

SESSYS

(Single European Sky SYStems)

Décembre 2023



Réflexion collective

Les réflexions collectives n'engagent que leurs auteurs et contributeurs, mentionnés en tête de chaque document. Le but de leur publication sur cette page, et avec cette réserve, est d'apporter ces contributions au débat public dès qu'elles sont disponibles et considérées comme suffisamment finalisées.

Ces réflexions collectives ne peuvent en aucun cas être considérées, en l'état, comme la position officielle de l'Académie.

Décembre 2023

Les faiblesses structurelles du système du contrôle du trafic aérien européen, liées à sa fragmentation, sont largement reconnues et font l'objet d'efforts politiques de la part de la Commission européenne depuis des décennies pour trouver une solution.

La dernière proposition de règlement de Ciel Unique Européen, visant à renforcer le rôle de l'Europe, a été rejetée par les États membres.

On aurait pu penser que ces faiblesses auraient pu devenir insupportables avec la crise du COVID19 qui a généré un "mur financier".

Cependant, avec le retour du trafic à ce qu'il était avant la crise, il y a un risque que les prestataires de services de navigation aérienne européens considèrent qu'ils peuvent retourner "à la normale".

Ce document propose un ensemble ciblé et concret de recommandations sur les fonctions et les systèmes techniques paneuropéens, afin que le système européen du contrôle du trafic aérien puisse sortir de cette fragmentation préjudiciable.

Ce texte n'est pas un document officiel de l'Académie de Air et l'Espace.

Il a été rédigé par Pierre Andribet, Marc Baumgartner et Jean-Marc Garot, membres de l'Académie de l'Air et l'Espace.

Résumé

Nota : dans ce document sont utilisés les deux acronymes :

- *ATM pour Air Traffic Management, gestion du trafic aérien en français*
- *CNS pour Communication, Navigation et Surveillance*

Ce document propose un ensemble de recommandations ciblées sur les fonctions et systèmes techniques au niveau européen :

- Attribution au Gestionnaire de Réseau européen d'une réelle autorité dans des domaines clés tels que :
 - *La conception de l'espace aérien ;*
 - *La gestion de la capacité et de la circulation des vols ;*
 - *L'optimisation globale de l'efficacité opérationnelle, environnementale et économique du réseau.*

Cette organisation serait en grande partie inspirée du mode fonction du Centre de commande du système de contrôle du trafic aérien américain, qui a fait ses preuves dans la gestion optimale de ces différents points.

- **Rationalisation et modernisation de l'Infrastructure CNS** (Communication, Navigation et Surveillance) : avec l'adoption d'un modèle "CNS-as-a-service" visant à optimiser l'infrastructure CNS.
- **Réorganisation des services de navigation aérienne** : avec la mise en place une nouvelle organisation du système ATM en Europe et de son modèle économique. Ceci établira des fournisseurs de serveurs de données, sur la base des principes éprouvés d'architectures orientées services, largement utilisés dans d'autres industries. Ces fournisseurs traiteront, à l'échelle européenne, les données radar, les données de plan de vol, les données météorologiques et les données aéronautiques. Seuls les postes de travail connectés à ces serveurs resteront dans les centres ATM.

Cela permettra, entre autres, un meilleur contrôle des coûts avec le partage, au niveau européen, des risques financiers tels que ceux rencontrés lors de la récente crise et une meilleure efficacité opérationnelle. De plus, grâce à l'harmonisation opérationnelle, des possibilités de mobilité accrue pour le personnel seront offertes. Cela facilitera également la modernisation du système et permettra enfin d'adopter des technologies du XXI^e siècle, offrant ainsi aux industriels européens la possibilité de développer un système plus compétitif au niveau international.

Il faut aussi souligner que cette rationalisation de l'ATM sera un élément essentiel de sa contribution au Pacte vert européen.

L'appropriation par la Commission européenne de ces recommandations représente une opportunité cruciale de revitaliser l'initiative du Ciel unique.

Une transition fluide exige un gestionnaire d'infrastructure compétent et reconnu de tous. L'Agence EUROCONTROL se présente comme le candidat naturel, doté de l'expertise et de la vision globale requises pour gérer ce programme de transformation.

Table des matières

1. Introduction	4
2. Des solutions existent.....	4
2.1 Établissement d'un Gestionnaire de réseau avec une réelle autorité	5
2.1.1 Une autorité européenne de conception et de gestion de l'espace aérien	6
2.1.2 Une réelle autorité dans la gestion de la capacité, du trafic et des émissions	7
2.1.3 Optimisation environnementale, opérationnelle et économique du réseau	7
2.2 Une Infrastructure communication, navigation et surveillance (CNS) rationalisée et modernisée	8
2.3 Restructuration des services de navigation aérienne par la création de fournisseurs de services de serveurs de données	9

1. Introduction

En 2000, dans sa préface au rapport du Groupe de haut niveau, la commissaire Loyola de Palacio soulignait les faiblesses d'un système européen de gestion du trafic aérien fragmenté.

Cette fragmentation entraînait notamment des retards sans précédent, des inefficacités et un manque de coordination. Malgré un niveau de sécurité remarquable, le rapport mettait ainsi l'accent sur la nécessité d'unifier le système européen.

AU cours des années écoulées, plusieurs audits et rapports de haut niveau, notamment le rapport spécial de la Cour des comptes européenne¹ et le rapport du groupe des Sages de la Commission Européenne² ont continué à souligner les faiblesses structurelles d'un système européen de gestion du trafic aérien fragmenté.

La dernière proposition de remaniement des règlements Ciel Unique Européen de la Commission européenne, appelée Ciel Unique Européen II+, visant à renforcer le rôle de l'Europe, a été rejetée par les États, ce qui a mis un terme à la réforme de l'ATM européen.

On aurait pu s'attendre à ce que ces faiblesses deviennent intolérables à la suite de la crise du COVID-19, qui a généré un "mur financier" (un déficit estimé à 8,6 milliards d'Euros³ à la fin de 2021) qui devrait être compensé par une augmentation significative des redevances de route au cours des sept prochaines années.

Les auteurs de ce document avaient espéré une "réinvention du contrôle du trafic aérien européen du fait des conséquences de la pandémie de COVID-19"⁴. Cependant, au moins dans les pays occidentaux, les États ont largement subventionné leurs prestataires de services de navigation aérienne, afin de maintenir le service pendant cette crise.

À mesure que les niveaux de trafic reviennent aux niveaux d'avant la crise, il y a un risque que le système européen de gestion du trafic aérien considère qu'il puisse revenir à la "normale" (aussi fragmenté que jamais) malgré les conséquences financières de cette crise qui s'imposeront pendant des années, le manque d'efficacité persistant du système de gestion du trafic aérien Européen, et la nécessité de se mettre en ordre de marche pour contribuer aux objectifs de décarbonation du transport aérien.

2. Des solutions existent.

Cet article présente un ensemble de recommandations ciblées pour amener le système européen de gestion du trafic aérien vers une véritable efficacité :

1. **Établissement d'un Gestionnaire de réseau avec une réelle autorité** : De manière équivalente au Centre de commande du système de contrôle du trafic aérien des États-Unis, une autorité centralisée doit superviser la circulation aérienne dans toute l'Europe. Ce Gestionnaire de réseau centralisé aurait pour objectifs d'harmoniser les flux de trafic, d'optimiser l'allocation des ressources et d'améliorer l'efficacité globale du système.

¹ Special report n° 11/2019 "[the EU's regulation for the modernisation of air traffic management has added value – but the funding was largely unnecessary](#)"

² [Report of the Wise Persons Group on the future of the Single European Sky 2019](#)

³ [EUROCONTROL think paper#14 The future of Air Navigation services](#)

⁴ [Utilities Policy, Volume 75, April 2022, 101343](#)

2. **Rationalisation et modernisation de l'infrastructure CNS** : Adopter un modèle "CNS-as-a-service", où l'infrastructure Communication, Navigation et Surveillance est gérée et fournie comme un service unifié. Cette approche rationaliserait les opérations CNS, réduirait la complexité et permettrait une utilisation plus efficace des ressources d'infrastructure.
3. **Réorganisation des services de navigation aérienne** : Cette réorganisation fondamentale du système ATM européen, réformerait en profondeur sa structure et son modèle économique. Son fondement serait de mettre en place des fournisseurs Européens de données ATM, qui seraient responsables de la collecte, du traitement et de la diffusion des données de trafic aérien, améliorant l'efficacité globale et la fiabilité du système.

Ces solutions proposées visant à résoudre les inefficacités persistantes et la fragmentation qui pénalisent le système ATM européen, ouvrent la voie à un réseau de gestion du trafic aérien plus intégré, rationalisé et efficace.

2.1 Établissement d'un Gestionnaire de réseau avec une réelle autorité

Assurer un équilibre efficace entre la demande et la capacité dans le temps et dans l'espace est crucial pour optimiser les performances opérationnelles, économiques et environnementales du réseau européen de gestion du trafic aérien.

Aujourd'hui, le responsable de réseau dispose des outils et des données nécessaires, ce qui lui permet de déterminer les compromis optimaux entre des objectifs parfois contradictoires, tels que la réduction des émissions de gaz à effet de serre tout en minimisant les retards.

Cependant, le cadre réglementaire actuel entrave la capacité du responsable de réseau à mettre en œuvre ces solutions optimales :

- **Gestion insuffisante de l'offre de capacité** : Le cadre actuel ne permet que d'"accepter" les plans de capacité des prestataires de services de navigation aérienne, avec des sanctions insuffisantes en cas de non-respect.
- **Faible efficacité de la gestion de la capacité et de la demande** : Cette faiblesse entraîne des retards au sol excessifs et une augmentation de l'impact environnemental du système ATM.

Pour atteindre efficacement les objectifs de l'initiative Ciel unique et du Pacte vert européen, le responsable de réseau devrait se voir confier les trois rôles paneuropéens essentiels suivants :

- **Autorité d'organisation de l'espace aérien** : Le responsable de réseau devrait se voir confier l'autorité d'organiser l'espace aérien, y compris les frontières entre les régions d'information de vol (FIR) et les réseaux de routes, ce qui permettrait une optimisation top-down de l'utilisation de l'espace aérien dans toute l'Europe.
- **Une réelle autorité dans la gestion de la capacité et de la gestion des flots de trafic** : Le responsable de réseau devrait être doté d'une fonction robuste, lui permettant de gérer efficacement les flux de trafic aérien et d'optimiser l'allocation de la capacité, minimisant les retards et maximisant l'efficacité globale du réseau.
- **Optimisation globale de l'efficacité du réseau** : Le responsable de réseau devrait être responsable de l'optimisation globale de l'efficacité opérationnelle et économique du réseau, en intégrant les considérations sur les performances environnementales dans ces optimisations, même si cela nécessite des compromis avec d'autres objectifs de performance.

2.1.1 Une autorité européenne de conception et de gestion de l'espace aérien

L'optimisation de la conception et de la gestion de l'espace aérien est cruciale pour atteindre les objectifs environnementaux et opérationnels du ciel unique, en prenant en compte des besoins des utilisateurs de l'espace aérien.

De nombreuses solutions aux principaux défis de la conception de l'espace aérien (environ 10 goulots d'étranglement reconnus) ont été identifiées et documentées depuis des années, comme l'a bien décrit l'étude [Airspace Architecture](#) (SJU, 2019). Il est donc essentiel de donner au Gestionnaire de réseau l'autorité d'organiser l'espace aérien afin de l'amener aussi près que possible de l'optimum, tout en respectant les exigences de sécurité et de sûreté :

- **Obligation pour l'Autorité du Réseau aérien de publier la structure optimale de l'espace aérien**, imposant aux États de justifier les écarts (y compris le déplacement ou la suppression de zones restreintes qui perturbent considérablement les flux de trafic optimaux).
- **Alignement de la sectorisation sur les besoins opérationnels**, les États étant responsables d'organiser des délégations réciproques de services aux frontières si nécessaire.
- Extension de la zone de « Free Route » à l'ensemble de l'Europe, d'ici à la date cible de 2024.
- **Limitation des restrictions de route** aux seules restrictions nécessaires d'un point de vue opérationnel.
- Attribution au gestionnaire du réseau, de l'autorité pour la prise de décision finale en matière d'arbitrage concernant la structure de l'espace aérien européen.

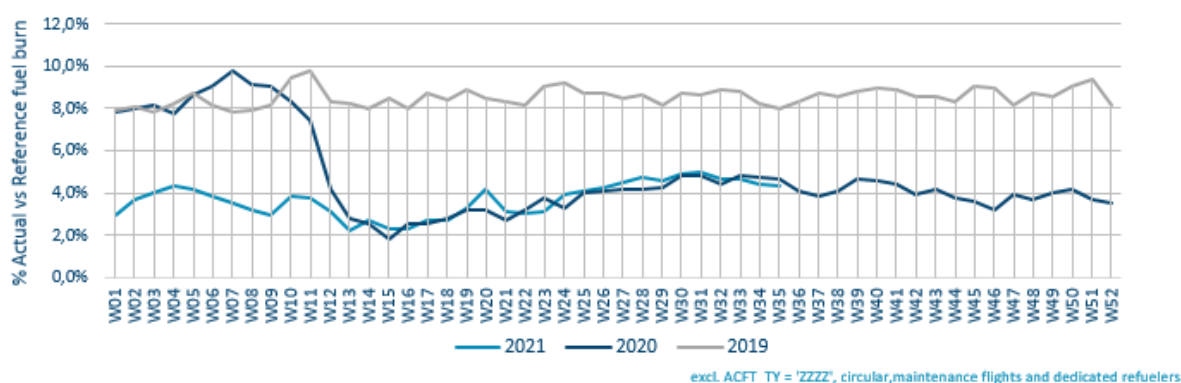
Cette approche descendante de la conception de l'espace aérien aura un impact significatif sur l'augmentation de la capacité et donc la diminution des retards, mais surtout, elle réduira considérablement l'impact environnemental de la gestion du trafic aérien.

Pendant la pandémie de COVID-19, la baisse sans précédent du trafic aérien a entraîné la suppression de 1 200 restrictions de route. Comme le montre la figure suivante, cela a permis d'atteindre la moitié des ambitieux objectifs de performance environnementale pour l'ATM (jusqu'à 10 %) à un coût pratiquement nul. Seulement environ 50 restrictions ont été rétablies, et ces économies ont persisté tout au long de l'été 2021 malgré le retour du trafic aux niveaux de l'hiver 2019-20. Cela démontre le rôle indispensable que joue une gestion efficace de l'espace aérien pour atteindre les objectifs d'efficacité environnementale de l'Union européenne pour les services de navigation aérienne .

Figure 1 : Indicateur de surconsommation de carburant

Intra-NM Actual vs reference fuel burn (kg)

Primary reference metric : Fuel burn



2.1.2 Une réelle autorité dans la gestion de la capacité, du trafic et des émissions

Le gestionnaire du réseau devrait être doté d'une autorité réelle sur la fonction ATFCEM, lui permettant de gérer proactivement les flux de trafic aérien et d'optimiser l'allocation des capacités, en minimisant les retards, en maximisant l'efficacité globale du réseau et en réduisant l'impact environnemental.

Au niveau de la planification, le gestionnaire du réseau devrait avoir l'autorité pour trouver le meilleur équilibre entre la capacité et la demande :

- **En réallouant l'espace aérien** : Si un prestataire de services de navigation aérienne est prévu d'être saturé, le gestionnaire du réseau pourrait décider de déléguer une partie de l'espace concerné à un prestataire voisin moins congestionné.
- **En supervisant la planification du personnel des contrôleurs du trafic aérien** : Cela aiderait à garantir que des niveaux de personnel suffisants sont en place pour répondre à la demande de trafic.

Au niveau tactique le gestionnaire du réseau devrait jouer un rôle similaire au Centre de commandement du système de contrôle du trafic aérien des États-Unis avec le dernier mot sur les mesures d'équilibrage dynamique de la demande et de la capacité. Cela permettrait au gestionnaire du réseau d'intervenir rapidement et efficacement pour répondre à tout problème potentiel ou goulot d'étranglement dans le réseau.

En matière de gestion de la demande, le gestionnaire du réseau devrait avoir l'autorité d'imposer des changements de trajectoire à des vols sélectionnés, y compris des ajustements horizontaux et verticaux. Cela permettrait au gestionnaire du réseau de :

- **Éviter la création de zones de congestion** : En détournant les vols des zones potentiellement congestionnées, le gestionnaire du réseau pourrait contribuer à réduire les retards globaux.
- **Minimiser l'impact environnemental** : En optimisant les routes de vol, le gestionnaire du réseau pourrait contribuer à réduire la consommation de carburant et les émissions de CO₂.

En renforçant le rôle du gestionnaire du réseau, le système européen pourrait atteindre l'optimum en termes d'efficacité, de durabilité et de satisfaction des utilisateurs.

2.1.3 Optimisation environnementale, opérationnelle et économique du réseau

L'approche actuelle du gestionnaire du réseau pour optimiser les retards ATFM en se basant uniquement sur le trafic et la capacité déclarée est insuffisante pour atteindre un système véritablement efficace et durable. Pour remédier à cette situation, le gestionnaire du réseau doit adopter une approche plus holistique qui prenne en compte un plus large éventail de facteurs, notamment :

- **Le "coût économique de la capacité"**, directement lié au coût des contrôleurs aériens (environ 2,8 milliards d'euros en 2019) : En optimisant l'allocation des capacités, le gestionnaire du réseau peut réduire le besoin de contrôleurs supplémentaires, ce qui réduit le coût global des services ATM.
- **Les coûts générés par les retards en route** (environ 1,8 milliard d'euros en 2019) : Lorsque la capacité est insuffisante pour répondre à la demande de trafic, les retards deviennent inévitables, entraînant une augmentation de la consommation de carburant, des émissions et des coûts opérationnels pour les compagnies aériennes. Le gestionnaire du réseau doit s'efforcer de minimiser ces retards grâce à des stratégies de gestion du trafic proactives.
- **Les coûts additionnels du temps de vol, du carburant et du marché d'échange de quotas d'émissions découlant de trajectoires sous-optimales** (environ 2 milliards d'euros en 2019) : En optimisant les itinéraires de vol et en évitant les zones de congestion, le

gestionnaire du réseau peut réduire le temps de vol, la consommation de carburant et les coûts associés pour les compagnies aériennes. De plus, la prise en compte des externalités environnementales du marché d'échange de quotas d'émissions devrait être encouragée afin d'optimiser les pratiques durables.

En prenant en compte de manière globale ces facteurs et en attribuant des poids appropriés à leurs impacts respectifs, le gestionnaire du réseau peut atteindre une optimisation globale du réseau ATM, englobant des considérations économiques, opérationnelles et environnementales. Cette approche holistique conduira à un système ATM plus efficace, durable et acceptable en Europe.

2.2 Une Infrastructure communication, navigation et surveillance (CNS) rationalisée et modernisée

Pour améliorer et optimiser l'efficacité de l'infrastructure de communication, de navigation et de surveillance, une nouvelle approche est proposée : concevoir l'infrastructure CNS comme un service acquis auprès de fournisseurs plutôt que comme une fonction assurée par les prestataires de services de navigation aérienne.

Ce changement de paradigme s'aligne sur le paquet législatif Ciel Unique Européen 1, qui a classé les services CNS comme soumis aux forces du marché. Un modèle de ce type a été adopté par la FAA pour la surveillance autonome dépendante (ADS-B), et à une échelle plus mondiale, avec des entreprises comme INMARSAT pour les communications sol-bord, et comme AIREON pour la Navigation.

De même, le fournisseur de services satellitaires européen a été sélectionné pour fournir le service EGNOS⁵ en Europe et au-delà.

La généralisation de cette approche d'acquisition de l'infrastructure CNS en tant que service présenterait plusieurs avantages :

- **Avantages financiers** : les économies d'échelle et les synergies avec d'autres secteurs (autres modes de transport, télécommunications, etc.) pourraient conduire à des économies substantielles.
- **Évolution technologique accélérée** : l'acquisition de l'infrastructure CNS auprès de plusieurs fournisseurs favoriserait la concurrence et l'innovation, accélérant l'adoption de nouvelles technologies comme la VHF sur océan utilisant le satellite (actuellement étudiée dans le projet SJU ECHOES) et le Datalink de nouvelle génération.

Une telle approche présente des risques, en particulier la création potentielle de monopoles industriels qui pourraient étouffer la concurrence et entraver l'avancement technologique. En outre, les préoccupations concernant la perte de souveraineté devront être traitées, en particulier compte tenu de la nature sensible des opérations ATM.

Un autre défi réside dans la gestion de la transition du modèle actuel centré sur les prestataires de services de navigation aérienne vers une approche basée sur le marché. Les services techniques existants, actuellement responsables de la maintenance de l'infrastructure CNS, pourraient opposer une forte résistance à ce changement. Cette réticence potentielle nécessite une gestion sociale attentive pour garantir une transition en douceur.

Pour maintenir un contrôle complet sur le système, en particulier pour éviter les points de défaillance uniques, une nouvelle approche de la sécurité et de la certification sera nécessaire. Cela

⁵ EGNOS : European Geostationary Navigation Overlay Service, ou service de navigation par satellite européen

pourrait impliquer la création d'une entité centrale responsable de la coordination des normes de sécurité et de l'assurance de l'interopérabilité entre différents fournisseurs CNS.

En résumé, l'acquisition de l'infrastructure CNS en tant que service a le potentiel d'améliorer l'efficacité, d'accélérer l'innovation technologique et de réduire les coûts. Cependant, il convient de tenir compte attentivement des défis potentiels, tels que le risque de monopoles, la perte de souveraineté et la gestion de la transition. En abordant ces défis et en mettant en œuvre des stratégies de mitigation efficaces, le système ATM européen peut bénéficier de cette approche innovante dans la gestion de l'infrastructure CNS.

2.3 Restructuration des services de navigation aérienne par la création de fournisseurs de services de serveurs de données

L'avènement de réseaux à haut débit couvrant l'ensemble de l'Europe, couplé à des serveurs extrêmement puissants capables d'échanger et de traiter d'énormes quantités de données, a alimenté l'émergence d'une industrie numérique en pleine expansion. Le cloud computing et l'architecture client-serveur sont devenus la norme dominante, démontrant leur puissance en termes de performances, de fiabilité et de sécurité.

Conformément aux recommandations du groupe des sages, ce paysage technologique ouvre la voie à la virtualisation des systèmes, révolutionnant leur architecture.

Dans ce nouveau paradigme, les centres de contrôle du trafic aérien ne conserveraient que les stations de travail de contrôleurs connectées à des serveurs centralisés, adoptant les principes éprouvés des architectures orientées services. Cette transition s'éloignera d'une architecture fragmentée composée de nombreux systèmes propriétaires répartis entre les prestataires de services de navigation aérienne vers une structure ouverte, modulaire et unifiée.

Ces principes architecturaux ont fait l'objet d'un examen approfondi au sein du SESAR JU (Single European Sky Joint Undertaking), démontrant leur faisabilité et définissant les principales étapes pour atteindre un niveau de maturité technologique élevée, avec un accent particulier sur les questions de sécurité et de cybersécurité.

Par cette restructuration physique, un modèle économique entièrement nouveau pourra être établi en introduisant des fournisseurs de services de serveurs de données ATM. Les cas concrets les plus significatifs suivants peuvent être cités :

- **Fourniture de services de surveillance** : Permettant la fusion de toutes les données de surveillance (radars, multilateration, ADS-B au sol et par satellite) via le système ARTAS existant. Cela fournira une image globale du trafic aérien pour l'ensemble de l'espace aérien européen.
- **Fourniture de services de données de plan de vol** : garantissant une cohérence totale des plans de vol au niveau européen, éliminant les problèmes existants de plusieurs plans de vol pour les mêmes vols. Les incohérences entre ces différents plans de vol entraînent des restrictions de capacité et une augmentation de la charge de travail des contrôleurs du trafic aérien lors du transfert de vols entre les centres ATM.
- **Fourniture de services de données aéronautiques** : sur les fondations créées par la base de données aéronautiques européenne existante, élargie pour fournir aux systèmes ATC des données opérationnelles entièrement conformes aux informations aéronautiques .
- **Fourniture de services de données météorologiques** à tous les acteurs de l'aviation (centres ATM, aéroports, compagnies aériennes).

L'avantage principal de cette approche est son efficacité en termes de coûts, obtenue en rationalisant l'infrastructure et en réduisant le besoin de systèmes dupliqués, optimisant ainsi les coûts d'investissement, de maintenance et d'exploitation globaux.

En outre, de nombreux avantages techniques et opérationnels découlent de cette transformation :

Sur le plan technique :

- **Evolutivité et flexibilité** : La centralisation permet au système ATM de s'adapter aux demandes changeantes et aux progrès technologiques futurs de manière évolutive et flexible.
- **Amélioration des redondances et de la résilience** : La taille critique du système permet la mise en œuvre de mesures d'urgence réelles et de systèmes de secours, assurant une haute disponibilité et résilience.
- **Amélioration de la sûreté globale** : La sécurité d'un réseau de systèmes n'est aussi forte que son maillon le plus faible. Par conséquent, la centralisation peut contribuer à améliorer la sécurité d'un réseau de systèmes. Elle permet également de consolider les ressources rares, renforçant les capacités de gestion de la cybersécurité de manière efficace.

Du point de vue opérationnel, la centralisation des serveurs du système ATM permet de consolider les données provenant de diverses sources, telles que les centres de contrôle, les aéroports, les compagnies aériennes et même les avions. En centralisant ces données, il devient plus simple de les traiter, d'analyser et de partager des informations en temps réel sur l'ensemble du réseau ATM. Cela garantit que tout le monde impliqué a accès aux mêmes informations à jour, améliorant la compréhension de la situation et la prise de décision, ce qui entraîne les avantages suivants :

- **Collaboration améliorée** : La centralisation des données provenant de diverses sources facilite la collaboration efficace entre les différents acteurs, avec un partage de données cohérent.
- **Flexibilité opérationnelle** : L'harmonisation des concepts et des procédures opérationnelles devient plus réalisable, ainsi que l'allocation flexible potentielle des secteurs entre les centres adjacents, permettant une allocation de ressources dynamiques pendant les périodes de pointe ou les urgences.
- **Intégration air-sol** : La fragmentation actuelle a entravé le développement d'une stratégie commune concernant l'intégration entre les systèmes embarqués et les systèmes au sol. La proposition d'approche centralisée offre la promesse de favoriser un consensus sur cette intégration. Au-delà du consensus sur le concept opérationnel, avec la centralisation, il sera possible de rationaliser et synchroniser l'implémentation au sein de serveurs centralisés, promouvant une coopération transparente entre les opérations aériennes et terrestres.

La centralisation des données ouvre également des opportunités d'exploiter le potentiel de l'intelligence artificielle (IA). Les données historiques couvrant l'ensemble de l'espace aérien européen peuvent permettre aux algorithmes d'IA des avantages inestimables, tels que :

- **Analyses prédictives améliorées** : Une meilleure prédiction des trajectoires et de la charge de travail permet de planifier proactivement les routes, d'optimiser l'espace aérien et ainsi de minimiser les retards.
- **Automatisation des tâches routinières** : L'IA peut prendre en charge les tâches répétitives, permettant aux contrôleurs du trafic aérien de se concentrer sur des situations complexes et la planification stratégique.
- **Assistance à la décision automatisée** : Les systèmes alimentés par l'IA peuvent aider les contrôleurs à prendre des décisions critiques, en recommandant des ajustements de route, la résolution de conflits et l'optimisation de la séquence des aéronefs.

- **Opérations autonomes** : À plus long terme, l'IA et l'automatisation avancée pourraient permettre un contrôle aérien autonome dans des zones spécifiques et pendant les périodes de faible trafic.
- **Analyse de sécurité améliorée** : Les algorithmes d'IA peuvent détecter des anomalies dans les schémas de trafic et les instructions de l'ATC, identifiant les problèmes de sécurité potentiels.

En outre, en donnant accès à un écosystème plus large d'entreprises et de centres de recherche en dehors de l'ATM, l'abondance de données peut stimuler l'innovation dans des domaines insoupçonnés.