

APPENDICE A

MODULE N° B0-05: AMÉLIORATION DE LA FLEXIBILITÉ ET DE L'EFFICACITÉ DANS LES PROFILS DE DESCENTE (CDO)

Sommaire	Pour utiliser des procédures d'espace aérien et d'arrivée basées sur performances, permettant aux aéronefs de voler sur leurs profils optimaux en utilisant des opérations de descente continue (CDO). Cela optimisera les flux de trafic, permettra des profils de descente efficaces en consommation de carburant, et augmentera la capacité dans les régions terminales.	
Principal impact sur les performances selon Doc 9854	KPA-04 — Efficacité, KPA-05 — Environnement, KPA-0 — Prédicibilité, KPA-10 — Sécurité.	
Environnement opérationnel/phases de vol	Approches/arrivées et en route.	
Considérations d'applicabilité	Régions, États ou emplacements individuels ayant le plus besoin de ces améliorations. Pour simplicité et succès de la mise en œuvre, la complexité peut se diviser en trois tranches : a) moindre complexité — régions/États/emplacements avec une certaine expérience opérationnelle en PBN, qui pourraient bénéficier d'améliorations dans le court terme, incluant l'intégration de procédures et l'optimisation des performances ; b) complexité plus grande — régions/États/emplacements qui ont ou n'ont pas une expérience PBN, mais qui bénéficieraient de l'introduction de procédures nouvelles ou renforcées. Toutefois, un grand nombre de ces emplacements pourraient connaître des défis environnementaux et opérationnels qui ajouteraient à la complexité de l'élaboration et de la mise en œuvre de procédures ; c) complexité la plus grande — régions/États/emplacements où il sera le plus difficile et complexe d'introduire des opérations PBN intégrées et optimisées. Le volume du trafic et les contraintes d'espace aérien sont des complexités supplémentaires qu'il faut affronter. Des changements opérationnels dans ces secteurs pourraient avoir un effet considérable sur la totalité de l'État, de la région ou de l'emplacement.	
Élément(s) du concept mondial selon Doc 9854	AOM — organisation et gestion de l'espace aérien AO — opérations d'aérodrome TS — synchronisation du trafic, AOM	
Initiatives du plan mondial (GPI)	GPI-10 : conception et gestion de région terminale GPI-11 : départs normalisés aux instruments (SID) et arrivées normalisées aux instruments (STAR) en RNP et RNAV	
Principales conditions	Néant	
Liste de vérification de préparation dans le monde		Situation (déjà prêt ou date estimative)
	Disponibilité de normes	√
	Disponibilité de l'avionique	√
	Disponibilité des systèmes au sol	√
	Procédures disponibles	√
	Approbations d'opérations	√

1. EXPOSÉ

1.1 Généralités

1.1.1 Ce module est intégré avec d'autres espaces aériens et procédures (opérations en descente continue (CDO), navigation basée sur performances (PBN) et gestion de l'espace aérien) pour augmenter l'efficacité, la sécurité, l'accès et la prédictibilité.

1.1.2 Avec l'augmentation de la demande de trafic, les défis dans les régions terminales concernent le volume, les conditions météorologiques dangereuses (par exemple forte turbulence et faible visibilité), les aéroports adjacents et les espaces aériens à activités spéciales proches les uns des autres dont les procédures utilisent le même espace aérien, et des politiques qui limitent la capacité, les flux et l'efficacité.

1.1.3 L'écoulement du trafic et le volume (à travers les routes d'entrée et de sortie) ne sont pas toujours bien mesurés, équilibrés ou prédictibles. Les évitements d'obstacles et d'espace aérien (sous la forme de critères et minimums de séparation), les procédures d'atténuation du bruit, ainsi que l'atténuation du risque en sillage, ont tendance à créer des inefficacités opérationnelles (par exemple augmentation du temps ou de la distance parcourue, et donc de la consommation de carburant).

1.1.4 Des itinéraires inefficaces peuvent aussi causer une sous-utilisation des aéroports et espaces aériens disponibles. Enfin, les États rencontrent des problèmes en ayant de multiples clients (internationaux et intérieurs avec des capacités diverses) : le mélange de trafic commercial, d'affaires, d'aviation générale et souvent militaire, ayant pour destination des aéroports situés dans une région terminale, qui trouble et parfois gêne les opérations des uns et des autres.

1.2 Ligne de base

1.2.1 La ligne de base pour ce module peut varier selon les États, les régions ou les emplacements. À noter que certains aspects du passage à la PBN ont déjà fait l'objet d'améliorations locales dans de nombreux secteurs, et que ces secteurs et des utilisateurs réalisent déjà des bénéfices.

1.2.2 Le manque de textes d'orientation OACI pour l'approbation opérationnelle de PBN ralentit la mise en œuvre et il est perçu comme un des principaux obstacles à l'harmonisation.

1.2.3 Il reste du travail à faire pour harmoniser la nomenclature PBN, surtout dans les cartes et les réglementations nationales/régionales (par exemple, la plupart des règlements européens mentionnent encore la navigation de surface du type B (B-RNAV) et la navigation de surface de précision (P-RNAV).

1.3 Changement produit par le module

1.3.1 Dans de nombreuses régions terminales, les opérations aériennes précipitent la majorité des retards dans l'espace aérien de nombreux États. Les opportunités d'optimiser les flux, d'améliorer la flexibilité, de permettre des profils de montée et de descente économiques en carburant, ainsi que d'augmenter la capacité dans les secteurs les plus encombrés, devraient être une initiative prioritaire dans le court terme.

1.3.2 Les capacités essentielles sur lesquelles il faudrait agir sont les suivantes : VNAV ; RNP lorsque nécessaire ; CDO ; lorsque c'est possible, de plus grandes efficacités dans les règles de séparation en région terminale ; conception et classification efficaces de l'espace aérien ; flux de contrôle

de la circulation aérienne (ATC) et surveillance ATC. Lorsque c'est possible, agir aussi sur les opportunités de réduire l'impact des émissions et du bruit des aéronefs.

1.4 **Élément 1 : Opérations en descente continue**

1.4.1 La descente continue est un des outils que les exploitants d'aéronefs et les ANSP peuvent utiliser pour tirer parti de fonctions embarquées existantes et pour réduire le bruit, la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre. Au fil des ans, différents modèles de routes ont été conçus pour faciliter les CDO et il y a eu plusieurs tentatives pour trouver un équilibre entre l'idéal de procédures environnementalement conviviales et les besoins d'un aéroport ou d'un espace aérien.

1.4.2 Les CDO peuvent procurer une réduction de la consommation de carburant et des émissions, tout en accroissant la stabilité de vol et la prédictibilité de la trajectoire tant pour les contrôleurs que pour les pilotes, sans compromettre le débit optimal d'arrivées à l'aéroport (AAR).

1.4.3 Les CDO sont rendues possibles par la conception de l'espace aérien, la conception des procédures et la facilitation par l'ATC, dans lesquelles un aéronef qui arrive descend de façon continue, dans toute la mesure du possible, en employant une poussée minimale des moteurs, idéalement dans une configuration de faible traînée, avant le repère d'approche finale/point d'approche finale (FAF/FAP). Une CDO optimale commence au début de la descente (TOD) et utilise des profils de descente qui réduisent les communications entre contrôleur et pilote ainsi que les segments de vol en palier.

1.4.4 De plus, elle aboutit à une réduction du bruit, de la consommation de carburant et des émissions, tout en augmentant la stabilité de vol et la prédictibilité de la trajectoire de vol tant pour les contrôleurs que pour les pilotes.

1.5 **Élément 2 : Navigation basée sur performances**

1.5.1 La PBN est une série mondiale de normes de navigation de surface, définies par l'OACI, sur la base des besoins de performances des aéronefs au départ, à l'arrivée, en approche ou en route.

1.5.2 Ces besoins de performances sont exprimés sous la forme de spécifications de navigation en termes de précision, intégrité, continuité, disponibilité et fonctionnalité requises pour tel ou tel espace aérien ou aéroport.

1.5.3 La PBN éliminera les différences régionales entre diverses spécifications qui existent aujourd'hui en matière de qualité de navigation requise (RNP) et navigation de surface (RNAV). Le concept de PBN recouvre deux types de spécifications de navigation :

- a) spécification RNAV : basée sur une navigation de surface qui n'inclut pas le besoin à bord de surveillance des performances et d'alerte, désignée le préfixe RNAV, par exemple RNAV 5, RNAV 1 ;
- b) spécification RNP : basée sur une navigation de surface qui inclut le besoin à bord de surveillance de performances et d'alerte, désignée par le préfixe RNP, par exemple RNP 4.

2. **OBJECTIF D'AMÉLIORATION OPÉRATIONNELLE DES PERFORMANCES**

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

<i>Efficacité</i>	• Réduction des coûts et bénéfices environnementaux grâce à une moindre consommation de carburant. • Autorisation d'opérations où des limitations acoustiques pourraient autrement aboutir à des réductions ou restrictions des opérations. • Réduction du nombre de transmissions radio requises. • Gestion optimale du début de la descente dans l'espace aérien en route.
<i>Environnement</i>	Comme pour efficacité.
<i>Prédictibilité</i>	• Trajectoires de vol plus cohérentes et trajectoires d'approche stabilisée. • Moindre nécessité de vecteurs.
<i>Sécurité</i>	• Trajectoires de vol plus cohérentes et trajectoires d'approches stabilisée. • Réduction des impacts sans perte de contrôle (CFIT). • Séparation avec le trafic environnant (particulièrement itinéraires libres). • Réduction du nombre de conflits.
<i>Analyse coûts-bénéfices</i>	Les économies ci-après sont des exemples d'économies potentielles par suite de la mise en œuvre de CDO. <i>Il importe de noter que les bénéfices de CDO dépendent beaucoup de chaque environnement ATM spécifique.</i> Néanmoins, si la mise en œuvre se fait dans le cadre du manuel CDO de l'OACI, il est prévu que le rapport bénéfices/coûts (BCR) sera positif. Exemples d'économies après la mise en œuvre de CDO à Los Angeles TMA (KLAX) : a) CDO RIIVR2/SEA VU2/OLDEE1 et 4 ILS : 1) mise en œuvre 25 septembre 2008, et en utilisation complète à KLAX ; b) environ 300 à 400 aéronefs par jour volent sur STAR RIIVR2/SEA VU2/OLDEE1, ce qui représente environ la moitié des arrivées d'avions à réaction à KLAX : 1) réduction de 50% des transmissions radio ; c) notables économies de carburant — en moyenne 125 livres par vol. 1) 300 livres par jour × 125 livres par vol × 365 jours = 13,7 millions de livres par an ; 2) plus de 2 millions de gallons économisés par an = plus de 41 millions de livres d'émission de CO² évitées. L'avantage de la PBN pour les ANSP est que la PBN permet d'éviter la nécessité d'acheter et de déployer des aides de navigation pour chaque nouvelle route ou procédure aux instruments. L'avantage pour tous est que la PBN clarifie la façon dont les systèmes de navigation de surface sont utilisés et facilite le processus d'approbation opérationnelle pour les exploitants, en fournissant une série limitée de spécifications de navigation destinées à une

	utilisation mondiale. Les bénéfices de sécurité de la PBN sont importants, car même les aéroports situés dans les régions les plus pauvres du monde peuvent avoir des approches alignées avec guidage horizontal et vertical vers toute extrémité de piste sans avoir à installer, étalonner et contrôler des aides coûteuses de navigation basées au sol. Ainsi, avec la PBN, tous les aéroports peuvent avoir une approche aux instruments stabilisée qui permettra aux aéronefs d'atterrir contre le vent plutôt que d'atterrir avec vent arrière.
--	---

3. PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)

3.1 Le *Manuel des opérations en descente continue (CDO)* (Doc 9931 de l'OACI) donne des indications sur la conception des espaces aériens, les procédures de vol aux instruments, la facilitation ATC et les techniques de vol nécessaires pour permettre des profils de descente continue.

3.2 Il donne des informations de base et des indications de mise en œuvre pour :

- a) fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP) ;
- b) exploitants d'aéronefs ;
- c) exploitants d'aéroports ;
- d) auteurs de règlements d'aviation.

3.3 Le *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)* (Doc 9613 de l'OACI) donne des indications générales sur la mise en œuvre de la PBN. Ce manuel explique la relation entre applications RNAV et RNP et les avantages et limitations du choix de l'une ou de l'autre comme prescription de navigation pour un concept d'espace aérien.

3.4 Il vise aussi à donner des indications pratiques aux États, aux ANSP et aux utilisateurs de l'espace aérien sur la façon de mettre en œuvre des applications RNAV et RNP, et de veiller à ce que les conditions de performances soient appropriées pour l'application prévue.

3.5 La gestion du début de la descente (TOD) avec les CDO dans un espace aérien en route (particulièrement dans le contexte des itinéraires libres) devra être analysée car les CDO entraîneront un TOD imposé.

4. FONCTIONS NÉCESSAIRES DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1 Les CDO sont une technique d'exploitation d'aéronefs aidée par une conception appropriée de l'espace aérien et des procédures et autorisations ATC appropriées permettant l'exécution d'un profil de vol optimisé selon les capacités opérationnelles de l'aéronef, avec une faible poussée des moteurs et, si possible, une configuration de faible traînée, ce qui réduit la consommation de carburant et les émissions au cours de la descente.

4.1.2 Le profil vertical optimal prend la forme d'une trajectoire de descente en continu, avec un minimum de segments de vol en palier, seulement dans la mesure nécessaire pour ralentir et configurer l'aéronef ou l'établir sur un système de guidage à l'atterrissage (par exemple ILS).

4.1.3 L'angle optimal de la trajectoire dans le plan vertical variera selon le type d'aéronef, son poids réel, le vent, la température atmosphérique, la pression atmosphérique, les conditions de givrage et autres considérations dynamiques.

4.1.4 Une CDO peut s'effectuer avec ou sans le soutien d'une trajectoire de vol générée par ordinateur dans le plan vertical (c'est-à-dire une fonction de navigation verticale (VNAV) du système de gestion de vol (FMS)) et avec ou sans une trajectoire latérale déterminée. Toutefois, on réalise le bénéfice maximal pour tel ou tel vol en maintenant l'aéronef aussi haut que possible jusqu'à ce qu'il atteigne le point de descente optimal. Cela est déterminé le plus aisément par le FMS embarqué.

4.2 **Systèmes au sol**

4.2.1 À l'intérieur d'un concept d'espace aérien, les conditions de PBN seront influencées par les environnements de communications, de surveillance et d'ATM, l'infrastructure NAVAID et les moyens fonctionnels et opérationnels nécessaires pour l'application ATM.

4.2.2 Les conditions de performances PBN dépendent aussi des moyens de navigation réversibles, non RNAV, qui sont disponibles et du degré de redondance requis pour assurer une continuité adéquate des fonctions. L'automatisation au sol n'a pas besoin de beaucoup de changements à l'appui des CDO : potentiellement un avertisseur dans la visualisation. Pour une meilleure intégration, la fonction de calcul de trajectoire au sol devra être renforcée.

5. **PERFORMANCES HUMAINES**

5.1 **Considérations de facteurs humains**

5.1.1 La décision de planifier pour RNAV ou RNP doit être prise au cas par cas, en consultation avec l'utilisateur de l'espace aérien. Certains secteurs n'ont besoin que d'une RNAV simple pour maximiser les bénéfices, alors que d'autres tels qu'un relief abrupt à proximité ou un trafic aérien dense pourraient nécessiter une RNP plus rigoureuse.

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

5.2 **Besoins en formation et compétences**

5.2.1 Étant donné que l'autorisation de qualité de navigation requise (RNP AR) dans les approches nécessite aussi une formation assez intense, les ANSP devraient travailler avec les transporteurs aériens pour déterminer où l'approche RNP AR devrait être mise en œuvre. Dans tous les

cas, la mise en œuvre de PBN nécessite un accord entre l'utilisateur de l'espace aérien, l'ANSP et les autorités de réglementation.

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

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

- Réglementation/normalisation : utilisation des prescriptions déjà publiées, incluant les textes indiqués dans la Section 8.4.
- Plans d'approbation : doivent être conformes aux prescriptions d'applications, par exemple conception de l'espace aérien, opérations de trafic aérien, conditions PBN pour les transitions à rayon fixe, parcours rayon-à-point fixe, heure d'arrivée requise (RTA), décalage en parallèle, etc.

6.1 Il importe de bien comprendre le contexte de politique pour promouvoir la mise en œuvre locale de CDO et assurer des niveaux élevés de participation. Les CDO peuvent être un objectif stratégique au niveau international, national ou local et peuvent ainsi déclencher une revue de la structure de l'espace aérien.

6.2 Par exemple, il se peut que la production de contours acoustiques présume déjà une approche finale en descente continue à trois degrés. Ainsi, même si la performance acoustique est améliorée dans certains secteurs autour de l'aéroport, il se peut qu'elle n'ait pas d'incidence sur les contours acoustiques existants. De plus, les CDO n'auront peut-être pas d'incidence sur les performances de vol à l'intérieur des contours acoustiques les plus significatifs, c'est-à-dire ceux qui représentent des niveaux de bruit sur lesquels les décisions sont fondées.

6.3 En plus d'une évaluation de la sécurité, il convient de procéder à une évaluation transparente de l'impact des CDO sur d'autres opérations aériennes et l'environnement, et de la mettre à la disposition de toutes les parties intéressées.

6.4 À mesure de la mise en œuvre de la PBN, des spécifications internationales normalisées devraient être fixées pour transitions de rayon fixe, parcours de rayon-à-point fixe, heure d'arrivée requise (RTA), décalage en parallèle, VNAV, contrôle 4D, ADS-B, liaison de données, etc.

6.5 Les SMS doivent faire partie de tout processus d'élaboration, et chacun d'eux se manifeste différemment pour chacun des processus de PBN. Aux fins de la production, les SMS devraient être traités dans le cadre d'un processus ISO conforme-9000, du flux de travail, des améliorations d'automatisation et de la gestion des données. Le processus de production est contrôlé pour la détection des défauts et le flux de travail. Dans le cas des procédures de trafic aérien, un document de gestion des risques de sécurité (SRMD) pourrait être nécessaire pour chaque procédure nouvelle ou amendée. Cela prolongera le temps nécessaire pour mettre en œuvre de nouvelles procédures, particulièrement des procédures de vol basées sur PBN.

6.6. Le progrès devrait être mesuré en regard d'indicateurs clés de performances recommandés par le ou les groupes de travail, après approbation. La PBN :

- a) n'ajoute pas une nouvelle philosophie de navigation, mais elle est simplement un outil pragmatique de mise en œuvre de procédures de navigation pour des fonctions embarquées qui existent depuis plus de 30 ans ;
- b) n'oblige pas les États à réviser entièrement l'infrastructure de navigation ; une mise en œuvre étape par étape est possible ;
- c) n'oblige pas les États à mettre en œuvre les spécifications de navigation les plus avancées, il suffit qu'elle corresponde aux besoins d'exploitation ;

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

7.1 Actuelles utilisations

7.1.1 Opérations de descente continue :

- **États-Unis** : les descentes à profil optimisé (OPD) sont déjà mises en œuvre aux aéroports internationaux suivants : Los Angeles (KLAX), Charlotte/Douglas (KCLT), Minneapolis-St. Paul (KMSP), Phoenix Sky Harbor (KPHX) et Las Vegas (KLAS).

7.1.2 Navigation basée sur performances :

- **Etats-Unis** : de nouvelles procédures sont en cours d'élaboration pour des Metroplex des États-Unis afin d'inclure des éléments de navigation basée sur performances tels que trajectoires courbes. L'élaboration de procédures pour les Metroplex North Texas et Washington D.C. sera achevée en 2013. La mise en œuvre pour ces deux sites s'effectuera en 2014-2015.

7.2 Activités prévues ou en cours

7.2.1 Opérations de descente continue :

- **États-Unis** : de nouvelles procédures sont en cours d'élaboration pour l'aéroport international de Denver (KDEN), l'aéroport international de Seattle-Tacoma (KSEA) et l'espace aérien de Chicago ; elles incluront des OPD. L'achèvement est prévu pour 2014.

7.2.2 Navigation basée sur performance :

- **États-Unis** : des essais sont prévus en 2014-2015 pour valider la faisabilité des procédures établies de RNP. La RNP établie utilisera la technologie RNP pour diriger en sécurité les aéronefs simultanément vers des trajectoires d'approche parallèle indépendantes et dépendantes, sans séparation verticale requise par rapport aux aéronefs sur des approches adjacentes.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

8.1 Normes

8.1.1 Pour les spécifications de plans de vol dans l'Amendement n° 1, *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien* (PANS-ATM, Doc 4444 de l'OACI).

8.2 Textes d'orientation

- Doc 9613 de l'OACI, *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*.
- Doc 9931 de l'OACI, *Manuel des opérations en descente continue (CDO)*.
- FAA Advisory Circular AC90-105, Approval Guidance for RNP operations and barometric vertical navigation in the United States National Airspace System, qui donne des indications sur le système et l'approbation opérationnelle pour les exploitants (seulement pour la situation aux États-Unis)

8.3 Documents d'approbation

- Doc 9931 de l'OACI, *Manuel des opérations en descente continue (CDO)*.
- Doc 9613 de l'OACI, *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*.
- FAA AC120-108, CDFA

APPENDICE B

MODULE N° B0-20 : AMÉLIORATION DE LA FLEXIBILITÉ ET DE L'EFFICACITÉ PROFILS DE DÉPART — OPÉRATIONS EN MONTÉE CONTINUE (CCO)

Sommaire	Pour effectuer des opérations en montée continue, en conjonction avec la PBN, afin d'optimiser les flux de trafic, d'augmenter la flexibilité, de permettre des profils de vol économiques et d'augmenter la capacité dans des régions terminales encombrées.	
Principal impact sur les performances selon Doc 9854	KPA-04 — Efficacité, KPA-05 — Environnement, KPA-10 — Sécurité.	
Environnement opérationnel/phases de vol	Départ et en route	
Considérations d'applicabilité	Régions, États ou emplacements individuels ayant le plus besoin de ces améliorations. Pour simplicité et succès de la mise en œuvre, la complexité peut se diviser en trois tranches : a) moindre complexité — régions/États/emplacements avec une certaine expérience opérationnelle en PBN, qui pourraient bénéficier d'améliorations dans le court terme, incluant l'intégration de procédures et l'optimisation des performances ; b) complexité plus grande — régions/États/emplacements qui ont ou n'ont pas une expérience PBN, mais qui bénéficieraient de l'introduction de procédures nouvelles ou renforcées. Toutefois, un grand nombre de ces emplacements pourraient connaître des défis environnementaux et opérationnels qui ajouteraient à la complexité de l'élaboration et de la mise en œuvre de procédures ; c) complexité la plus grande — régions/États/emplacements où il sera le plus difficile et complexe d'introduire des opérations PBN intégrées et optimisées. Le volume du trafic et les contraintes d'espace aérien sont des complexités supplémentaires qu'il faut affronter. Des changements opérationnels dans ces secteurs pourraient avoir un effet considérable sur la totalité de l'État, de la région ou de l'emplacement.	
Élément(s) du concept mondial selon Doc 9854	AUO — opérations des usagers de l'espace aérien TS — synchronisation du trafic AOM — organisation et gestion de l'espace aérien	
Initiatives du plan mondial (GPI)	GPI-5 : Navigation de surface/qualité de navigation requise (RNAV/RNP) (navigation basée sur performances) GPI-10 : conception et gestion de région terminale GPI-11 : départs normalisés aux instruments (SID) et arrivées normalisées aux instruments (STAR) en RNP et RNAV	
Principales conditions	Lien avec B0-20	
Liste de vérification de préparation dans le monde		<i>Situation (déjà prêt ou date estimative)</i>
	Disponibilité de normes	√
	Disponibilité de l'avionique	√
	Disponibilité de l'infrastructure	√

	Disponibilité de l'automatisation au sol	√
	Procédures disponibles	√
	Approbations d'opérations	√

1. EXPOSÉ

1.1 Généralités

1.1.1 Ce module s'intègre avec d'autres espaces aériens et procédures (PBN, opérations en descente continue (CDO) et gestion de l'espace aérien) pour améliorer l'efficacité, la sécurité, l'accès et la prédictibilité ; et minimiser les consommations de carburant, les émissions et le bruit.

1.1.2 Avec l'augmentation de la demande de trafic, les défis dans les régions terminales concernent le volume, les conditions météorologiques dangereuses (par exemple forte turbulence et faible visibilité), les aéroports adjacents et les espaces aériens à activités spéciales proches les uns des autres dont les procédures utilisent le même espace aérien, et des politiques qui limitent la capacité, les flux et l'efficacité.

1.1.3 L'écoulement du trafic et le volume (à travers les routes d'entrée et de sortie) ne sont pas toujours bien mesurés, équilibrés ou prédictibles. Les évitements d'obstacles et d'espace aérien (sous la forme de critères et minimums de séparation), les procédures d'atténuation du bruit, ainsi que l'atténuation du risque en sillage, ont tendance à créer des inefficacités opérationnelles (par exemple augmentation du temps ou de la distance parcourue, et donc de la consommation de carburant).

1.1.4 Des itinéraires inefficaces peuvent aussi causer une sous-utilisation des aéroports et espaces aériens disponibles. Enfin, les États rencontrent des problèmes en ayant de multiples clients (internationaux et intérieurs avec des capacités diverses) : le mélange de trafic commercial, d'affaires, d'aviation générale et souvent militaire, ayant pour destination des aéroports situés dans une région terminale, qui trouble et parfois gêne les opérations des uns et des autres.

1.2 Ligne de base

1.2.1 Les opérations aériennes dans de nombreuses régions terminales précipitent dans de nombreux États la majorité des actuels retards dans l'espace aérien. Les opportunités d'optimiser les flux de trafic, d'améliorer la flexibilité, de permettre des profils de montée et de descente efficaces en consommation de carburant, et d'augmenter la capacité dans les zones les plus encombrées devraient être une initiative prioritaire dans le court terme.

1.2.2 La ligne de base pour ce module peut varier selon les États, les régions ou les emplacements. À noter que certains aspects de la transition à la PBN ont déjà fait l'objet d'améliorations locales dans de nombreux secteurs ; ces secteurs et les utilisateurs réalisent déjà des bénéfices.

1.2.3 Le manque de textes d'orientation OACI sur l'approbation opérationnelle de PBN, ainsi que l'apparition de textes d'approbation nationaux ou régionaux, qui peuvent différer ou même être plus exigeants que ce qui est souhaité, ralentit la mise en œuvre et il est perçu comme un des principaux obstacles à l'harmonisation.

1.2.4 Il reste du travail à faire pour harmoniser la nomenclature PBN, particulièrement dans les cartes et les réglementations nationales/régionales (par exemple la plupart des règlements européens font encore usage de la navigation de surface du type B (B-RNAV) et de la navigation RNAV de précision (P-RNAV).

1.2.5 L'efficacité des profils de montée peut être compromise par des segments en palier, des vecteurs et une surcharge des transmissions radio entre pilotes et contrôleurs de la circulation aérienne. Les actuelles techniques de conception de procédures ne prévoient pas l'actuelle fonction FMS pour gérer les profils de vol les plus efficaces. Il y a aussi une utilisation excessive de transmissions radio à cause de la nécessité de donner des vecteurs aux aéronefs afin de leur accorder leurs trajectoires préférées.

1.3 **Changement produit par le module**

1.3.1 Les fonctions essentielles à traiter sont : RNAV ; RNP si possible et nécessaire ; opérations en montée continue (CCO) ; meilleure efficacité dans les règles de séparation en région terminale ; conception efficace et classification des espaces aériens ; courants de trafic aérien. Les opportunités de réduire les temps de vol, les consommations/émissions et les impacts acoustiques devraient aussi être examinées si possible.

1.3.2 Ce module est une première étape vers l'harmonisation, une meilleure organisation et une gestion optimisée de l'espace aérien. De nombreux États auront besoin d'une assistance bien informée pour réaliser la mise en œuvre. La mise en œuvre initiale de PBN et RNAV, par exemple, bénéficie de technologie au sol et d'avionique existantes et permet une collaboration étendue des fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP) avec des partenaires : militaires, usagers de l'espace aérien et États voisins. Le fait de procéder par petites étapes nécessaires et de n'effectuer que ce qui est requis permet aux États d'exploiter rapidement la PBN.

1.4 **Autres remarques**

1.4.1 Le vol au niveau optimal est une des principales façons d'améliorer les consommations de carburant et de minimiser les émissions atmosphériques. Une grande proportion de la consommation de carburant se situe dans la phase de montée et, pour une longueur de route donnée, selon la masse de l'aéronef et les conditions météorologiques il y aura un niveau de vol optimal, qui augmentera progressivement en fonction de la diminution de la masse de l'aéronef par suite de la consommation de carburant. Permettre à l'aéronef d'atteindre et maintenir son niveau de vol optimal sans interruption aidera donc à optimiser la consommation de carburant et réduire les émissions.

1.4.2 Les CCO peuvent procurer une réduction du bruit, des consommations de carburant et des émissions, tout en augmentant la stabilité du vol et la prédictibilité de la trajectoire de vol tant pour les contrôleurs que pour les pilotes.

1.4.3 Les CCO sont une technique d'exploitation des aéronefs facilitée par une conception appropriée des espaces aériens et des procédures ainsi que par des autorisations appropriées du contrôle de la circulation aérienne (ATC) pour permettre l'exécution d'un profil de vol optimisé selon les capacités opérationnelles de l'aéronef, ce qui réduit la consommation de carburant et les émissions au cours de la montée.

1.4.4 Le profil vertical optimal prend la forme d'une trajectoire de montée continue, avec un minimum de segments en palier, seulement dans la mesure nécessaire pour accélérer et configurer l'aéronef.

1.4.5 L'angle optimal de trajectoire verticale variera selon le type d'aéronef, son poids réel, le vent, la température atmosphérique, la pression atmosphérique, les conditions de givrage et d'autres considérations dynamiques.

1.4.6 Une CCO peut s'effectuer avec ou sans trajectoire de vol verticale générée par ordinateur (c'est-à-dire la fonction de navigation verticale (VNAV) du système de gestion de vol (FMS)) et avec ou sans trajectoire latérale fixe. On réalisera le bénéfice maximal pour un vol individuel en permettant à l'aéronef de monter sur le profil de montée le plus efficace le long de la plus courte distance totale possible.

2. OBJECTIF D'AMÉLIORATION OPÉRATIONNELLE DES PERFORMANCES

<i>Efficacité</i>	Coûts plus bas par réduction des consommations et profils de vol efficaces. Réduction du nombre de transmissions radio requises.
<i>Environnement</i>	Autorisation d'opérations dans des cas où des limitations acoustiques aboutiraient autrement à des restrictions d'exploitation. Bénéfices environnementaux par émissions réduites.
<i>Sécurité</i>	Trajectoires de vol plus cohérentes. Réduction du nombre de transmissions radio requises. Moindre charge de travail pour les pilotes et le contrôle de la circulation aérienne.
<i>Analyse coûts-bénéfices</i>	Il est important d'apercevoir que les bénéfices de CCO dépendent beaucoup de chaque environnement ATM spécifique. Néanmoins, si la mise en œuvre se fait dans le cadre du manuel CCO de l'OACI, il est envisagé que le rapport bénéfices-coûts sera positif.

3. PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)

3.1 Le *Manuel de la navigation fondée sur les performances* (Doc 9613 de l'OACI) donne des indications générales sur la mise en œuvre de la PBN.

3.2 Ce manuel identifie la relation entre applications RNAV et RNP ainsi que les avantages et limitations du choix de l'une ou de l'autre comme spécification de navigation pour un concept d'espace aérien.

3.3 Il vise aussi à donner des indications pratiques aux États, aux ANSP et aux utilisateurs de l'espace aérien sur la façon de mettre en œuvre des applications RNAV et RNP, et de veiller à ce que les conditions de performances soient appropriées pour l'application envisagée.

3.4 Le *Manuel des opérations en montée continue* (Doc xxxx de l'OACI — en préparation) donne des indications sur la conception de l'espace aérien, les procédures de vol aux instruments, la facilitation ATC et des techniques de vol nécessaires pour permettre des profils en descente continue.

3.5 Ainsi, il donne des orientations de base et de mise en œuvre pour :

- a) fournisseurs de services de navigation aérienne ;
- b) exploitants d'aéronefs ;
- c) exploitants d'aéroports ;
- d) auteurs de réglementation de l'aviation.

4. FONCTIONS NÉCESSAIRES DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1 Les CCO ne nécessitent pas une technologie spécifique air ou sol. C'est une technique d'exploitation d'aéronefs facilitée par une conception appropriée des espaces aériens et des procédures, et des autorisations ATC appropriées permettant l'exécution d'un profil de vol optimisé selon les capacités opérationnelles de l'aéronef, où l'aéronef peut atteindre l'altitude croisière en volant à une vitesse aérodynamique optimale avec des régimes moteurs en poussée ascensionnelle pendant toute la montée, ce qui réduit les consommations et les émissions sur la totalité du vol. Atteindre les niveaux de croisière plus tôt si des vitesses au sol supérieures sont réalisées peut aussi réduire le temps de vol total. Cela peut permettre d'embarquer moins de carburant au départ, avec des bénéfices en carburant, bruit et émissions.

4.1.2 Le profil vertical optimal prend la forme d'une trajectoire de montée continue. Il convient d'éviter tous niveaux ou segments de montée non optimale afin de respecter les conditions de séparation entre aéronefs. Cela, tout en permettant aussi une CDO, dépend beaucoup de la conception de l'espace aérien et des créneaux de hauteur appliqués dans la procédure de vol aux instruments. Ce genre de conception nécessite une compréhension des profils optimaux pour les aéronefs utilisant l'aéroport, afin d'assurer que les créneaux de hauteur évitent, autant que possible, la nécessité de résoudre des conflits potentiels entre les courants de trafic à l'arrivée et au départ à travers des contraintes ATC de hauteur ou de vitesse.

4.2 Systèmes au sol

4.2.1 Les contrôleurs bénéficieraient d'un certain soutien automatisé pour afficher les capacités des aéronefs afin de savoir ce que peuvent faire les différents aéronefs.

5. PEFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations de facteurs humains

5.1.1 Les facteurs humains ont été pris en compte au cours de l'élaboration des processus et procédures liés à ce module. Si l'automatisation doit être utilisée, l'interface homme-machine est prise en

compte dans une perspective tant fonctionnelle qu'ergométrique (voir exemples dans la Section 6). Toutefois, la possibilité de défaillances latentes continue d'exister et la vigilance est nécessaire dans toutes les activités de mise en œuvre. Il convient aussi que les problèmes de facteurs humains qui sont identifiés au cours de la mise en œuvre soient signalés à la communauté internationale à travers l'OACI, dans le cadre de toute initiative de comptes rendus de sécurité.

5.2 Besoins en formation et compétences

5.2.1 Une formation en normes et procédures opérationnelles est nécessaire pour ce module et peut être trouvée dans les liens des documents de la Section 8 de ce module. De plus, les besoins en compétences sont identifiés dans les prescriptions réglementaires de la Section 6, qui font partie de la mise en œuvre de ce module.

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

- Réglementation/normalisation : utiliser les prescriptions déjà publiées, qui incluent les éléments donnés dans la Section 8.4.
- Plans d'approbation : doivent être conformes aux exigences des applications.

6.1 Il est important de comprendre le contexte de politique pour préconiser une mise en œuvre locale de CCO et assurer des niveaux élevés de participation. La CCO peut être un objectif stratégique au niveau international, national ou local, et peut ainsi déclencher une revue de la structure de l'espace aérien en combinaison avec CDO.

6.2 Par exemple, une production de contour acoustique peut être basée sur une procédure de départ spécifique (procédure 1 d'atténuation du bruit au départ (NADP1) ou de type NADP2). Les performances acoustiques peuvent être améliorées dans certaines zones autour de l'aéroport, mais elles peuvent aussi influencer les contours acoustiques ailleurs. De plus, une CCO peut permettre d'atteindre plusieurs objectifs stratégiques et il convient donc d'envisager de l'inclure dans tout concept ou réaménagement d'espace aérien. Des indications sur les concepts d'espace aérien et les objectifs stratégiques se trouvent dans le *Manuel de la navigation fondée sur les performances* (Doc 9613 de l'OACI). Les objectifs sont habituellement identifiés en collaboration par les utilisateurs de l'espace aérien, les ANSP, les exploitants d'aéroports et les organes gouvernementaux. Si un changement peut avoir un impact sur l'environnement, l'élaboration d'un concept d'espace aérien peut faire intervenir des communautés locales, des autorités de planification et un gouvernement local, et pourrait nécessiter une évaluation officielle d'impact en application des règlements. Ce genre de participation peut aussi intervenir dans le cas de définition d'objectifs stratégiques pour l'espace aérien. La fonction du concept d'espace aérien et du concept opérationnel consiste à répondre à ces exigences d'une façon équilibrée et tournée vers l'avenir, prenant en compte les besoins de toutes les parties prenantes et non pas seulement d'une des parties prenantes (par exemple l'environnement). La Partie B du Document 9613 (indications de mise en œuvre) donne des détails sur la nécessité d'une collaboration efficace entre ces entités.

6.3 Dans le cas d'une CCO, le choix d'une procédure de départ (NDAP1 ou NADP2) nécessite une décision sur la dispersion du bruit. En plus d'une évaluation de sécurité, il convient de procéder à une évaluation transparente de l'impact de CCO sur d'autres opérations de trafic aérien et l'environnement, et de la mettre à la disposition de toutes les parties intéressées.

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

7.1 Actuelles utilisations

- **États-Unis** : des procédures sont en préparation pour incorporer des profils de montée optimisés dans l'élaboration de procédures et d'espaces aériens.

7.2 Activités planifiées ou en cours

- **États-Unis** : néant à l'heure actuelle.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

9.3 Procédures

- Doc 8168 de l'OACI — *Procédures pour les services de navigation aérienne — Exploitation technique des aéronefs*
- Doc 4444 de l'OACI — *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien*
- Doc 9613 de l'OACI — *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*
- Doc xxxx de l'OACI — *Manuel des opérations en montée continue* (en préparation)

8.2 Documents d'approbation

- Doc xxxx de l'OACI — *Manuel des opérations en montée continue* (en préparation)
- Doc 9613 de l'OACI — *Manuel de la navigation fondée sur les performances (PBN)*
- Doc 4444 de l'OACI — *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien*

— — — — —

APPENDICE C

MODULE N° B1-05 : AMÉLIORATION DE LA FLEXIBILITÉ ET DE L'EFFICACITÉ DANS LES PROFILS DE DESCENTE (CDO) AVEC VNAV

Sommaire	Pour améliorer la précision de trajectoires de vol dans le plan vertical en descente et arrivée, et permettre aux aéronefs d'accomplir une procédure d'arrivée ne reposant pas sur des équipements basés au sol pour le guidage vertical. Principaux avantages : plus grande utilisation des aéroports, meilleure efficacité du carburant, sécurité améliorée par meilleure prédictibilité des vols et réduction des transmissions radio, meilleure utilisation de l'espace aérien.	
Principal impact sur les performances selon Doc 9854	KPA-02 — Capacité, KPA-04 — Efficacité, KPA-06 — Prédictibilité, KPA-10 — Sécurité	
Environnement opérationnel/phases de vol	Descente, arrivée, vol en région terminale	
Considérations d'applicabilité		
Élément(s) du concept mondial selon Doc 9854	AO — opérations d'aérodrome AOM — organisation et gestion de l'espace aérien AUO — opérations des usagers de l'espace aérien CM — gestion des conflits DCB — équilibrage de la demande et de la capacité TS — synchronisation du trafic	
Initiatives du plan mondial (GPI)	GPI-2 : minimums de séparation verticale réduits GPI-5 : navigation de surface (RNAV) et qualité de navigation requise (RNP) (navigation basée sur performances) GPI-9 : conscience de la situation GPI-10 : conception et gestion de région terminale GPI-11 : départs normalisés aux instruments (SID) et arrivées normalisées aux instruments (STAR) en RNP et RNAV	
Principales conditions	B0-05	
Liste de vérification de préparation dans le monde		Situation (déjà prêt ou date estimative)
	Disponibilité de normes	2018
	Disponibilité de l'avionique	√
	Disponibilité des systèmes au sol	2018
	Procédures disponibles	√
	Approbations d'opérations	2018

1. EXPOSÉ

1.1 Généralités

1.1.1 La PBN avec navigation verticale (VNAV) est une fonction basée sur altimétrie qui permet à un aéronef équipé de descendre précisément sur une trajectoire verticale calculée par

l'ordinateur de gestion de vol (FMC), avec une tolérance fixée en pieds, tout en procurant à l'équipage de conduite des informations de performance de navigation grâce à la surveillance et l'alerte d'avionique. Le système se rétablit à une tolérance initiale fixée par l'opérateur individuel, mais l'équipage peut sélectionner une nouvelle tolérance (par exemple 75 ft dans la région terminale).

1.2 Ligne de base

1.2.1 La ligne de base pour ce bloc est un profil de descente amélioré rendu possible par le Bloc B0-5. Ce bloc est un composant d'opérations basées sur trajectoire (TBO).

1.3 Changement produit par le module

1.3.1 La VNAV contribue à la conception et l'efficacité de l'espace aérien terminal à cause de l'aptitude de l'aéronef à maintenir une trajectoire verticale au cours de la descente, permettant ainsi des corridors verticaux pour le trafic qui entre et qui sort. Autres bénéfices : moins de mises en palier, précision verticale améliorée dans l'espace aérien terminal, moins de conflits de procédures d'arrivée et de départ et de courants de trafic aéroportuaire adjacents, et aptitude de l'aéronef à exécuter une procédure d'approche sans compter sur un équipement basé au sol pour la navigation verticale. Cela conduit à une plus haute utilisation des aéroports.

2. OBJECTIF D'AMÉLIORATION OPÉRATIONNELLE DES PERFORMANCES

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

<i>Capacité</i>	La PBN avec VNAV augmente la précision dans les opérations en descente continue (CDO). Cette aptitude permet d'augmenter les applications de procédures normalisées d'arrivée et de départ pour améliorer la capacité et les flux de trafic, et améliorer la mise en œuvre d'approches de précision.
<i>Efficacité</i>	Permettre à un aéronef de maintenir une trajectoire verticale en descente rend possible le développement de corridors verticaux pour le trafic à l'arrivée et au départ, ce qui augmente l'efficacité de l'espace aérien. De plus, la VNAV permet d'utiliser plus efficacement l'espace aérien grâce à l'aptitude des aéronefs à suivre un profil de descente plus précisément, avec un potentiel de réduire la séparation et d'augmenter la capacité.
<i>Prédictibilité</i>	La VNAV augmente la prédictibilité des trajectoires de vol, ce qui conduit à une meilleure planification des vols et des courants de trafic.
<i>Sécurité</i>	Une trajectoire précise en altitude dans la descente procure des améliorations dans la sécurité globale du système.
<i>Analyse coûts-bénéfices</i>	Amélioration de la sécurité : profils de vol plus précis dans le plan vertical. Efficacité : La VNAV contribue à l'efficacité de l'espace aérien terminal en permettant à l'aéronef de maintenir une trajectoire verticale en descente. Cela rend possible des corridors verticaux pour le trafic à

	l'arrivée et au départ, rendant ainsi l'espace aérien plus efficace. La RNP verticale établit aussi les bases d'une utilisation élargie de profils de descente optimisés et continus. Économie : La VNAV permet de réduire les mises en palier, ce qui procure des économies de carburant et de temps.
--	--

3. PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)

3.1 Il faut former les équipages de conduite à l'utilisation des fonctions VNAV du FMC. Des procédures normalisées guident les équipages au sujet des tolérances d'altitude qui peuvent être choisies pour telle ou telle phase du vol.

3.2 De nouvelles procédures d'arrivée et instructions à utiliser au sol sont requises pour un usage maximal de cette fonction.

4. FONCTIONS NÉCESSAIRES DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1 Une fonction de navigation verticale barométrique (Baro-VNAV) est incorporée à l'ordinateur de gestion de vol.

4.2 Systèmes au sol

4.2.1 Les contrôleurs bénéficieraient d'un certain soutien d'automatisation pour afficher les aptitudes des aéronefs afin de savoir quels aéronefs peuvent accomplir des CDO.

5. PERFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations de facteurs humains

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

5.2 Besoins en formation et compétences

5.2.1 Une formation en normes opérationnelles et procédures sera identifiée avec les normes et pratiques recommandées nécessaires pour appliquer ce module. De plus, les besoins en compétences seront identifiés et inclus dans les aspects de préparation réglementaire de ce module lorsqu'ils seront disponibles.

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

- Réglementation/normalisation : utilisation des critères déjà publiés, incluant les textes indiqués dans la Section 8.4 ;
- Plans d'approbation : doivent être conformes aux prescriptions d'applications, par exemple opérations et procédures qui nécessitent performances et guidage verticaux.
- Discussion : la disponibilité de RNP verticale est supérieurs à 99,9 %/heure pour une seule installation FMC. Du point de vue de la certification des équipements, la perte de fonction est probable. Une installation d'équipement redondant surmontera, au besoin, une improbable perte de fonction.

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

7.1 Actuelles utilisations

7.1.1 Opérations en descente continue

États-Unis : des descentes à profil optimisé (OPD) s'effectuent actuellement aux aéroports internationaux suivants : Los Angeles (KLAX), Charlotte/Douglas (KCLT), Minneapolis-St. Paul (KMSP), Phoenix Sky Harbor (KPHX) et Las Vegas (KLAS).

7.1.2 Navigation basée sur performances

États-Unis : de nouvelles procédures sont en cours d'élaboration pour des Metroplex aux États-Unis afin d'incorporer des éléments de PBN tels que des trajectoires courbes. L'élaboration de procédures pour les Metroplex North Texas et Washington, D.C. sera achevée en 2013. La mise en œuvre dans ces deux sites s'effectuera en 2014-2015.

7.2 Activités prévues ou en cours

- **États-Unis** : la VNAV a été démontrée dans le cadre des essais 4D FMS en 2011.
- **SESAR** : des essais de CDO et d'intégration de 4D initiale avec procédures de descente continue et gestion des arrivées, en 2012-2013.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

8.1 Normes

- EUROCAE ED-75B, MASPS Required Navigation Performance for Area Navigation
- RTCA D0236B, Minimum Aviation System Performance Standards : Required Navigation Performance for Area Navigation
- Boeing Document D6-39067-3, RNP Capability of FMC Equipped 737, Generation 3

- Boeing Document D243W018-13 Rev D, 777 RNP Navigation Capabilities, Generation 1

8.2 Textes d'orientation

- Doc 9931 de l'OACI, *Manuel des opérations en descente continue (CDO)*

8.3 Documents d'approbation

- FAA AC20-138
- EASA AMC20-27

— — — — —

APPENDICE D

MODULE N° B2-05 : AMÉLIORATION DE LA FLEXIBILITÉ ET DE L'EFFICACITÉ EN PROFILS DE DESCENTE (CDO) AVEC VNAV, VITESSE REQUISE ET HEURE À L'ARRIVÉE

Sommaire	Il s'agit surtout d'utiliser des procédures d'arrivée qui permettent aux aéronefs d'utiliser peu ou pas la manette des gaz dans des régions où autrement les niveaux de trafic interdiraient cette opération. Ce bloc traitera de la complexité de l'espace aérien, de la charge de travail pour trafic aérien et de la conception de procédures pour permettre des arrivées optimisées dans un espace aérien dense.	
Principal impact sur les performances selon Doc 9854	KPA-02 — Capacité, KPA-04 — Efficacité, KPA-05 — Environnement, KPA-06 — Flexibilité, KPA-10 — Sécurité	
Environnement opérationnel/phases de vol	En route, région terminale, descente	
Considérations d'applicabilité	Monde, espaces aériens à forte densité (selon procédures FAA des États-Unis)	
Élément(s) du concept mondial selon Doc 9854	AOM — organisation et gestion de l'espace aérien AUO — opérations des usagers de l'espace aérien TS — synchronisation du trafic	
Initiatives du plan mondial (GPI)	GPI-5 : navigation de surface (RNAV) et qualité de navigation requise (RNP) (navigation basée sur performances) GPI-9 : conscience de la situation GPI-11 : départs normalisés aux instruments (SID) et arrivées normalisées aux instruments (STAR) en RNP et RNAV	
Principales conditions	B0-05, B0-20, B1-40	
Liste de vérification de préparation dans le monde		Situation (déjà prêt ou date estimative)
	Disponibilité de normes	√
	Disponibilité de l'avionique	2023
	Disponibilité des systèmes au sol	2023
	Procédures disponibles	2023
	Approbations d'opérations	2023

1. EXPOSÉ

1.1 Généralités

1.1.1 Des arrivées optimisées dans un espace aérien dense comportent des aptitudes qui amélioreront les arrivées en descente continue dans des espaces aériens très encombrés. Les aspects clés des profils optimisés en espace aérien dense sont les suivants :

- a) procédures d'arrivée qui permettront aux aéronefs de suivre une trajectoire verticale efficace depuis l'espace aérien en route jusqu'à l'approche finale ;
- b) peu ou pas d'utilisation de la manette des gaz durant la descente, avec paliers momentanés pour ralentir l'aéronef si cela est requis par des restrictions d'espace aérien ;
- c) automatisation de la gestion des courants de trafic, permettant au contrôle de la circulation aérienne de gérer des aéronefs exécutant des arrivées optimisées avec trafic en convergence, au départ ou à l'arrivée ;
- d) automatisation de cockpit permettant aux aéronefs de choisir librement un profil de descente et de début de descente basé sur l'état de l'aéronef et les conditions météorologiques ;
- e) les contrôleurs en route et en terminale comptent sur l'automatisation pour identifier les conflits et proposer des résolutions ;
- f) les opérations RNAV éliminent la nécessité de définir des routes par l'emplacement d'aides de navigation, ce qui permet la flexibilité dans les vols de point à point ;
- g) les opérations RNP introduisent la nécessité de surveillance des performances et d'alerte à bord. Une caractéristique essentielle des opérations RNP est l'aptitude du système de navigation embarqué de contrôler la qualité de navigation dans une opération spécifique et d'indiquer à l'équipage de conduite si la prescription opérationnelle est atteinte ;
- h) la base de l'opération est une trajectoire précise en trois dimensions qui est partagée entre les utilisateurs du système aéronautique. Cela procure aux utilisateurs de l'espace aérien des informations précises de latitude, longitude et altitude ;
- i) des informations cohérentes et à jour décrivant les vols et les courants de trafic aérien sont disponibles dans tout le système, à l'appui des opérations tant des utilisateurs que des fournisseurs de services.

1.2 Ligne de base

1.2.1 La ligne de base pour ce module est l'amélioration des profils de descente et de la gestion de la complexité, rendue possible par les modules B1-05, B1-35 et B1-10. Les arrivées optimisées sont un composant des initiatives d'opérations basées sur trajectoire (TBO). Il y a des moyens de soutien des décisions, qui sont intégrés pour aider les navigants et les fournisseurs de la séparation de trafic aérien à prendre de meilleures décisions et optimiser le profil d'arrivée. Des informations cohérentes de trajectoire 3D sont à la disposition des utilisateurs pour informer les décideurs de la gestion du trafic aérien (ATM).

1.3 Changement produit par le module

1.3.1 Ce module fournit des extensions de la ligne de base, avec l'accent sur des descentes économiques en espace aérien à forte densité de trafic. Les bénéfices de ces opérations basées sur

trajectoire incluent des économies de carburant et la réduction de bruit et des émissions, en maintenant les aéronefs à plus haute altitude et à des niveaux de poussée plus faibles que dans les approches traditionnelles par degrés. La simplification des routes par arrivées optimisées pourrait aussi réduire les transmissions radio entre navigants et contrôleurs.

1.3.2 Les bénéfices de ces opérations en espace aérien dense consistent à réaliser les niveaux ciblés de trafic et de flux de trafic, tout en permettant aussi des économies de carburant et la réduction du bruit. Une hypothèse traditionnelle est que l'emploi d'arrivées optimisées réduira les flux de trafic en espace aérien à forte densité, ou pourra être irréalisable à cause de complexités créées dans les séquences entre arrivées optimisées et arrivées, départs et trafic convergent non optimisés.

1.3.3 L'aptitude de l'aéronef à exécuter précisément une arrivée optimisée, couplée à des informations de situation et d'intention transmises par l'aéronef à l'automatisation ATC, augmentera la précision de modélisation de trajectoire et de prédiction de problèmes.

1.4 Divers

1.4.1 Ce module continue l'évolution de la conception de procédures RNAV et RNP en espace aérien dense, et l'évolution de l'automatisation utilisée à l'appui des décisions des navigants et du contrôle de la circulation aérienne.

1.5 Élément 1 : Modélisation de trajectoire précise

1.5.1 Cet élément vise à obtenir le modèle de trajectoire le plus précis à l'usage de tous les systèmes automatisés. Cela inclut des informations de position précises, des informations d'autorisations et l'utilisation de résolutions automatisées qui réduisent la charge de travail du contrôleur.

1.6 Élément 2 : Fonctions embarquées avancées

1.6.1 Cet élément focalisera les fonctions embarquées qui permettent une sélection de trajectoire optimale et l'aptitude à exécuter des procédures RNAV et RNP de point à point. Cet élément examinera aussi l'automatisation de cockpit qui permet aux aéronefs de se séparer eux-mêmes et d'éviter des conflits potentiels. Il focalisera l'élaboration de normes harmonisées à l'échelle mondiale pour l'échange de données de trajectoire entre le sol et les systèmes d'avionique embarqués, par exemple systèmes de gestion de fréquence (FMS).

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

1.7.1 Cet élément harmonisera l'automatisation de la gestion des courants de trafic qui prédit de façon continue la demande et la capacité de toutes les ressources du système, et il indiquera quand le risque de congestion pour telle ou telle ressource (aéroport ou espace aérien) pourrait selon les prédictions dépasser une valeur acceptable. La gestion du trafic agira sous la forme de nouveaux itinéraires et temps de vol vers des ressources encombrées. L'élément résolution du problème créera une solution respectant toutes les contraintes du système.

2. OBJECTIF D'AMÉLIORATION OPÉRATIONNELLE DES PERFORMANCES

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

<i>Capacité</i>	Meilleure utilisation de l'espace aérien terminal. Des niveaux élevés de trafic peuvent être admis tout en continuant de permettre les descentes les plus économiques pour économiser du carburant, et produire moins d'émissions et de bruit. La capacité sera rehaussée par une meilleure aptitude à planifier les courants de trafic à destination et au départ de l'aéroport.
<i>Efficacité</i>	Le temps de vol pourrait être réduit par l'automatisation qui améliore la prise de décisions et la sélection d'une trajectoire préférée.
<i>Environnement</i>	Les usagers utiliseront des profils d'arrivée et de descente plus économiques en carburant et moins bruyants.
<i>Flexibilité</i>	Les utilisateurs pourront sélectionner une trajectoire d'arrivée qui convient le mieux aux aéronefs selon les conditions de trafic, les conditions météorologiques et l'état de l'aéronef.
<i>Sécurité</i>	Descentes économiques sans sacrifier la sécurité en raison d'une meilleure gestion de l'espace aérien et de l'automatisation pour aider à la séparation des aéronefs.
<i>Analyse coûts-bénéfices</i>	Les principaux éléments d'analyse économique qualitative de ce module sont les suivants : a) capacité : davantage de vols peuvent être admis dans l'espace aérien terminal à cause d'une charge de travail réduite des contrôleurs et d'une meilleure modélisation/planification des trajectoires ; b) efficacité : les utilisateurs utiliseront des profils d'arrivée et de descente plus économiques et moins bruyants ; c) sécurité : descentes économiques sans sacrifier la sécurité ; d) flexibilité : les utilisateurs auront une plus grande flexibilité dans le choix de la trajectoire de vol qui répond le mieux à leurs besoins.

3. PROCÉDURES NÉCESSAIRES (AIR ET SOL)

3.1 Pour des actions stratégiques, les procédures nécessaires existent fondamentalement pour que les fournisseurs de services de navigation aérienne (ANSP) et les utilisateurs collaborent dans les décisions de trajectoires de vol. Des prolongements de ces procédures devront être élaborés pour traduire l'utilisation de meilleurs moyens d'automatisation à l'appui des décisions, y compris une négociation d'automatisation à automatisation. L'utilisation de la surveillance dépendante automatique — mode diffusion/affichage en cockpit des informations de trafic (ADS-B/CDTI) et d'autres moyens embarqués pour éviter les collisions reste un sujet de recherche et nécessitera l'élaboration de procédures, y compris les rôles des ANSP. Il faudra élaborer des normes internationales pour les échanges d'informations entre systèmes à l'appui de ces opérations. Cela inclut l'élaboration de normes mondiales pour l'échange d'informations de trajectoire, y compris heure d'arrivée requise et vitesse d'arrivée requise, entre le sol et l'air à l'appui du déploiement envisagé dans le module n° B3-05.

4. FONCTIONS NÉCESSAIRES DU SYSTÈME

4.1 Avionique

4.1.1 Le développement continu de l'automatisation tant pour le cockpit que pour les ANSP est nécessaire afin d'aider dans la modélisation de trajectoires et aussi dans les décisions de séparation. Il existe des fonctions embarquées telles que ADS-B/CDTI, mais des applications sont encore à l'étude pour appuyer les objectifs de ce module.

4.2 Systèmes au sol

4.2.1 Le développement continu de l'automatisation tant pour le cockpit que pour les ANSP est nécessaire afin d'aider dans la modélisation de trajectoires et aussi dans les décisions de séparation. De plus, l'élaboration d'une technologie fournissant des stratégies d'atténuation pour les conflits et les conflits potentiels aidera aussi à établir des profils optimisés dans les espaces aériens à forte densité.

5. PERFORMANCES HUMAINES

5.1 Considérations de facteurs humains

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

5.2 Besoins en formation et compétences

5.2.1 Ce module contiendra finalement un certain nombre de besoins de formation du personnel. Quand ils seront connus, ils seront inclus dans la documentation à l'appui de ce module et leur importance sera indiquée. De plus, tous besoins en compétences qui seront recommandés deviendront partie des besoins en réglementation avant la mise en œuvre de cette amélioration des performances.

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

- Réglementation/normalisation : il faudra des normes et des critères nouveaux ou actualisés incluant :
 - normes mondiales pour les échanges d'informations de trajectoire
 - Doc 8168 de l'OACI, *Exploitation technique des aéronefs*
 - Doc 4444 de l'OACI, *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien* Via autorisation en cas d'utilisation d'une arrivée optimisée
- Plans d'approbation : à déterminer

7. ACTIVITÉS DE MISE EN ŒUVRE ET DE DÉMONSTRATION

(connues au moment de la rédaction des présents textes)**7.1 Actuelles utilisations**

7.1.1 Des arrivées optimisées sont déjà utilisées aux aéroports ci-après des États-Unis, en espaces aériens denses :

- a) Los Angeles International Airport (KLAX) ;
- b) Phoenix Sky Harbor International Airport (KPHX) ;
- c) Atlanta Hartsfield International Airport (KATL) ;
- d) Las Vegas International Airport (KLAS).

7.2 Essais prévus ou en cours

- **États-Unis/Europe** : des travaux sont en cours d'achèvement pour valider les performances de trajectoire requises à l'appui de TBO avancées.
- **États-Unis** : en train d'achever des simulations et modélisations pour valider la précision de modélisation de trajectoire.
- **États-Unis** : travaux FIXM/liaison de données en cours d'achèvement avec SESAR pour normaliser des éléments de données de trajectoire
- **États-Unis** : changements de route en cours de vol actuellement en préparation ; cela aboutira à la résolution opportune des encombrements au cours d'événements encombrés.

8. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE**8.1 Normes**

- Doc 9931 de l'OACI, *Manuel des opérations en descente continue (CDO)*

8.2 Documents d'approbation

- Normes mondiales pour les échanges d'informations de trajectoire (actualisation requise) ;
- Doc 8168 de l'OACI, *Exploitation technique des aéronefs* (actualisation requise) ;
- Doc 4444 de l'OACI, *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien* : phraséologie ATC/pilote.