AIR&COSMOS
HEBDOMADAIRE

N° 2988 - 16 OCTOBRE 2026

AIR-COSMOS.COM

AIR&COSMOS L'HEBDO

Le magazine expert des professionnels et des passionnés

NOUVELLE FORMULE

QUANTIQUE
La révolution fantastique



SOPHIE ADENOT
POUR L'HISTOIRE

TRANSPORT AÉRIEN
UNE DÉCARBONATION TROP CHÈRE POUR LES CADORS EUROPÉENS



NUMÉRO RÉSERVÉ AUX ABONNÉS

AIR&COSMOS

NOUVEAU

VOTRE HEBDO ÉVOLUE

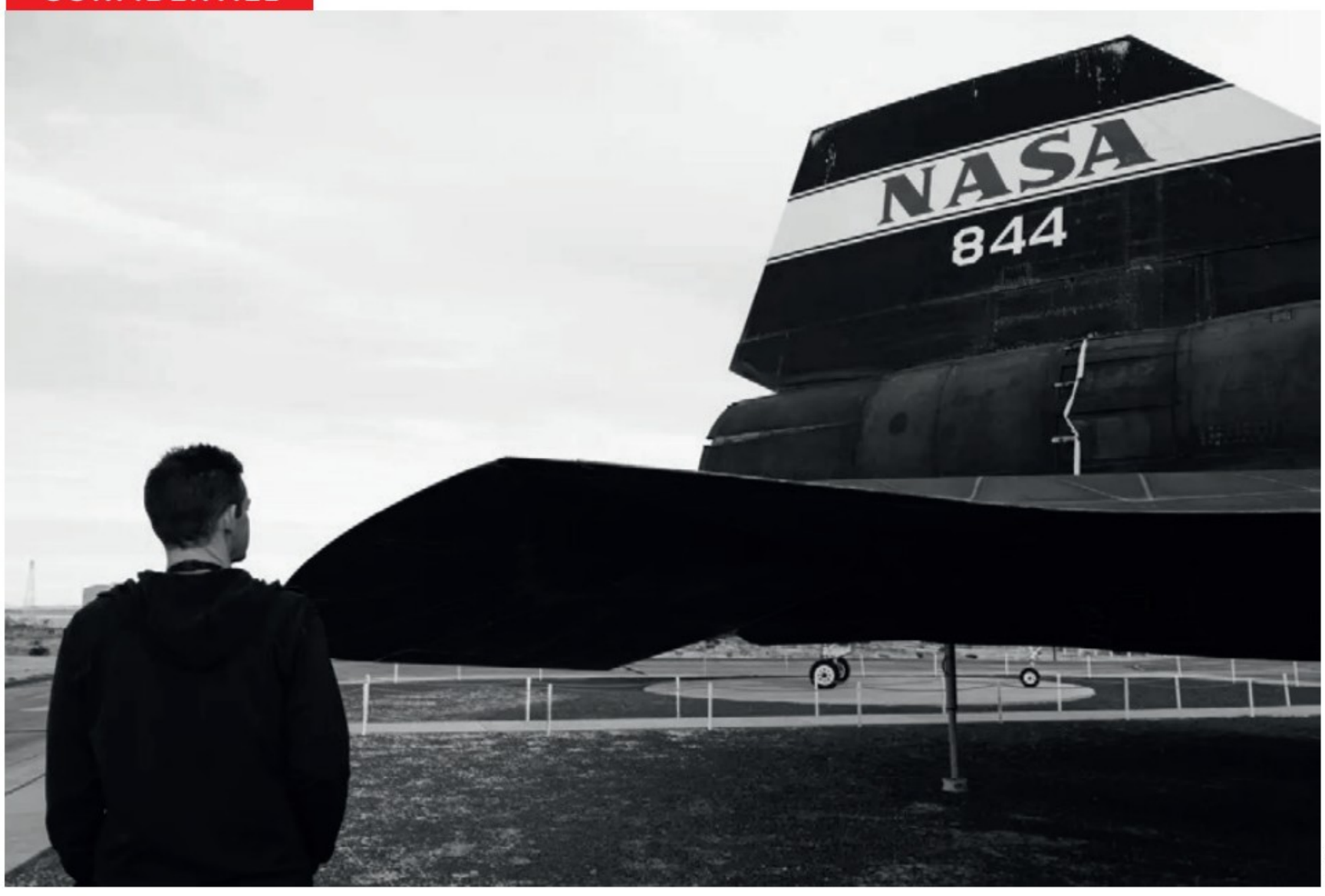


PLUS RICHE. PLUS FLUIDE.
TOUJOURS LA MÊME EXPERTISE.

J'EN PROFITE

EN OFF

CONFIDENTIEL



© NASA

LE RETOUR DU BLACKBIRD ?

VOLS HYPERSONIQUES La remise en service du Lockheed SR-71 « Blackbird », avion de reconnaissance stratégique supersonique à haute altitude utilisé par l'US Air Force entre 1966 et 1998, est-elle sérieusement envisagée de l'autre côté de l'Atlantique ? Plusieurs pistes pourraient le laisser croire. Tout d'abord, le mois dernier lors du *All-In Summit* à Los Angeles, l'administrateur de la Nasa a annoncé que cette dernière souhaitait reconstruire sa flotte d'avions expérimentaux pour voler *« plus haut et plus vite »*, présentant la silhouette d'un avion ressemblant fortement à un SR-71. Interrogé sur le choix de cette illustration, il a répondu de manière énigmatique : *« Vous êtes sûr que c'est un Blackbird ? »* Autre « indice » : au printemps dernier, l'appareil Nasa 844 (le dernier SR-71 à avoir volé) a été déplacé depuis son lieu d'exposition habituel à Edwards, en Californie, vers un hangar, pour y être visiblement inspecté. Enfin, la Nasa aurait contacté au mois d'août d'anciens ingénieurs et techniciens du programme pour évaluer la faisabilité technique du projet. Vrai projet ou fantasme, l'idée d'utiliser cet avion Mach 3+ comme banc d'essai volant pour la recherche sur le vol hypersonique suscite beaucoup de scepticisme au sein de la communauté aéronautique, en raison du manque de pièces détachées et de la dégradation des composants après des années d'inactivité.

HÉLICOPTÈRES

Des H160 supplémentaires pour la Marine nationale ?

Face à l'âge des Dauphin SPI et Pedro, et un programme Guépard qui a été décalé pour des raisons budgétaires, la Marine nationale va-t-elle devoir louer des H160 (déjà six à Cherbourg, Lanvéoc, Hyères) ? Ce projet se heurterait à deux difficultés : trouver des exemplaires, puis les transformer. En tout état de cause, les marins sont agréablement surpris par cet appareil, soutenu par Babcock, qui préfigure les futurs Guépard et s'avère extrêmement disponible. En étant, actuellement, la flotte la plus active au niveau mondial.

ESCADRON DE DRONES

Bientôt à Cazaux

Aussitôt dit, aussitôt fait - ou presque. Quelques mois après que le général Jérôme Bellanger, chef d'état-major de l'armée de l'Air et de l'Espace (AAE), a indiqué en audition parlementaire vouloir doter l'AAE d'un escadron de drones « à vocation de bombardement », l'unité devrait être mise sur pied à la fin de l'année - ou au plus tard au premier trimestre 2027. Basée à Cazaux, elle devrait donc être dotée d'une première capacité de « one way effector ». Il pourrait s'agir d'un modèle développé par MBDA, mais l'AAE ne serait pas fermée à d'autres systèmes, tels que le Chorus, développé par Turgis & Gaillard, qui s'est associé à Renault pour la production.

Raphaël Liégeois sur Crew 15 ?

© ESA



ISS. Après la nomination officielle, le 24 septembre, de l'équipage de Crew 14 (les Américaines Kayla Barron et Christina Birch, le Japonais Makoto Suwa et le Russe Aroutioun Kivirian), qui doit rejoindre en mars prochain la Station spatiale internationale (ISS) à l'aide d'une capsule Crew Dragon de SpaceX, on attend maintenant de connaître qui embarquera en octobre suivant, sur Crew 15. En toute logique, ce devrait être l'ingénieur belge Raphaël Liégeois, recruté en novembre 2022 par l'Agence spatiale européenne (ESA), en même temps que Sophie Adenot. Quand la Française a débuté son entraînement pour la mission Crew 12/ Epsilon, en mai 2024, il était prévu qu'elle soit relevée sur orbite par son collègue de 38 ans aujourd'hui, qui vient de repartir à l'entraînement au centre spatial Johnson de la Nasa à Houston, au Texas. Au cours de son séjour de longue durée, il deviendra le troisième Belge de l'espace (et le premier Wallon, puisqu'il est originaire de Namur).

ÉDITO



© DR

PAR **DANIEL CHRÉTIEN**
JOURNALISTE

Margaret Hamilton et Sophie Adenot, figures d'une féminisation trop lente du spatial

Elle nous a quittés le 30 septembre dernier. Margaret Hamilton comptait parmi les plus forts symboles de la difficile intégration des femmes dans les métiers du spatial. Jouant un rôle clé dans la conception des logiciels embarqués de navigation des missions Apollo, cette ingénieure a su trouver sa place en profitant de l'essor du domaine de l'informatique à l'époque, à l'instar de Dorothy Vaughan.

Que tirer de son exemple ? D'une manière générale, la féminisation des métiers de l'aéronautique et du spatial reste beaucoup trop lente, à l'heure où nous avons plus que jamais besoin de cerveaux pour les programmes stratégiques. D'après les données du Gifas, seulement 28 % des recrutements sont aujourd'hui féminins, contre 20 % dix ans plus tôt.

D'une manière générale, la féminisation des métiers de l'aéronautique et du spatial reste beaucoup trop lente

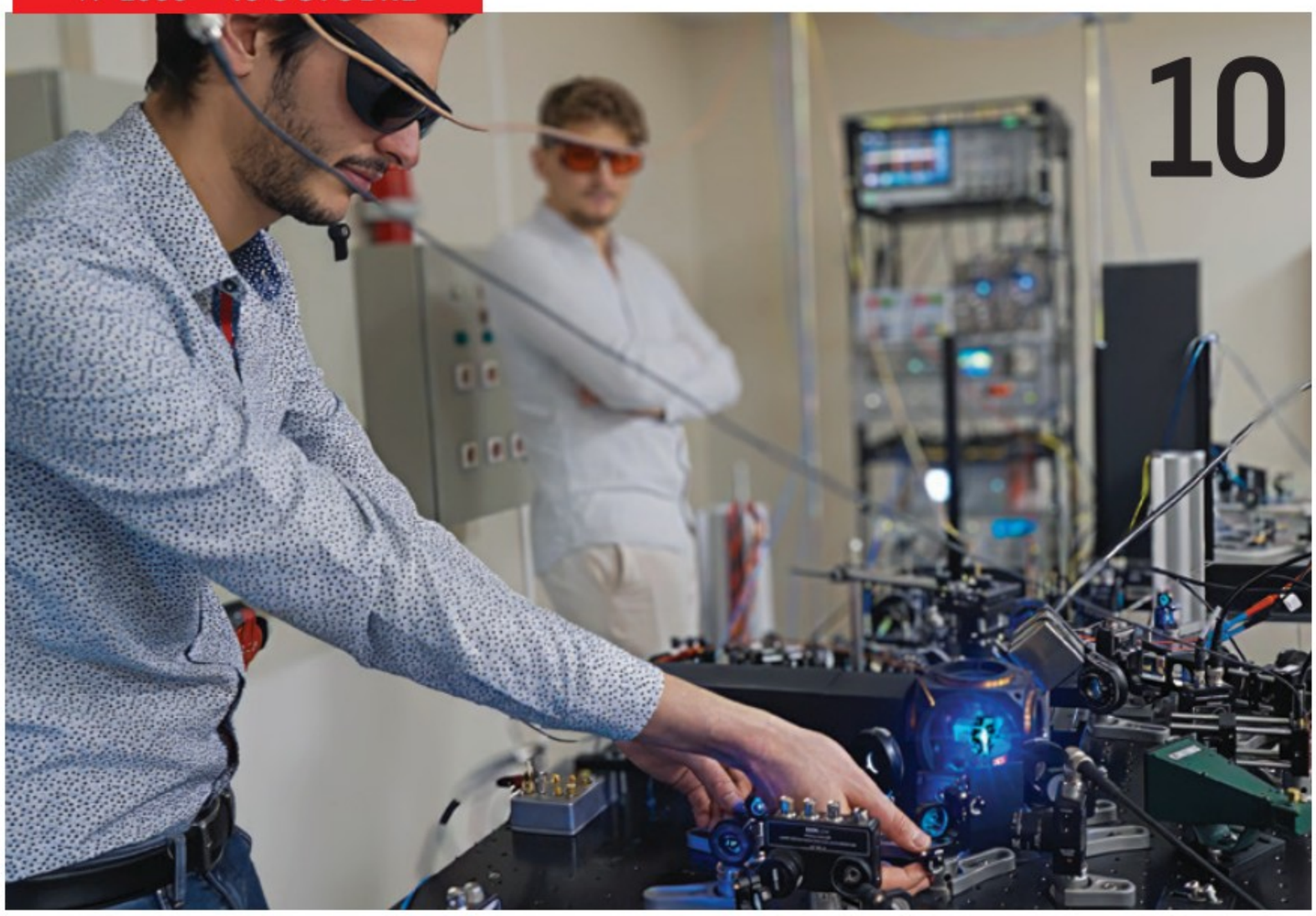
Pour rester optimiste, il faut tout de même souligner un constat marquant. Car aujourd'hui, avec Sophie Adenot qui vient de revenir sur le plancher des vaches (voir pages 22 à 27), le message n'est plus tellement celui de justifier l'existence des femmes dans ces corps de métiers auparavant exclusivement masculins, mais de la normaliser.

Au cours de ses 237 jours passés en orbite, Sophie Adenot a en effet dépensé moins d'énergie à sensibiliser les jeunes filles au spatial qu'à partager les sciences au grand public. Elle s'appuie en réalité sur son expérience précédente de première femme pilote d'essais d'hélicoptère de France, au sein de l'armée de l'Air et de l'Espace, répétant que cette expérience avait été accueillie par le milieu comme étant normale, et non exceptionnelle.

Il semble tout aussi normal aujourd'hui d'accueillir des femmes à la tête de l'École polytechnique (l'ingénieure générale de l'armement Laura Chaubard) ou à la tête de l'Isae Supaero (la colonelle Marie-Hélène Baroux). Pourtant, les rangs de ces écoles peinent à se féminiser (entre 23 % et 26 %). De plus, les nombreux commentaires sexistes publiés sur les réseaux sociaux tout au long du vol de Sophie Adenot, dans un contexte de retour en masse du masculinisme chez les jeunes, montrent que cette normalisation est encore loin d'être acquise. A&C

SOMMAIRE

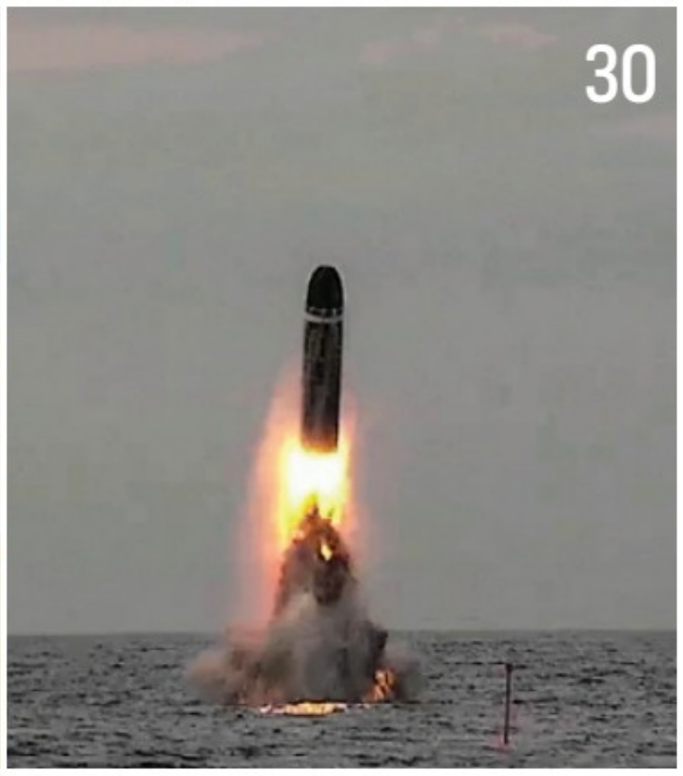
N° 2988 — **16 OCTOBRE**



© ONERA



© QANTAS



© DGA

3 Confidentiel
4 Éditorial
6 En visu
8 Les contrats
9 Portrait

DOSSIER QUANTIQUE

10 Recherche avancée : la révolution quantique débutera par les capteurs
13 Airbus : le quantique monte à bord de l'avion de demain
14 Compagnies aériennes : rendre plus efficace l'exploitation à tous les niveaux
16 Entretien avec Xavier Grison, chef du Campus quantique défense : dans le domaine du quantique, « la France a une position extrêmement forte mais la compétition est très intense »
18 Recherche en micropesanteur : l'ISS, laboratoire ultime du quantique
19 Communications spatiales : cryptage quantique ou post-quantique ?

INNOVATION & TECHNOLOGIES

20 Compagnies aériennes : le pionnier Jeppesen dévoile ses trois premières applications d'IA

ESPACE

22 Sophie Adenot : entrée dans l'Histoire
26 Mission Epsilon : le difficile retour sur Terre

DÉFENSE

28 Diversification : comment Airbus Helicopters se dronise

STRATÉGIES

30 Dissuasion nucléaire : la France montre ses muscles

AVIATION CIVILE

32 Union européenne : trop chère décarbonation pour les cadors de l'aérien
34 Fiscalité aérienne : les alarmes des professionnels de l'aérien enfin entendues ?

AIR&COSMOS

AIR&COSMOS - LA TRIBUNE NOUVELLE
2, RUE DU GENERAL DE BOISSIEU
75015 PARIS

FONDATEURS
Jean-Marie Riche, Jacques Morisset, Albert Ducrocq

DIRECTION
Président et directeur de la publication et de la rédaction : Jean-Christophe Tortora
Éditrice : Ghita Chami
Rédacteur en chef du pôle Aérospatial et défense de La Tribune : Michel Cabirol

RÉDACTEUR EN CHEF
Léo Barnier

RÉDACTEURS
Civil : Antony Angrand, Jean-Baptiste Heguy
Défense : Helen Chachaty, Gaétan Powis
Espace : Pierre-François Mouriaux
Web : Daniel Chrétien

PRODUCTION ET FABRICATION
Frédéric Bergerat, 1er rédacteur-graphiste

CONCEPTION GRAPHIQUE
PPA/Nadine Pellé

CORRESPONDANTS TERRITOIRES
Occitanie : Alexandre Léoty

RELATIONS COMMERCIALES
Partenariats stratégiques :
Florianne de Bastard, commerciale

SERVICE CLIENTS 01 59 13 17 44
(numéro non surtaxé depuis un poste fixe)
de 9 h à 18 h du lundi au vendredi
Service comptable abonnements, clients, fournisseurs

DIFFUSION ET ABONNEMENT
Directrice B2B : Arjwan Boesch
Directrice B2C : Laura Kiraly
Contact réglages diffuseurs :
reseau@destinationmedia.fr

SERVICE ABONNEMENT AIR & COSMOS
AIR&COSMOS - LA TRIBUNE NOUVELLE
2 RUE DU GENERAL DE BOISSIEU
75015 PARIS

Diffusion et réservé aux marchands de journaux : Pagure Presse
— Pays d'origine du papier : Allemagne
— Taux de fibres recyclées : 0%
— Certification : 100% PEFC
— « Eutrophisation » Ptot : 0,016 kg/t

SOCIETE AIR & COSMOS.
S.A.S. au capital de 1.000 € -
Siret 935 402 651 00019.
Siège social : 4 QUAI D, BOULEVARD SAADE - QUAI JOLIETTE, 13002 MARSEILLE (France)
Agence : 2 RUE DU GENERAL DE BOISSIEU
75015 PARIS (France)

PRINCIPAUX ACTIONNAIRES
CMA-PRESS NEWS, 4 QUAI D'ARENC, BOULEVARD JACQUES SAADÉ, 13002 MARSEILLE ©air&cosmos
ISSN 2425-4207 - Dépôt légal à la date de parution

Numéro de commission paritaire : 0225 T 86120.Vente au numéro : Pagure Presse : 01 44 69 82 82 - Imprimé en Union Européenne par Impression ILD. Siège social : 130, rue de Houchin - ZI-62 620 Ruitz - Toute reproduction des textes et documents est interdite, ainsi que leur utilisation à des fins publicitaires. Les textes de publicité sont rédigés sous la responsabilité des annonceurs. Ils n'engagent pas Air & Cosmos. Pour garantir son indépendance Air & Cosmos se réserve le droit de refuser (même en cours de programme) toute insertion publicitaire sans avoir à justifier sa décision. Copyright 2015.

Ce numéro comprend une circulaire « FILLAC14 » sur toute la diffusion abonnés ou une circulaire abonnement « CIAC14 » sur toute la diffusion abonnés. Internet : http://www.air-cosmos.com. USA – Air&Cosmos (USPS # 008-449) is published weekly for 250$ per year. Printed in France. Periodicals postage paid at Champlain NY, and additional mailing offices. – Address changes should be sent to : IMS of NY, PO Box 1518, Champlain, NY 12919-1518. – For details call IMS # 1 800 428 3003

© EN COUVERTURE : AIRBUS QUANTIQUE - (AIRBUS) - SOPHIE ADENOT (P.-F. MOURIAUX) - AVION (AIRLINES FOR EUROPE)

air-cosmos.com Air & Cosmos
air_et_cosmos Air & Cosmos

ABONNEZ-VOUS SUR AIR-COSMOS.COM

EN VISU

EN BREF



"Nous encourageons chaque opérateur à non seulement partager proactivement les données d'éphémérides comme le fait déjà Starlink, mais aussi à adopter les normes élevées de sécurité spatiale que SpaceX et Starlink appliquent chaque jour"

Michael Nicolls, Vice-président Starlink Engineering et Président SpaceXAI chez SpaceX, le 6 octobre 2026 au Congrès international d'astronautique (IAC) à Antalya en Turquie.

© SPACEX



© EMBRAER

Premier vol du Gripen E produit par Embraer

AVIONS DE COMBAT. Embraer et Saab ont réalisé avec succès le vol inaugural du premier avion de chasse Gripen E produit au Brésil par Embraer. L'appareil a décollé du complexe industriel d'Embraer à Gavião Peixoto, dans l'État de São Paulo, avec pour mission de vérifier les performances de ses principaux systèmes et de valider ses caractéristiques de vol. Le contrat signé avec le gouvernement brésilien en 2014 porte sur le développement et la production de 36 avions Gripen pour l'armée de l'air brésilienne : 28 Gripen E monoplaces et huit Gripen F biplaces. Les livraisons ont débuté en 2020 et, à ce jour, dix appareils ont été livrés à l'armée de l'air brésilienne.



© LOCKHEED MARTIN

Lockheed Martin dévoile une nouvelle version du Patriot, Anduril annonce le Steelfin

MISSILE INTERCEPTEURS. Lockheed Martin a dévoilé, le 9 octobre, la nouvelle version du Patriot, le PAC-3 Edge. Elle devra atteindre des cibles plus éloignées en volant plus haut, et plus dissimulées grâce à un système de guidage plus sensible. Edge sera aussi plus maniable, Lockheed Martin consacrant une partie importante du développement au moteur propergol, avec Northrop Grumman. Le premier tir du PAC-3 Edge est prévu pour 2027, en vue d'un déploiement dès 2031. De son côté, la société Anduril a introduit son nouveau concept d'intercepteur, Steelfin, promettant d'être trois fois moins cher que le PAC-3 MSE.

AVIATION DE COMBAT

Le Royaume-Uni tend les bras à l'Allemagne

Adieu le Scaf, *welcome* au GCAP ? Alors qu'il recevait le chancelier allemand Friedrich Merz en visite, le Premier ministre britannique Andy Burnham a ouvert la porte à des discussions pour, potentiellement, coopérer dans le cadre du programme d'aviation de combat futur, le GCAP (Global combat air programme), lancé en coopération avec l'Italie et le Japon. Aucun calendrier ni échéance concrète n'ont été annoncés, d'autant que l'arrivée de l'Allemagne dans le programme devrait en théorie s'accompagner d'une nouvelle répartition industrielle - ce qui n'est jamais une mince affaire...

VOL HABITÉ

La Nasa lance enfin son appel d'offres pour stations spatiales commerciales

La fin de l'ISS approche et la Nasa entend bien poursuivre la présence d'astronautes américains en orbite basse après sa mise hors service, prévue d'ici 2031. Le 9 octobre, l'agence spatiale américaine a publié son appel d'offres de stations commerciales, dont elle sera cliente. Les entreprises ont jusqu'au 8 décembre pour faire leur proposition. Plusieurs d'entre elles ont déjà commencé le développement bien avant : Axiom Space, Vast avec ses stations Haven, ou encore Voyager et Airbus avec la station Starlab.

PLUS

© STUDIO GOODTOKNOW



© ELIXIR AIRCRAFT

La perte d'un volet gauche à l'origine de l'accident

ELIXIR AIRCRAFT. Suite à la perte d'un Elixir et le décès des deux pilotes (voir *A&C* n° 2987), le BEA a établi que, lors du dernier virage d'un circuit basse hauteur, le volet gauche s'est détaché de l'aéronef, entraînant une perte de contrôle, suivie de l'activation du parachute de secours à faible hauteur. Pour le moment, aucun élément ne permet d'établir les raisons ayant conduit au détachement du volet gauche. Un Alert Service Bulletin a été publié à l'attention des opérateurs, demandant l'immobilisation des appareils à compter du 3 octobre et jusqu'à nouvel ordre. Cette décision constitue une mesure de précaution prise par le constructeur.



© AIRBUS

Airbus et Kratos font voler leur Valkyrie

CCA. Le 12 octobre, Airbus et Kratos ont annoncé avoir réussi le tout premier vol de l'U740 Valkyrie, drone de combat collaboratif (CCA) adapté du Kratos XQ-58A aux États-Unis. C'est une étape importante dans l'objectif de pouvoir livrer le drone dès 2029. Le drone de 9,1 m de long et de 8,2 m d'envergure a décollé d'un site en Europe du Nord à l'aide de fusées, réalisé quelques manœuvres à différentes altitudes. Sa vitesse a atteint Mach 0,8. Les vols suivants éprouveront le système de pilotage autonome Mars (Multi-platform Autonomous Reconfigurable and Secure) développé par Airbus.



Des artistes à la conquête de l'espace

DOCUMENTAIRE. Le journaliste scientifique David Fossé et le réalisateur Simon Rolin travaillent sur le documentaire *Space Art*, récit d'histoire de l'art spatial. Que ce soit en BD ou en film, des artistes imaginent la vie dans l'Univers, projettent le futur de la conquête spatiale ou encore illustrent les missions de la Nasa ou de l'ESA, donnant forme à nos rêves depuis des décennies. Une campagne de financement participatif a été lancée, qui propose parmi en contrepartie des originaux du dessinateur Manchu et des statuettes 3D.

EN CHIFFRES

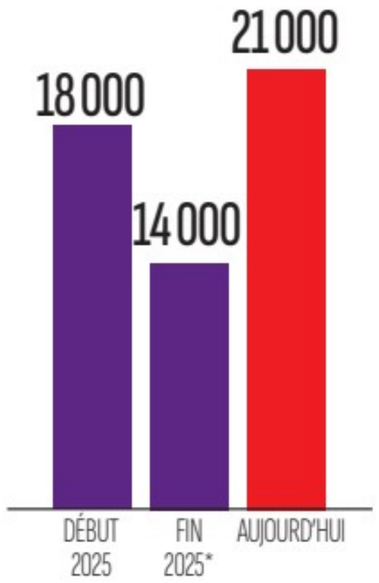
100 000

C'EST LE NOMBRE DE CIBLES TOUCHÉES PAR L'ARMÉE ISRAÉLIENNE DEPUIS LE 7 OCTOBRE 2023

NOMBRE D'EMPLOYÉS FONCTIONNAIRES DE LA NASA

(APRÈS UNE RÉCENTE INTÉGRATION DE 7 500 CONTRACTUELS EN 2026)

@ NASA, ARS TECHNICA



*Après la coupe faite par le Doge



© THALES

TRAFIC AÉRIEN

Thales reste aux îles Féroé

Le ministère danois de la Défense, via son agence d'acquisition et de logistique, va remplacer son actuel radar de contrôle du trafic aérien RSM 970 implanté aux îles Féroé par son successeur, le RSM NG - tous deux produits par Thales. L'objectif est de pouvoir assurer la continuité de la gestion du trafic aérien civil et militaire. Situées au nord du Royaume-Uni et au sud-est de l'Islande, les îles Féroé se trouvent à un carrefour maritime stratégique, entre la mer du Nord et l'océan Atlantique.

TRANSPORT SPATIAL

Dawn Aerospace s'implante en Allemagne

Dawn Aerospace annonce la création prochaine d'une filiale de droit allemand, pour « *favoriser la mise en place d'une offre de systèmes de propulsion spatiale, ainsi que le développement de capacités de transport spatial* », indique l'entreprise néo-zélandaise. Le but est de pouvoir capter une partie des fonds qui seront alloués au secteur spatial militaire allemand - soit une enveloppe totale de 35 Md€ d'ici 2030. Dawn Aerospace ambitionne ainsi d'établir « *un dialogue direct* » avec les acteurs du secteur, aussi bien étatiques qu'industriels.

EN VISU

LES CONTRATS



© AIRBUS

Biman Bangladesh Airlines commande dix A350 et A321neo

La compagnie **BIMAN BANGLADESH AIRLINES** a annoncé, le 7 octobre, une commande ferme de dix appareils auprès d'Airbus, se composant de quatre A350-900 et six A321neo. Cette commande s'inscrit dans la modernisation de la flotte de Biman, et du renforcement de la présence de la compagnie bangladaise à l'international.



© AIRBUS

Avolon passe une méga-commande de 110 Airbus

Le loueur irlandais **AVOLON** a officialisé le 9 octobre une commande ferme de 110 appareils auprès du constructeur Airbus. Le contrat porte sur 35 long-courriers A330-900 et 75 moyen-courriers A320neo. Cette annonce porte le nombre total d'Airbus A330-900 achetés par Avolon à 114 appareils - soit 20 % des commandes du programme - et le nombre total d'Airbus A320neo à 650 appareils.



© LOCKHEED MARTIN

Boeing et Lockheed Martin signent pour 14,7 Md$ pour des têtes de missiles Patriot

Début septembre, **BOEING** et **LOCKHEED MARTIN** ont rendu public un contrat d'un montant total de 14,7 Md$ pour une période de sept ans, portant sur la fabrication d'autodirecteurs pour des intercepteurs Patriot PAC-3 Missile Segment Enhancement (MSE). Ce partenariat vise à tripler les volumes de production actuels.



© AIRBUS

La Roumanie passe au Caracal

HÉLICOPTÈRE. Airbus Helicopters annonce avoir signé un contrat avec le gouvernement roumain pour fournir une flotte de douze H225M Caracal. Cet accord a été conclu, via la Direction générale de l'armement (DGA) française, dans le cadre de l'instrument financier européen Safe - c'est le deuxième du genre, après un précédent contrat pour sept H160 et cinq H145 pour des missions de service public. L'hélicoptériste européen est déjà implanté en Roumanie, par le biais d'une coentreprise avec IAR, spécialisée dans les opérations de MRO d'hélicoptères civils et militaires.

À NOTER

Octobre

Jusqu'au 19, la Cinémathèque française à Paris accueille la rétrospective « Cinéma et espace, les indispensables », organisée en association avec le Cnes. www.cinematheque.fr/cycle/espace-1621.html

Du 20 au 22, se tiendra la Business Aviation Convention & Exhibition (NBAA-BACE) 2026, plus grand salon de l'aviation d'affaires, à Las Vegas, aux États-Unis. https://nbaa.org/

Les 27 et 28, Toulouse accueillera le Space Summit for a Resilient Future, organisé par Novaspace. https://space-summit-resilient-future.com/

NOVEMBRE

Du 3 au 6, le salon du naval de défense, Euronaval, se déroulera au parc des expositions de Paris-Nord – Villepinte. https://www.euronaval.com/fr/

Le 17, *La Tribune* et *Air & Cosmos* organisent l'Aeroforum aux Espaces Vanel à Toulouse. Cette édition aura pour thème « L'heure de vérité pour la Supply Chain ». https://aeronautics-forum.fr/

Du 17 au 19, la Space Tech Expo Europe réunira l'écosystème spatial européen à Brême, en Allemagne. https://www.spacetechexpo-europe.com/

Le 29, l'Euro Space Center (ESC) de Transinne, en Belgique, accueillera la journée tintinophile d'automne organisée par l'association des Amis de Hergé. https://lesamisdeherge.com/lettre/126/126.html

DÉCEMBRE

Du 1er au 3, le salon Aeromart Toulouse réunira la supply chain aéronautique au centre d'exposition MEETT. https://aeromart-toulouse.com/

EN VISU

PORTRAIT



© ATR

VITTORIO LORENZO DELLA BELLA

PRÉSIDENT D'ATR

Des voilures tournantes à l'avion de transport régional

BIO

> **1978 :**
Intègre Agusta

> **1986 :**
Ingénieur méthodes

> **1990 :**
Chef de programme EH101 Marine italienne

> **2002 :**
Chef de programme AgustaWestland Portugal et Danemark

> **2012 :**
Chef de programme NH90

> **2016 :**
Responsable du support client et de la formation

> **2026 :**
Président de Leonardo Helicopters US

Selon la règle d'alternance, Vittorio Lorenzo Della Bella va succéder à Nathalie Tarnaud Laude à la tête de la présidence d'ATR. La prise de ses nouvelles fonctions interviendra le 1er novembre. Vittorio Lorenzo Della Bella a accumulé une expérience considérable dans l'industrie des voilures tournantes, où il a suivi et œuvré dans le cadre de plusieurs programmes, et ce dès ses 16 ans. Alors qu'il est encore adolescent, il intègre Agusta en 1978 - devenu par la suite AgustaWestland puis Leonardo - en qualité de technicien en câblage électrique au sein du département radio-électronique. Il gravit rapidement les échelons en devenant ingénieur méthodes en électro-avionique en 1986.

Vittorio Lorenzo Della Bella peut se vanter d'avoir dirigé une organisation mondiale comptant pas moins de 2 500 collaborateurs

La suite de sa carrière est largement consacrée à l'EH101 Merlin, un programme dont le succès commercial en a fait un hélicoptère employé par de nombreuses forces armées, à commencer par la Marina et l'Aeronautica Militare italiennes, dont il est d'ailleurs dans un premier temps responsable du budget et du contrôle des coûts. Entre 2002 et 2006, Vittorio Lorenzo Della Bella est nommé chef de programme AgustaWestland pour le Portugal et le Danemark, eux-mêmes clients de l'EH101 aux côtés de la Royal Navy et la Royal Air Force. Il est donc presque naturel qu'il se consacre par la suite entièrement au NH90, dont il devient directeur de programme entre 2012 et 2013.

En 2016, il est nommé responsable du support client et de la formation, avant de prendre la tête de Leonardo Helicopters États-Unis. D'une discrétion presque maladive, car il sépare sa vie et ses activités familiales de sa vie professionnelle, Vittorio Lorenzo Della Bella peut se vanter d'avoir dirigé une organisation mondiale comptant pas moins de 2 500 collaborateurs, assurant le suivi de plus de 4 500 hélicoptères et 1 300 clients à travers le monde. Pur produit de la giraviation, Vittorio Lorenzo Della Bella n'en a pas moins accumulé une expérience considérable, qui lui sera indubitablement profitable dans le cadre de ses nouvelles fonctions chez ATR.

ANTONY ANGRAND

MOUVEMENTS

DGA

L'ingénieure générale de 1re classe de l'armement **Eva Portier** a été nommée au poste de secrétaire générale du Conseil général de l'armement. Responsable du programme MUSIS-CSO à la Direction générale de l'armement, elle a été conseillère sur les sujets énergétiques et spatiaux auprès du ministre de la Recherche et de l'Espace (2002-2005), puis chargée de l'espace, de l'industrie de défense, de la recherche et de l'innovation au cabinet du Premier ministre (2007-2010). Elle exerce également différentes fonctions dans le secteur spatial privé.

AEGEAN

Aegean annonce la nomination de **Michalis Kouveliotis** au poste de directeur général (CEO), avec une prise de fonctions effective le 13 octobre. Michalis Kouveliotis occupait déjà le poste de directeur financier (CFO) de la compagnie lors de son introduction à la Bourse d'Athènes. Depuis début 2025, dans le cadre de la préparation de cette transition, il exerçait également les fonctions de directeur général adjoint (deputy CEO), avec pour mission de coordonner les différentes divisions de l'entreprise.

FLYDE

Flyde, société de livraison par drone incubée à MonacoTech et au service des navires au mouillage, annonce aujourd'hui la nomination de **James Hogan,** ancien PDG d'Etihad Airways, au poste de conseiller stratégique, alors que l'entreprise se prépare à étendre ses activités en Méditerranée. James Hogan devient également actionnaire de Flyde.

Recherche avancée

La révolution quantique débutera par les capteurs

Les capteurs et l'avionique seront les premiers éléments qui bénéficieront de l'apport de la technologie quantique. Plus légers, moins encombrants et surtout nettement plus précis, cette nouvelle génération de capteurs devrait offrir une précision fortement accrue.



La révolution quantique. Ce qui passait encore pour de la science-fiction voici quelques années de cela progresse aujourd'hui à pas de géant. Les premières applications ne sont pas relatives aux super calculateurs ou à l'informatique quantique, voire le calcul quantique, bien que ceux-ci progressent également de leurs côtés. L'adoption par les systèmes avionique est en fait le premier domaine concerné. « *Aujourd'hui, les capteurs représentent le volet le plus mature du sujet quantique en raison de choix faits par l'Onera il y a parfois plusieurs décennies. L'impact sur l'aéronautique civile et la défense reposera en premier lieu sur la navigation. Il sera probablement possible de naviguer de façon totalement autonome, c'est-à-dire sans GNSS, en l'absence de données satellitaires. Nous entrevoyons la possibilité de faire des centrales inertielles de navigation qui soient totalement autonomes et qui n'aient plus besoin d'informations extérieures pour se positionner* », commente Emmanuel Chiva.

Centrales inertielles

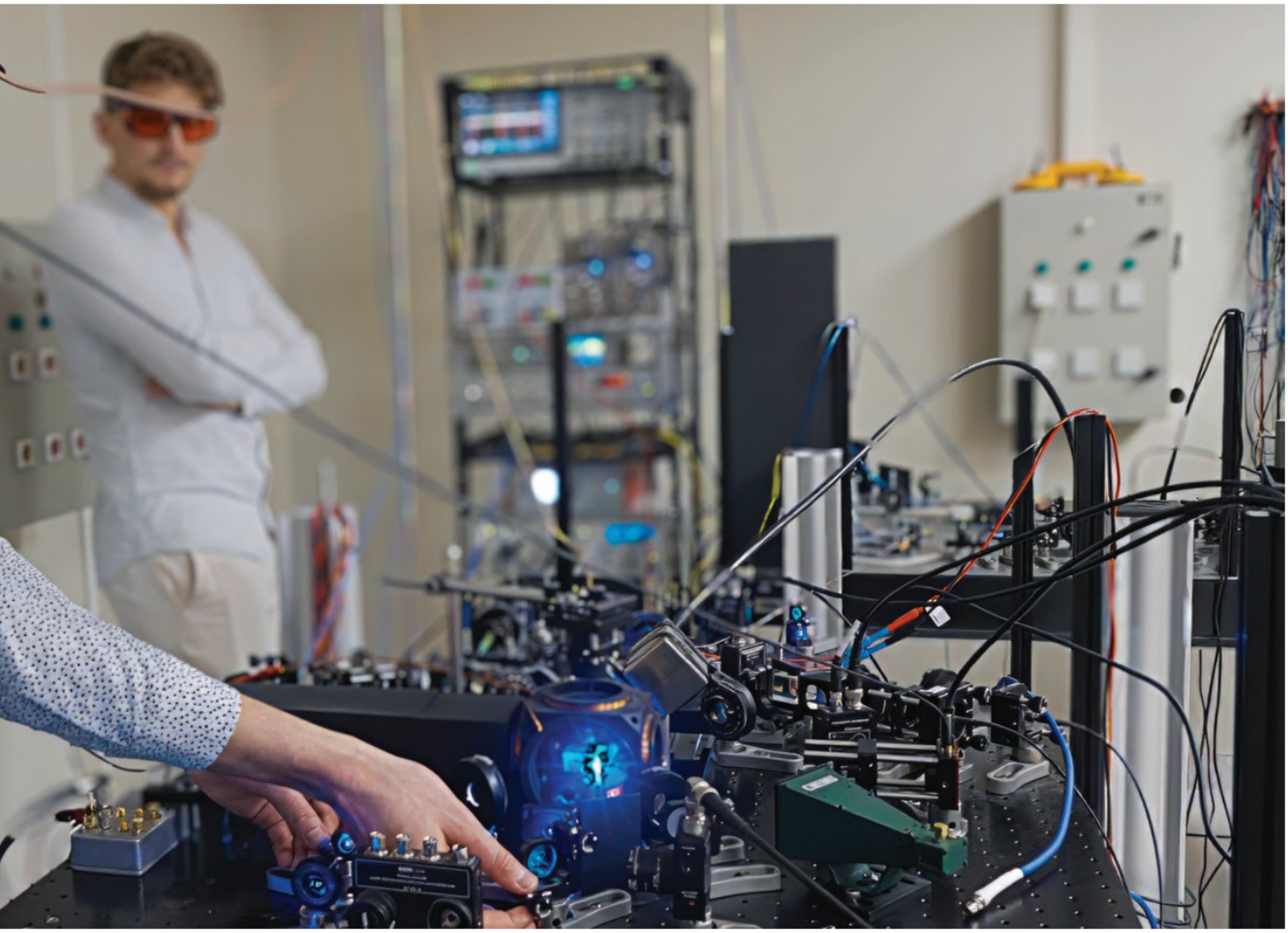
Si aujourd'hui les centrales inertielles restent le meilleur instrument de navigation, ces dernières font néanmoins état d'une dérive qui devient de plus en plus importante au fur et à mesure du temps et/ou de la distance parcourue. « *Si vous faites une erreur d'un demi-degré de cap sur une traverse transatlantique telle qu'un Paris-New-York, au bout de 2 000 km, cette erreur se transforme ou se matérialise en une distance qui peut être importante au niveau de la position d'arrivée* », explique Sylvain Schwartz. Transposer les concepts quantiques à ce type de capteur permettrait des gains en exactitude, mais également en stabilité, et en conséquence en performances. « *Ce qui sous-entend également que ce système sera capable de fonctionner de manière totalement autonome, c'est-à-dire sans l'aide de signaux GPS pour ne citer qu'eux* », explique Alexandre Bresson.

Laboratoires de recherche

C'est justement ce que Thales développe actuellement au sein de son laboratoire de recherche. « *Chez Thales, nous ne nous focalisons pas sur le calcul quantique mais bien plutôt sur les capteurs quantiques* », commente Yannick Assouad, directrice générale adjointe avionique au sein du groupe français. En plus du GPS, des appareils actuels tel que l'A350 et même la majorité des avions civils sont équipés d'un système inertiel, lequel constitué d'un gyrolaser. « *Le gyrolaser est un système très précis dont le décalage est minime à l'échelle du temps,*

LE QUANTIQUE, UN PEU PLUS DE CINQUANTE ANS ENTRE LA THÉORIE ET LA PRATIQUE

Le quantique aura nécessité un peu moins d'un siècle pour passer de la théorie à la pratique. Ses origines remontent à 1900 et aux travaux de Max Planck suivis de ceux d'Albert Einstein, auxquels se sont ajoutés de nombreux contributeurs parmi lesquels figurent Heisenberg, de Broglie, Dirac et Schrödinger -l'auteur de la fameuse expérience de pensée qui porte son nom, celle du chat-. « *Nous n'assistons pas à la première révolution quantique mais bien à la seconde. Si première s'est produite au cours de la décennie 1960, aujourd'hui, le changement majeur réside au niveau de l'échelle applicable* », explique Alexandre Bresson, directeur adjoint du département Physique, instrumentation, environnement, espace de l'Onera. Plus exactement, les applications ont migré, avec l'adoption d'une plus petite échelle. Au cours des années 1960, la première révolution quantique se situaient par exemple au niveau des semi-conducteurs, avec des propriétés collectives des atomes qui sont décrites par la mécanique quantique. Aujourd'hui, cette seconde révolution quantique est fondée sur le contrôle des particules individuelles, celles des atomes. « *Ainsi les grains de lumière ou photons sont contrôlés un par un, ou dix par dix. Contrôler parfaitement des systèmes quantiques élémentaires ouvre la porte à nombreuses nouvelles applications* », ajoute Sylvain Schwartz, physicien quantique et directeur du laboratoire QTech à l'Onera.



▲ L'Onera travaille sur le quantique depuis une vingtaine d'années. La première application est celle du Gravimètre interférométrique de recherche à atomes froids embarquable.

© ONERA

à la différence d'autres dispositifs. Nous mettons en place ce type de systèmes et demain, ceux-ci seront quantiques et donc seront basés sur des atomes froids », ajoute Yannick Assouad. Leur emploi se justifie principalement du fait de l'encombrement réduit du système. L'une des technologies de pointe employée est notamment celle de l'accéléromètre quantique à atomes froids. Il s'agit ni plus ni moins d'un capteur de très haute précision qui utilise la nature ondulatoire des atomes du césium ou du rubidium refroidis près du zéro absolu pour mesurer l'accélération ou la gravité. Le système est dit à atomes froids car ceux-ci sont refroidis par laser à quelques microkelvins pour réduire leur vitesse d'agitation. *« L'Onera travaille sur les accéléromètres quantiques, ce qui permettra d'améliorer grandement la finesse de la mesure et la précision de positionnement des systèmes de navigation »*, commente Emmanuel Chiva. Voir même de faire en sorte que l'avion n'ait plus besoin d'avoir un lien satellitaire pour pouvoir se situer n'importe où. *« Par exemple avec les gravimètres quantiques à atomes froids, le principe consiste à faire tomber des atomes de rubidium dans un environnement clos, une petite cellule en verre transparent, dans lequel règne le vide »*, explique encore le patron de l'Onera. Le rubidium est un métal alcalin mou, de couleur argentée, qui figure dans le groupe 1 du tableau périodique. Dans cette cellule, un filament est imbibé d'atomes de rubidium, un courant électrique parcourt ce filament, lequel se met à générer une vapeur de rubidium.

L'une des technologies de pointe employée est notamment celle de l'accéléromètre quantique à atomes froids

Et la lumière fut

L'étape suivante repose sur l'utilisation de la lumière pour manipuler les atomes, sous forme de faisceaux laser. *« Trois paires de faisceaux laser sont envoyées dans les trois directions de l'espace. Et pour chaque direction, il y a deux lasers contra-propagatifs, soit deux faisceaux lumineux qui se propagent dans la même direction spatiale, mais dans des sens strictement opposés »*, poursuit Sylvain Schwartz. L'idée est de se servir des lasers pour pousser les atomes vers le centre de la cellule. Si l'atome essaye d'aller d'un côté à cause de sa vitesse, sa température, il est toujours repoussé

vers le centre par un des six faisceaux laser. *« Ce faisant, une petite boule d'atomes va s'accumuler à l'endroit où les six faisceaux laser se croisent. Cette petite boule formée, l'on coupe les lasers et les lois de la gravitation prennent la suite. Il s'agit alors d'observer la chute de ces atomes avec des lasers en leur lui renvoyant de la lumière. L'atome devient fluorescent. Et à partir des signaux lumineux que l'on récupère, il est possible de remonter à la mesure de la gravité »*, complète Alexandre Bresson.
Cette technologie permettra des gains dans tous les sens du terme. *« Ce qui signifie moins de volume, moins de masse, etc., mais également moins de consommation électrique. Sans parler de l'augmentation de la précision, qui est en théorie d'un facteur 1 000. En théorie parce qu'en pratique, il faut considérer toute la chaîne d'analyse du capteur, parce qu'il y a le capteur de traitement du signal, le capteur derrière… »*, commente Yannick Assouad pour Thales.

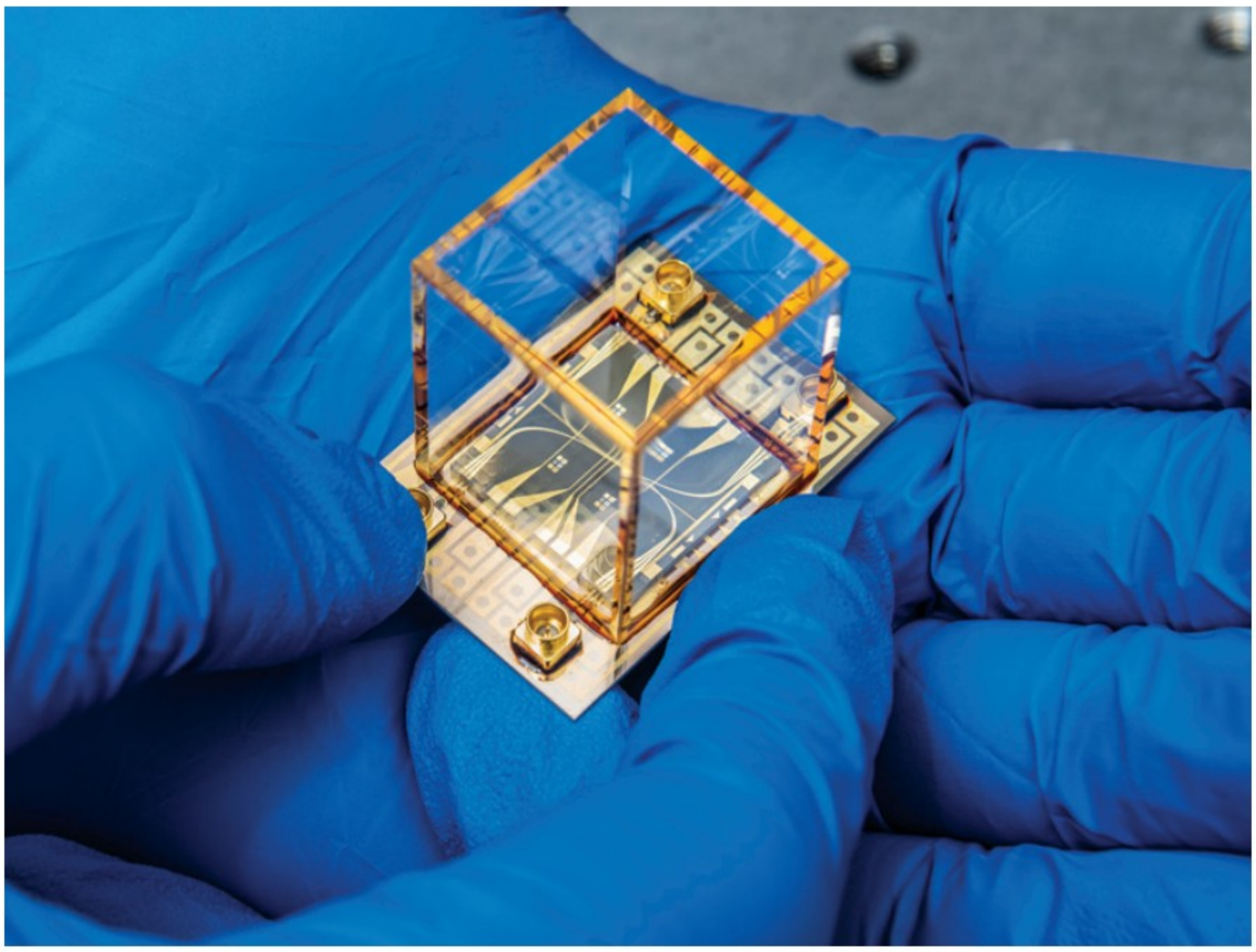
Un facteur de 100

En pratique le facteur « réaliste » admis est plus proche de 100, ce qui reste néanmoins extrêmement intéressant. *« Imaginez que dans le cadre d'un vol Paris-New York, le decalage que vous aurez sera inférieur à 10 mètres à l'arrivée, ce qui revient à dire que vous gagnerez la piste de l'aéroport JFK sans avoir aucun recalage GPS entre Paris et New York. C'est grosso modo ce que nous visons »*, détaille Yannick Assouad. Le laboratoire central de recherche de Thales, à Palaiseau, travaille sur les capteurs quantiques. *« Ceux-ci sont encore en TRL [niveau de maturité technologique] bas, qui se situe aux alentours de 2 voire 3. J'ai demandé au directeur technique de Thales Avionic, de commencer à faire migrer ces technologies du laboratoire au développement »*, détaille Yannick Assouad. Le but pour Thales est de pouvoir analyser comment et à quel horizon cette technologie pourrait être proposée à sa clientèle.
Parmi les projets en cours d'étude figure notamment Girafe, acronyme de Gravimètre interférométrique de recherche à atomes froids embarquable. *« Ce programme nous permet d'avoir actuellement des gravimètres quantiques qui sont embarqués soit dans des avions, soit sur des bateaux, pour ces derniers notamment ceux de la Marine française »*, explique Emmanuel Chiva. Sur une plateforme aéroportée, les contraintes d'encombrement, de vibrations et de mouvements viennent compliquer l'installation. Notamment lorsque l'avion porteur réalise un virage sous haut facteur de charge. *« Un de nos autres projets s'appelle Caramels, Capteurs de champs électromagnétiques à atomes de Rydberg chauds et froids (" Cold and wArm Rydberg AtoM based ELectromagnetic field Sensors "). Ce projet est mené dans le cadre du PEPR Quantique [Programmes et équipements prioritaires de recherche] de France 2030 »*, détaille Emmanuel Chiva. Le projet, qui est une collaboration entre l'Onera, Thales et les laboratoires LuMIn, Aimé Cotton et IEMN, vise à développer des capteurs quantiques ultra-sensibles. Et à utiliser notamment des atomes de Rydberg (des atomes excités dans un état d'énergie très élevé) pour mesurer les champs électromagnétiques (des MHz au THz) avec une précision inégalée et une capacité d'auto-étalonnage. L'objectif est également de développer de nouvelles technologies dont des cellules atomiques compactes et des réseaux couplés par fibre optique. Les applications concrètes l'imagerie térahertz (THz), la métrologie et les technologies de défense. *« Les applications se feront dans des domaines comme celui des radars, ou encore de la détection électromagnétique. À terme, nous devrions disposer de capteurs ayant un encombrement extrêmement réduit, indépendamment de la longueur d'onde du signal que l'on veut mesurer »*, commente Emmanuel Chiva. S'il existe une relation directe entre la taille de l'antenne et la longueur d'onde en termes de radars « classiques », ce ne sera pas le cas avec ce type de technologie. *« Ce qui signifie que les futurs systèmes de détection électromagnétique embarqués ou aéroportés seront sous forme de capteurs de très petites dimensions »*, poursuit Emmanuel Chiva.

Un choix avéré

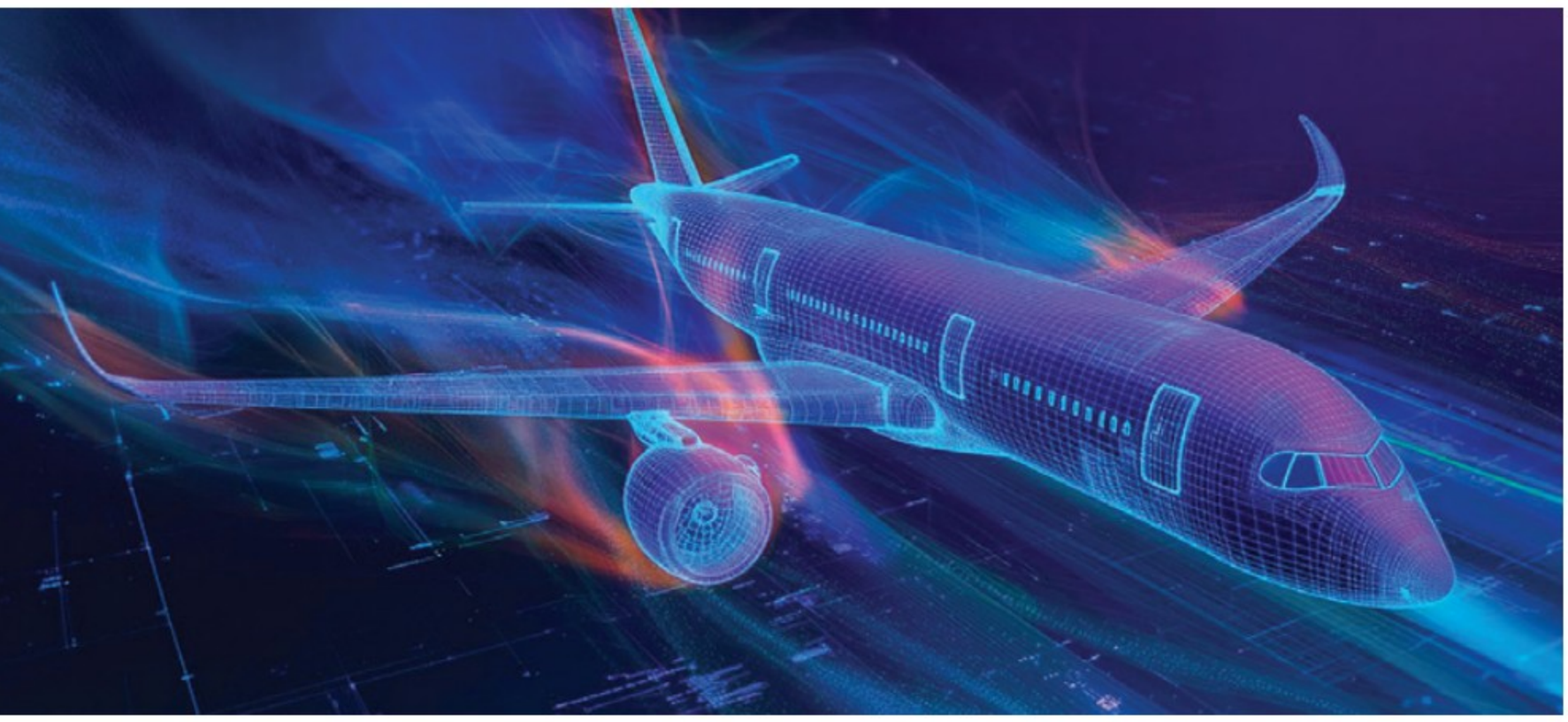
Voici 20 ans, l'Onera commençait à travailler sur des gravimètres et les capteurs quantiques. *« Nous ne savions pas si ces applications fonctionneraient un jour. Mais ce choix a été le bon et explique notre avance dans ce domaine aujourd'hui »*, conclut Emmanuel Chiva, PDG de l'Onera.

ANTONY ANGRAND. A&C



▲ Puce atomique permettant de piéger des atomes froids après leur capture et refroidissement à l'aide de pièges magnéto-optiques.

© H.RAGUET-THALES TRT - FIRST-TF - CNRS IMAGES



Airbus
Le quantique monte à bord de l'avion de demain

Conception aérodynamique, communications, navigation, fret… Airbus est totalement impliqué dans l'exploration de ce que le calcul quantique peut apporter au secteur aéronautique. Avec, à la clé, d'énormes gains d'efficacité et des points à marquer du côté de la décarbonation.

Pour bien comprendre l'apport énorme que peuvent avoir les calculateurs quantiques par rapport aux ordinateurs classiques dans la conception des avions commerciaux, il suffit de prendre un seul exemple : le fret. Comme l'explique Airbus, remplir les conteneurs et les insérer dans la soute d'un avion de ligne s'apparente à une *« gigantesque partie de Tetris »*. Si les conteneurs ne sont pas strictement ajustés à l'espace disponible et au centre de gravité, cela peut avoir des conséquences sur la consommation de carburant de l'avion en « tirant » sur les moteurs. Mais l'ensemble des combinaisons possibles pour vingt conteneurs seulement remplis de 30 colis, dépasserait le nombre total des particules présentes dans l'univers… Autant dire qu'aucune solution informatique actuelle ne peut résoudre ce problème avec la précision nécessaire. Mais à terme, les calculateurs quantiques, eux, en seront capables.

« La technologie quantique va véritablement révolutionner la conception des avions de ligne et comment ils sont opérés », affirme d'emblée Jasper Simon Krauser, coordinateur central pour la technologie quantique chez Airbus. *« Nous explorons actuellement un grand nombre de cas d'usage pour lesquels la technologie quantique pourrait être appliquée et apporter un avantage décisif par rapport aux processus de conception actuelle. Nous travaillons ainsi sur l'aérodynamisme, le design des avions, l'optimisation des trajectoires, la navigation, les communications… Le champ des domaines est très large »*, poursuit-il. Le constructeur travaille ainsi sur des modélisations ou des simulations pour voir où le quantique pourrait être le plus efficace. *« Nous serons ainsi prêts quand les ordinateurs quantiques entreront pleinement en utilisation »*, explique Jasper Simon Krauser. *« La technologie quantique sera une brique technologique supplémentaire, à côté de celle des ordinateurs classiques et de l'intelligence artificielle. Nous allons donc devoir orchestrer entre elles ces technologies par ce que nous appelons l'hybridation. Les ordinateurs quantiques ne remplaceront pas l'ensemble des ordinateurs actuels. Ils seront une aide supplémentaire pour résoudre les problèmes les plus difficiles »*, précise-t-il encore.

D'autant que *« la ressource ne sera pas infinie »*, comme l'explique le coordinateur du quantique chez Airbus. Et il prévient : *« Nous devrons faire preuve d'un très grand discernement pour savoir où le quantique pourra donner son plein effet, à côté des domaines où les ordinateurs classiques seront suffisants.»*. La technologie quantique, aussi pour d'évidentes raisons financières, sera donc appliquée de manière « chirurgicale ».

^ Airbus n'utilisera pas le quantique dans tous les domaines, mais uniquement ceux dans lesquels il est le plus éfficient.

© AIRBUS

Les impacts sur les corrections de trajectoire et la navigation

À l'instar de l'arrangement d'une soute de fret, les applications possibles sont parfois inattendues. *« Si vous prenez le problème de la corrosion, c'est un domaine dans lequel les ordinateurs ont des capacités de calcul limitées. Les ordinateurs quantiques seront capables de gérer ces problèmes avec un très haut degré d'efficacité »*, explique Jasper Simon Krauser. Plus classiquement, le quantique sera un atout indéniable pour les opérations et la navigation. Selon Airbus, les algorithmes quantiques pourront être en mesure de corriger en temps réel la trajectoire d'un avion en tenant compte par exemple des restrictions de trafic aérien ou des conditions météorologiques. Les avions ainsi équipés pourront ainsi ajuster très précisément leur consommation de carburant, ce qui aura des conséquences décisives sur la décarbonation du transport aérien mondial. Cet aspect est aussi essentiel dans le domaine de la navigation quantique, fondée sur le champ magnétique terrestre, qui pourra rendre encore plus précis le positionnement de chaque aéronef en vol. Cette technologie aura des implications en matière de sécurité, puisque la navigation quantique n'aura pas les fragilités du positionnement GPS, notamment vis-à-vis des brouillages malveillants ou les usurpations de position.

JEAN-BAPTISTE HEGUY A&C



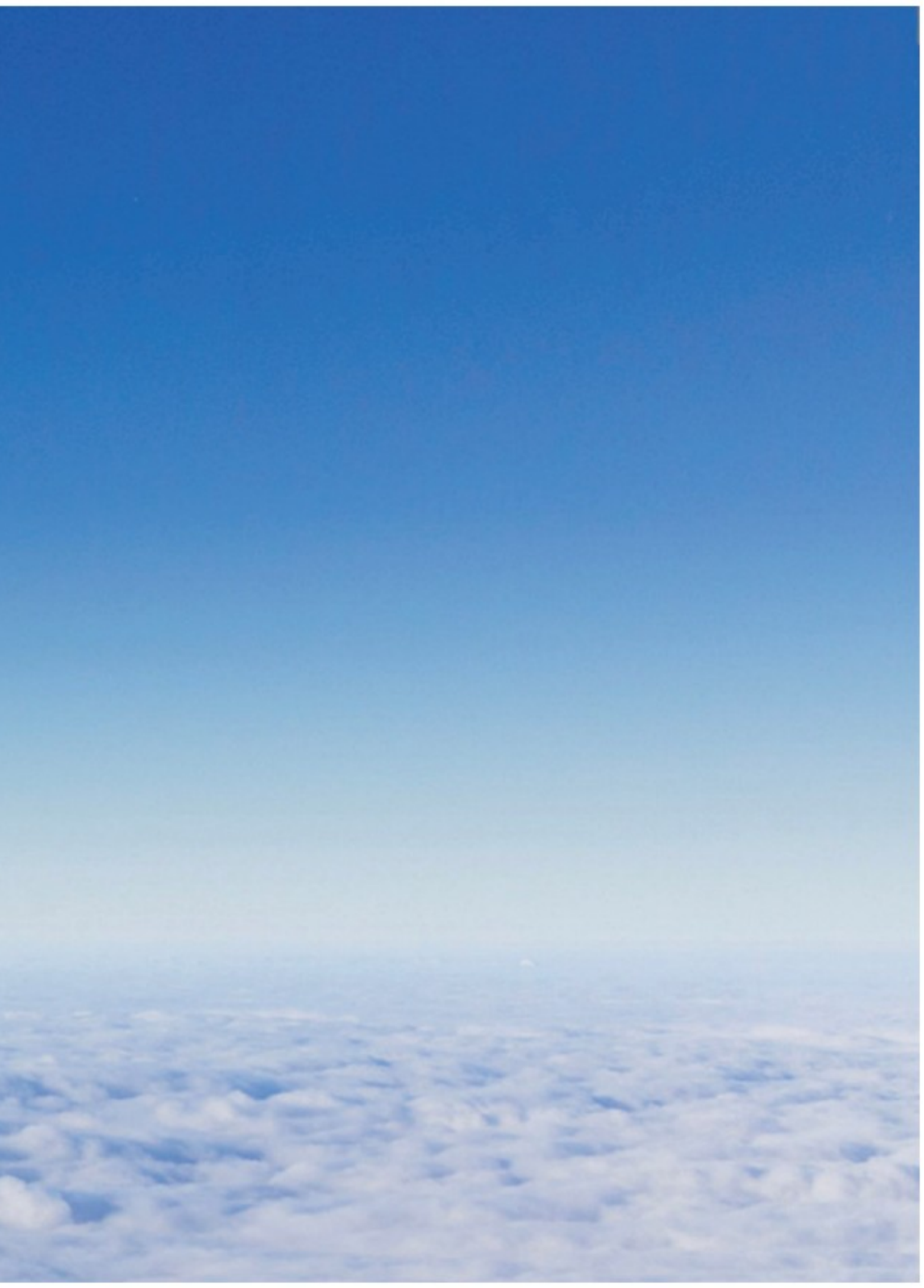
Compagnies aériennes

Rendre plus efficace l'exploitation à tous les niveaux

Avec le maillage aérien mondial toujours plus dense et intriqué, les activités opérationnelles toujours plus complexes sur les hubs, les compagnies aériennes commencent à tester la technologie quantique pour pouvoir traiter plus vite une grande masse de données. Avec l'objectif d'optimiser progressivement l'ensemble de leurs opérations.

Plus vite et plus efficace. C'est le mantra que les quelques compagnies aériennes, qui travaillent actuellement sur l'application de la technologie quantique et sur son déploiement sur de nombreux cas d'usage dans le transport aérien, pourraient adopter.

En mars 2026, la compagnie Vueling, membre du groupe IAG, a annoncé avoir conclu un partenariat avec l'anglaise Oxford Quantum Circuits (OQC), spécialisée dans la conception, la production et l'exploitation d'ordinateurs quantiques. Grâce à cet accord, la compagnie veut explorer des solutions innovantes axées sur l'efficacité de ses opérations. *« Ce projet est mené dans le cadre de notre Innovation Lab, en collaboration avec OQC et Lighthouse (une autre start-up spécialisée dans le domaine), afin d'étudier le potentiel de l'informatique quantique pour résoudre des problèmes d'optimisation complexes. Cette collaboration nous permet de travailler sur du matériel quantique réel, en utilisant l'ordinateur quantique Toshiko d'OQC, situé au Japon, et d'y exécuter notre propre code. Nous pouvons ainsi développer nos connaissances et évaluer comment cette technologie pourrait être appliquée à nos opérations à moyen terme »*, explique Daniel Mendez Gil, directeur de l'innovation chez Vueling. Parmi les domaines étudiés par la low cost espagnole, figurent la planification des routes, la maintenance et l'affectation des avions et des équipages. Elle analyse également d'autres problématiques d'optimisation, afin de déterminer dans quels cas cette technologie pourrait apporter une réelle valeur ajoutée par rapport aux méthodes classiques.



En partenariat avec le DLR, Kipu Quantum et Eurowings, Lufthansa a lancé une étude d'application de la technologie quantique à la planification des vols.

© LUFTHANSA

Vueling, compagnie test pour IAG

Le but est donc clairement de gagner en efficacité et d'identifier les cas d'usages pour lesquels la technologie quantique pourrait apporter une réelle amélioration. *« Au-delà des économies potentielles, nous cherchons avant tout à gagner en efficacité, en optimisant des processus nécessitant d'importantes capacités de calcul. L'objectif est d'accélérer la prise de décision et d'apporter des réponses plus rapides à nos clients dans les différents domaines de nos opérations »*, précise encore Daniel Mendez Gil. *« Il est encore trop tôt pour avancer un chiffre précis en matière d'économies. Avant d'envisager une mise en production, nous devons disposer de preuves solides de ses bénéfices et évaluer des aspects tels que la faisabilité, la gouvernance et la sécurité »*, ajoute-t-il. Et, au-delà de ce que Vueling pourrait retirer de ces travaux d'exploration, les autres compagnies membres d'IAG pourraient aussi capitaliser sur le retour d'expérience. *« Vueling joue un rôle de pionnière au sein d'IAG dans l'exploration de l'informatique quantique, en contribuant à développer les connaissances et l'expérience pratique concernant ses applications potentielles dans le secteur aérien »*, raconte Daniel Mendez Gil. *« Par ailleurs, IAG prévoit de mettre en place une Quantum Excellence Team à Barcelone, afin de renforcer les compétences du groupe dans ce domaine. Les enseignements tirés de l'expérience de Vueling pourront contribuer au partage des connaissances au sein d'IAG, même si chaque compagnie définira ses propres applications en fonction de ses besoins »*, ajoute le directeur Innovation de Vueling.

Eurowings :
100 appareils,
13 sites

Lufthansa s'associe avec DLR

Mais, en Europe, c'est Lufthansa qui semble pour l'instant la plus avancée sur le sujet. Via Lufthansa Industry Solutions (LHIND), la filiale qui accompagne ses clients dans leur transformation numérique, Lufthansa s'est rapprochée en 2025 du Centre aérospatial allemand (DLR), pour étudier la manière dont le quantique pourrait lui permettre d'améliorer ses processus de planification stratégique de trafic aérien, notamment dans le domaine de la planification des vols et de l'affectation des équipages. Ce rapprochement s'est fait via « l'Initiative de calcul quantique » du DLR (DLR QCI) : ce projet inclut des partenaires de l'industrie du secteur aérien, des acteurs financiers, des start-up spécialisées, dans l'optique de développer des ordinateurs quantiques, les technologies qui s'y rattachent et tout l'écosystème qui pourrait graviter autour de cette révolution attendue.

Dans le cadre de cette initiative, Lufthansa s'est vue confier deux sous-projets de recherche au sein du projet QCMobility. Elle s'est donc associée avec la start-up allemande Kipu Quantum, pour étudier la manière de développer des algorithmes quantiques visant à améliorer la planification tactique et stratégique des vols. Les données sont fournies par la filiale Eurowings de Lufthansa, à même de fournir un cas d'école. Avec sa flotte de 100 appareils et ses salariés répartis sur treize sites, la compagnie a un fonctionnement suffisamment complexe pour étudier la façon dont les algorithmes quantiques peuvent permettre de disposer d'une exploitation quotidienne plus efficace. L'autre sous-projet inclus dans l'étude concerne plus précisément l'optimisation des routes de vol et une meilleure affectation des aéronefs et des équipages en fonction des plans de vols et des types de routes. L'ensemble des études liées à ces deux sous-projets devrait s'étendre jusqu'à la fin du mois de décembre 2026.

JAL poursuit sa transformation

Parallèlement au partenariat avec le DLR, Lufthansa Industry Solutions a aussi lancé un projet collaboratif avec l'Institut de physique quantique (IQP) de l'université de Hambourg en 2025. Il vise à étudier la possibilité de mettre en place des algorithmes quantiques pour optimiser les opérations aéroportuaires, et notamment l'affectation des portes d'embarquement, un domaine spécifique qui peut être très complexe dans les phases de très forte affluence.

Au-delà de l'Europe, c'est du côté de l'Asie que des études sont en cours au sujet de l'application au secteur du transport aérien de la technologie quantique. C'est notamment le cas de Japan Airlines, qui a annoncé en mai 2026 avoir investi dans la start-up A*Quantum, spécialisée dans les technologies de calcul quantique, l'optimisation mathématique, et les technologies de traitement de données à grande vitesse. À travers cet investissement, JAL a pour objectif d'accélérer sa transformation numérique, en recherchant à tous ses niveaux d'opération des moyens de créer plus de valeur. Ainsi, JAL Engineering Co., la branche maintenance de la compagnie japonaise, a développé depuis juillet 2023 avec A*Quantum une plateforme d'optimisation automatisée pour le planning des opérations de maintenance. Elle a mis trois ans à être mise au point et a été déployée de manière totalement opérationnelle en mars dernier.

JEAN-BAPTISTE HEGUY, A&C

Dans le domaine du quantique, « la France a une position extrêmement forte mais la compétition est très intense »

Xavier Grison, chef du Campus quantique défense

> A la tête du Campus quantique défense, l'IGA Xavier Grison va piloter les initiatives et travaux du ministère des Armées en la matière.

© SGA COM



© CRÉDIT PHOTO

BIO

> **2000 :**
Soutenance de thèse (« Étude d'un supraconducteur à haute température critique par effet Josephson et spectroscopie tunnel »)

> **2001 :**
Responsable des études microsystèmes au département «composants»

> **2009 :**
Responsable du pôle matériaux, composants et maîtrise des risques environnementaux

> **2026 :**
Nommé à la tête du Campus quantique défense

PROPOS RECUEILLIS PAR **HELEN CHACHATY**

Docteur en mécanique quantique, l'ingénieur général de l'armement Xavier Grison est actuellement à la tête du Campus quantique défense, nouvellement créé et rattaché à l'Agence de l'innovation de défense (AID), pour développer les cas d'usage dans le domaine militaire. Il expose dans un entretien exclusif à *Air & Cosmos* les grands enjeux du secteur.

Quelles sont les missions de ce nouveau Campus quantique défense ?

Le but du Campus quantique défense est d'accélérer l'utilisation opérationnelle des technologies quantiques. Il s'agit de fédérer et de mettre en synergie les acteurs à l'intérieur du ministère des Armées, et, autant que possible, à l'extérieur, que ce soient les académiques, les industriels ou les investisseurs.

Le premier objectif du campus, c'est d'accompagner la montée en maturité des technologies quantiques, d'orienter et de trouver quels sont les cas d'usage sur lesquels nous devons nous appuyer pour être prêts à en bénéficier. Un deuxième objectif est de réaliser une montée en compétences des personnels au sein du ministère, qui savent utiliser, coder des logiciels quantiques et les évaluer. Il faut savoir que sur ces sujets, le ministère mène des travaux de recherche depuis près de 25 ans. Le marché est très compétitif. Il faut donc que nous créions cette compétence, et c'est pour cela qu'a été lancé le Laboratoire quantique de défense [fin 2025], qui va être dédié à faire de la recherche pour les cas d'usage spécifiquement militaires. L'un des axes importants, c'est donc la montée en puissance de ce laboratoire, avec le démarrage des premiers projets de recherche, l'accueil des chercheurs associés et des chercheurs internes, l'identification de nos cas d'usage militaire prioritaires et le lancement des développements.

Dans le domaine de l'aéronautique militaire, quels sont les développements prioritaires et les cas d'usage que vous avez identifiés ?

Tout ce qui est électronique, GPS, détecteurs optiques… c'est du quantique. Pour la génération suivante, il va falloir attendre un peu plus avant de les mettre dans un avion. Ce sont des objets qui sont en général assez fragiles, au moins au départ. Les robustifier pour qu'ils soient capables de supporter un environnement aéronautique ou spatial, dans une taille raisonnable, prendra du temps. Un premier objet qui rentrera sans doute dans le Rafale, pourrait être les horloges atomiques miniatures. C'est une échéance qui n'est pas fixée aujourd'hui, parce que, là encore, il y a des problèmes de capacité de résistance aux environnements avioniques un peu sévères, ainsi que de rapport performances/taille. Mais déjà, avoir une référence de temps stable permettrait de s'apercevoir quand on commence à perdre le GPS, parce qu'il y aura une divergence entre le temps GPS et le temps embarqué. Ce qui pourrait arriver plus vite, ce sont les utilisations de l'ordinateur quantique, mais en appli-

cations au sol, notamment dans le cycle de conception, pour offrir une capacité de calcul démultipliée. Par exemple, cela autoriserait la conception de nouveaux matériaux, de nouveaux revêtements… Si on sait mieux concevoir des matériaux pour répondre à un certain nombre de propriétés, là on peut s'attendre à des progrès : une plus grande capacité de calculs de mécanique des fluides peut aussi permettre des améliorations en aérodynamisme. L'ordinateur quantique est une grosse rupture technologique, qui offrira une capacité de calcul vraiment beaucoup plus importante. S'il se concrétise, ce sera vraiment un gain considérable.

L'ordinateur quantique représente donc un enjeu important pour le ministère des Armées, qui est en première ligne dans le projet Proqcima.

Nous arrivons au stade où il devient envisageable, à moins de dix ans, d'avoir un ordinateur qui fonctionne et qui soit intéressant à exploiter, pour faire des calculs que nous sommes incapables de faire aujourd'hui. On imagine un certain nombre d'applications, mais il faut aussi préparer l'étape d'après : dès que ces ordinateurs seront disponibles, il faudra être capable de les utiliser.

Le développement d'ordinateurs quantiques est un projet France 2030, que la Direction générale de l'armement (DGA) opère pour le compte de la stratégie nationale quantique. Ce projet, baptisé Proqcima, est un marché en compétition, qui va durer dix ans. Les cinq entreprises sélectionnées initialement [Qandela, C12, Quobly, Alice & Bob, ainsi que Pasqal, qui a entre-temps été écarté de la compétition] sont financées pour faire monter en maturité leurs technologies. Elles doivent passer un certain nombre de jalons techniques, tous les deux ans environ. Et à un moment, il va y avoir une réduction du nombre de candidats. Donc, même si tout se passe bien pour chacun, il n'en restera plus que trois, et à la fin, deux. La feuille de route et le programme de développement envisagent qu'un ordinateur quantique à capacité utilisable arrive en 2032.

Étant donné le contexte géopolitique, comment assurer la souveraineté de la chaîne d'approvisionnement pour ce type de technologies critiques ?

Les composants critiques, ce sont ceux qu'on ne sait approvisionner que chez un fournisseur unique et non maîtrisé, « pas chez nous » au sens européen. Et cela devient donc une vulnérabilité.

Le développement d'ordinateurs quantiques est un projet France 2030, que la DGA opère pour le compte de la stratégie nationale quantique

Le fait d'avoir, pour Proqcima, un marché de défense et sécurité avec des applications militaires, permet aussi de sensibiliser tous les candidats aux aspects de souveraineté, ainsi que de protection de leur propriété intellectuelle, de leurs données et de leurs sites. Nos règles sont contraignantes pour eux, mais les protègent aussi. En matière de souveraineté, c'est d'être sensibilisé au fait qu'on ne peut pas acheter des composants n'importe où. Et pour des objets qui vont devenir très compétitifs, nous savons très bien que même pour un marché civil, avoir des composants qui viennent de Chine, voire des États-Unis parfois, peut être un handicap. Il faut donc maîtriser sa chaîne d'approvisionnement et l'accès à l'ensemble de ces constituants.

Qu'en est-il de la compétition au niveau mondial ?

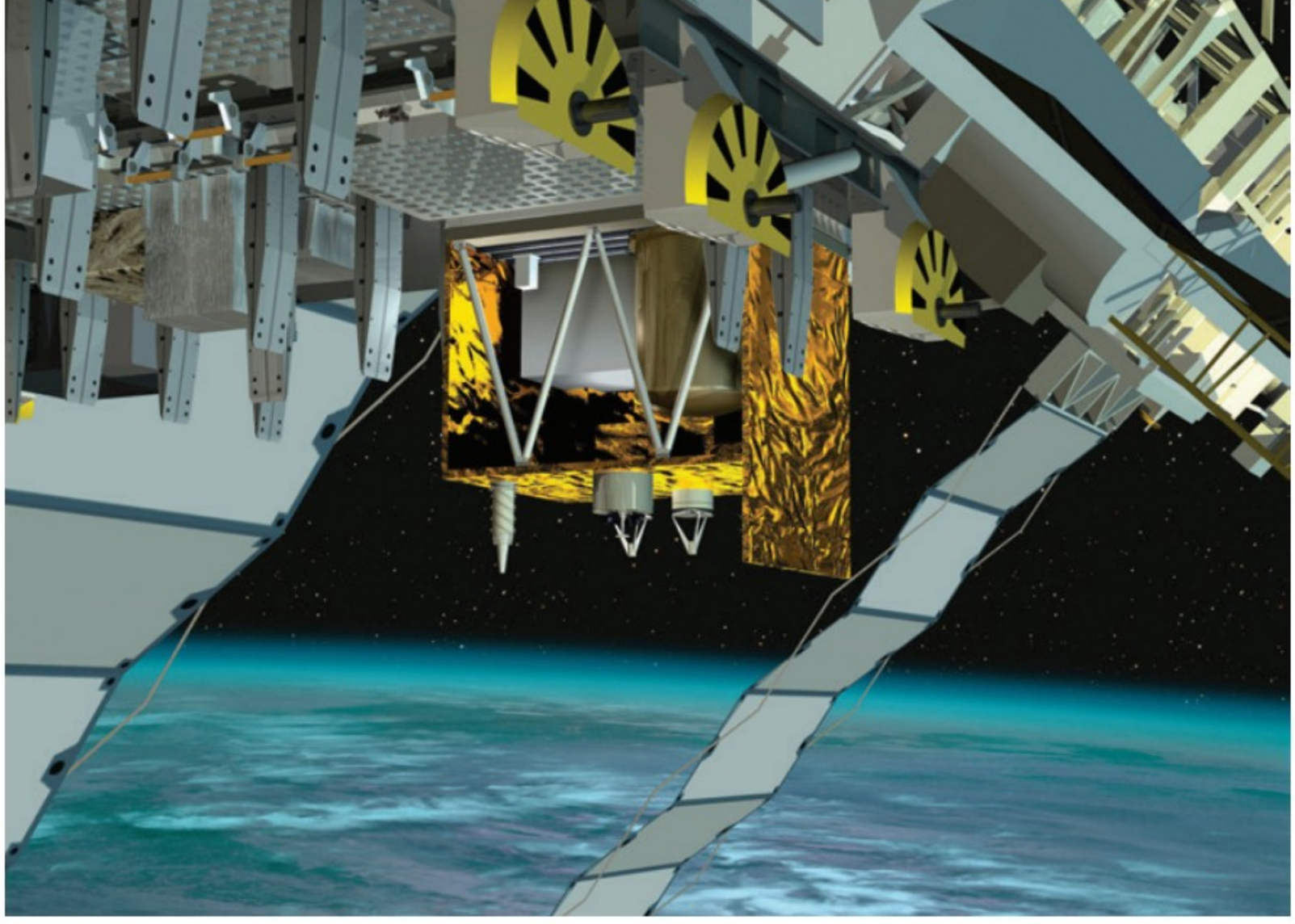
La course est très forte. Évidemment, la Chine et les États-Unis ont avancé de façon extrêmement volontariste sur le sujet, avec des budgets très conséquents – on parle de plusieurs milliers de dollars. Nos cinq start-up sont en face de Google, IBM, Amazon…
Nous ne jouons pas dans la même cour en termes de capacités financières. Cependant la France a toutefois une position extrêmement forte, parce qu'elle dispose d'une recherche de très, très haut niveau sur le sujet. Si vous regardez les derniers prix Nobel de physique, vous y trouverez beaucoup de Français, en physique quantique. Certains chercheurs ont fondé des start-up, ce qui constitue un tissu, un écosystème, qui est extrêmement dynamique. La France a donc une position forte, il faut la maintenir. Cela ne va pas être simple, car la compétition est très intense.

Quels sont les futurs usages qu'on peut imaginer dans le domaine ?

Nous allons toujours vouloir faire de la détection plus rapidement, plus loin que l'adversaire. Ou communiquer plus loin sans être brouillable, ni interceptable, etc. Comment le faire en pratique avec des objets quantiques, là il y a encore des choses à inventer. Et notamment, il faut essayer d'inventer de nouveaux concepts : on n'invente pas la radio en améliorant le pigeon voyageur. Le besoin opérationnel est le même, mais la réponse est totalement différente.

Dans le domaine de la cryptographie, quelles sont les difficultés que vous tentez de résoudre actuellement ?

La distribution de clés quantiques [QKD – *quantum key distribution*] par exemple : en théorie, ça fonctionne très bien, en pratique, cela ne supporte pas les erreurs induites par la réalité.
Le principe de la QKD, c'est d'avoir une information aléatoire, mais qui est partagée à deux endroits sans avoir transité entre les deux, en utilisant deux particules intriquées. Pour faire de la cryptographie, c'est génial. Le problème, c'est que s'il y a une perturbation, on perd ce lien d'intrication et donc l'information devient réellement aléatoire. Or, dans une clé crypto, si vous n'avez pas la même information des deux côtés, cela ne fonctionne pas bien. Et aujourd'hui, on ne sait pas trier, on ne sait pas dire si le lien a été maintenu ou non. Ou du moins pas sans communiquer entre les deux endroits. Or si vous savez communiquer de façon sécurisée entre deux endroits, c'est que vous partagez déjà une clef sûre, et donc vous n'avez pas besoin d'en distribuer une.
L'un des charmes de la mécanique quantique, c'est que l'application opérationnelle amène parfois des contraintes qui font que ce qui peut être beau sur le papier ne fonctionne pas. A&C



Recherche en micropesanteur
L'ISS, laboratoire ultime du quantique

L'orbite terrestre basse constitue un lieu idéal pour mener des expériences de physique quantique. La micropesanteur permet en effet de maintenir les atomes en chute libre beaucoup plus longtemps que dans les laboratoires terrestres, et donc de prolonger considérablement leur observation.

▲ Vue d'artiste de la plateforme ACES installée à l'extérieur du module Columbus de l'ESA.

© D. DUCROS / ESA

L'équipement quantique le plus connu de la Station spatiale internationale (ISS) est certainement le mini-laboratoire CAL *(Cold Atom Lab)* de la Nasa, de la taille d'un mini-frigo. Installé en mai 2018 à l'intérieur du complexe orbital, il a servi à refroidir des atomes à des températures proches du zéro absolu (moins d'un milliardième de degré au-dessus), devenant ainsi l'un des endroits les plus froids de l'Univers. Il a ainsi permis de créer pour la première fois dans l'espace le « cinquième état de la matière », et d'observer pendant plus d'une seconde des condensats d'atomes ultra-froids (dits de Bose-Einstein), contre seulement quelques millisecondes sur Terre. Une autre première mondiale a également été réalisée à l'aide de CAL, avec la création d'un gaz quantique composé de deux types d'atomes différents (rubidium et potassium). Enfin, un interféromètre atomique (un capteur quantique ultra-sensible utilisant des ondes de matière) du laboratoire a été activé avec succès, mesurant les vibrations subtiles de la station et cartographiant les variations de pesanteur à bord.

En novembre 2024, c'est l'expérience Seaque *(Space Entanglement and Annealing QUantum Experiment)* qui a été exposée au vide spatial, sur une plateforme extérieure de la station. Ce prototype de nœud de communication pour le futur internet quantique génère et teste des paires de photons intriqués directement dans l'espace. Il a enregistré de solides validations du principe d'intrication (tests de la violation des inégalités de Bell). D'autre part, Seaque sert de banc d'essai à une technologie qui permet à des lasers de réparer, de manière autonome, les dommages causés par les radiations cosmiques sur ses détecteurs quantiques.

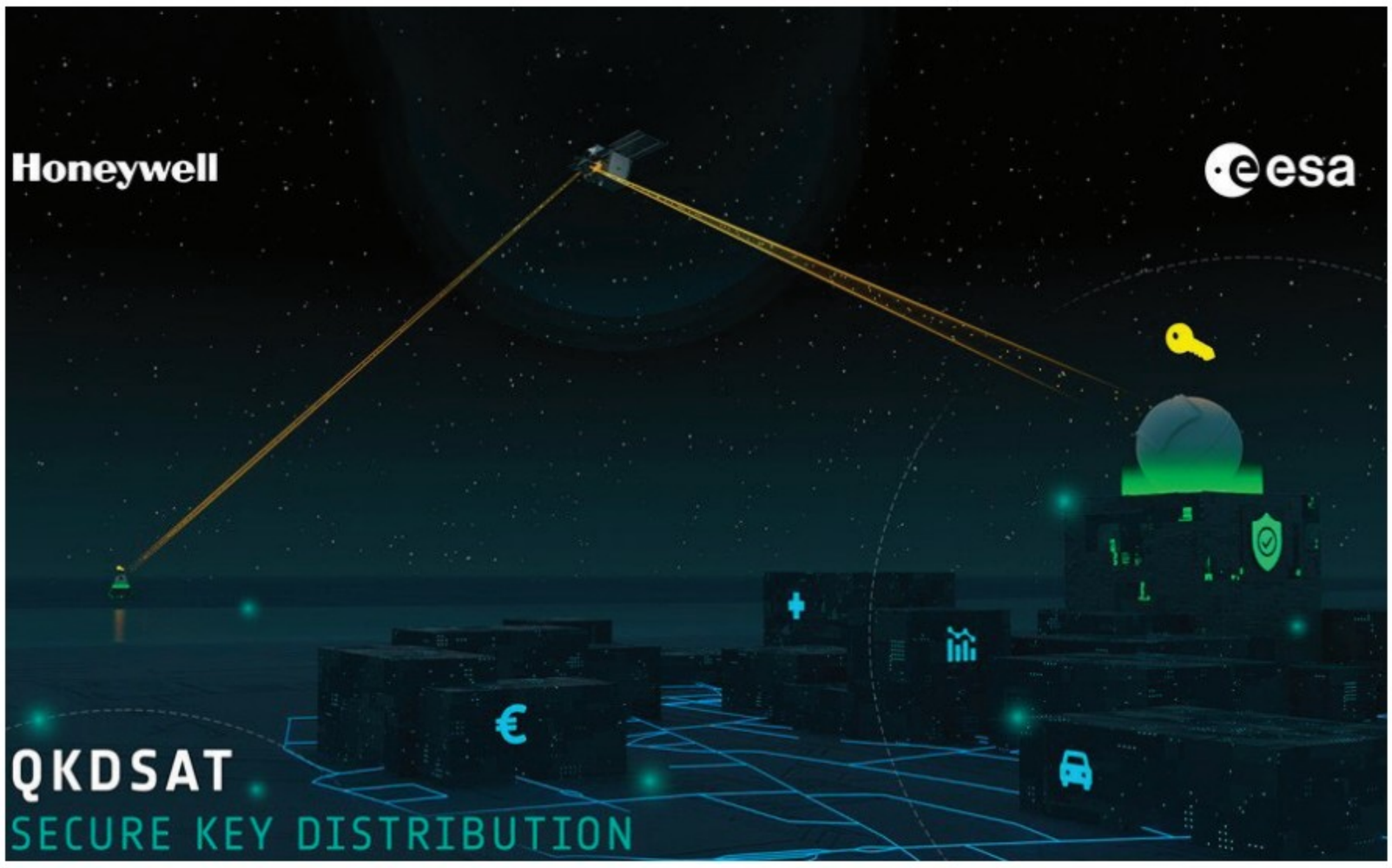
Autres capteurs et horloges atomiques

L'ISS accueille par ailleurs des magnétomètres quantiques avancés, qui utilisent des structures de diamant pour cartographier précisément le champ magnétique terrestre depuis l'orbite basse. Citons ainsi un magnétomètre quantique développé par des étudiants de l'Université de Hasselt, en Belgique, dans le cadre du programme Orbit Your Thesis! de l'Agence spatiale européenne (ESA) : Oscar-QUBE *(Optical Sensors Based on Carbon materials - Quantum Belgium)*. Livré sur l'ISS en août 2021, ce module d'expérience de la taille d'un cubesat 1U (de dix centimètres de côté) a fonctionné dix mois durant, utilisant les centres azote-lacune d'un diamant de la taille d'une lentille.

Depuis mai 2025, la très attendue horloge atomique ultra précise Pharao (Projet d'Horloge à Refroidissement d'Atomes en Orbite), développée par le Cnes pour le compte de l'ESA, livre ses données. Logée à bord de la plateforme ACES *(Atomic Clock Ensemble in Space)*, elle avait été installée un mois auparavant sur le balcon extérieur du module-laboratoire européen Columbus (orienté vers la Terre). Première horloge à atomes de césium refroidis placée sur orbite autour de la Terre et intégrée dans un réseau de comparaison de temps, l'instrument - dont le principe repose sur la définition quantique de la seconde - teste la théorie de la relativité générale d'Einstein (le ralentissement du temps lié à la gravité). Sa précision est inégalée : l'horloge a été conçue pour ne pas varier de plus d'une seconde en... 300 millions d'années !

Toutes ces expériences ouvrent la voie à des applications concrètes, probablement révolutionnaires. L'intrication spatiale et les horloges ultra-précises doivent permettre de sécuriser le réseau mondial via la cryptographie quantique, tout en synchronisant les télécommunications avec une exactitude inédite. Côté capteurs, la gravimétrie quantique doit servir à cartographier avec une finesse sans précédent les ressources en eau souterraine ou les déplacements de masses glaciaires sur Terre, tout en affinant la navigation spatiale de précision pour les futures missions d'exploration vers la Lune et Mars.

PIERRE-FRANÇOIS MOURIAUX. A&C



Communications spatiales
Cryptage quantique ou post-quantique ?

Le chiffrement des données communiquées par voie spatiale est un sujet devenu urgent. La priorité est à la résilience face à une attaque avec un ordinateur quantique, et du chiffrement post-quantique. Les travaux sont aussi nombreux dans la cryptographie quantique.

Brouillage, piratage, espionnage des fréquences : dopées par l'IA, les menaces cyber pèsent toujours plus dans le domaine des communications sécurisées. Le chiffrement quantique et le cryptage post-quantique sont deux solutions très attendues pour protéger les données. Mais c'est aussi une nouvelle ligne de front. Même si les ordinateurs quantiques sont encore en cours de développement, leur capacité révolutionnaire de calcul est, dès aujourd'hui, considérée comme un problème majeur. D'après le rapport 2026 de Thales sur les menaces pesant sur les données, le *« Harvest Now, Decrypt Later »* (HNDL), méthode qui consiste à enregistrer dès maintenant tout trafic chiffré pour le décrypter plus tard par calcul quantique, est considéré comme la principale menace (à 61 %).

Chiffrement quantique, un terrain limité

Les technologies quantiques sont aujourd'hui testées en orbite pour s'assurer de leur résilience aux vibrations lors du lancement, aux températures extrêmes, ainsi qu'aux radiations. Outre les expériences en station spatiale (voir page 18), elles sont testées à bord de satellites démonstrateurs, tels que Quantum Science Satellite (QSS). Lancé en 2016, ce satellite de l'Académie chinoise des sciences a testé, en partenariat avec l'institut des optiques quantiques et de l'information quantique à Vienne en Autriche (IQOQI), plusieurs technologies de cryptage quantique. Ce domaine est particulièrement attendu en remplacement du chiffrement classique, dont les équations mathématiques complexes qui protègent la clé de chiffrement des données ne seront plus inviolables face à un ordinateur quantique. QSS a servi à tester la distribution quantique de clé de chiffrement (*quantum key distribution* – QKD), qui repose désormais sur la physique même de l'intrication des photons. Deux particules sont envoyées dans des états quantiques prédéfinis aléatoirement. Seul le lien établi entre récepteur et émetteur des photons permet d'établir une clé de chiffrement commune. La moindre tentative d'interaction est perçue, permettant de changer de clé si besoin. Ainsi, les données sont partagées de manière inviolable, sans aucune écoute possible. Mais la QKD implique d'établir un lien de communication optique de qualité. Une solution rodée en communication intersatellitaire (avec Starlink) et en cours de déploiement pour la liaison sol-espace. La QKD sera testée en orbite basse par l'Agence spatiale européenne (ESA) avec la mission QKDSat. L'ESA en a confié la maîtrise d'œuvre à la filiale britannique d'Honeywell et le groupe belge Spacebel a décroché la maîtrise d'œuvre logicielle en août dernier. Les sous-systèmes de la charge utile sont en cours de qualification. Mais, déjà, l'héritage de la mission est en marche, avec un autre satellite de l'ESA nommé Saga (Security and Cryptographic MIssion), dont Thales Alenia Space est maître d'œuvre, consacré au chiffrement quantique des données classifiées ou critiques.

^ Le satellite européen QKDSat testera en orbite les systèmes de chiffrement quantique.

© ESA

Le post-quantique, la priorité

C'est le terrain le plus mouvant aujourd'hui. D'après le rapport de Thales, 59 % des organisations sont en train de travailler sur la cryptographie post-quantique, face au risque grandissant d'être vulnérable face à un assaillant doté d'un ordinateur quantique. Il s'agit donc de faire reposer l'échange de clés de chiffrement sur des problèmes résistant même à ces ordinateurs révolutionnaires. C'est donc une sécurité supplémentaire au chiffrement classique que l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information, (Anssi), recommande de mettre en place depuis 2022.

DANIEL CHRÉTIEN. A&C



Compagnies aériennes

Le pionnier Jeppesen dévoile ses trois premières applications d'AI

L'équipementier texan vient de présenter, à l'occasion de sa conférence des utilisateurs à Paris, ses trois premières applications d'intelligence artificielle destinées à être employées par les compagnies aériennes et leurs navigants. Ils doivent apporter des gains organisationnels et opérationnels, par exemple pour le reroutage d'avions ou dans la gestion des rotations d'équipages en évitant les pertes de temps.

▲ La compagnie aérienne Qantas, ainsi qu'Air France, est très intéressée par le système Foreflight Airflow de Jeppensen.

© QANTAS

PAR **ANTONY ANGRAND**

Foreflight Airflow. C'est le nom de la plateforme reposant sur l'intelligence artificielle, consacrée à la planification et la gestion des opérations, lancée par Jeppesen et qui comprend l'activation de pas moins de 160 agents d'intelligence artificielle (IA). La société américaine a annoncé au cours de sa conférence des utilisateurs, qui s'est tenue pendant trois jours à Paris, qu'elle accompagnait déjà certaines compagnies aériennes dans l'adoption de cette technologie. L'un des objets de cette conférence était également d'échanger avec les compagnies aériennes, afin de prendre en compte leurs besoins spécifiques.

Le tout premier mouvement d'Airflow a débuté avec l'application Clear Notams, destiné à faciliter la compréhension de ces derniers par les navigants. *« Imaginons qu'un pilote au cours de sa préparation de vol se retrouve avec trente Notams [messages aux navigants aériens]. Cette application permettra de collecter, synthétiser l'information et d'en tirer les informations les plus importantes, offrant un gain de temps considérable »*, commente Brad Surak, directeur général de Jeppesen Foreflight.

Intérêt

L'intérêt de l'utilisation de l'intelligence artificielle pour les compagnies aériennes va croissant, cependant peu disposent déjà d'applications réellement opérationnelles. Selon l'Association internationale du transport aérien (Iata), à la suite d'une enquête réalisée cette année, si l'IA figure sur la plupart des priorités d'investissement des compagnies, 71 % d'entre elles concrétisent moins d'un quart de leur projet IA au-delà de la preuve de concept. *« En clair, elles sont demandeuses d'une IA capable de travailler au sein des opérations aé-*

riennes. L'IA générique telle OpenAI ou Claude est fluide, sûre et… toujours source d'erreurs. Elle ne peut pas raisonner sur ce qu'impliquent les changements liés à tel vol spécifique ou tel avion en temps réel », explique Brad Surak.

La première série d'agents IA se focalise sur l'optimisation de trois outils spécifiques, dont les deux premiers sont Trip trading et Trip Mastery, qui aident pilotes et planificateurs à organiser les plannings des équipages. Trip trading est un agent d'échange de rotations dans le cadre des plannings des équipages. Selon Jeppesen, il permet des résultats à la fois plus rapides et plus équitables, tout en aidant les compagnies aériennes à limiter les absences imprévues et les coûts supplémentaires occasionnés par le versement de primes, lorsque les échanges sont trop difficiles à réaliser. Trip Mastery relève pour sa part de la maîtrise du vol sur le plan de la planification des équipages et de la constitution de leur rotation. Le but *in fine* étant de réaliser un plan de vol acceptable, l'agent IA prend en compte un certain nombre de paramètres, parmi lesquels figurent des objectifs de coûts, mais également de fatigue, ainsi que d'autres paramètres.

L'intérêt de l'utilisation de l'intelligence artificielle pour les compagnies aériennes va croissant

Deux premiers agents

Ces deux premiers agents peuvent être déployés de concert avec l'application Augmentend ops control, qui aide les opérateurs lors des perturbations de vol. Elle évalue et classe toutes les options envisageables pour le rétablissement de service, pour les avions comme les équipages. L'outil peut suggérer la route permettant de réaliser la meilleure économie de carburant possible. Selon les statistiques relevées par Jeppesen, pour 2026, les projections en termes de marge bénéficiaire nette des compagnies aériennes ne dépasseront pas les 2 %, soit deux fois moins qu'en 2025. *« Vous êtes à la merci d'une journée de mauvais temps, un problème juridique ou réglementaire et cela se répercute sur l'ensemble du réseau. Si une seule décision concernant le carburant est prise sur la base d'informations incomplètes – et cette situation peut se répéter au fil de milliers de vols –, cette marge disparaît »*, argumente Brad Surak.

Actuellement 160 agents sont en cours de développement chez Jeppesen. *« L'aviation est une industrie qui a toujours été à la pointe de l'adoption de nouvelles technologies, mais en adoptant ces nouveautés de manière à la fois très mesurée et très sûre. Nous ne voulons pas installer cette technologie dans les cockpits d'avions à la vitesse de la Silicon Valley, marketing en tête. Nous le faisons de manière pragmatique et en sécurité, avec le concours des autorités de régulation, pour résoudre de vrais problèmes »*, détaille Brad Surak. Jeppesen n'entend d'ailleurs pas se contenter du marché des seules compagnies aériennes et autres opérateurs aéroportuaires. L'équipementier développe une partie de ces 160 agents pour d'autres domaines de l'aviation civile, comme l'aviation d'affaires, mais aussi la défense. *« Les compagnies aériennes volent selon des horaires déterminés à la différence de l'aviation d'affaires, qui est à la disposition du client que l'on transporte et cela se fait en point-à-point. Ils ont besoin de flexibilité pour pouvoir changer un vol très rapidement. Beaucoup de facteurs, de paramètres doivent être pris en compte »*, explique le patron de Jeppesen Foreflight. Selon lui, le but est à la fois d'améliorer la sécurité, mais aussi d'aider l'industrie aéronautique au sens large à augmenter sa profitabilité, *« tout en gardant une approche réfléchie »*.

A&C

Q/R

Brad Surak

DIRECTEUR GÉNÉRAL DE JEPPESEN FOREFLIGHT



© JEPPESEN

Quand avez-vous commencé à travailler sur l'intelligence artificielle chez Jeppesen ?

Personnellement, j'ai commencé à m'y intéresser aux alentours de 2012-2013. Au niveau de l'entreprise, nous avons commencé son développement voici quatre ans. Soit juste après le lancement de ChatGPT. Peu de temps après, nous nous sommes rendu compte qu'il fallait comprendre l'évolution de cette technologie et de quelle manière elle impacterait l'aviation. À l'époque, la technologie était au premier stade de son développement et nous avons travaillé sur la couche dite de fondation, puis celle des connaissances, en profondeur. Nous avons beaucoup travaillé sur cinq principes parce qu'on savait que la technologie aurait un impact, mais en évoluant, nous avons pensé qu'il fallait s'améliorer.

Quels sont ces cinq principes ?

Nous considérons qu'une IA ne peut pas fonctionner sans un raisonnement à partir de données certifiées, qu'elle doit tenir compte du contexte, qu'elle soit s'appuyer sur une justification solide et cohérente, qu'elle doit opérer au sein des systèmes de gestion de sécurité et qu'enfin elle est un complément au jugement humain.

Est-ce qu'il existe une marge d'erreur dans les réponses que fournit Airflow ?

La réponse est oui, mais elle dépend de la question qui lui est posée. L'IA est une technologie, certaines ne sont pas probabilistes comme ChatGPT, à la différence d'Airflow. D'autre part, beaucoup de réponses fournies le sont sur la base de calculs. Par exemple, si vous voulez faire atterrir un avion, il vous faut savoir à quelle altitude vous pouvez percer la couche nuageuse dans le cadre d'une approche d'instrument. Ce n'est pas une question relevant à proprement parler de l'IA, mais bien un calcul provenant de données certifiées. Le système sait où aller pour obtenir cette information, comment faire ce calcul, et la réponse fournie est sans erreur.

La probabilité d'erreur se situe plutôt au niveau des options, c'est-à-dire lorsque vous êtes dans une situation particulière avec choix multiples. Il y a un niveau de probabilité potentiel de mauvaises réponses, ce qui explique pourquoi la partie apprentissage de l'IA est si importante et au-delà, pourquoi l'humain reste le décideur final et l'IA un outil. Mais nous devons permettre aux pilotes, aux navigants de regarder la réponse, de l'évaluer, et de dire non, cette option ne prend pas en considération ce que j'avais demandé. Néanmoins, ces erreurs permettront à l'IA de s'affiner, de devenir de plus en plus précise au fil du temps.



Sophie Adenot
Entrée dans l'Histoire

Sophie Adenot et ses trois coéquipiers sont rentrés le 8 octobre, au terme d'un séjour orbital dense, marqué par plusieurs premières et quelques records.

▲ Sophie Adenot dans la Cupola de l'ISS.

© ESA/NASA

PAR **PIERRE-FRANÇOIS MOURIAUX**

Lancée le 13 février dernier vers la Station spatiale internationale (ISS), la mission Crew 12 / Epsilon s'est achevée le 8 octobre à 15 h 34 UTC au large de Los Angeles, en Californie, soit 27 heures et 29 minutes après le désamarrage de capsule Crew Dragon *Freedom* de SpaceX. Celle-ci était occupée par le même quatuor qu'à l'aller : les Américains Jessica Meir (49 ans, commandante, deuxième vol) et Jack Hathaway (44 ans, pilote, premier vol), la Française Sophie Adenot (44 ans, spécialiste de mission n° 1, premier vol) et le Russe Andreï Fediaïev (45 ans, spécialiste de mission n° 2, deuxième vol). Crew 12 / Epsilon aura duré 237 jours, 05 heures et 18 minutes. Pour la capsule *Freedom*, c'était le 5e vol orbital depuis la mission Crew 4, menée entre avril et octobre 2022. C'était le premier amerrissage dans le Pacifique pour un équipage officiel de la Nasa depuis Apollo-Soyouz, en juillet 1975, mais le second pour le Crew Dragon, après le vol privé Fram2, en avril 2025.

Séjour marathon

Avant même de rejoindre l'ISS, Sophie Adenot s'était illustrée en effectuant le parcours de préparation le plus rapide de l'histoire pour un astronaute de l'Agence spatiale européenne (ESA) affecté à une mission de longue durée : seulement 2 ans et 10 mois. Trente ans après la mission Cassiopée de Claudie Haigneré vers la station russe Mir (du 17 août au 2 septembre 1996), la première femme pilote d'essais d'hélicoptère en France (en 2019) est devenue la deuxième Française de l'espace, onze astronautes au total ayant porté le drapeau trico-

lore sur leur combinaison, à l'occasion de vingt missions réalisées depuis juin 1982. En un seul séjour orbital, un nouveau record national, et même européen, a été établi : celui du plus long séjour orbital d'un seul tenant – du fait des reports du lancement de Crew 13 (son système de propulsion ayant été victime de fuites intempestives) et de la rentrée atmosphérique de Crew 12 (mauvaise météo sur la zone de récupération). Sophie Adenot devance ainsi Thomas Pesquet (qui avait séjourné 199 jours, 17 heures et 44 minutes à bord de l'ISS lors de la mission Alpha, entre avril et novembre 2021), mais aussi l'Italien Luca Parmitano (200 jours, 16 heures et 44 minutes lors de la mission Beyond, entre juillet 2019 et février 2020). Enfin, Crew 12 s'est imposée comme la plus longue des vingt missions organisées par SpaceX depuis mai 2020 (vols d'essai, institutionnels et privés compris), surpassant de deux jours la durée de Crew 8 (235 jours, 3 heures et 35 minutes, entre mars et octobre 2024).

237 jours, 05 heures et 18 min.
Durée de la mission Epsilon

Avant même de rejoindre l'ISS, Sophie Adenot a effectué le parcours de préparation le plus rapide pour un astronaute de l'ESA

Au service de la science…

Durant sa mission, l'astronaute a mené quelque 200 expériences scientifiques et techniques internationales, dont une dizaine *« made in France »*. Celles-ci ont été développées avec le Cnes, et en particulier sa structure opérationnelle dédiée à la recherche en micropesanteur, le Centre d'aide au développement des activités en micropesanteur et des opérations spatiales (Cadmos), basé à Toulouse. Les expérimentations se sont articulées autour de trois grands piliers : la santé humaine, les innovations technologiques et l'éducation.

Certaines « manipes » dataient de précédentes missions, comme EveryWear (suivi médical et physiologique), Food Processor (autonomie alimentaire) et Lumina (radiomesure). D'autres ont été conçues pour démarrer à l'occasion de la mission Epsilon, dans des délais parfois extrêmement courts. Elles ont été livrées par les deux cargos américains qui ont ravitaillé l'ISS en avril (Cygnus NG 24) et en mai (Dragon CRS 34) : EchoFinder (imagerie autonome par réalité augmentée et intelligence artificielle), EuroSuit (ergonomie spatiale), Matiss 4 (surfaces antimicrobiennes), et PhysioTool (surveillance cardiovasculaire et neuro-sensorielle). MultISS (détection spectrale de la biocontamination des surfaces), elle, sera installée par l'équipage de Crew 13, son acheminement ayant finalement été confié au Dragon CRS 35 qui, au moment de l'écriture de ces lignes, devait décoller le 13 octobre. S'ajoute Echo-Bones (prévention de l'ostéoporose), qui est une expérience pré et post-vol. Du côté des contributions de l'ESA, citons notamment l'équipement European Enhanced Exploration Exercise Device (E4D), très compact, qui permet de réaliser plus de 30 exercices de musculation différents. Rémi Canton, chef de projet au Cnes de la contribution française à la mission Epsilon, résume pour *Air & Cosmos* : *« Sophie a montré une grande expertise et un fort enthousiasme pour mettre en œuvre notre programme, générer des données scientifiques pertinentes, et nous fournir un retour constructif qui servira à améliorer les protocoles des évolutions pré-*

RÉCAPITULATIF DES SORTIES EXTRAVÉHICULAIRES DE SOPHIE ADENOT

DATE	SORTIE	BINÔME	DURÉE
18 août 2026	ISS EVA n°282 US EVA n°97	Anil Menon (EV1) Sophie Adenot (EV2)	6 heures et 23 minutes
18 août 2026	ISS EVA n°283 US EVA n°98	Anil Menon (EV1) Sophie Adenot (EV2)	6 heures et 30 minutes
1er septembre 2026	ISS EVA n°284 US EVA n°99	Sophie Adenot (EV1) Jessica Meir (EV2)	6 heures et 49 minutes



▼ Préparatifs d'une séance EchoFinder.

© ESA/CNES

vues. Les équipes au sol ont pris un grand plaisir à travailler avec elle, et c'est aussi le cas des équipes scientifiques et du reste de l'équipage. Il a régné à bord une atmosphère de confiance et de collaboration amicale, propre à l'ISS depuis sa mise en service il y a 26 ans, qui tranche avec la période géopolitique troublée actuelle ! »

...et de la pédagogie

La mission Epsilon n'a pas dérogé à deux traditions françaises : embarquer de la haute gastronomie et comporter un volet jeunesse. Sophie Adenot a ainsi pu partager avec ses coéquipiers des plats préparés par Anne-Sophie Pic, cheffe triplement étoilée au Guide Michelin. Durant son séjour orbital, l'astronaute est par ailleurs entrée en contact à plusieurs reprises avec des élèves à l'occasion de liaisons radioamateur, tandis que l'expérience pédagogique ChlorISS (étude de l'impact combiné de la lumière et de la pesanteur sur la germination des plantes) a associé plus de 4 500 établissements scolaires français. Sophie Adenot a évidemment partagé de saisissantes photographies de la Terre vue de l'espace, ou encore effectué des séances de yoga en micropesanteur complètes et structurées (elle est professeure certifiée), comme quelques autres avant elle (les Américains Jack Fischer et Peggy Whitson, ou l'Italienne Samantha Cristoforetti). Enfin, l'astronaute s'est régulièrement filmée sur son temps libre en train de réaliser des démonstrations pédagogiques en micropesanteur, en français et en anglais. Cela a donné lieu à une série de seize petites capsules vidéo très didactiques, appelées *« La science du dimanche matin »*, qui ont été postées sur les réseaux sociaux entre mars (premier épisode consacré à l'effet gyroscopique) et septembre (dernier épisode portant sur les radiations spatiales).

« Quand Sophie était adolescente, j'ai peut-être contribué à semer une petite graine de rêve, confie Claudie Haigneré à *Air & Cosmos. Aujourd'hui, par cette mission Epsilon, c'est elle qui la fait germer chez tant de jeunes, avec une force magnifique, du talent, de la générosité et de la joie. C'est la plus belle des transmissions. Par la science, l'audace, la coopération, l'Europe et le goût de transmettre, elle invite toute une génération à " rêver grand " et à tracer son propre chemin avec la joie d'apprendre, de découvrir, de partager et de construire ensemble. »*

Vaillante piétonne du cosmos

Mais ce que le grand public retiendra certainement le plus, ce sont les trois sorties extravéhiculaires (EVA) en scaphandre menées par l'astronaute française en fin de séjour... et en l'espace de seulement deux semaines (les 18 et 25 août, puis le 1er septembre). Au programme : démontage – difficile, qui a monopolisé la majeure partie de la première EVA – d'une antenne de communication sol-espace en bande S majeure (Sgant, fixée sur la poutre Z1) ; installation et raccordement de l'antenne de rechange ; remplacement sur le module Harmony (Node 2) d'un rétroréflecteur de navigation (laser) servant au guidage des vaisseaux visiteurs ; prélèvements de surface pour l'étude américaine MicroOrganisms (analyse de la survie des microbes en milieu spatial) ; et pose de nouveaux câbles de raccordement. Ce fut *« la mission dans la mission »*, pour reprendre l'expression de l'intéressée.

Sophie Adenot est ainsi devenue la première piétonne du cosmos française, mais aussi la première Européenne à sortir avec un scaphandre EMU américain (sa collègue Samantha Cristoforetti, lors de son EVA de juillet 2022, portait un scaphandre russe Orlan MKS). Au total, depuis la Russe Svetlana Savitskaïa, en juillet 1984, 25 femmes ont effectué des EVA, sur un total de 276 personnes (selon le décompte du blogueur Stéphane Sébile). Avec 19 heures et 42 minutes cumulées à l'extérieur de la station, Sophie Adenot passe devant son compatriote Philippe Perrin (19 heures

La mission Epsilon n'a pas dérogé à deux traditions françaises



▼ Séance de travail en scaphandre à l'extérieur de la station. © ESA/CNES

30 minutes en trois sorties), pour se hisser à la troisième place du podium européen, derrière Thomas Pesquet (39 heures et 54 minutes en six sorties) et Luca Parmitano (33 heures et 09 minutes en six sorties). Notons enfin que la Française, pour son ultime séance de travail dans le vide, était leader (EV1), aux côtés de la très expérimentée Jessica Meir, qui réalisait sa 7e EVA. C'est la sixième fois de l'histoire qu'une EVA rassemblait deux femmes, et la 33e menée par un astronaute européen.



Le 25 août, Sophie Adenot est devenue la première piétonne du cosmos française

« *J'ai regardé en direct ces trois sorties*, raconte Philippe Perrin à *Air & Cosmos*. *J'ai été très impressionné : Sophie Adenot est une très grande professionnelle. Je pense avoir reconnu la concentration de son ancien métier de pilote d'hélicoptère militaire et de pilote d'essais. Pour battre tous ces records, il a fallu qu'elle mette beaucoup d'énergie dans le scaphandre. Elle avait toujours le geste précis et une très bonne position, mais probablement en se faisant assez mal aux mains. Elle l'a d'ailleurs dit elle-même après la sortie : elle ne pouvait plus tenir un stylo. Cette capacité de se concentrer, de donner beaucoup de soi, pour quelque chose de plus grand que soi : je reconnais là les valeurs de l'armée de l'Air et de l'Espace, et je dis chapeau bas.* »

A&C

LA MISSION CREW 12 EN BREF

- **Date de lancement :** 13 février 2026 à 10 h 15 UTC
- **Lieu de lancement :** Cape Canaveral (Floride), pas de tir SLC-40
- **Vaisseau utilisé :** Crew Dragon C212 *Freedom* (cinquième vol)
- **Lanceur utilisé :** Falcon 9 Block 5, avec le premier étage B1101 (second vol)
- **Amarrage à l'ISS :** 14 février à 20 h 15
- **Port d'amarrage :** PMA-3, au zénith du module Harmony (Node 2)
- **Désamarrage :** 7 octobre à 12 h 05
- **Atterrissage :** 8 octobre à 15 h 34 dans le Pacifique
- **Navire de récupération :** MV *Shannon*
- **Durée totale de la mission :** 237 jours, 05 heures et 18 minutes
- **Nombre d'orbites réalisées :** 3 792 (plus de 160 millions de kilomètres)
- **Nombre d'expériences prévues :** plus de 200
- **Nombre d'EVA réalisées :** 6 (dont 3 avec Sophie Adenot)
- **Nombre de vaisseaux ravitailleurs automatiques réceptionnés :** 5

19 heures et 42 min.
Durée totale des EVA de Sophie Adenot

Mission Epsilon
Le difficile retour sur Terre



v Sophie Adenot à sa descente d'avion à Cologne, le 10 octobre.

© P.-F. MOURIAUX / AIR & COSMOS

À COLOGNE,
PIERRE-FRANÇOIS MOURIAUX

En moins de deux jours, Sophie Adenot a été récupérée en mer après son (long) séjour orbital, emmenée au Centre spatial de Houston au Texas, puis rapatriée en Allemagne – après une plage de repos imprévue, dictée par son état de santé. *Air & Cosmos* était présent à sa descente d'avion.

Le planning du retour « à la maison » de Sophie Adenot a été un peu chamboulé, mais les choses n'ont pas beaucoup traîné, malgré tout. Dès leur amerrissage au large de la Californie le 8 octobre, les occupants du vaisseau Crew 12 ont été examinés par des médecins sur le bateau de récupération. Ils ont ensuite été transférés par hélicoptère vers la terre ferme, puis se sont envolés vers le centre spatial de la Nasa à Houston, au Texas, où s'est déroulé un examen médical plus approfondi. Sophie Adenot présentant *« des signes et symptômes connus, liés à la réadaptation aux conditions terrestres »*, selon un communiqué de l'Agence spatiale européenne (ESA), la décision a été prise de décaler son départ pour l'Europe. Cette période de repos à Houston devait lui garantir un vol transatlantique en toute sécurité. Après une nuit de sommeil sous surveillance médicale, les médecins ont considéré que l'astronaute se réadaptait *« lentement mais sûrement »*, et ont donné leur feu vert pour son rapatriement. Pour mémoire, les retrouvailles avec la pesanteur peuvent entraîner des vertiges, voire des syncopes, et s'ajoutent à une faiblesse musculaire importante.

Accueil en grande pompe

Démarré depuis la base militaire d'Ellington le 9 octobre à 14 h 15, heure de Houston (21 h 15, heure de Cologne), le dernier tronçon du voyage de Sophie Adenot s'est effectué à bord d'un avion de ravitaillement des forces aériennes stratégiques (FAS), un A330 MRTT Phénix, baptisé *Bretagne*, opéré par la 31e Escadre de ravitaillement

et de transport stratégique basée à Istres. Se trouvaient également à bord des personnels de l'Escadron de transport 60 (ET 60), l'astronaute ayant servi comme pilote au sein de cette unité de Villacoublay, qui assure les déplacements VIP du gouvernement et du président de la République. L'avion n'était pas aménagé en configuration Morphée (avec un kit médicalisé amovible), mais des équipes médicales étaient présentes à bord avec des équipements dédiés.

Sophie Adenot assure garder « le moral haut » pour entamer sa convalescence

Le MRTT s'est finalement posé sur la base militaire de Cologne-Bonn, située à proximité du Centre européen des astronautes (EAC), le 10 octobre à 06 h 21, heure locale (au lieu de la veille en milieu de journée), soit 36 heures et 47 minutes après la fin de la mission Crew 12 / Epsilon. La presse était conviée – à condition de garantir d'être en bonne santé et à jour de ses vaccins, en particulier contre la Covid-19 – mais c'est d'abord un temps qui a été consacré aux proches, qui ont pu monter à bord de l'avion pour profiter de l'astronaute.

Faisaient notamment partie du – joyeux – comité d'accueil, qui brandissait des petits drapeaux tricolores, Josef Aschbacher (directeur général de l'ESA), Frank De Winne (directeur des astronautes européens), Alexander Gerst (chef de la division des opérations des astronautes), Lionel Suchel (directeur général délégué du Cnes), Sébastien Barde (sous-directeur Exploration et vols habités du Cnes) et plusieurs astronautes européens (Samantha Cristoforetti, Pablo Álvarez Fernández, Raphaël Liégeois et Andreas Mogensen). Alice Rufo, ministre déléguée auprès de la ministre des Armées, avait également fait le déplacement. L'astronaute britannique Rosemary Coogan, elle, avait fait le voyage depuis Houston aux côtés de sa collègue française, en tant que responsable de l'organisation du retour.

Deux semaines
Durée minimale du séjour de Sophie Adenot à Envihab.

Entre larmes et éclats de rire

Vers 7 h 35 du matin, c'est une Sophie Adenot très affaiblie qui est lentement descendue de l'avion, soutenue par deux médecins. Elle a d'abord longuement salué l'équipage du MRTT, avant de faire un premier discours d'une dizaine de minutes, debout devant un pupitre mais jamais seule. « *Je suis de retour !* » ont été les premiers mots de l'astronaute, qui a souvent été submergée par une émotion… très communicative. Sans pour autant abandonner son large sourire et avec de régulières pointes d'humour (« *Mes larmes suivent la pesanteur maintenant !* »), elle a d'abord rendu hommage à ses coéquipiers des Expéditions 74 et 75 (« *Nous sommes devenus une famille* »), et remercié tous ceux qui ont permis la réussite de sa mission. Celle-ci a été « *un cocktail d'étonnantes émotions* ». Elle vanté les mérites du travail en équipe (« *C'est un symbole de ce que l'humanité peut faire quand les nations coopèrent et travaillent ensemble* »), et rappelé l'intérêt de la science en micropesanteur. Elle a évidemment évoqué la beauté et la fragilité de notre planète (qui l'ont souvent émue aux larmes), mais aussi les conséquences du changement climatique (« *On les voit très clairement depuis là-haut. […] Cela nous fait nous sentir encore plus humains et ça nous donne envie de prendre soin de notre planète maison.* »). Elle a tenu à rassurer sur son état de santé, qui n'a rien d'anormal, même si elle « *a donné du fil à retordre aux équipes médicales* », après être passée par « *toutes les émotions* » lors de son retour sur Terre. Enfin, sans vraiment savoir ce que l'avenir lui réservait, elle a promis qu'elle allait partager son expérience avec le plus grand nombre. En attendant, elle a assuré garder « *le moral haut* » pour entamer sa convalescence, le premier défi étant de marcher normalement (« *Ce qui est très ambitieux !* [Rires] »). Une première séance de questions-réponses avec la presse a ensuite été organisée à l'intérieur de l'aérogare.

Convalescence sous étroite surveillance

La Française a depuis pris ses quartiers à Envihab, un centre de 3 500 m², mi-hôtel, mi-hôpital de pointe, implanté sur le campus du Centre aérospatial allemand (DLR), à deux pas de l'EAC. Depuis le retour de l'astronaute allemand Alexander Gerst à l'issue de sa mission Blue Dot, en novembre 2014, les astronautes de l'ESA y séjournent systématiquement durant deux à trois semaines pour leur rééducation physique et les premiers debriefings. Ils profitent d'un environnement stérile garantissant leur santé (le temps de renforcer leurs défenses immunitaires), tandis que les scientifiques qui les accompagnent disposent de tout le matériel nécessaire, dont des scanners IRM et même une centrifugeuse humaine pour contrôler le système cardiovasculaire.

L'astronaute était attendue de pied ferme par les scientifiques chargés d'observer et d'accompagner sa réadaptation à la pesanteur terrestre, après un séjour orbital de presque huit mois. Les premières heures et les premiers jours constituent en effet une véritable course contre la montre pour mesurer l'état exact du corps tel qu'il se trouvait en micropesanteur, avant un retour « à la normale » : perte osseuse et musculaire, modification du système cardiovasculaire et du système immunitaire. Les données recueillies durant cette phase critique doivent permettre, non seulement de mieux préparer les futurs voyages vers la Lune ou Mars, mais aussi de faire progresser la médecine sur Terre – notamment pour le traitement de l'ostéoporose et du vieillissement cellulaire.

Des photos postées le 11 octobre au soir sur les réseaux sociaux montraient une séance de sport à Envihab de Sophie Adenot, qui avait retrouvé des couleurs et un semblant d'équilibre.

A&C



Diversification
Comment Airbus Helicopters se dronise

Le n°1 mondial dronise ses propres hélicoptères, comme avec le U145, mais accentue aussi son catalogue de drones et la capacité de ces derniers à interagir avec ses voilures tournantes.

PAR **JEAN-MARC TANGUY**

▲ Un opérateur rapatrie le Flexrotor sur son plot de maintenance après un vol de démonstration à Pourrières (Var).

© J.-M. TANGUY

C'est la présentation qui a survolé les Mdays d'Airbus Helicopters. Lors de ces journées consacrées à sa gamme de produits militaires, les 7 et 8 octobre Marignane, le constructeur européen a fait la part belle à l'hélicoptère dronisé U145. Constance Pinsdorf, directrice du programme H145, duquel est dérivé l'U145, en a présenté les dernières avancées.

L'homme à bord ne va pas forcément disparaître totalement, explique l'ingénieure, mais tout est optimisé pour en réduire l'empreinte. Dans la foulée de ce qu'Airbus Helicopters a déjà présenté à Berlin, l'U145 se décline en deux versions : un aéronef optionnellement piloté (OPV), l'option retenue à court terme pour les clients les plus pressés, ou un pur drone totalement autonome, ce qui sera effectif à terme, sans doute à l'horizon 2030. Débarrassé du cockpit, ce dernier offrira 33 % d'espace intérieur supplémentaire, pour un total de 8 m³ mobilisables.

Le premier vol du prototype – un ancien appareil ayant servi à qualifier de l'avionique sur le H145 – devrait voler en Allemagne *« début novembre »*, avant de rallier Marignane, *« car les conditions d'essais y sont meilleures, et apportent plus de flexibilité pour le vol autonome »*, ajoute Constance Pinsdorf. C'est-à-dire la météo, mais surtout, les espaces aériens plus faciles à mobiliser pour des drones. Airbus Helicopters utilise régulièrement un terrain dans le nord du Var, à Pourrières – il a servi notamment pour le VSR700 et le Flexrotor – et peut aussi exploiter les espaces aéromaritimes.

Missions multiples

Face à ses concurrents, notamment américains, l'U145 dévoile ses atouts, à commencer par ses progrès rapides. Il conserve les fondamentaux du H145, avec une masse maximale à 3,8 t, dont 1,2 t de charge interne et jusqu'à 1,6 t en externe. Il dispose d'une autonomie de 500 km, avec une vitesse de croisière rapide à 120 kts (222 km/h), et une endurance maximale de 3 h 30. Avec des réservoirs additionnels, il pourrait parcourir jusqu'à 740 km.

Dès le début, l'U145 a été présenté comme un couteau suisse. En cargo pur, avec un plancher continu, il peut emporter quatre palettes pour une masse totale grimpant alors jusqu'à 1,6 t, ou quatre civières portant autant de blessés. Un ingénieux système de plancher repliable dans la machine facilite l'accès. Constance Pinsdorf se félicite d'un système de chargement à 360°, *« devant, derrière sur les côtés »*. De quoi simplifier les chargements selon la nature des missions, par exemple *« s'il faut projeter un moteur vers l'avant »*. Un chemin de roulement intégré au plancher simplifie les manutentions.

Pour la directrice de programme, l'appareil possède aussi de très fortes prédispositions à porter de l'armement, et à assurer des missions de combat, comme son grand frère piloté. Les modélisations menées par Airbus Helicopters comprennent déjà 30 tubes de lancement d'une munition téléopérée (MTO) fournie par MBDA. À Berlin, la maquette présentée en affichait seulement dix-huit. Cependant, Constance Pinsdorf explique que, désormais, l'U145

peut en embarquer donc presque deux fois plus, répartis de chaque côté de la soute - en volant alors portières ouvertes ou sans portes. Autre possibilité selon la cheffe de programme, utiliser l'appareil *« comme vaisseau-mère »* pour des *air launched effets*, (ALE, drones lancés depuis les airs). *« Nous pourrions alors en augmenter la portée, et c'est essentiel »*, affirme-t-elle. Ces ALE peuvent disposer de charges utiles variées : ISR, explosives, SIGNT, relais de communications.

L'U145 dispose d'une autonomie de 500 km avec une vitesse de croisière rapide à 222 KM/H

Face à ses concurrents, notamment américains, l'U145 dévoile ses atouts, à commencer par ses progrès rapides

Avec Quantum Systems, Airbus Helicopters a aussi développé une configuration de lutte anti-drones, les intercepteurs volant actuellement à 350 km/h avec une charge explosive de 700 grammes pour une portée de 20 km. *« Initialement, nous portions quatre intercepteurs par lanceur, de chaque côté de l'U145, mais nous avons réussi à passer à huit »*, se félicite Constance Pinsdorf. Cette configuration nécessite une boule optronique dans le nez, pour la détection, l'identification, et le guidage initial des intercepteurs. La version *loyal wingman* (drone accompagnateur) pourrait emporter des missiles Spike ER2 ; la version anti-drones, des roquettes spécifiques, ou guidées laser, fournies par Thales. Un tourelleau automatique FN Herstal pourrait aussi être placé à la porte (réduisant néanmoins l'emport en soute). Constance Pinsdorf en connaît bien les performances, elle qui l'avait présenté aux Mdays il y a deux ans sur H145.

Patience

Airbus Helicopters est ambitieux, et reconnaît qu'il faudra *« des étapes intermédiaires »* avant d'arriver à des configurations aussi abouties. D'autant plus que *« certains clients »* sont déjà intéressés par des configurations plus frustes, avec un pilote à bord pour le survol de zones civiles habitées par exemple. *« Le premier vol en novembre sera réalisé avec un pilote de sécurité à bord. Au début de la prochaine décennie, nous aurons toutes les capacités. Le défi final sera le vol à très basse altitude »*, reconnaît Constance Pinsdorf.

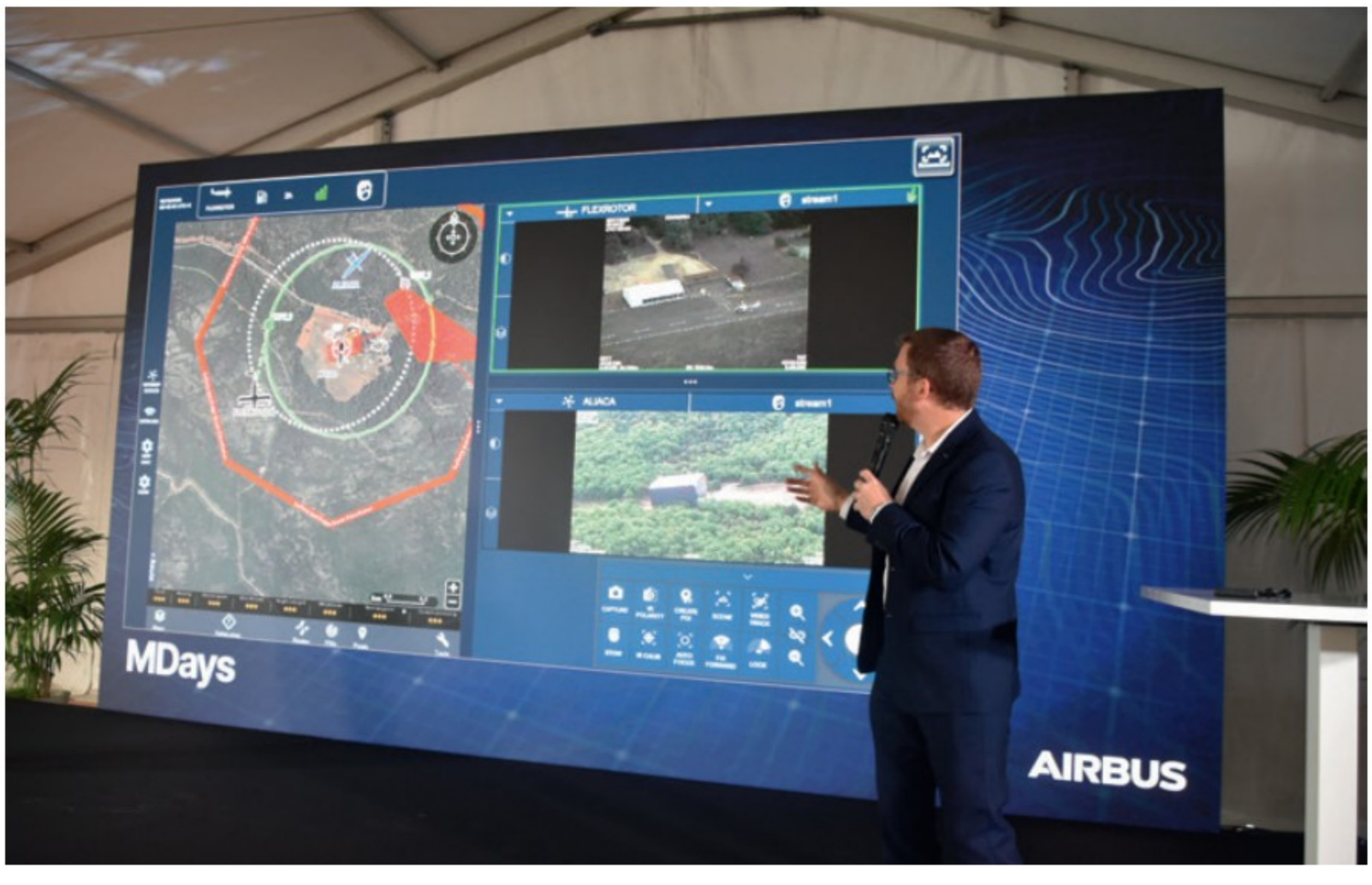
Airbus Helicopters a déjà ses partenaires pour le marché (potentiel) américain - notamment l'US Marine Corps - à commencer par le fournisseur du « cerveau » de l'U145. Et l'hélicoptériste recherche actuellement celui qui sera utilisé pour le marché européen, avec la nécessité d'avoir une version *Itar free* de l'appareil. L'U145 sera présenté à Euronaval. La patronne du programme admet volontiers ouvrir des portes pour le reste de la gamme : *« tout ce qui est fait pour le U145 est fait pour être réutilisé sur d'autres plateformes »*. Y compris des appareils de plus en plus lourds et volumineux. *« Je considère toujours ce que pourrait apporter à d'autres plateformes ce que je fais. Le lanceur de MTO peut aller sur NH90, qui peut porter plus que 30 tubes »*, assure-t-elle. Et de fait, comme *Air & Cosmos* l'a révélé, la Direction générale de l'armement (DGA) procédera à des essais dans ce domaine en janvier prochain, sur un TTH90. Via la tablette HTeaming, Airbus Helicopters ajoute aussi des drones à ses hélicoptères. Le Flexrotor a volé au profit du H225M à Singapour, avec le NH90 en France (en début d'année), et l'armée de Terre a tout un programme de dronisation, avec des ALE, des MTO mais pas encore, il est vrai, de dronisation des hélicoptères eux-mêmes. Seule la... CGT de l'atelier industriel de l'aéronautique (AIA) de Clermont-Ferrand a, pour l'instant, proposé de droniser des Gazelle.

Activité croissante

Le fabricant a aussi multiplié les expérimentations hélicoptères-drones. Il a fait voler un NH90 et un Flexrotor en partenariat avec le 4e régiment d'hélicoptères de forces spéciales. Mais aussi, seul, un Aliaca (U010) et un Flexorotor (U030), au profit de la Sécurité civile, au printemps puis en août.

Plusieurs de ses U030 sont déployés en Estonie et à Chypre dans le cadre d'un contrat avec l'Agence européenne pour la sécurité maritime (Emsa), pour des vols de surveillance aéromaritime (pêche illégale, SAR, suivi de navires suspects).

Depuis juillet 2026, plus de 600 heures de vol ont été enregistrées, de jour comme de nuit. À la cadence maximale de dix heures par jour. C'est l'opérateur Extensee qui fournit les équipages. En moyenne, un Flexrotor nécessite deux opérateurs, un pour la mise en œuvre durant la mission, et un autre pour la maintenance et le reconditionnement après vol. La durée des missions impose des ressources humaines un peu plus importantes. A&C



▼ À l'écran, vol coopératif entre un Flexrotor, un Aliaca et un H130.

© J.-M. TANGUY



Dissuasion nucléaire
La France montre ses muscles

Le tir du M51.3 depuis le SNLE *Le Vigilant*, en présence d'Emmanuel Macron, illustre la volonté française de démontrer la crédibilité de sa dissuasion nucléaire et de maintenir ses capacités face à l'évolution des défenses adverses.

▲ Rare image rapprochée du M51.3 venant tout juste d'émerger à la surface et d'enclencher la propulsion de son premier étage.

© DGA

PAR **GAÉTAN POWIS**

Ce 6 octobre, un rugissement a retenti au large de la Bretagne. Le sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE) *Le Vigilant* venait de procéder au tir d'un missile balistique stratégique M51.3. Celui-ci emportait une ou plusieurs têtes d'essais et n'était pas armé. La distance parcourue est connue. En raison du risque de ce genre d'essais, des zones interdites ont été mises en place au large mais aussi dans l'Atlantique, zone d'impact du ou des corps de rentrée emportés. Il est donc possible d'estimer la portée de l'essai à environ 4 700 kilomètres. Cependant, la distance n'était pas la clé de cet essai.

Aujourd'hui, le monde est de plus en plus confronté à une compétition de puissances, y compris de puissances dotées de l'arme nucléaire. Chaque tir de missile relevant de la dissuasion nucléaire d'un pays sert toujours de signal stratégique : l'essai réussi confirme que le système fonctionne, pour l'opérateur, mais aussi pour les autres puissances qui regardent, de loin, l'essai en question. Le tir de ce 6 octobre revêt cependant une dimension stratégique bien plus poussée que d'ordinaire.

Signalement stratégique

Une frégate était présente dans la zone proche du SNLE. À son bord se trouvaient de nombreuses hautes autorités militaires françaises, y compris le président de la République Emmanuel Macron. Sa présence représente un signal politique fort et renforce le signal stratégique de cet essai : c'est la toute première fois qu'un tir de M51 n'était pas suivi à distance par un locataire de l'Élysée. C'est aussi la toute première fois qu'un président de la République assiste à un tir de missile balistique depuis un SNLE de la Marine nationale. Ainsi, le pouvoir exécutif souhaitait clairement assurer que ce tir allait être mis en avant dans les différents médias.

Au sujet de l'impact médiatique justement, la presse a également été mise, indirectement, à contribution. Comme à chaque tir de M51, des images éloignées sont fournies par les autorités françaises à la presse. Au grand étonnement de plusieurs experts interrogés sur le sujet, le tir de ce 6 octobre s'est aussi accompagné de rares images nettes, prises à quelques dizaines de mètres seulement du missile. Selon ces derniers, on peut noter une image du M51 tout juste sorti de l'eau et avec la propulsion de son premier étage qui commence tout juste à s'enclencher.

L'intérêt de signalement poussé est double. *« Je pense que tout ce qui se passe en ce moment et ce qui s'est passé aujourd'hui sera scruté par nos alliés comme nos compétiteurs, et l'est déjà »*, a précisé Emmanuel Macron. Ce tir confirme à nouveau que le vecteur stratégique de la Force océanique stratégique fonctionne et peut, sur ordre du Président de la République, répondre à toute menace pesant sur les intérêts vitaux de la France.

Les tensions avec la Russie pourraient laisser penser que ce tir était

un message envoyé au locataire du Kremlin. En réalité, ce type de tir est prévu bien à l'avance et ne dépend donc pas de l'actualité à court terme. D'ailleurs, ce serait contraire

la France déploie une dissuasion tous azimuts et ne cible pas spécifiquement un ou plusieurs États

à l'un des principes de la doctrine nucléaire française. Comme rappelé lors des discours présidentiels, la France déploie une dissuasion tous azimuts et ne cible pas spécifiquement un ou plusieurs États.
Le Président s'est notamment exprimé sur l'intérêt stratégique de l'essai : *« Pour être libre, il faut être craint. Et pour être craint, il faut être puissant. »*

Un missile stratégique et des secrets

D'un point de vue technique, il s'agissait du 13e tir d'un M51, mais le 12e réussi, en prenant en compte l'échec du 5 mai 2013. En revanche, c'était aussi et surtout le tout premier tir depuis un SNLE en plongée d'un M51.3, la toute dernière variante du M51, qui vise à moderniser les vecteurs actuels, à savoir les M51.1 et M51.2. Secret de la dissuasion oblige, les détails techniques ne sont pas révélés. Cependant, sa portée, sa précision et ses capacités de pénétration des défenses ennemies ont été améliorées, indiquent le ministère des Armées et son concepteur, ArianeGroup. Autre nouveauté, il emporte la tête nucléaire océanique 2 ou TNO2. Plusieurs TNO2 peuvent être emportées dans ce missile dit « mirvé » (de l'anglais MIRV - multiple independently targetable reentry vehicle - ou véhicule de rentrée à cible multiple indépendante). Un seul M51 peut ainsi emporter plusieurs TNO2. Intégrées chacune dans un corps de rentrée, ceux-ci sont largués durant la phase de vol exo-atmosphérique. Le corps de rentrée permet alors de protéger l'arme des chaleurs intenses de la rentrée dans l'atmosphère. Cela signifie aussi qu'un seul M51 peut engager plusieurs cibles à la fois.

TROIS LOTS DE MISSILES POUR QUATRE SNLE

Actuellement, les quatre SNLE de la Force océanique stratégique peuvent emporter chacun seize missiles M51. Cependant, seuls 48 missiles sont opérationnels. Ce chiffre s'explique par la rotation constante des SNLE français. Pendant qu'un sous-marin est « dilué » dans l'océan, un autre est en alerte et un troisième en phase d'entretien léger. Il peut alors partir, avec un faible délai, en patrouille de dissuasion. Le quatrième n'est pas armé et même vidé de son cœur nucléaire. Il est en cale sèche, dans le bassin n° 8 de la base navale de Brest pour une longue période de maintenance, réparation et modernisation lourde, dénommée Indisponibilité périodique pour entretien et réparations (Iper). Au préalable, le sous-marin est vidé de ses M51, ceux-ci étant transférés dans le SNLE qui vient de quitter sa phase d'Iper.



▲ Emmanuel Macron, président de la République, s'exprimant à l'équipage de la frégate après l'essai réussi du M51.3 depuis Le Vigilant (6 octobre 2026)

© MARINE NATIONALE

Une maîtrise continue

L'amélioration des M51 par versions successives permet à la France d'assurer l'efficacité de son vecteur balistique intercontinental face aux défenses ennemies. *« Le missile M51.3, dont la production se poursuit, est adapté aux défenses actuelles et de la prochaine décennie »*, précise le récent rapport du Sénat sur la dissuasion française (voir *A&C* n° 2987). Mais pour ce faire, douze années ont été nécessaires, le développement ayant été financé en 2013 pour une mise en service en 2025. Cela explique pourquoi les travaux du M51.4 sont déjà en cours. Il sera alors adapté aux futures défenses aériennes pour assurer l'efficacité de la frappe.
Ce futur missile équipera aussi les SNLE de troisième génération. Cette évolution continue assure aussi un maintien des compétences technologiques des industriels. Si ArianeGroup est maître d'œuvre, ce sont plus de 900 entreprises françaises de toutes tailles, y compris 400 PME, qui travaillent à l'entretien et la modernisation des M51. Cette expertise est d'ailleurs unique en Europe, les SNLE britanniques étant équipés en missiles Trident américains. A&C



Union européenne

Trop chère décarbonation pour les cadors de l'aérien

L'A4E dénonce le coût des mesures européennes de décarbonation et réclame un assouplissement des règles sur les carburants durables et les émissions. Des revendications que contestent les défenseurs de la réglementation actuelle.

▲ Au total, près de 70 % du trafic aérien européen était représenté mais des turbulences étaient ressenties sur la droite de l'image.

© G. POWIS

PAR **GAÉTAN POWIS**

Le 8 octobre, Airlines for Europe (A4E) organisait une conférence de presse consacrée à la compétitivité du transport aérien face aux mesures européennes en faveur de la décarbonation de l'aviation durable. Pour mettre en avant ce message, le lobby de l'aviation européenne avait réuni les dirigeants des plus grandes compagnies du trafic aérien régional : Kenton Jarvis (EasyJet), Luis Gallego (groupe IAG), Benjamin Smith (groupe Air France-KLM), Carsten Spohr (groupe Lufthansa) et Michael O'Leary (Ryanair).

Les différents membres de l'A4E ont particulièrement insisté sur le fardeau imposé par ces mesures au détriment de leur compétitivité, face aux compagnies aériennes non européennes. « *La durabilité est sur le point de devenir le troisième coût le plus important pour les compagnies aériennes européennes, après les coûts de personnels et des carburants* », souligne Luis Gallego, PDG du groupe IAG.

Une analyse que conteste Jérôme du Boucher, directeur adjoint aviation chez Transport & Environnement (T&E). Interrogé par *Air & Cosmos*, il réfute plusieurs arguments avancés par les membres de l'A4E et défend le maintien des mécanismes européens destinés à accélérer la transition énergétique du transport aérien.

Coûts des SAF

Premier point de friction : le prix des carburants. « *Il y a quelques semaines, les prix du kérosène avaient atteint le seuil des + 115 %* », affirme Ourania Georgoutsakou, directrice de l'A4E. Les carburants d'aviation durables (SAF), dont les filières de production sont distinctes de celles du kérosène fossile, subissent eux aussi des tensions sur les prix.

Or, depuis 2025, le règlement européen ReFuelEU Aviation (UE 2023/2405) impose aux fournis-

seurs de carburant d'incorporer une part minimale de carburants d'aviation durables (SAF) dans le carburant fourni aux aéroports de l'Union européenne. Cette part, fixée à 2 % en 2025, doit atteindre 6 % en 2030 et 70 % en 2050. Si cette obligation incombe aux fournisseurs, les compagnies aériennes en supportent une partie du surcoût à travers leurs achats de carburant. Face à la hausse des prix, l'A4E réclame un soutien public accru envers la filière. *« Seulement 13 % des paiements ETS des compagnies aériennes seront recyclés dans le soutien des SAF : il faut quadrupler ce montant »*, estime Kenton Jarvis, PDG d'Easyjet. Il demande également une augmentation de l'enveloppe consacrée aux quotas gratuits liés à l'utilisation de SAF, qui passeraient de 110 M€ à 500 M€.

Jérôme du Boucher rejette fermement cette demande. *« Ils n'ont pas froid aux yeux »*, réagit-il, jugeant la proposition difficilement acceptable. Il rappelle que la Commission européenne a déjà quintuplé l'enveloppe en question, de 20 M€ à 110 M€. Selon lui, réclamer une nouvelle hausse reviendrait à demander un effort supplémentaire de la part des pouvoirs publics, alors que des mécanismes de soutien existent déjà.

Un mandat eSAF à reporter ?

Le désaccord se prolonge sur les carburants de synthèse (eSAF). Alors qu'aucun site de production n'a dépassé le stade de projet pilote, l'A4E s'inquiète de la capacité pour cette filière à répondre aux obligations européennes. En effet, ReFuelEU prévoit qu'à partir de 2030, les eSAF devront représenter 1,2 % des carburants utilisés dans l'aviation, dans le cadre de l'objectif des 6 % de SAF (4,8 % SAF, 1,2 % eSAF).

« Dans ces circonstances, nous réitérons [notre demande] que le mandat 2030 d'eSAF soit reporté, jusqu'à ce que celui-ci soit disponible en quantité suffisante et à des prix abordables », déclare le PDG du groupe IAG. Selon l'A4E, le maintien de l'échéance pourrait entraîner entre 7 et 9 Md€ de pénalités financières, un coût qui se répercuterait obligatoirement sur les passagers, à travers une hausse des prix des billets.

Jérôme du Boucher reconnaît que les capacités de production restent faibles, mais conteste l'idée d'une pénurie inévitable en 2030. Il estime justement que le maintien de l'échéance permettra de faire émerger la filière. *« C'est précisément en conservant ces sous-mandats qu'il y aura une contrainte suffisante pour que les acteurs du marché puissent investir dans ce secteur »*, insiste-t-il. Assouplir les obligations avant même leur entrée en vigueur risquerait de freiner les investissements nécessaires au développement de la production. *« Cette réglementation portera ses effets dès lors que l'on discute de sa mise en œuvre plutôt que de son affaiblissement »*, estime le directeur adjoint aviation de T&E. Là où les compagnies perçoivent une contrainte économique susceptible de pénaliser leur compétitivité, il voit quant à lui un levier pour accélérer l'industrialisation d'une filière encore émergente.

ETS, concurrence à armes inégales ?

Dernier point de confrontation : le système d'échange de quotas d'émission (ETS). Aujourd'hui, il est uniquement appliqué pour les vols intra-UE, mais la Commission souhaite l'élargir à 5 000 kilomètres autour de Francfort. L'A4E s'oppose à cette extension, estimant qu'elle risque d'accentuer les distorsions de concurrence avec les compagnies aériennes établies hors de l'Union. *« Il ne faudrait pas étendre l'ETS au-delà de l'UE, se concentrer sur Corsia et utiliser les revenus ETS pour accélérer la production de SAF »*, défend le PDG d'EasyJet. Michael O'Leary conteste également le choix de Francfort comme point de référence : *« Qui a poussé pour un point de référence depuis Francfort ? Je pensais que la capitale européenne était Bruxelles, mais il est vrai que la limite des 5 000 kilomètres intégrerait alors New York et Boston. »*

Jérôme du Boucher estime, pour sa part, que les compagnies présentent cette évolution comme une surprise, alors que le sujet est débattu depuis plus de 14 ans. Il défend également les effets concurrentiels potentiellement favorables à certains transporteurs européens. Selon lui, l'élargissement du dispositif pourrait avantager les compagnies européennes assurant des vols directs vers l'Asie, face à leurs concurrentes du Proche et du Moyen-Orient, dont les passagers transitent par des hubs situés dans la zone couverte par l'ETS pour poursuivre leur voyage.

Enfin, le directeur adjoint aviation de T&E conteste l'alternative proposée par l'A4E en faveur du mécanisme mondial de compensation et de réduction des émissions de carbone de l'aviation internationale (Corsia). Il estime que ce dispositif n'apporte *« absolument aucun bénéfice environnemental »*, notamment parce qu'il autorise la compensation des émissions par des projets de reforestation mais sans garantir une réduction effective des émissions du transport aérien.

Derrière ces trois débats se dessine une opposition de fond. Pour l'A4E, les exigences européennes risquent d'alourdir les coûts du transport aérien et de fragiliser la compétitivité des compagnies du continent. Pour Jérôme du Boucher et T&E, au contraire, maintenir ces contraintes est indispensable pour déclencher les investissements et accélérer la décarbonation du secteur. A&C

UNE GUERRE JURIDIQUE EN COULISSE

« Pour moi, d'une manière ou d'une autre, soit les Français et les Allemands quittent l'A4E, soit je le fais », a déclaré sur un ton ferme aux journalistes Michael O'Leary, directeur de Ryanair.

Cette sortie lors de la conférence intervient dans un contexte de tensions autour de la structure des actionnaires de la compagnie irlandaise. L'European Network Airlines Association (Enaa) a saisi la justice au sujet du respect par Ryanair des règles européennes de propriété et de contrôle des compagnies aériennes. Le règlement européen n° 1008/2008 prévoit en effet qu'une compagnie doit être détenue à plus de 50 % et effectivement contrôlée par des États membres, ou leurs ressortissants, pour bénéficier d'une licence d'exploitation européenne.

Or, selon l'ENAA, la part du capital de Ryanair détenue par des actionnaires éligibles ne représenterait que 30 %. En cause notamment, la présence importante d'actionnaires britanniques, devenus ressortissants d'un pays tiers à la suite du Brexit. Si la compagnie ne remplissait plus les critères européens, elle pourrait perdre le droit d'exploiter des vols au sein de l'Union européenne.



^ Le « décrochage » du transport aérien français est maintenant évoqué jusqu'à l'Assemblée Nationale.

© FNAM

Fiscalité aérienne

Les alarmes des professionnels de l'aérien enfin entendues ?

Un début de prise en compte du poids trop important de la fiscalité dans le secteur aérien français, pointé depuis plusieurs années par la Fnam et l'UAF, semble poindre chez plusieurs acteurs publics d'importance.

PAR **JEAN-BAPTISTE HEGUY**

S'agit-il d'une véritable prise de conscience ou de constats sans lendemain ? Arc-boutées contre l'accroissement de la pression fiscale sur le transport aérien depuis quelques années, la Fédération nationale de l'Aviation et ses métiers (Fnam) et l'Union des aéroports français (UAF) ont très récemment noté que leurs préoccupations semblent mieux franchir les murs des ministères et atteindre les esprits des décideurs publics. C'est notamment le cas de Philippe Tabarot qui, depuis qu'il a été nommé pour la première fois au ministère des Transports dans le gouvernement Bayrou en décembre 2024, a toujours été un allié pour les acteurs du transport aérien.

Un constat qui fait son chemin

Mais la Fnam et l'UAF semblent maintenant avoir un nouveau soutien de poids : il s'agit de Philippe Juvin, le rapporteur général de la Commission des Finances. Le 23 septembre dernier, au début de l'âpre discussion sur le projet de loi de finances pour l'année 2027, ce dernier a rendu public un rapport qui a accordé une place substantielle au transport aérien français, et au poids de la fiscalité qui l'impacte. *« Le rapporteur général souhaite revenir sur les conséquences néfastes qu'entraîne la lourde taxation du transport aérien français, aggravée par la hausse de la taxe sur les billets d'avion entrée en vigueur le 1er mars 2025, a fortiori dans un contexte d'incertitudes géopolitiques et de hausse du prix du kérosène »*, estime ce dernier. Il reprend le terme de *« décrochage »*, avancé pour la première fois par l'UAF au moment du triplement de la Taxe de solidarité sur les billets d'avions (TSBA) à partir de mars 2025, et s'inquiète du différentiel qui existe maintenant avec d'autres pays à forte attraction touristique similaires à la France, comme l'Italie ou l'Espagne. *« On estime que le trafic dans les aéroports français en 2025, malgré une progression de 2,3 % sur un an, demeurait inférieur de 1,8 % à son niveau de 2019, tandis que celui de l'UE le dépassait déjà de 6,6 %. Si la France avait suivi, depuis 2019, une trajectoire de croissance comparable à celles de l'Espagne, de l'Italie ou du Portugal, elle aurait pu compter près de 35 millions de passagers supplémentaires. Le contraste est particulièrement marqué avec l'Espagne, dont le trafic a augmenté de 17 % par rapport à 2019, avec l'Italie (+ 19 %), le Portugal (+ 23 %) et la Grèce (+ 28 %) »*, rappelle-t-il. *« Le rapporteur général appelle à une prise de conscience et à un sursaut en faveur de notre secteur aérien, dont la pression fiscale doit être allégée pour lui permettre de demeurer compétitif en Europe, de se décarboner et favoriser l'essor du tourisme dans notre pays »*, conclut-il.

La fièvre « taxeuse » a du mal à tomber

Pour autant, cette prise de conscience sur la nécessité d'une *« pause fiscale »* doit être grandement tempérée. Car aussi bien Philippe Tabarot que Philippe Juvin ne tiennent pas les cordons de la bourse. Ainsi, dans la discussion actuelle du PLF, il est à présent question que le taux de la taxe sur l'exploitation des infrastructures de transport de longue distance (TEITLD), et touchant les grands aéroports (Paris, Lyon, Nice, Marseille, Toulouse), passe de 4,5 % à 12 %, avec la volonté du gouvernement de récupérer 800 M€ supplémentaires. Les mauvais réflexes ne se perdent pas si facilement. A&C

LA TRIBUNE DIMANCHE

ABONNEZ-VOUS
Offre découverte



UNE OFFRE COMPLÈTE POUR PROFITER TOUTES LES SEMAINES :

- du journal **en avant-première en version numérique chaque samedi** et/ou en version papier le dimanche
- d'un accès illimité à tous les contenus de La Tribune Dimanche sur le site & l'application
- d'un accès aux newsletters exclusives de La Tribune Dimanche
- des invitations aux Cafés de la Tribune Dimanche

Je choisis mon abonnement :

☐ **Print + numérique** à 99€ par an au lieu de 164€ :
tous les contenus La Tribune Dimanche
en numérique et le journal en version papier

☐ **100% numérique** à 49€ par an au lieu de 79€ :
tous les contenus La Tribune Dimanche en numérique

À retourner dûment complété accompagné de votre règlement par courrier à l'adresse: **La Tribune Nouvelle - 2 rue du général Alain de Boissieu - 75015 PARIS**

Je règle par : ☐ Virement Bancaire ☐ Chèque

Par virement bancaire à LA TRIBUNE NOUVELLE, compte BNP PARIBAS
Par chèque à l'ordre de: « LA TRIBUNE NOUVELLE »

Compte en EUR (EURO)

IBAN (1) : FR76 3000 4024 9700 0108 8038 177

BIC (2) : BNPAFRPPXXX

Date : Signature :

Nom* : .....

Prénom* : .....

Adresse* : .....

.....

Code Postal* : .....

Ville : .....

E-mail* : *obligatoire* .....

Numéro de téléphone : .....

En application de l'article L.27 de la loi du 06/01/78, les informations demandées ici sont indispensables au traitement de votre commande et aux services qui y sont associés. Elles ne seront transmises qu'aux services assurant le traitement de la commande et des services associés et aux partenaires du Groupe. Vous avez le droit d'accéder à ces informations, de demander éventuellement les rectifications nécessaires et de vous opposer à ce que vos nom, adresse et e-mail soient communiqués à d'autres entreprises en le demandant par email à dpo@latribune.fr

AIR&COSMOS

Votre rendez-vous BIMESTRIEL pour explorer aujourd'hui les grandes innovations de demain.



N°4 NOUVEAU

JE DÉCOUVRE LES OFFRES