



**HAL**  
open science

## Conception d'une interface innovante pour la gestion de flux de trafic aérien

Vincent Kapp, Florian Lefebvre, David Duprat

► **To cite this version:**

Vincent Kapp, Florian Lefebvre, David Duprat. Conception d'une interface innovante pour la gestion de flux de trafic aérien. 30eme conférence francophone sur l'interaction homme-machine, Oct 2018, Brest, France. 6p. hal-01900068

**HAL Id: hal-01900068**

**<https://hal.science/hal-01900068>**

Submitted on 20 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NoDerivatives 4.0 International License

---

# Conception d'une interface innovante pour la gestion de flux de trafic aérien

**Vincent Kapp**

DSNA/DTI

31130, Toulouse, France

[vincent.kapp@aviation-civile.gouv.fr](mailto:vincent.kapp@aviation-civile.gouv.fr)**Florian Lefebvre**

DSNA/DTI

31130, Toulouse, France

[florian.lefebvre@aviation-civile.gouv.fr](mailto:florian.lefebvre@aviation-civile.gouv.fr)**David Duprat**

SOPRA STERIA

31770, Colomiers, France

[david.duprat@regis-dgac.net](mailto:david.duprat@regis-dgac.net)**Résumé**

L'activité de gestion de flux de trafic aérien est complexe et implique un grand nombre d'acteurs. L'augmentation du volume et de la complexité du trafic aérien a amené par ailleurs à l'accroissement de l'importance de cette activité : il est en effet plus économique de faire attendre un avion au sol que de le faire tourner en vol pour absorber un délai afin de respecter une cadence d'arrivée à la piste d'atterrissage. Anticiper des dépassements de capacité éventuels à une piste (ou sur des volumes de l'espace aérien) à partir d'estimations d'heures d'arrivée des avions pour en déduire de nouvelles heures de décollage pour un ensemble déterminé de vols est très complexe. Par ailleurs, le nombre et le degré d'adaptation des outils à ce type d'activité est assez limité actuellement: ces derniers sont indépendants sans réelle cohérence entre eux. Dans ce contexte, il est intéressant de proposer une interface dédiée qui puisse fournir un support pertinent à cette activité. C'est dans cette optique qu'a été envisagée la conception du prototype IODA (acronyme pour Innovative Operations for Departures and Arrivals). Cette communication cherche à illustrer, au travers de l'outil IODA et de sa conception, l'application de principes en terme de représentations et d'interactions innovantes à une position de travail associée à la gestion de flux.

**Mots Clés**

Trafic aérien ; Gestion de flux ; Interface innovante.

**Abstract**

The activity of air traffic flow management is complex and involves a large number of actors. The increase in the volume and complexity of air traffic has also led to the increase in the importance of this activity: it is indeed more economical to make a plane wait for the ground than to turn it in flight in order to absorb deadlines to meet a rate of arrival at the runway. Anticipating potential airspace capacity exceedances from estimated aircraft arrival times to derive new take-off times for a particular set of flights is very complex. Moreover, the number and the level of adequacy of the current tools for this type of activity is quite limited : those are independent without any real consistency. In this context, it is interesting to propose a dedicated interface that can provide relevant support for this activity. It is with this objective that the design of the IODA prototype (Innovative Operations for Departures and Arrivals) was considered. This paper aims at illustrating through the IODA tools and its design the application of principles in terms of representations and innovative interactions to a flow management working position.

**Author Keywords**

Air Traffic ; Flow management ; Innovative interface.

**ACM Classification Keywords**

Touch screens, User interface design, User centered design, Participatory design.

**Introduction**

Par le passé, nous avons déjà présenté le processus de conception d'une interface intégrant un outil de gestion des avions à l'arrivée pour les contrôleurs aériens [1]. Dans la continuité de ce travail, nous nous sommes plus particulièrement intéressés à l'activité de gestion de flux de trafic aérien. Cette dernière vise à optimiser les flux de trafic en fonction de la capacité du contrôle du trafic aérien tout en permettant aux compagnies aériennes d'exploiter leurs vols de façon sûre et efficace.

Cette activité est complexe et il existe déjà quelques outils qui permettent d'en assurer l'exécution. Néanmoins, ce sont des outils qui n'ont en général pas été conçus pour les tâches en question. Les opérateurs finissent par s'adapter à ces derniers et des modes opératoires adaptés finissent par émerger. En parallèle du « détournement » de certains outils, de nouveaux outils plus adaptés sont proposés, mais qui tendent à se surajouter à l'existant.

Dans un premier temps, nous allons proposer une description de très haut niveau de l'activité de gestion de flux de trafic et de séquençage pour dégager certaines problématiques et des axes de travail. Dans un deuxième temps, après avoir rapidement décrit notre démarche de conception et de prototypage, nous présenterons l'interface IODA, description que nous mettrons en rapport avec l'activité décrite.

**L'activité de gestion de flux de trafic**

La gestion du trafic est complexe et débute bien avant le décollage des avions. Cette activité est également identifiée sous l'acronyme ATFCM (Air Traffic Flow and Capacity Management). Cette dernière vise à prévenir et à empêcher les surcharges des secteurs de contrôle et des terrains d'atterrissage et à optimiser les flux et la capacité disponible.

Le lecteur peut se référer aux documents d'Eurocontrol concernant la description de l'activité de gestion de flux [2] [3], bien que leur compréhension exige une expertise préalable du domaine. Dans le contexte de cette activité, un flux de trafic se réfère à un ensemble de vols qui ont une référence commune, que ce soit en amont (qui ont une provenance commune) ou en aval (qui vont vers une destination commune). Cette référence est établie sur la base de « volumes de trafic ».

### **Données essentielles relatives à l'ATFCM**

Une valeur de capacité est associée à chaque volume de trafic, référentiel essentiel pour pouvoir effectuer des comptages et des comparaisons. Cette capacité peut se résumer au nombre maximum de vols pouvant entrer dans le volume pendant une heure tout en permettant un écoulement sûr et ordonné du trafic. En rapport à la capacité de ces volumes, des comptages de la demande sont réalisés. De façon générale, la demande se fonde sur l'ensemble des plans de vol déposés par les compagnies aériennes qui contiennent notamment les descriptions des trajectoires prévues des vols. Des seuils d'alertes sont conçus de façon à aider les opérateurs en charge de la gestion de flux à surveiller les équilibres entre demande et capacité. En cas de déséquilibres, il existe un certain nombre de mesures correctives possibles, que nous allons présenter dans la partie suivante.

### **Méthodes et mesures ATFCM**

Bien qu'il existe un certain nombre de méthodes pour équilibrer les flux nous allons plus particulièrement en décrire 3 : la régulation, la mesure ATFCM court terme et pour finir le « mandatory cherry picking ».

#### *La régulation*

Une régulation vise à limiter le nombre d'entrées dans un volume à une certaine valeur maximale (appelée le taux) et sur une période donnée en retardant l'heure de décollage des avions concernés. Cette mesure est considérée assez lourde puisqu'elle pénalise un nombre potentiellement important de vols.

#### *La mesure ATFCM court terme*

Cette mesure correspond globalement soit à une demande de modification de la trajectoire d'un vol qui est déjà en l'air ou d'une modification du plan de vol d'un avion qui est encore à son parking. Tout changement affectant un vol en l'air nécessite que l'opérateur relaie ces modifications aux contrôleurs responsables du vol. À l'heure actuelle il n'existe pas d'outil adapté pour réaliser ces coordinations ; les opérateurs sont donc obligés de communiquer par téléphone. IODA comme nous le verrons se révèle être à cet effet un outil de coordination adapté.

#### *Le « mandatory cherry picking » ou MCP*

Cette mesure correspond à une demande de régulation sur un nombre limité de vols, à l'inverse de la mesure de régulation qui s'applique sur la totalité d'un flux traversant un volume. Dans le cas de la conception de l'interface IODA, nous illustrerons dans les parties suivantes que nous avons pris en compte les besoins associés au MCP.

Actuellement il faut noter qu'il existe une tendance forte pour définir de nouvelles méthodes unifiant certaines problématiques concernant la gestion des flux (que nous avons décrites brièvement) et le séquençement, que nous allons décrire ci-dessous.

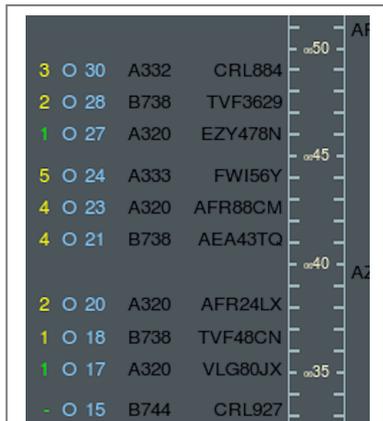


Figure 1. Arrival Manager (AMAN)

L'AMAN produit et maintient une séquence d'arrivée optimisée pour un ou plusieurs aéroports en tenant compte de la configuration (pistes utilisées, cadence à la piste, etc.), la capacité d'absorption des délais selon les espaces de contrôle, les turbulences de sillage, etc. Ce dernier propose également pour chaque vol des heures d'atterrissage et des délais à absorber afin de respecter la séquence. Dans tous les cas, les contrôleurs ont toujours la possibilité de changer manuellement la séquence selon leur propre besoin ou leur stratégie.

## Le séquençement

L'activité de séquençement correspond à organiser les vols à l'arrivée sur une piste selon un ordre et en respectant des espacements donnés. Actuellement, il existe un outil d'aide au séquençement nommé AMAN (pour « Arrival Manager ») qui propose la séquence. On peut voir sur la Figure 1 ci-contre une image d'une partie de l'AMAN actuel centrée sur une échelle de temps qui permet de comprendre la façon dont une séquence est proposée par ce dernier.

L'activité de séquençement et celle de gestion de flux sont toutes deux intimement liées : en effet, les mesures ATFCM impactent les séquences à l'arrivée alors que les contraintes de séquençement en amont peuvent induire des optimisations en terme d'action ATFCM. Dans le cadre des activités présentées, on peut constater le manque d'outils communs, intégrés et efficaces permettant d'envisager à la fois la gestion des flux et le séquençement. Les limitations actuelles sont de plusieurs ordres : de nombreuses données redondantes sur différents outils, des outils de partage d'informations surannés (téléphone, imprimante, fax), peu d'outils d'aide à la décision et de support pour la gestion des flux et le séquençement au plus tôt.

Dans cette optique, nous allons présenter la façon dont le prototype IODA répond aux limitations listées ci-dessus et nous commencerons de fait par présenter la démarche de conception associée.

## Démarche de conception et principes de design

En ce qui concerne la méthodologie, nous avons opté pour une démarche de conception participative [4]. Par ailleurs, d'un point de vue technique, nous avons fait le choix initial d'utiliser des écrans tactiles associés à de la reconnaissance

gestuelle simple. De ce point de vue, nous nous sommes orientés vers une interface basée sur des manipulations directes [5].

Dans un premier temps, des ateliers préliminaires avec des experts (c'est-à-dire des contrôleurs de la circulation aérienne familiarisés avec les problématiques du séquençage et de la gestion de flux) ont permis de faire émerger certaines idées initiales. La question complexe de la représentation de l'organisation des vols par rapport au flux d'arrivée et de leur ordre dans la séquence a pu ainsi être traitée. La manière dont ces informations sont actuellement disponibles pour les contrôleurs aériens repose sur plusieurs media dont l'AMAN. Une façon d'envisager une représentation efficace et innovante de ces informations a pu ainsi trouver sa source d'inspiration dans un champ assez spécifique : celui de la conception de cartes destinées au métro.

Le premier diagramme qui se révélera d'une influence décisive sur la façon dont toutes les cartes de métro seront considérées a été introduit par Harry Beck en 1933 [5]. Ces modèles de cartes se sont avérés également être des supports efficaces à la construction des modèles mentaux des situations. L'idée d'utiliser la métaphore de cartes de métro dans notre contexte permet de réaliser une première maquette qui put être validée par cinq contrôleurs, deux spécialistes facteur humain, un expert AMAN et un designer. L'initiation de ce processus permet de réaliser 4 cycles de conception/validation jusqu'au prototype actuel que nous proposons de présenter dans la suite de ce papier.

## Le prototype IODA

Dans l'image ci-dessous on peut avoir un aperçu de la version actuelle du prototype IODA (Figure 3).



Figure 2. IODA vue configuration

Non seulement cette fenêtre de configuration permet de sélectionner / désélectionner n'importe quel point sur la procédure d'arrivée, mais elle fournit également des informations précieuses aux opérateurs telles que des indicateurs de complexité et de densité pour chaque point ainsi que des alertes de problèmes associés à des flux.



Figure 3. Vue générale de IODA

Dans la figure ci-dessus, on peut voir que les deux flux venant de l'est et le flux ouest sont affichés respectivement sur la partie droite et gauche de l'interface sous la forme de vues temporelles horizontales qui alimentent la séquence de piste matérialisée sous la forme d'une vue temporelle verticale. On peut constater que cette représentation offre un environnement de travail innovant qui est plus fidèle d'une certaine réalité géographique qu'actuellement avec l'AMAN pour lequel toutes les vues sont verticales sans relations graphiques entre elles.

### IODA configuration et tableau de bord

Parmi les autres fonctionnalités prévues figurait celle d'avoir un environnement flexible permettant d'afficher n'importe quelle vue temporelle associée à un point de la procédure

d'arrivée. Ce fut également l'occasion de repenser un style de design inspiré de la carte métro car il s'avère que cette fonctionnalité de configuration est disponible par le biais d'une représentation de la situation dédiée. Après quelques itérations avec des contrôleurs aériens, une représentation provisoire a été adoptée, comme on peut le voir sur la Figure 2 ci-contre.

### IODA support aux mesures ATFCM

IODA est, comme nous l'avons présenté, non seulement un outil d'aide au diagnostic et à la décision, mais également un outil permettant de réaliser des mesures ATFCM comme celles présentées dans la description de l'activité.

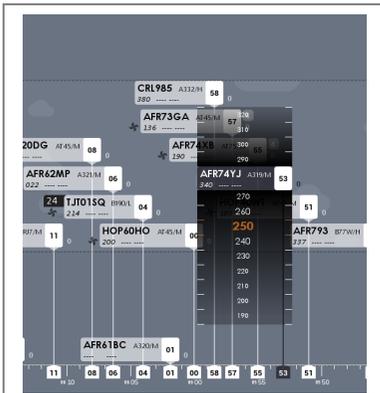


Figure 4. IODA : changement de niveau de vol

Pour une coordination de niveaux de vol IODA propose une interaction simple qui remplace la méthode actuelle qui se fait par téléphone.

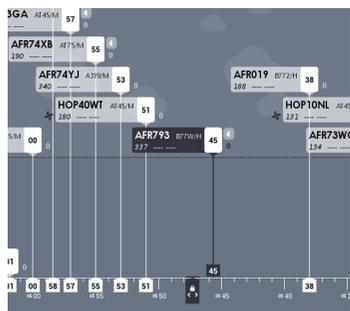


Figure 5. IODA : MCP

La demande de régulation se fait directement sur le vol sélectionné sur l'axe temporel.

IODA propose en effet un moyen de réaliser des mesures ATFCM court terme comme le montre la Figure 4 ci-contre, qui propose l'exemple d'une coordination de niveaux de vol. IODA permet de saisir la nouvelle valeur dans le système avec un geste simple (glisser vers le bas pour ouvrir le menu et viser une valeur de niveau inférieur) et la sélection de la valeur associée. Comme dans l'exemple précédent, dans le cas d'une mesure MCP (voir Figure 5), IODA permet de réaliser la demande de régulation directement sur le vol sélectionné en modifiant la valeur de son heure d'arrivée directement sur l'axe temporel. Une fois cette valeur définie, il devient possible de préciser une valeur de créneau de décollage associée et le vol est alors considéré régulé.

### Conclusion

Comme nous l'avons montré, IODA est un prototype innovant qui fournit non seulement un support efficace au processus de prise de décision à l'activité de gestion de flux dans le souci de travailler de manière plus sûre et plus efficace, mais qui permet également d'assurer une continuité entre ces tâches et les tâches associées à la gestion des séquences des vols à l'arrivée. IODA pourrait de ce fait être un outil partagé par tous les contrôleurs gérant un flux donné. Que ce soit pour de la réduction de vitesse, des mesures de régulations, des mesures ATFCM court terme ou MCP, IODA constitue une option prometteuse pour mettre en œuvre ces mesures.

IODA demeure pour le moment un prototype, il n'a pas vocation à être un produit opérationnel en l'état. Néanmoins, les retours associés aux différentes démonstrations tendent à confirmer qu'il possède des atouts et un potentiel qui méritent d'être exploités dans un contexte plus opérationnel. Parmi les bénéfiques attendus, IODA pourrait renforcer la confiance dans les processus ATFCM afin de permettre davantage de mesures avec une meilleure précision. IODA

pourrait de ce fait permettre une augmentation de la capacité de la piste et une réduction des retards tout en maintenant un haut niveau de sécurité. De façon plus globale, IODA pourrait participer à accroître l'efficacité des vols pour les utilisateurs de l'espace aérien.

Dans cette optique, un plan de travail est en cours d'élaboration avec notamment les centres et les approches de la région parisienne afin de développer et de mettre en service un démonstrateur IODA connecté au système opérationnel et installé en salle de contrôle d'ici l'été 2019.

### Bibliographie

1. Improving TMA sequencing process: Innovative integration of AMAN constraints in controllers environment, 2008 IEEE/AIAA 27<sup>th</sup> Digital Avionics Systems Conference
2. Eurocontrol, "ATFCM Operation Manual", <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/nm/network-operations/HANDBOOK/ATFCM-Operations-Manual-next.pdf>
3. Eurocontrol, "ATFCM Users Manual", <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/content/documents/nm/network-operations/HANDBOOK/atfc-users-manual-current.pdf>
4. K. Halskof, N. Brodersen Hansen, "The diversity of participatory design research practice at PDC 2002-2012", International Journal of Human-Computer Studies, vol. 74, February 2015, pp. 81-92.
5. Ed Hutchins, James Hollan & Don Norman, "Direct Manipulation Interfaces", HCI Journal, 1985
6. K. Garland, "Mr Beck's Underground Map: a History", Capital Transport Publishing; Reprint edition (December 5, 1994).