

# Lettre de la sécurité aéronautique

L'ACTEUR AÉRONAUTIQUE AU SERVICE DE LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION D'ÉTAT



## LA SÉCURITÉ AÉRIENNE ET LA TRANSFORMATION DIGITALE

### Éditorial

### Entretiens

**p3** **GDA Bruno Maurice**  
Officier général chargé de la  
transformation digitale des  
armées

**p5** **M. Rodolphe Parisot**  
Chief Digital Officer pour Air  
France Industries KLM Engineering  
& Maintenance

**p8** **MGI Anne Sailliol**  
Directrice de l'IRBA

### Focus

**p11** Transformation digitale  
et navigabilité étatique

**p12** Numérisation de la  
documentation aéronautique

**p14** Cohabitation drones / aéronefs  
habités : des outils numériques





Général de division aérienne Éric Labourdette  
Directeur de la DSAÉ

Dans la précédente lettre de la sécurité aéronautique, nous nous étions attachés à mettre en parallèle les grands domaines d'activité au sein desquels la sécurité occupe une place prépondérante. Ces domaines ont aussi tous en commun de devoir relever le défi de la transformation digitale.

La transformation digitale s'inscrit dans le mouvement d'innovation technologique qui a toujours accompagné l'aéronautique. Elle a la particularité toutefois d'affecter en profondeur les organisations et leurs modes opératoires, de mettre à notre disposition des outils dont on exploite à peine les potentialités, mais également de fragiliser la transmission générationnelle. En ce sens, elle représente un défi et nous bouscule dans nos certitudes.

Elle induit par ailleurs de nouveaux risques dans le domaine de la sécurité aérienne, laquelle s'est forgée à la fois sur un environnement réglementé et un siècle de pratique et de culture aéronautique. La cyber sécurité est le plus évident mais n'est pas le seul. Il s'agit au travers de cette lettre de la sécurité aérienne d'élargir notre réflexion commune sur l'impact de la transformation digitale sur la sécurité aérienne.

Il convient aussi d'inscrire ce thème dans le projet de transformation digitale des armées afin de rester en phase avec la finalité opérationnelle de notre action, de s'inspirer du monde industriel, peut-être plus à même d'intégrer ces ruptures technologiques, alors que l'imbrication entre les mondes aéronautiques civil et militaire va croissant, enfin d'aborder avec le facteur

humain une remise en question plus profonde des fondements de la sécurité aérienne.

Il s'agit là d'un débat qu'il ne faut pas craindre de partager avec l'ensemble des utilisateurs de la troisième dimension, nouveaux ou non, car la transformation en cours n'altère pas la place de l'homme dans le système, elle modifie son interaction avec l'environnement. Le monde des drones nous interpelle à cet égard et la cohabitation entre les drones et les aéronefs habités va bien au-delà des défis technologiques, elle est aussi le défi de la confiance.

La DSAÉ a déjà pris en compte le sujet sous l'angle d'applications concrètes (dans les domaines de la navigabilité, de l'information aéronautique et des drones) qui visent à faciliter le quotidien des utilisateurs de l'aviation étatique, pour plus de sécurité et de simplification au service d'un système de sécurité aérienne qui se doit d'être robuste et désormais plus ouvert.

« Dans un monde où le plus rapide mange le plus lent, et non plus où le plus gros mange le plus petit », en paraphrasant Klaus Schwab, fondateur et président du forum économique mondial, il faut aussi penser différemment pour ne pas se faire distancer, au risque de voir les organisations courir derrière les individus qui se seront pleinement appropriés les nouveaux outils numériques, et la réglementation être à la traîne de l'innovation technologique.

Traduire des évolutions inexorables en modes de pensée différents pour plus de sécurité, c'est tout l'objectif de ce nouveau numéro de la LSAÉ.



Officier des systèmes aéronautiques, est en charge de la transformation digitale des armées auprès du MGA depuis le 01/09/2016. Ancien commandant de la Brigade aérienne d'appui à la manœuvre aérienne (BAAMA) du CFA de 2014 à 2016 et directeur du CHEM (2012-2014), sa carrière l'a amené à exercer des responsabilités dans le domaine des Transmissions, les essais en vol sur avion de combat et dans le soutien MCO après avoir commandé la base aérienne de Brétigny. Diplômé de l'École de l'Air (1980) et de l'école supérieure d'électricité (1991), stagiaire du collège interarmées de défense (1998) et auditeur du Royal College of Defence Studies (2002) avant d'occuper les fonctions d'attaché de l'air près l'ambassade de France à Londres.

**Mon général, depuis maintenant plus d'une année vous êtes chargé de mener le projet de transformation digitale des armées auprès du Major Général des Armées. Alors que les armées doivent répondre à des besoins organiques et opérationnels, quelles sont la politique générale et les principales pistes explorées pour réussir cette transformation profonde ?**

**Avez-vous déjà un premier retour d'expérience à partager ?**

L'ambition est d'accélérer la transformation avec la volonté de « gagner avec le digital ». Le terme « gagner » comprend tout autant la volonté de préserver la supériorité (informationnelle) face à un ennemi digitalisé que la recherche d'efficacité dans le domaine organique et fonctionnel. Il intègre les enjeux de souveraineté, d'interopérabilité avec nos principaux alliés et d'e-réputation de la marque afin de recruter et fidéliser les nouvelles compétences dont nous avons besoin.... Dans ce cadre, j'ai deux casquettes : initier cette transformation au sein de l'EMA et des organismes rattachés et l'animer au sein des ADS<sup>1</sup> dans un souci de synergie. Concrètement, j'ai la possibilité de financer des initiatives jusqu'à ce qu'un « proof of concept (POC) » ou un « minimum viable product (MVP) » soit réalisé. Le passage à l'échelle (ou industrialisation) relève de chaque ADS, le cas échéant. Parmi les principes directeurs de cette dynamique, il me paraît important de souligner la nécessité de décloisonner nos esprits et nos modes de fonctionnement en favorisant le droit à l'échec dans le cadre d'une démarche itérative à condition d'en tirer les enseignements rapidement et à coûts maîtrisés. J'ajouterais qu'il faut aussi développer une capacité d'émerveillement. A la question : « A quoi rêvez-vous ? » posée au commandant du CPA10 à Orléans, ce dernier a intelligemment répondu : « J'ai besoin de 0,5 secondes d'avance sur les terroristes qui détiennent des otages. ». Enfin, après une année d'expérience et d'animation auprès des ADS, nous avons la conviction que l'enjeu est bien de « stimuler l'innovation par les usages (que nous portons), dans un tempo rapide ». Cela nous impose de travailler en cycle très court. Le principe des hackathons ou des défis avec la DGA sont, à ce titre, vertueux (voir encadré).

**L'aéronautique militaire fait depuis longtemps appel aux technologies numériques dans les avions et les systèmes de contrôle aérien mais aussi dans ses systèmes de commandement des opérations. Selon vous, comment aborder la transformation digitale dans l'aéronautique militaire en matière de navigabilité, de circulation aérienne, de formation des équipages ou d'exploitation des aéronefs ? Quelles transformations des métiers entrevoyez-vous ?**

Les métiers que vous citez ont des exigences différentes. La formation est sans doute le domaine le plus facile à faire évoluer au travers des « MOOC<sup>2</sup> » ou « serious games » avec lesquels nous sommes déjà familiers. La navigabilité peut être revue sous le prisme de la technologie « blockchain » qui apporte une traçabilité et une certification par la transparence assumée des acteurs internes et externes qui y contribuent. L'exploitation des aéronefs peut être améliorée grâce aux progrès du Big Data contribuant à élaborer une véritable maintenance prédictive pour une meilleure gestion de la flotte. Le métier de la circulation aérienne est sans doute le plus complexe par son volume croissant des données et sa nécessaire gestion en temps réel.

L'intelligence artificielle peut ainsi faciliter l'analyse de risques en apportant une aide « augmentée » (l'homme restant dans la boucle) à la décision et à l'anticipation. Concrètement, je peux accompagner des porteurs de projets de ces différents métiers au travers de hackathons ou de défis précédemment cités. Il s'agit d'éclairer leur réflexion, par itération, pour mieux découvrir, en marchant, le champ des possibles offerts par ces nouvelles technologies.

**Le déploiement du Ciel unique européen conduit à une plus grande imbrication entre les aviations militaire et civile, que ce soit dans l'interopérabilité des équipements ou dans la mise en réseau des acteurs de la gestion du trafic aérien. Cela implique des échanges de données entre ces deux mondes, basés sur la confiance, la traçabilité, la disponibilité et l'intégrité. Dans ce domaine, la TD ne pourrait-elle pas proposer des solutions innovantes ?**

Il ne peut y avoir d'usage sans donnée. Cette dernière est encore trop souvent prisonnière des systèmes d'information et des organisations, n'est pas facilement accessible et mise à la disposition de ceux qui pourraient en avoir besoin. Hier, l'utilisateur était uniquement utilisateur de données. L'accessibilité et la démocratisation des technologies du numérique lui permettent d'être aujourd'hui tout à la fois consommateur, producteur, commentateur et relais d'information, et ce en temps réel. Il nous faut mener une véritable réflexion sur son décloisonnement et la création d'un data-lake ou cloud à finalité organique et opérationnelle, ainsi que sur les modalités de son accès partiel via internet sécurisé au profit du personnel du ministère. Il s'agit surtout d'identifier la donnée utile et de la partager à bon escient, en adoptant dorénavant le paradigme du « tout partager sauf... » au détriment du traditionnel « ne rien partager sauf... ». Cette démarche doit naturellement, prendre en compte les dimensions SSI et juridique.

# L'objectif des défis est de faire émerger rapidement des solutions technologiques expérimentables dans les forces, dans le cadre d'une démarche d'innovation ouverte

## MÉTHODE

### Identification de «souffrances» ou de besoins non satisfaits dans les Forces.

Les besoins non satisfaits sont souvent latents et non exprimés. Pour identifier les thèmes de défis potentiels, il est nécessaire de passer du temps avec les représentants des forces pour recueillir les irritants, les souffrances et trouver une expression de la difficulté à résoudre.

### Scénarisation du besoin (à quoi rêvez-vous ?)

Une fois le problème identifié, il s'agit d'accompagner les forces pour exprimer leur besoin de façon ouverte, accessible pour des acteurs extérieurs au domaine de la défense en évitant le biais cognitif d'une solution pré-déterminée.

### Défi proprement dit au cours d'une journée avec les acteurs de l'écosystème d'innovation

Un appel aux candidats potentiels est lancé un à deux mois avant l'organisation de cette journée, focalisée sur le besoin exprimé et son interprétation par les participants. L'animation du défi est organisée de façon à encourager la formation des équipes.

Cette méthode présente de nombreuses vertus :

- Approche centrée sur les usages opérationnels et découplage des entités du ministère (scénarisation du besoin) ouvrant vers des modes de collaboration plus fluides et plus transverses.
- Temps court : 2 mois pour le défi proprement dit, un an pour la concrétisation des résultats

## EXEMPLE DU DÉFI DRONE :

Le cas d'usage présenté pour le défi « Drone Indoor forces spéciales », premier défi d'open innovation, était de voler et de naviguer à l'intérieur d'un bâtiment, à des fins de renseignement, sans se perdre, hors vue de l'opérateur, en avant d'un groupe d'intervention (opération type prise d'otages Bamako). Le drone doit alors transmettre, de préférence en temps réel, les informations recueillies à l'équipe d'intervention.

Plus de 100 participants, regroupés en 15 équipes, ont participé, en début d'année 2017, à ce défi qui aura permis l'émergence d'une solution technologique et autorisera la réalisation d'un prototype en un an à peine. En effet, un dispositif de dialogue compétitif est en cours pour permettre une expérimentation par les Forces spéciales (sur le terrain) en début d'année 2018.

## AUTRES EXEMPLES :

**Défi DRM :** Dédié à la détection d'objet sur des images satellites, l'objectif de ce défi est de faire émerger une solution permettant un gain de temps aux interprètes images pour faire face à une augmentation exponentielle des données. Autour de ce sujet, des doctorants, des laboratoires de recherche, des PME, des start-up et des grands groupes se sont organisés pour constituer des équipes aux compétences variées (reconnaissance d'images, IA, data science, machine learning, big data). Dix-neuf équipes ont été sélectionnées pour présenter leur projet. Il ressort de cette journée de présentation, une grande diversité dans les approches proposées, chaque solution insistant sur le besoin impératif d'aider et de faire gagner du temps à l'interprète photo dans son travail au quotidien.

**Défi Maintenance :** Le «défi DGA Lab maintenance» est un exemple de projet Big Data pour optimiser les processus et acquérir de l'agilité sur le plan opérationnel. La préparation de ce défi est riche d'enseignement en matière de libération de la donnée, de façon transverse en faisant intervenir différentes entités de l'EMA et de la DGA.

### Les défis à venir :

- Utilisabilité de l'équipement du fantassin
- Intelligence Artificielle pour l'aide au commandement opérationnel
- Plateforme de services pour rendre les fonctions de support pour accessibles et plus efficaces pour les militaires

## Entretiens

### M. Rodolphe Parisot

#### Air France Industries KLM Engineering & Maintenance

Ingénieur des Mines de Paris et docteur en Science des Matériaux, M. Parisot possède 16 ans d'expérience dans la maintenance aéronautique : responsable de projets dans la Business Unit (BU) Avion, responsable de lignes de produits dans la BU Equipements et Services, Business Development puis directeur des Opérations dans la BU Moteurs. Il assume depuis 2017 les fonctions de Chief Digital Officer pour Air France Industrie KLM Engineering & Maintenance.



**Vous être responsable de la transformation digitale au sein d'une grande entreprise de maintenance aéronautique de niveau mondial. Quelles sont les priorités que vous portez pour cette transformation dans votre cœur de métier ?**

La transformation digitale est un vocable à la mode dont l'évocation renvoie à des concepts qui vont de la mobilité à l'intelligence artificielle. Les deux sont fondamentalement vrais. Encore faut-il savoir organiser ces éléments: en leur donnant une « vision métier », en priorisant les développements et en trouvant les bonnes ressources, qu'elles soient internes ou externes.

Chez Air France Industries KLM Engineering & Maintenance, nous distinguons trois grands axes :

- l'expérience client ou comment nos clients, qui sont des compagnies aériennes, ont accès à une information juste, précise et en temps réel
- l'expérience salarié : que nous appelons aussi « Smart Operations » ou « le dernier km du process » ou comment on simplifie l'exécution du travail grâce à des applications mobiles réinventant totalement l'expérience utilisateur
- les nouveaux services dont le plus emblématique est la maintenance prédictive

Dans l'ensemble de ces 3 grands domaines, les développements nécessaires sont énormes. On se laisse parfois un peu facilement impressionner par une belle application avec de la belle data visualisation. Ce côté esthétique est important, il est un des vecteurs positifs du changement. Toutefois le travail de fond, celui qui demande à bien comprendre les attentes des clients, à bien analyser les process de production pour viser une rupture forte dans la façon de produire ou encore la compréhension des systèmes avion pour produire des algorithmes de maintenance prédictive, ce travail requiert de mettre en place des moyens internes importants.

Il faut rajouter que le « Digital » n'est pas magique. « Garbage in, garbage out » comme disent les anglo-saxons. La fusion de données de systèmes très éparses et non connectés est parfois une

gageure. Les capacités digitales d'une entreprise sont extrêmement dépendantes de son paysage informatique.

Chez AFI KLM E&M, nos priorités portent à la fois sur nos systèmes back-end (comme par exemple notre ERP<sup>1</sup>), mais aussi sur les 3 grands domaines digitaux explicités plus haut.

La direction d'AF KLM a compris que ces sujets sont stratégiques: évidemment pour nos passagers et depuis longtemps, mais aussi pour nos clients compagnies aériennes et nos employés pour lesquels nous avons l'ambition d'être une référence du marché de la maintenance aéronautique. Ce sont donc des moyens très importants qui sont mis pour réaliser cette ambition.

**L'environnement contrôlé, notion fondamentale en termes de navigabilité des aéronefs, tel qu'il est conçu aujourd'hui, est-il compatible des centres de maintenance du futur, des fablab, des laboratoires d'innovation mais surtout des multiples interfaces numériques déployées ?**

Les notions de sécurité et de cyber-sécurité sont déjà présentes depuis longtemps. Elles s'amplifient ou se complexifient certes mais elles sont présentes dans nos process depuis longtemps.

D'un autre côté, nous n'avons pas d'autres choix que d'innover. Nous refusons le syndrome Kodak: ils ont caché leurs propres innovations numériques de peur de cannibaliser leurs produits argentiques. Un an après l'entreprise à fait faillite. Je ne crois pas que les environnements très réglementés échapperont à la règle. C'est par ailleurs une aspiration forte des clients et des employés.

Air France KLM a donc pris le parti d'accompagner et d'accélérer ces développements en les incluant complètement dans notre vision stratégique. A ce titre effectivement, nous avons construit une vision autour du « hangar du futur », de la maintenance pilotée par la data. En face de cette vision, nous mettons des moyens : c'est le programme «The MROLab». Ce programme est celui par lequel nous véhiculons l'innovation et le digital : cela signifie des centres de ressources (Singapour, Paris,

<sup>1</sup>ERP : Entreprise Ressource Planning



©Air France Industries KLM Engineering & Maintenance/Patrick Delapierre

Amsterdam, Toulouse) avec des environnements informatiques de développement dédiés, des façons de travailler (Design thinking, Agile, Portfolio Management), de la culture (Customer Centricity), des partenaires externes et de l'intrapreneuriat.

Concrètement, AFI KLM EM a transformé un de ses hangars en hangar du futur appelé **Hangar X**. Ce concept inclut des réaménagements physiques (portes transparentes, espaces conviviaux, ...), des éléments organisationnels (équipes autonomes sans manager) et de nouveaux outils, notamment digitaux, permettant une meilleure exécution du travail. Le Hangar X est également un lieu d'expérimentation : management visuel, AGV (Automated Guided Vehicle), inspections avion avec drones, réalité augmentée, collaboration avec des start-up et des étudiants.



C'est dans ce cadre que nous avons aussi un Digital Studio à Amsterdam, un à Singapore et que nous ouvrons une Digital Factory à Paris. Nous ouvrons aussi des Fablab près des centres de production pour que nos employés puissent rapidement prototyper leurs idées : c'est incroyable de constater comment une simple imprimante 3D peut faire gagner du temps dans la conception d'un outillage !

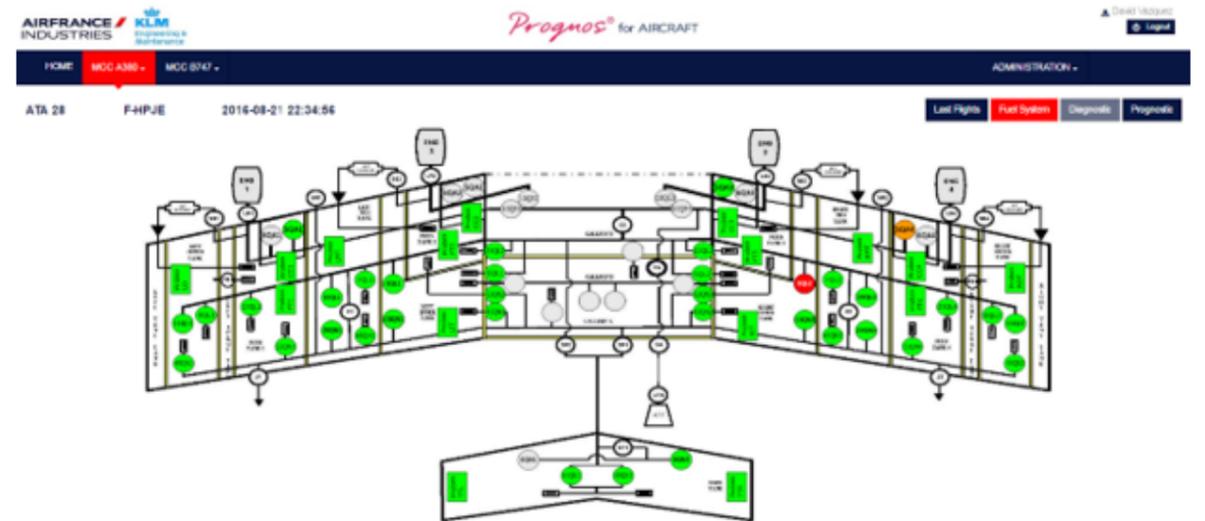
Bien entendu nos systèmes qui gèrent la navigabilité par exemple et qui sont dans nos environnements de production, ne sont pas accessibles depuis ces centres d'innovation : nous utilisons des bacs à sable<sup>2</sup> pour développer nos applications.

Quant à nos environnements de production, ils font l'objet d'une sécurité de premier ordre. De même pour les applications mobiles qui interagissent avec ces systèmes. Toutefois nous sommes extrêmement vigilants dans ces domaines et nous avons des travaux continus pour améliorer notre cyber sécurité.

**Comment envisagez-vous la maintenance de demain et comment pourra-t-elle participer à l'amélioration de la sécurité aérienne ?**

Nous sommes à la veille d'une révolution dans nos métiers. Ce n'est pas pour rien que nous parlons d'industrie 4.0 : nous entrons effectivement dans la 4ème révolution industrielle. Prenons l'exemple de la maintenance prédictive pour laquelle nous avons déjà de belles réalisations

<sup>2</sup>Bac à sable : expression signifiant que l'on isole un système d'un réseau pour une expérimentation ou de l'instruction



que nous commercialisons (notre suite de maintenance prédictive s'appelle **PROGNOS** et possède 3 composantes : Prognos for aircraft, Prognos for engine, Prognos for APU).

Grâce à PROGNOS, nous détectons les détériorations avant qu'elles ne deviennent des pannes. Nous pouvons ainsi :

- mieux planifier nos interventions
- être beaucoup plus précis dans nos dépannages de systèmes avionnés et moins déposer d'équipements avionnés inutilement.
- ne pas solliciter nos stocks d'équipements de rechange pour rien.
- réparer de manière plus exhaustive l'équipement déposé d'avion

Nos outils démontrent une réelle performance qui se chiffre en forte réduction des annulations ou des retards de vol, en gain de TAT<sup>3</sup> de réparation des équipements, ou encore en MTBR<sup>4</sup> des équipements avionnés.

De tout cela, on attend – et on observe déjà en partie - une meilleure anticipation des actions de maintenance, une meilleure performance des équipes (y compris d'un point de vue facteurs humains) et une plus grande sécurité aérienne.

Nous savons aussi que des technologies comme la blockchain offriront à terme des améliorations fortes dans la traçabilité et le suivi des équipements, y compris si ces derniers volent chez plusieurs airlines ou s'ils sont d'occasion. De même l'internet des objets dans nos centres de maintenance nous permettra d'accroître l'exigence de traçabilité.

**Impression 3D :**

AFI KLM E&M utilise l'impression 3D pour la fabrication d'outillages et de prototypes de pièces dans le cadre de réparations. Les premières pièces imprimées en 3D en cabine ont été produites et certifiées. Il s'agit d'un cache plastique sur un siège PNC installé sur 320 qui n'était ni possible d'acheter chez l'avionneur et chez le fabricant de siège. Ces pièces ont été installées et volent sur plusieurs A321 suite à des modifications avion.



**Réalité virtuelle :**

AFI KLM E&M utilise la réalité virtuelle pour former les techniciens sur le 787 à partir d'un outil développé dans le cadre de son programme d'innovation «The MRO Lab». Cette solution de réalité virtuelle a été développée avec Hop Training et un partenaire et permet à la fois sur un PC et avec des masques de réalité virtuelle HTC Vive de réduire la durée de la formation sur avion d'une semaine. Cette solution permet également aux instructeurs d'AFI KLM E&M de former des techniciens en se déplaçant chez nos compagnies aériennes clientes dans le monde entier.



<sup>3</sup>TAT : Turn Around Time, temps d'exécution d'une maintenance  
<sup>4</sup>MTBR : Mean Time Between Repair / Removals

## Médecin Général Inspecteur Anne Sailliol Directrice de l'IRBA

Le médecin général inspecteur Anne SAILLIOL, directrice de l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées, est spécialiste en biologie médicale et hémobiologie-transfusion, diplômée en médecine d'urgence et médecine aéronautique et spatiale. Elle a été directrice du Centre de Transfusion Sanguine des Armées (CTSA) de 2009 à 2017 et a participé à de nombreux travaux d'expertises dans la prise en charge des traumatisés graves hémorragiques, l'hémovigilance et de la sécurité transfusionnelle en environnement extrême ou en situation d'urgence. Elle est l'auteur de plusieurs publications dans son champ d'expertise et enseigne à l'École du Val-de-Grâce, à l'Institut National de la Transfusion Sanguine et à la faculté de médecine de Créteil. Elle est membre de nombreuses sociétés savantes, chevalier dans l'ordre national de la légion d'honneur, officier dans l'ordre national du mérite, décorée de la médaille d'honneur du service de santé des armées et de la médaille pour travaux scientifiques et de l'Order of military medical merit (USA).



**La transformation digitale fait désormais partie de notre quotidien, l'homme en est acteur que ce soit comme concepteur ou utilisateur. Quels sont, selon vous, les principaux impacts en termes de facteurs humains de ce monde de plus en plus digital ?**

Dès leur plus jeune âge, les individus – qui sont nos opérateurs de demain – évoluent dans un environnement digitalisé dont l'usage quotidien les prépare à maîtriser plus aisément leurs futurs environnements de travail digitalisés. Toutefois, le défi posé par la digitalisation massive de nos environnements ne pourra jamais être réduit à une simple équation générationnelle.

En effet, la digitalisation des systèmes de contrôle et de supervision des environnements à risque se traduit – en particulier dans le milieu aérien – par une transformation profonde des interactions entre les systèmes automatisés et les humains qui les utilisent. Car désormais, deux partenaires doivent coopérer : l'un est humain et l'autre est artificiel. Pour éviter que les humains soient mis « hors de la boucle », il faut donc penser le système humain-machine comme une équipe dont les agents doivent coopérer pour gérer une situation complexe et dynamique, et à qui sont allouées des tâches différentes et complémentaires. L'objectif des spécialistes du facteur humain de l'IRBA est que ce partenariat soit construit sur un bon équilibre. On sait par exemple aujourd'hui que les automatismes très complexes des avions engendrent une forte focalisation attentionnelle sur les interfaces, lesquelles fournissent des données d'une telle richesse que les pilotes consacrent un temps excessif à les rechercher, à les interpréter, au détriment de leur surveillance de l'environnement extérieur.

D'autres problèmes ont été identifiés et sont examinés à l'IRBA. Ainsi, il faut éviter l'effet de « contentement » : on a montré que les opérateurs, même experts et conscients des limites des

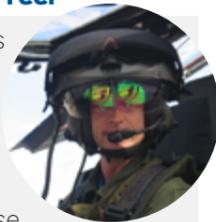
automatismes, adoptent certaines solutions sous-optimales qui leur sont proposées par ces systèmes, plutôt que d'intervenir en mobilisant leur expertise spécifique. Inversement, on peut devoir faire face au fait que les humains, désarçonnés par les solutions choisies par les systèmes automatisés, refusent de les adopter par manque de confiance.

Par ailleurs, il faut prendre conscience que l'introduction massive de technologies intelligentes dans les systèmes de contrôle et de supervision peut aller à l'encontre de la capacité naturelle des humains à s'adapter à des situations complexes et imprévues, à modifier leurs stratégies, voire à en élaborer de nouvelles. Pour que les humains puissent conserver leur place dans le système automatisé, et pour qu'ils puissent reprendre le

### Adaptation digitale et retour au réel

L'introduction de nouvelles technologies (réalité augmentée à partir de capteurs de vision de nuit et présentation de symbolologie de navigation et de pilotage, superposée sur l'environnement), facilite la prise d'informations et la compréhension de la situation en environnement visuel dégradé (opérations de nuit, poser poussière...). L'entraînement en environnements de simulation (réalité virtuelle) permet de s'exercer à la réalisation des missions et de s'exposer aux dangers pouvant survenir (par exemple, s'exercer aux procédures à suivre lors de survenue de pannes).

En parallèle, l'IRBA conduit des études s'intéressant aux capacités d'adaptation de l'opérateur à un système de visualisation mais aussi à leurs limitations. Pendant un vol avec un casque « see-through » présentant un sur-écartement des capteurs de vision de nuit (pilotes de l'hélicoptère Tigre), le pilote adapte ses stratégies de perception des distances. Le post-effet – lors du retour aux conditions de vision naturelle – est aussi à prendre en compte.



Pilote d'hélicoptère équipé d'un casque « see-through »

contrôle manuel lorsque nécessaire, les agents artificiels doivent donc contribuer à entretenir un référentiel commun, comme le font les membres d'une équipe.

Enfin, il faut souligner que la digitalisation s'accompagne d'un notable accroissement des exigences des missions, qui a un impact sur la sécurité des opérateurs. Par exemple, la doctrine de polyvalence sur le Rafale est rendue possible par les performances technologiques de l'avion, mais engendre, dans certaines missions, une forte charge cognitive dont les potentiels effets pour la sécurité doivent être clairement appréhendés.

Pour réussir la transformation digitale des systèmes de contrôle et de supervision des situations à risque, l'IRBA préconise que, dès lors qu'une transformation digitale est envisagée, les questions suivantes soient instruites :

- les opérateurs humains pourront-ils continuer à détecter et à interpréter les sources d'erreur et de dysfonctionnements, et leurs éventuels impacts sur l'état du système et sur l'état des différents automatismes ?
- seront-ils maintenus « dans la boucle » du système, de façon à être en prise avec la situation occurrente à tout moment ?
- leurs compétences basiques liées à l'activité, même si elles sont prises en charge par les automatismes dans les phases nominales de mission, seront-elles régulièrement entretenues ?
- les opérateurs seront-ils entraînés à faire face aux situations imprévisibles, et auront-ils les moyens techniques de réorganiser l'activité et d'allouer les tâches ?
- auront-ils pu bénéficier de séances de réappropriation des automatismes, après une période sans activité opérationnelle ?

Il ne faut cependant pas oublier les nombreux bénéfices de la transformation digitale : diminution des erreurs humaines grâce à la fiabilité technique, augmentation des ressources attentionnelles et cognitives disponibles permettant de traiter des tâches de haut niveau et de mener des missions bien plus complexes que par le passé ; pré-traitement des informations, grâce aux fonctions de fusion de données, amélioration des communications grâce au partage d'informations en réseau.

**L'interface homme-machine pour des pilotes, contrôleurs ou mécaniciens, le partage d'autorité entre la machine et l'homme ou désormais le travail de sujets qui laissent l'homme au cœur des systèmes. Quels sont les axes de recherche et de travaux de l'IRBA sur la place de l'homme face à la technologie dans le domaine aéronautique ?**

L'IRBA étudie l'impact de la digitalisation dans divers milieux (air, marine, terre) sur l'activité individuelle et collective des militaires. L'objectif est double : détecter les éventuels effets délétères des contraintes imposées par la digitalisation des outils sur l'activité des opérationnels et donc sur la sécurité et la santé des opérateurs ; et réciproquement, identifier les gains de sécurité offerts par la digitalisation des équipements. C'est pourquoi nos recherches examinent, sous l'angle des facteurs humains, si certaines technologies peuvent aider le combattant ou au contraire, sont susceptibles de nuire à ses capacités perceptives et cognitives, dans l'action à court ou moyen terme. L'un des objectifs de ces travaux de recherche est d'apporter des recommandations sur la conception de ces technologies, en particulier sur les modalités optimales de présentation des informations.

Nous intervenons également pour améliorer les communications orales des opérateurs qui doivent gérer plusieurs réseaux radio simultanément (contrôleurs aériens, fantassins débarqués, etc) et pour améliorer la détection et l'interprétation du signal de danger. Nos travaux visent à restituer à l'opérateur militaire les indices acoustiques naturels qui font défaut lors d'une écoute au casque, en s'appuyant sur les technologies de réalité virtuelle auditive (son 3D). Ces indices acoustiques permettent à l'opérateur de focaliser leur attention sur un réseau radio parmi plusieurs, d'améliorer l'intelligibilité des communications tout en réduisant sa charge mentale. L'IRBA étudie notamment les bénéfices du son spatialisé, au regard de la variabilité inter-individuelle (par exemple selon le type de lésions auditives de l'utilisateur ou ses ressources cognitives) et des contraintes environnementales (bruit, nombre d'interlocuteurs différents, charge de travail). Si ces technologies de réalité augmentée apportent de nombreux avantages tactiques au combattant, elles créent également de fortes contraintes perceptives sur l'individu que les chercheurs de l'IRBA identifient et analysent. C'est par exemple le cas lorsque les informations ne sont présentées que sur un seul œil et sont donc susceptibles de

### Dispositif pour l'étude du son 3D

Ce dispositif permet d'évaluer les capacités de localisation auditive des sujets. Il permet aussi de les entraîner pour profiter au mieux des atouts du son 3D dans la réduction des erreurs de traitement des alarmes ou des messages verbaux. Par cet entraînement, il serait également possible d'aider les porteurs de lésions auditives à réapprendre à localiser correctement les sons.



créer une rivalité binoculaire dangereuse. De même, l'ajout de la vision stéréoscopique « 3D » dans les équipements de tête des pilotes ne restitue que partiellement les conditions naturelles de vision.

**Le rythme de la transformation digitale semble s'accélérer sans laisser le temps d'adapter nos formations, nos organisations et notre réglementation. Comment permettre à l'homme de s'adapter à ces nouveaux usages, outils et mode de fonctionnement ? Comment la sécurité aéronautique peut-elle s'adapter à ces concepts plus agiles ?**

Avec la transformation digitale et l'accélération du rythme des innovations qui lui est associé, le cycle de vie des aéronefs et de leurs systèmes numériques embarqués ne cesse d'être raccourci. Côté pile, cette accélération du rythme des innovations est source d'opportunités. Elle conduit à repousser en permanence les limites de performance des aéronefs et du couple Humain(s)-Systèmes. Mais côté face, ce rythme effréné des innovations est source de nouveaux enjeux de sécurité puisqu'il met en défaut le modèle dominant de la sécurisation des systèmes à risques, connu sous le nom de sécurité « réglée ». La sécurité « réglée » fait l'hypothèse d'un environnement stable, dans lequel les risques prévisibles sont écartés grâce à des règles préétablies (réglementation, directives, procédures, etc.) strictement respectées. Mais ces règles, à peine « gravées dans le marbre » par nos organisations, sont mises à mal par les nouveaux usages et contextes d'utilisation qui accompagnent l'apparition des innovations technologiques.

Ce constat doit nous amener à repenser en profondeur notre modèle de sécurité globale, en associant une composante gérée à la composante réglée. La sécurité gérée s'appuie sur les capacités des individus et des collectifs à faire face aux situations nouvelles, ou non anticipées par l'organisation. Ici, les règles sont vues comme des objets dynamiques qui doivent être conçues sur une base participative. Dans ce modèle, les autorités de contrôle ont la prérogative de concevoir les règles de processus, tandis que les unités navigantes locales ont la responsabilité de les traduire en règles d'actions. Seule l'intégration de ces deux composantes de la sécurité (réglée et gérée), peut permettre de faire face au rythme imposé par les évolutions technologiques et leurs nouveaux usages. Les chercheurs de l'IRBA étudient ces processus et préconisent l'équilibre optimal à trouver entre sécurité « réglée » et « gérée ».

Pour ce qui concerne le processus d'appropriation par les opérateurs de leurs nouvelles interfaces, il est nécessaire de travailler de manière étroite avec les concepteurs en s'appuyant sur le cycle agile de

retours d'expérience et recommandations centrées utilisateurs. Une telle approche permet de faire valoir plus fermement aux concepteurs les besoins réels des utilisateurs, ces derniers étant étroitement associés aux spécifications ou aux adaptations de l'interface. Réciproquement, et dans la mesure où les opérateurs auront déjà été familiarisés avec les prototypes au cours du processus agile, cette approche permet aussi d'accélérer l'appropriation des technologies nouvelles.

#### Perception multi-sensorielle et effets secondaires

Les études menées sur la perception multi-sensorielle ont pour objectif d'exploiter les avantages de la synergie entre les modalités perceptives (attention, précision, diminution de la charge mentale...) et/ou limiter les conflits sensoriels et la génération d'illusions (erreurs, désorientation...) en situations réelles, mais aussi lors d'exercices en simulateur. Les environnements synthétiques multi-sensoriels provoquent un conditionnement « perceptif », source potentielle d'effets indésirables perturbateurs durant l'exercice de simulation, et à l'issue de la simulation. Ces effets post-simulation sont susceptibles d'altérer la performance et la sécurité en situation réelle. Des travaux sont menés à l'IRBA pour comprendre et quantifier les effets indésirables de l'utilisation de ces systèmes immersifs et proposer des contremesures et des préconisations d'emploi des simulateurs.



Etude des effets des environnements immersifs

Article rédigé avec la participation de F. Darses, J. Albentosa, MC G. Andeol, CNE L. Bourgeon, D. Hartnagel, J. Plantier, MC A.E. Priot, MC A. Vacher.

## La transformation digitale appliquée à la navigabilité étatique

Le développement des outils informatiques et de ses applications crée un large champ exploratoire, permettant d'envisager la simplification de nombreuses tâches. Le corollaire de cette évolution est l'obligation de porter une attention particulière à la sécurisation des données, critère essentiel en matière de suivi des aéronefs. La possibilité ou l'intérêt de mettre en place une démarche de transformation digitale<sup>2</sup> dans le domaine de la navigabilité des aéronefs d'État se pose donc inévitablement. Une telle démarche apparaît comme un recours possible pour optimiser ou simplifier certains processus du maintien de la navigabilité en s'affranchissant, d'une part, de tout ou partie de la documentation papier et en dématérialisant, d'autre part, certaines tâches, comme par exemple la mise en place de la signature électronique. La dénomination anglo-saxonne de cette démarche illustre bien l'effet final recherché : « paperless ».

Dans l'aviation civile européenne ou française, il n'existe pas encore de réglementation qui spécifie des moyens acceptables numériques permettant de garantir la conformité aux exigences en vigueur. Si la dématérialisation n'est pas formellement interdite, elle n'est pas non plus autorisée officiellement : l'EASA est prudente sur la question et a mis en place un groupe de travail dédié. La transformation digitale avance donc pas à pas.

Du côté de l'aviation d'État, la réglementation en vigueur n'interdit pas de dématérialiser certains documents ou processus. Ainsi, la transformation digitale appliquée au maintien de la navigabilité des aéronefs d'État peut concerner les arborescences des aéronefs<sup>3</sup>, les documents d'acceptation, le suivi des certificats et licences de toute nature, etc. Le système d'information EMPIC mis en place au sein de la DSAÉ est un exemple de transformation digitale en cours concernant les processus de contrôle et de suivi du maintien de la navigabilité. Du côté des organismes, plusieurs types de documents ou de processus viennent à l'esprit lorsqu'il s'agit d'étudier une démarche de dématérialisation, par exemple :

- la documentation de maintenance (de la documentation constructeur jusqu'à la carte de travail de l'opérateur) ;
- les processus de commande de travaux ;
- les dossiers de travaux ;
- le suivi de l'entretien et les documents libérateurs ;
- l'archivage...

Il appartient à l'autorité d'emploi en lien avec son OGMN (organisme de gestion du maintien de la navigabilité) de fixer le cas échéant le niveau d'ambition qu'elle souhaite en la matière. Cependant, le pragmatisme et la prudence doivent prévaloir dans ce domaine pour garantir notamment la réversibilité en cas de nécessité et éviter toute perte lors du passage d'un environnement « papier » à un environnement « sans papier ». Les spécificités d'engagement en opérations ou de l'action publique doivent également être prises en compte.

Il importe donc de conserver à l'esprit quelques règles de bon sens nécessaires à une prise de décision en matière de dématérialisation :

- définir le niveau d'ambition en termes de transformation digitale dans le domaine de la navigabilité ;
- s'assurer de la pertinence et de la fiabilité du ou des systèmes d'information associés : robustesse, inviolabilité des données, sécurisation, accès aux données, pérennité, signature électronique, etc. ;
- s'assurer de la compatibilité des processus engagés avec des déploiements opérationnels, des visites d'entretien ou des chantiers au sein de l'industrie privée et étatique (réversibilité, capacité des entités recevant un aéronef à prendre en compte des données dématérialisées, etc.).

Ces conditions sont bien un préalable à toute décision dans ce domaine. Le chemin est donc tracé, mais probablement assez long et devra être parcouru pas à pas.

La transition numérique est ici entendue comme le phénomène généralisé du remplacement progressif de l'analogique par le numérique, principalement au travers des outils informatiques —<sup>2</sup>Au sens de cet article, la transformation digitale est la démarche volontaire pour adapter ou organiser une entité afin de tirer le meilleur parti de la dématérialisation —<sup>3</sup>kardex et fiches matricule équipement (FME) par exemple. A noter que les FME au format numérique ne sont généralement pas acceptées par les industriels, le format papier reste donc la norme pour le moment.

# La numérisation de la documentation aéronautique

**D**epuis 2015, les EFB<sup>1</sup> remplacent progressivement la documentation papier dans les cockpits des aéronefs d'État. La généralisation des outils numériques dans le monde aéronautique induit bon nombre d'interrogations : quelles sont les conséquences sur la chaîne de l'information aéronautique ? Quelles sont les précautions à prendre ?

Chaque pays dispose de son propre système de centralisation des données aéronautiques qui doit répondre aux exigences et aux recommandations de l'annexe 15 de l'OACI<sup>2</sup>. Ces recommandations sont ensuite déclinées, au niveau de l'UE<sup>3</sup>, par des directives de l'EASA<sup>4</sup>. Chaque État doit garantir la fiabilité de ses données (source – précision – intégrité – qualité) et permettre leur interopérabilité avec celles des autres États. Ce processus a pour but de passer de l'AIM<sup>5</sup> à l'AIM<sup>6</sup> avec une réelle volonté au sein de l'UE d'aboutir à la création d'une base de données unique : l'EAD<sup>7</sup> – (l'AIM SG<sup>8</sup> du FABEC est en charge du suivi de cette évolution).



Avec cette standardisation permise par l'emploi de technologies émergentes et grâce à la réduction des saisies manuelles, la donnée s'en trouve davantage fiabilisée. Ainsi, le pilote d'un A400M ATLAS peut désormais délaissier sa documentation papier et effectuer sa mission avec son seul EFB, sur lequel auront été préalablement téléchargés les cartes et manuels requis pour le vol. La mise à jour de la

documentation peut être réalisée périodiquement ou chaque fois que de besoin et même lors d'une escale par le biais d'une simple connexion WiFi. C'est une véritable révolution qui devrait permettre, dans un avenir proche, de s'affranchir des cycles réguliers de publication AIRAC<sup>9</sup>. Cette mutation technologique doit néanmoins être accompagnée puisque c'est l'ensemble de la chaîne de production de l'information aéronautique qui est impactée. De la source au client, de la donnée au produit fini, en passant par son exploitation, tous les processus sont à redéfinir. Pour répondre au besoin de qualité de la donnée aéronautique, les fournisseurs de données, en lien direct avec le terrain, doivent se conformer à un canevas rigoureux et le communiquer au service centralisé de l'information aéronautique qui procède aux vérifications d'usage. Cette étape se fait aujourd'hui sur support papier mais devra certainement faire l'objet d'une dématérialisation dans un proche avenir. Avant d'être injectées dans la base de données par les services de l'information aéronautique, les données doivent posséder le



niveau de confiance requis. Pour ce faire, elle aura été enrichie de métadonnées, c'est-à-dire d'un facteur qualité, de notions de temporalité et de traçabilité.

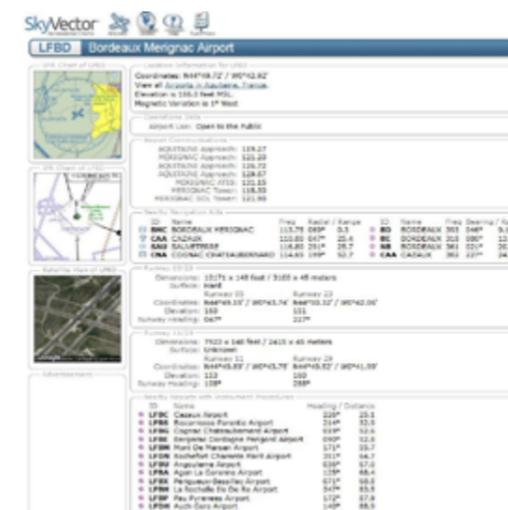
La transformation digitale va permettre d'adapter la donnée au besoin du client. Jusqu'à présent, la DIRCAM/DIA<sup>10</sup> proposait une quantité limitée de produits aux caractéristiques figées tels que les catalogues et les cartes. La demande va désormais tendre vers des produits informatisés aux caractéristiques plus ciblées. Les technologies de présentation de cartes « raster » et « vecteur » permettent d'ores et déjà d'accéder à cette nouvelle demande mais nécessitent un transfert de compétence du support papier au support numérique. Ainsi, la DIRCAM/DIA<sup>10</sup> accompagne cette évolution en augmentant ses capacités en Data Management, en rationalisant les supports logiciels de création de produits et en réorientant la distribution des données vers des produits en ligne. En conséquence, deux sites INTRADEF et INTERNET sont administrés par la DIA (2 webmasters) et la mise à jour de la documentation sur EFB est accessible sur le site du GAIO<sup>11</sup>. Dès lors, la donnée devient accessible en tout lieu et à tout instant sur une simple requête informatique.

Cette tendance est mondiale et des sites tels que « Sky Vector Aeronautical Charts » ou celui proposé par la confédération suisse présentent des produits innovants et intégrant des données temporaires non publiées à l'AIP<sup>12</sup> telles que la météorologie TAF-METAR<sup>13</sup> ou les NOTAM<sup>14</sup>.

La multiplication des Web services pose cependant des questions sur la fiabilité de la donnée présentée. Répond-t-elle aux exigences réglementaires ? Est-elle toujours intègre ? A-t-

elle fait l'objet de conversion, d'arrondi ? Du recueil d'une donnée à sa mise à la disposition du client, il est primordial d'en garantir l'intégrité, la fiabilité et la qualité malgré la multiplication des services proposés sur le Web. Les efforts déployés au niveau européen convergent vers cet objectif, particulièrement au sein du FABEC AIM SG<sup>15</sup> dont le but avoué est la production d'un AIP commun (international, civil et militaire) réalisé à partir d'une base de données commune, l'EAD<sup>16</sup>.

Les enjeux de la transformation digitale dans le domaine de l'information aéronautique sont nombreux et les attendus à la hauteur de ces enjeux. Si les évolutions technologiques permettent d'ouvrir de nouveaux horizons avec, à terme, l'abandon des supports papier, la vigilance doit rester de mise pour tout ce qui concerne le processus de recueil et de mise à disposition des informations. En effet, la convivialité d'utilisation des EFB et des évolutions technologiques associées ne doivent nullement obérer la sécurité des vols qui ne peut souffrir d'aucun compromis.



**La Division information aéronautique (DIA), entité de la DSAÉ/DIRCAM, est responsable du traitement et de la diffusion de l'information aéronautique militaire. Elle est implantée sur le site du Service d'information aéronautique de l'aviation civile (SIA), de la DGAC/DSNA, à Bordeaux-Mérignac.**

*Au printemps 2016, la DIA et le SIA ont signé un accord-cadre dans la continuité des travaux menés conjointement entre la DSAÉ/DIRCAM et la DSNA, afin de débiter une transition progressive du service de l'information aéronautique vers un « management » de l'information aéronautique (AIM), mutation initiée au niveau international par l'OACI et répondant à des objectifs d'interopérabilité et de qualité des données dans le cadre de la mise en oeuvre du Ciel unique européen.*

*Les services d'information aéronautique sont définis par l'annexe 15 de la Convention relative à l'aviation civile internationale. Ils ont pour objet l'acheminement des données et informations aéronautiques nécessaires à la sécurité, à la régularité, à l'économie et à l'efficacité du système mondial de gestion du trafic aérien (ATM), d'une manière durable du point de vue de l'environnement. Le rôle et l'importance des données et des informations aéronautiques ont considérablement changé avec la mise en oeuvre de la navigation de surface (RNAV), de la navigation fondée sur les performances (PBN), des systèmes de liaison de données et de navigation de bord informatisés. Des données et informations aéronautiques altérées, erronées, tardives ou manquantes peuvent compromettre la sécurité de la navigation aérienne.*

<sup>1</sup>Electronic Flight Bag : tablette de vol électronique — <sup>2</sup>Organisation de l'Aviation Civile Internationale — <sup>3</sup>Union Européenne — <sup>4</sup>European Aviation Safety Agency (Agence Européenne de la Sécurité Aérienne) — <sup>5</sup>Aeronautical Information Service (Service d'Information aéronautique) — <sup>6</sup>Aeronautical Information Management (Management de l'Information aéronautique) — <sup>7</sup>European AIS Data base — <sup>8</sup>Functional Airspace Bloc Europe Central (regroupe l'Allemagne, la France, le Luxembourg, la Belgique, les Pays-Bas et la Suisse) — <sup>9</sup>Aeronautical Information Regulation And Control

<sup>10</sup>Division Information Aéronautique

<sup>11</sup>Groupement Aérien de l'Informatique opérationnelle

<sup>12</sup>Aeronautical Information publication

<sup>13</sup>Terminal Aerodrome Forecast - METeorological Aerodrome Report

<sup>14</sup>Notice to Airman

<sup>15</sup>Functionnal Airspace Bloc Europe Central Aeronautical Information Management Steering Group

<sup>16</sup>European AIS Data base

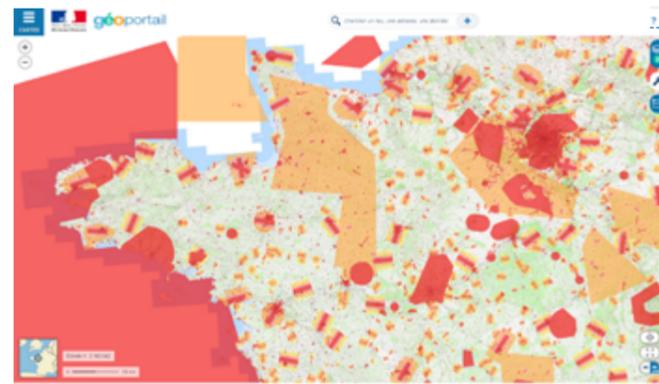
# Des outils pour faciliter la cohabitation entre drones et aéronefs habités

**S**i dans notre milieu aéronautique, la transformation digitale impacte les organisations, la maintenance ou la logistique, en matière de drone elle répond surtout à une attente très forte née de la rencontre du monde que nous connaissons avec ses codes et, aussi, son inertie et un monde d'innovation, celui des drones.

Les opérateurs de drones ne sont souvent pas des professionnels de l'aéronautique habitée et privilégient le recueil de données et son utilisation, au vol lui-même, même si les aéromodélistes font encore exception. Ainsi, tout ce qui tourne autour du respect de la réglementation, de l'accès à l'espace n'est qu'un passage obligé qu'ils souhaiteraient simple et rapide. A leur crédit, on peut constater que consulter et respecter la réglementation aéronautique n'est pas chose aisée.

C'est pour répondre à cette exigence que la DGAC et la DSAÉ développent des applications qui permettent de faciliter l'accès à la réglementation, d'améliorer le respect de celle-ci et donc de faire progresser la sécurité dans un espace aérien national désormais partagé avec ces nouveaux usagers.

Ainsi, en 2017, trois applications ont été développées pour améliorer la cohabitation entre les drones et les aéronefs habités.



## Carte de restriction des vols de drones de loisir

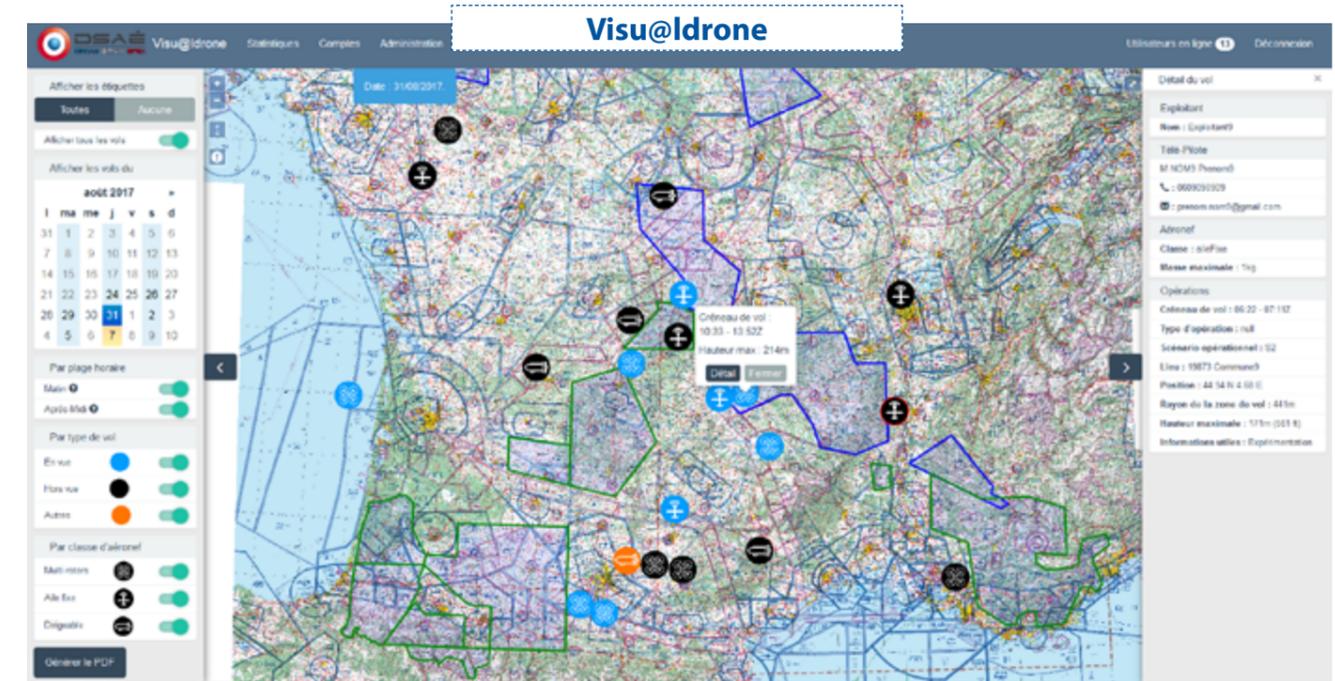
Les utilisateurs de drones loisir peuvent aujourd'hui consulter sur internet une carte de restriction des vols, en pointant le lieu de leur vol, ils obtiennent l'altitude maximale autorisée. Cette carte qui aujourd'hui ne fait apparaître que les restrictions permanentes, s'augmentera des restrictions temporaires lors d'évolutions successives.

## Mon espace drone

Les utilisateurs effectuant des activités particulières disposent dorénavant du site « Mon espace drone » leur facilitant les procédures administratives de déclaration d'activité, de déclaration des télépilotes de l'exploitant et de notification des vols. Ce portail qui est en phase de lancement, va leur faire profiter de plus en plus de fonctionnalités



Enfin, en réponse à une demande forte des autorités d'emploi étatiques concernant la sécurité aérienne en très basse altitude et, en coordination avec la DGAC, la DSAÉ a développé une application dénommée « Visu@ldrone ». Accessible au travers du réseau internet et grâce à une transmission quotidienne des données de « Mon espace drone », celle-ci offre une visualisation des notifications des vols de drones professionnels présentant le plus de risques pour l'aviation d'État, c'est à dire les vols hors vue et les vols en vue évoluant dans les secteurs d'entraînement basse altitude au dessus de 50 m.



Ainsi, chaque jour, les unités aériennes ou les unités de contrôle aérien pourront visualiser ces vols sur une carte numérique, et, en fonction de leur activité aérienne, et si cela leur semble nécessaire, coordonner avec les télépilotes pour gérer le risque de collision. Une autre page permet aux états-majors de générer des statistiques les aidant ainsi à mieux appréhender les risques de collision, sans le surestimer mais sans le méconnaître non plus.

Au delà de participer à l'amélioration de la sécurité en basse altitude, cet outil va permettre une meilleure connaissance des nouveaux usagers de l'espace aérien. C'est également, et c'est à souligner, une belle réussite de coopération et de coordination interministérielle.

Ces avancées profiteront aussi à l'ensemble des usagers de l'espace aérien. En effet, qui n'a pas rêvé de disposer d'une information aéronautique totalement numérisée, facile à consulter, y compris dans le cockpit ? Derrière les outils, ce sont aussi les comportements humains qui sont à prendre en compte pour adapter les organisations et les modes de fonctionnement afin que la sécurité aéronautique profite pleinement de la transformation digitale.

**Directeur de la publication :** GDA Labourdette • **Responsable de la publication :** CV Berling  
• **Couverture :** ©Air France Industries KLM Engineering & Maintenance/Patrick Delapierre - ©B.Hennequin/Armée de l'air/Armées  
• **Photos :** ©AFI KLM E&M - © IRBA - ©P.Phouangphet/Armée de l'air/Armées • **Réalisation :** SGT Ilmany  
• **Adresse :** CELLULE COMMUNICATION DSAÉ - BA 107 - ROUTE DE GISY - 78129 VILLACOUBLAY AIR  
• **Téléphone :** 01 45 07 33 44 • **EMAIL :** comdsae@gmail.com