

APPENDICE A

MODULE N° B0-10 : AMÉLIORATION DES OPÉRATIONS GRÂCE À DE MEILLEURES TRAJECTOIRES EN ROUTE

Résumé	Permettre l'utilisation de l'espace aérien qui serait autrement exclu (espace aérien à usage spécial) et l'adoption d'itinéraires flexibles adaptés à des circuits de circulation donnés. Le nombre d'itinéraires possibles sera ainsi augmenté, ce qui réduira l'encombrement sur les routes principales et aux points d'intersection de grande activité, et par conséquent la durée des vols et la consommation de carburant.	
Principale incidence sur la performance selon le Doc 9854	Domaines-clés de performance (KPA) : KPA-01 – Accès et équité, KPA-02 – Capacité, KPA-04 – Efficacité, KPA-05 – Impact environnemental, KPA-06 – Souplesse, KPA-09 – Prévisibilité.	
Environnement opérationnel/phases de vol	En route, région terminale	
Application	Applicable à l'espace aérien en route et en région terminale. Les avantages se feront d'abord sentir au plan local. Plus l'espace aérien touché sera grand, plus les avantages seront importants, en particulier pour les aspects liés aux routes flexibles. Les avantages toucheront particulièrement certains vols et certains courants de trafic. L'application s'étendra naturellement sur une longue période au fur et à mesure du développement du trafic. Les caractéristiques peuvent être introduites graduellement, en commençant par les plus simples.	
Éléments du concept mondial selon le Doc 9854	AOM – Organisation et gestion de l'espace aérien AUO – Opérations des usagers de l'espace aérien DCB – Équilibre entre la demande et la capacité	
Initiatives du Plan mondial (GPI)	GPI-1 : Utilisation flexible de l'espace aérien GPI-4 : Alignement des classifications de l'espace aérien supérieur GPI-7 : Gestion dynamique et flexible des routes dans l'espace aérien GPI-8 : Conception et gestion de l'espace aérien en collaboration	
Interdépendance	Aucune	
Liste de contrôle de l'état de préparation du système mondial		État (prêt, ou date prévue)
	Normes	✓
	Avionique	✓
	Systèmes sol	✓
	Procédures	✓
	Approbation des opérations	✓

1. DESCRIPTION

1.1 Présentation générale

1.1.1 Dans de nombreuses régions, les itinéraires de vol offerts par les services de la circulation aérienne (ATS) sont statiques et lents à s'adapter à l'évolution rapide des besoins opérationnels des usagers, en particulier pour les paires de villes long-courrier. Dans certaines régions du monde, les structures de routes régionales traditionnelles sont dépassées et deviennent des facteurs contraignants en raison de leur manque de souplesse.

1.1.2 Les moyens de navigation des aéronefs modernes sont un argument impératif en faveur du passage d'une structure de routes fixe à une structure plus flexible. Les vents en altitude, qui changent constamment, ont une incidence directe sur la consommation de carburant et, partant, sur le bilan carbone. C'est là que les routes flexibles adaptées au jour le jour peuvent apporter un avantage. Les systèmes de planification des vols perfectionnés actuellement utilisés par les compagnies aériennes permettent maintenant de prédire et de valider des routes optimales sur une base quotidienne. De même, les systèmes sol des services ATS disposent de moyens de communication, de surveillance et de gestion des données de vol considérablement améliorés.

1.1.3 En utilisant les moyens déjà disponibles à bord des aéronefs et dans les systèmes sol de contrôle de la circulation aérienne (ATC), il est désormais possible de passer de routes fixes à des routes flexibles de manière progressive, ordonnée et efficace.

1.2 Niveau de base

1.2.1 Le niveau de base pour ce module varie d'un État et d'une région à l'autre. Cependant, bien que certains aspects aient déjà fait l'objet d'améliorations locales, le niveau de base correspond généralement à une fonction d'organisation et de gestion de l'espace aérien caractérisée, à tout le moins en partie, par les éléments suivants : intervention individuelle de l'État, réseau de routes fixes, zones de ségrégation permanentes, navigation classique ou utilisation limitée de la navigation de surface (RNAV), allocation rigide de l'espace aérien entre les autorités civiles et militaires. Lorsqu'elle existe, l'intégration des services ATS civils et militaires a permis d'éliminer certains problèmes, mais pas tous.

1.3 Changement apporté par le module

1.3.1 Ce module vise à améliorer les profils de vol pendant la phase en route grâce au déploiement et à l'application intégrale de procédures et de fonctionnalités pour lesquelles une solide expérience a déjà été acquise, mais qui n'ont pas été systématiquement exploitées, et qui sont de nature à améliorer l'utilisation de l'espace aérien.

1.3.2 Le module offre l'occasion d'exploiter les moyens fournis par la navigation fondée sur les performances (PBN) pour éliminer les contraintes de conception et permettre des opérations plus flexibles, tout en facilitant le traitement global des courants de trafic.

1.3.3 Le module comprend les éléments suivants :

- a) Planification de l'espace aérien : possibilité de planifier et de coordonner l'utilisation de l'espace aérien et de fournir des informations à son sujet. Cela comprend des applications de prise de décision en collaboration (CDM) pour l'espace aérien en route permettant de connaître à l'avance les demandes d'utilisation de l'espace

aérien, de tenir compte des préférences et de fournir de l'information sur les contraintes ;

- b) Utilisation flexible de l'espace aérien (FUA) permettant aussi bien d'utiliser l'espace aérien qui serait autrement exclu que de réserver des volumes appropriés à des utilisations spéciales ; cet élément comprend la définition de routes conditionnelles ;
- c) Routes flexibles : configurations de routes conçues pour des circuits de circulation particuliers.

1.3.4 Ce module est une première étape vers une organisation et une gestion optimisées de l'espace aérien, qui exigeraient cependant une assistance plus poussée. La mise en œuvre initiale de la PBN et de la RNAV, par exemple, tire profit des technologies sol et embarquées existantes et permet une collaboration élargie entre les fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP) et leurs partenaires : organismes militaires, usagers de l'espace aérien, États voisins.

1.4 **Élément 1 : Planification de l'espace aérien**

1.4.1 La planification de l'espace aérien comprend les activités d'organisation et de gestion de l'espace aérien avant le vol. Dans le présent contexte, elle désigne plus précisément les activités visant à améliorer la conception stratégique par une série de mesures permettant de mieux comprendre l'utilisation prévue de l'espace aérien et d'adapter la conception stratégique par des moyens pré-tactiques ou tactiques.

1.5 **Élément 2 : Utilisation flexible de l'espace aérien (FUA)**

1.5.1 L'utilisation flexible de l'espace aérien (FUA) est un concept de gestion de l'espace aérien selon lequel l'espace aérien ne doit pas être désigné comme un espace purement civil ou purement militaire, mais doit être considéré comme un espace continu dans lequel il faut répondre aux besoins de tous les usagers dans la plus grande mesure possible. Certaines activités exigent la réservation d'un volume d'espace aérien pour un usage exclusif ou spécifique pendant des périodes déterminées, en raison des caractéristiques des profils de vol ou des risques créés par ces activités et de la nécessité d'assurer une séparation effective et sûre par rapport au trafic aérien non participant. L'application efficace et harmonisée de la FUA exige des règles claires et cohérentes pour la coordination civilo-militaire qui doivent prendre en compte les besoins de tous les usagers et la nature de leurs différentes activités. Les procédures de coordination civilo-militaire, pour être efficaces, doivent s'appuyer sur des règles et des normes garantissant un usage efficace de l'espace aérien par tous les usagers. Il est essentiel de favoriser la coopération entre les États voisins et de prendre en compte les opérations transfrontières lorsque l'on applique le concept FUA.

1.5.2 Lorsque différentes activités aéronautiques se déroulent dans le même espace aérien mais à des fins différentes, leur coordination doit viser à la fois la sécurité des vols et l'utilisation optimale de l'espace aérien disponible.

1.5.3 L'exactitude de l'information sur l'état de l'espace aérien et sur la situation concrète de la circulation aérienne, ainsi que la diffusion opportune de cette information aux contrôleurs civils et militaires, ont une incidence directe sur la sécurité et l'efficacité des opérations.

1.5.4 Il est indispensable que toutes les parties qui souhaitent bénéficier des structures de l'espace aérien mises à leur disposition aient accès en temps utile à de l'information à jour sur la situation de l'espace aérien lorsqu'elles déposent ou révisent leurs plans de vol.

1.5.5 L'évaluation à intervalles réguliers de l'utilisation de l'espace aérien est un moyen important d'accroître la confiance entre les fournisseurs de services civils et militaires et les usagers et constitue un outil essentiel pour améliorer la conception et la gestion de l'espace aérien.

1.5.6 La FUA doit être régie par les principes suivants :

- a) La coordination entre les autorités civiles et militaires doit être organisée aux niveaux stratégique, pré-tactique et tactique de la gestion de l'espace aérien grâce à l'établissement d'accords et de procédures pour accroître la sécurité et la capacité de l'espace aérien et améliorer l'efficacité et la flexibilité des opérations aériennes ;
- b) La cohérence de la gestion de l'espace aérien, de la gestion des courants de trafic et des services de la circulation aérienne doit être assurée et maintenue aux trois niveaux de gestion de l'espace aérien afin de garantir, dans l'intérêt de tous les usagers, l'efficacité de la planification, de l'allocation et de l'utilisation de l'espace aérien ;
- c) La réservation de l'espace aérien à des fins exclusives ou spécifiques par des catégories d'usagers doit être provisoire, limitée à des périodes liées à un usage effectif et levée dès que l'activité à l'origine de cette réservation est terminée ;
- d) Les États doivent favoriser la coopération en vue de l'application effective et cohérente du concept de FUA à travers les frontières nationales et/ou les limites des régions d'information de vol, et en particulier régler les questions relatives aux activités transfrontières ; cette coopération doit couvrir tous les aspects juridiques, opérationnels et techniques pertinents ;
- e) Les organes ATS et les usagers doivent utiliser l'espace aérien disponible de manière optimale.

1.6 **Élément 3 : Routes flexibles**

1.6.1 L'établissement de routes flexibles consiste à concevoir des routes (ou des trajectoires) tenant compte des circuits de circulation et d'autres facteurs variables comme les conditions météorologiques. Ce concept, utilisé sur l'Atlantique Nord depuis des décennies, peut être élargi pour prendre en compte les courants saisonniers ou de fin de semaine et les événements spéciaux, et s'adapter généralement aux conditions météorologiques, en offrant un éventail de routes plus proches des préférences des usagers pour les courants de trafic visés.

1.6.2 Lorsqu'ils existent déjà, les systèmes de routes flexibles peuvent être améliorés en fonction des nouveaux moyens de l'ATM et des aéronefs, comme la PBN et la surveillance dépendante automatique (ADS).

1.6.3 L'une des applications actuelles de cet élément est la planification dynamique des routes aériennes (DARP) appliquée dans la région Pacifique, qui prévoit des routes flexibles grâce à une

séparation horizontale réduite à 30 NM, associée à la RNP 4, à l'ADS et aux communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC).

1.6.4 Les conditions météorologiques de convection, en particulier la convection en profondeur associée aux cumulus bourgeonnants et/ou aux cumulonimbus, causent de nombreux retards dans le système actuel en raison des dangers qu'elles présentent (givrage fort, turbulence forte, grêle, orages, etc.), de leur caractère souvent localisé et des échanges intensifs de communications vocales exigés par les réacheminements complexes qu'elles nécessitent en vol. L'automatisation moderne des communications de données permettra de fournir les nouvelles trajectoires visant à éviter ces phénomènes de convection beaucoup plus rapidement et efficacement. Cette amélioration opérationnelle accélérera la délivrance des autorisations et entraînera une réduction des retards et des distances parcourues en conditions de convection.

2. AMÉLIORATION DE PERFORMANCE OPÉRATIONNELLE ATTENDUE

2.1 Des critères permettant de mesurer le succès du module sont proposés dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

<i>Accès et équité</i>	Amélioration de l'accès à l'espace aérien grâce à une réduction des zones de ségrégation permanente.
<i>Capacité</i>	Le fait de disposer de plus de routes possibles permet de réduire l'encombrement sur les routes principales et aux points d'intersection de grande activité. L'utilisation flexible de l'espace aérien améliore les possibilités de séparation horizontale des vols. La PBN contribue à réduire l'espacement entre les routes et la séparation entre les aéronefs, ce qui permet de réduire la charge de travail des contrôleurs par vol.
<i>Efficacité</i>	Les différents éléments permettent d'établir des trajectoires plus proches de la trajectoire optimale en réduisant les contraintes qu'impose une configuration permanente. En particulier, le module réduira la longueur des vols et la consommation de carburant et les émissions qui y sont associées. Les économies potentielles représentent une partie importante des lacunes d'efficacité liées à l'ATM. Le module réduira le nombre de déroutements et d'annulations et aidera à éviter les zones sensibles au bruit.
<i>Impact environnemental</i>	La consommation de carburant et les émissions seront réduites, mais la zone de formation des émissions et des traînées de condensation pourra être élargie.
<i>Flexibilité</i>	Les différentes fonctions tactiques permettent de réagir rapidement aux changements de conditions.
<i>Prévisibilité</i>	Grâce à l'amélioration de la planification, les parties prenantes pourront anticiper les situations et mieux s'y préparer.
<i>Rapport coût-efficacité</i>	Élément 2 : FUA À titre d'exemple, plus de la moitié de l'espace aérien des Émirats arabes unis (EAU) est militaire. Actuellement, le trafic civil est concentré dans la partie septentrionale du pays. L'ouverture de cet espace aérien permettrait de réaliser annuellement des économies d'environ : a) 4,9 millions de litres de carburant ;

	b) 581 heures de vol. Aux États-Unis, une étude réalisée pour la NASA par <i>Datta and Barington</i> indique que l'utilisation dynamique de la FUA pourrait apporter des économies allant jusqu'à 7,8 millions de dollars (dollars de 1995). Élément 3 : Routes flexibles. Les premières modélisations de routes flexibles indiquent que sur un vol intercontinental de 10 heures, les compagnies aériennes pourraient réduire le temps de vol de six minutes, la consommation de carburant de 2 % et les émissions de CO₂ de 3000 kg. Ce gain d'efficacité aide directement l'industrie à atteindre ses objectifs environnementaux. Les programmes de routes flexibles ont notamment apporté, dans l'écoulement à l'échelle d'une sous-région, les avantages suivants : a) Une réduction des coûts d'exploitation des vols (1 à 2 % des coûts d'exploitation pour les vols long-courrier) ; b) Une réduction de la consommation de carburant (1 à 2 % sur les vols long-courrier) ; c) Une utilisation plus efficace de l'espace aérien (accès à l'espace aérien situé en dehors de la structure des voies aériennes fixes) ; d) Une planification plus dynamique des vols (possibilité pour les compagnies aériennes de tirer profit des systèmes de planification de vol avancés) ; e) Une amélioration du bilan carbone (réduction de plus de 3000 kg de CO₂ sur les vols long-courrier) ; f) Une réduction de la charge de travail des contrôleurs (aéronefs déployés sur une zone plus large) ; g) Une augmentation de la capacité passagers et fret des vols participants (environ 10 passagers supplémentaires sur les vols long-courrier).
--	---



Comparaison du temps de vol et de la consommation de carburant pour des routes fixes et flexibles sur des vols Sao Paulo-Dubai pendant l'année 2010 (Source : Analyse préliminaire des avantages du système iFLEX de l'IATA)

Dans son rapport, l'équipe spéciale NextGen du RTCA américain estime que le système permettrait de réduire d'environ 20 % les erreurs opérationnelles ; d'accroître la productivité de 5 à 8 % (à court terme ; l'amélioration atteindrait 8 à 14 % sur la durée) ; d'accroître la capacité (non quantifié). Les avantages annuels pour les exploitants se chiffraient en 2018 à 39 000 \$ (en dollars de 2008) par aéronef équipé et atteindraient 68 000\$ par aéronef en 2025, selon la décision d'investissement initiale de la FAA. Dans le scénario débit-capacité élevés, les avantages totaux pour les exploitants s'élèveraient (en dollars de 2008) à 5,7 milliards de dollars sur la durée de vie totale du programme (2014-2032, selon la décision d'investissement initiale de la FAA).

3. PROCÉDURES REQUISES (AIR ET SOL)

3.1 La plupart des procédures requises existent déjà. Elles devront peut-être être complétées au plan local par des éléments indicatifs et des processus pratiques. Cependant, l'expérience d'autres régions peut être utile, et adaptée aux conditions locales.

3.2 L'élaboration de procédures ATM nouvelles et/ou révisées est automatiquement comprise dans la définition et l'élaboration des éléments de la liste. Cependant, étant donné l'interdépendance entre certains des modules, il faut veiller, dans l'élaboration des procédures ATM requises, à assurer une transition cohérente et sans à-coups entre les modules.

3.3 Les besoins de l'espace aérien (RNAV, RNP et valeur de performance requise) peuvent exiger l'élaboration de nouvelles procédures ATS et de nouvelles fonctions des systèmes sol. Certaines des procédures ATS requises pour ce module sont liées aux processus de notification, de coordination et de transfert de contrôle, soutenus par l'échange de messages (Module B0-25).

3.4 **Élément 1 : Planification de l'espace aérien**

3.4.1 Voir les observations générales ci-dessus.

3.5 **Élément 2 : FUA**

3.5.1 La circulaire de l'OACI intitulée *Coopération civilo-militaire dans la gestion du trafic aérien* (Cir 330) contient des éléments indicatifs et des exemples de bonne coopération civilo-militaire. On y reconnaît que la coopération, pour porter fruit, doit reposer sur la communication, l'éducation, le partage et la confiance.

3.6 **Élément 3 : Routes flexibles**

3.6.1 L'harmonisation des opérations sur des routes flexibles dans une région exige l'examen d'un certain nombre de questions et de besoins liés à l'exploitation, par exemple :

- a) l'adaptation des lettres d'entente ;
- b) la révision des procédures pour tenir compte de la possibilité que le transfert du contrôle se fasse à des points de repère autres que les points publiés ;
- c) l'utilisation, comme points d'intersection des limites de secteur ou de région d'information de vol (FIR), de la latitude/longitude ou du relèvement et de la distance par rapport aux points de repère publiés ;
- d) la révision des manuels et des pratiques actuelles des contrôleurs pour déterminer les changements à apporter à ces pratiques pour tenir compte des courants de trafic différents qui seront introduits par les routes flexibles ;
- e) l'identification des besoins de communication et de navigation spécifiques des aéronefs participants ;
- f) l'élaboration de procédures pour aider les services ATC à appliquer les minimums de séparation entre les vols utilisant la structure de voies aériennes fixes et les routes flexibles dans les phases tant stratégique que tactique ;
- g) l'élaboration d'une procédure de transition entre le réseau fixe et l'espace aérien à routes flexibles dans le plan tant horizontal que vertical. Dans certains cas, on pourra envisager d'appliquer les routes flexibles pendant un temps limité (par exemple pendant la nuit). Il faudra alors modifier les procédures ATM pour tenir compte des circuits de circulation de

nuit et permettre la transition entre les routes flexibles de nuit et les voies aériennes fixes de jour ;

h) l'élaboration de programmes de formation pour le personnel ATC.

4. MOYENS REQUIS DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1 Le déploiement de la PBN est en cours. Les avantages qu'elle comporte pour les vols peuvent en faciliter la diffusion, mais elle continuera d'être liée aux moyens des aéronefs.

4.1.2 Le réacheminement dynamique pourra exiger que les aéronefs soient reliés (système d'adressage et de compte rendu d'aéronefs (ACARS)) à leur centre d'exploitation des vols aux fins de la poursuite des vols et du téléchargement des nouvelles routes calculées par le système de planification de vols (FPS) du centre et qu'ils disposent, peut-être, de moyens FANS 1/A pour l'échange d'autorisations avec l'ATC.

4.2 Systèmes sol

4.2.1 La technologie existe déjà. Même la CDM peut être assurée par un portail Internet. Cependant, étant donné que les opérations aériennes sont mondiales, la normalisation de l'information et de sa présentation sera de plus en plus exigée (voir l'enchaînement 30 dans le SWIM).

4.2.2 Le concept FUA de base peut être mis en œuvre avec les techniques existantes. Néanmoins, l'utilisation avancée de routes conditionnelles exigera un système de décision en collaboration solide, comprenant notamment une fonction de traitement et d'affichage des routes flexibles ou directes indiquant la latitude et la longitude. Outre les points de repère publiés, il faut prévoir une fonction de coordination, qu'il faudra peut-être adapter pour permettre le transfert du contrôle au-dessus de points non publiés.

4.2.3 À l'heure actuelle, les systèmes FPS avancés reposent sur la détermination du profil de vol le plus efficace. Ce profil est calculé en fonction des coûts, du carburant, de la durée ou même d'une combinaison de ces facteurs. Toutes les compagnies aériennes utilisent des FPS plus ou moins perfectionnés et automatisés pour aider les agents techniques d'exploitation et les planificateurs de vol à vérifier, à calculer et à déposer les plans de vol.

4.2.4 En outre, les agents techniques d'exploitation devront vérifier que les autorisations de survol sont applicables pour les pays à survoler. Quelle que soit la route calculée, la compagnie aérienne doit toujours s'assurer avec soin que les NOTAM et toute autre condition restrictive sont vérifiés et validés avant de déposer un plan de vol. De plus, la plupart des compagnies aériennes sont tenues de mettre en œuvre un programme de poursuite ou de surveillance des vols pour informer les équipages de tout changement intervenu dans les hypothèses de planification de vol depuis les calculs initiaux.

5. PERFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations relatives au facteur humain

5.1.1 Les rôles et les responsabilités des contrôleurs et des pilotes ne sont pas modifiés. Cependant, le facteur humain a été pris en considération dans l'élaboration des processus et procédures associés à ce module. Lorsque l'automatisation est prévue, l'interface homme-machine a été prise en compte du point de vue tant fonctionnel qu'ergonomique. La possibilité de pannes latentes continue cependant d'exister et la vigilance est de mise dans toutes les opérations de mise en œuvre. Il est également demandé de signaler les problèmes de facteur humain identifiés au cours de la mise en œuvre à la communauté internationale, par l'intermédiaire de l'OACI, dans le cadre de toute initiative de compte rendu sur la sécurité.

5.2 Formation et qualification

5.2.1 La formation nécessaire est d'ores et déjà disponible et le changement est possible du point de vue du facteur humain. Ce module exige une formation en matière de normes et de procédures opérationnelles, sur laquelle on trouvera de l'information dans les documents dont les liens sont indiqués à la section 8 du présent module. De même, les exigences relatives aux qualifications sont incluses dans les exigences réglementaires figurant à la section 6, qui forment partie intégrante de la mise en œuvre de ce module.

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

- Réglementation/normalisation : appliquer les exigences publiées, notamment les éléments figurant à la section 8.4.
- Plans d'approbation : à déterminer en fonction des applications régionales. Prendre en compte les mandats régionaux de la PBN, le cas échéant.

6.1 Élément 1 : Planification de l'espace aérien

6.1.1 Voir les observations générales ci-dessus.

6.2 Élément 2 : FUA

6.2.1 Jusqu'à présent, l'article 3 de la Convention de Chicago exclut expressément les aéronefs d'État du champ d'application.

6.2.2 Les différences entre les besoins de l'aviation civile et de l'aviation militaire sont actuellement prises en compte par des politiques de dérogation pour les opérations et les services des aéronefs d'État. Certains États voient déjà une solution possible, pour les aéronefs d'État, dans la compatibilité optimale avec l'aviation civile, tout en répondant aux besoins militaires.

6.2.3 Les dispositions de l'OACI relatives à la coordination civilo-militaire permettant l'utilisation flexible de l'espace aérien figurent dans plusieurs Annexes, PANS et manuels.

6.2.4 L'Annexe 11 — *Services de la circulation aérienne* autorise les États à déléguer la responsabilité de la fourniture de services ATS à un autre État. Cependant, les États conservent la

souveraineté sur l'espace aérien ainsi délégué, en vertu de leur adhésion à la Convention de Chicago. Ce facteur peut exiger des efforts ou une coordination additionnels en matière de coopération civilo-militaire et doit être dûment pris en compte dans les accords bilatéraux ou multilatéraux.

6.3 **Élément 3 : Routes flexibles**

6.3.1 Lettres d'entente et lettres de coordination : Des lettres d'entente et/ou de coordination peuvent être nécessaires pour consigner les spécificités des opérations sur routes flexibles. Les procédures locales de transfert de contrôle, les horaires et les allocations de fréquences doivent être clairement spécifiés. Une méthode de répartition est également utile pour configurer les principaux courants unidirectionnels, comme les courants EUR-Caraïbes.

6.4 **Outil pratique commun : Procédures PBN**

6.4.1 Dans le concept d'espace aérien, les exigences PBN varient en fonction des moyens de communication et de surveillance et des moyens ATM, de l'infrastructure d'aides de navigation et des moyens fonctionnels et opérationnels nécessaires à l'application de l'ATM. Les exigences PBN dépendent également des moyens de navigation de repli non-RNAV disponibles et du degré de redondance requis pour assurer une continuité adéquate des fonctions.

6.4.2 Le choix des spécifications PBN pour une région ou un type d'opération doit être fait en consultation avec les usagers de l'espace aérien. Dans certaines régions, la RNAV est suffisante pour obtenir les avantages maximaux, alors que dans d'autres, comme les zones de relief proche à forte pente ou de trafic dense, la RNP la plus stricte peut être nécessaire. Les normes publiques internationales pour la PBN sont encore en évolution. La PBN internationale n'est pas très répandue. Selon l'équipe spéciale pour la PBN mondiale OACI/IATA, les normes et la réglementation internationales en matière de gestion de la circulation aérienne et les normes de vol des États accusent du retard sur les moyens embarqués.

6.4.3 Il est nécessaire d'harmoniser à l'échelle mondiale les spécifications, normes, procédures et pratiques RNP et de définir les fonctions communes des systèmes de gestion de vol pour assurer des procédures RNP prévisibles et répétables, comme les transitions à rayon fixé, les segments RF, l'heure d'arrivée requise (RTA), les routes parallèles décalées, la VNAV, le contrôle 4D, l'ADS-B, la liaison de données, etc.

6.4.4 Il sera peut-être nécessaire d'élaborer un document de gestion des risques de sécurité pour chaque procédure nouvelle ou amendée. Cette exigence prolongera les délais de mise en œuvre des nouvelles procédures, en particulier les procédures de vol fondées sur la PBN.

7. **ACTIVITÉS DE MISE EN OEUVRE ET DE DÉMONSTRATION (À LA DATE DE RÉDACTION)**

7.1 **Utilisation actuelle**

7.1.1 La plupart des éléments proposés ont déjà été mis en œuvre dans au moins une région.

7.1.2 Il convient de noter plus particulièrement les réalisations ci-après, qui peuvent servir d'exemples de mise en œuvre du module.

7.2 Élément 1 : Planification de l'espace aérien

- **Europe** : La planification de l'espace aérien est mise en œuvre dans les États européens au moyen de cellules de gestion de l'espace aérien et à l'échelle européenne au moyen du plan d'opérations de réseau (NOP), qui fournit des préavis d'activation/désactivation des zones de ségrégation et des routes conditionnelles.
- **LARA** : Le Système local et infrarégional de soutien de la gestion de l'espace aérien (LARA) est une initiative visant à améliorer la gestion de l'espace aérien (ASM) fondée sur les performances.

LARA fournit un logiciel d'application pour l'ASM. Ce système met l'accent sur l'automatisation aux plans local et régional pour la coordination civilo-militaire et militaire-militaire. Il vise à assurer un processus de prise de décision plus efficace et transparent entre les parties prenantes civiles et militaires pour améliorer la performance de l'ATM. LARA fournira également de l'information pour la coordination civilo-militaire à l'échelle du réseau pour appuyer la fonction MILO (fonction d'agent de liaison militaire au sein de l'organisme central de gestion des courants de trafic (CFMU)). L'application LARA servira aux fonctions suivantes :

- a) planification de l'espace aérien : gestion des réservations d'espace aérien ; intégration des données des courants de trafic aérien et de gestion de la capacité (ATFCM) dans le processus de planification de l'espace aérien; facilitation de l'analyse et de l'établissement d'un plan national/régional de l'espace aérien; évaluation des scénarios de réseau proposés et facilitation de la coordination en vue de la prise de décision au plan national ;
- b) situation de l'espace aérien : conscience commune en temps réel de la situation de l'espace aérien ;
- c) statistiques : en collectant des données sur l'espace aérien et en mesurant l'utilisation de l'espace aérien au moyen d'indicateurs de performances clés (KPI) civilo-militaires significatifs, le système LARA constituera des archives de données en vue d'une analyse ultérieure.

Un système de démonstration a été élaboré et essayé avec succès en janvier 2008. En 2009, le premier prototype et plusieurs versions successives du système LARA fondées sur ce prototype ont été livrés. Un essai de prise en charge d'un bloc d'espace aérien fonctionnel Europe centrale (FABEC) est en préparation.

7.3 Élément 2 : Utilisation flexible de l'espace aérien (FUA)

7.3.1 La FUA a été mise en œuvre en Europe dans les années 1990 et est régulièrement améliorée selon les besoins. Elle intègre les caractéristiques de planification de l'espace aérien décrites ci-dessus ainsi que des mécanismes de coordination pour assurer les mesures de coordination tactiques.

7.3.2 La prise de décision en collaboration (CDM) est mise en œuvre au NASCSC américain.

7.4 Éléments 3 : Routes flexibles

- **Atlantique Nord** : Mises en œuvre avec deux systèmes de routes organisées journaliers
- **Japon** : Coordination de l'utilisation de l'espace aérien : Pour coordonner les réacheminements visant à éviter la saturation de l'espace aérien ou les conditions météorologiques dangereuses, le contrôle de la gestion de la circulation aérienne (ATMC) et les compagnies aériennes partagent et utilisent la « liste de réacheminement » des routes entre paires de villes, établie et mise à jour en coordination avec les exploitants et les organes ATC. Cette liste simplifie la coordination et réduit efficacement la demande dans l'espace aérien encombré en plus de servir à déceler les variations dans l'écoulement du trafic. Les grandes compagnies aériennes peuvent assurer la coordination au moyen de postes de travail ATM. L'ATMC coordonne l'utilisation des zones de ségrégation pour les vols IFR avec les agents de liaison militaires, ce qui permet à ces vols d'utiliser ces zones en suivant les instructions ATC. Lorsque des vols IFR doivent pénétrer dans des zones de ségrégation en raison de conditions météorologiques défavorables, l'ATMC est en mesure d'assurer la coordination avec les agents de liaison militaires pour autoriser l'utilisation temporaire des zones d'entraînement ou d'essai militaires.
- **IATA** : L'IATA se propose de réaliser, en collaboration avec les compagnies Emirates Airlines et Delta, une validation de principe de la possibilité de routes flexibles sur les liaisons Dubai – Sao Paulo et Atlanta - Johannesburg respectivement. Le but de ces validations est de recueillir des données sur les performances, de mesurer des résultats tangibles et d'identifier les ajustements à apporter des points de vue opérationnel, procédural et technique. En fonction des résultats de la validation de principe, un essai opérationnel à participation élargie pourra être réalisé. Les compagnies aériennes et les fournisseurs de services de navigation aérienne pourront ainsi tirer profit de l'expérience et fournir des indications utiles sur les possibilités de mise en œuvre de routes flexibles.
- **États-Unis** : La FAA a publié plusieurs procédures PBN pour mettre en œuvre des routes plus directes, permettant de gagner du temps, d'économiser du carburant et de réduire les émissions. Plus précisément, la FAA a publié 50 autorisations RNP requises et 12 routes RNAV.

La compagnie Alaska Airlines économise plus de 217 milles de vol par jour et près de 200 000 gallons de carburant par année grâce à l'utilisation de routes parallèles, ou routes Q, entre Seattle, Portland et Vancouver à une extrémité, et les aéroports de la baie de San Francisco et de la région de Los Angeles à l'autre. Les routes parallèles initiales ont été créées en 2004 en partenariat avec la FAA.

- **Régions océaniques** : Région du Pacifique : Système de planification dynamique des routes aériennes (DARPS), associé à des routes flexibles et à une séparation horizontale réduite à 30 NM grâce à la RNP 4, à la surveillance dépendante automatique (ADS) et aux communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC).

7.5 Activités prévues ou en cours

- **Initiative pour réduire les émissions - Asie et Pacifique Sud (ASPIRE)**

En utilisant des technologies de pointe et des procédures océaniques (ATOP) de prévision de conflit et des techniques améliorées de communication avec les exploitants, un petit nombre de vols de démonstration de trajectoires océaniques optimales ont été réalisés en 2008 en partenariat avec Air Europa. Des économies de carburant de 0,5 - 1 % ont été enregistrées au cours de ces vols de démonstration, ce qui a confirmé la valeur du concept. En 2009, 119 autres vols de démonstration de trajectoires océaniques optimales ont été effectués au-dessus de l'Atlantique avec d'autres partenaires. Selon une analyse initiale des données, les économies de carburant réalisées sur ces vols grâce aux nouveaux itinéraires ont été en moyenne de 1,4 %, soit environ 230 gallons de carburant et plus de 2 tonnes de dioxyde de carbone de moins par vol.

Les démonstrations de 2008 et 2009 n'ont porté que sur des routes en direction ouest et des réacheminements latéraux. En 2010, les essais des procédures de réacheminement latéral se sont poursuivis et la FAA a commencé à étudier les avantages de réacheminements dans le plan vertical et en direction est. En outre, des procédures de montée et de descente avec surveillance dépendante automatique en mode contrat ont été appliquées lors d'un essai opérationnel au-dessus de l'océan Pacifique pour étudier une réduction de la séparation en région océanique de 30 à 15 milles, dans le but de permettre des itinéraires plus efficaces et privilégiés par les usagers.

Les États-Unis, l'Australie et la Nouvelle-Zélande ont lancé en 2008 l'initiative ASPIRE. Le Japon s'y est joint en octobre 2009 et Singapour en janvier 2010. United Airlines, Qantas et Air New Zealand ont réalisé les premiers vols de démonstration. Dans son premier vol de démonstration, effectué sur un Boeing 747 entre Honolulu et Osaka, Japan Airlines a étudié des concepts Nextgen tels que la route privilégiée par l'utilisateur et le réacheminement dynamique en vol, ainsi qu'un certain nombre de techniques de réduction de la masse et de la consommation de carburant. Dans les démonstrations de réduction d'émissions porte à porte sur des routes transpacifiques, l'économie moyenne de carburant en route s'est élevée à 2,5 %.

Le rapport annuel de 2009 sur l'initiative ASPIRE, publié avant la participation du Japon, indique que si les 156 vols transpacifiques hebdomadaires reliant l'Australie, la Nouvelle-Zélande, les États-Unis et le Canada appliquaient tous les conditions adoptées pour ses démonstrations, les compagnies aériennes économiseraient plus de 10 millions de gallons de carburant et éviteraient plus de 100 000 tonnes d'émissions de carbone par année. Air New Zealand a inclus l'initiative ASPIRE parmi les facteurs importants ayant contribué à l'économie de carburant de 10 % et à la réduction de plus de 385 000 tonnes d'émissions de carbone qu'elle a enregistrées au cours de l'exercice 2009 par comparaison avec l'année précédente.

- **Procédure de réacheminement dynamique en vol (DARP)**

La procédure DARP consiste à utiliser les six mises à jour des vents et des prévisions de température en altitude effectuées à toutes les heures pour modifier effectivement la planification des vols en route. Ce processus peut être complété au fur et à mesure de la

disponibilité des prévisions. La procédure est amorcée lorsque l'aéronef envoie par liaison de données au centre de régulation des vols d'Air New Zealand à Auckland une demande de DARP. Dès que les dernières prévisions de vent et de température deviennent disponibles, l'agent technique d'exploitation recalcule la trajectoire optimale à partir d'un point prédéterminé situé juste à l'avant de la position actuelle de l'aéronef en vol. Une fois calculée, la trajectoire révisée est transmise à l'équipage sur la liaison montante. L'équipage envoie alors par liaison descendante au centre de contrôle océanique une demande d'itinéraire révisé et, lorsqu'il reçoit l'autorisation, accepte l'itinéraire révisé en le saisissant dans la partie active de l'ordinateur de gestion de vol (FMC). Les économies réalisées varient beaucoup d'un jour à l'autre en fonction de l'exactitude de la prévision initiale, mais en moyenne un vol Auckland-San Francisco économise 70 gallons américains de carburant.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

8.1 Normes

- Doc 4444 de l'OACI, *Procédures pour les services de navigation aérienne - Gestion du trafic aérien*, Chapitre 5

8.2 Éléments indicatifs

- Doc 9426, *Manuel de planification des services de la circulation aérienne*
- Doc 9554, *Manuel concernant les mesures de sécurité relatives aux activités militaires pouvant présenter un danger pour les vols des aéronefs civils*
- Doc 9613, *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*
- Doc 9689, *Manuel sur la méthode de planification de l'espace aérien pour l'établissement de minimums de séparation*
- Manuel de l'OACI sur la prise de décision en collaboration (CDM) et sur la gestion des courants de trafic aérien (ATFM) (en préparation)
- Circulaire 330 AN/189, *Coopération civilo-militaire dans la gestion du trafic aérien*

8.3 Documents d'approbation

- Doc 9426, *Manuel de planification des services de la circulation aérienne*
- Doc 9689, *Manuel sur la méthode de planification de l'espace aérien pour l'établissement de minimums de séparation*
- Doc 9613, *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*
- Doc 9554, *Manuel concernant les mesures de sécurité relatives aux activités militaires pouvant présenter un danger pour les vols des aéronefs civils*
- Circulaire 330 AN/189, *Coopération civilo-militaire dans la gestion du trafic aérien*

APPENDICE B

MODULE N° B0-35 : AMÉLIORATION DE L'ÉCOULEMENT DU TRAFIC GRÂCE À UNE PLANIFICATION BASÉE SUR UNE VUE D'ENSEMBLE DU RÉSEAU

Résumé	La gestion des courants de trafic aérien (ATFM) sert à gérer l'écoulement du trafic de manière à réduire au minimum les retards et à accroître le plus possible l'utilisation de l'ensemble de l'espace aérien. L'ATFM permet de réguler l'écoulement du trafic notamment par l'attribution de créneaux de départ, l'étalement du trafic, la gestion de la vitesse d'entrée dans l'espace aérien le long d'axes de trafic, la gestion des heures d'arrivée aux points de cheminement ou aux limites des régions d'information de vol (FIR)/secteurs et le réacheminement du trafic pour éviter les zones saturées. L'ATFM peut également aider à régler les perturbations du système, notamment les crises causées par des phénomènes humains ou naturels.	
Principale incidence sur la performance selon le Doc 9854	KPA-01 – Accès et équité, KPA-02 – Capacité, KPA-04 – Efficacité, KPA-05 – Impact environnemental, KPA-08 – Participation de la communauté ATM; KPA-09 – Prévisibilité.	
Environnement opérationnel/Phases de vol	Avant le vol, en partie pendant le vol.	
Application	Région ou sous-région	
Éléments du concept mondial selon le Doc 9854	DCB – Équilibre entre la demande et la capacité TS – Synchronisation du trafic AOM – Organisation et gestion de l'espace aérien	
Initiatives du Plan mondial (GPI)	GPI-1 : Utilisation flexible de l'espace aérien GPI-6 : Gestion des courants de trafic aérien GPI-8 : Conception et gestion de l'espace aérien en collaboration	
Interdépendance	Aucune	
Liste de contrôle de l'état de préparation du système mondial		État de préparation (prêt, ou date prévue)
	Normes	2013
	Avionique	s/o
	Systèmes sol	✓
	Procédures	2013
	Approbation des opérations	2013

1. DESCRIPTION

1.1 Présentation générale

1.1.1 Les techniques et procédures comprises dans ce module prennent en compte l'expérience et l'état le plus récent des systèmes ATFM en place dans certaines régions, qui se sont développés face aux déséquilibres entre la demande et la capacité. Des séminaires sur l'ATFM tenus dans le monde entier et des contacts bilatéraux ont permis de diffuser les bonnes pratiques.

1.1.2 L'expérience indique clairement les avantages que présente une gestion cohérente et collaborative des courants de trafic dans une zone géographique suffisamment grande pour bien tenir compte des effets de réseau. Le concept d'ATFM et d'équilibre entre la demande et la capacité (DCB) doit être mis davantage à profit chaque fois que cela est possible. L'ensemble du système peut profiter d'améliorations des procédures dans ces domaines et de la création d'outils de collaboration entre les acteurs.

1.1.3 De façon générale, pour atteindre les objectifs visés, à savoir équilibrer la demande et la capacité, réduire les retards au minimum et éviter l'encombrement, les goulots d'étranglement et la surcharge, l'approche ATFM consiste à gérer les courants de trafic en trois phases principales. Chaque vol passe habituellement par ces trois phases avant d'être traité par les services ATC.

1.1.4 La phase ATFM stratégique a lieu entre les quelques mois et les quelques jours qui précèdent le vol. Au cours de cette phase, la demande de trafic aérien prévue et la capacité ATC potentielle sont comparées. Des objectifs sont établis pour chaque organe ATC pour qu'il puisse assurer la capacité requise. Ces objectifs sont révisés tous les mois afin de réduire au minimum l'impact du manque de capacité sur les usagers de l'espace aérien. Parallèlement, on évalue le nombre de vols et les itinéraires prévus par les exploitants afin d'élaborer un schéma d'acheminement du trafic, en équilibrant les courants de trafic, pour garantir l'utilisation maximale de l'espace aérien et réduire les retards au minimum.

1.1.5 L'ATFM pré-tactique désigne les mesures prises dans les derniers jours avant le jour des opérations. En se fondant sur les prévisions de trafic, sur l'information reçue de chaque centre ATC relié au service ATFM et sur les données statistiques et historiques, on établit pour le lendemain un message de notification ATFM (message ANM), qui est approuvé par un processus de collaboration. Le message ANM définit le plan tactique pour la journée suivante (d'opérations) et informe les exploitants d'aéronefs et les organes ATC des mesures ATFM qui seront en vigueur le lendemain. Le but de ces mesures n'est pas de restreindre mais de gérer l'écoulement du trafic de manière à réduire les retards et à utiliser au maximum l'ensemble de l'espace aérien.

1.1.6 L'ATFM tactique désigne les mesures prises le jour des opérations. Les vols effectués pendant cette journée bénéficient des mesures ATFM, c'est-à-dire de l'attribution d'heures de départ individuelles, de réacheminements pour éviter les goulots d'étranglement et de profils de vol de rechange visant un maximum d'efficacité.

1.1.7 Avec le temps, l'ATFM a été utilisé pour résoudre les perturbations du système et évolue maintenant vers la notion de gestion de la performance du réseau, notamment la gestion des crises découlant de phénomènes humains ou naturels.

1.2 Niveau de base

1.2.1 Il est difficile de décrire un niveau de base précis. La nécessité de l'ATFM s'est faite jour à mesure qu'augmentait la densité du trafic et elle a pris forme progressivement. Ce besoin s'étend graduellement à tous les continents et même lorsqu'il n'existe pas de problème de capacité globale, il est utile de gérer l'écoulement du trafic dans un volume d'espace aérien d'une échelle supérieure à celle du secteur ou de l'ACC, si l'on veut mieux planifier les ressources, prévoir les problèmes et prévenir les situations non désirées.

1.3 Changement apporté par le module

1.3.1 L'ATFM s'est développée progressivement au cours des trente dernières années. L'expérience européenne montre que des étapes clés ont été nécessaires pour pouvoir prédire la charge de trafic du lendemain avec précision, pour s'écarter de mesures définies comme une vitesse d'entrée dans une partie d'espace aérien donnée (et non comme un créneau de départ) pour s'orienter vers des mesures mises en œuvre avant le décollage prenant en considération les courants et la capacité d'une zone élargie. Plus récemment, l'on a reconnu l'importance de proposer des itinéraires de rechange plutôt qu'un simple diagnostic de retard, ce qui empêche la surréservation de capacité. Les services ATFM offrent un éventail de services Internet ou d'entreprise aux organes ATC, aux aéroports et aux exploitants d'aéronefs, ce qui revient à mettre effectivement en œuvre plusieurs applications CDM.

1.3.2 La régulation de l'écoulement du trafic par l'ATFM consiste notamment à adopter les mesures suivantes :

- a) créneaux horaires de départ garantissant qu'un vol sera en mesure de traverser les secteurs qui se trouvent le long de sa trajectoire sans engendrer de courant excédentaire ;
- b) vitesse d'entrée dans une partie donnée d'espace aérien pour le trafic évoluant dans un certain axe ;
- c) heure demandée d'arrivée à un point de cheminement ou à une limite de FIR/secteur le long de la trajectoire ;
- d) distance dans le sillage (MIT) pour étaler le trafic le long d'un axe de trafic ;
- e) réacheminement du trafic pour éviter les zones saturées ;
- f) séquençage des vols au sol par l'application d'intervalles entre les heures de départ (MDI) ;
- g) établissement de niveaux maximaux ;
- h) maintien de certains avions au sol pendant quelques minutes (« ne pas décoller avant »).

1.3.3 Ces mesures ne sont pas mutuellement exclusives. La première a permis de régler le problème que posait en Europe, avant la création du CFMU, l'adoption indépendante par plusieurs organes ATFM de multiples mesures de régulation de l'écoulement du trafic ayant une incidence les unes sur les autres ; cette mesure s'est révélée plus efficace que la deuxième, qui est antérieure au CFMU.

2. AMÉLIORATION DE PERFORMANCE OPÉRATIONNELLE ATTENDUE

2.1 Des critères permettant de mesurer le succès du module sont proposés dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

Accès et équité	Amélioration de l'accès en évitant la perturbation du trafic lorsque la demande
-----------------	---

	excède la capacité. Les processus ATFM assurent une distribution équitable des retards.
<i>Capacité</i>	Meilleure utilisation de la capacité disponible dans tout le réseau ; en particulier, les services ATC ont l'assurance de ne pas être surpris par un espace saturé et peuvent déclarer/utiliser des niveaux de capacité accrue ; possibilité de prévoir les situations difficiles et de les atténuer à l'avance.
<i>Efficacité</i>	Réduction de la consommation de carburant grâce à une meilleure anticipation des problèmes d'écoulement ; effet positif qui réduit l'incidence des inefficacités du système ATM ou évite de lui donner une ampleur qui ne justifierait pas toujours ses coûts (équilibre entre le coût des retards et le coût de la capacité non utilisée). Réduction du temps dans les cales et moteurs en fonctionnement.
<i>Impact environnemental</i>	Réduction de la consommation de carburant étant donné que les retards sont absorbés au sol, avec les moteurs à l'arrêt; bien que les réacheminements allongent généralement la distance parcourue en vol, ce fait est généralement compensé par d'autres avantages opérationnels pour les compagnies aériennes.
<i>Participation de la communauté ATM</i>	Compréhension commune des contraintes, des moyens et des besoins opérationnels.
<i>Prévisibilité</i>	Prévisibilité accrue des horaires étant donné que les algorithmes ATFM ont tendance à limiter le nombre de retards importants.
<i>Sécurité</i>	Moins de surcharges de secteur non souhaitées.
<i>Rapport coût-efficacité</i>	Il est démontré que le bilan de rentabilité est positif en raison des avantages que comporte la réduction des retards.

3. PROCÉDURES REQUISES (AIR ET SOL)

3.1 Des éléments indicatifs sur l'ATFM sont en cours d'élaboration à l'OACI et restent à achever et à approuver. L'expérience américaine et européenne suffit pour commencer à appliquer le concept dans d'autres régions.

3.2 De nouvelles procédures sont nécessaires pour lier de façon beaucoup plus étroite l'ATFM aux services ATS pour l'utilisation de la distance en sillage ou de la gestion des arrivées ou des départs (voir Module B0-15).

4. MOYENS REQUIS DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1 Aucune avionique nécessaire.

4.2 Systèmes sol

4.2.1 Lorsqu'ils desservent plusieurs FIR, les systèmes ATFM sont généralement déployés sous forme d'organes, de systèmes et de logiciels spécifiques connectés aux organes ATS et aux usagers de l'espace aérien auxquels ils fournissent des services. Des organes régionaux ATFM ont été mis au point dans des cas précis. Les principales fonctions des systèmes ATFM sont : mise en équilibre de la

demande et de la capacité, mesure et surveillance des performances, gestion du Plan d'opérations réseau et gestion de la demande de trafic.

4.2.2 Certains fournisseurs proposent des systèmes ATFM allégés.

5. **PERFORMANCES HUMAINES**

5.1 **Considérations relatives au facteur humain**

5.1.1 Les contrôleurs sont protégés contre la surcharge et peuvent mieux prévoir leur charge de travail. L'ATFM n'intervient pas en temps réel dans leurs tâches ATC. Cependant, le facteur humain a été pris en considération lors de l'élaboration des processus et des procédures associées au module. Lorsque l'automatisation est prévue, l'interface homme-machine a été prise en compte du point de vue tant fonctionnel qu'ergonomique. (Pour des exemples, voir la Section 6). La possibilité de pannes latentes continue cependant d'exister et la vigilance est de mise dans toutes les mesures de mise en œuvre. Il est également demandé de signaler les problèmes de facteur humain identifiés au cours de la mise en œuvre à la communauté internationale, par l'intermédiaire de l'OACI, dans le cadre de toute initiative de compte rendu sur la sécurité.

5.2 **Formation et qualification**

5.2.1 Les gestionnaires de l'écoulement du trafic des unités de gestion des courants de trafic et les contrôleurs des centres de contrôle régional (ACC) qui utilisent l'information ou les applications de gestion des courants de trafic à distance ont besoin d'une formation spécifique, de même que les agents techniques d'exploitation des compagnies aériennes qui utilisent ces informations ou ces applications.

5.2.2 Ce module exige une formation en matière de normes et de procédures opérationnelles, sur laquelle on trouvera de l'information dans les documents dont les liens sont fournis à la section 8 du présent module. De même, les exigences relatives aux qualifications sont incluses dans les exigences réglementaires figurant à la section 6, qui font partie intégrante de la mise en œuvre du module.

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

- Réglementation/normalisation : de nouvelles normes et de nouveaux besoins doivent être définis pour les messages ATFM normalisés.
- Plans d'approbation : à déterminer.

7. ACTIVITÉS DE MISE EN OEUVRE ET DE DÉMONSTRATION (À LA DATE DE RÉDACTION)

7.1 Utilisation actuelle

- **Europe** : Exemple détaillé – Plan d’opérations réseau (NOP) (CFMU)

Le portail du Plan d’opérations réseau (NOP), qui a été inauguré en février 2009, est reconnu aujourd’hui comme une étape importante dans la simplification de l’accès des partenaires ATM à l’information ATM. En une seule application, le portail permet à tous les usagers de saisir d’un coup d’œil une série d’informations ATM pertinentes : une carte présentant l’information sur l’écoulement du trafic aérien, notamment l’état des zones encombrées en Europe et des prévisions correspondantes pour les trois prochaines heures ; des scénarios et des événements associés à un contexte et à des renvois ; le processus de collaboration permettant d’établir le plan d’opérations saisonnier est maintenant officialisé ; le sommaire de la journée précédente est immédiatement disponible et s’accompagne d’un accès aux comptes rendus archivés.

- **États-Unis** : Exemple détaillé – *National Playbook* (ATCSCC)

Le « National Playbook » est un outil de gestion du trafic dont l’objet est d’offrir à toutes les parties prenantes un produit commun présentant différents scénarios de routes dans l’ensemble du système. Il vise à accélérer la coordination des trajectoires lorsque la capacité du système ATM est réduite, soit en route soit à l’aéroport de destination. Le « playbook » contient les scénarios les plus fréquents observés pendant les saisons de phénomènes météorologiques violents (comme la saison des ouragans ou des tornades). Le « jeu » inclut les ressources ou les courants de trafic touchés, les installations concernées et les routes correspondant à chacune de ces installations.

7.2 Activités prévues ou en cours

- **Europe** : Les améliorations ci-après sont en cours de validation ou de mise en œuvre en Europe pour 2013 ou avant :
 - a) Facilitation accrue du dépôt des plans de vol ;
 - b) Libre choix des routes dans des volumes spéciaux d’espace aérien ;
 - c) Partage des intentions de vol ;
 - d) Utilisation de données en provenance des aéronefs pour améliorer la performance des systèmes ATM sol ;
 - e) Soutien automatisé de la gestion de la charge de trafic ;
 - f) Soutien automatisé de l’évaluation de la complexité du trafic ;
 - g) Évaluation de la performance du réseau ;

- h) Intégration de la gestion de l'espace aérien dans la journée d'exploitation ;
 - i) Amélioration de la coordination civilo-militaire en temps réel de l'utilisation de l'espace aérien ;
 - j) Gestion flexible de la sectorisation ;
 - k) Adaptation de la sectorisation modulaire aux variations de l'écoulement du trafic ;
 - l) Amélioration du processus de coordination ASM/ATFCM ;
 - m) Mesures ATFCM à court terme ;
 - n) Planification interactive de la capacité du réseau ;
 - o) Plan d'opérations du réseau (NOP) assisté du SWIM ;
 - p) Gestion des événements critiques ;
 - q) Gestion en collaboration de l'actualisation des vols ;
 - r) Échange de créneaux ATFM ;
 - s) Processus manuel de priorisation par l'utilisateur.
- **États-Unis** : Il est actuellement prévu de mettre à l'essai la faisabilité opérationnelle d'une planification stratégique utilisant les prévisions de phénomènes météorologiques violents et les prévisions de trafic dans un délai de 24 à 48 heures.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

8.1 Normes

8.1.1 À déterminer.

8.2 Procédures

8.2.1 À déterminer.

8.3 Éléments indicatifs

- Manuel CDM et ATFM de l'OACI (en cours d'élaboration)

8.4 Documents d'approbation

- Manuel CDM et ATFM de l'OACI (en cours d'élaboration)

APPENDICE C

MODULE N° B1-10 : AMÉLIORATION DES OPÉRATIONS GRÂCE À DES ROUTES ATS OPTIMALES

Résumé	Assurer, grâce à la navigation fondée sur les performances (PBN), un espacement réduit et cohérent entre les routes, des approches courbes, des routes parallèles décalées et une réduction de la taille de l'aire d'attente. Il sera ainsi possible d'adapter de façon plus dynamique la sectorisation de l'espace aérien et de réduire par le fait même l'encombrement potentiel des routes principales et des points d'intersection de grande activité, de même que la charge de travail des contrôleurs. Le but principal est de permettre le dépôt de plans de vol dont une partie importante de l'itinéraire prévu est spécifiée par le profil privilégié de l'utilisateur. La plus grande liberté possible sera accordée dans les limites imposées par les autres courants de trafic. L'avantage global est la réduction de la consommation de carburant et des émissions.	
Principale incidence selon le Doc 9854	KPA-02 – Capacité, KPA-04 – Efficacité, KPA-05 – Impact environnemental; KPA-06 – Flexibilité.	
Environnement opérationnel/phases de vol	En route, y compris les régions océaniques et éloignées et la TMA	
Application	Région ou sous-région : l'étendue géographique de l'espace aérien d'application doit être suffisamment vaste ; les avantages sont importants lorsque les routes dynamiques peuvent s'appliquer à travers les limites des régions d'information de vol (FIR) plutôt que de forcer le trafic à traverser les limites à des points fixes prédéfinis.	
Eléments du concept mondial selon le Doc 9854	AOM – Organisation et gestion de l'espace aérien	
Initiatives du Plan mondial (GPI)	GPI-1 : Utilisation flexible de l'espace aérien GPI-8 : Conception et gestion de l'espace aérien en collaboration	
Interdépendance	B0-10	
Liste de contrôle de l'état de préparation du système mondial		État (prêt, ou date prévue)
	Normes	✓
	Avionique	✓
	Systèmes sol	✓
	Procédures	2018 (approx.)
	Approbation des opérations	2018 (approx.)

1. DESCRIPTION

1.1 Niveau de base

1.1.1 Le niveau de base est l'utilisation de routes publiées et de secteurs fixes, dont certains peuvent être définis de façon flexible grâce à l'utilisation flexible de l'espace aérien (FUA) ou pour tenir compte des courants de trafic et/ou d'autres conditions de vol comme les conditions météorologiques. Les

routes publiées ne peuvent tenir compte des besoins de chaque vol car elles sont conçues pour des courants de trafic importants/réguliers ; il est rare, en général, que la route préétablie pour les vols à partir ou à destination de petits aéroports à trafic peu fréquent soit la route optimale. De plus, les routes publiées offrent peu de latitude après leur publication. Ce problème peut être résolu en autorisant l'aéronef à voler directement d'une position à un autre point situé en aval de sa trajectoire ; cette adaptation, si elle est habituellement avantageuse pour les usagers de l'espace aérien, accroît considérablement la charge de travail des contrôleurs.

1.1.2 En outre, lorsque les courants de trafic et la densité justifient la conception préalable du trafic selon des routes publiées afin de systématiser la gestion du trafic par les services ATC et de maximiser la capacité, la dispersion des erreurs de navigation, surtout pendant les virages des aéronefs équipés de moyens RNAV traditionnels, oblige à appliquer un espacement fondé sur cette dispersion, ce qui empêche une conception efficiente des routes.

1.2 **Changement apporté par le module**

1.2.1 Ce module offre la possibilité d'exploiter d'autres moyens de la PBN, au-delà des avantages du module B0-10, afin de réduire encore les contraintes à la conception et d'accroître la flexibilité des opérations.

1.2.2 Le module comprend les éléments suivants :

- a) Libre choix des routes ;
- b) Réduction de l'espacement entre les routes ;
- c) Sectorisation dynamique.

1.3 **Élément 1 : Libre choix des routes**

1.3.1 Le libre choix des routes est la capacité de déposer un plan de vol dont une partie importante au moins n'est pas définie selon les segments de routes publiés, mais spécifiée par les usagers de l'espace aérien. Il s'agit de la route privilégiée par l'utilisateur, pas nécessairement d'une route directe, mais le vol est censé être exécuté le long de la route directe entre deux points de cheminement spécifiés.

1.3.2 Le libre choix des routes peut être assujéti à certaines conditions, en particulier à l'intérieur d'un volume défini d'espace aérien, à certaines heures et pour certains courants. Son utilisation peut être limitée au trafic en deçà d'une certaine densité, pour permettre aux contrôleurs de détecter les conflits et de les résoudre avec des moyens automatisés limités mais tout en restant entièrement en communication.

1.3.3 C'est aussi dans ces conditions de densité que la liberté accrue accordée aux vols individuels comporte le moins de compromis pour les objectifs de capacité de l'ensemble du réseau.

1.3.4 Ce module marquerait le progrès le plus important en matière d'établissement des routes car il offrirait le maximum de liberté individuelle. Cependant, il est également admis, dans le concept mondial, que la liberté individuelle doit parfois céder le pas à la nécessité de traiter les courants de trafic de façon plus collective si l'on veut obtenir la meilleure performance globale.

1.3.5 L'avantage du libre choix des routes réside principalement dans le respect du profil privilégié par l'utilisateur. Les services ATC auront sans doute besoin des outils nécessaires pour suivre les progrès des vols et les coordonner et pour prédire les conflits.

1.4 **Élément 2 : Réduction de l'espacement entre les routes**

1.4.1 L'un des principes essentiels du concept PBN est de combiner la précision et la fonctionnalité de la navigation dans des spécifications qui peuvent être adaptées aux opérations.

1.4.2 Au cours des dernières décennies, l'un des problèmes les plus importants qui ont accompagné l'utilisation de la RNAV classique a été non pas la précision obtenue sur les segments droits, mais le comportement des aéronefs dans les phases de transition, en particulier les virages, où l'on a constaté des différences importantes entre les aéronefs et selon les conditions, notamment de vent. En raison de ce problème, il a été impossible d'exploiter la précision intrinsèque à cette procédure et de concevoir de meilleures routes, étant donné qu'il fallait protéger de grands volumes d'espace aérien.

1.4.3 Le présent élément du module ne concerne pas seulement les routes. Il permet aussi d'améliorer d'autres aspects liés à la navigation latérale, que l'on peut résumer comme suit :

- a) Espacement réduit entre les routes, en particulier dans la phase de route ;
- b) Maintien du même espacement sur les tronçons droits et dans les virages sans accroître l'espacement dans le virage ;
- c) Réduction de la dimension de l'aire d'attente pour rapprocher les avions en attente ou leur attribuer des emplacements plus favorables ;
- d) Capacité pour les aéronefs de suivre des routes parallèles décalées tactiques au lieu du guidage radar ;
- e) Facilitation d'approches courbes, particulièrement dans les zones à obstacles.

1.4.4 Le choix d'une spécification PBN appropriée éliminera les lacunes mentionnées plus haut et permettra de concevoir pour les phases de route et la TMA des routes qui exigeront un espacement réduit, ce qui accroîtra immédiatement la capacité de l'espace aérien, la flexibilité de la conception et, de façon générale, l'efficacité des routes.

1.4.5 Il pourra être nécessaire de procéder à une évaluation de sécurité prenant en considération les erreurs opérationnelles avant d'introduire un espacement réduit.

1.5 **Élément 3 : Sectorisation dynamique**

1.5.1 L'amélioration de la conception du réseau de routes et la possibilité d'évoluer en dehors d'un réseau de routes fixes donneront lieu à des circuits de circulation et à une concentration de trafic variables. Si la sectorisation vise à créer de la capacité pour les services ATC, la mise en œuvre des éléments énumérés plus haut exige d'adapter la sectorisation de façon dynamique et non pas uniquement dans les phases stratégiques ATC.

1.5.2 Cette sectorisation dynamique peut prendre plusieurs formes, dont les plus complexes/dynamiques, faisant appel à des calculs en temps réel, sont examinées au-delà du bloc 1. Dans le présent module, la sectorisation dynamique se présente sous des formes simples :

- a) Déplacement d'un volume d'espace aérien prédéfini d'un secteur à un secteur adjacent ;
- b) Catalogues de configurations de secteur prédéfinies fondées sur une mosaïque précise de volumes élémentaires, permettant une application plus générale de la forme susmentionnée ;
- c) Secteurs fondés sur une structure de trajectoires organisée (dynamique).

1.5.3 La sectorisation dynamique est appliquée en temps réel en choisissant la configuration la plus appropriée parmi celles qui sont disponibles. À la différence du groupement/dégroupement de secteurs, elle n'a pas d'effet sur le nombre de positions de contrôle actives. La sectorisation dynamique doit être fondée sur une évaluation du trafic prévu dans la prochaine minute/heure.

1.5.4 La sectorisation dynamique peut aussi être appliquée à travers les limites de FIR/ANSP.

2. AMÉLIORATION DE PERFORMANCE OPÉRATIONNELLE ATTENDUE

2.1 Des critères permettant de mesurer le succès du module sont proposés dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

<i>Capacité</i>	La disponibilité d'un plus grand éventail de routes possibles permet de réduire l'encombrement potentiel sur les routes principales et aux points d'intersection de grande activité. La charge de travail des contrôleurs par vol est ainsi réduite. Le libre choix des routes étale naturellement le trafic dans l'espace aérien et les interactions potentielles entre les vols, mais il réduit également la « systématisation » des courants et peut donc avoir un effet négatif sur la capacité dans les zones à forte densité s'il ne s'accompagne pas d'une assistance appropriée. La réduction de l'espacement entre les routes permet un réseau de routes qui consomme moins d'espace aérien et une meilleure concordance entre ce réseau et les courants de trafic.
<i>Efficacité</i>	Des trajectoires plus proches de la trajectoire optimale de chaque vol sont rendues possibles par la réduction des contraintes imposées par une configuration permanente et/ou par la diversité de comportement des aéronefs. En particulier, le module réduira la durée de vol et la consommation de carburant et les émissions. Les économies potentielles correspondent à une partie importante des pratiques non efficaces liées à l'ATM. Lorsque la capacité ne présente pas de problème, un plus petit nombre de secteurs est nécessaire, étant donné que l'étalement du trafic ou l'optimisation des routes devrait réduire les risques de conflit. La conception de zones de ségrégation temporaire (TSA) dans les paliers supérieurs est facilitée.
<i>Impact</i>	Réduction de la consommation de carburant et des émissions, mais

<i>environnemental</i>	élargissement possible de l'aire de formation des émissions et des traînées de condensation.
<i>Flexibilité</i>	Élargissement maximal du choix des routes par l'utilisateur de l'espace aérien. Les concepteurs de l'espace aérien bénéficieront également d'une plus grande latitude pour concevoir des routes correspondant aux courants de trafic naturels.
<i>Rapport coût-efficacité</i>	Il a été démontré que le bilan de rentabilité du libre choix des routes est positif en raison de l'efficacité accrue des routes (routes et profils verticaux améliorés; meilleure résolution des conflits et résolution tactique).

3. **PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)**

3.1 Les besoins de l'espace aérien (RNAV, RNP et valeur des performances et des fonctionnalités requises) peuvent exiger l'élaboration de nouvelles procédures ATM et l'ajout de nouvelles fonctions dans les systèmes sol. Certaines des procédures ATM requises pour ce module sont liées aux processus de notification, de coordination et de transfert de contrôle. Il faut s'assurer que les procédures ATM requises sont élaborées de façon à être appliquées de façon cohérente dans toutes les régions.

4. **MOYENS REQUIS DU SYSTÈME**

4.1 **Avionique**

4.1.1 Les aéronefs doivent être dotés de l'équipement pouvant assurer la précision et les fonctions requises, c'est-à-dire respecter les spécifications PBN appropriées.

4.2 **Systèmes sol**

4.2.1 Une structure de navigation adéquate dans l'espace aérien d'application est nécessaire ; elle pourra être assurée par les aides de navigation au sol. Pour le libre choix des routes, les fonctions de planification des vols et de traitement des données de vol doivent être améliorées pour fournir aux contrôleurs les moyens de comprendre et de visualiser les trajectoires de vol et leurs interactions et pour communiquer avec les contrôleurs voisins.

4.2.2 La sectorisation dynamique exige que la fonction de traitement des données de vol prenne en charge différentes configurations de secteurs et la fonction de groupement/dégroupement de secteurs. Cette fonction est déjà disponible dans de nombreux systèmes aujourd'hui.

5. **PERFORMANCES HUMAINES**

5.1 **Considérations relatives au facteur humain**

5.1.1 Le changement est possible du point de vue des facteurs humains. Les rôles et les responsabilités des contrôleurs et des pilotes ne sont pas modifiés. Le libre choix des routes, si on le compare à un système de routes structuré, peut réduire le nombre d'interactions potentielles entre les vols, mais les rend moins prévisibles et leur configuration plus variable. C'est pourquoi ce choix doit s'appuyer sur une assistance automatisée pour aider les contrôleurs à comprendre et à visualiser les trajectoires de

vol et leurs interactions dès que le trafic est significatif. Il est plus facile de mettre en œuvre le libre choix de façon progressive, par exemple en commençant dans les conditions ou périodes de trafic faible. La réduction de l'espacement entre les routes n'a pas d'incidence directe sur les performances humaines.

5.1.2 L'identification des considérations relatives au facteur humain contribue de façon importante à identifier les processus et procédures de ce module. Plus particulièrement, il faudra prendre en considération l'interface homme-machine liée à l'automatisation de cette amélioration des performances et, au besoin, adopter des stratégies d'atténuation du risque, comme la formation, l'éducation et la redondance.

5.2 Formation et qualification

5.2.1 La formation sur les normes et les procédures opérationnelles sera déterminée en même temps que les normes et les pratiques recommandées nécessaires pour la mise en œuvre de ce module. De même, les exigences en matière de qualification seront déterminées et incluses dans les aspects liés à la préparation de la réglementation pour ce module, à mesure de leur disponibilité.

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

- Réglementation/normalisation : utiliser les spécifications actuelles publiées, qui comprennent les documents cités à la section 8.4 :
 - Doc 9426, *Manuel de planification des services de la circulation aérienne*
 - Doc 9689, *Manuel sur la méthode de planification de l'espace aérien pour l'établissement de minimums de séparation*
 - Doc 9613, *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*
 - Doc 9554, *Manuel concernant les mesures de sécurité relatives aux activités militaires pouvant présenter un danger pour les vols des aéronefs civils*
 - Mises à jour du Doc 4444 de l'OACI pour les nouvelles procédures ATS des PANS-ATM
- Plans d'approbation : à déterminer en fonction des applications régionales. Des spécifications PBN spécifiques peuvent être nécessaires.

7. ACTIVITÉS DE MISE EN ŒUVRE ET DE DÉMONSTRATION (À LA DATE DE RÉDACTION)

7.1 Utilisation actuelle

- **États-Unis** : Les points de cheminement du Navigation Reference System (NRS) [Système de référence de navigation] sont mis en œuvre aux États-Unis depuis 2005. Ces points de cheminement, au nombre d'environ 1600, sont répartis également dans l'ensemble du continent américain. Les vols peuvent utiliser les points de cheminement NRS plutôt que les données VOR pour profiter des moyens RNAV.
- **Europe** : Plusieurs États ont déclaré leur espace aérien « à libre choix de routes » (Irlande, Portugal, Suède) ou prévoient le faire (Albanie, Benelux-Allemagne à l'UAC Maastricht, Chypre, Danemark, Finlande, Estonie, Lettonie, Malte, Norvège 24 heures sur 24 ; Bulgarie, Grèce, Hongrie, Italie, Roumanie, Serbie la nuit).

Une analyse coûts-avantages réalisée en 2001 sur la mise en œuvre d'un espace aérien avec libre choix de routes (FRA) en Europe, initialement prévue pour 2006, contenait les conclusions suivantes :

Il est prévu d'introduire l'espace aérien avec libre choix de routes (FRA) dans huit États européens : Allemagne, Belgique, Danemark, Finlande, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas et Suède. L'analyse repose sur l'hypothèse que le FRA sera introduit à la fin de 2006 au-dessus du niveau de vol 335.

Le coût total de la mise en œuvre du FRA est évalué à 53 millions d'euros environ, dont la plus grande partie sera engagée en 2005 et en 2006. Les avantages (réduction des distances et de la durée des vols grâce à des trajectoires plus directes) pendant la première année d'exploitation, 2007, s'élèveront à 27 millions d'euros et devraient augmenter chaque année avec la croissance du trafic. Le FRA devrait devenir « financièrement avantageux » (c'est-à-dire que les avantages financiers seront supérieurs aux coûts) parce que les coûts seront pour la plupart assumés en une seule fois alors que les avantages s'accumuleront d'année en année. L'analyse coûts-avantages indique que, selon les hypothèses de base, les avantages cumulés dépasseront les coûts en 2009. Sur la durée de vie du projet, qui s'étend sur 10 ans de 2005 à 2014, la valeur actualisée nette du projet est de 76 millions d'euros et son taux de rendement interne (IRR) de 40 %.

Les coûts du FRA ne sont pas à charge égale pour toutes les parties prenantes. Les exploitants d'aéronefs de la circulation aérienne générale (pour la plupart des compagnies aériennes civiles) en seront les bénéficiaires financiers presque exclusifs. Les principaux coûts seront assumés par les fournisseurs de services de la circulation aérienne (ATSP) civils et militaires et les organes de la défense aérienne qui devront modifier leurs systèmes sol. Les coûts qu'ils devront assumer varieront selon l'ampleur des travaux à réaliser pour mettre en œuvre les changements requis par le FRA. Les coûts pour les fournisseurs de services de la circulation aérienne vont de moins d'un million d'euros (Danemark) à 10 millions d'euros (Allemagne).

Les coûts et les avantages approximatifs pour chaque État ont été évalués. L'analyse indique que pour la plupart des États, les coûts totaux de la défense aérienne et du contrôle de la circulation aérienne requis par le FRA seront bien inférieurs aux avantages pour le trafic civil dans ces États. Par exemple, la valeur actualisée nette du FRA pour l'Allemagne s'établit à 53 millions d'euros si l'on compare tous les coûts ATC de la Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) et ceux de la défense aérienne de l'Allemagne aux avantages que la DFS apportera au trafic civil. Pour la Norvège, en revanche, le FRA représente un léger coût net, étant donné que la Norvège doit assumer, pour le mettre en œuvre, des coûts de mise à niveau du système relativement importants. La Belgique et les Pays-Bas constituent un cas particulier. Dans ces États, l'UAC Maastricht apportera des avantages au trafic civil dans le FRA, mais les organismes militaires chargés du contrôle de la circulation aérienne et de la défense aérienne devront quand même supporter des coûts de mise en œuvre du FRA. En particulier, les forces aériennes belges et néerlandaises devront y consacrer plus de 9 millions d'euros, sans en tirer d'avantage financier significatif.

7.2 Activités prévues ou en cours

- **SESAR** : Essais sur des routes privilégiées par l'utilisateur à l'intérieur de blocs d'espace aérien fonctionnels dans une zone et une période de temps prédéterminées en 2012.

Essais d'opérations sur des routes privilégiées par l'utilisateur de la sortie à l'entrée de la TMA en 2014-2015.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

8.1 Éléments indicatifs

- Doc 9426, *Manuel de planification des services de la circulation aérienne*
- Doc 9554, *Manuel concernant les mesures de sécurité relatives aux activités militaires pouvant présenter un danger pour les vols des aéronefs civils*
- Doc 9613, *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*
- Doc 9689, *Manuel sur la méthode de planification de l'espace aérien pour l'établissement de minimums de séparation*
- Cir 330, *Coopération civilo-militaire dans la gestion du trafic aérien*

8.2 Documents d'approbation

- ICAO Doc 9426, *Manuel de planification des services de la circulation aérienne*
- ICAO Doc 9689, *Manuel sur la méthode de planification de l'espace aérien pour l'établissement de minimums de séparation*
- ICAO Doc 9613, *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*
- ICAO Doc 9554, *Manuel concernant les mesures de sécurité relatives aux activités militaires pouvant présenter un danger pour les vols des aéronefs civils*
- Mises à jour du Doc 4444 de l'OACI pour les nouvelles procédures ATS des PANS-ATM

APPENDICE D

MODULE N° B1-35 : AMÉLIORATION DE L'ÉCOULEMENT DU TRAFIC GRÂCE À LA PLANIFICATION OPÉRATIONNELLE DU RÉSEAU

Résumé	Introduire des processus renforcés de gestion des courants de trafic ou des groupes de vols afin d'améliorer l'écoulement général. La collaboration accrue en temps réel entre les parties prenantes en ce qui concerne les préférences des usagers et les capacités du système qui en résultera entraînera une meilleure utilisation de l'espace aérien et des effets positifs sur le coût global de l'ATM.	
Principale incidence sur la performance selon le Doc 9854	KPA-02 – Capacité, KPA-04 – Efficacité, KPA-05 – Impact environnemental, KPA-09 – Prévisibilité, KPA-10 – Sécurité	
Environnement opérationnel/phases de vol	Surtout applicable aux phases précédant le vol et, dans une moindre mesure, en vol.	
Application	Région ou sous-région pour la plupart des applications ; certains aéroports dans le cas du processus initial d'établissement de priorités par l'utilisateur (UDPP). Ce module est particulièrement nécessaire dans les régions à forte densité de trafic, mais les techniques qu'il comporte seraient également utiles dans les régions à trafic moins dense, en fonction de la rentabilité.	
Éléments du concept mondial selon le Doc 9854	DCB – Équilibre entre la demande et la capacité TS – Synchronisation du trafic AOM – Organisation et gestion de l'espace aérien	
Initiatives du Plan mondial (GPI)	GPI-1 : Utilisation flexible de l'espace aérien GPI-6 : Gestion des courants de trafic aérien GPI-8 : Conception et gestion de l'espace aérien en collaboration	
Interdépendance	Postérieur à : B0-35, B0-10 (aspects FUA en particulier)	
Liste de contrôle de l'état de préparation du système mondial		État (prêt, ou date prévue)
	Normes	2018 (approx.)
	Avionique	s/o
	Système sol	2018 (approx.)
	Procédures	2018 (approx.)
	Approbation des opérations	2018 (approx.)

1. DESCRIPTION

1.1 Présentation générale

1.1.1 Ce module introduit des processus renforcés de gestion des courants ou des groupes de vols pour améliorer la fluidité globale du trafic. Il accroît également la collaboration entre les parties prenantes en temps réel pour mieux connaître les préférences des usagers, les informer sur les capacités du système et appliquer plus avant la CDM en cas de problèmes ou de circonstances particulières, pour

tenir compte notamment des priorités des compagnies aériennes à l'égard des vols prévus dans leur horaire. Le module élargit en outre la notion d'utilisation flexible de l'espace aérien pour y inclure des considérations liées à l'efficacité du réseau.

1.2 Niveau de base

1.2.1 Le module B0-35 qui précède a établi une fondation solide pour la régulation des courants de trafic et le module B0-10 a introduit l'utilisation flexible de l'espace aérien (FUA). L'expérience montre que d'autres améliorations sont possibles : la gestion de l'espace aérien et des courants de trafic doit être mieux intégrée à la notion d'opérations de réseau, et les techniques et algorithmes ATFM peuvent être améliorés, en particulier pour mieux intégrer les préférences des usagers.

1.3 Changement apporté par le module

1.3.1 Ce module introduit des processus renforcés de gestion des courants ou des groupes de vols pour améliorer la fluidité globale du trafic. Il prévoit des techniques ATFM plus fines et intègre la gestion de l'espace aérien et des courants de trafic en vue de les gérer plus efficacement. Il permet en outre d'accroître la collaboration entre les parties prenantes en temps réel afin de mieux connaître les préférences des usagers, de les informer des capacités du système et d'appliquer plus avant la CDM en cas de problèmes ou de circonstances particuliers, notamment pour tenir compte des priorités d'une compagnie aérienne parmi les vols figurant à son horaire.

1.4 Élément 1 : Intégration améliorée de l'ATFM et de l'ATFM-AOM

1.4.1 Des études montrent que les algorithmes et les techniques ATFM peuvent être améliorés. Dans le présent module, les algorithmes et les techniques ATFM qui auront été validés pendant la période de référence seront mis en œuvre.

1.4.2 L'application du choix libre des routes prévu dans le module B1-10 exige une adaptation.

1.4.3 En outre, compte tenu de l'introduction de la notion de réacheminement dans l'ATFM, en raison des contraintes de capacité ATC ou pour éviter d'autres phénomènes comme les conditions météorologiques dangereuses, tout indique qu'une meilleure intégration de l'ATFM et de l'organisation et de la gestion de l'espace aérien apporterait des avantages importants pour le trafic civil, certes, mais aussi militaire, en permettant une définition plus dynamique des zones qui peuvent être utilisées à des fins militaires.

1.5 Élément 2 : Synchronisation

1.5.1 Lorsque les limites de capacité sont tout près d'être atteintes, les petites variations d'heure de décollage permises par les créneaux ATFM peuvent tout de même créer à certains moments de petites concentrations de trafic locales qui sont extrêmement délicates à quelques points d'étranglement du réseau. Il serait donc utile de prévoir ces situations après que l'avion a décollé et que les incertitudes de sa trajectoire sont réduites par comparaison avec la période précédant le décollage, en utilisant des prédictions de trajectoire et en atténuant les irrégularités, non seulement le long d'un courant (distance dans le sillage) mais pour plusieurs courants convergents, aux quelques points d'étranglement critiques d'un espace aérien donné.

1.6 Élément 3 : Processus initial d'établissement des priorités par l'utilisateur (UDPP)

1.6.1 Le processus d'établissement de priorités par l'utilisateur (UDPP) permet aux usagers de l'espace aérien d'intervenir plus directement dans la régulation des courants de trafic, en particulier lorsqu'une dégradation non prévue de la capacité entrave considérablement le respect de l'horaire de vol. Le module propose un mécanisme simple de collaboration entre les compagnies aériennes touchées et entre ces compagnies et l'ATFM pour trouver une solution qui tient compte des priorités commerciales et opérationnelles des usagers qui ne sont pas connues de l'ATM. Comme l'entremêlement de plusieurs processus d'établissement de priorités et d'allocation peut se révéler complexe, ce module ne prévoit la mise en œuvre de l'UDPP que dans certaines situations, par exemple lorsque la perturbation touche un seul aéroport.

1.7 Élément 4 : Utilisation entièrement flexible de l'espace aérien (FUA)

1.7.1 Élaboration par l'OACI de documents sur la FUA dans le cadre de la coopération civilo-militaire : la mise en œuvre intégrale de la FUA introduit des mécanismes, combinés aux routes ATFM plus dynamiques (module B1-10), visant à faire de l'espace aérien et de son utilisation un environnement continu flexible qui peut être utilisé de manière optimale par les usagers tant civils que militaires.

1.8 Élément 5 : Gestion de la complexité

1.8.1 L'emploi d'outils améliorés pour évaluer la complexité et la charge de travail permet d'identifier et d'atténuer avec plus de précision et de fiabilité les contraintes de capacité, aussi bien dans la phase ATFM tactique que pendant le vol. Cet élément exploite l'information relative au trafic d'arrivée prévu.

2. AMÉLIORATION DE PERFORMANCE OPÉRATIONNELLE ATTENDUE

2.1 Des critères permettant de mesurer le succès du module sont proposés dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

<i>Capacité</i>	Meilleure utilisation de l'espace aérien et du réseau ATM, ayant des effets positifs sur le rapport coût-efficacité global de l'ATM. Optimisation des mesures DCB grâce à l'évaluation de la charge de travail/complexité comme complément à la capacité.
<i>Efficacité</i>	Réduction des inconvénients liés aux vols pour les usagers de l'espace aérien.
<i>Impact environnemental</i>	Amélioration mineure prévue par comparaison avec le niveau de base du module.
<i>Prévisibilité</i>	Les usagers de l'espace aérien ont une meilleure visibilité et la possibilité de participer aux décisions permettant de respecter les horaires de vol et peuvent faire de meilleurs choix en fonction de leurs priorités.
<i>Sécurité</i>	Le module devrait réduire encore le nombre de situations où la capacité ou la charge de travail acceptable serait dépassée.
<i>Rapport coût-efficacité</i>	Le bilan de rentabilité sera établi à l'issue des travaux de validation.

3. **PROCÉDURES REQUISES (AIR ET SOL)**

3.1 Il faudra élaborer :

- a) de nouvelles procédures pour exploiter les nouvelles techniques : communication par l'ATC des mesures en vol aux équipages ; transmission d'information aux exploitants avant le départ ;
- b) des règles sur l'échange d'information et la prise de décision par tous les acteurs ;
- c) des règles et des spécifications d'application pour le processus UDPP.

4. **MOYENS REQUIS DU SYSTÈME**

4.1 **Avionique**

4.1.1 Aucune incidence sur l'avionique.

4.2 **Systèmes sol**

4.2.1 Pour tirer parti des systèmes mis en œuvre dans le module B0-35, de nouvelles fonctions sol devront être créées sous forme d'algorithmes améliorés, de services interactifs avec les ANSP et les exploitants d'aéronefs grâce à des applications interentreprises, et de connexions avec les systèmes de gestion de l'espace aérien, soit pour les intégrer soit pour recevoir en temps réel de l'information sur la gestion de l'espace aérien dans le cadre du module B1-10.

5. **PERFORMANCES HUMAINES**

5.1 **Considérations relatives au facteur humain**

5.1.1 Les rôles et les responsabilités des contrôleurs et des pilotes ne devraient pas être modifiés de façon importante sur le plan tactique (à l'exception des réacheminements ou du séquençage tactiques), mais les contrôleurs et les pilotes devront comprendre que les décisions concernant les vols ont pour objet le bien commun.

5.1.2 L'identification des considérations relatives au facteur humain contribue de façon importante à identifier les processus et procédures de ce module. Plus particulièrement, il faudra prendre en considération l'interface homme-machine liée à l'automatisation de cette amélioration des performances et, au besoin, adopter des stratégies d'atténuation du risque, comme la formation, l'éducation et la redondance.

5.2 **Formation et qualification**

5.2.1 Les nouvelles procédures exigeront une formation adaptée à l'aspect collaboratif des interactions, en particulier entre les organes ATFM et le personnel d'exploitation des compagnies aériennes.

5.2.2 La formation sur les normes et les procédures opérationnelles sera déterminée en même temps que les normes et les pratiques recommandées nécessaires pour la mise en œuvre de ce module. De même, les exigences en matière de qualification seront déterminées et incluses dans les aspects liés à la préparation de la réglementation pour ce module, à mesure de leur disponibilité

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

- Réglementation/normalisation : mise à jour du Doc 4444 de l'OACI, *Procédures pour les services de navigation aérienne - Gestion du trafic aérien*, pour les opérations améliorées.
- Plans d'approbation : à déterminer.

7. ACTIVITÉS DE MISE EN ŒUVRE ET DE DÉMONSTRATION (À LA DATE DE RÉDACTION)

7.1 Utilisation actuelle

Europe : Certains ACC européens exploitent déjà des outils de gestion de la complexité pour mieux prévoir les charges de travail de secteur et prendre des mesures comme le dégroupement pour absorber les effets de concentration du trafic.

7.2 Activités prévues ou en cours

Europe : SESAR validera les spécifications et procédures UDPP initiales, ainsi que les opérations de gestion de l'espace aérien et de réseau liées au module.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

8.1 Éléments indicatifs

Concept d'utilisation flexible de l'espace aérien avancée (AFUA) d'EUROCONTROL

8.2 Documents d'approbation

Doc 4444, *Procédures pour les services de navigation aérienne - Gestion du trafic aérien*.

APPENDICE E

MODULE N° B2-35 : PARTICIPATION ACCRUE DES USAGERS À L'UTILISATION DYNAMIQUE DU RÉSEAU

Résumé	Applications CDM prises en charge par le SWIM qui permettent aux usagers de l'espace aérien de gérer la concurrence et la priorisation de solutions ATFM complexes lorsque le réseau ou ses nœuds (aéroports, secteurs) ne fournissent plus une capacité suffisante pour répondre à la demande des usagers. Ce module développe les applications CDM qui permettront à l'ATM d'offrir ou de déléguer aux usagers la recherche de solutions optimales aux problèmes d'écoulement. Les avantages de ce module sont notamment d'améliorer l'utilisation de la capacité disponible et de favoriser des opérations aériennes optimales dans les situations défavorables.	
Principale incidence sur la performance selon le Doc 9854	KPA-02 – Capacité, KPA-09 – Prévisibilité	
Environnement opérationnel/Phases de vol	Phase précédant le vol	
Application	Région ou sous-région	
Éléments du concept mondial selon le Doc 9854	DCB – Équilibre entre la demande et la capacité TS – Synchronisation du trafic AOM – Organisation et gestion de l'espace aérien AUO – Opérations des usagers de l'espace aérien	
Initiatives du Plan mondial (GPI)	GPI-6 : Gestion des courants de trafic aérien GPI-8 : Conception et gestion de l'espace aérien en collaboration	
Interdépendance	B1-35, B1-30 et probablement B2-25	
Liste de contrôle de l'état de préparation du système mondial		État (prêt, ou date prévue)
	Normes	2023 (approx.)
	Avionique	2023 (approx.)
	Systèmes sol	2023 (approx.)
	Procédures	2023 (approx.)
	Approbation des opérations	2023 (approx.)

1. DESCRIPTION

1.1 Niveau de base

1.1.1 Le module B1-35 précédent a introduit une version initiale de l'UDPP, portant principalement sur les problèmes à un aéroport.

1.2 Changement apporté par le module

1.2.1 Ce module développe les applications CDM qui permettront à l'ATM d'offrir ou de déléguer aux usagers la recherche de solutions optimales aux problèmes d'écoulement, afin de permettre à la communauté des usagers de régler les problèmes de concurrence et de tenir compte de leurs propres priorités lorsque le réseau ou ses nœuds (aéroports, secteurs) ne fournissent plus la capacité correspondant aux besoins des horaires. Ce module utilise également le SWIM pour les situations plus complexes.

2. AMÉLIORATION DE PERFORMANCE OPÉRATIONNELLE ATTENDUE

2.1 Des critères permettant de mesurer le succès du module sont proposés dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883)

<i>Capacité</i>	Utilisation améliorée de la capacité disponible dans les situations de contraintes.
<i>Prévisibilité</i>	Le module permet aux compagnies aériennes de faire valoir leurs priorités et de réaliser des opérations optimales dans les situations défavorables.
<i>Rapport coût-efficacité</i>	À déterminer lorsque la recherche sur le module sera plus avancée.

3. PROCÉDURES REQUISES (AIR ET SOL)

3.1 Des procédures doivent être élaborées pour préciser les conditions (en particulier les règles de participation, les droits et devoirs, les principes d'équité, etc.) et les avis d'applicabilité de l'UDPP. Le processus ne doit pas entrer en conflit avec l'optimisation du réseau permise par l'ATFM ni la dégrader.

4. MOYENS REQUIS DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1 Aucune, à part l'avionique requise pour participer au SWIM, le cas échéant.

4.2 Systèmes sol

4.2.1 Le module s'appuiera sur la technologie du système de gestion globale de l'information (SWIM) et sur l'intégration sol-sol avec tous les participants, en particulier les services ATS et les compagnies aériennes. Des fonctions automatiques permettront la négociation entre les usagers et la connexion avec les systèmes ATFM.

5. PERFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations relatives au facteur humain

5.1.1 Aucun problème important n'a été identifié. Le module introduira néanmoins dans la prise de décision liée à la préparation et à la planification des vols des facteurs supplémentaires qui devront être compris par le personnel des compagnies aériennes.

5.1.2 Le module est encore à l'étape de la recherche et du développement et les considérations relatives au facteur humain sont en cours d'identification au moyen de modélisations et de tests bêta. Les versions futures du présent document contiendront des renseignements plus précis sur les processus et procédures nécessaires pour prendre en compte les aspects liés au facteur humain. L'accent sera mis en particulier sur les problèmes éventuels présentés par l'interface homme-machine et sur les stratégies permettant d'atténuer les risques élevés qui y seraient associés.

5.2 Formation et qualification

5.2.1 Les nouvelles procédures exigeront une formation adaptée à l'aspect collaboratif des interactions, en particulier entre les organes ATFM et le personnel d'exploitation des compagnies aériennes.

5.2.2 Le module contiendra, à terme, un certain nombre d'exigences relatives à la formation du personnel. Lorsque ces exigences auront été élaborées, elles seront incluses dans la documentation du module et leur importance précisée. De même, les exigences relatives aux qualifications qui pourraient être recommandées feront partie de la réglementation à adopter avant la mise en œuvre de cette amélioration des performances.

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

- Réglementation/normalisation : nouvelles normes et nouveaux éléments pour permettre aux usagers de trouver les solutions CDM optimales.
- Plans d'approbation : à déterminer.

7. ACTIVITÉS DE MISE EN OEUVRE ET DE DÉMONSTRATION (À LA DATE DE RÉDACTION)

7.1 Utilisation actuelle

7.1.1 Aucune à ce stade.

7.2 Activités prévues ou en cours

Europe : La formulation du concept UDPP vient de commencer dans le cadre du programme de travail SESAR et ce module devra être développé avant que des essais puissent être définis.

APPENDICE F

MODULE N° B3-10 : GESTION DE LA COMPLEXITÉ DU TRAFIC

Résumé	Introduction de la gestion de la complexité pour faire face aux événements et aux phénomènes qui influent sur les courants de trafic en raison de limites physiques, d'impératifs économiques ou d'événements et de conditions particuliers, par l'exploitation de l'information plus précise et plus riche fournie par un ATM fondé sur le SWIM. Les avantages résident entre autres dans une utilisation et une efficacité améliorées de la capacité du système.	
Principale incidence sur la performance selon le Doc 9854	KPA-02 – Capacité, KPA-04 – Efficacité, KPA-06 – Flexibilité, KPA-09 – Prévisibilité.	
Environnement opérationnel/Phases de vol	Avant et pendant le vol	
Application	Région ou sous-région. Les avantages ne sont significatifs que dans un espace géographique assez grand et que s'il est possible de connaître et de contrôler/optimiser les paramètres pertinents. Les avantages sont surtout sensibles dans l'espace aérien à forte densité.	
Éléments du concept mondial selon le Doc 9854	AOM – Organisation et gestion de l'espace aérien TS – Synchronisation du trafic DCB – Équilibre entre la demande et la capacité	
Initiatives du Plan mondial (GPI)	GPI-6 : Gestion des courants de trafic aérien GPI-8 : Conception et gestion de l'espace aérien en collaboration	
Interdépendance	Suit les modules B1-10, B2-35 Progresses en parallèle avec les modules B3-05, B3-15, B3-25, B3-85	
Liste de contrôle de l'état de préparation du système mondial		État (prêt, ou date prévue)
	Normes	2028 (approx.)
	Avionique	2028 (approx.)
	Systèmes sol	2028 (approx.)
	Procédures	2028 (approx.)
	Approbation des opérations	2028 (approx.)

1. DESCRIPTION

1.1 Présentation générale

1.1.1 Avec les opérations basées sur trajectoire, on disposera, dans le bloc 3, de moyens permettant d'optimiser les trajectoires, les courants de trafic et l'utilisation des ressources limitées comme les pistes et la surface. Ce module met l'accent sur les moyens nécessaires pour résoudre les problèmes liés à la complexité accrue de certaines situations de trafic.

1.1.2 Si la gestion des trajectoires individuelles évolue à long terme vers les opérations basées sur trajectoire, un certain nombre d'événements et de phénomènes influent sur les courants de trafic en

raison de limites physiques, d'impératifs économiques ou d'événements et de conditions particuliers. L'évolution à long terme de leur gestion est traitée dans ce module par rapport à des densités de trafic supérieures aux densités actuelles et/ou dans le but d'améliorer les solutions appliquées jusqu'à présent et de fournir des services optimaux tout en se rapprochant des limites du système. C'est ce que l'on appelle « gérer la complexité ».

1.1.3 Le module intègre différents éléments de l'ATM pour produire des avantages supplémentaires en matière de performances et prévoit le perfectionnement des processus DCB, TS et AOM (et peut-être SDM, AUO et AO) pour tirer parti de l'information plus précise et plus riche attendue des opérations basées sur trajectoire (TBO), du système de gestion globale de l'information (SWIM) et d'autres progrès à long terme.

1.1.4 Ce domaine fait l'objet de recherches actives, où la recherche de solutions novatrices est sans doute aussi importante que la compréhension des incertitudes inhérentes à l'ATM et des mécanismes et comportements du transport aérien auxquels sont sensibles les performances de l'ATM.

1.2 Niveau de base

1.2.1 Avant ce module, la plupart des ingrédients du concept opérationnel mondial ATM auront été progressivement mis en place, encore qu'ils ne l'aient pas été entièrement, à défaut d'une complète diffusion d'un certain nombre de moyens et de facteurs, et en tout cas n'auront pas été entièrement intégrés. Des gains de performance demeurent possibles en résolvant les problèmes soulevés par l'absence d'une intégration optimale.

1.3 Changement apporté par le module

1.3.1 Le module permet d'optimiser les courants de trafic et l'utilisation des ressources de navigation aérienne. Il vise à faire face à la complexité de l'ATM résultant de la combinaison de plusieurs facteurs : densité accrue, information plus précise sur les trajectoires et leur environnement, processus et systèmes en interaction étroite et recherche de niveaux de performance plus élevés.

2. AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE OPÉRATIONNELLE ATTENDUE

2.1 Des critères permettant de mesurer le succès du module sont proposés dans le *Manuel sur les performances globales du système de navigation aérienne* (Doc 9883).

<i>Capacité</i>	Accroître et optimiser l'utilisation de la capacité du système.
<i>Efficacité</i>	Optimiser l'efficacité globale du réseau.
<i>Flexibilité</i>	Prendre en compte les demandes de changement.
<i>Prévisibilité</i>	Réduire au minimum l'incidence des incertitudes et des événements non prévus sur le bon fonctionnement du système ATM.
<i>Rapport coût-efficacité</i>	À déterminer dans le cadre de la recherche sur le module.

3. PROCÉDURES REQUISES (AIR ET SOL)

3.1 À définir.

4. MOYENS REQUIS DU SYSTÈME

4.1 Le module exploitera la technologie disponible, en particulier le SWIM et la TBO, qui fourniront de l'information précise sur les vols et sur leur environnement. Il reposera probablement aussi sur des moyens automatisés.

4.2 Avionique

4.2.1 Aucune, à part celle requise pour participer au SWIM et/ou à la TBO.

4.3 Systèmes sol

4.3.1 Utilisation intensive de fonctions automatisées et d'algorithmes avancés pour exploiter l'information.

5. PERFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations relatives au facteur humain

5.1.1 L'intégration poussée de l'information sur le trafic et l'optimisation des processus exigeront sans doute une automatisation très avancée et la création d'interfaces spécifiques pour les opérateurs humains.

5.1.2 Le module est encore à l'étape de la recherche et du développement et les considérations relatives au facteur humain sont en cours d'identification au moyen de modélisations et de tests bêta. Les versions futures du présent document contiendront des renseignements plus précis sur les processus et procédures nécessaires pour prendre en compte les aspects liés au facteur humain. L'accent sera mis en particulier sur les problèmes présentés, le cas échéant, par l'interface homme-machine et sur les stratégies permettant d'atténuer les risques élevés qui y seraient associés.

5.2 Formation et qualification

5.2.1 Les exigences en matière de formation seront élevées, non seulement avant l'entrée en service mais également pour maintenir régulièrement le niveau de compétence.

5.2.2 Le module contiendra, à terme, des exigences relatives à la formation du personnel. Lorsque ces exigences auront été élaborées, elles seront incluses dans la documentation du module et leur importance précisée. De même, les exigences relatives aux qualifications qui pourraient être recommandées feront partie de la réglementation à adopter avant la mise en œuvre de cette amélioration des performances.

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

- Réglementation/normalisation : à déterminer
- Plans d'approbation : à déterminer

7. **ACTIVITÉS DE MISE EN OEUVRE ET DE DÉMONSTRATION (À LA DATE DE RÉDACTION)**

7.1 **Utilisation actuelle**

7.1.1 Aucune à ce stade.

7.2 **Activités prévues ou en cours**

- **Europe :** Un réseau de recherche sur la « complexité », de même que des projets de recherche portant sur certaines des questions pertinentes, ont été créés au sein du programme SESAR.
- **États-Unis :** Des recherches sont en cours à la NASA et dans les universités.
- Aucun essai réel n'est prévu dans l'avenir proche.

— FIN —