APPENDICE A

MODULE N° B0-40: AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ ET DE L'EFFICACITÉ PAR APPLICATION INITIALE DE LIAISONS DE DONNÉES EN ROUTE

Sommaire	Pour mettre en oeuvre une série initiale d'applications de liaisons de données pour la surveillance et les communications dans l'ATC, à l'appui d'itinéraires flexibles, d'une séparation réduite et d'une meilleure sécurité.	
Principal impact sur les performances selon Doc 9854	KPA-02 — Capacité, KPA-10 — Sécurité	
Environnement opérationnel/phases de vol	Phases de vol en route, y compris zones où des systèmes radar ne peuvent pas être installés, par exemple espace aérien éloigné ou océanique.	
Considérations d'applicabilité	Nécessite une bonne synchronisation du déploiement embarqué et au sol pour générer des bénéfices notables, en particulier pour ceux qui sont équipés. Les bénéfices augmentent en proportion des aéronefs équipés.	
Élément(s) du concept mondial selon Doc 9854	ATM/SDM — Gestion de l'exécution du service ATM	
Initiatives du plan mondial (GPI)	GPI-9 : conscience de la situation GPI-17 : mise en œuvre d'applications de liaison de données GPI-18 : services d'informations électroniques	
Principales conditions		
Liste de vérification de préparation dans le monde		Situation (déjà prêt ou date estimative)
	Disponibilité de normes	✓
	Disponibilité de l'avionique	✓
	Disponibilité des systèmes au sol	✓
	Procédures disponibles	✓
	Approbations d'opérations	✓

1. EXPOSÉ

1.1 Généralités

1.1.1 Les échanges de données air-sol sont depuis plusieurs décennies l'objet de travaux de recherche et de normalisation et sont un ingrédient essentiel des futurs concepts opérationnels car ils peuvent de façon fiable porter des informations plus denses que celles qui peuvent s'échanger par radio. Il existe de nombreuses technologies qui sont maintenant largement mises en œuvre à bord d'aéronefs, souvent pour des raisons de contrôle d'exploitation aéronautique (AOC) et de communications administratives de compagnie aérienne (AAC). Ces dernières années, un certain nombre d'applications sont devenues une réalité pour l'ATM, mais elles n'ont pas été complètement déployées. De plus, des activités sont en cours pour assurer que les applications soient interopérables entre divers équipements de bord ; cette tâche est une priorité dans les travaux du Groupe d'experts des liaisons de données opérationnelles (OPLINKP). Ce module indique ce qui est disponible et pourrait être utilisé plus largement dans l'immédiat.

1.1.2 Un des éléments du module est la transmission d'informations de position d'aéronefs, constituant la surveillance dépendante automatique — mode contrat (ATC-C), pour utilisation surtout dans les zones océaniques et éloignées où le radar ne peut pas être déployé pour des raisons physiques ou économiques.

1.1.3 Un deuxième élément est celui des communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC) comprenant une première série d'applications de liaisons de données permettant aux pilotes et aux contrôleurs d'échanger des messages ATC concernant la gestion des communications, les autorisations ATC et les microphones coincés. Les CPDLC diminuent les malentendus et la charge de travail des contrôleurs en procurant une sécurité et une efficacité améliorées tout en procurant davantage de capacité dans le système ATM.

1.2 Ligne de base

1.2.1 Avant ce module, les communications air-sol se faisaient en radiophonie (VHF ou HF selon l'espace aérien), connue pour ses limitations en qualité, largeur de bande et sûreté. Il y a aussi de grandes parties du monde dépourvues de surveillance radar. Les instructions ATC, les comptes rendus de position et d'autres informations doivent être transmis par radio HF où la qualité vocale est particulièrement mauvaise la plupart du temps, ce qui entraîne une nette augmentation de la charge de travail des contrôleurs et des pilotes (y compris opérateurs de radio HF), une médiocre conscience de la situation du trafic hors de la couverture radar, de grands minimums de séparation et des malentendus. Dans les espaces aériens à forte densité, les contrôleurs passent actuellement 50% de leur temps à parler à des pilotes sur les canaux vocaux VHF où les fréquences sont une ressource très limitée ; cela entraîne une forte charge de travail pour les contrôleurs et les pilotes et cause les malentendus.

1.3 Changement produit par le module

1.3.1 Le module concerne la mise en œuvre d'un premier paquet d'applications de liaisons de données, recouvrant ADS-C, CPDLC et d'autres applications pour l'ATC. Ces applications améliorent nettement la façon dont s'effectue l'ATS, comme on le verra dans la section suivante.

1.3.2 Un objectif important du concept opérationnel d'ATM mondiale dans le domaine des liaisons de données consiste à harmoniser les mises en œuvre régionales et s'entendre sur une définition technique et opérationnelle commune, applicable à toutes les régions aéronautiques du monde. Il est prévu de le réaliser par des changements de Bloc 1. Actuellement, les mises en œuvre de liaisons de données sont basées sur des normes, des technologies et des procédures opérationnelles différentes, bien qu'il y ait de nombreuses similitudes.

1.4 Élément 1 : ADS-C sur zones océaniques et éloignées

1.4.1 L'ADS-C procure un service de surveillance dépendante automatique sur des zones océaniques et éloignées, grâce à l'exploitation de messages de position envoyés automatiquement par des aéronefs sur des liaisons de données à des intervalles de temps spécifiés. Cette conscience améliorée de la situation (en combinaison avec des niveaux appropriés de PBN) renforce la sécurité en général et permet d'adopter des séparations réduites entre aéronefs et de s'écarter progressivement des modes de contrôle purement par procédures.

1.5 Élément 2 : CPDLC continentales

1.5.1 Cette application permet aux pilotes et aux contrôleurs d'échanger des messages avec une meilleure qualité de transmission. En particulier, elle procure un moyen d'alerter le pilote lorsque le microphone est coincé, ainsi qu'un moyen complémentaire de communication. Les CPDLC sont utilisées comme un moyen supplémentaire de communication. Les communications vocales demeurent le moyen primaire.

1.5.2 Dans les espaces aériens continentaux à forte densité, elles peuvent nettement réduire la charge de communications, en permettant une meilleure organisation des tâches par le contrôleur, en particulier sans avoir à interrompre pour répondre immédiatement à la radio. Elles sont plus fiables pour la transmission et la compréhension de changements de fréquences, de niveaux de vol et d'informations de vol, etc., ce qui améliore la sécurité et réduit le nombre de malentendus et de répétitions.

2. OBJECTIF D'AMÉLIORATION OPÉRATIONNELLE DES PERFORMANCES

2.1 Élément 1 : ADS-C sur zones océaniques et éloignées

2.1.1 Des métriques pour déterminer le succès du module sont proposées dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

Capacité	Une meilleure localisation du trafic et des séparations réduites permettent d'augmenter la capacité offerte.
Efficacité	Les routes/trajectoires et les vols peuvent être séparés par des minimums réduits, ce qui permet d'appliquer des itinéraires flexibles et des profils verticaux plus proches des préférences des utilisateurs.
Flexibilité	L'ADS-C permet de rendre plus faciles les changements de route.
Sécurité	Conscience de la situation renforcée; filets de sécurité basés sur ADS-C, comme surveillance du respect des niveaux autorisés, surveillance du respect de routes, avertissements de pénétration dans une zone dangereuse, meilleur soutien des recherches et du sauvetage.
Analyse coûts-bénéfices	L'analyse économique s'est révélée positive à cause des avantages que les vols peuvent obtenir du point de vue d'une meilleure efficacité de vol (routes et profils verticaux améliorés ; résolution de conflits meilleure et tactique). À noter la nécessité de synchroniser les déploiements au sol et embarqués pour assurer que les services soient fournis par le sol lorsque les aéronefs sont équipés, et qu'une proportion minimale des vols dans l'espace aérien considéré soient convenablement équipés.

2.2 Élément 2 : CPDLC continentales

2.2.1 Des métriques pour déterminer le succès du module sont proposées dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

Capacité	Charge de communications réduite et meilleure organisation des tâches des contrôleurs, permettant d'augmenter la capacité du secteur.
Sécurité	Conscience de la situation renforcée ; moins de cas de malentendus ; solution aux situations de microphone coincé.

Analyse coûts-bénéfices	La productivité a été améliorée en Europe par suite : a) des avantages que les vols peuvent obtenir dans l'amélioration de l'efficacité de vol (meilleures routes et meilleurs profils verticaux ; résolution de conflits améliorée et tactique) ; b) d'une réduction de la charge de travail des contrôleurs et d'une augmentation de la capacité. Une analyse économique détaillée a été présentée à l'appui de la réglementation EU ; elle est très nettement positive. À noter qu'il est nécessaire de synchroniser les déploiements au sol et embarqués pour assurer que les services soient fournis par le sol lorsque les aéronefs sont équipés, et qu'une proportion minimale de vols dans l'espace aérien considéré soient convenablement équipés.

3. PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)

3.1 Des procédures ont été décrites et se trouvent dans des documents OACI : le *Manuel des applications de la liaison de données aux services de la circulation aérienne* (Doc 9694) et le document GOLD (Global Operational Data Link Document : document sur les liaisons de données opérationnelles dans le monde). Les textes opérationnels GOLD et LINK2000+ vont être fusionnés, ce qui conduira à une actualisation de GOLD permettant l'application mondiale, indépendamment de l'espace aérien et de la technologie.

4. FONCTIONS NÉCESSAIRES DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1. Des normes relatives à la technologie habilitante figurent dans des documents OACI et dans les normes de l'industrie. Aujourd'hui, les applications existantes de liaisons de données sont basées sur deux séries de services de liaisons de données ATS : FANS 1/A et ATN B1. FANS 1/A est déployé dans les régions océaniques et éloignées alors qu'ATN B1 est en cours de mise en œuvre en Europe conformément à la législation de la Commission européenne (EC 29/2009) — la réglementation de mise en œuvre des services de liaison de données.

4.1.2 Ces deux ensembles sont différents du point de vue de l'exploitation, de la sécurité et des performances et ne comportent pas la même technologie, mais il y a de nombreuses similitudes et ils peuvent fonctionner ensemble, grâce à la résolution de problèmes opérationnels et techniques par des solutions de contournement, comme l'acceptation des applications embarquées FANS 1/A par des systèmes au sol ATN B1 et les applications doubles (FANS 1/A et ATN B1) à bord d'aéronefs.

4.2 Systèmes au sol

4.2.1 Pour les systèmes au sol, la technologie nécessaire inclut l'aptitude à gérer le contrat ADS-C, traiter et afficher les messages de position ADS-C. Il faut que les messages CPDLC soient traités

et affichés pour l'organe ATC compétent. Une surveillance renforcée par une fusion de données multi-détecteurs facilite la transition vers et depuis l'environnement radar.

5. PERFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations de facteurs humains

5.1.1 L'ADS-C est un moyen de donner au contrôleur de la circulation aérienne une représentation directe de la situation du trafic, et elle réduit la tâche des contrôleurs ou des opérateurs radio dans le collationnement des comptes rendus de position. En plus d'ajouter un canal de communication, les applications de liaisons de données permettent notamment aux contrôleurs de la circulation aérienne de mieux organiser leurs tâches tactiques. Pilotes et contrôleurs bénéficient d'un moindre risque de malentendus dans les transmissions vocales.

5.1.2 Les communications de données permettent de réduire l'encombrement du canal vocal, avec l'avantage d'une meilleure compréhension et d'une gestion plus flexible des échanges air-sol. Cela comporte une évolution dans le dialogue entre pilotes et contrôleurs, qui doivent être formés à l'utilisation des liaisons de données plutôt que de la radio. Pilotes et contrôleurs ont besoin d'un soutien en automatisation. Dans l'ensemble, leurs responsabilités respectives ne seront pas touchées.

5.1.3 Les facteurs humains ont été pris en compte au cours de l'élaboration des processus et procédures liés à ce module. Dans les cas où l'automatisation doit être utilisée, l'interface homme-machine a été prise en compte dans une perspective tant fonctionnelle qu'ergonomique (voir des exemples dans la Section 6). Il continue toutefois d'y avoir une possibilité de défaillances latentes, et il faut de la vigilance dans toutes les mesures de mise en œuvre. Il convient aussi que les problèmes de facteurs humains constatés au cours de la mise en œuvre soient signalés à la communauté internationale à travers l'OACI, dans le cadre de toute initiative de comptes rendus de sécurité.

5.2 Besoins en formation et compétences

5.2.1 Un soutien en automatisation et nécessaire tant pour les pilotes que pour les contrôleurs, qui devront donc être formés pour le nouvel environnement et pour identifier les aéronefs/installations qui peuvent s'adapter aux services de liaison de données dans les environnements de modes mixtes.

5.2.2 Une formation dans les procédures et normes opérationnelles est nécessaire pour ce module et peut être trouvée dans les liens avec les documents de la Section 8 du présent module. Également, les besoins en compétences sont identifiés dans les prescriptions de réglementation de la Section 6, qui font partie de la mise en œuvre de ce module.

6. BESOINS EN RÉGLEMENTATION/NORMALISATION ET PLAN D'APPROBATION (AIR ET SOL)

- Réglementation/normalisation : utilisation des prescriptions déjà publiées, incluant les textes indiqués dans la Section 8.4. À noter aussi que des nouveaux textes d'orientation OPLINK OPS de l'OACI sont en préparation.

- Plans d'approbation : doivent être conformes aux prescriptions d'applications.

- Le groupe de travail ad hoc GOLD travaille à une actualisation de GOLD-Ed1 dans le cadre de l'harmonisation des procédures indépendamment de l'espace aérien et de la technologie.

7. ACTIVITÉS DE MISE EN ŒUVRE ET DE DÉMONSTRATION (connues au moment de la rédaction des présents textes)

7.1 Actuelles utilisations

Surveillance dépendante automatique — mode contrat (ADS-C)

- Zones éloignées et océaniques : l'ADS-C est utilisée principalement dans les zones éloignées et océaniques.

- L'ADS-C est déjà utilisée avec succès dans un certain nombre de régions du monde, par exemple la région CAR/SAM (COCESNA, Brésil, etc.) ou dans le Pacifique Sud pour les aéronefs FANS 1/A en combinaison avec les messages CPDLC. Dans le système de routes NOPAC (Pacifique Nord) elle a permis de réduire les minimums de séparation.

- **Australie :** L'Australie utilise les CPDLC en exploitation depuis la fin des années 1990, et depuis 1999 elle fournit la fonction ADS-C/CPDLC à tous les postes de contrôleurs en route. L'ADS-C et les CPDLC intégrées basées sur FANS 1/A sont utilisées dans les espaces aériens intérieurs en route et océaniques.

- **Atlantique Nord :** En mars 2011, NAV CANADA et NATS ont appliqué des minimums de séparation longitudinale réduits à 5 minutes pour les aéronefs convenablement équipés sur des itinéraires sur l'Atlantique Nord. Parallèlement à d'autres améliorations de procédures, cela permettra l'accès de plus nombreux aéronefs à des altitudes optimales. Le résultat attendu est évalué à 1 million de dollars en économies de carburant dans la première année, avec des économies d'émissions de 3 000 tonnes métriques.

- **Inde :** L'ADS-C et les CPDLC basées sur FANS 1/A sont utilisées dans le golfe du Bengale et dans les zones océaniques du golfe d'Arabie depuis 2005. L'Inde et d'autres pays du sud de l'Asie ont introduit une séparation longitudinale réduite (RLS) à 50 NM sur deux routes ATS en RNAV depuis juillet 2011 pour les aéronefs dotés de la fonction de liaison de données. La RLS devrait être appliquée sur huit routes RNAV à compter de décembre 2011. La BOBASMA (Bay of Bengal Arabian Sea Safety Monitoring Agency) a été établie à Chennai (Inde) à l'appui des vols en RLS et elle est approuvée par RASMAG/15.

- **Europe :** Des services de liaison de données CPDLC sont en cours de mise en œuvre : fonction d'initialisation de la liaison de données (DLIC), gestion des communications ATC (ACM), autorisations ATC et services d'information (ACL) et service de vérification de microphone ATC (AMC). Pour les appuyer, le service ATN B1 est en cours de déploiement en Europe dans 32 régions d'information de vol et régions d'information de vol supérieures au-dessus de FL 285 (aussi appelé déploiement de service LINK2000+). La législation de la Commission européenne (EC 29/2009) — la règle de mise en œuvre de services de liaison de données — prescrit la mise en œuvre d'une solution conforme à partir de :

  a) février 2013 dans les systèmes au sol fondamentaux européens ;

b) février 2015 dans la totalité de l'Europe ;

c) janvier 2011 sur les aéronefs neufs destinés à voler en Europe au-dessus de FL 285 ;

d) février 2015, rétro-installation sur tous les aéronefs volant en Europe au-dessus de FL 285.

Note.— Les aéronefs dotés de FANS 1/A avant 2014 pour les vols océaniques sont exemptés de la réglementation. Afin de promouvoir la compatibilité technique avec la flotte existante FANS 1/A+, un nouveau document d'interopérabilité mixte (ED154/DO305) permet aux systèmes au sol ATN B1 de fournir un service de liaison de données ATS aux aéronefs FANS 1/A+. Jusqu'ici, 7 des 32 régions d'information de vol et régions d'information de vol supérieures ont indiqué qu'elles s'adapteraient aux aéronefs FANS 1/A+.

Note.— La liaison de données est opérationnelle dans l'UAC Maastricht depuis 2003. L'extension du projet PETAL II a finalisé la validation des applications ATN B1 en exécutant une phase pré-opérationnelle dans laquelle des aéronefs équipés d'avionique certifiée ont effectué des vols quotidiens avec des contrôleurs dans l'espace aérien supérieur Maastricht. Les résultats ont été documentés dans le rapport final PETAL II et ont conduit à la création du Programme LINK 2000+ pour coordonner la mise en œuvre à l'échelle de l'Europe.

Note.— La décision de mettre en œuvre est accompagnée d'une évaluation économique, d'une justification économique et d'autres textes d'orientation que l'on peut consulter à l'adresse suivante : http://www.EUROCONTROL.int/link2000/public/site_preferences/display_ library_list_public.html#6.

- **États-Unis :** Espace aérien intérieur : à compter de 2004 les services d'autorisation de départ sont déployés avec FANS 1/A+. En 2017, des services en route commenceront le déploiement dans l'espace aérien en route intérieur.

7.2 Essais prévus ou en cours

Surveillance dépendante automatique — mode contrat (ATS-C)

- **États-Unis :** des essais de montée « dans le sillage » avec ATS-C sont en cours. Utilisation en exploitation prévue pour 2016.

Communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC)

- **États-Unis :** des essais de service d'autorisation de départ (DCL) en communications de données vont commencer d'ici à 2014.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

8.1 Normes

- Règlement 29/2009 de la Commission européenne, 16 janvier 2009, définissant les exigences relatives aux services de liaison de données pour le ciel unique européen.

- EUROCAE ED-100A/RTCA DO-258A, Interoperability Requirements for ATS Applications using ARINC 622 Data Communications.

- EUROCAE ED-110B/RTCA DO-280B, Interoperability Requirements Standard for Aeronautical Telecommunication Network Baseline 1 (Interop ATN B1).

- EUROCAE ED-120/RTCA DO-290, Safety and Performance Requirements Standard For Initial Air Traffic Data Link Services In Continental Airspace (SPR IC).

- EUROCAE ED-122/RTCA DO-306, Safety and Performance Standard for Air Traffic Data Link Services in Oceanic and Remote Airspace (Oceanic SPR Standard).

- EUROCAE ED-154A/RTCA DO-305A, Future Air Navigation System 1/A – Aeronautical Telecommunication Network Interoperability Standard (FANS 1/A – ATN B1 Interop Standard).

8.2 **Textes d'orientation**

- Doc 9694 de l'OACI**,** *Manuel des applications de la liaison de données aux services de la circulation aérienne (ATS).*
- Global Operation Data Link Document (GOLD), 2e édition (en préparation).

8.3 **Documents d'approbation**

- Doc 9694 de l'OACI**,** *Manuel des applications de la liaison de données aux services de la circulation aérienne (ATS).*

- FAA AC20-140A, Guidelines for Design Approval of Aircraft Data Link Communication Systems Supporting Air Traffic Services (ATS).

- RTCA/EUROCAE DO-306/ED-122.

- RTCA/EUROCAE DO-305A/ED-154A.

- RTCA/EUROCAE DO-290/ED-120.

- RTCA/EUROCAE DO-280B/ED-110B.

- RTCA/EUROCAE DO-258A/ED-100A.

- Règlement 29/2009 de la CE : Mise en œuvre de services de liaisons de données.

- Nouveaux textes d'OPLINK en préparation.

— — — — — — — —

APPENDICE B

MODULE N° B1-40 : MEILLEURE SYNCHRONISATION DU TRAFIC ET OPÉRATIONS BASÉES SUR TRAJECTOIRE INITIALE

Sommaire	Pour améliorer la synchronisation des courants de trafic aux points de convergence en route et pour optimiser la séquence des approches grâce à une fonction 4D TRAD et à des applications aéroportuaires, par exemple D-TAXI.	
Principal impact sur les performances selon Doc 9854	KPA-02 — Capacité, KPA-04 — Efficacité, KPA-05 — Environnement, KPA-09 — Prédictibilité, KPA-10 — Sécurité.	
Environnement opérationnel/phases de vol	Toutes phases de vol.	
Considérations d'applicabilité	Nécessite une bonne synchronisation du déploiement embarqué et au sol pour générer des bénéfices notables, en particulier pour ceux qui sont équipés. Les bénéfices augmentent en fonction de la population d'aéronefs équipés, dans la zone où les services sont fournis.	
Élément(s) du concept mondial selon Doc 9854	CM — Gestion des conflits.	
Initiatives du plan mondial (GPI)	GPI-9 : conscience de la situation GPI-17 : mise en œuvre d'applications de liaison de données GPI-18 : information aéronautique.	
Principales conditions	B0-40. Lien avec B1-25.	
Liste de vérification de préparation dans le monde		Situation (déjà prêt ou date estimative)
	Disponibilité de normes	2013
	Disponibilité de l'avionique	est. 2016
	Disponibilité des systèmes au sol	est. 2016
	Procédures disponibles	est. 2018
	Approbations d'opérations	est. 2018

1. EXPOSÉ

1.1 Généralités

1.1.1 Ce module fait avancer vers l'objectif d'introduire des opérations basées sur trajectoire qui utilisent les fonctions des systèmes de gestion de vol pour optimiser les trajectoires de vol en quatre dimensions. Les opérations basés sur trajectoire géreront l'incertitude en améliorant la prédictibilité pour toutes les parties prenantes d'ATM à travers toutes les limites ou structures de secteurs ATM. Dans ce contexte, il facilitera la synchronisation du trafic et la gestion stratégique des conflits, avec un mode de séparation qui minimise les interventions tactiques du type radar (par exemple vecteurs en boucle ouverte). Il introduit aussi un certain nombre d'applications aéroportuaires qui amélioreront la sécurité et réduiront la charge du travail des contrôleurs et pilotes.

1.2 Ligne de base

1.2.1 La synchronisation du trafic est basée sur les informations de traitement de données de vol alimentées par des données de plans de vol avec des positions actualisées par des informations de surveillance et sur l'extrapolation mentale par les contrôleurs. Cela n'est pas précis et entraîne une charge de travail pour évaluer la situation et surveiller son évolution. Les actions sont difficiles à prévoir dans les secteurs en amont qui ne sont pas nécessairement conscients du problème à résoudre.

1.2.2 La transmission d'informations aux aéroports et dans leur voisinage, y compris sur des acheminements complexes, se fait en radiophonie, ce qui comporte une forte charge de travail pour les pilotes et les contrôleurs, des malentendus fréquents et des répétitions.

1.3 Changement produit par le module

1.3.1 Ce module met en œuvre des applications additionnelles de liaison de données air-sol pour : télécharger des informations de trajectoire et améliorer la synchronisation des courants de trafic aux points de convergence, notamment en vue d'optimiser une séquence d'approches, avec négociation d'une heure d'arrivée requise par le moyen de la fonctionnalité du système de gestion de vol (FMS). Les fonctions existantes de coordination sol-sol seront améliorées pour permettre d'échanger des autorisations de routes complexes traversant plusieurs limites d'espaces aériens.

1.3.2 Le module comporte aussi la mise en œuvre de transmissions de données pour informations d'aéroport/TMA et d'autorisations.

1.4 Élément 1 : Opérations initiales en 4D (4D TRAD)

1.4.1 Cet élément est appuyé par 4D TRAD, une approche reconnue pour les opérations basées sur trajectoire initiale qui procure une vue anticipée de l'environnement ATM futur, y compris intégration harmonisée des objectifs opérationnels grâce à une meilleure conscience de la situation et au partage de données air-sol dans un environnement décisionnaire en collaboration stratégique et tactique.

1.4.2 4D TRAD nécessite la disponibilité d'un échange complexe de données air-sol incluant l'utilisation d'une nouvelle fonctionnalité ADS-C et liaison de données au-delà des fonctions actuelles et des besoins en performances. De plus, il faut que l'échange de données sol-sol pour la transmission d'autorisations complexes soit sécuritaire et largement disponible.

1.4.3 À titre de transition étagée vers les opérations basées sur trajectoire, l'introduction d'une référence temporelle commune, avec l'utilisation d'une heure d'arrivée requise (RTA) en FMS et d'une gestion de la vitesse avec de moindres conditions de performance et de technologie que pour 4D TRAD, promet de procurer aux utilisateurs de l'espace aérien et aux fournisseurs de services des bénéfices de prédictibilité et d'efficacité.

1.4.4 L'utilisation de la RTA pour la planification des courants d'arrivées depuis un espace aérien en route (ou océanique) vers un espace aérien terminal est faisable avec les actuels moyens embarqués et des prescriptions de performances plus basses que pour 4D TRAD par exemple. Cela serait focalisé seulement sur la construction de courants de trafic et de séquences en laissant la possibilité de métriques et de séparation plus précises dans l'actuelle exploitation aérienne ou avec de nouvelles procédures de navigation basées sur performances RNAV.

1.4.5 La synchronisation de la RTA et de l'heure d'arrivée contrôlée (CTA) avec des niveaux appropriés de navigation basée sur performances (PBN) offre l'occasion de réaliser des courants de trafic stables et prévisibles vers une région terminale, permettant au pilote d'optimiser le profil de vol (par exemple profil de descente et de début de descente).

1.4.6 De plus, des courants de trafic pré-planifiés et prévisibles facilitent les descentes en vol continu et des procédures d'arrivée bien adaptées, tout en évitant les attentes en région terminale grâce à une élongation pré-planifiée de trajectoire par les aéronefs utilisant la RTA ou la gestion de vitesse, ainsi que l'intégration des vols sur longues et courtes distances dans les séquences d'arrivée.

1.4.7 Le déploiement de procédures RNP/RNAV et l'utilisation de techniques telles que « point merge (convergence en un point) » et autres offrent la possibilité de gérer les aéronefs sans recourir à une intervention de vecteurs radar, conduisant à un mode FMS en boucle fermée et un système au sol informé à l'appui de profils efficaces et d'opérations ATM prévisibles.

1.4.8 Pour obtenir ces bénéfices, il faut une communication entre organes de contrôle en route et en région terminale pour coordonner la contrainte CTA, ce qui peut être réalisé à travers des mécanismes existants tels qu'échange de données en ligne avec livraison à l'aéronef via R/T ou coordination avec des centres d'exploitation technique de transporteurs aériens pour transmission aux aéronefs long courriers par liaison de données de la compagnie.

1.4.9 Une plus large approche du bloc envisagera la combinaison avec des techniques de gestion des arrivées faisant appel à des outils basés au sol et actuellement disponibles, fournissant des performances plus exigeantes qui facilitent des métriques plus affinées du trafic entrant dans l'espace aérien terminal et la fonction CPDLC existante pour livrer la CTA.

1.4.10 Une première étape qui repose sur des systèmes et fonctions qui existent ou ne nécessitent que des modifications mineures utilisera la fonction FMS existante pour définir et livrer une RTA ou une gestion de vitesse. Des fonctions existantes de liaison de données, comme CPDLC, AOC ou même la radiotéléphonie, pourraient être utilisées pour accepter cette RTA ou une gestion de vitesse avec la CTA au sol. La plupart des systèmes au sol incluent une fonctionnalité de prédiction de trajectoire et l'AMAN existant calcule l'équivalent d'une CTA. L'infrastructure de communications sol-sol permettra l'échange de plans de vol et pourra être actualisée pour échanger des CTA.

1.4.11 Au-delà de cette première étape, il y aura des changements plus importants pour permettre 4D TRAD et des opérations basées sur trajectoire avec une fonctionnalité FMS perfectionnée et normalisée capable de fournir des informations de trajectoire plus précises et complètes qui pourraient être reliées à de nouveaux protocoles ADS-C ou CPDLC. Selon la définition de ces informations de trajectoire pour le téléchargement, une nouvelle technologie de liaison de données pourrait être requise sur le long terme. L'infrastructure de communications sol-sol, dans le contexte du SWIM, permettra de rendre ces informations de trajectoire disponibles pour les différents systèmes en route, de région terminale et d'aéroport qui pourront utiliser cette référence de trajectoire commune. Il faut aussi planifier des modifications de système pour faire entièrement usage de ces informations de trajectoire.

1.4.12 On peut diviser en deux phases les opérations 4D initiales : la première est la synchronisation entre air et sol du plan de vol ou de la trajectoire effective de référence ; la deuxième phase impose une contrainte de temps et permet à l'aéronef de voler sur son profil de la façon optimale pour respecter cette contrainte.

2. SYNCHRONISATION DES TRAJECTOIRES ET SURVEILLANCE

2.1.1 Le système ATM veut que tous les acteurs aient la même optique ; il est donc essentiel que la trajectoire du système de gestion de vol (FMS) soit synchronisée avec celle qui est tenue au sol dans les systèmes de traitement des données de vol (FDPS) et les systèmes de réseaux plus larges.

2.1.2 L'équipage et l'ATC s'entendent sur la trajectoire à suivre et durant toute l'exécution ils vérifient constamment si elle est suivie et continuera d'être suivie par l'aéronef. En cas de non-conformité il y a des avertissements et une nouvelle interaction entre l'équipage et l'ATC responsable.

2.1.3 L'entente précoce entre l'air et le sol sur la trajectoire à suivre et son exécution permet au FMS d'optimiser la trajectoire qui procure des bénéfices d'efficacité à l'utilisateur en termes d'optimisation du profil de vol ainsi que des bénéfices environnementaux, tant par la réduction de la consommation de carburant que par des itinéraires optimaux en route, dans la région terminale et au voisinage de l'aéroport, en évitant les zones sensibles au bruit.

2.1.4 Une compatibilité améliorée entre les trajectoires air et sol assure que les contrôleurs sont en possession de renseignements très fiables sur le comportement des aéronefs. Cette prédiction de trajectoire plus précise permet de meilleures performances des outils de soutien décisionnaire, ce qui permet de mieux prédire les encombrements grâce à une détection précoce des concentrations de trafic, aboutissant à une meilleure adaptation à la situation de trafic réelle et à moins d'interventions tactiques et inefficaces basées sur radar.

2.1.5 Les niveaux accrus de prédictibilité entraînent que les conflits potentiels dans un horizon de moyen terme seront identifiés et résolus asses tôt, alors que la précision accrue de la trajectoire calculée au sol, surtout pour les prédictions à court terme, réduit le risque d'événements inattendus.

3. HEURE D'ARRIVÉE REQUISE

3.1 La fonction d'avionique dénommée heure d'arrivée requise (RTA) peut être exploitée tant par les contrôleurs en route que par les contrôleurs de TMA pour l'équilibrage entre demande et capacité, la régulation des courants et la gestion des séquences d'arrivées.

3.2 En préparant la régulation des aéronefs à un stade plus précoce de leur vol, on minimise l'impact de la contrainte. Cela permet à l'ATC de faire l'usage optimal de la capacité au bon moment, en minimisant les risques par une réduction de la complexité afin d'assurer que les capacité humaines ne soient pas dépassées. Cela facilite aussi la gestion optimisée du profil par le pilote.

3.3 La réduction des interventions tactiques inefficaces de l'ATC grâce à une planification précoce du trafic en route et dans la phase de gestion d'arrivée permet d'éviter des mesures sévères et coûteuses de mise en séquence. Ce processus rehausse l'optimisation des profils de vol, la prédictibilité des vols et permet aussi des améliorations dans la stabilité et la fiabilité de la séquence construite par l'ATC.

3.4 Cela devrait conduire à une réduction des attentes en vol et des consommations inefficaces de carburant accompagnées de pollution chimique et acoustique. Les aéronefs pourront mieux planifier et se conformer plus précisément aux horaires d'arrivée, permettant une meilleure planification chez les transporteurs aériens grâce à une meilleure prédictibilité des vols.

3.5 **Élément 2 : Service d'informations opérationnelles de région terminale par liaison de données (D-OTIS)**

3.5.1 Avant le départ du vol, l'équipage de conduite peut demander des informations de météo et d'exploitation technique ainsi que des NOTAM des aérodromes de départ et de destination, en utilisant un seul service de liaison de données, le service d'informations opérationnelles de région terminale par liaison de données (D-OTIS).

3.5.2 À tout moment au cours du vol, le pilote peut recevoir des actualisations automatiques des données météorologiques, des informations opérationnelles et des NOTAM des aérodromes de destination et de dégagement. D-OTIS peut aussi être adapté aux besoins spécifiques de l'équipage de conduite, de sorte que le pilote puisse aisément avoir une idée des perspectives météorologiques et opérationnelles.

3.6 **Élément 3 : Autorisation de départ (DCL)**

3.6.1 La mise en œuvre de la DCL élimine les malentendus potentiels en radiophonie VHF, ce qui permet à l'ATC de fournir un service plus sécuritaire et plus efficace aux utilisateurs. La DCL permet aussi de réduire le volume de travail des contrôleurs. La DCL vient à l'appui de l'automatisation du système aéroportuaire et des échanges d'informations avec les autres systèmes au sol.

3.6.2 Dans le cas des aéroports très actifs, l'utilisation de la liaison de données DCL entraîne une nette diminution de l'encombrement des fréquences de tour ATC. Les systèmes CPDLC qui sont intégrés avec le FMS permettent d'entrer directement des autorisations plus complexes dans le FMS.

3.7 **Élément 4 : Liaison de données pour circulation au sol (D-TAXI)**

3.7.1 Ceci fournit une assistance automatisée et un moyen additionnel de communication pour les contrôleurs et les pilotes lorsqu'ils effectuent des échanges de communications de routine pendant les manœuvres au sol, le démarrage, le remorquage, les messages de circulation au sol de routine et les opérations aéroportuaires spéciales.

4. OBJECTIF D'AMÉLIORATION OPÉRATIONNELLE DES PERFORMANCES

4.1 Des métriques pour déterminer le succès du module sont proposées dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

Capacité	Influencée positivement à cause de la réduction du volume du travail lié à l'établissement de la séquence à proximité du point de convergence et à des interventions tactiques connexes. Influencée positivement à cause de la réduction du volume du travail lié à la livraison des autorisations de départ et de circulation au sol.
Efficacité	Augmentée par l'usage de la fonction RTA embarquée pour la planification de synchronisation du trafic dans l'espace aérien en route et terminal. Les opérations « boucle fermée » sur procédures RNAV assurent dans le système air et sol la conscience commune de l'évolution

	du trafic et facilitent son optimisation. L'efficacité des vols est augmentée par une planification proactive du début de la descente, du profil de descente et des mesures de retardement en route, et l'efficacité améliorée de la route dans l'espace aérien terminal.
Environnement	Trajectoires plus économiques et environnementalement conviviales, en particulier absorption de certains retards.
Prédictibilité	Meilleure prédictibilité du système ATM pour toutes les parties prenantes grâce à une gestion stratégique renforcée des courants de trafic entre et dans les espaces aériens FIR en route et terminaux, en utilisant la fonction RTA embarquée ou le contrôle de vitesse pour gérer une CTA au sol. Possibilité de prédire et répéter séquences et métriques. Les opérations « boucle fermée » sur procédures RNAV assurent dans les systèmes embarqués et au sol la conscience commune de l'évolution du trafic.
Sécurité	Sécurité accrue aux aéroports et dans leurs environs par une réduction des erreurs d'interprétation des autorisations complexes de départ et de circulation au sol.
Analyses coûts-bénéfices	L'analyse économique est en cours. Les avantages des services aéroportuaires envisagés ont déjà été démontrés dans le programme EUROCONTROL CASCADE.

5. PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)

5.1 Il faut définir de nouvelles procédures pour les contrôleurs et les pilotes avec une phraséologie élargie et des messages de liaison de données.

6. FONCTIONS NÉCESSAIRES DANS LE SYSTÈME

6.1 Avionique

La technologie nécessaire est définie dans les normes EUROCAE WG78/RTCA SC 214 et comprend des applications embarquées de services perfectionnés de liaison de données (4DTRAD, D-Taxi, D-OTIS) appuyés par CPDLC et ADS-C sur ATN B2, et intégrés avec FMS.

6.2 Systèmes au sol

6.2.1 Pour les systèmes au sol, les fonctionnalités nécessaires incluent l'aptitude à négocier une contrainte de temps au-dessus d'un point fixe donné, ainsi qu'à traiter la trajectoire d'aéronef. Des échanges améliorés de données sol-sol, quand ils seront disponibles, permettront un partage de la

référence de trajectoire commune. Cela inclut aussi l'aptitude à faciliter l'émission d'autorisations de démarrage, de remorquage et de circulation au sol via liaison de données. Une surveillance renforcée par fusion de données multi-détecteurs est requise.

7. PEFORMANCES HUMAINES

7.1 Considérations de facteurs humains

7.1.1 Les communications de données réduisent le volume de travail et le risque de mauvaises interprétations des informations dans les autorisations, en particulier lorsqu'elles sont tapées dans le FMS. Elles permettent de réduire l'encombrement du canal radiophonique avec des bénéfices globaux de compréhension et une gestion plus flexible des échanges air-sol.

7.1.2 Un soutien d'automatisation est nécessaire tant pour le pilote que pour le contrôleur. Globalement, leurs responsabilités respectives ne seront pas modifiées.

7.1.3 L'identification des considérations de facteurs humains est un élément habilitant important dans l'identification des processus et procédures pour ce module. En particulier, l'interface homme-machine pour les aspects d'automatisation de cette amélioration des performances devra être examinée et au besoin accompagnée de stratégies d'atténuation du risque, par exemple par formation, éducation et redondance.

7.2 Besoins en formation et compétences

7.2.1 Il faut un soutien en automatisation tant pour le pilote que pour le contrôleur, qui par conséquent devront être formés à l'environnement nouveau et à l'identification des aéronefs/installations qui peuvent s'adapter aux services de liaison de données dans des environnements de modes mixtes.

7.2.2 La formation dans les normes et procédures opérationnelles sera identifiée, en parallèle avec les normes et pratiques recommandées nécessaires pour que ce module soit mis en œuvre. De plus, les besoins en compétences seront identifiés et inclus dans les aspects de préparation réglementaire de ce module lorsqu'ils seront disponibles.

8. BESOINS DE RÉGLEMENTATION/NORMALISATION ET PLAN D'APPROBATION (AIR ET SOL)

- Réglementation/normalisation : il faut des spécifications nouvelles ou actualisées pour les messages de liaison de données, les services au sol, les procédures opérationnelles, etc., incluant :

  a) Doc 9694 de l'OACI**,** *Manuel des applications de la liaison de données aux services de la circulation aérienne (ATS)* ;

  b) RTCA/EUROCAE DO-XXX/ED-XXX, SC214/WG78 SPR, including Enhanced CPDLC Message Set and ADS-C enhancements ;

  c) Règlement CE N° XX/XXXX : Règle de mise en œuvre de services de liaison de données ;

d) actualisation de GOLD Ed 2 à GOLD Ed 3.

- Plans d'approbation : publication des normes EUROCAE WG78/RTCA SC 214 plus certification air et sol et approbations à déterminer.

9. ACTIVITÉS DE MISE EN ŒUVRE ET DE DÉMONSTRATION (connues au moment de la rédaction des présents textes)

9.1 Utilisation actuelle

- **Europe :** Fonction utilisée ad hoc pour arrivées adaptées avec RPA ainsi que planification d'arrivée pour arrivées océaniques plus essais à grande échelle de techniques de convergence en un point maintenant axées sur déploiement dans l'espace terminal européen et les aires d'approche avec OSED SPR disponible.

- **États-Unis :** Espace aérien intérieur : à compter de 2016 les services d'autorisation de départ seront déployés avec FANS/1A+.

- **États-Unis :** Les arrivées océaniques adaptées sont maintenant opérationnelles dans les aérodromes côtiers des États-Unis.

9.2 Documents de référence

9.3 Normes

- EUROCONTROL, convergence en un point : intégration des courants d'arrivées permettant une large application de RNAV et la descente continue. Services opérationnels et définitions d'environnement, juillet 2010.

- EUROCAE ED-100A/RTCA DO-258A, Interoperability requirements for ATS applications using ARINC 622 data communications.

- EUROCAE ED-122/RTCA DO-306, Safety and performance standard for air traffic data link services in Oceanic and remote airspace (Oceanic SPR Standard).

- EUROCAE ED-154/RTCA DO-305, Future Air Navigation System 1/A – Aeronautical telecommunication network interoperability standard (FANS 1/A – ATN B1 Interop Standard).

- EUROCAE WG-78/RTCA SC-214 Safety and performance requirements and interoperability requirements.

9.4 Procédures

9.5 Textes d'orientation

- Doc 9694 de l'OACI**,** *Manuel des applications de la liaison de données aux services de la circulation aérienne (ATS)*

- GOLD Ed 2 (en préparation)

- EUROCONTROL, 4D TRAD : Initial 4D – 4D Trajectory Data Link (4D TRAD) Concept of Operations, décembre 2008

9.6 **Documents d'approbation**

- Doc 9694 de l'OACI**,** *Manuel des applications de la liaison de données aux services de la circulation aérienne (ATS)*

- RTCA/EUROCAE DO-XXX/ED-XXX (TBD), SC214/WG78 enhanced CPDLC message set and ADS-C enhancements

- Règlement CE No 29/2009 : Règle de mise en œuvre de services de liaison de données

Note. — GOLD édition 2 en préparation.

— — — — — — — —

APPENDICE C

MODULE N° B3-05 : OPÉRATIONS BASEÉS SUR TRAJECTOIRE EN 4D

Sommaire	Elaboration de technologies et concepts perfectionnés, à l'appui de trajectoires en quatre dimensions (latitude, longitude, altitude, heure) et vitesses pour consolider la prise de décisions en ATM mondiale. Un élément majeur consiste à intégrer toutes les informations de vol pour obtenir le modèle de trajectoire le plus précis pour l'automatisation au sol.	
Principal impact sur les performances selon Doc 9854	KPA-02 — Capacité, KPA-04 — Efficacité, KPA-05 — Environnement, KPA-10 — Sécurité.	
Environnement opérationnel/phases de vol	En route/croisière, région terminale, gestion des courants de trafic, descente.	
Considérations d'applicabilité	Applicable à : planification des courants de trafic aérien, vols en route, vols en région terminale (approche/départ) et vols à l'arrivée. Bénéfices obtenus tant par les courants de trafic que par des aéronefs individuels. Équipement de bord présupposé dans les domaines de : ADS-B IN/CDTI ; communication de données et moyens perfectionnés de navigation. Nécessité d'une bonne synchronisation du déploiement embarqué et au sol pour générer des bénéfices notables, en particulier pour ceux qui sont équipés. Les bénéfices augmentent en fonction de la population d'aéronefs équipés dans la région où les services sont fournis.	
Élément(s) du concept mondial selon Doc 9854	AOM — organisation et gestion de l'espace aérien DCD — équilibrage de la demande et de la capacité AUO — opérations des usagers de l'espace aérien TS — synchronisation du trafic CM — gestion des conflits	
Initiatives du plan mondial (GPI)	GPI-5 : RNAV/RNP (navigation basée sur performances) GPI-11 : RNP et RNAV SID et STAR GPI-16 : systèmes d'appui des décisions et systèmes d'alerte	
Principales conditions	B1-40, B2-31, B2-05.	
Liste de vérification de préparation dans le monde		Situation (si prêt, indiqué par une croche ou une date)
	Normes prêtes	2025
	Avionique disponible	2028
	Systèmes au sol disponibles	2028
	Procédures disponibles	2028
	Approbations d'opérations	2028

1. EXPOSÉ

1.1 Généralités

1.1.1 Ce module met en œuvre les opérations basées sur trajectoire en 4D qui utilisent les fonctionnalités des systèmes de gestion de vol embarqués pour optimiser les trajectoires de vol en quatre dimensions plus vitesse. La TBO complète intègre des fonctionnalités perfectionnées qui amélioreront

très nettement la surveillance, la navigation, les communications de données et l'automatisation pour systèmes au sol et embarqués avec des changements dans les rôles et responsabilités des fournisseurs de services.

1.2 Ligne de base

1.2.1 Ce module déploie une trajectoire précise en quatre dimensions, avec vitesse, qui est partagée entre tous les utilisateurs du système aéronautique aux points essentiels du système. Cela fournit des informations cohérentes et à jour à l'échelle du système, qui sont intégrées dans des outils de soutien décisionnaire facilitant les décisions d'ATM mondial. Il continue l'évolution dans les procédures et les fonctionnalités d'automatisation, tant au sol qu'embarquées, pour utiliser des trajectoires précises au bénéfice du système. Des arrivées optimisées dans les espaces aériens denses avaient été antérieurement rendues possibles. Il y a des fonctionnalités de soutien décisionnaire qui sont intégrées pour aider les ANSP et les utilisateurs à prendre de meilleures décisions dans l'optimisation des profils d'arrivée. Une base d'informations cohérentes et intégrées est mise à la disposition de tous les ANSP et des utilisateurs pour informer les preneurs de décisions en ATM.

1.2.2 Avec des opérations de trajectoire en 4D, le Bloc 3 permettra de réaliser des fonctionnalités optimisant les trajectoires individuelles, les courants de trafic et l'utilisation de ressources limitées telles que pistes et surfaces. Ce module est axé sur les fonctionnalités essentielles en 4D plus vitesse, alors que les modules B3-15 et B3-10 sont axés sur l'optimisation de situations spécifiques (haute densité/complexité).

1.3 Changement produit par le module

1.3.1 Dans l'espace aérien en route du futur, des niveaux mixtes de performances d'aéronefs et d'autorisations de navigants sont attendus. Les aéronefs de haute performance seront capables de suivre des routes RNAV, en se conformant précisément à leur route, en favorisant les communications de données, en communiquant des demandes et des informations de situation et d'intention d'aéronefs sous forme numérique avec l'automatisation du contrôle de la circulation aérienne (ATC), et en recevant des autorisations et autres messages émis numériquement par l'automatisation ATC.

1.3.2 Certains espaces aériens en route seront réservés aux aéronefs de haute performance, en permettant au système ATC de se consacrer aux opérations qui utilisent entièrement les fonctionnalités de ces aéronefs. Les aéronefs communiqueront les informations de situation et d'intention à l'automatisation ATC et suivront précisément leurs routes désignées. Ainsi, les fonctionnalités automatisées de prédiction et de solution de problèmes pourront maximiser les bénéfices des utilisateurs en soutenant les plans de vol préférés par les utilisateurs, en minimisant les changements à ces plans pendant que les aéronefs traverseront l'espace aérien, et en améliorant les services fournis.

1.3.3 Les responsabilités principales du contrôleur consisteront à réagir aux problèmes prédits par l'automatisation ATC, et à tenir des informations précises sur les vols dans l'automatisation ATC. Les problèmes prédits incluront :

a) les conflits d'aéronef à aéronef ;

b) les aéronefs vers des espaces aérien d'usage spécial ou réglementés d'une autre façon ;

c) les aéronefs vers des zones de prévisions météorologiques dangereuses ;

d) des aéronefs vers des problèmes de contraintes de métrique, y compris restrictions de distance en sillage ;

e) l'aptitude de l'aéronef à suivre précisément la route autorisée, couplée aux informations de situation et d'intention transmises par l'aéronef à l'automatisation ATC, ce qui augmentera la précision de modélisation de trajectoires et de prédiction de problèmes ; les aspects essentiels de TBO complète sont les suivants :

   1) la base de toutes les opérations est une trajectoire précise en quatre dimensions qui est partagée entre tous les utilisateurs du système aéronautique ;

   2) des informations cohérentes et à jour décrivant les vols et les courants de trafic aérien sont disponibles dans tout le système, à l'appui des opérations tant des utilisateurs que des fournisseurs de services ;

   3) les communications de données sont utilisées entre le sol et les aéronefs pour améliorer la précision des trajectoires, demander des changements de trajectoire en 4D plus vitesse, fournir des autorisations de vol précises et échanger des informations sans participation du contrôleur ;

f) les opérations en navigation du type surface (RNAV) éliminent la nécessité de définir les routes par l'emplacement d'aides de navigation, ce qui permet la flexibilité des vols de point à point ;

g) les opérations avec qualité de navigation requise (RNP) introduisent la nécessité de surveillance des performances et d'alerte. Une caractéristique critique des opérations RNP est l'aptitude du système de navigation embarqué à contrôler sa performance de navigation réalisée pour une opération spécifique, et indiquer à l'équipage si la prescription opérationnelle est respectée ;

h) les contrôleurs en route comptent sur l'automatisation pour identifier les conflits et proposer des solutions leur permettant de s'attacher à fournir aux utilisateurs des services améliorés ;

i) l'aptitude de l'automatisation de cockpit à suivre la route plus précisément et à réduire les tâches de routine des contrôleurs ;

j) les services basés sur performances qui nécessitent des niveaux minimaux de performances en vol sont fournis dans l'espace aérien désigné ;

k) l'automatisation de la gestion des courants proposera des solutions de congestion étagées qui maintiendront le risque de congestion à un niveau acceptable, en utilisant autant que possible des options d'intention spécifiques au vol. Les centres d'exploitation technique (FOC) recalculeront dynamiquement et communiqueront aux navigants, et à la gestion des courants, des actualisations d'options d'intentions et de priorité des options en fonction de l'évolution des conditions ;

l) gestion des courants sur base de temps, coordonnant les courants d'arrivées aux aéroports à trafic élevé.

1.4 **Élément 1 : fonctionnalités embarquées perfectionnées**

1.4.1 Cet élément est axé sur des fonctionnalités embarquées qui aident les pilotes à éviter les phénomènes météorologiques et d'autres aéronefs, améliorant ainsi la sécurité. Des exemples de pareilles fonctionnalités sont ADS-B IN, les échanges d'information air-air et l'intégration des conditions météo dans des outils d'automatisation basés en cockpit. Cet élément est aussi axé sur l'élaboration de normes harmonisées à l'échelle mondiale pour les échanges de données de trajectoires entre le sol et les systèmes d'avionique embarqués tels que le FMS.

1.5 **Élément 2 : Détection et résolution des problèmes**

1.5.1 Cet élément continuera l'évolution vers l'emploi d'outils de soutien décisionnaire ATM, par les ANSP et les utilisateurs, aboutissant à des manœuvres sur les profils de descente les plus économiques. Sur la base de l'expérience acquise dans la conception et le déploiement de fonctionnalités initiales, des extensions seront développées pour générer des solutions de profils d'arrivée plus efficaces et opérationnellement plus acceptables. Cet élément explorera aussi des moyens de négociation directe d'automatisation à automatisation pour faciliter la recherche de solutions ATM mutuellement acceptables. Cet élément visera aussi à obtenir le modèle de trajectoire le plus précis dans le système, à l'usage de toutes les fonctions d'automatisation. Cela comporte l'insertion dans l'automatisation de toutes les autorisations données à des aéronefs, en employant des solutions générées par l'automatisation pour que les contrôleurs puissent plus facilement entrer les autorisations et recevoir des données de vol spécifiques provenant des aéronefs, à inclure dans les calculs de trajectoires et toutes options de résolution.

1.6 **Élément 3 : Gestion des courants de trafic et métriques basées sur le temps**

1.6.1 Cet élément harmonisera l'automatisation de la gestion des courants de trafic, qui prédit de façon continue la demande et la capacité de toutes les ressources du système, et il indiquera quand le risque de congestion de toute ressource (aéroport ou espace aérien) sera prédit en dépassement d'un risque acceptable. Les informations venant des FOC ou des équipages de conduite indiquent les options d'intention et les préférences, de sorte que les réactions des utilisateurs et les ajustements de 4DT pour traiter les contraintes telles que la météo soient pris en compte avant que l'ANSP agisse. La gestion du trafic agira sous la forme de réajustement de routes et de temps en fonction des ressources encombrées. L'élément de résolution du problème créera une manœuvre répondant à toutes les contraintes du système.

2. OBJECTIF D'AMÉLIORATION OPÉRATIONNELLE DES PERFORMANCES

2.1 Des métriques pour déterminer le succès du module sont proposées dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

Capacité	Des vols additionnels sont possibles à cause de la charge de travail réduite des contrôleurs. Des décisions moins conservatrices sur l'utilisation de l'espace aérien aboutissent à permettre qu'un plus grand nombre d'aéronefs puissent traverser la zone concernée. De plus, la

	capacité d'arrivée/de départ sera augmentée car il sera possible de mieux planifier les courants à l'entrée et à la sortie de l'aéroport.
Efficacité	Normes d'avionique harmonisées. Les utilisateurs seront mieux en mesure de planifier et recevoir leur trajectoire préférée.
Environnement	Coûts plus bas et bénéfices environnementaux grâce à une moindre consommation de carburant.
Sécurité	a) meilleure conscience de la situation parmi les navigants ; b) réduction des conflits entre aéronefs et davantage de temps pour résoudre les conflits qui existent ; c) nombre d'incidents.
Analyse coûts-bénéfices	L'analyse économique est encore en attente dans le cadre du développement de ce module, qui est dans la phase de recherche. L'expérience récente de l'utilisation d'informations météorologiques perfectionnées pour améliorer la prise de décision en ATM par les parties prenantes s'est révélée positive à cause des bénéfices d'une planification plus efficace des vols et d'une moindre perturbation dans les trajectoires préférées par les utilisateurs.

3. PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)

3.1 L'utilisation d'ADS-B/CDTI et d'autres fonctionnalités de cockpit à l'appui de l'évitement d'aéronefs est encore au stade de la recherche et nécessitera l'élaboration de procédures, y compris les rôles des ANSP.

3.2 Pour les actions stratégiques, les procédures nécessaires existent fondamentalement pour que les ANSP et les utilisateurs collaborent sur les décisions de trajectoires de vol. Des extensions de ces procédures devront être élaborées pour traduire l'utilisation de meilleures fonctionnalités automatisées d'appui des décisions, y compris négociation automatisation à automatisation.

3.3 Pour les actions stratégiques, les procédures nécessaires existent fondamentalement pour que les ANSP et les utilisateurs collaborent sur les décisions de trajectoires de vol. Des extensions de ces procédures devront être élaborées pour traduire l'utilisation de meilleures fonctionnalités automatisées d'appui des décisions, y compris négociation automatisation à automatisation.

4. FONCTIONNALITÉES NÉCESSAIRES DU SYSTÈME (AIR ET SOL)

4.1 Avionique

4.1.1 Pour cet élément de plus long terme, la technologie nécessaire est encore en préparation. Les fonctionnalités embarquées, par exemple RTA, existent mais des applications sont encore à l'étude pour appuyer leur extension (par exemple RTA multiples).

4.2 Systèmes au sol

4.2.1 Pour l'élément de plus long terme, la technologie nécessaire est encore en préparation. Pour la technologie basée au sol, des recherches sont en cours sur des outils de soutien décisionnaire qui produisent des solutions d'efficacité de carburant, et soutiennent le développement automatisé de possibles stratégies d'atténuation. Il faut aussi travailler à l'incorporation des données des systèmes embarqués dans des modèles de trajectoire au sol pour assurer la trajectoire la plus précise.

5. PERFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations de facteurs humains

5.1.1 Ce module est encore dans la phase de recherche et développement, de sorte que les considérations de facteurs humains sont encore dans un processus d'identification par modélisations et tests bêta. Des itérations futures du document deviendront plus spécifiques au sujet des processus et procédures nécessaires pour prendre en compte les considérations de facteurs humains. On mettra particulièrement l'accent sur l'identification des problèmes d'interface homme-machine, s'il y en a, et la détermination de stratégies d'atténuation des risques élevés pour en tenir compte.

5.2 Besoins en formation et compétences

5.2.1 Ce module exposera finalement un certain nombre de prescriptions de formation du personnel. Quand elles auront été élaborées, elles seront incluses dans la documentation à l'appui de ce module et leur importance sera expliquée. De plus, toutes prescriptions de compétences qui seront recommandées feront partie des besoins de réglementation avant la mise en œuvre de cette amélioration des performances.

6. BESOINS DE RÉGLEMENTATION/NORMALISATION ET PLAN D'ACTION (AIR ET SOL)

- Réglementation/normalisation : des actualisations sont nécessaires pour des échanges d'informations améliorés sol-sol et air-air dans :
    - Doc 4444 de l'OACI, *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien*
    - Doc xxxx de l'OACI, PANS-AIM (publication prévue pour 2016)
    - FAA AC TBD, EASA AMD TBD
- Plans d'approbation : à déterminer.

6.1 Élément 1 : Fonctions embarquées avancées

6.1.1 Il faudra élaborer des normes internationales pour les échanges d'informations entre systèmes, à l'appui de ces opérations. Cela inclut l'élaboration de normes mondiales pour l'échange d'informations de trajectoire entre le sol et l'air.

6.1.2 Il faudra élaborer des normes internationales pour les échanges d'informations entre systèmes à l'appui de ces opérations. Cela inclut l'élaboration de normes mondiales pour l'échange d'informations de trajectoire entre le sol et l'air, y compris des normes mondiales pour les échanges

d'informations de trajectoire et les décisions de certification sur les affichages embarqués et la diffusion. La diffusion inclut les échanges air-sol aussi bien qu'air-air de ces observations via ADS-B.

7. ACTIVITÉS DE MISE EN ŒUVRE ET DE DÉMONSTRATION (connues au moment de la rédaction des présents textes)

7.1 Utilisation actuelle

7.1.1 Comme ce module est dans la catégorie long terme, il n'y a pas d'exemples d'utilisation opérationnelle. De nombreux organismes effectuent des recherches sur des applications ADS-B IN qui concernent l'évitement d'aéronefs via une fonctionnalité de cockpit. Ces recherches contribueront au travail à effectuer dans ce bloc.

7.2 Essais planifiés ou en cours

7.2.1 **Élément 1 :** Fonctions embarquées avancées

7.2.2 Il n'y a pas actuellement d'essais de démonstration planifiés dans le monde pour ce module. Il est nécessaire d'élaborer un plan dans le cadre de la collaboration sur ce module.

7.3 Documents de référence

- Annexe 10 de l'OACI — *Télécommunications aéronautiques*, Volume II — *Procédures de communications, y compris celles qui ont le statut de PANS* ; Doc 4444 de l'OACI, *Procédures pour les services de la circulation aérienne — Gestion du trafic aérien*

- Doc 9694 de l'OACI, *Manuel des applications de la liaison de données aux services de la circulation aérienne*

- Concepts opérationnels NextGen et SESAR

- EUROCAE ED-100A/RTCA DO-258A, Interoperability Requirements for ATS Applications using ARINC 622 Data Communications

- EUROCAE ED-110/RTCA DO-280, Interoperability Requirements Standard for Aeronautical Telecommunication Network Baseline 1 (Interop ATN B1)

- EUROCAE ED-120/RTCA DO-290, Safety and Performance Requirements Standard For Initial Air Traffic Data Link Services In Continental Airspace (SPR IC)

- EUROCAE ED-122/RTCA DO-306, Safety and Performance Standard for Air Traffic Data Link Services in Oceanic and Remote Airspace (Oceanic SPR Standard)

- EUROCAE ED-154/RTCA DO-305, Future Air Navigation System 1/A – Aeronautical Telecommunication Network Interoperability Standard (FANS 1/A – ATN B1 Interop Standard)

- EUROCAE WG78/RTCA SC214 Safety and Performance requirements and Interoperability requirements.

7.4 **Documents d'approbation**

- Doc 4444 de l'OACI, *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien* (actualisation requise)
- Doc xxxx de l'OACI, PANS-AIM (publication prévue pour 2016)
- FAA AC TBD, EASA AMD TBD.

— FIN —