP) et compatibles avec l'évolution de la situation concernant les mises à niveau par blocs du système de l'aviation (ASBU) de l'OACI.

1.2 Les usagers de l'espace aérien conviendront avec les fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP) et les exploitants d'aéroports, de la meilleure trajectoire de vol dans 4 dimensions (3 dimensions spatiales et la dimension temporelle), depuis le début de la planification du vol jusqu'au jour où il sera effectué, quand les diverses contraintes de l'espace aérien et de la capacité aéroportuaire sont prises en considération.

¹ Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie et Suède. Ces 27 États sont aussi tous membres de la CEAC.

² Albanie, Arménie, Azerbaïdjan, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Géorgie, Islande, L'ex-République yougoslave de Macédoine, Moldova, Monaco, Monténégro, Norvège, Saint-Marin, Serbie, Suisse, Turquie et Ukraine.

1.3 Les trajectoires 4D amélioreront grandement les performances. Une meilleure connaissance des trajectoires de vol au sol et dans les systèmes du réseau améliorera la sécurité et la prévisibilité des vols, ce qui réduira la nécessité d'interventions tactiques. La planification plus efficace des ressources qui en découlera améliorera l'utilisation de la capacité disponible aux aéroports et dans l'espace aérien en général. Pour les usagers de l'espace aérien, les trajectoires 4D permettront aux aéronefs, dès lors que les contraintes pertinentes seront connues, de planifier et de suivre les profils de vol optimaux et les plus efficaces par rapport à leur coût, ce qui améliorera la ponctualité et l'efficacité des vols et réduira aussi les émissions.

2. TRAJECTOIRES 4D

2.1 Une fois qu'elle est convenue, la trajectoire 4D (dite BT pour l'aviation civile et MT pour les vols militaires) devient la trajectoire de référence que les usagers de l'espace aérien accepteront de suivre et que tous les fournisseurs de services conviendront de faciliter avec leurs services respectifs, à moins qu'elle doive être modifiée pour des raisons de sécurité ou tactiques.

2.2 Pour que la notion de trajectoire 4D satisfasse son objet, il faut pour l'ATM que tous les acteurs aient la même vision de la trajectoire prévue et des contraintes dont il faut tenir compte. Les systèmes embarqués et au sol doivent pouvoir échanger des renseignements sur la trajectoire³ et les fournir aux équipages de conduite, aux contrôleurs et aux gestionnaires de la capacité de la demande pour qu'ils puissent ensemble gérer au mieux la trajectoire du vol et tenir compte des contraintes existantes. Il est donc crucial que la trajectoire proposée dans le système de gestion des vols (FMS) soit coordonnée avec les systèmes de traitement des données de vol (FDPS) et des systèmes plus généraux du réseau.

2.3 Tout cela exige que les renseignements sur les trajectoires des aéronefs soient échangés systématiquement entre tous les participants à l'ATM pour que tous évaluent un vol de la même façon et puissent accéder en temps réel aux renseignements les plus à jour disponibles pour pouvoir s'acquitter de leurs tâches pendant toute la durée du vol, depuis sa préparation, en passant par sa réalisation, jusqu'aux opérations qui suivent le débarquement.

2.4 Il convient de disposer d'une structure pour obtenir en toute sécurité et efficacement les renseignements sur la création, la modification et la distribution des données concernant la trajectoire BT ou MT, dont des renseignements sur leur teneur et leur qualité, les participants et les services chargés d'assurer l'accès aux renseignements sur la trajectoire pendant toutes les phases d'un vol (c'est-à-dire création, révision proposée et mise à jour).

2.5 Le principal défi à relever pour mettre en œuvre les trajectoires 4D découle de la nécessité de convenir de définitions, procédures et méthodologies normalisées ainsi que de normes mondiales pour l'échange des renseignements sur ces trajectoires. L'interconnexion entre les aéronefs et les systèmes sol par liaison de données est bien entendu indispensable à la mise en œuvre de ce concept, mais il convient aussi de tenir dûment compte de l'échange de renseignements sur les trajectoires entre les systèmes sol et les diverses parties prenantes (ATC, aéroport, gestionnaire du réseau, etc.). Le rôle des services et de l'infrastructure SWIM est donc lui aussi critique pour la concrétisation de ce concept⁴.

³ Les faits nouveaux intervenant dans les communications de données air-sol sont traités au titre du point 1 de l'ordre du jour, dans la note AN-Conf/12-WP/37.

⁴ Les services et l'infrastructure SWIM sont traités au titre du point 3 de l'ordre du jour, dans la note AN-Conf/12-WP/43.

3. OPÉRATIONS 4D INITIALES

3.1 La trajectoire 4D initiale (I-4D) représente une avancée majeure vers l'exploitation 4D complète. Elle représente la première mesure pour l'établissement des priorités à l'arrivée aux aéroports et l'équilibrage de la demande et de la capacité en route, ainsi que pour le déploiement de l'exploitation basée sur la trajectoire initiale grâce aux recours à une heure contrôlée de passage à un repère (CTO) ou à une heure d'arrivée contrôlée (CTA) pour améliorer le séquençement du trafic et gérer les files d'attente, ce qui est compatible avec le module B1-40 des ASBU.

3.2 La mise en œuvre de l'exploitation des trajectoires 4D initiales (4D-I) est améliorée par l'utilisation du plan de vol exploitation des compagnies aériennes qui est plus détaillé qu'un plan de vol ATC et qui appelle une planification et une connaissance préalables de l'intention de vol ainsi que des contraintes statiques et dynamiques du système ATM (espace aérien réservé, manque de capacité, conditions météorologiques, etc.)⁵.

3.3 L'exploitation 4D-I se déroule essentiellement vers la fin de la phase de croisière, avant le début de la descente et de la phase de descente elle-même, bien que le réseau et les ATSU entreprennent déjà le séquençement du trafic à certains points dans l'espace et dans le temps pour assurer le flux ordonné des aéronefs, ce qui facilite le recours aux CTO/CTA.

3.4 Le contexte de l'exploitation 4D-I peut être résumé comme suit :

- a) possibilité d'obtenir de l'aéronef une fenêtre ETA fiable (ETA min/max) à un point de cheminement de sa route ;
- b) capacité de coordonner une (CTO/CTA), à l'intérieur de cette fenêtre ETA fiable, avec tous les intéressés (au sol et en vol) aux fins du séquençement/espacement du trafic à un point de cheminement spécifié.

3.5 Il est jugé que la CTA/CTO est un des facilitateurs qui améliore la prévisibilité et l'efficacité de l'exploitation ATM en tirant tout le parti possible de l'utilisation des moyens perfectionnés RTA du FMS embarqué. Les moyens RTA embarqués actuels favorisent les opérations coordonnées dans le temps et la possibilité de rendre l'exploitation aérienne plus efficace et gérée par les aéronefs eux-mêmes.

3.6 Pendant le vol, les aéronefs équipés du matériel 4D-I émettront les données sur leur trajectoire dont ils disposent à bord selon les termes d'un contrat spécifiés par l'ANSP [p. ex. « profil projeté étendu » (EPP) de l'ADS-C] pour alimenter les instruments au sol et améliorer ainsi la prévisibilité. Les opérations 4D initiales sont limitées à la fourniture d'une seule contrainte de temps à un point particulier (CTA/CTO), et à contrôler que la trajectoire respecte bien ladite contrainte.

3.7 Le cas échéant, des contraintes de temps uniques (CTO/CTA) peuvent être affectées aux aéronefs équipés en fonction de la fenêtre de temps estimative calculée à bord de l'aéronef au point de repère spécifié par l'ATC ou par l'AMAN en utilisant une liaison de données air-sol. Il peut ne pas être nécessaire de générer et d'émettre une CTA pour chaque aéronef en rapprochement d'une TMA.

3.8 Les renseignements sur les trajectoires sont synchronisées à l'intention de tous les centres ATC équipés qui participent au traitement de la trajectoire au moyen des services et de l'infrastructure

⁵ Les questions relatives aux échanges futurs des plans de vol sont traitées au titre du point 3 de l'ordre du jour, dans la note AN-Conf/12-WP/44.

SWIM. Cela permet aux centres ATC qui participent au traitement des vols de procéder à une planification pré-tactique en utilisant des systèmes de gestion des arrivées et en négociant ainsi les CTA et les CTO.

4. MOYENS EMBARQUÉS NÉCESSAIRES POUR LES OPÉRATIONS BASÉES SUR TRAJECTOIRE 4D

4.1 Les moyens embarqués nécessaires⁶ à l'appui de la gestion des opérations basées sur trajectoire 4D sont les suivants :

- a) CPDLC : le système embarqué doit appuyer la réception des autorisations de route transmises par liaison de données avec indication des contraintes de temps/de vitesse/verticales, ainsi que la transmission de la réponse opérationnelle correspondante :
 - 1) capacité RTA appuyant une RTA à la fois ;
 - 2) tolérance du respect de la RTA ;
- b) ADS-C : compte rendu EPP (pour 128 points de repère et points de cheminement calculés avec estimations et contraintes d'altitude, de temps, de vitesse associées, et paramètres tels que la masse brute et la vitesse minimale/maximale) et tous les critères concernant les communications (périodiques, sur demande ou par événement) ;
- c) ADS-C ETA : compte rendu de minimum/maximum au point de repère spécifié dans la demande de l'ATC ;
- d) meilleure gestion de la RTA par les moyens embarqués en utilisant un modèle météorologique amélioré [utilisation qui fait appel à plus d'indications des vents/températures fournies par le centre d'exploitation des vols (FOC)], à une prévision améliorée du vent/des températures (en utilisant des données fournies par les capteurs des aéronefs), au calcul de l'intervalle minimum/maximum de l'ETA qui facilite une attribution plus fiable des CTO/CTA, à une amélioration des algorithmes RTA grâce à une gamme de vitesses plus large à la RTA et à une tolérance sélectionnable de la RTA ;
- e) communications air-sol par liaison de données pour les échanges entre les aéronefs et les systèmes sol tels que les systèmes de communication satellitaires et terrestres améliorés (p. ex. VDL perfectionné).

5. MOYENS DES SYSTÈMES SOL NÉCESSAIRES POUR LES OPÉRATIONS BASÉES SUR TRAJECTOIRE 4D

5.1 Les moyens des systèmes sol nécessaires à l'appui de la gestion des trajectoires 4D-I qu'il faut envisager sont les suivants :

⁶ Les progrès des communications air-sol par liaison de données sont traités au titre du point 1 de l'ordre du jour dans la note AN-Conf/12-WP/37.

- a) ADS-C : pour appuyer la gestion des contrats et la réception ainsi que l'usage au sol des données sur les trajectoires 4D, dont l'ADS-C EPP et les minima/maxima de l'ETA ;
- b) ADS-C MET : pour la réception et la transmission sur l'ATN de données groupées ;
- c) CPDLC : pour permettre la transmission dans les autorisations de révision des trajectoires ;
- d) CPDLC : pour faciliter l'émission en liaison montante et la révision des CTA ;
- e) système ATM (AMAN) : pour calculer la CTA avec une précision de +/-10 secondes, à un point de minutage situé à proximité immédiate du repère d'approche finale (FAF) ;
- f) instruments de détection des conflits qui tiennent compte des CTA imposées ;
- g) instruments perfectionnés de gestion des arrivées, des départs et à la surface (AMAN, DMAN, SMAN) ;
- h) ATFCM dynamique utilisant les données du plan de vol exploitation fourni par l'AOC ;
- i) connectivité du réseau sol et échange ATC-ATC de renseignements sur les trajectoires ;
- j) communications air-sol par liaison de données pour l'échange de données entre les aéronefs et les systèmes sol tels que les systèmes de communication satellitaires et terrestres améliorés (p. ex. VDL perfectionné).

6. NORMALISATION DES ÉCHANGES DE DONNÉES AIR-SOL

6.1 Les groupes EUROCAE WG78 et RTCA SC214 élaborent conjointement les normes perfectionnées de l'ATS appuyées par des transmissions en liaison de données.

6.2 Les besoins opérationnels, en particulier les nouveaux échanges de données air-sol nécessaires pour appuyer les opérations 4D-I exprimés par SESAR, NextGen et le groupe d'experts OPLINK de l'OACI ont été pris en considération :

- a) message CPDLC à l'appui de l'attribution des CTO/CTA, y compris la précision nécessaire ;
- b) ADS-C : profit projeté élargi (EPP) à l'appui des transmissions automatiques en liaison descendante (périodiques, par événement ou à la demande) des données sur la trajectoire (pour 1 à 128 points de cheminement publiés et/ou calculés avec les contraintes associées et/ou des estimations dans les 4 dimensions, etc.) ;
- c) ADS-C : communication des ETA minimales/maximales à l'appui de la transmission automatique en liaison descendante des minima/maxima de l'ETA au repère de minutage indiqué dans la demande de l'ATC.

6.3 Les groupes WG78/SC214 normalisent actuellement plusieurs autres services de communication par liaison de données dont D-TAXI (CPDLC) et D-OTIS (FIS).

7. **RECOMMANDATIONS**

7.1 La Conférence est invitée :

- a) à prendre en considération le contenu de la présente note ;
- b) à recommander que l'OACI entreprenne la formulation nécessaire de SARP à l'appui des opérations initiales en 4D qui devraient être possibles pour 2018 ;
- c) à demander à l'OACI d'organiser un examen multidisciplinaire des besoins concernant les trajectoires 4D en vue de la formulation nécessaire de SARP et d'éléments indicatifs à l'appui du concept complet de trajectoire 4D, conformément à l'évolution des blocs et des modules ASBU.

— FIN —