



## 2 - ASSISTER L'AÉRONAUTIQUE



DE LA MÉTÉO AU CLIMAT

### ◆ ENJEUX

Météo-France est partie prenante du projet européen qui va transformer les transports aériens à l'horizon 2020.

### ◆ FOCUS

Les réseaux d'instruments développés pour l'aéronautique.

© Pascal Taburet/Météo-France

Tous les deux mois, ce cahier spécial vous permet de comprendre les enjeux de la recherche sur la prévision du temps et du climat. Il est réalisé avec le soutien des chercheurs de Météo-France.

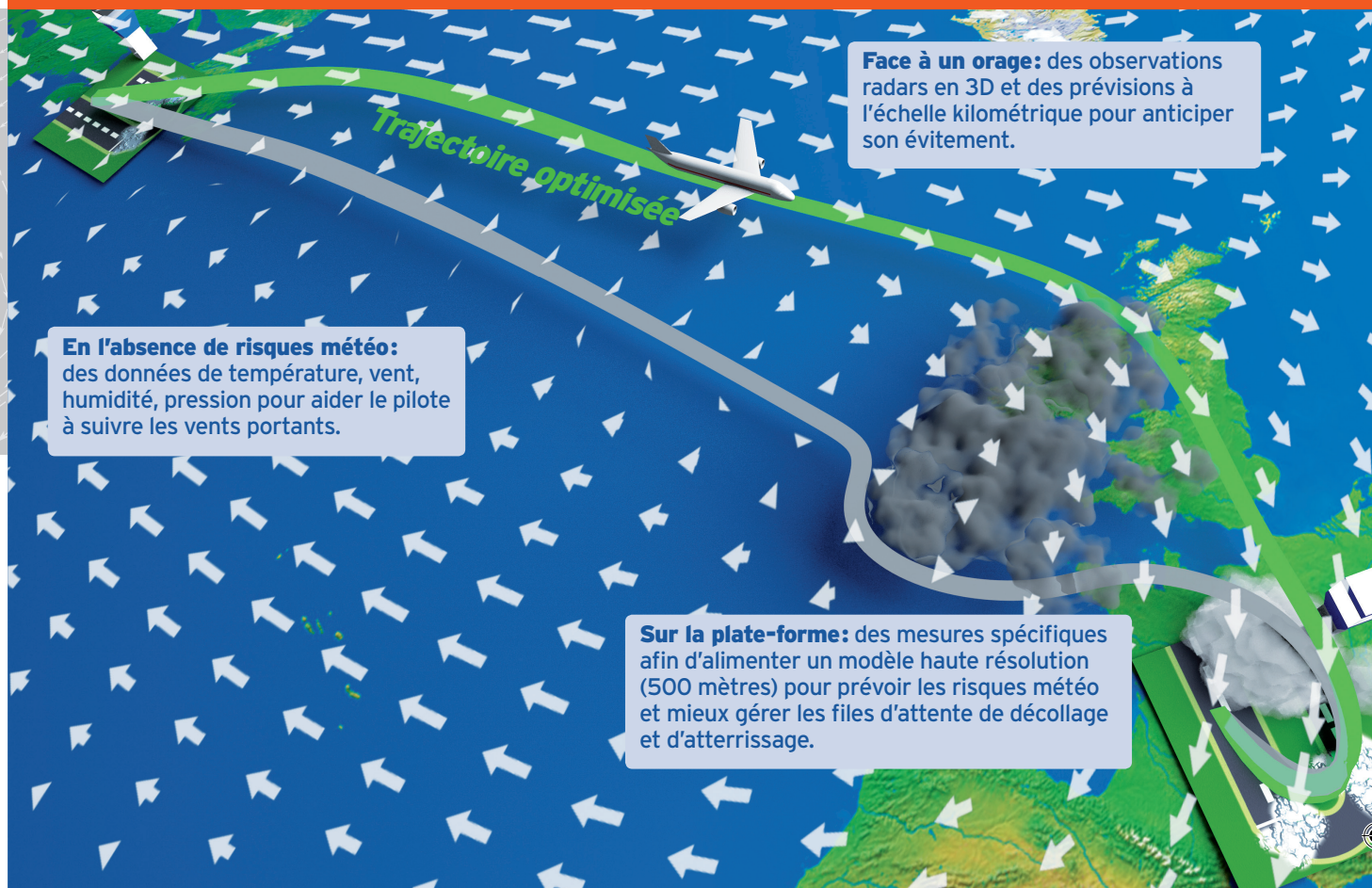


**MÉTÉO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance



## ENJEUX assister l'aéronautique

DE LA MÉTÉO AU CLIMAT



# En vol, prévisions riment avec sécurité et optimisation

Dans le cadre du projet européen SESAR\*, qui va transformer le transport aérien à l'horizon 2020, Météo-France coordonne le volet relatif au développement de services météorologiques à l'aviation. Grâce à des observations ciblées et à des prévisions plus fines, les trajectoires des avions seront optimisées du départ à l'arrivée.



**SESAR** (Single European Sky ATM Research) est un programme européen de refonte de la gestion du trafic et des procédures de la navigation aérienne, dont l'objectif est d'optimiser et de sécuriser les vols tout en réduisant leur impact environnemental.

Une révolution a commencé dans le monde de l'aéronautique. Trajectoires partagées en temps réel par tous les acteurs au sol et en vol, gestion minutée du trafic dans les aéroports : à partir de 2020, les plans de vol seront établis sur mesure pour chaque appareil, et les prévisions météorologiques y seront pour beaucoup. Le programme de développement, baptisé SESAR, a été entrepris sous l'égide de la Commission européenne et d'Eurocontrol (organisation européenne pour la sécurité de la navigation aérienne) afin de répondre à l'augmentation significative du trafic aérien et à la

nécessaire maîtrise de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre. « Avec son programme miroir NEXTGEN aux États-Unis, SESAR vise à renforcer la sécurité, améliorer les performances et réduire l'impact environnemental de l'aviation, commente Jean-Louis Brenguier, coordinateur de la R&D pour l'aéronautique à Météo-France. Il s'agit d'une modernisation radicale des concepts opérationnels qui datent de l'origine de l'aviation commerciale, à commencer par la définition du plan de vol. » Aujourd'hui, les différentes phases de vol sont définies avant le décollage et traitées de manière séquentielle par l'équipage et





## Les Volcanic Ash Advisory Centres



L'un des objectifs de SESAR est de fournir aux acteurs du vol des données météo plus fines et plus détaillées pour maîtriser les consommations de carburant et les émissions de gaz à effet de serre, tout en sécurisant la trajectoire sur toutes les phases de vol et dans toutes les conditions météorologiques.

© Hakim Mamor/Météo-France



Lors de l'éruption du volcan Eyjafjöll en 2010, l'ATR-72 exploité par le Service des avions instrumentés pour la recherche en environnement (SAFIRE/Météo-France, CNES, CNRS) a été reconfiguré pour détecter la présence de particules et estimer leur concentration.

© Pascal Taburet/Météo-France

### ◆ Cendres sous surveillance

En 1982, un Boeing 747 de la British Airways a fait une chute de 7 000 m après que ses moteurs ont calé suite à l'infiltration de cendres rejetées par l'éruption du volcan indonésien Galunggung. Déroulés vers Jakarta, l'avion et ses 248 passagers ont pu sortir du nuage de particules et atterrir sains et saufs dans la capitale indonésienne. D'autres incidents similaires se sont produits, et l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), chargée de la coordination et de la régulation du transport aérien international, a mis en place des centres de surveillance des cendres volcaniques, les VAAC (Volcanic Ash Advisory Centres). Chacun de ces centres est chargé de déterminer l'étendue et le déplacement des nuages de cendres dans la zone dont il est responsable. Depuis Toulouse, Météo-France surveille ainsi toute l'Europe continentale, toute l'Afrique, le Moyen-Orient et l'Asie jusqu'à l'extrême ouest de la Chine. Le centre dispose de données satellite et utilise des modèles numériques de transport de particules pour simuler la dispersion du panache de cendres.



### ZONE DE CONVECTION

En météorologie, zone de l'atmosphère dans laquelle l'air est animé par des mouvements verticaux.

Les zones de convection sont génératrices d'instabilité et peuvent produire des orages.

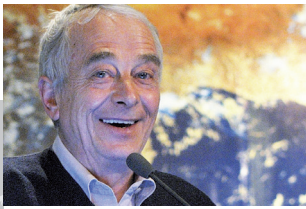
les centres de contrôle au sol. Avec SESAR, l'idée est d'attribuer à chaque avion une trajectoire en quatre dimensions (les trois dimensions spatiales auxquelles s'ajoute le temps), évolutive depuis la planification en amont du vol jusqu'à l'arrivée à destination. « Grâce à un réseau intranet sécurisé, elle sera partagée simultanément par tous les acteurs du vol. » ajoute Jean-Louis Brenguier.

Et du décollage à l'atterrissage, pour optimiser cette trajectoire, les besoins en données météo sont omniprésents. Actuellement, pour la phase « en route », les centres mondiaux de prévision de zone de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), situés aux États-Unis et au Royaume-Uni, fournissent des cartes météo vingt-quatre heures à l'avance. Des messages décrivant les conditions sur les aéroports sont également émis toutes les six heures. Et lorsqu'un phénomène dangereux est prévu sur une zone donnée, un message d'alerte est transmis aux aéroports et par phonie aux pilotes. « Aujourd'hui, la météo aéronautique est pour l'essentiel utilisée au sol pour la préparation des vols, résume Patrick Josse, chef de l'équipe aéronautique à la Direction de la prévision de Météo-France. Avec SESAR, les pilotes et les contrôleurs partageront pendant le vol les informations météo les plus récentes. »

**Mieux surveiller les nuages.** L'enjeu est de taille. De récentes études ont montré que les conditions météorologiques ont contribué, au moins partiellement, à plus du tiers des incidents et accidents. Que se passe-t-il, par exemple, lorsqu'un avion rencontre une zone de convection\* comme un nuage d'orage? Dans ces structures verticales complexes, il est soumis à des turbulences importantes qui le déstabilisent et à des précipitations susceptibles de givrer sur les structures, avec à la clé des risques de réduction de la portance et de la manœuvrabilité ou d'extinction des moteurs. La consigne est donc d'éviter ces phénomènes dangereux. Mais selon l'étendue du système nuageux, le détour peut représenter de quelques dizaines à des centaines de kilomètres.

Pour repérer ces zones, les pilotes comptent aujourd'hui sur les informations qu'ils ont eues avant le décollage et sur leur radar de bord. Le champ de vision de ces instruments reste toutefois limité. Ils sont notamment incapables de détecter une zone potentiellement dangereuse si elle est masquée par un premier plan nuageux. Que faire, alors, pour aider les pilotes? « À très court terme, l'objectif est de leur fournir sur l'Europe une infor- >>>





### TROIS QUESTIONS À JEAN-LOUIS BRENGUIER

**Ingénieur général des Ponts, Eaux et Forêts, chargé de la mission R&D pour l'aéronautique à Météo-France.**

- Doctorat d'université Clermont-Ferrand en 1978
- Doctorat d'État Clermont-Ferrand en 1991
- Précédemment responsable du Groupe de recherche expérimentale et instrumentale (GMEI) du Centre de recherche de Météo-France (CNRM, Météo-France/CNRS)
- Coordinateur du Réseau européen des avions de recherche pour l'environnement (EUFAR European Facility for Airborne Research)
- Coordinateur du projet SESAR 11.2.2 pour le développement de services météorologiques à l'aviation.

© Patrick Pichard/Météo-France

## « Nous cherchons à développer des produits sans couture. »

### ◆ Comment se construit le ciel unique européen ?

Aujourd'hui, les services météo nationaux sont responsables de leur territoire. Chacun a développé ses propres infrastructures d'observation et de prévision dans cette perspective. Ainsi, quand les vols vont d'un pays à un autre, les services ne sont pas parfaitement harmonisés. Dans le cadre de SESAR mais aussi des FAB (Functional Airspace Block), qui seront mis en place d'ici fin 2012, nous développons des produits « sans coutures », où les frontières n'existent pas et où les seuils qui définissent la sévérité d'un phénomène sont partout identiques.

### ◆ Comment les services météo mettent-ils en commun leurs compétences dans le cadre de SESAR ?

Pour les services météo anglais, allemand et français, qui ont développé de grandes infrastructures d'observation et de prévision, il s'agit d'harmoniser les produits météo au service de l'aviation et de définir les standards qui s'appliqueront à terme au territoire européen. Les Finlandais et les Suédois apportent au consortium leur expertise unique sur la prévision de l'impact des conditions hivernales sur les plates-formes aéroportuaires. Quant aux Norvégiens, ils contribuent à l'expression des besoins de l'aéronautique en termes de services météo.

### ◆ Qui coordonne vos recherches ?

C'est le rôle principal d'Eumetnet, le réseau qui regroupe 29 services météorologiques européens. Ensemble, nous allons offrir à l'aviation un interlocuteur unique pour la fourniture de ces services.

**Un modèle à 500 m de résolution.** Un autre phénomène est étudié de près par Météo-France : les « wake vortex », ces longs sillages créés par les avions et qui évoluent comme une vague déferlante. À cause d'eux, il faut espacer les appareils, notamment au décollage et à l'atterrissage : la capacité des aéroports s'en trouve réduite. Connaître leur durée de vie et leur déplacement est indispensable pour calculer la distance optimale entre les avions. Pour ce travail, Météo-France s'est associé à THALES et a lancé une campagne d'expérimentation sur l'aéroport Paris-Charles de Gaulle. Le but : tester et valider différents systèmes de détection des wake vortex et développer des outils de prévision à très courte échéance des conditions qui favorisent leur formation.

« Les aéroports doivent pouvoir accueillir tout le trafic à venir en s'adaptant à sa variabilité. C'est un point clé du développement de la trajectoire 4D, souligne Patrick Josse. Si une baisse de capacité est prévue, il faut ralentir les vols en amont tout en veillant à ce qu'ils consomment le moins de carburant possible. » Le cas se présente lorsque des orages, du brouillard ou des conditions hivernales, comme la neige ou le verglas, perturbent le trafic. Afin d'y remédier, Météo-France va faire un bond dans la résolution des modèles de prévision au-dessus des aéroports : avec le modèle Arome 500, elle passera de 2,5 km à 500 m. Pour les contrôleurs aériens, anticiper les réductions de capacité deviendra plus simple.

**Économies de carburant.** Et quand il fait beau et que tout va bien ? Là encore, la plus grande finesse des prévisions sera appréciée pour des raisons économiques et environnementales. Car la connaissance précise des vitesses de vent à l'échelle kilométrique donnera les moyens aux compagnies de choisir les trajectoires les moins consommatrices en carburant et de réduire l'incertitude sur la durée du vol. Ainsi sur un vol transatlantique, où la différence de temps de vol entre deux trajectoires distinctes peut être d'une heure et demie, des tonnes de carburant seront économisées. Et ne seront donc plus transportées inutilement d'un côté à l'autre de l'océan. •

**33 000 vols, pour les jours les plus chargés, font de l'espace aérien européen l'un des plus denses au monde.**

»» mation 3D et à l'échelle kilométrique sur les structures convectives grâce au réseau de radars météorologiques au sol. Et pour les zones tropicales ou océaniques, des observations satellite de l'étendue et de l'altitude des nuages d'orage, rafraîchies tous les quarts d'heure, annonce Jean-Louis Brenguier. À partir de ces informations, les pilotes pourront recalculer, avec l'aide des centres de contrôle au sol, la trajectoire conjuguant le mieux performance et sécurité. »

**1 km** c'est la résolution standardisée qu'atteindront prochainement les modèles de prévision régionaux pour simuler explicitement les orages. 200 radars installés en Europe recueillent aujourd'hui les observations qui alimenteront ces modèles.

## à retenir

- À l'horizon 2020, les trajectoires des vols seront déterminées en temps réel grâce à un échange plus fréquent de données, notamment météo.
- Météo-France apporte son expertise sur les observations et la prévision des orages afin d'optimiser et de sécuriser le trafic aérien.
- Un meilleur calcul des trajectoires réduit l'impact sur l'environnement.

## FOCUS assister l'aéronautique



© Pascal Taburet/Météo-France

Un des lidars expérimentaux installés à l'aéroport de Nice en 2009.

# Des instruments de plus en plus précis



### LIDAR

(Light Detection and Ranging) Appareil de télédétection qui émet des ondes laser et enregistre le signal retour de ces impulsions.

« Sur les cinq ans à venir, nous nous sommes fixé pour objectif d'améliorer les systèmes d'observation sur les aéroports où les enjeux météorologiques sont les plus importants. Nous travaillons beaucoup sur la visibilité, l'état du sol et le vent. » Dominique Davrinche est directeur adjoint de la Direction des systèmes d'observation (DSO) de Météo-France, qui gère tous les réseaux fournissant des données pour la surveillance des phénomènes et leur prévision. Pour l'aéronautique, de nouveaux systèmes ont été développés : « À Paris-Charles de Gaulle et Lyon-Saint Exupéry, en plus des capteurs de vent, de visibilité, d'état du sol et de neige, nous avons déployé de nouvelles stations d'observation à l'exté-

rieur des aéroports pour avoir une meilleure perception des phénomènes et une meilleure anticipation de leur arrivée. » Ces dernières années, l'accent a été surtout mis sur la télédétection. Sur l'aéroport de Nice, où les changements de vent peuvent être brutaux en raison du relief – on parle de phénomène de cisaillement –, des lidars\* Doppler ont été installés en 2009 et 2011 pour évaluer leur capacité à détecter le cisaillement par temps clair. « Les mesures obtenues visent à éviter des situations extrêmes : en 2009, un avion a attendu une heure et demie avant de pouvoir se poser à cause des phénomènes de cisaillement autour de l'aéroport, explique Dominique Davrinche. Si les systèmes d'observation détectent le

phénomène à une distance suffisamment grande, les opérateurs de plate-forme pourront anticiper les conditions du trafic trente minutes à l'avance. » Lorsque les conditions météo sont dégradées, Météo-France utilise sa mosaïque de radars, dont les ondes radio sont réfléchies par des précipitations solides ou liquides. « À moyen terme, leurs données seront valorisées dans ASPOC, l'outil de visualisation et de suivi des zones orageuses convectives en métropole développé par Météo-France, commente Dominique Davrinche. Les radars permettront une vision 3D de la structure des précipitations et en particulier une mesure des cisaillements de vent. C'est une information que les pilotes demandent. » Les données

obtenues par les différents instruments sont ensuite assimilées dans les modèles de prévision dont les mailles deviennent de plus en plus fines : avec Arome 500, la résolution descendra au-dessous du kilomètre ! Dans le domaine de l'observation depuis l'espace, enfin, des progrès sont aussi annoncés. La troisième génération de Météosat devrait ainsi offrir une vision plus précise de la structure de l'atmosphère, ce qui permettra d'améliorer les prévisions. •

• Comité éditorial :  
Directions de la Recherche et de la Communication de Météo-France  
• Rédaction : Myriam Détruy  
• Conception graphique et réalisation : A noir,