

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages
pour l'approche et l'atterrissage

Document de synthèse



direction générale
de l'Aviation civile

direction
de la sécurité
de l'Aviation civile

BEA
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

dgac
DSNA

Air Tahiti Nui

XL
Airways France

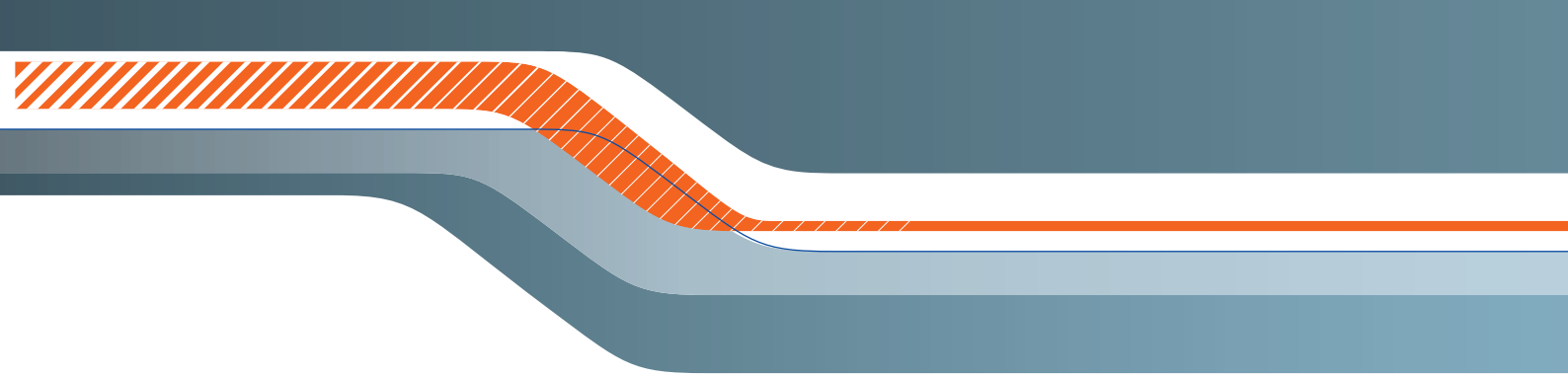
AIRFRANCE

AÉROPORTS DE PARIS

UNION DES AÉROPORTS FRANÇAIS

dgac
STAC

AIRBUS



SOMMAIRE

PRENDRE UNE DÉCISION JUSTE	3
FAVORISER UNE CONSCIENCE COMMUNE DU RISQUE.....	11
ASSURER UNE TRANSMISSION DE L'INFORMATION LA PLUS PERTINENTE.....	23
FORMER ET DÉVELOPPER LES APTITUDES À LA DÉCISION.....	35
DISPOSER DE MOYENS TECHNOLOGIQUES D'AIDE À LA DÉCISION.....	43
PARTICIPANTS ET INTERVENANTS	55



AVANT-PROPOS

Parmi les incidents ou accidents ayant conduit à des sorties de piste, les conditions météorologiques dégradées à l'approche et à l'atterrissage font partie des facteurs contributifs identifiés les plus récurrents. Lors de son bilan 2009-2010, IATA a relevé que, parmi les 23 sorties de piste, dont 21 à l'atterrissage, le facteur météorologique intervenait dans près de 40 % des cas.

Qu'ils se limitent à de la casse matérielle lors des sorties de piste ou qu'ils conduisent à des pertes humaines, ces accidents liés à des conditions météorologiques dégradées à l'approche et à l'atterrissage se déroulent aussi bien dans des zones tropicales (San Andres Colombie août 2010, Mangalore Inde mai 2010), connues pour leurs conditions difficiles, que sur notre territoire métropolitain (Deauville 2008, Limoges 2008) ou d'outre-mer (Cayenne 2001, Tahiti 2000).

Équipages, compagnies, services de la navigation aérienne, exploitants d'aérodromes, services de la météorologie, autorités de surveillance, tous les acteurs du secteur aéronautique sont concernés pour réduire l'occurrence et la gravité de tels événements.

Dans le cadre du Programme de Sécurité de l'État, la Direction de la sécurité de l'Aviation civile a établi des objectifs de réduction des risques ciblés. Parmi ceux-ci, figure l'objectif « Améliorer l'assistance aux équipages dans leurs décisions liées aux phénomènes météorologiques dangereux » **PSE-OC/08/4**, auquel la DSAC a décidé de consacrer un symposium. Ces symposiums sont organisés comme des forums sur la sécurité dans lesquels chaque acteur partage son point de vue dans une optique de confrontation des idées et d'amélioration de la sécurité.

Lancés en septembre 2009, les travaux du symposium 2010 visent à rassembler des professionnels du monde aéronautique afin de partager les expériences de chacun, d'échanger sur la prévention des risques et d'établir, en collaboration étroite avec tous les acteurs concernés, des actions pertinentes de sécurité visant à diminuer les accidents et incidents aériens.



DSAC

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage

732.. UN CUNIMB ARRIVE
SUR LE TERRAIN.
980 HECTOPASCALS,
PLUIE, VENT, ETC..
LA PISTE EST MOUILLÉE.
TURBULENCES À L'ARRIVÉE.

PRÉPARONS-NOUS
À UNE REMISE DE GAZ...
TRAJECTOIRE ASSURÉE ?

LES PAX SONT
INDISPOSÉS !

ET LE PÉTROLE,
ÇA DONNE QUOI ?

COMMANDANT,
IL FAIT MEILLEUR
À KUUJJUAQ !

SI DÉGAGEMENT...
MÉTÉO TOUJOURS
OK ?

ON EST CENSÉ
REPARTIR DANS
UNE HEURE. LES
AUTRES SE SONT
POSÉS, ELIX...

MAÎTRISER LA SITUATION,
C'EST AUSSI SAVOIR REMETTRE EN CAUSE
SON PROJET D'ACTION.



PRENDRE UNE DÉCISION JUSTE

Près de la moitié des accidents survenus en 2009 s'est produite à l'atterrissage, une sortie de piste étant le scénario le plus observé. Une part importante de ces cas a conduit à la perte totale de l'appareil.

Les rapports d'enquête établis à la suite d'accidents de ce type (Hawaiian Airlines à Tahiti le 24 décembre 2000, Air France à Cayenne le 25 mai 2001 ou à Toronto le 2 août 2005) sont une source particulièrement intéressante pour dégager de manière synthétique des pistes de réflexion afin de diminuer les risques d'accidents se produisant lors d'une approche ou d'un atterrissage dans des conditions météorologiques dégradées.

Lors de l'approche et de l'atterrissage, l'équipage, au cœur du dispositif, est un acteur majeur dans le choix du plan d'action et sa remise en cause éventuelle. Les décisions de l'équipage doivent être soutenues par la politique compagnie.

APPROCHE ET ATERRISSAGE - CHRONOLOGIE

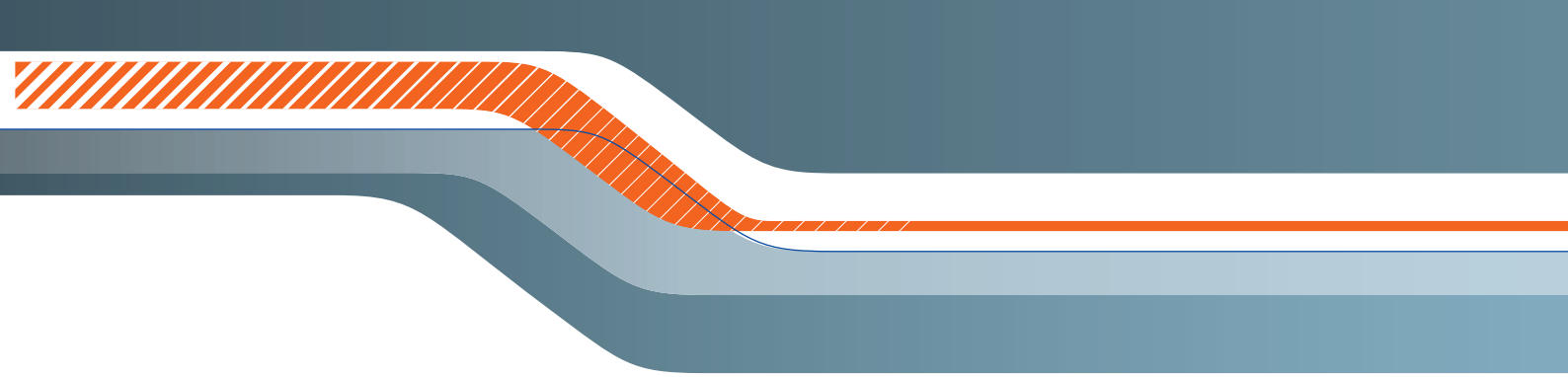
Chaque pilote, chaque équipage peut avoir à faire face à des conditions météorologiques dégradées. La sécurité du vol dépendra alors de la qualité des décisions prises dans ces instants. Il s'agit essentiellement pour le commandant de bord comme pour le copilote, de décider d'entreprendre ou non, de poursuivre ou non l'approche finale ou l'atterrissage. La sécurité du vol dans ces circonstances dépend donc du processus de décision et de son efficacité. Ce processus repose pour une part sur la manière dont l'équipage traite les informations auxquelles il a accès, et pour l'autre part, sur la nature même et la pertinence de ces informations.

Pour bien appréhender ce processus de décision et l'améliorer, il est intéressant de considérer deux moments distincts dans le déroulement de l'approche :

- Une **phase initiale** où la pression temporelle, bien que présente, permet encore le recueil d'informations complémentaires, l'évaluation de la situation en équipage et l'élaboration d'une décision (attente, dégagement, déroutement...).
- Une **phase finale** débutant par exemple à la rejoincte de l'axe, où la pression temporelle est telle que la prise de décision doit être immédiate.

Parmi les menaces ou les erreurs

La gestion des « menaces et des erreurs » est un concept enseigné aux équipages pour aborder les risques tout au long du vol. Il repose sur l'idée que chaque vol « crée » par lui-même des risques d'accident de type CFIT, collision en vol, collision sur piste, sortie de piste, de perte de contrôle en vol etc. Certaines circonstances subies, indépendantes de la volonté des pilotes, aggravent ces risques. Ces circonstances sont qualifiées de « menaces ». Certaines décisions, actions ou omissions initiées par les pilotes réduisent les marges de sécurité et aggravent ces risques. Ce sont les erreurs. La sécurité d'un vol sera assurée si l'équipage parvient d'une part à mieux identifier, anticiper et éviter ou gérer les menaces, et d'autre part, à mieux prévenir, ou détecter et récupérer les erreurs. La notion de « menace et d'erreur » est actuellement présentée dans les documents SGS de l'OACI et de l'IATA sous l'acronyme TEM pour « *Threat and Error Management* ».



Les éléments suivants constituent un facteur défavorable ou une menace :

- L'évolution rapide de la situation météorologique : la nature changeante du temps convectif ne permet pas à l'équipage d'anticiper ses actions en se préparant à ce que seront les conditions météorologiques à l'atterrissage.
- De fortes pluies brutales et inattendues (« rideau de pluie »), rencontrées parfois de nuit, parfois au-dessous des minima, entraînent une réduction très rapide de la visibilité qui peut atteindre des valeurs proches de celles rencontrées lors d'approche CAT II ou III sans information par les services de la navigation aérienne. Cette dégradation des références visuelles peut conduire à des écarts de pilotage et de trajectoire (écarts latéraux, atterrissages trop longs et/ou trop rapides), et réduire les marges disponibles pour arrêter l'avion sur une piste dont l'adhérence est elle-même fortement dégradée.
- À mesure que l'expérience augmente, la perception du niveau de risque associé à un danger donné peut être modifiée. Ainsi les équipages font régulièrement face à du temps convectif et réussissent à se poser à proximité immédiate d'orages. L'ambiguïté des indices, même s'ils s'avèrent dissuasifs, et les tentatives précédentes réussies (tentatives personnelles du pilote lors d'autres atterrissages mais aussi des autres avions qui se sont déjà posés juste devant), peuvent conforter les équipages dans leurs capacités à poursuivre l'atterrissage en conditions dégradées.
- L'absence d'information actualisée sur les précipitations et la visibilité en courte finale ou sur l'état de la piste : une majorité de pilotes disent avoir constaté un manque d'information pertinente et actualisée sur l'état de la piste en cas de fortes précipitations.

- Le débrayage des automatismes : la conduite d'une approche sans PA ou FD diminue la disponibilité des équipages. Par ailleurs, les constructeurs considèrent que, statistiquement, la poussée automatique offre la meilleure protection contre les variations de vitesse, et recommandent même son utilisation dans les turbulences, à moins que les variations de poussée ne deviennent excessives.
- Un manque de critères, dans les procédures de l'exploitant, constituant une aide pour les équipages pour décider d'entreprendre ou non une approche ou une remise des gaz. Celle-ci devrait être prévue dans les consignes exploitants et pouvoir être envisagée tout au long de la percée, aux minima et en dessous et en cas d'atterrissage manqué.

COMMENT PROGRESSER ?

En approche et dans des conditions météorologiques difficiles, les changements rapides des paramètres d'environnement tout au long de l'approche sont difficiles à percevoir. Les actions permettant d'améliorer la conscience qu'en ont les pilotes prennent une forme différente selon le moment de l'approche :

- Lors de la **phase initiale**, ϕ_i , l'équipage a plus de disponibilité pour recueillir les informations lui permettant de bâtir une conscience précise de la situation et de développer des projets d'action adaptés.
- Lors de la **phase finale**, ϕ_f , proche du sol et beaucoup plus dynamique, les contraintes temporelles et l'obligation d'agir ne sont plus propices à une remise en cause réfléchie du projet d'action, pourtant le volume d'indices est croissant dans cette phase.

Les propositions d'amélioration décrites ci-après peuvent s'inscrire plus ou moins efficacement dans les phases définies ci-dessus.

Les points suivants sont considérés comme des axes de travail susceptibles de permettre une réduction des risques de ce type d'accident.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Calcul de longueur de piste nécessaire à l'atterrissage (ϕ_i) :

l'équipage devrait connaître la marge disponible au moment de l'atterrissage dans les conditions réelles du jour. La conscience de celle-ci est d'autant plus importante que les constructeurs démontrent des performances d'atterrissage dans des situations qui amènent à des distances d'arrêt minimales, les conditions d'arrondi, d'impact et de freinage pratiquées par les pilotes d'essais étant différentes de celles pratiquées en ligne sur des atterrissages dits « commerciaux ».

Ainsi, devraient être considérés comme nécessaires avant de débuter l'approche en conditions météorologiques adverses :

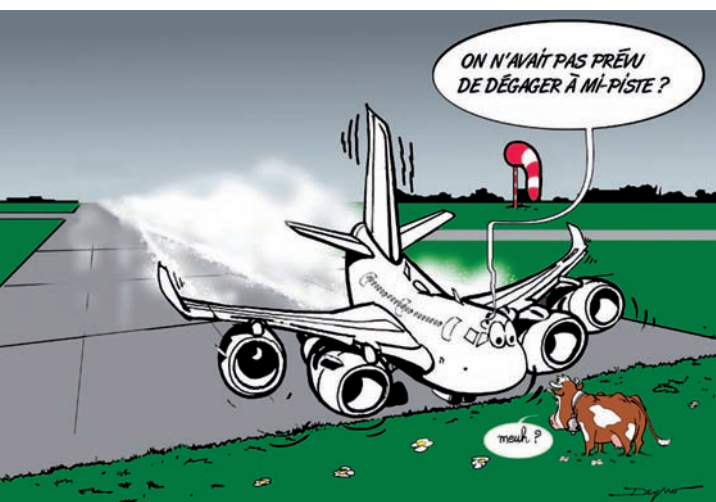
- Le calcul de la distance d'atterrissage compte tenu des conditions actualisées pour le moment de l'arrivée.
- La détermination de la valeur de la marge entre la distance d'atterrissage et la longueur de piste disponible.
- Une notion de l'influence d'une variation de vent effectif ou de hauteur de passage au seuil de piste sur la distance d'atterrissage.
- Le fait de quantifier une évolution défavorable de l'état de la piste (passage de mouillée à contaminée au cours de l'approche) et du vent (augmentation du vent arrière).



La répartition des tâches (ϕ_f) : compte tenu du niveau de stress à l'atterrissage dans des conditions météorologiques dégradées, la répartition des tâches permet de favoriser une décision rapide. Par exemple :

- Compte tenu des conditions météorologiques dégradées, le commandant de bord décide de façon consciente s'il attribue la fonction PF au copilote pour disposer d'une meilleure disponibilité décisionnelle, ou bien à lui-même pour la réalisation de l'approche,
- L'exploitant prévoit des annonces des écarts significatifs (loc, glide, vitesse...) dès l'approche et jusqu'à l'atterrissage. Elles sont effectuées par le PNF afin d'augmenter la probabilité d'identification d'une situation potentiellement dangereuse,
- Le copilote annonce « remise de gaz » quand il est PNF et qu'il en éprouve la nécessité, ou bien initie une remise des gaz lorsqu'il est PF. Ces procédures doivent être formalisées dans le manuel d'exploitation de l'exploitant.

L'emport Carburant (ϕ_i): L'équipage doit pouvoir évaluer la situation dans son ensemble sans que la gestion du carburant ne vienne perturber de façon anormale la prise de décision.



Le projet FAR – Flight Assistance Re-engineering – AIR FRANCE

Contexte à l'initiative du projet

Le processus de Préparation et d'Assistance des vols est au cœur de la relation entre les équipages techniques et les équipes au sol. La Direction Générale d'Air France a acté, en début 2009, le principe de le faire évoluer de manière significative afin de le hisser au niveau des meilleurs standards de l'industrie.

Périmètre et enjeux

Le projet couvre l'ensemble de la chaîne de traitement de l'information aéronautique et opérationnelle, l'ingénierie des vols, la préparation des vols, la fonction départ vol et l'assistance en vol.

Les principaux enjeux portés par le Projet sont l'amélioration de la sécurité des vols, de la qualité du service rendu aux équipages, de la performance opérationnelle, de l'économie des vols et touchent l'évolution des métiers, la formation, les systèmes d'information.

La conduite du changement constitue une dimension majeure, tant vis-à-vis des pilotes que des personnels au sol en charge des processus actuels, dont le projet

s'attache à recueillir les attentes et pistes de progrès au travers de démarches participatives. L'adhésion de l'ensemble des acteurs à ces évolutions passe par une communication régulière, la mise en œuvre de phases d'évaluation lorsque nécessaires et une gestion du temps réaliste.

L'organisation et le déploiement du projet

Le projet est mené par une équipe dédiée, pluridisciplinaire constituée de pilotes et personnel au sol et fait appel à la contribution de toutes les entités concernées.

S'appuyant sur un diagnostic de l'existant enrichi d'un benchmark effectué auprès d'autres compagnies aériennes, FAR travaille activement sur des améliorations portant sur les processus, sur les organisations et sur les outils. Il étudie aussi les incidences des évolutions envisagées sur le fonctionnement général du Centre de Contrôle des Opérations et sur les différents services support.

Plusieurs grandes orientations ont d'ores et déjà été actées pour le projet, dont la mise en place d'un métier unique – le métier de dispatcher – assurant à la fois la préparation et l'assistance d'un vol. Ce choix s'inscrit dans la volonté de la Compagnie de mettre en place un véritable soutien opérationnel et continu aux équipages en mission, œuvrant de manière proactive et réactive. Plusieurs autres chantiers importants viennent enrichir le dispositif cible : la refonte de la formation métier (qualification initiale et maintien des compétences), la mise en œuvre de nouveaux processus de traitement de l'information aéronautique, la modernisation des Systèmes d'Information, la conduite du changement auprès du personnel au sol et auprès des pilotes. La mise en œuvre de l'ensemble du Projet dans ses différentes composantes est prévue sur une durée de 2 à 3 ans avec une phase préalable d'évaluation qui sera initiée dès décembre 2010.



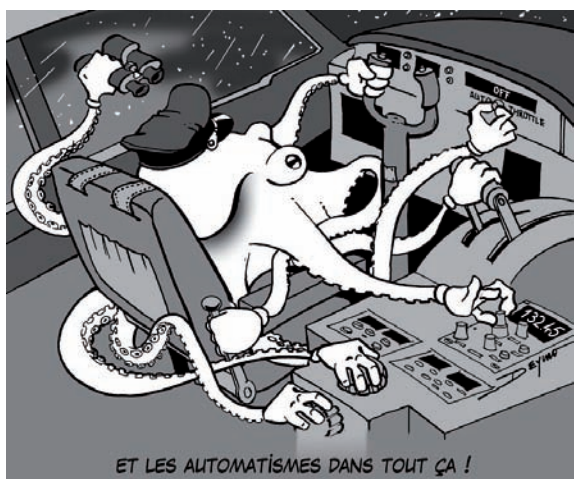
Le métier de « dispatcher » au CCO Air France

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



L'utilisation des automatismes (φf) : l'utilisation adaptée des automatismes constitue un acteur favorable (système de gestion de la poussée, système de freinage automatique directeur de vol...) et l'emploi de l'ensemble des systèmes d'information permettant d'alléger la charge de travail de l'équipage doit être préconisé. Les méthodes d'utilisation doivent être précisées au manuel d'exploitation.

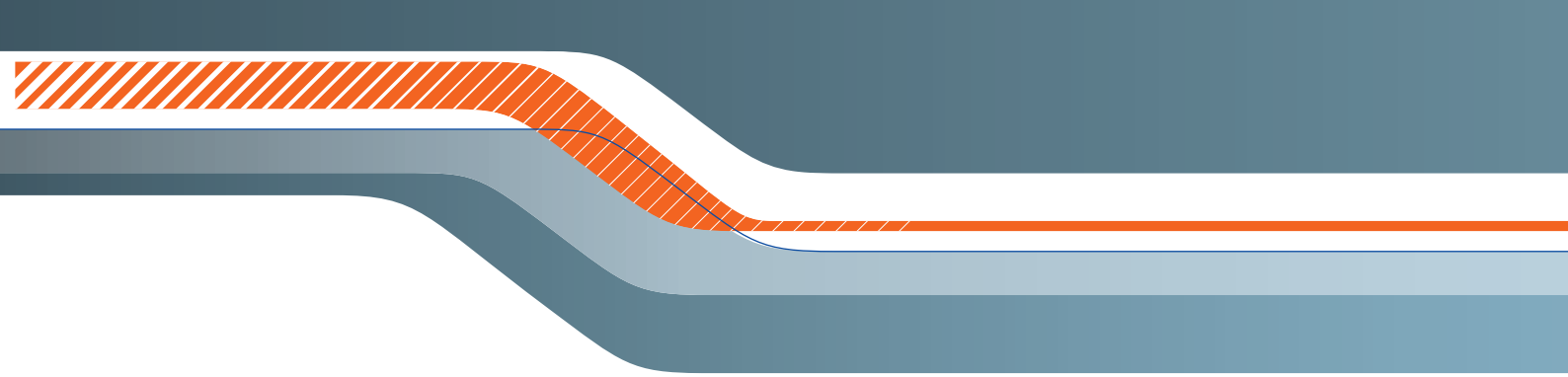


L'entraînement à la précision de la séquence d'atterrissage (φf) : la réalisation en formation et en entraînement d'approches comprenant des scénarios où les conditions météorologiques, à elles seules, conduisent à des prises de décisions de type dégagement, attente, remise des gaz,... devrait être développée en particulier lors de la formation initiale. Les critères déterminants suivants : conditions météorologiques sur les trajectoires d'approche et de remise des gaz, dégradation de la visibilité sous les minima, vitesse, point d'impact, freinage, répartition des tâches et gestion des automatismes, devraient être intégrés dans ces scénarios.

L'AIREP : le rapport par un pilote en cours d'approche ou immédiatement après l'atterrissage est utile dans la prise de décision des équipages qui suivent. Cette boucle courte sur la fréquence ATC se formalise par une phraséologie précise et adaptée. Dans cette phase de vol, les informations les plus utiles sont celles concernant notamment les cisaillements de vent, les conditions de freinage, les marges résultantes après l'atterrissage ou toute autre condition ayant conduit à des écarts par rapport à la situation prévue.

L'aide à la décision et équipement embarqué : la capacité d'un équipage à détecter une déstabilisation en courte finale semblable à celle de Toronto ou d'autres accidents, pour décider une remise de gaz peut être grandement améliorée en utilisant mieux les technologies et informations disponibles aujourd'hui à bord des avions. Les développements en cours de systèmes tels que « *Deep landing Alert* », « *Stabilized Approach Monitoring* », « *Brake To Vacate* » susceptibles d'améliorer la conscience de la situation et les décisions de l'équipage en courte finale doivent être encouragés.

La surveillance du risque de sortie de piste à l'échelle d'une compagnie : les comptes rendus d'événement des équipages concernant les cisaillements de vent, les conditions de freinage, les marges résultantes après l'atterrissage, les dispersions au point d'impact, les quasi-sorties de piste ou toute autre circonstance ayant conduit à des écarts par rapport à la situation prévue doivent être encouragés. Ces comptes rendus constituent une contribution essentielle au fonctionnement de système de gestion de la sécurité de la compagnie mais aussi de l'exploitant d'aérodrome et des services de la navigation aérienne.



La procédure de suspension des opérations aériennes sur une piste en conditions météorologiques dégradées

Suite à certains accidents (Toronto, Deauville...), la question de la responsabilité des différents acteurs dans la décision d'utilisation ou non d'une piste en conditions météorologiques dégradées a été posée.

Un groupe de travail rassemblant la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile, l'Union des Aéroports Français, la Direction des Services de Navigation Aérienne et le STAC a été constitué.

L'analyse juridique a mis en évidence que le pilote a la première responsabilité de la décision d'atterrir, en fonction des informations dont il dispose. Par ailleurs, si l'exploitant d'aérodrome est chargé de veiller, d'une manière générale, au bon entretien de l'aérodrome et notamment des pistes, cette mission ne lui donne pas pour autant la compétence juridique pour suspendre ou interdire l'utilisation d'une piste en conditions météorologiques dégradées. Il existe néanmoins une obligation d'information et de proposition à la charge de l'exploitant d'aérodrome. La compétence pour la restriction d'utilisation ou la fermeture de piste d'aérodrome en conditions météorologiques

dégradées relève de la compétence du ministre chargé de l'aviation civile, en tant que titulaire de la police de la circulation aérienne.

Une procédure a été élaborée par le groupe de travail, afin de clarifier les responsabilités des acteurs de la plate-forme, et d'organiser la transmission de l'information entre les exploitants d'aérodrome, les services de navigation aérienne, les directions interrégionales de la DSAC, et les Préfets.

Cette procédure entrera en application à compter du 1^{er} septembre 2010 à titre expérimental et un retour d'expérience sur son applicabilité sera réalisé auprès des directions interrégionales de la DSAC, des exploitants d'aérodrome et des services de navigation aérienne, à l'issue de la période hivernale 2010/2011.

Des travaux complémentaires ont par ailleurs été menés ou sont en cours de finalisation pour accompagner la mise en place de cette procédure. Ces travaux visent à améliorer l'adéquation de l'information sur l'état de la piste transmise par l'exploitant d'aérodrome, à clarifier les modalités de transmission de l'information dans les guides ou procédures existants, et à fournir un outil d'aide à la décision aux agents chargés de la prise de décision de suspension des opérations aériennes sur une piste.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



La qualité et la pertinence des informations transmises (φi) : les informations relatives à l'état de la piste sont indispensables au processus de prise de décision des pilotes et ce dès le début de l'approche. Les services de la navigation aérienne sont le moyen central de communication de ces informations pendant cette phase. Les équipages doivent solliciter les informations manquantes utiles à leur processus de décision.

Des progrès parfois significatifs sont possibles par la mise en œuvre d'actions simples qui peuvent être engagées dans les domaines correspondant aux pistes d'amélioration présentées ci-dessus. Celles-ci devraient permettre de réduire de manière conséquente le nombre d'accidents de ce type.



« N'hésitez pas demander les informations pertinentes les plus récentes pour prendre vos décisions »



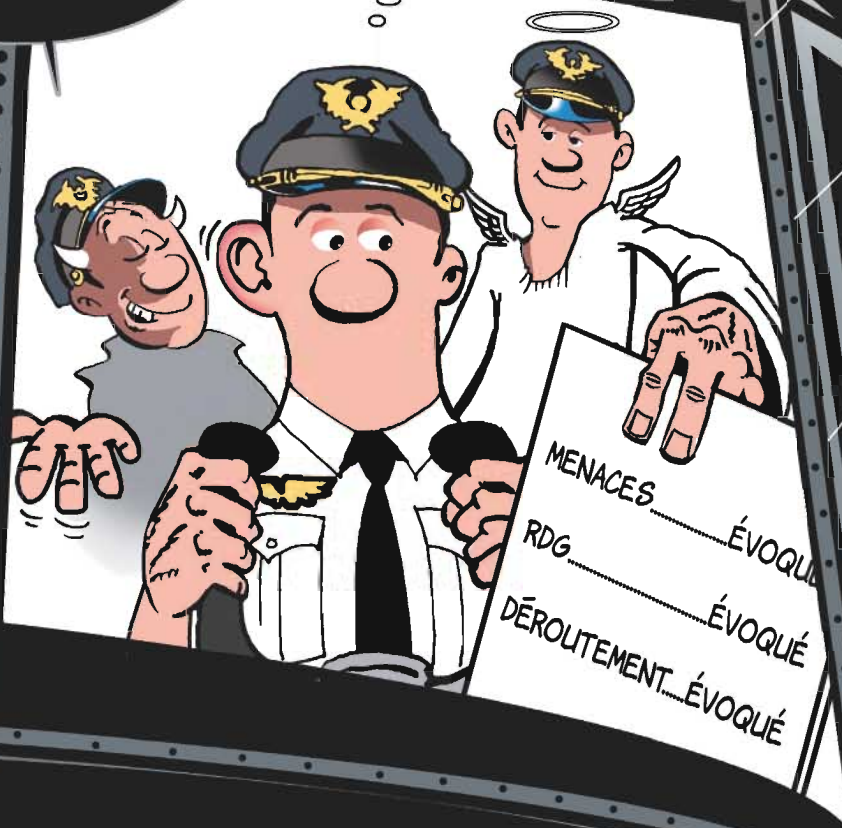
DSAC

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage

MAIS OUI, VAS-Y !
TU PEUX LE FAIRE !

TOGA
OR NOT TOGA ...



UNE BONNE CONSCIENCE DE LA SITUATION TU AURAS,
UNE DÉCISION JUSTE TU PRENDRAS.



FAVORISER UNE CONSCIENCE COMMUNE DU RISQUE

Pourquoi être vigilant ? Bien que soumis à des critères de certification précis et sévères, les aéronefs présentent des capacités limitées à opérer par conditions météorologiques dégradées. Les facteurs concourant à augmenter les risques sont notamment :

- Les limites des équipements (protection, détection)
- Les limites propres à l'équipage (expérience – capacité à piloter en conditions dégradées – partage des tâches)
- L'évolutivité des phénomènes et de leur intensité

Il est donc capital d'être informé pour pouvoir anticiper la rencontre de telles conditions ou l'éviter. La capacité d'anticipation de l'équipage présente cependant elle aussi des limites : il est parfois coûteux de modifier un schéma mental élaboré à partir des informations transmises quand la situation réelle diffère.

LES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES OU ADVERSES

Les conditions météorologiques dégradées regroupent un ou une combinaison des phénomènes météorologiques suivants :

- Précipitations
- Vent arrière, fort ou traversier, turbulences
- Cisaillements
- Présence de fortes activités convectives (cumulonimbus CB)
- Réduction de visibilité ou de plafond

Ces conditions météorologiques marginales ont aussi la caractéristique d'évoluer rapidement et d'être parfois imprévisibles. Il faut noter que la contamination de piste est une conséquence des précipitations (solides, liquides) tombant sur la piste.

Précision de l'information : la science météorologique a accompli des progrès considérables mais une observation reste néanmoins « la meilleure approximation possible des conditions réelles au moment de l'observation » (Annexe 3 de l'OACI, chapitre 4.1.9).

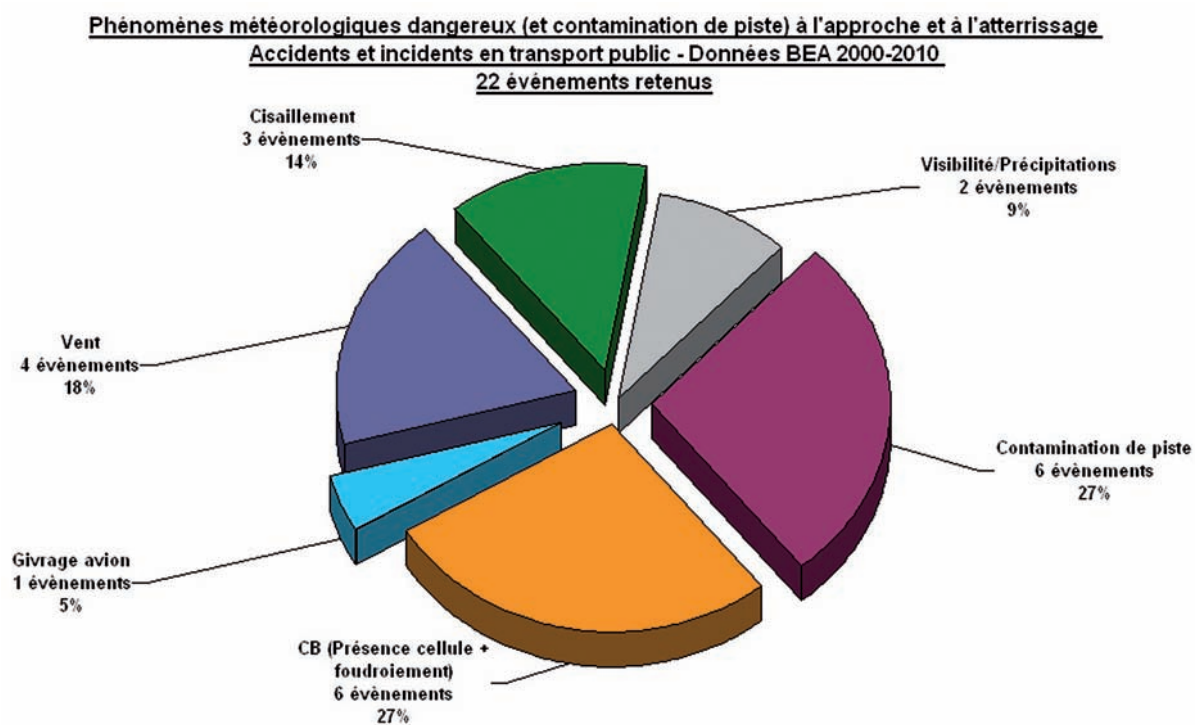
La qualité de l'observation ou de la prévision météorologique est donc liée aux :

- Limites de la représentativité des capteurs
- Limites des observations d'aérodromes : phénomènes représentatifs des conditions d'aérodrome (dans un rayon d'approximativement 8 km autour d'un point de référence ARP) et, pour certains phénomènes, dans son voisinage (entre 8 et 16 kilomètres)
- Imprécisions inhérentes aux prévisions

APPROCHE STATISTIQUE DU RISQUE

Accidents ou incidents graves (BEA)

Le BEA dénombre 22 accidents ou incidents graves en approche ou à l'atterrissage en France en transport public depuis 2000 avec contribution météorologique ou piste contaminée (à l'atterrissage).

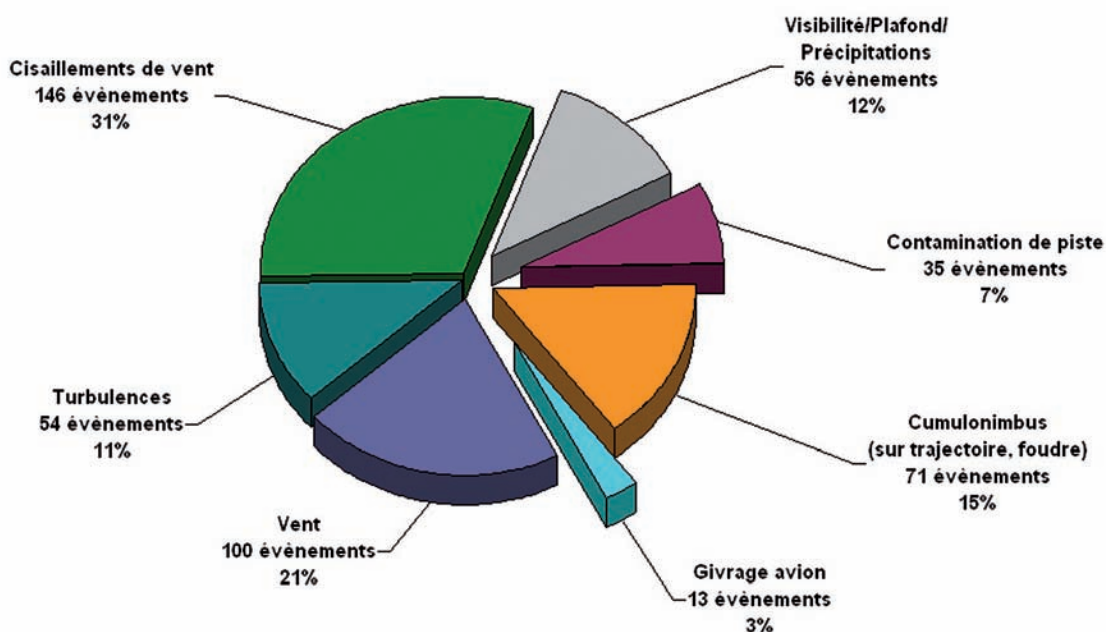




Événements rapportés en France (ECCAIRS)

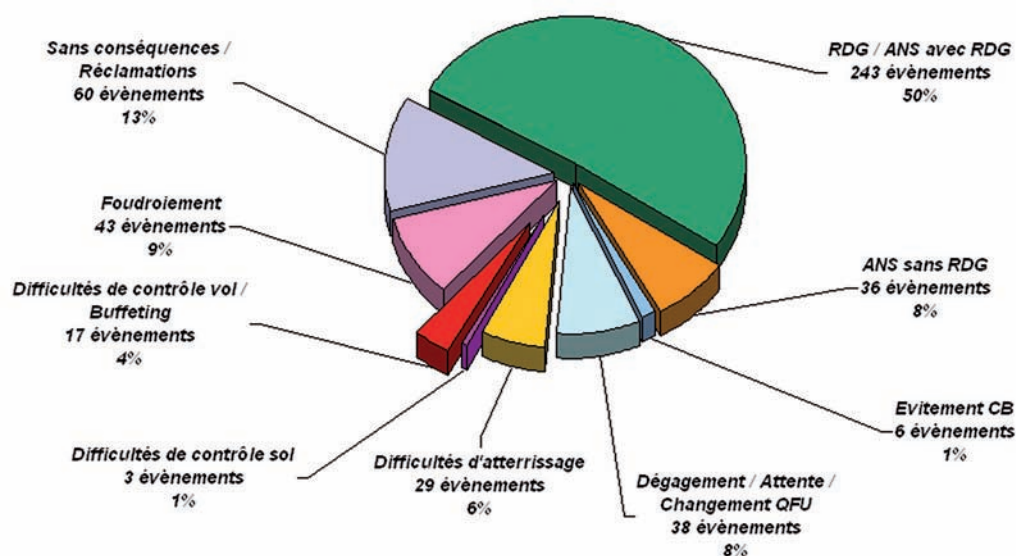
Types de phénomènes rencontrés : l'analyse de la base de données ECCAIRS de la DGAC a permis d'extraire 475 événements (incidents ou accidents) sur un an en transport public rapportés par les équipages, les services de la navigation aérienne, l'exploitant d'aérodrome entre avril 2009 et mars 2010. Ils sont liés au report de conditions météorologiques adverses lors des phases d'approche ou d'atterrissage ou à l'atterrissage sur piste contaminée.

Phénomènes météorologiques dangereux (et contamination de piste) à l'approche et à l'atterrissage
Transport public - Données ECCAIRS avril 2009 - mars 2010
475 événements retenus



Conséquences opérationnelles : les conséquences opérationnelles concernent tous les types de phénomènes confondus. Les conséquences de chaque phénomène sur la conduite du vol sont détaillées dans le paragraphe « Les phénomènes météorologiques et leurs conséquences ».

Phénomènes météorologiques dangereux (et contamination de piste) à l'approche et à l'atterrissage
Transport public - Données ECCAIRS avril 2009 - mars 2010
475 événements retenus
Conséquences opérationnelles



Commentaires

À la vue des résultats présentés, il apparaît qu'il y a divergence en certains points entre les données BEA et DGAC (ECCAIRS), en particulier en ce qui concerne les phénomènes de turbulence ou de cisaillement. Plusieurs facteurs expliquent la disparité de ces résultats :

- La disproportion du nombre de données (22 événements traités par le BEA contre 475 événements issus de la base ECCAIRS).
- Les données BEA ne référencent que les accidents ou incidents graves et permettent donc d'identifier les **phénomènes les plus dangereux**.
- Les données DGAC (ECCAIRS) permettent de déterminer quels sont les **phénomènes les plus souvent rencontrés et rapportés** et font en outre appel à des sources de reports multiples (équipages, contrôleurs, exploitants d'aérodrome).

- Le report systématique de la rencontre de certains phénomènes pouvant générer des alarmes (cisaillement par exemple) en modifie la répartition.

Les conséquences les plus graves observées sont :

- La déstabilisation de l'approche
- Le foudroiement
- Les difficultés de contrôle de l'aéronef (en vol ou sur la piste)
- Les difficultés de poser (atterrissage dur, long...)
- La sortie de piste

Les principaux facteurs aggravants sont :

- La perte des références visuelles sous la hauteur de décision ou MDH (*Minimum Decision Height*), due notamment à du brouillard mince, de fortes précipitations.
- La conjugaison de plusieurs phénomènes : faible visibilité et vent auxquels peuvent se rajouter des

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



précipitations, présence de cumulonimbus matérialisée par plusieurs phénomènes (cisaillement, foudre...).

- Les contraintes temporelles fortes liées à cette phase de vol (charge de travail importante, pressions diverses).
- L'absence de certaines informations ou leur obsolescence.

Phénomènes les plus rapportés : comme évoqué plus haut, l'étude des données à disposition présente des limites compte tenu du système de report. Les événements les plus rapportés dans la base de données ECCAIRS sont :

- Les cisaillements : leur nombre élevé est lié au report systématique des alarmes embarquées.
- Les manifestations du vent puisque très souvent générateur d'approches non stabilisées si sa composante est arrière ou travers ou si le gradient est important.

Phénomènes les plus dangereux : les accidents répertoriés par le BEA montrent que les phénomènes les plus dangereux rencontrés sont :

- La présence de cumulonimbus à proximité de l'aérodrome, matérialisée entre autres par des vents violents ou changeants, des turbulences ou se soldant par le foudroiement de l'aéronef.
- La contamination de piste (qui peut être liée à la présence d'un CB) pouvant générer une sortie de piste.
- Le vent en finale ou à l'atterrissage de composante arrière ou travers (parfois conjugué à la contamination de la piste) se soldant par une sortie de piste.

Certains phénomènes, telle la perte des références visuelles sous MDH par exemple, sont difficilement prévisibles et représentent néanmoins un danger réel. Lorsque les prévisions font état de visibilité/plafond réduits, on observe en revanche un grand nombre de dégagements : l'information peut en effet être disponible tôt et l'exploitant dispose de normes claires pour dégager ou entreprendre l'approche.

Les réclamations le plus souvent adressées par les équipages sont :

- Des informations relatives à l'état de la piste incomplètes voire absentes.
- La mise à jour tardive des ATIS (en particulier concernant l'état de la piste).

- Le manque d'information quant à l'évolutivité des phénomènes météorologiques (vent) au cours de l'approche finale.

LES PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES ET LEURS CONSÉQUENCES

Les Cumulonimbus

Origine : organisés en une seule cellule ou en système multicellulaire, quatre types de cumulonimbus (CB) peuvent être distingués :

- Le CB de masse d'air (marais barométrique, traîne)
- Le CB orographique
- Le CB frontal
- Le CB d'advection



Intensité : l'intensité du CB est fonction de son développement : TCU, CB calvus, CB capillatus.

Phénomènes associés : un cumulonimbus regroupe en son sein et à son voisinage la plupart des phénomènes météorologiques dangereux : grêle, turbulence, cisaillement, ligne de grain, réduction de visibilité, givrage, foudre, fortes averses, front de rafales...

Informations disponibles : lors de la préparation du vol, METAR, SPECI, OBSMET, SPECIAL, TENDANCE, TAF, SIGMET, AIRMET, AIREP, SIGWX (TEMSSI), images satellites visible et infrarouge, radar météo. En cours de vol : la présence de CB peut être indiquée à l'écoute de l'ATIS, des émissions

VOLMET ou des moyens ACARS (réception des mêmes informations qu'au sol à l'exception des documents graphiques), par le radar météo embarqué ou le stormscope (détection activité électrique).

Risques

- Sortie de piste (vent + contamination)
- Perte de contrôle en vol
- Déstabilisation (turbulence, cisaillement, vent)
- Foudroiement

Présence CB/foudre	
Remise de gaz	6
ANS sans RDG	1
Évitement cellule	6
Dégagement / Attente / Changement QFU	14
Foudroiement	43
Sans conséquences	1
TOTAL ÉVÉNEMENTS	71

Conséquences opérationnelles :

71 événements relatifs aux CB sur 475 retenus

Facteurs contributifs

- Absence d'information sur le positionnement de la cellule
- Limites des radars embarqués

Défenses

- Évitement de la cellule
- Marges suffisantes

Les cisaillements de vent

Origine

- Dynamique : présence d'obstacles
- Radiative : inversion thermique, brises de pente, de terre
- Convective : brises de pente, de mer, CB
- Turbulence de sillage

Intensité : l'OACI (doc 9817) répertorie 4 seuils définis par rapport à une trajectoire verticale, le cisaillement du vent étant identifié jusqu'à une hauteur de 500 m au-dessus de la piste. Les phénomènes associés aux cisaillements sont : orages, fronts de rafales, lignes de grains, surfaces frontales, vents forts, fronts de brise de mer, ondes orographiques, inversion de température... Liés au CB, on parlera de rafales descendantes ou *downburst*.

Informations disponibles : disponibilité locale (radar météo doppler, LIDAR, LLWAS), AIREP

Risques

- Déstabilisation entraînant dans le meilleur des cas une remise des gaz sinon des difficultés d'atterrissage
- Difficultés de pilotage, perte de contrôle

Cisaillement (hors CB)	
RDG / ANS avec RDG	100
ANS sans RDG	19
Dégagement	1
Difficulté de contrôle vol	4
Atterrissage long	4
Atterrissage dur	3
Sans conséquences	15
TOTAL ÉVÉNEMENTS	146

Conséquences opérationnelles :

146 événements relatifs aux cisaillements de vent sur 475 retenus

Facteurs contributifs

- Présence phénomène non signalée par le contrôle ou les équipages
- Actions de certains automatismes (protection AOA – angle of attack –...)

Défenses

- Vitesse et puissance adaptées
- Configuration adaptée (volets)
- Surveillance continue de la composante de vent
- Utilisation de systèmes automatiques (Ground speed system)

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



- Connaissance des techniques de Recovery
- Attente ou dégagement

Les turbulences

Origine

- Par frottement : interaction avec le sol, en rapport avec la vitesse du vent en surface et la rugosité du sol.
- Par écoulement : atmosphère assez souvent stratifiée avec différences d'écoulement (inversion de température, systèmes frontaux, proximité relief, brises...).
- Par convection : brassage vertical intense d'invisible (thermique pur) à visible (CB).

Intensité : la classification OACI est basée sur le taux de dissipation turbulente (EDR : dissipation de l'énergie cinétique en chaleur par unité de temps) (m^2s^{-3}) :

- Du côté du météorologiste : 3 niveaux d'intensité basés sur l'EDR.
- Du côté du pilote : 3 niveaux d'intensité basés soit sur la conduite du vol (effets sur l'aéronef), soit sur la mesure de l'EDR.

Informations disponibles : SIGMET, AIRMET, SIGWX.

Risques

- Déstabilisation
- Difficultés de pilotage, perte de contrôle
- Difficulté de contrôle de l'atterrissage (long, dur)

Conséquences opérationnelles :

54 événements relatifs aux turbulences sur 475 retenus

Turbulences - Conséquences opérationnelles	
RDG / ANS avec RDG	20
ANS sans RDG	6
Dégagement	2
Difficulté de contrôle vol	9
Atterrissage long	5
Atterrissage dur	3
Sans conséquences	9
TOTAL ÉVÉNEMENTS	54

Défenses

- Vitesse adaptée

Le vent

Origine : gradients de pression dus à des effets thermiques ou dynamiques ou effets orographiques.

Intensité : il n'existe pas de classification OACI. La rafale est indiquée uniquement si sa valeur dépasse d'au moins 10 kts la valeur du vent moyen repérée sur les 10 dernières minutes. En prévision, son évolution sera systématiquement indiquée si, entre autres, sa direction moyenne varie de plus de 60°, sa vitesse moyenne varie de plus de 10 kts (ces valeurs peuvent être différentes si elles présentent un caractère opérationnel propre au terrain).

Particularités de l'observation au sol : *le calcul du vent moyen est défini par l'Annexe 3 de l'OACI* :

- *V moyen (OBSMET et SPECIAL), moyenné sur 2 minutes*
- *V moyen (METAR et SPECI), moyenné sur 10 minutes*
- *V rafale (OBSMET, SPECIAL, METAR, SPECI, affichage dans les locaux des services de la CA) moyenné sur 3 secondes.*

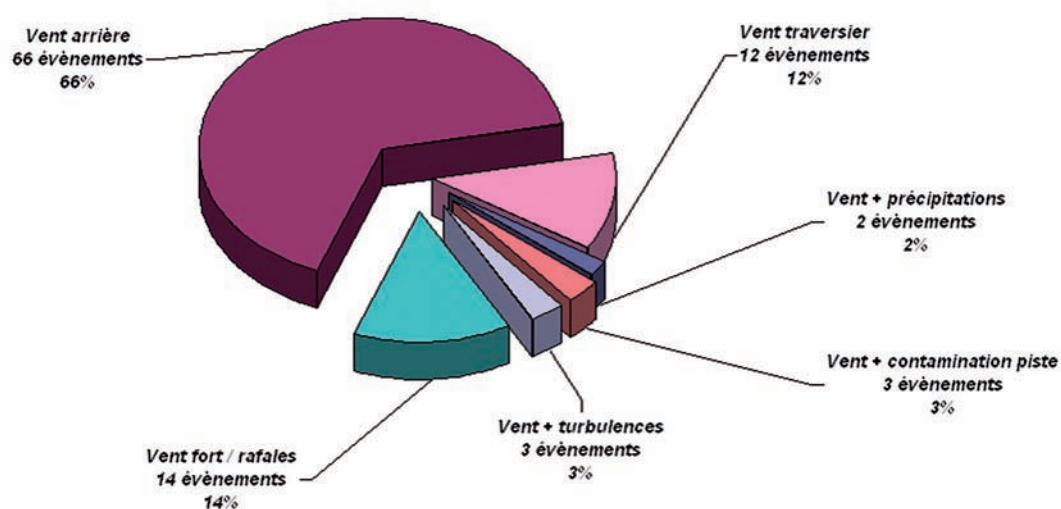
Informations disponibles : METAR (+ tendance), SPECI, OBSMET, SPECIAL, TAF, cartes vent en altitude. Limites des informations disponibles : grande évolutivité temporelle et spatiale.

Risques

- Déstabilisation
- Difficultés de pilotage
- Difficulté de contrôle de l'atterrissage (long, dur)
- Sortie de piste : vent de travers sur piste contaminée ou conjugué à une baisse de la visibilité sous la MDH

Vent (fort, variable, arrière)	
RDG	67
ANS sans RDG	10
Difficulté de contrôle vol	2
Atterrissage long	8
Atterrissage dur	5
Sans conséquences, réclamations de l'équipage	8
TOTAL ÉVÉNEMENTS	100

Risques liés au vent - Caractérisation du vent 100 événements sur 475 retenus



Conséquences opérationnelles : 100 événements relatifs au vent sur 475 retenus

Facteur contributif

- Non prise en compte de la rafale dans la limitation vent travers
- Effets du vent conjugués à une baisse de la visibilité ou à la contamination de la piste

Défenses

- Surveillance continue de la composante de vent
- Configuration avion adaptée

Visibilité / plafonds réduits

Origine : la réduction de la visibilité est provoquée par la présence d'une forte densité d'aérosols

- Hydrométéores : nuages, brouillard, précipitations...
- Lithométéores : sable, poussière, polluants divers, cendres volcaniques...

Les plafonds bas sont liés à l'évolution d'un brouillard, à la présence de stratus bas liés à des précipitations, au déclenchement des brises de mer...

Intensité : les causes de la réduction de la visibilité seront systématiquement indiquées si celle-ci devient égale ou inférieure à 5 000 mètres.

Informations disponibles : la visibilité indiquée dans l'information météorologique est uniquement une visibilité en surface (il n'existe aucune information visibilité en altitude). Les informations sont reprises dans les METAR, SPECI, OBSMET, SPECIAL, TENDANCE, TAF, SIGWX (basses couches uniquement).

Risques

- Déstabilisation de l'approche dans le plan vertical/horizontal par : perte de l'horizon, diminution du segment visuel
- Sortie de piste

Conséquences opérationnelles : 56 événements relatifs aux phénomènes liés à la visibilité/plafonds réduits/précipitations en vol sur 475 retenus

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Météo (visibilité + plafonds réduits + précipitations)	
RDG / ANS avec RDG	38
Dégagement	10
Changement QFU	1
Sans conséquences, réclamations de l'équipage	7
TOTAL ÉVÉNEMENTS	56

Facteurs contributifs

- Absence de balisage axial
- Diminution lente de la visibilité au cours de l'approche
- Diminution brutale de la visibilité durant l'arrondi (brouillard mince, fortes précipitations)

Défenses

Répartition des tâches dissymétriques (un pilote à « l'intérieur », l'autre à « l'extérieur »)
Utilisation du HUD (*Head-up display*)
Utilisation des automatismes :

- Pilote automatique
- Système de gestion automatique de la poussée

Précipitations

Origine : les précipitations sont problématiques en cas de déclenchement brutal et de forte intensité. Elles apparaissent essentiellement en situations convectives associées ou non à des systèmes perturbés.

Intensité : il existe 3 niveaux d'intensité, exprimés en équivalent d'eau liquide (même pour les précipitations solides).

Informations disponibles : les informations sont reprises dans les METAR, SPECI, OBSMET, SPECIAL, image radar, TENDANCE, TAF, SIGWX.

Risques

- Réduction brutale de la visibilité
- Sortie de piste (visibilité)
- Contrôle au sol (contamination)

Défenses

Utilisation des systèmes anti-pluie (*Rain repellent*)

Contamination de piste

Origine : la contamination (liquide ou solide) est la conséquence des précipitations sur la piste. L'accumulation de précipitations ou le changement de nature du dépôt issu des précipitations (congélation, neige mouillée...) contribuent à contaminer la piste.

Intensité : l'état de la surface de la piste est défini dans l'Annexe 6 OACI :

Conditions à la surface de la piste.

Une piste peut être sèche, mouillée ou contaminée :

- Piste contaminée. Piste dont plus de 25 % de la surface délimitée par la longueur et la largeur requises utilisées (que ce soit par endroits isolés ou non) est recouverte :*
 - d'une pellicule d'eau ou de neige fondante de plus de 3 mm d'épaisseur ; ou
 - d'une couche de neige poudreuse de plus de 20 mm d'épaisseur ; ou
 - de neige compactée ou de glace, y compris de la glace mouillée.
- Piste sèche. Piste qui ne présente ni contaminants ni humidité visible sur la surface délimitée par la longueur et la largeur requises utilisées.*
- Piste mouillée. Piste qui n'est ni contaminée, ni sèche.*

Particularités de l'observation

Les informations à délivrer sont :

- Par tiers de piste : le type de contaminant ainsi que l'étendue, l'épaisseur (pour eau, neige fondante, neige mouillée, neige sèche), le coefficient de frottement ou l'évaluation du frottement (pour neige compactée, glace)
- Longueur et largeur déblayée, présence de banc de neige, feux de balisage recouverts, heure prévue de fin du prochain déblaiement... La mesure de l'épaisseur de contaminant est difficile et le temps d'occupation de la piste pour la réaliser important (20 à 30 minutes)
- La mesure du coefficient de frottement manque de fiabilité en cas de contaminant fluide (eau, neige fondante, neige mouillée, neige sèche)

Informations disponibles

Fournie par l'exploitant d'aérodrome.

Transmission par ATIS, SNOWTAM, METAR, SPECI.

Risques

- Contrôle de l'aéronef sur la piste
- Sortie de piste

Contamination de piste	
RDG	8
Attente	3
Dégagement	5
Difficulté de contrôle sol	3
Atterrissage long	1
Sans conséquences, réclamations de l'équipage	15
TOTAL ÉVÉNEMENTS	35

Facteurs contributifs

- Vent traversier ou tournant
- Absence de re-calculation des distances
- Pas de réactualisation (contraintes de capacité) ou information obsolète (évolutivité rapide, temps de mesure)
- Données incomplètes (coordination contrôle/exploitant)
- Contamination non homogène
- Difficulté technique de la mesure de l'épaisseur de contaminant fluide

Défenses

- Adéquation performances - capacités de freinage / état de la piste et connaissance d'autres paramètres limitants comme le vent traversier
- Disponibilité information nature et épaisseur contaminant (fluide), évaluation du frottement (solide)
- Utilisation des reverse et de l'auto-brake
- Procédures claires permettant la fermeture de piste lorsque cela est jugé nécessaire par le contrôle aérien ou le gestionnaire d'aérodrome

Givrage aéronef

Origine : le givrage se produit par :

- cessation de l'état de surfusion dans une atmosphère nuageuse à température négative, pluie/bruine verglaçante
- congélation d'eau liquide : eau résiduelle, pluie froide
- condensation solide : gelée blanche

Par extension on peut rajouter les dépôts par précipitations solides : neige/grêle/grésil.

Intensité

Du côté du météorologiste, il existe 3 niveaux d'intensité basés sur la taille des gouttes et la quantité d'eau surfondue disponible (potentiel atmosphérique). Du côté du pilote, les 3 niveaux d'intensités sont basés sur la conduite du vol (effets sur l'aéronef).

Informations disponibles : SIGMET, AIRMET, SIGWX, AIREP

Risques

- Perte de poussée
- Difficulté de pilotage (*buffeting*)
- Perte de contrôle

Conséquences opérationnelles :

35 événements relatifs au givrage sur 475 retenus

Givrage aéronef	
RDG	5
Dégagement	1
Difficulté de contrôle en vol, buffeting	2
Sans conséquences	5
TOTAL ÉVÉNEMENTS	13

Défenses

- Vitesse adaptée
- Mise en fonctionnement des systèmes d'anti-givrage et si besoin de dégivrage



ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION ET CONSCIENCE DU RISQUE

Observations et prévisions

- Certains phénomènes sont difficilement mesurables et prévisibles par le météorologue.
- Les capteurs météorologiques ont des limites.
- Les capteurs de contamination de piste présentent l'avantage de ne pas nécessiter l'interruption du trafic sur une piste pour disposer d'une information quantitative sur le contaminant.
- L'attention des équipages doit être attirée sur les particularités de fonctionnement et les limites des capteurs automatiques de mesure de données météorologiques.
- L'observation visuelle ne doit pas être négligée (notamment manche à air, fumées, houle) et permet de matérialiser instantanément la direction du vent à proximité du sol.

Conscience du risque – Équipages, compagnies

- Le pilote doit avoir conscience des limites de l'utilisation des automatismes et du pilotage manuel. Il faut en particulier prendre garde à la transition lors du changement de mode de pilotage (automatique/manuel).
- La rencontre de conditions adverses peut entraîner un vol hors des limites de certification.
- Connaître l'aérologie à proximité du terrain permet d'anticiper la rencontre de certains phénomènes (vent, turbulence, cisaillement).
- L'équipage doit mettre en œuvre les stratégies adaptées en fonction des conditions météorologiques susceptibles d'être rencontrées. Les compagnies doivent adapter les programmes de formation afin que les techniques d'approches en conditions météorologiques dégradées soient maîtrisées (notamment *windshear recovery*...).
- L'« autorisation d'atterrissage » délivrée par le contrôleur n'est pas une assurance d'un atterrissage sans problème.

Conscience du risque – Prestataires de la navigation aérienne, exploitants d'aérodrome

- Afin d'assister au mieux l'équipage, le contrôleur doit avoir conscience des risques liés aux phénomènes météorologiques et de leurs conséquences sur la pilotabilité de l'aéronef.
- Une bonne connaissance des besoins de l'équipage peut permettre au contrôleur de délivrer l'information pertinente afin que l'équipage puisse en faire le meilleur usage dans ses décisions.
- En conditions météorologiques dégradées, la trajectoire de remise des gaz peut différer de celle publiée et se révéler conflictuelle.

Conscience du risque – Diffusion de l'information

- Disposer de la bonne information au moment opportun est capital pour décider : l'information doit donc être rafraîchie régulièrement et dès que l'évolution des conditions l'impose.
- Il faut améliorer la présentation de l'information à l'équipage : mettre en avant les paramètres et phénomènes importants pour la sécurité (ATIS + prestataires de navigation aérienne).
- En matière de contamination de piste, il est nécessaire de disposer d'une boucle courte de transmission (mise à jour rapide de l'ATIS ou information du contrôleur en phonie).
- Le retour d'information par AIREP est profitable à tous. Il permet d'alerter les équipages en un laps de temps très court sur des phénomènes dangereux ressentis ou observés.



DSAC

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

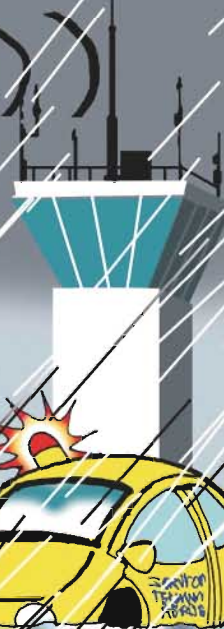
aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



ON DÉGAGE !



PISTE INONDÉE.



L'ÉTAT ACTUALISÉ DE LA PISTE :
UNE INFORMATION ESSENTIELLE.



ASSURER UNE TRANSMISSION DE L'INFORMATION LA PLUS PERTINENTE

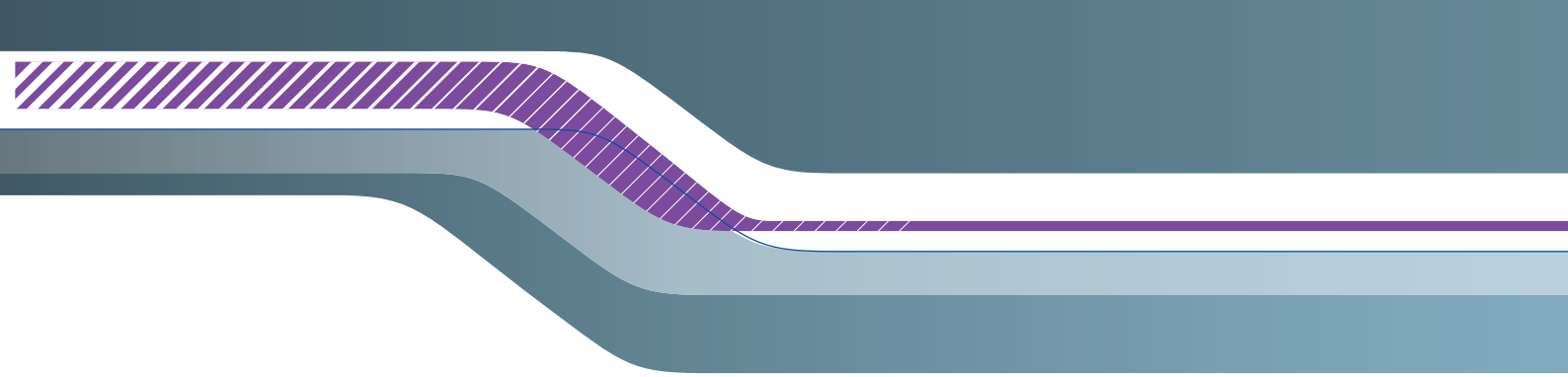
Les conditions météorologiques dégradées et inattendues durant l'approche et l'atterrissage sont des risques reconnus d'accident en aviation. La prise de décision par le pilote dépendra pour partie de la qualité de l'information dont il disposera tout au long de la réalisation de son approche et de son atterrissage. Le projet d'action d'atterrissage est élaboré depuis la préparation du vol jusqu'au briefing d'approche. Au stade final du briefing, l'équipage sait s'il peut entreprendre l'approche compte tenu des informations météorologiques classiques TAF, METAR et ATIS ou OBSMET dont il dispose.

Les informations ATIS ou OBSMET sont les informations les plus récentes à la disposition de l'équipage. Malgré la connaissance de ces informations en temps voulu, une situation météorologique adverse peut survenir dans un délai court et qui ne permet pas toujours aux acteurs du système de la chaîne d'information (service météorologique, exploitant d'aérodrome, services du contrôle de la circulation aérienne, aéronefs) d'élaborer et de transmettre les changements significatifs sur les conditions régnant aux abords ou sur une plate-forme aéroportuaire.

DE SON ÉLABORATION À LA TRANSMISSION JUSQU'AU COCKPIT

Autour d'experts dans les domaines précités à savoir un expert en météorologie aéronautique, d'experts en exploitation d'aérodrome et en surveillance, d'un expert représentant les services de la navigation aérienne, d'un pilote contrôleur de la DGAC, d'un expert en évaluation de la sécurité et d'experts en opérations aériennes, une réflexion a été menée. Elle s'est concentrée sur les informations nécessaires à l'équipage durant les 15 dernières minutes de son approche. À ce stade le projet d'action est fixé et la décision d'atterrir est prise aux minima d'atterrissage à moins que des « informations » relatives à une dégradation subite et imprévisible des conditions météorologiques ou de l'état de la piste soient portées à la connaissance de l'équipage.

Dans un premier temps, un bilan de la situation actuelle a été dressé en inventoriant les moyens matériels et humains qui contribuent à l'élaboration de l'information jusqu'à sa transmission à l'utilisateur final. À travers l'étude ou l'évocation d'événements en exploitation, ce bilan a permis d'ébaucher une analyse des faiblesses potentielles du système actuel qui, suite à des conditions météorologiques adverses telles que vent arrière, cisaillement de vent, pistes contaminées, ont pu conduire à des incidents ou à des accidents. Les questions qui se sont posées étaient centrées sur « une connaissance de cette information aurait-elle influencé le cours des événements et conduit l'équipage à prendre une autre décision ? À quel moment peut-on l'évaluer, la transmettre, par qui ou par quel moyen ? ». Ce bilan a été complété par une comparaison avec les pratiques d'autres pays confrontés à ces mêmes problèmes dans le domaine de la caractérisation de l'état de surface des pistes.



Cette analyse a abouti à la proposition d'axes d'amélioration dans tous les domaines, à la fois dans une optique court terme mais aussi long terme, notamment à travers l'implication des différents acteurs dans des projets internationaux. Ces propositions d'axes d'amélioration ont été élaborées en prenant en compte plusieurs composantes :

- Les desiderata des pilotes
- Les contraintes des différents acteurs en terme de moyens
- Le maintien de la régularité des opérations
- Les technologies existantes et à venir
- Les règlements en vigueur

Ces axes n'ont pas fait l'objet d'études approfondies mais résultent de l'expertise globale du groupe. Ils doivent être considérés à des fins de discussion et non comme des propositions réglementaires.

L'information, dans quel but ?

Définitions

Les définitions générales de l'information tournent autour des formulations suivantes :

- Moyen pour un individu de connaître son environnement.
- Données brutes qui ont été validées, qui sont fournies à temps et qui sont spécifiques à un sujet donné. Ces données sont présentées au sein d'un contexte qui leur donne du sens et qui conduit à accroître la compréhension et décroître l'incertitude (traduit de l'anglais).

L'application de cette définition à l'aéronautique et lors de conditions dégradées durant l'approche et l'atterrissage consiste en la fourniture de données (grandeurs physiques) qui reflètent la direction/force du vent au sol/en altitude, de descriptions relatant la présence et de la quantité d'hydrométéores sur une piste, de la présence de phénomènes dangereux tels que la grêle, la foudre, de brouillards givrants... La fourniture d'une ou plusieurs de ces informations permet aux équipages de construire une représentation de la réalité régnant sur et aux abords du terrain et de prendre des décisions relatives à la conduite et à la poursuite du vol.

Les équipages fondent leur décision d'atterrissage sur deux types d'informations :

L'état des pistes : l'état des pistes est défini par la nature et l'épaisseur de contaminant, voire le coefficient de frottement ou son estimation. La contamination d'une piste dégrade les performances d'accélération et de freinage d'un aéronef. Les propriétés de frottement sont importantes pour garantir la mise en rotation des roues à l'atterrissage, pour permettre le freinage à l'atterrissage et en cas de décollage interrompu, et pour maintenir le contrôle au roulage de l'aéronef. La nature et l'épaisseur de contaminant permettent d'estimer l'effort de trainée s'opposant à l'accélération de l'aéronef et sont une information importante en cas de décollage interrompu.

L'environnement météorologique rencontré lors de l'approche : la méconnaissance du vent en finale et des éventuelles zones de cisaillement peut conduire à une approche non stabilisée et occasionner la décision d'une remise de gaz. Du vent arrière ou de travers dont l'intensité est sous-estimée peut conduire à sortir des limitations imposées par le manuel de vol. Un vent arrière sous-estimé allonge la longueur de piste requise et peut générer un risque de sortie de piste. Le vent en approche est extrapolé par les équipages à partir du vent mesuré à 10 mètres et communiqué par le contrôleur. Des précipitations, averses de pluie forte sur le terrain notamment, peuvent occulter les références visuelles durant le segment final d'approche à vue dans les derniers instants de la phase d'atterrissage (rideau de pluie). L'atterrissage peut être pénalisé. La présence de phénomènes dangereux, grêle, foudre, brouillards givrants peut aussi remettre en cause la décision d'atterrissage.



LES ACTEURS IMPLIQUÉS DANS L'ÉLABORATION DE L'INFORMATION – LA SOURCE D'INFORMATION

Quatre sources principales d'informations ont été identifiées. Chacune à leur niveau, elles sont responsables de l'élaboration de données essentielles à la prise de décision.

Les services de la météorologie à l'origine des informations météorologiques

Météo-France est le prestataire certifié des services de la navigation aérienne désigné sur une base exclusive, au sens du Règlement (CE) 550/2004 du Parlement européen et du Conseil, sur l'ensemble de l'espace aérien couvert par les règlements du Ciel unique et placé sous juridiction française ou confié à la France par l'OACI, et sur l'ensemble des aéroports ouverts à la circulation aérienne publique. Météo-France met en œuvre un système d'observation, de traitement des données, de prévision, d'archivage et de diffusion lui permettant d'accomplir ses missions : surveillance de l'atmosphère, de l'océan superficiel et du manteau neigeux, prévisions de leurs évolutions et diffusion des informations correspondantes.

Météo-France dispose d'un réseau de mesure spécifique synoptique pour ses besoins et d'un ensemble de capteurs dédiés à l'aéronautique pour les mesures suivantes effectuées sur un aéroport : RVR (Portée visuelle de piste), vent au seuil de piste, plafond, temps présent, radar, satellite météorologique.

Les mesures issues de ces capteurs servent à constituer les messages OBSMET qui sont relayés par le contrôle aux avions par la VHF et à fournir les indications de vent et visibilité en finale. Ces informations servent également à la constitution des messages ATIS qui sont enregistrés par le contrôleur et diffusés via VHF en boucle continue.

Météo-France dispose aussi de l'imagerie radar et satellite. L'analyse et l'expertise de ces données permettent à Météo-France de fournir de l'information sur les phénomènes dangereux ou sur les précipitations.

L'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) étudie au sein d'une équipe d'experts dont Météo-France fait partie, les spécifications pour un nouveau service de prévision météorologique pour la région terminale autour des aéroports (groupe MSTA : Meteorological Services in Terminal Area). Les paramètres identifiés comme critiques sont le vent, la convection, les phénomènes hivernaux (neige, verglas, givrage...), les précipitations, les plafonds bas et brume/brouillard et la turbulence. L'information de vent en basse couche à proximité de l'aérodrome peut s'avérer être une information précieuse pour anticiper des conditions de vent arrière à l'atterrissage. Cette équipe d'experts est secondée par une équipe spéciale chargée de recueillir les demandes et besoins des usagers de la région terminale afin que le nouveau service réponde au mieux aux attentes.

Les exploitants d'aérodrome à l'origine de la caractérisation de l'état de la piste

Le rôle principal de l'exploitant d'aérodrome dans la chaîne d'information est de caractériser l'état de surface des pistes, de communiquer l'information relative à l'état piste, et de rafraîchir ces informations lorsqu'il le juge nécessaire. Par ailleurs, si l'exploitant d'aérodrome a connaissance « d'un danger ou d'un inconvénient grave, de nature à entraver la poursuite de l'exploitation de l'aérodrome », il transmet cette information, assortie des éléments factuels dont il dispose et d'une suggestion de modification des conditions d'exploitation de l'aérodrome pouvant éventuellement aller jusqu'à la suspension des opérations aériennes au Prestataire de Service de Contrôle Aérien, ou, en son absence, à la Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (cf. procédure de suspension des opérations aériennes sur une piste en conditions météorologiques dégradées).



Les équipages à l'origine des conditions réelles rencontrées en vol via les AIREP

Les équipages peuvent être à la source d'une information exploitable par les aéronefs suivants. Les reports d'information peuvent être communiqués aux contrôleurs selon les procédures prévues par l'annexe 3 de l'OACI qui définit l'utilisation des AIREP.

L'utilisation des AIREP est toutefois principalement définie pour reporter des conditions météorologiques significatives ou dangereuses rencontrées lors de la croisière.

Une généralisation des AIREP au report des conditions de freinage ressenties lors de la course à l'atterrissage lorsque la piste est contaminée ou glissante (par exemple épisodes neigeux) pourrait constituer une information précieuse.

Les pilotes devraient être formés à cette pratique afin de fournir des informations homogènes et compréhensibles par tous les acteurs.

Les contrôleurs d'aérodromes, vecteur de transmission et source complémentaire d'information

Les contrôleurs d'aérodrome ne participent pas en principe à la création d'information. Ils assurent principalement le relais des informations créées par les autres acteurs. Il peut arriver cependant que les

contrôleurs soient amenés à fournir des informations météorologiques relatives à la situation régnant sur un terrain et potentiellement dangereuse (ex : orage, précipitations...). Les contrôleurs sont chargés de la mise à jour des messages ATIS lorsque des changements significatifs (selon les critères de l'annexe 3 de l'OACI) sont décelés. Sur certains aérodromes des interfaces appropriées permettent de déceler ces changements plus facilement (outils DECOR et SIGMA).

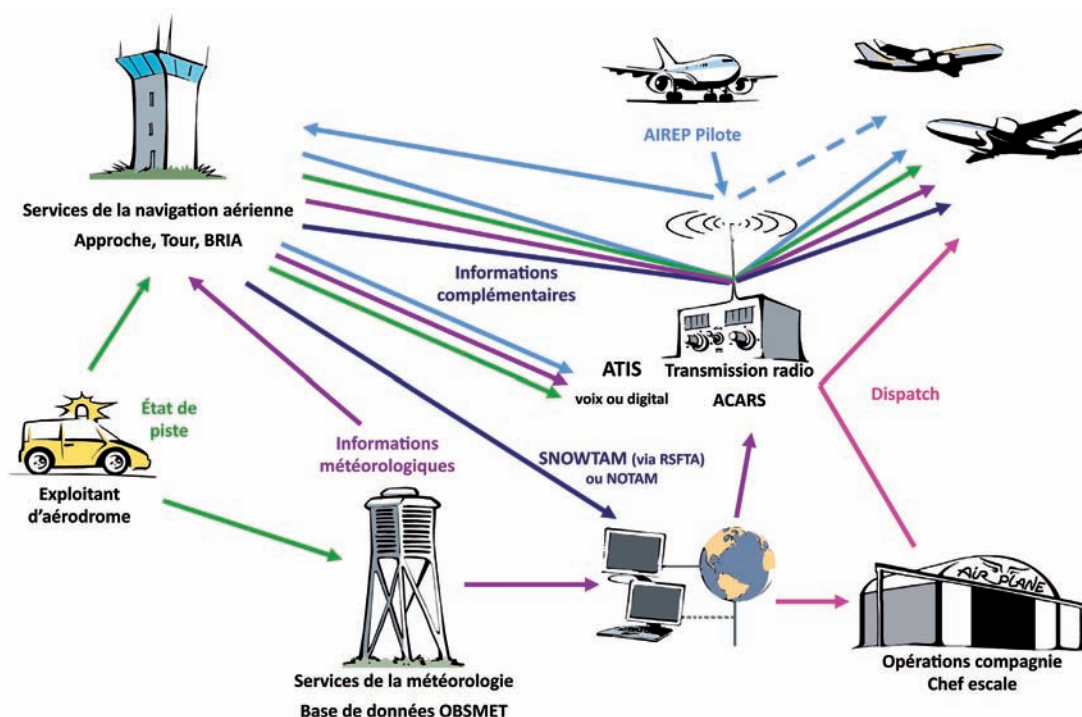
LA TRANSMISSION DE L'INFORMATION

Suite à son élaboration par les quatre sources décrites au paragraphe précédent, l'information disponible doit être acheminée jusqu'à son destinataire final, dans la plupart des cas, l'équipage. À l'heure actuelle, le vecteur d'information identifié pour transmettre les informations de la manière la plus directe durant les dernières minutes avant l'atterrissage reste la VHF. Cette technologie permet la transmission à la fois de manière active des informations sur les fréquences de contrôle et de manière passive sur les fréquences d'écoute (ATIS). Ce moyen permet alors de recevoir les informations ATIS (ou D-ATIS) ainsi que les informations sur l'état de la piste et les changements significatifs des conditions météorologiques rapportés par le contrôleur. Ces informations peuvent être complétées par des messages ACARS, mis à la disposition des équipages.

L'analyse du schéma de circulation qui représente la transmission permet d'ores et déjà de distinguer les acteurs essentiels ainsi que les flux importants : les services de la navigation aérienne jouent un rôle central dans le schéma de circulation de l'information, destinataires et émetteurs de la plupart des messages. En parallèle, la transmission VHF apparaît clairement comme le centre névralgique de circulation de l'information : assurer sa disponibilité est un élément essentiel pour le bon fonctionnement du système.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Les limitations identifiées

En complément de l'analyse des experts, un sondage a été réalisé auprès d'un panel représentatif de 70 pilotes volant sous licence française auprès de compagnies mondiales. Si globalement les informations fournies et disponibles sont considérées comme plutôt satisfaisantes, plusieurs limitations ont été identifiées notamment à travers des informations ou des mises à jour manquantes qui favoriseraient la prise de décision des équipages.

Les messages ATIS : il a été relevé que les messages ATIS pouvaient être longs et que les informations pertinentes pouvaient être noyées au milieu d'informations non nécessairement essentielles. L'annexe 11 de l'OACI recommande que le message ATIS voix ne dépasse pas les 30 secondes tout en veillant à la lisibilité des informations transmises. Certains messages, du fait de leur longueur, peuvent même parfois, ne pas être restitués par les équipements ACARS lorsqu'il s'agit d'ATIS digitaux.

De plus, le sondage réalisé a montré que le rafraîchissement des informations ATIS constituait un point de progrès essentiel à réaliser, surtout dans les situations où les conditions évoluent rapidement.

La précision des dernières informations transmises :

le sondage a mis en avant une certaine méconnaissance dans des conditions météorologiques dégradées de paramètres essentiels pour la prise de décision. Ces paramètres, dont les valeurs varient rapidement dans ces conditions, sont difficilement mesurables et accessibles dans des délais brefs à partir des systèmes de mesure actuels. Le vent en finale (entre 1 000 et 2 000 pieds et non au sol), la visibilité horizontale RVR instantanée ou son évolution (dégradation principalement), les zones de cisaillement de vent, les positions des cumulonimbus sur l'approche ou sur le terrain, les phénomènes entraînant des pertes de visibilité (rideau de pluie ou brouillard mince) constituent des menaces qui doivent être portées à la connaissance des pilotes.



DSAC

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



LES CHANGEMENTS MÉTÉO SIGNIFICATIFS :
DES ÉLÉMENTS ESSENTIELS À COMMUNIQUER.



CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



La saturation des fréquences VHF :

la transmission des informations par la VHF est fortement dépendante des limitations techniques de cette technologie et de l'encombrement des fréquences. Le taux d'occupation des fréquences dédiées à l'approche et à l'atterrissage est conséquent. Suivant la charge de travail et la disponibilité des fréquences, les personnels en charge de la circulation aérienne privilégieront la séparation des aéronefs sur la fourniture d'informations (AIREP ou autres informations).

La réalisation d'AIREP sur des fréquences parfois différentes de celles sur lesquelles se trouvent les avions concernés (fréquence tour, d'approche ou sol) nécessite la mise en place de circuits internes de transmission de l'information pour qu'ils puissent être transmis aux équipages concernés.

La caractérisation de l'état des pistes :

l'analyse des résultats du sondage montre que les équipages estiment que des progrès peuvent être réalisés concernant les données transmises ou mises à disposition des équipages concernant l'état de la piste. Ces progrès devraient concerner aussi bien le contenu de l'information que son rafraîchissement. Les équipages souhaiteraient ainsi disposer des informations relatives à l'état piste (nature et épaisseur du contaminant) et au coefficient ou aux conditions de freinage afin de pouvoir calculer ou actualiser en vol les performances de leur avion à l'atterrissage. L'importance de la mise en jour de ces informations, au plus près des modifications des conditions rencontrées a aussi été soulignée.

LES PISTES D'AMÉLIORATIONS

Suite aux travaux réalisés, plusieurs pistes d'amélioration nécessitant des études complémentaires de faisabilité et de mise au point ont pu être dégagées. Ces pistes s'orientent globalement suivant deux axes :

- la qualité et la quantité des données à la source
- la qualité de la transmission des données

Les informations météorologiques

Trois axes de travail, nouveaux ou qui s'intègrent à des projets en cours, ont été identifiés en ce qui concerne les services de la météorologie :

- **Mise en place d'un système de détection du cisaillement du vent en approche** par l'utilisation du système LIDAR basé sur le principe de mesures laser. Ce système de détection complété d'une interface visuelle intuitive (coloration rouge si danger) constituerait un produit d'alerte directement utilisable par le contrôle (exemple à Hong-Kong).
- **Mise en place d'un réseau de pluviomètres automatiques** et utilisation de l'imagerie radar pour fournir des intensités de précipitation. Le calcul de la lame d'eau associé à la cartographie de la piste pourrait permettre à l'exploitant d'aérodrome d'évaluer la contamination en eau d'une piste.
- **Contribuer au travail en cours à l'organisation météorologique mondiale (OMM)** de définition d'un nouveau service de prévision météorologique pour la région terminale autour des aéroports.

La caractérisation de l'état de surface des pistes

En collaboration avec les services de la Direction de la sécurité de l'Aviation civile (DSAC), le Service technique de l'Aviation civile (STAC) a publié, à destination des exploitants d'aérodrome, une note d'information technique relative à la « Caractérisation de l'état de surface des pistes en conditions météorologiques dégradées ». Cette note technique fournit des recommandations afin d'assister les exploitants dans le développement et la mise en œuvre des procédures relatives à la surveillance des aires de manœuvre lors d'épisodes météorologiques dégradés.



Mesure de l'épaisseur du contaminant.

Épaisseur de contaminant : un relevé exhaustif des informations permettant de caractériser l'état de surface des pistes, en particulier l'épaisseur de la contamination, requiert un temps d'occupation de la piste pouvant pénaliser son exploitation. En cas de précipitations pluvieuses importantes, cette notion d'épaisseur est encore plus problématique en raison de l'évolution très rapide de la contamination. Un benchmarking est en cours auprès d'aéroports européens à fort trafic afin d'étudier leurs pratiques et les outils mis en œuvre pour la surveillance des pistes et la détermination de ces informations.

À court terme, et sans évolution du matériel à disposition, un travail sur les pratiques et l'organisation est nécessaire. Il est notamment proposé aux exploitants d'aérodrome de formaliser une « cartographie évolutive de la plate-forme en conditions météorologiques dégradées ».

Il s'agit pour un exploitant d'aérodrome d'identifier, à partir de son expérience, de ses observations et de sa connaissance de ses infrastructures :

- les sections de piste propices à l'apparition ou à l'accumulation de contaminant,
- les zones susceptibles de ne pas avoir de bonnes conditions de surface,
- les zones présentant de forts risques de devenir glissantes.

Cette cartographie permettrait d'aider les exploitants d'aérodrome à identifier le moment opportun pour déclencher une inspection de la piste ou un déneigement/déverglaçage. Les débriefing effectués à l'issue de chaque épisode neigeux devraient permettre d'enrichir cette cartographie.

À plus long terme, l'instrumentation des plates-formes pourrait permettre d'alerter sur les risques d'apparition de verglas ou de neige et d'optimiser les interventions de surveillance ou de déneigement/déverglaçage.

Un travail spécifique doit être réalisé afin de développer un appareil capable de mesurer rapidement et de façon fiable une épaisseur de contaminant.

Adhérence opérationnelle : concernant la mesure opérationnelle des conditions de frottement, de nombreux types d'appareil de mesure sont utilisés. Ces appareils ne sont pas corrélés les uns aux autres et, contrairement aux appareils utilisés pour les mesures d'adhérence fonctionnelle, ne bénéficient pas d'un agrément ou d'une certification pour les mesures d'adhérence opérationnelle.

De plus, le benchmarking a mis en évidence de fortes différences entre les pays européens quant à l'utilisation des appareils de mesure du frottement et de l'information relative au frottement. Des travaux au niveau international sont en cours pour permettre d'aboutir à une harmonisation des pratiques relatives à la mesure du frottement (Friction Task Force de l'OACI, TALPA ARC de la FAA, travaux menés par l'AESA...).

Il a été mis en évidence que sur des contaminants de type fluide, l'accumulation du contaminant devant la roue de mesure exerce une force de « trainée » qui tend à fausser la mesure du coefficient de frottement. Une

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Note technique du STAC relative à la caractérisation de l'état de surface des pistes en conditions météorologiques dégradées.

action de formation sur la physique du phénomène de frottement, sur les effets de traînée, les spécificités propres aux équipements de mesure continu et discontinu (type décéléromètre) ainsi que sur l'influence du type de pneumatique permettrait de sensibiliser les opérateurs d'essai aux conditions d'utilisations et aux limites de ces équipements.

Correspondance état de surface et performances avions : il n'existe pas à l'heure actuelle de loi de correspondance reconnue entre les descriptions des états de surface et les performances de freinage des aéronefs à l'atterrissage.

Un groupe de travail de la *Federal Aviation Authority* (TALPA, Take-off And Landing Performance Assessment) travaille sur une matrice de correspondance entre les états de surface (décrits à l'aide des informations

relatives à la nature de la contamination, l'épaisseur de la contamination, le coefficient de frottement et la température au sol) et l'estimation du freinage pour les aéronefs, sur une échelle à 7 niveaux.

Diffusion des connaissances : la note d'information technique « Caractérisation de l'état de surface des pistes en conditions météorologiques dégradées » élaborée par le STAC à l'attention des exploitants d'aérodromes a pour objet de :

- Rappeler le vocabulaire, les définitions et les recommandations OACI
- Présenter les méthodes et moyens permettant de répondre au mieux à ces recommandations
- Sensibiliser les acteurs aux conséquences opérationnelles des différents états de surface des pistes, et aux informations dont les pilotes ont besoin.

Formation des personnels en charge de la surveillance des pistes : une formation spécifique sur ce sujet sera proposée aux personnels en charge de la surveillance des pistes. Cette formation reviendra notamment sur les points suivants :

- Rappel des outils de mesures, des méthodes de mesures, et de leur domaine d'application
- Connaissance et suivi de la plate-forme
 - a. Cartographie évolutive de la plate-forme et historisation des épisodes marquants
 - b. Définition des zones de référence
- Rappel, pour chaque type de contaminant, des types d'informations nécessaires aux pilotes et des situations pouvant avoir des conséquences opérationnelles.

La connaissance précise des conditions en vol ou au sol

Encourager l'usage formalisé par les équipages d'AIREP sur le ressenti de la qualité de freinage ou sur les conditions rencontrées en vol et non prévues : l'utilisation d'AIREP pour reporter aux services de la circulation aérienne la qualité de freinage (POOR/MEDIUM/GOOD) est généralisée dans divers pays où notamment les conditions hivernales sont plus fréquentes (USA, Canada, Europe du Nord...). Lors d'épisodes neigeux, les informations reportées par les pilotes peuvent s'avérer

être un outil d'aide à la décision pour les équipages suivants à condition qu'ils soient formés pour élaborer une information fiable et homogène. Des conditions de cisaillement de vent ou d'autres phénomènes rencontrés lors de l'approche finale peuvent aussi faire l'objet de rapports de pilote, AIREP, qui seront utiles aux équipages qui pourraient être confrontés à la même situation. La retransmission de ces messages par les services de la navigation aérienne à tous les équipages concernés constitue un maillon essentiel de la chaîne de circulation de l'information.

Favoriser l'utilisation d'outils existants : le système ASPOC développé par Météo-France permet la signalisation sur un écran radar des zones orageuses. Mis à la disposition des services de la navigation aérienne, il permet ainsi d'anticiper les demandes de déviation de trajectoire des avions occasionnées par la présence de zones orageuses et d'améliorer ainsi la gestion de l'espace aérien. Les contrôleurs disposent ainsi d'une information proche de celle à disposition des pilotes avec le radar de bord.

La mise à disposition et à jour des informations

Le D-ATIS est basé sur le rafraîchissement automatique des informations météorologiques numérisées et leur transmission par liaison de données ou par VHF après conversion en vocal des données numériques. La généralisation de ce système sur les terrains français constitue une demande forte de la part des équipages. Cette généralisation permettrait une mise à jour plus efficace des informations ATIS. L'étude faite auprès d'un panel de pilotes a mis en évidence que le rafraîchissement des ATIS n'était pas toujours satisfaisant surtout lorsque les conditions météorologiques évoluent rapidement et que la diffusion d'ATIS automatiques (D-ATIS) pourrait répondre à cette limitation.

Les projets au niveau européen et mondial

Plusieurs projets font l'objet d'études au niveau européen et mondial pour proposer sur le moyen/long terme des systèmes intégrés d'élaboration et de transmission de l'information :

Le projet européen SESAR, qui devrait voir le jour à l'horizon 2020 est un projet intégré de communication de données faisant intervenir tous les acteurs (Contrôle aérien, offices météorologiques, exploitants d'aérodromes, exploitants d'aéronefs et aéronefs).

Le projet FLYSAFE, concept global basé sur un système sol de gestion d'informations météorologiques (WIMS), pourrait, s'il est mis en œuvre, répondre aux objectifs d'amélioration globale du système de transmission des informations : amélioration de la conscience de la situation des équipages, émission à l'avance de messages d'alerte, priorisation des alertes, évolution des interfaces homme/machine. Les technologies mises en jeu reposent sur l'utilisation de réseaux satellitaires et sol permettant la collecte et la diffusion des informations météorologiques aux différents acteurs, à temps, de manière dédiée sur des interfaces appropriées et en offrant des informations sur les conditions météorologiques dégradées de meilleure qualité.





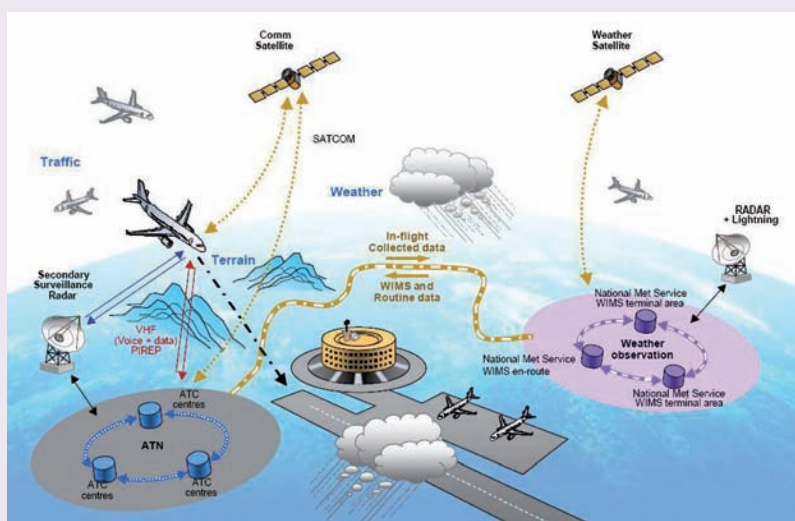
Le projet européen Flysafe *Airborne Integrated Systems for Safety Improvement, Flight Hazard Protection and All Weather Operations*

Flysafe est un projet européen du 6^e PCRD de la Communauté Européenne, d'une durée de quatre ans (2005-2009) qui regroupe 36 partenaires de 14 pays. Le trafic aérien devrait tripler sur la période 2000 – 2020. Avec les systèmes sol et embarqués actuels, le nombre d'accidents devrait augmenter (au moins) dans la même proportion. L'objectif du projet est de définir et de tester de nouveaux moyens et systèmes contribuant à la sécurité des vols, ceci afin de diviser le risque d'accident d'un facteur 5. Plus particulièrement, le projet vise à améliorer l'information dont dispose le pilote pour prendre ses décisions. Trois types de risques ont été traités de façon intégrée : les collisions avec le terrain et les constructions, les collisions avec d'autres aéronefs et les mauvaises conditions météorologiques, au sein desquelles quatre risques ont été identifiés : turbulence de sillage, turbulence en ciel clair, givrage, orages et risques associés. Pour ces quatre phénomènes, de

nouveaux moyens sol ont été développés et mis en place pour élaborer, formater et transmettre à chaque appareil une information météorologique adaptée à son besoin.

Les WIMS (*Weather Information Management System*) sont des systèmes de prévision météorologique, basés sur la fusion de données provenant de plusieurs sources : radar, satellite, modèle numérique et fournissant une description spatiale et temporelle des phénomènes (objets géo-référencés) et de leurs caractéristiques. Ces données sont transmises au *Ground Weather Processor*, système sol chargé de les formater et de les transmettre aux avions en vol ainsi qu'aux autres usagers (contrôle aérien, compagnies aériennes...). La communication entre le GWP et les avions en vol est assurée par des requêtes/réponses ne concernant que la zone d'intérêt de l'avion à un instant défini. Ce choix permet de limiter le volume de données transmises et ainsi optimiser les coûts de communication.

Le projet Flysafe présente des propositions innovantes en matière de modélisation de l'information météorologique destinée à être transmise aux avions en vol et est ainsi précurseur des nouveautés sur l'échange de données météorologiques qu'apportera le programme SESAR.



CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



**ÉQUIPAGE BIEN ENTRAÎNÉ,
ÉQUIPAGE PLUS AVISÉ.**



FORMER ET DÉVELOPPER LES APTITUDES À LA DÉCISION

Les objectifs de la formation sont d'acquérir des connaissances inscrites dans une démarche de transmission de savoir, savoir-faire et de savoir-être.

Le savoir-être est la capacité à prendre rapidement des décisions, et à hiérarchiser les actions en fonction de leur importance dans un contexte en perpétuelle évolution. Il aide à déterminer si le risque entrepris est acceptable et à mettre en œuvre rapidement des actions pouvant réduire les risques identifiés.

L'apprentissage et le développement du savoir-être sont notamment fondés sur l'expérience, voire plus précisément, sur la manière dont a été construite l'expérience. Il s'agit donc de faire acquérir une maturité suffisante pour élaborer une décision prenant en compte la réalisation du vol et le maintien d'un niveau de sécurité satisfaisant dans un environnement complexe.

Dans le cadre des approches et atterrissages en conditions météorologiques dégradées, les objectifs ne peuvent donc pas se limiter à une formation relative à des connaissances théoriques (le savoir) ou à l'application de simples exercices (le savoir-faire) face à la multitude de cas envisageables. Les capacités décisionnelles face à un environnement complexe ne peuvent être que développées. Il est relativement difficile voire illusoire de former à prendre une décision. Ceci relève du mûrissement pour assurer la sécurité des vols tout en gardant pour objectif la réalisation du vol.

LES CONSTATS SUR LES FORMATIONS ACTUELLES

Les recommandations du BEA

Durant les dernières années, l'analyse des incidents et accidents a amené le BEA à établir deux recommandations pour les formations des équipages de conduite dans le cadre des approches et/ou atterrissages météorologiques dégradés :

Recommandation B2001/001-04 : la DGAC doit inciter les exploitants à utiliser les entraînements et contrôles périodiques pour sensibiliser les pilotes aux caractéristiques des approches en conditions orageuses et à la prise de décision de remise de gaz. Ce dernier point pourrait faire l'objet d'une adaptation des outils de simulation.

Recommandation E2007/006-02 : que la DGAC oblige les pilotes de transport aérien à suivre une formation leur permettant d'être mieux préparés à prendre la décision d'atterrir dans des conditions météorologiques qui se dégradent.

Les compétences

De nombreuses études sur les formations aboutissent au même constat : les formations abordent peu les compétences non-techniques telles que :

- Savoir passer d'une situation maîtrisée à une situation de crise
- Savoir construire et entretenir un niveau de confiance pertinent
- Savoir utiliser « intelligemment » les procédures
- Savoir utiliser les ressources techniques et humaines disponibles et savoir les reconfigurer
- Être capable de transposer de façon pertinente, d'un contexte à un autre, une connaissance ou un savoir-faire

- Savoir gérer les instruments des technologies de l'information et de la communication
- Savoir gérer les risques en phase de surcharge de travail.

D'autre part, il ressort que les temps accordés en formation sont à 90 % pour les compétences techniques. Les compétences non techniques (coopération, leadership, détection des situations à risque, prise de décision...) ne représenteraient que 10 % du volume. À savoir que les interactions entre les différents facteurs sociologiques, humains et opérationnels ne sont pas abordées. Or celles-ci représentent les principales causes des accidents et des incidents.

Les entraînements et contrôles périodiques des pilotes

Un autre constat porte sur les séances de simulateur des pilotes réalisées dans le cadre des entraînements et contrôles périodiques (ECP). Les différents exercices sont quasiment imposés par les réglementations FCL et EU-OPS mais également par des exigences nationales. Ceci laisse peu de place à l'insertion de nouveaux exercices qui ne pourraient se faire qu'au détriment d'autres formations ou à une augmentation du volume de formation déjà conséquent.

Le décisionnel est peu abordé lors des séances de simulateur. Premièrement, un des objectifs de la séance reste la réalisation de procédures. Celles-ci sont bien définies avant de débiter la séance, souvent dans un contexte très simplifié (exemple : Cisaillement de vent effectué sans contrainte de trajectoire).

Deuxièmement, les contraintes de temps et de la réalisation d'exercices réglementaires ne permettent pas d'envisager des scénarios avec plusieurs options (si remise de gaz ou atterrissage...).

Troisièmement, il est illusoire de croire que les scénarios peuvent être maintenus confidentiels et non connus des pilotes en formation, ce qui compromet le travail sur le décisionnel.

Enfin, lorsqu'un équipage prend une décision contraire à celle qui est prévue dans un scénario, le reste de la séance est impacté. Par exemple, si la décision de faire une remise de gaz est prise au lieu et place d'un atterrissage, l'instructeur ou l'examineur devra accélérer le reste du déroulement de la séance pour pouvoir effectuer l'ensemble des items prévus.

Quid de l'apprentissage de la prise de décision

La prise de décision lors d'une session de formation n'est pas représentative de l'activité opérationnelle. Elle se caractérise par des prises de risque minimales et une volonté d'appliquer à la lettre les consignes.

Documentation 9803 – LOSA (line operations safety audit) :

The observation of training behaviours (during flight crew simulator training, for example) is another tool that is highly valued by the aviation industry to understand operational human performance. However, the "production" component of operational decision making does not exist under training conditions. While operational behaviours during line operations are a compromise between production and safety objectives, training behaviours are absolutely biased towards safety. In simpler terms, the compromise between production and safety is not a factor in decision making during training (see Figure 1-2). Training behaviours are "by the book".

Therefore, behaviours under monitored conditions, such as during training or line checks, may provide an approximation to the way operational personnel behave when unmonitored. These observations may contribute to flesh out major operational questions such as significant procedural problems. However, it would be incorrect and perhaps risky to assume that observing personnel during training would provide the key to understanding human error and decision making in unmonitored operational contexts.



LA FORMATION : DES AXES D'AMÉLIORATIONS SOUHAITABLES

Rappels et compléments de formation

Il apparaît que les rappels ou compléments de formations peuvent être une solution mais uniquement sur le court terme. Ils permettent généralement de combler rapidement des lacunes de connaissances pour une population donnée.

En fonction des retours d'expérience, les éventuels compléments de formation porteraient sur :

- La connaissance des ordres de grandeurs relatives aux performances d'atterrissages
- Les moyens de mesure des paramètres météorologiques et la fiabilité de l'information transmise
- Les connaissances sur les phénomènes locaux de l'aéroport
- Savoir transmettre un AIREP.

Quid de L'AIREP ?

Très peu présent dans la culture aéronautique française, voire européenne, l'AIREP est peu abordé dans les formations. Son emploi et la manière de le formaliser sont surtout étudiés lors des formations initiales. Peu pratiqué dans les sessions d'entraînement, une perte de savoir-faire est constatée. Transmettre un message clair, concis et le plus précis possible n'est pas aisé, surtout dans un contexte de surcharge de travail.

Au contraire, en Amérique du Nord, l'AIREP est systématiquement employé pour informer d'une détérioration des conditions de freinage par rapport aux informations transmises par l'aéroport, bien que cette évaluation par le pilote reste purement subjective.

Élaboration de rappels : Le « ALAR KIT TOOL »



Afin d'aider l'élaboration de formations, des briefings ont été réalisés par la *Flight Safety Foundation* et mis à disposition sur leur site Internet (www.flightsafety.org). Ils ont été conçus dans le cadre de la

prévention des accidents lors des approches et atterrissages et rassemblés dans un ensemble dénommé : ALAR TOOLKIT (ALAR = Approach-And-Landing Accident Reduction). Ils peuvent être utilisés directement pour une autoformation ou servir de base de travail pour l'élaboration d'une formation.

De nombreux briefings abordent les problématiques des approches et atterrissages en conditions météorologiques dégradées : illusions sensorielles dues à de mauvaises conditions météorologiques, la mesure du vent et les limitations associées, les cisaillements de vent, les pistes contaminées, le freinage, les distances d'atterrissage, l'impact des températures sur l'altimètre lors d'une approche, la vitesse en finale, la gestion des ressources de l'équipage, les remises de gaz...

LES PIÈGES DES RAPPELS ET COMPLÉMENTS DE FORMATION

Ce processus est en général inflationniste. Le risque est d'aboutir à une accumulation de formations n'ayant pas forcément de lien entre elles et de favoriser les îlots de connaissances.

Vers une meilleure utilisation des moyens de simulation

Les outils de simulation sont sous utilisés dans le cadre des formations. La certification d'un simulateur de niveau C et D requiert notamment :

- Des scènes d'hiver, avec différents coefficients de frottement de piste
- Des effets visuels avec de la forte pluie, neige, tempête de sable
- Des effets visuels simulant des pistes mouillées ou contaminées
- Des restitutions d'effort sur les commandes de vol en cas de givrage des gouvernes
- Des effets d'orage.

Or, peu de scénarios font appel à une pleine utilisation des ressources du simulateur. Les exercices complémentaires s'effectuent généralement dans des conditions météorologiques peu contraignantes (à l'exception de la visibilité et du plafond pour imposer une remise de gaz).



La formation sur simulateur doit permettre de laisser plus d'initiative à un pilote qu'une formation sur aéronef.

Le travers des formations sur simulateur est d'avoir supprimé généralement les menaces (l'environnement extérieur) pour se concentrer sur une simple application de procédures. Les formations sur simulateur doivent avoir un environnement le moins simplifié possible. Des trafics extérieurs, des évitements d'orage, avec des pistes contaminées sont autant de possibilités dont disposent les simulateurs pour insérer des menaces.

La difficulté est la grande diversité des capacités des simulateurs. L'absence de standardisation des interfaces de gestion du simulateur peut rapidement aboutir à une surcharge de travail pour l'instructeur.

La formation des pilotes en compagnie : introduction de l'ATQP

L'introduction de l'ATQP, Advanced Training and Qualification Programme, (EU-OPS 1.978) permettrait de redéfinir la conduite des ECP et l'introduction éventuelle d'une approche de la gestion des risques. L'ATQP devrait servir de tremplin pour promouvoir des sessions intégrant le processus décisionnel, en

permettant d'élaborer des formations adaptées aux besoins opérationnels d'une compagnie en fonction des secteurs et des aéronefs utilisés.

La difficulté réside dans le compromis entre la définition des contenus dans une séance de simulateur et la liberté qui doit être laissée à l'instructeur pour l'apprentissage de la gestion des menaces et des erreurs. Il faut garder un principe de base : la menace est un danger imprévisible. L'objectif doit être de vérifier des compétences et non les limites d'un équipage.

Cette nouvelle approche doit être une opportunité pour insérer de la gestion du risque.

Le principe de l'ATQP est de permettre de centrer la formation sur les besoins opérationnels et de déterminer un syllabus propre à l'expérience de la compagnie et à la flotte. Pour cela, l'ATQP permet de sortir des contraintes semestrielles ou annuelles des contrôles exigées par les réglementations.

Dans le cadre des approches et atterrissages en conditions météorologiques dégradées, ceci permettrait aux compagnies de déterminer la formation de ses pilotes selon son propre retour d'expérience et en fonction des secteurs d'exploitation.

VERS LE DÉVELOPPEMENT DES APTITUDES À LA DÉCISION

Le développement du savoir-être

Apprendre à décider passe par le partage de l'expérience. Le partage du savoir devrait se reposer sur les principes du compagnonnage. Le partage de l'expérience ne doit pas être cloisonné à des séances ou des vols spécifiques avec systématiquement un instructeur. Il ne doit pas se limiter à l'adaptation en ligne des pilotes, mais faire partie intégrante d'un travail en équipage quotidien.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Apprendre que l'expertise ne veut pas dire « être apte à se poser dans toutes les conditions », mais c'est savoir décider.

L'expert est celui qui a su gérer et prendre en compte l'ensemble des menaces, maintenir les marges de sécurité tout en faisant face à une surcharge de travail. La performance technique ne doit pas masquer une absence de prise en compte des menaces ou une incapacité à décider.

Le développement de la capacité à gérer : le TEM

L'introduction du TEM (Threat and Error Management) permet d'analyser la gestion d'un environnement complexe. L'objectif est de formaliser le bon sens, c'est-

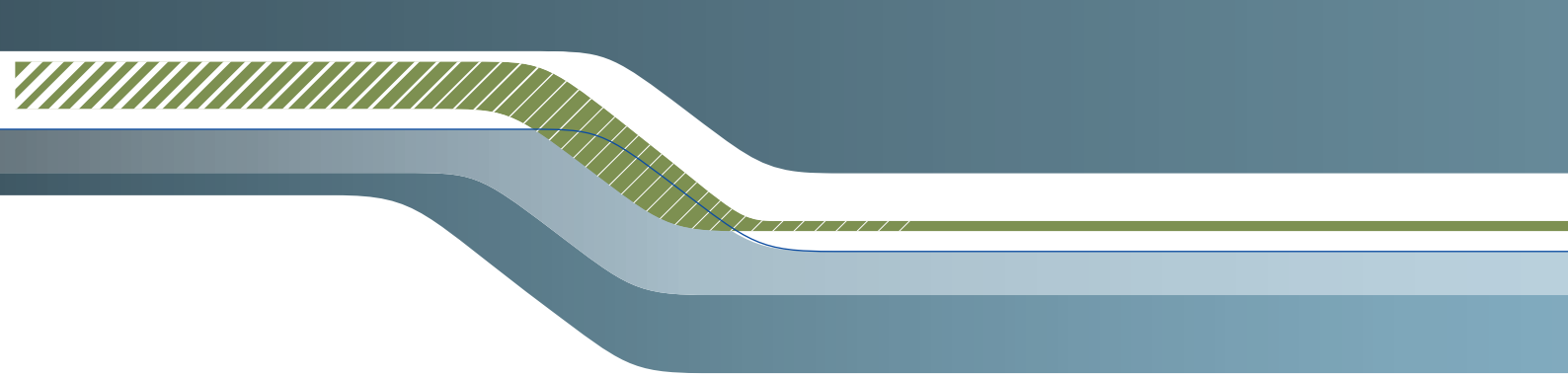
à-dire de transmettre une méthode qui combinée avec des connaissances et une expérience permet de gérer dans les meilleures conditions possibles les menaces et d'évaluer le risque pris.

La gestion de menace peut être largement définie comme la façon dont les différents acteurs prévoient et/ou répondent aux menaces. Une menace mal gérée peut induire les acteurs en erreur.

L'objectif : apprendre à gérer la combinaison de plusieurs menaces.

Origine de la menace	Exemples
Environnement	Orages
	Turbulences
	Faible visibilité
	Cisaillage de vent
	Givrages
	IMC
	Communication dense et brouillée
	Fréquence élevée de changement de clairance - trajectoire non standard
	Relief
Cockpit	• Anomalie de systèmes A/I, du radar, du GPWS, des moteurs, des commandes de vol, ou des défaillances des automatismes • Des Items MEL ayant des implications opérationnelles • Les autres aéronefs nécessitant une attention particulière de l'équipage
Cabine	Évènement survenant dans une cabine, non respect du cockpit stérile, interruptions par un PNC
Compagnie	Pression pour le respect du contrat engagé vis-à-vis des passagers : • Pression sur le respect des horaires • Pression pour aller à la destination

Exemple de types de menaces lors des approches et atterrissages en conditions météorologiques dégradées pour des pilotes.



Une étude de LOSA sur 314 vols a révélé que les pilotes sont confrontés à :

- Au moins une menace externe dans 72 % des étapes réalisées
- 1,91 menaces par étape.

Nota : une étape lors de l'étude a comporté jusqu'à 11 menaces.

Les conditions météorologiques dégradées ont représenté 28 % des menaces.

Quid de la mise en place des TEM dans les formations

Bien que le CRM comprenne la gestion du risque et la gestion des erreurs, il a été souvent restreint aux interactions entre les différents individus composant un équipage. L'introduction du TEM permet de remettre la gestion du risque au premier plan, et à redéfinir le vocabulaire dans le cadre de la gestion des menaces et des erreurs, passage obligé pour l'élaboration des outils d'analyse et de compréhension de la gestion des interactions entre les différents facteurs.

Le TEM ne remplace pas le CRM, mais redonne une approche plus large et complète de la gestion des ressources au sein d'un équipage.

Concrètement, dans le cadre des approches et atterrissages en conditions météorologiques dégradées, cette gestion des risques doit aider à élaborer une fenêtre décisionnelle servant de stimulus pour une prise de décision.

**PLUIE FORTE + ESSUIES GLACES SUR VITESSE
MAX + PERTE DE VISIBILITÉ EN COURTE
=
DÉCISION**

Exemple de fenêtre décisionnelle sur approche avec un rideau de pluie.

La difficulté des TEM est l'appréciation de la gestion des menaces. Celle-ci est entièrement subjective, comme pour l'appréciation de la prise de décision. Seules les bonnes pratiques de gestion et le bon sens permettent d'établir une référence.

D'autre part, le TEM ne doit pas se transformer en un TEL, c'est-à-dire en un « *Threat and Error List* ». L'objectif est de s'assurer que les acteurs ont conscience de la situation, leur apprendre à avoir une perception de l'environnement dans un volume de temps et d'espace donné et savoir interpréter immédiatement la situation. Il ne s'agit pas d'exiger la connaissance d'une liste complète de menaces et d'erreurs communes en fonction de la situation. Il faut s'assurer qu'à la suite d'une détection d'une menace ou d'une erreur potentielle, l'équipage conduit une action corrective.

Le TEM dans l'évaluation des pilotes

Dans le cadre de la standardisation des examinateurs CPL-IR, une approche par le TEM a été élaborée. Le principe a été de décomposer l'évaluation sur 5 niveaux, les 2 derniers niveaux étant relatifs à une aptitude commandant de bord.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



1 ^{er} niveau	2 ^e niveau	3 ^e niveau	4 ^e niveau	5 ^e niveau
Restitution de la méthode	Connaître certaines menaces	Connaître les ressources	Connaître les situations indésirables	Connaître les remèdes
Bon briefing MTO conforme à l'exploitation	Bien identifier les problèmes du jour	Bien décider fonction de son niveau	Envisager une dégradation non prévue	Envisager une alternative à sa décision
Pas de question spécifique si la situation est complexe	Poser des questions en priorité sur les menaces du jour ensuite si besoin sur d'autres menaces « de base »	Vérifier l'aptitude à construire une décision.	Faire prendre conscience de la vulnérabilité	Vérifier l'aptitude à faire face
EX : Temps orageux, Prend carburant pour attente, Prévoit le dégagement, Vérifie l'équipement radar, Vérifie les déperditions de charge	EX : La grêle La turbulence La foudre La contamination piste	EX : Utilisation du radar indétermination entre la pluie et la grêle Les turbulences et l'utilisation du PA La connaissance du domaine de vol Les effets magnétiques sur les moyens radio	EX : La panne de communication pendant plusieurs minutes	EX : Quelle trajectoire me protège, vis-à-vis du relief et vis-à-vis des autres aéronefs

Exemple de grille d'évaluation du management des menaces.

Source : Standardisation des examinateurs – Xavier Portier (DGAC/DSAC/PN).



DSAC

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



NOUVELLES TECHNOLOGIES,
PROCHAINEMENT SUR VOS ÉCRANS.

www.developpement-durable.gouv.fr



Deymo



DISPOSER DE MOYENS TECHNOLOGIQUES D'AIDE À LA DÉCISION

Si l'humain reste le maillon indispensable de la chaîne de décision, les développements technologiques s'intègrent de plus en plus dans cette chaîne pour finalement presque constituer un maillon à part entière. Que les systèmes soient « semi-décisionnels » en délivrant des informations traitées ou analysées ou bien uniquement « informatifs » en mettant à la disposition des données brutes, leur capacité instantanée d'analyse en font des outils très performants pour délivrer au bon moment des informations essentielles que seul, l'humain, ne peut appréhender.

Quatre orientations ont été retenues. Toutes correspondent à des systèmes embarqués ou au sol dont le développement et la mise en application permettront d'apporter une aide précieuse dans le processus de décision pour les équipages, les exploitants d'aérodromes, les services de la navigation aérienne et les services de la météorologie.

CONNAÎTRE LE VENT DANS LA ZONE D'APPROCHE

La connaissance de vent dans la zone d'approche, typiquement dans un carré de 100 kilomètres de côté autour de la plate-forme et jusqu'à 5 000 mètres d'altitude, est fondamentale pour la gestion des flux d'avions, et surtout pour garantir de bonnes conditions de sécurité. D'après un rapport de l'OACI (doc 9817 AN/449, 2005), les cisaillements de basse couche ont été cités dans au moins 28 accidents/incidents de transport public entre 1964-1983.

Des cisaillements de basse couche peuvent être produits en situation non-convective par la présence d'obstacles, par un front météorologique, par des brises de terre ou de mer. Ces phénomènes sont en général assez bien documentés et souvent prévisibles. Par contre les cisaillements les plus spectaculaires se rencontrent en conditions convectives : fronts de rafale, rafales descendantes... Ils peuvent être très violents, de très petite taille et ne durer que quelques dizaines de minutes.

Dans cette partie, on décrit les possibilités actuelles de mesure du vent, et d'identification des zones convectives. On insiste tout particulièrement sur les moyens, et les projets d'évolution de ces moyens au niveau national. On évoque également les méthodes, et les projets d'amélioration, pour la prévision du vent dans la zone d'approche.

L'observation classique in situ

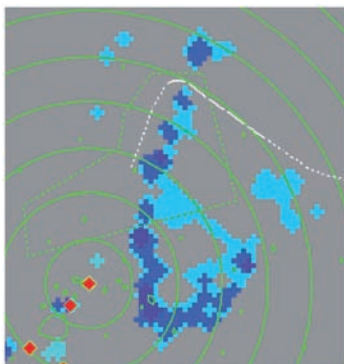
Le vent est habituellement observé par des capteurs au sol, anémomètres à coupelle ou soniques, placés à 10 mètres du sol aux seuils de piste. Les mesures servent à générer, plus ou moins automatiquement, des messages audio pour les pilotes. Le système LLWAS (*Low Level Wind Shear Alert System*), qui a été déployé sur de nombreuses plates-formes américaines pour fournir des alertes aux cisaillements, consiste en un réseau de capteurs de vent au sol, entre 5 et 32 stations, dont les mesures sont analysées par un système expert qui génère les alertes. Ce système n'est efficace que si une partie des capteurs est installée assez loin de la plate-forme (distance supérieure à 5 kilomètres), et il génère un nombre important de fausses alarmes.

Les mesures AMDAR (*Aircraft Meteorological Data Relay*) effectuées à bord des avions, sont envoyées au sol, en particulier aux services météorologiques. Elles peuvent être utilisées par le prévisionniste pour affiner son expertise ou par le modèle numérique de prévision du temps.

L'observation par télédétection

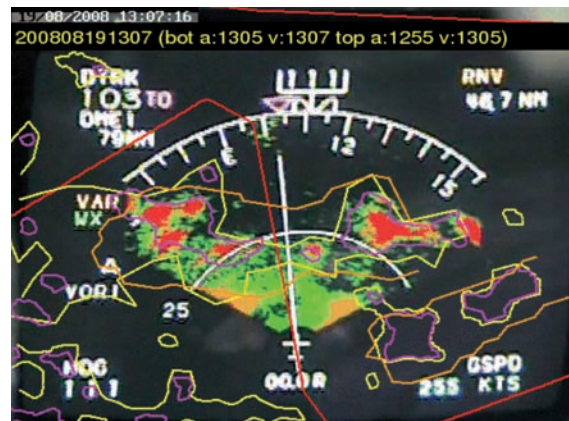
Le vent peut être mesuré à distance par les Sodars (ondes sonores), les radars profileurs qui sont de très bons instruments pour fournir des profils de vent à la verticale de la plate-forme, les radars précipitations (entre 3 et 10 centimètres de longueur d'onde), et les lidars Doppler (qui sont en fait des radars travaillant dans l'infrarouge).

Parmi ces systèmes, les radars précipitations sont clairement les plus avancés et les pays développés sont pratiquement tous couverts par des réseaux opérationnels de radars pour la mesure de la pluie et du vent. Des produits opérationnels ont été élaborés pour l'aéronautique, comme le système ASPOC en France ou le très sophistiqué système américain ITWS (*Integrated Terminal Weather System*) qui utilise les données du puissant radar Doppler TDWR (*Terminal Doppler Weather Radar*) couplé à un système LLWAS pour diminuer les fausses alarmes, ainsi qu'à un lidar vent. Ces moyens d'observation sont exploités par des systèmes experts destinés à générer des alarmes, tout particulièrement pour les cisaillements de vent au niveau local, ou au niveau régional.



Imagerie ASPOC dans une région de 350 de côté. L'image radar, en bleu, est superposée avec la trajectoire d'un avion (trait pointillé blanc). Situation de 2/8/1998 à 14h50 UTC. Les cercles sont tracés de 10 en 10 km autour du centre de contrôle en route d'Athis-Mons. La trajectoire suivie par l'aéronef indique clairement comment il a évité la zone orageuse.

de zones orageuses d'une façon adaptée aux besoins du contrôle du trafic aérien. Il permet ainsi aux centres de contrôle aérien d'anticiper les déviations d'avions occasionnées par la présence de zones orageuses sur leur trajectoire, et d'améliorer ainsi la gestion de l'espace aérien. Les contrôleurs disposent ainsi d'une information proche de celle qu'ont les pilotes avec le radar de bord. ASPOC s'appuie sur l'imagerie radar provenant du réseau de radars météorologiques, sur laquelle un seuillage et une palette de couleurs adaptées à la signalisation des cellules convectives ont été appliqués : les faibles précipitations (crachin...) ne sont pas affichées et 4 couleurs décrivent directement l'intensité de l'activité convective (niveau faible, modéré, fort, très fort). La résolution horizontale d'ASPOC est de 1 km et sa résolution temporelle de 5 minutes. L'information radar est complétée par le pointage de l'activité électrique. Dans un futur proche, elle pourrait être complétée par l'altitude de sommet des nuages.



Orages et sécurité des avions. Illustration tirée du projet européen FLYSAFE visant à développer le « Système de Sécurité Intégré de Nouvelle Génération ». La figure illustre ce que pourrait être une future image radar à bord de l'avion, combinant la vision du radar de bord (plages de couleur verte, jaune et rouge) complétée de la vision synchronisée des orages apportée par le réseau radar sol (les orages modérés et forts représentés par les lignes magenta et jaune) et par le satellite (lignes oranges); la trajectoire de l'avion est décrite en rouge. Les radars sol et le satellite apportent une information à grande portée et sur les côtés que le radar de bord ne peut détecter en raison de ses limitations de mesure. Cette couverture étendue permettrait une meilleure anticipation du pilote. L'acheminement des données à bord, tout comme l'ergonomie de la visualisation, restent à traiter.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Cette imagerie est présentée dans un environnement proche de celui du poste du contrôleur aérien. ASPOC offre des fonctions de visualisation incluant défilement, zoom, animation, calcul de trajectoire des cellules orageuses, seuillage, loupe, point surveillé, impression et choix du fond de carte (zone géographique, repères visuels tels que ville, pistes d'atterrissage ou tour de contrôle, routes aériennes). ASPOC est disponible sous différentes formes dans les centres de contrôle des huit plus grandes approches ainsi que dans 5 détachements de coordination civile (DCC) établis dans les centres de contrôle aérien militaires (CDC) ; il est en test dans les centres de contrôle de 11 autres aéroports.

La description des orages continue de bénéficier des progrès sur la mesure radar tant pour l'estimation de l'intensité des précipitations, que du risque de grêle (avec l'information polarimétrique) ou de la force des rafales associées aux orages (avec l'information Doppler). La prévision numérique à échelle fine, grâce en particulier à une meilleure prise en compte des observations radar Doppler et réflectivité, ouvre également des perspectives d'amélioration de la prévision à échelle fine des orages aux premières heures d'échéance. Toutes ces informations, issues de l'observation, de la prévision numérique et des systèmes experts pour interpréter ces données, pourraient dans le futur être présentées sous forme synthétique dans la cabine de pilotage.

Détection du cisaillement horizontal de vent par radar en basses couches

Le cisaillement de vent est défini comme la différence du vecteur vent d'un point de l'espace à un autre, et son intensité s'obtient en divisant la norme du vecteur par la distance entre les deux points. Lorsqu'on utilise les données de vitesse radiale des radars, on ne possède que la composante du vent dans l'axe du faisceau radar (vitesse radiale), mais on peut avoir une très bonne idée du cisaillement en calculant le gradient horizontal de la vitesse radiale dans une direction donnée. Pour en avoir une représentation synthétique, on choisit d'attribuer à chaque pixel le maximum du gradient horizontal de vitesse radiale dans les directions Nord-Sud, Est-Ouest, et pour les altitudes observées entre 0 et 1 500 m au-dessus du sol.

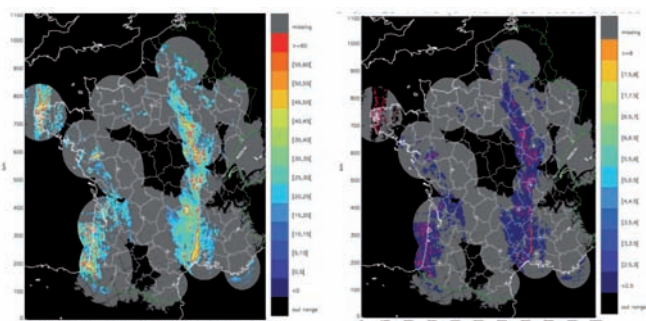


Image composite de réflectivité sur la France

Image composite de cisaillement du vent

Détection des zones de cisaillement à partir des mesures opérationnelles du vent par le réseau Aramis

La figure de gauche représente une image composite du maximum de réflectivité radar entre 0 et 1500 m de hauteur au-dessus du sol, réalisée à partir des observations des 24 radars du réseau français ARAMIS pendant une durée de 5 minutes le 30/03/2010 à 0635 UTC. Cette image peut être vue comme une image de la pluie sur la France à cet instant. On observe la présence d'une bande pluvieuse orientée Nord-Sud qui va de l'est de Paris jusqu'à la côte méditerranéenne, avec la présence d'une ligne de grain particulièrement forte ($Z > 45$ dBZ) dans sa partie sud.

La figure de droite est une image de cisaillement horizontal de vent en basses couches, tel que défini précédemment. On observe clairement une ligne de cisaillement orientée Nord-Sud, caractérisée par des couleurs orange/rouge qui correspondent à des cisaillements de l'ordre de 7.5 m/s/km, et qui coïncide parfaitement avec la forte ligne de grain de l'image de réflectivité. Ce type de produit, en cours de développement, peut être réalisé avec une résolution de 1x1 km et 5 minutes.

Cependant ces produits de vitesse radiale sont difficiles à interpréter et on aura intérêt à observer les régions importantes avec plusieurs radars pour reconstituer le champ de vent complet, et non plus seulement la vitesse radiale. En plus des mesures du vent, les radars polarimétriques permettent d'identifier le type de précipitation (pluie, neige, grêle...) et fournissent des informations éventuellement utiles pour détecter les zones de surfusion.

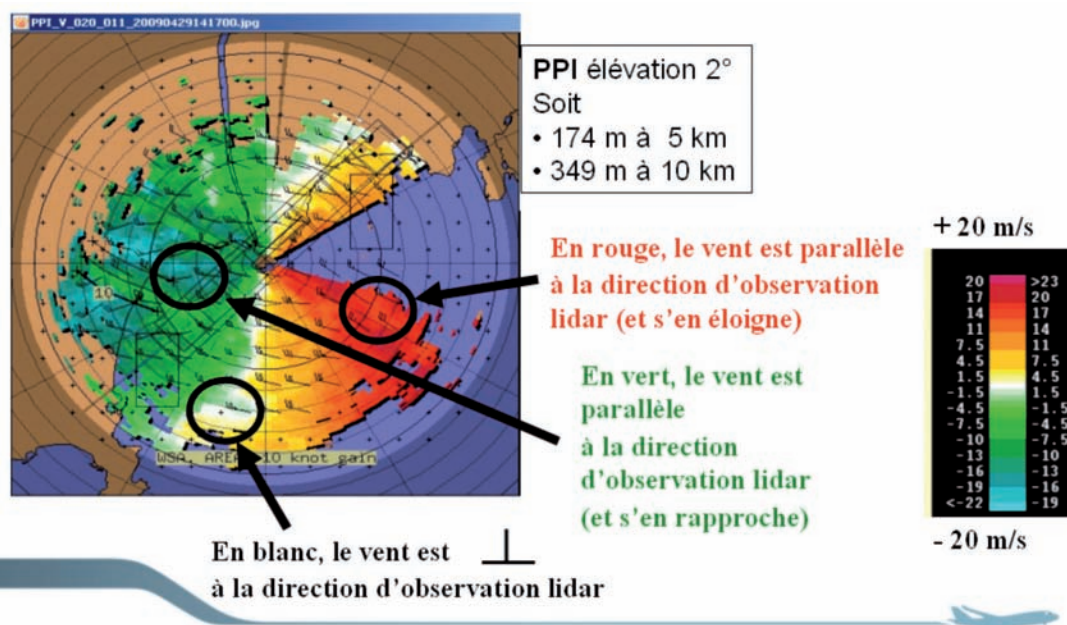
Cisaillements du vent observés par lidar - expérimentation NICE 2009

Pour certaines plates-formes, comme celle de Nice par exemple, les cisaillements de vent se produisent surtout en situation de ciel clair pour lesquelles l'observation radar n'est pas très efficace. On aura dans ce cas intérêt à utiliser des lidars Doppler. La portée de ces appareils reste limitée à 10 km et le signal est très rapidement atténué par la pluie et même les nuages, mais ils sont très efficaces en air clair.

Les radars permettent de mesurer le vent à distance par « effet Doppler » dans la pluie. Quand il ne pleut pas, les retours radar sont souvent trop faibles pour être détectés, sauf en présence de diffuseurs de taille centimétriques (insectes, grosses poussières, turbulence de très petite échelle...). Le lidar Doppler, dans les longueurs d'onde infrarouge, peut recevoir des échos provenant de particules beaucoup plus petites (aérosols, nuages diffus...). La combinaison lidar/radar est donc très pertinente pour observer le vent par tout temps. Les lidars Doppler font d'ailleurs partie de la panoplie ITWS déployée sur quelques grosses plates-formes aux USA.

Compte tenu de la présence de la mer, de reliefs proches et de la vallée du Var, la météo de l'aéroport de Nice est très particulière : les interactions entre le flux d'ensemble, le courant canalisé par la vallée du Var et les brises de mer génèrent des cisaillements de vent qu'il faut anticiper pour limiter les dangers dans la phase d'approche, d'autant plus que l'approche est très courte à cause de l'évitement des villes côtières.

Ces cisaillements se produisent généralement par temps sec et le radar précipitation n'est donc pas adapté. Une première tentative a été faite avec un radar profileur de vent placé sur l'aéroport, mais il ne permet pas d'observer au-dessus de la mer où ont lieu les principaux problèmes. Il a alors été décidé d'expérimenter un lidar Doppler pendant quelques mois en avril 2009.



Images panoramiques de vitesse radiale du vent, obtenues par le Lidar en situation de temps clair.
L'image (situation du 29 avril 2009 14h17) est caractéristique d'un flux d'ouest peu perturbé.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage

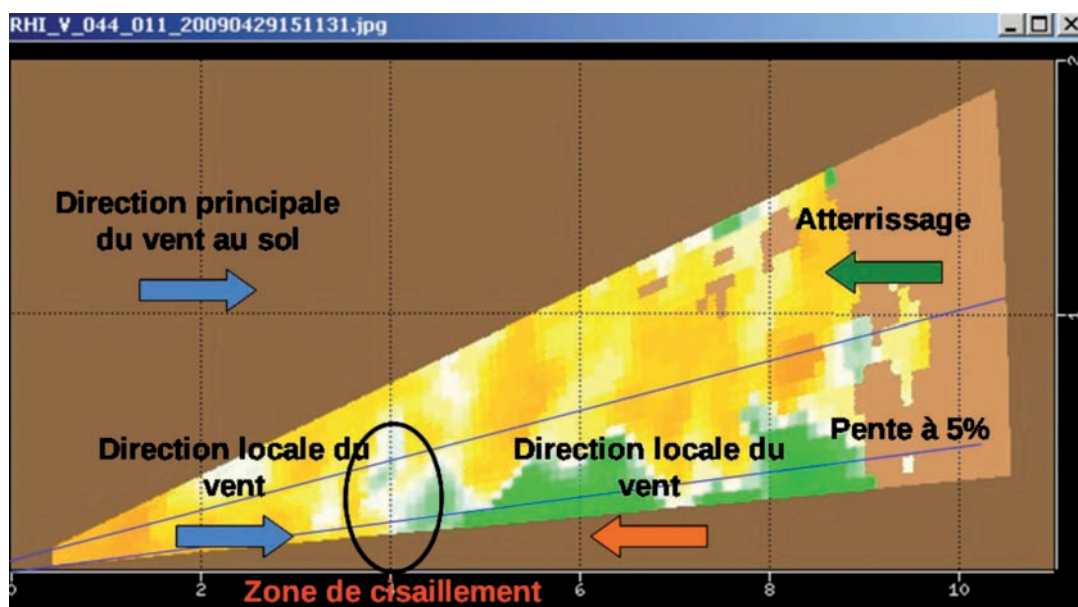


Image RHI (coupes verticales) de vitesse radiale du vent, obtenues par le lidar en situation de temps clair dans l'azimut 224°. La ligne noire, à 3° de l'horizon, figure une trajectoire d'approche. On observe que la trajectoire d'approche va rencontrer (image du 29 avril 2009 à 15h11), un cisaillement important à 3 km de la piste et 500 pieds.

Projets français de développement de l'observation du vent pour l'approche

Suite à la réussite de l'expérimentation lidar de Nice 2009, une nouvelle expérimentation est en cours de préparation pour l'année 2011. Les objectifs sont :

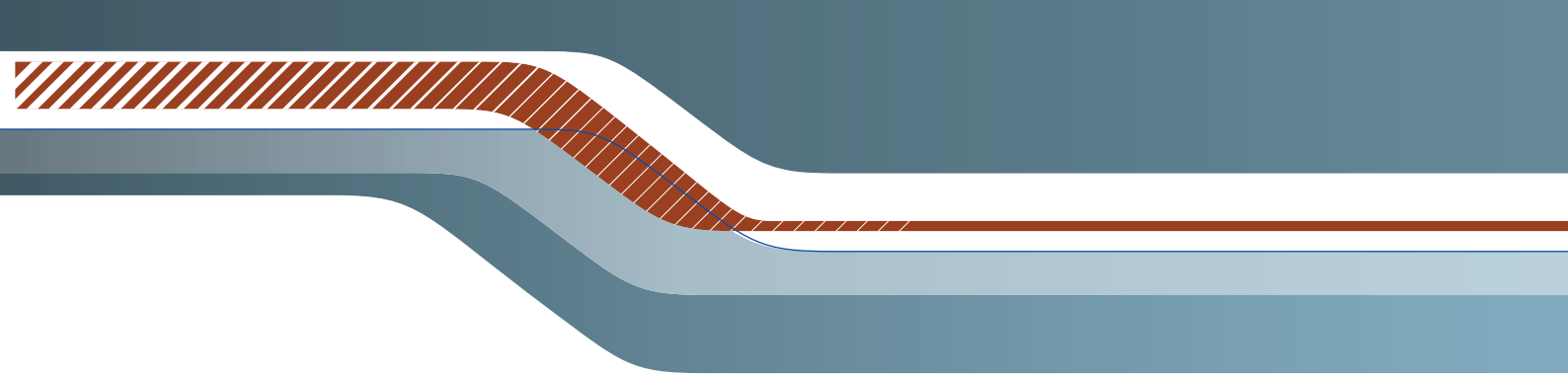
- De vérifier la capacité d'un lidar Doppler, moins onéreux que celui qui a été testé en 2009, à détecter les cisaillements en air clair.
- De mesure radar en installant également un radar Doppler mobile sur l'aéroport.
- De tester la complémentarité des diagnostics de cisaillement fournis par les deux instruments.

En cas de succès de cette seconde expérimentation, un programme d'équipement des principales plates-formes sera défini et Météo-France recherchera des mécanismes de financement pour le mettre en œuvre.

Prévision du vent

En ce qui concerne le vent, il existe deux types de prévisions : la prévision immédiate (PI) qui est surtout basée sur l'observation que l'on va extrapoler pour un futur proche, inférieur à l'heure, et la prévision numérique (PN) qui s'intéresse aux échelles de temps supérieures à l'heure.

Modèles disponibles actuellement : la prévision numérique fournit des champs de vents tridimensionnels sur des grilles quasi-régulières, soit une forte densité spatiale et temporelle. Elle s'appuie sur son système d'assimilation de données pour incorporer un sous-ensemble pertinent des observations disponibles ainsi que sur l'ensemble des équations physiques décrivant l'atmosphère. En ce sens la prévision numérique peut être vue comme une spatialisation intelligente des données observées. Deux modèles opérationnels fournissent des champs de vents toutes les heures. Le premier (ARPEGE) est



un modèle global avec une résolution effective de l'ordre de 20 km, et le second (AROME) est centré sur l'Europe avec une résolution effective de l'ordre de 5 km. Ces modèles fournissent une prévision de vent en constante évolution au gré des améliorations scientifiques dont ils bénéficient, notamment grâce à l'utilisation de plus en plus d'observations. La cadence actuelle pour l'alimentation en observations est de 3 heures.

Projet SESAR (prévision immédiate) : dans le cadre du projet SESAR (Work Package 12.2.2), Météo-France va développer un nouveau système qui bénéficiera d'un rafraîchissement horaire en observations, avec une résolution effective de 1 kilomètre. Ce système sera centré autour de l'aéroport Roissy - Charles de Gaulle. Météo-France espère pouvoir améliorer notablement les modèles déjà existants, notamment grâce à l'utilisation plus fréquente d'observations (toutes les heures au lieu de toutes les trois heures).

Le système de prévision immédiate ASPOC va être amélioré pour intégrer les dernières nouveautés de l'observation sur la détection des cisaillements et des informations issues des radars polarimétriques. La nouvelle version sera proposée aux utilisateurs mais la définition précise de qui est l'utilisateur de ce genre de produit reste à faire : s'agit-il d'un expert météo qui s'en servira pour élaborer des messages d'alarmes, d'un responsable au contrôle, ou peut-on envisager que ces informations soient mises à disposition des pilotes eux-mêmes, sous une forme adaptée à leur besoin ? Le nouveau modèle de prévision numérique AROME sera prochainement déployé autour de l'aéroport CDG. Avec une résolution effective de 1 km et une capacité d'assimilation des mesures au pas de temps horaire, il devrait sensiblement améliorer la qualité des prévisions du vent, y compris en situation convective.

ÉQUIPER LES AÉRONEFS DE MOYENS DE COMMUNICATION POUR TRANSMETTRE ET RECEVOIR LES INFORMATIONS

La Surveillance Automatique Dépendante par Diffusion ou ADS-B transmet la position de chaque avion qui peut être reçue et communiquée à la fois à l'ATC et aux avions se trouvant dans le champ de visualisation, afin que le pilote et le contrôleur puissent visualiser l'ensemble des avions se trouvant dans le secteur. L'ADS-B peut être utilisé à la fois pour les tâches :

- En plus des données de position et de navigation classiques, l'ADS-B peut également fournir des informations de relief et d'obstacles, afficher des informations de trafic et, dans certaines limites, des conditions météorologiques dangereuses et à éviter. D'autres avions ont également la possibilité de vous voir sur leur écran, ainsi que l'ATC sur un écran-radar ou un écran à cristaux liquides CDTI.
- En route, un pilote peut « voir et éviter » un autre trafic sur écran. L'ATC assure le séquençage des arrivées et des départs, et agit comme un filet de sécurité ou secours. De plus, l'ADS-B peut guider l'avion au sol dans le brouillard, en toute sécurité, de la piste d'atterrissage jusqu'au terminal ou vice versa, en indiquant le trafic au sol afin d'éviter les collisions.
- L'avantage opérationnel principal de ce service est l'information de situation. Dans sa forme la plus pure, ce service ne nécessite aucune infrastructure sur le terrain. Cependant de nombreuses applications possibles de ce service pourront nécessiter une infrastructure importante.
- Les transmissions ADS-B émises à partir d'un avion peuvent être captées par des « *Receveurs ADS-B* » installés au sol (chacun ayant une couverture type de 200 NM), converties en un format standard (par exemple Eurocontrol Asterix Category 21) et transmises aux Systèmes de Surveillance permettant la fusion avec les données plans de vol, les contrats ADS-B et les données radar.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



- L'avionique ADS-B est devenue une option sur la plupart des nouveaux avions commerciaux, et les prévisions actuelles indiquent que la plupart des avions modernes internationaux vont être dotés des capacités ADS-B vers mi-2008.

Les applications du système ADS-B

Le projet Eurocontrol CRISTAL MED : ce projet prévoit l'installation d'une station sol à Ajaccio en 2007 en raison d'une couverture radar insuffisante en dessous de 4 000 ft ainsi qu'une phase d'évaluation opérationnelle. Il intègre aussi l'installation de 2 stations prévues à Marseille en 2007 ou 2008 : amélioration du système de surveillance aéroportuaire SMGCS (identification des aéronefs, suivi de véhicules), amélioration de la surveillance. Enfin, ce projet dispose d'une dimension européenne avec la participation de l'Espagne, de l'Italie, de Chypre, de Malte et de la Grèce en vue d'un déploiement de stations pour une couverture étendue de l'espace au-dessus de la Méditerranée. Ce projet prépare le déploiement opérationnel de l'ADS-B en Europe dans le cadre du programme CASCADE d'Eurocontrol.

Surveillance dépendante automatique de diffusion

L'ADS-B est un système de surveillance faisant intervenir des satellites, l'avionique de bord et une infrastructure au sol pour relayer aux contrôleurs plusieurs paramètres concernant les aéronefs tels que leur identification, leur position et leur altitude.

Elle est automatique puisqu'elle n'a pas à être déclenchée par un dispositif externe, et dépendante puisqu'elle repose sur l'avionique de bord pour assurer la surveillance par la *diffusion* de messages.

Le système ADS-B comprend trois composantes principales : l'avionique de bord, les stations au sol et l'affichage pour les contrôleurs.

L'avionique de bord génère, compile et transmet les données de surveillance. Les stations au sol, qui forment un réseau d'unités réceptrices stratégiquement situées dans la zone de surveillance, détectent les transmissions des aéronefs et relaient les données au

centre de contrôle régional (ACC). Les données sont analysées et configurées pour l'affichage de l'ATC. Ce nouveau dispositif d'affichage associe la technologie de trafic aérien de l'ADS-B à celle de prévention des collisions du TCAS, réunies en un nouvel instrument dit « *Cockpit Display of Traffic Information* » (CDTI). À bord, le système ADS-B transmet les informations suivantes : type et identification de l'appareil, position, cap, vitesse et trajectoire, permettant au pilote d'identifier avec précision les autres appareils équipés de l'ADS-B et de connaître avec précision leurs positions et trajectoires.

L'affichage permet aux pilotes de faire ressortir sur leurs écrans un autre appareil et de maintenir une distance fixe. En combinant les informations du système de surveillance ADS-B à celles des cibles des systèmes anti-collision (TCAS) existants, le CDTI permet aux pilotes de disposer d'une vision améliorée du trafic aérien environnant et d'identifier plus aisément les trajectoires présentant un risque de collision.

À la demande du pilote, le CDTI peut également afficher des informations relatives au terrain survolé et à la navigation, en plus de celles fournies par le radar météo. « L'objectif est de donner aux pilotes la meilleure information possible afin qu'ils prennent des décisions sûres, rapides et précises ».

Composantes embarquées

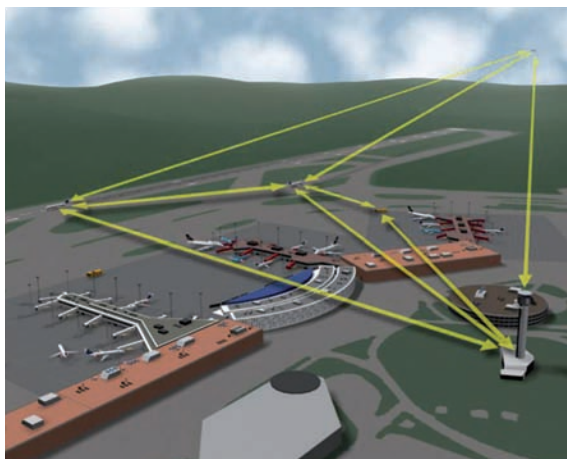


Échanges entre les composantes terrestres et embarquées de l'ADS-B

Des capteurs à bord des aéronefs sélectionnent les données requises et les communiquent au transpondeur Mode S. Après compilation du message ADS-B, le transpondeur transmet les données par squitter long (Extended Squitter ou ES), sur 1090 MHz. Les transpondeurs modernes peuvent compiler et transmettre un message ADS-B chaque seconde, de sorte que les services de la navigation aérienne disposent de la position de l'aéronef en temps réel. Les paramètres minimums suivants doivent pouvoir être diffusés :

1. Position de l'aéronef en vol
2. Catégorie d'incertitude de navigation - Position (NUCp) $\geq$ à 5, ou catégorie d'intégrité de la navigation (NIC) $\geq$ à 6
3. Indicatif OACI de 24 bits
4. Indicatif de vol (équivalent de l'ACID)
5. Altitude pression
6. Impulsion spéciale d'identification de position (SPI)
7. État d'urgence

Composantes terrestres



Échanges entre les composantes terrestres et embarquées de l'ADS-B

Stations sol à distance : les stations sol à distance ont pour rôle de détecter le signal ADS-B et de transférer les données aux processeurs de cible aux ACC. Dès la détection instantanée d'une transmission provenant d'un aéronef, le message ADS-B est horodaté et envoyé dans un délai très court (moins de 2 secondes) à l'ACC approprié par ligne terrestre ou liaison de données satellitaire.

Processeur de cibles ADS-B : à partir des données ADS-B reçues des stations sol à distance, le processeur de cible établit un dossier de données de poursuite associé à l'indicatif OACI de 24 bits. Il utilise les positions subséquentes de la cible pour établir sa vitesse. Ainsi, la position de la cible peut être anticipée pour de courts laps de temps.

Affichage à l'ATC : l'affichage de l'ATC émule l'affichage du radar rotatif. À chaque mise à jour, de nouveaux renseignements sur la cible s'affichent à l'écran. L'indicatif de vol sert à désigner le titre des données de poursuite que le processeur de cible envoie à l'affichage. Il est donc très important d'entrer l'indicatif de vol correctement.

Exigences opérationnelles

Avant d'utiliser le service ADS-B, les transporteurs et les pilotes devraient bien saisir les aspects suivants associés au fonctionnement de l'ADS-B :

1. Dépôt approprié d'un plan de vol OACI
2. Entrée exacte des indicatifs ADS-B
3. Phraséologie ADS-B en espace aérien avec couverture de surveillance
4. Procédures d'urgence

Dépôt d'un plan de vol OACI : pour l'instant, le formulaire de plan de vol OACI n'a pas de suffixe d'équipement ADS-B. La capacité ADS-B d'un aéronef équipé de l'avionique certifiée et éprouvée doit être indiquée par RMK/ADSB dans le champ 18.

Entrée des indicatifs ADS-B : l'ADS-B dispose de deux moyens d'identifier l'aéronef : l'adresse de l'aéronef en Mode S (aussi appelé indicatif OACI de 24 bits) et l'indicatif de vol (FLTID), l'équivalent visuel de l'indicatif d'appel.

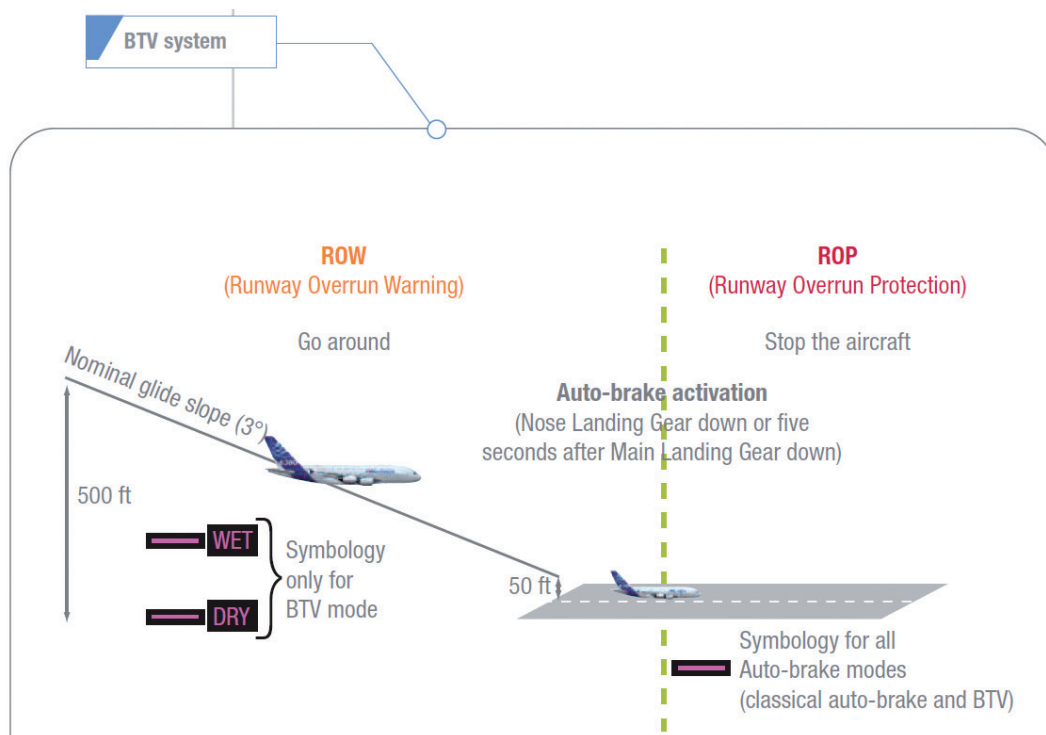


ÉQUIPER LES AÉRONEFS DE SYSTÈMES EMBARQUÉS D'ANALYSE ET DE DÉTECTION

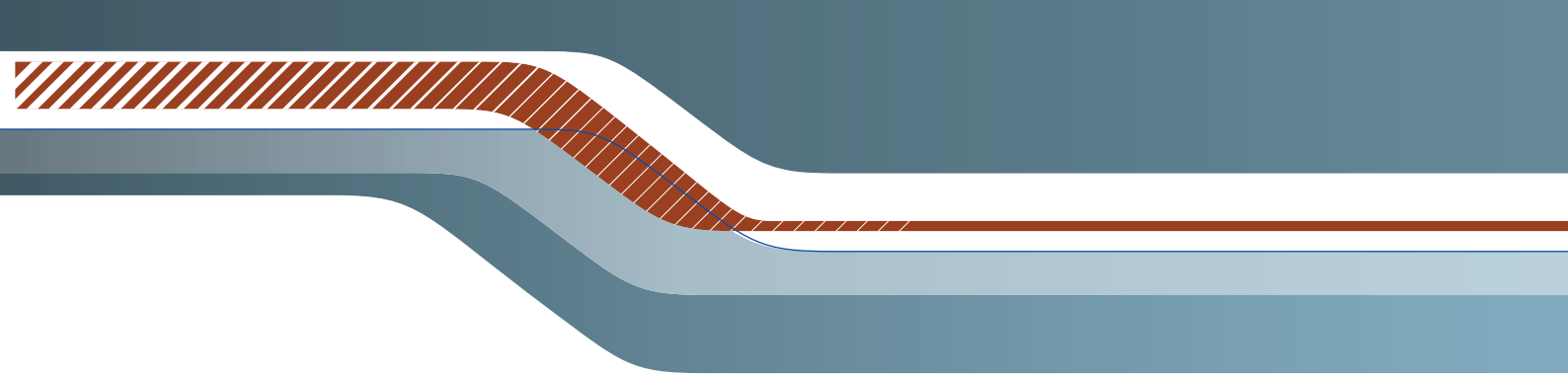
Tandis que la plupart des sorties de piste ont une sévérité limitée, elles ont néanmoins la particularité de créer un risque significatif sur la sécurité du transport aérien et les infrastructures aéronautiques. Un certain nombre d'exemples significatifs au travers le monde en attestent avec à la clé des centaines de personnes décédées (passagers mais au sol aussi), et des dommages matériels importants (cellules mais aussi constructions sur la zone aéroportuaire). Étant donné que les sorties de piste sont devenues le type d'accident le plus commun rapporté dans le monde (25 à 30 % en nombre), l'introduction de mesures

préventives est devenue un enjeu majeur pour l'industrie aéronautique afin de réduire leur probabilité d'occurrence et leur sévérité. On peut penser par exemple :

- Au renforcement des procédures opérationnelles ayant l'objet de conduire une approche et un atterrissage les plus sûrs possibles (évaluation systématique du risque dès la préparation de l'approche, entraînement spécifique des équipages, procédure claire et non ambiguë de remise des gaz)
- À la qualité du revêtement des pistes (entretien régulier, piste rainurée, etc.)
- À la qualité du reporting des aéroports vers les équipages des conditions effectives d'adhérence de la piste
- À l'introduction de moyens embarqués permettant d'alerter et/ou d'aider le pilote en cas de risque trop important lors de la conduite du segment final de l'approche et du roulage.



Le système ROPS – Runway Overrun Prevention System



Mais bien au-delà de l'impact sociétal évident, les sorties de piste sont devenues un problème économique majeur pour les diverses parties prenantes de l'industrie. Par exemple, les sorties de piste à l'atterrissage représentent un coût global en 2008 pour le transport aérien commercial dans le monde de l'ordre de 230 millions de dollars (estimation AIRBUS) en progression constante depuis quelques années. L'exemple réussi et récent de l'installation obligatoire du système TAWS/EGPWS (Terrain Avoidance Warning System / Enhanced Ground Proximity Warning System) afin de résoudre les accidents de type CFIT (Control Flight Into Terrain) a démontré la pertinence d'une approche combinée s'appuyant sur le renforcement des procédures opérationnelles et l'introduction de nouvelles solutions avioniques.

L'une d'elles est le système « *Runway Overrun Prevention System* » (ROPS) breveté par Airbus. Dans sa première version, ROPS a été certifié sur A380 par l'AESA en octobre 2009. Ce système est actuellement en opération sur les A380 d'Air France, de Lufthansa et d'Emirates et prochainement sur ceux de Korean Airlines, de Thai Airways et de Malaysian. ROPS est en cours de développement pour les familles A320, A330/A340 et A350XWB. ROPS est une solution aujourd'hui largement reconnue par l'industrie (AESA, FAA, compagnies aériennes et leurs diverses associations, les syndicats de pilotes professionnels [IFALPA], la presse spécialisée et les assureurs aéronautiques).

CONNAÎTRE EN TEMPS RÉEL LES CONDITIONS DE PISTE

Connaître en temps réel l'état des pistes, notamment en conditions hivernales, est une nécessité pour l'exploitant aéroportuaire :

- Pour définir les stratégies d'intervention (type d'intervention et timing) sans se faire surprendre.
- Pour établir des informations actualisées qui seront ensuite transmises aux équipages, via les services de la navigation aérienne.

L'état d'une piste en condition hivernale peut être apprécié au travers des données suivantes :

- Informations reçues du centre local de Météo-France sur les conditions locales et évolutions prévues qui aident à identifier en amont les périodes à risque.
- Rapport de visite de piste avec observation visuelle, et éventuellement mesure de l'épaisseur de contaminant si présence.
- Mesure d'adhérence opérationnelle, en tenant compte des limitations d'utilisation des résultats dans leur publication.
- Températures fournies par des stations implantées sur les chaussées mesurant certains paramètres en continu.
- Retour d'informations des pilotes.

Aéroports de Paris a réalisé sur la plate-forme de Roissy CDG une expérimentation comprenant la mise en place et l'utilisation des stations de températures dans les chaussées aéronautiques (sous le nom de système AWIS, *Airport Weather Information System*), outil participant à l'anticipation des interventions.

Cartographie dynamique de la plate-forme

Afin de mieux connaître la sensibilité de la plate-forme de Paris Charles de Gaulle et avant toute installation de système de suivi de l'état des chaussées, il a été décidé en 2004 de réaliser une cartographie dynamique de type thermohygrométrique de l'ensemble des aires de manœuvre.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Cette signature thermique et hygrométrique du réseau des chaussées aéronautiques a été effectuée par le véhicule Thermoroute (CETE de l'Est) durant l'hiver 2004/2005 sur plus de 34 kilomètres de voies et pistes en zone réservée.

Thermoroute est un véhicule spécialement équipé pour enregistrer les températures de l'air, de surface et l'humidité relative de l'air. La période idéale de mesure est en hiver, par temps clair, quand les contrastes thermiques sont les plus marqués entre jour et nuit.

Ce relevé a montré que :

- La plate-forme est assez homogène en terme de sensibilité thermique.
- Hormis les ouvrages d'art, points singuliers déjà référencés, certaines zones sont cependant légèrement plus sensibles.

Installation et fonctionnement des sondes de températures

Avant 2005, la plate-forme disposait déjà de deux stations de mesures de températures.

En 2005 une station est mise en place sur la voie Quebec. En 2008, des sondes ont été installées sur les pistes (un site par piste, environ à mi-distance des deux seuils).

En 2009, l'entrée en zone de fret sud ouest (voies U et C) repérée comme une zone sensible en 2005 a aussi été équipée.

À chaque site sur piste, deux sondes actives complémentaires sont mises en œuvre :

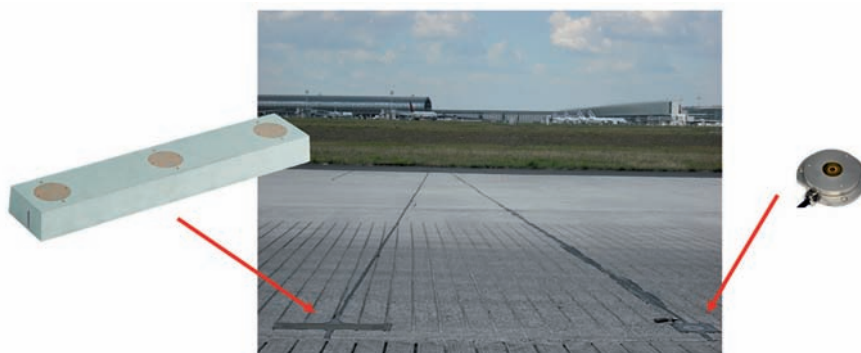
- Une sonde dite BOSO (terminologie Boschung, fournisseur) avec éléments Peltier, mesurant des variations de propriétés électriques du liquide de surface. La baisse de température provoquée atteint 2°C sous la température réelle. Le cycle est de l'ordre de 8 minutes.
- Une deuxième sonde, dite ARCTIS, avec un cycle de 2 minutes, descend de 15°C sous la température réelle et détermine le point de congélation du liquide en identifiant le point d'enthalpie.

Trois niveaux d'alertes sont définis pour le suivi des données de ces sondes de températures :

- Alerte A1 : c'est un niveau de vigilance avec une température, du sol ou de l'air, qui passe sous zéro.
- Alerte A2 : déclenchée par la sonde BOSO indique un risque de glace au sol. Un changement d'état est constaté.
- Alerte 3 : c'est un constat de présence de contaminant.

Les données des sondes sont transmises à une station de traitement et transmission qui assure également :

- Une détection de précipitation (détecte début et fin d'événement, distingue pluie et neige, intensité peu/moyen/fort).
- Un cumul de hauteur des précipitations de neige (à ne pas confondre avec la hauteur de neige sur piste...).
- La température de l'air et son hygrométrie pour calcul du point de rosée.



Les sondes de température du système AWIS

L'ensemble de ces données permet un suivi de l'état des infrastructures et oriente le choix de la stratégie d'intervention.



Station relais

Retour d'expérience

Ce système basé sur les stations avec sondes actives permet effectivement d'affiner la connaissance en temps réel de l'état des pistes – en complément des visites réalisées – et d'anticiper les évolutions de conditions.

Les alertes méritent d'être particulièrement suivies, ainsi que l'évolution de la différence entre température du sol et point de congélation.

Les deux hivers 2008/2009 et 2009/2010 ont été particulièrement riches en événements hivernaux et ont permis de valider l'expérimentation. L'appui de ce système a été jugé comme une source d'information précieuse.

Perspectives

Aéroports de Paris prévoit donc de renforcer ce système en implantant des sondes supplémentaires à chaque seuil de piste. Dans la mesure où l'information doit être communiquée par tiers de piste (Annexe 14 OACI), chaque tiers sera équipé.

Cependant ce système reste complémentaire d'autres observations et mesures telles l'inspection visuelle, mesure de hauteur de contaminant et adhérence qui sont seules à avoir valeur réglementaire.

Détermination de l'état de piste à partir des radars FOD

À ce jour Aéroports de Paris n'a pas d'expérience de l'utilisation des radars FOD qui semblent pouvoir participer aussi à la détermination des contaminants par nature et épaisseur. Cependant suite aux interventions réalisées au Workshop EASA et aux échanges avec les fournisseurs de radar, ADP se tient à l'écoute des avancées pour lancer une expérimentation au moment opportun.



ONT CONTRIBUÉ À LA RÉALISATION DE CE DOCUMENT

GROUPE « PRENDRE UNE DÉCISION JUSTE »

Jean-Philippe BARAT – AIR FRANCE
Luc BERTHIER – AIR FRANCE
Olivier CANTEROT – AIR TAHITI NUI
Bertrand CAZES – DSAC/NO/OA
(responsable du groupe)
François DONIN – BEA
François-Xavier DULAC – DSAC/NO/OA
Éric GOBERT – OCV
Fabienne HERLEDAN-REUMOND – DSAC/MEAS
Fabrice MONTIER – OCV
François-Xavier RIVOISY – AÉROPORTS DE PARIS
Pierre OUTREY – DSAC/ANA/CNA
Paul THEVENON-ROUSSEAU – AIR FRANCE
Florence WIBAUX – DSAC/ANA/AER

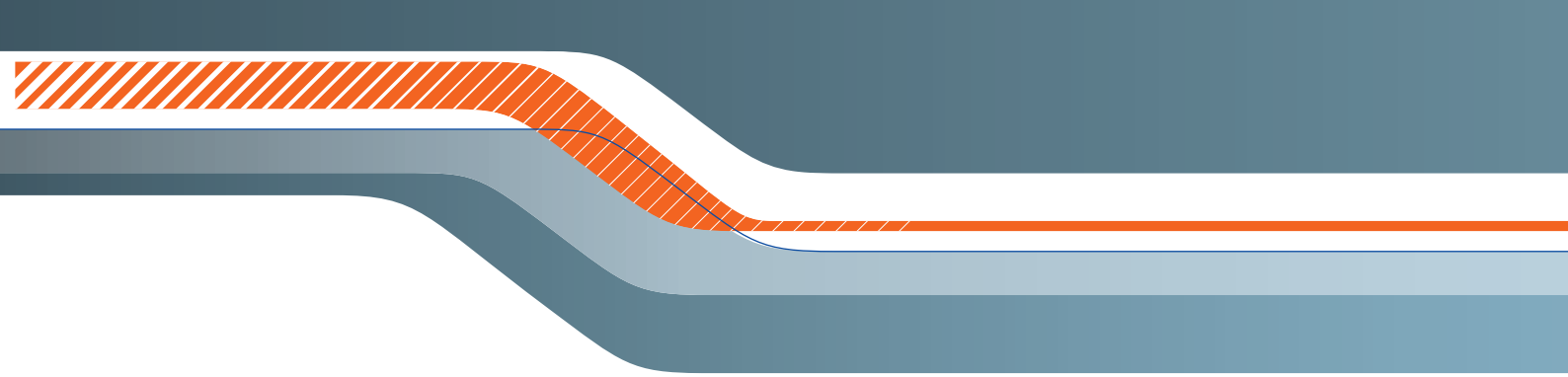
GROUPE « FAVORISER UNE CONSCIENCE COMMUNE DU RISQUE »

Hélène BASTIANELLI – DSAC/ANA/CNA
Jean-Michel BISCARAT – DSAC/MEAS
(responsable du groupe)
Stéphane DEHARVENGHT – DSNA/MSQS
François DENARDOU – DSAC/PN/EPN
Bertrand DREVON – DSAC/ANA/CNA

Nicolas DUBOIS – DSNA/MSQS
Hervé FORESTIER – DSNA/MSQS
Didier LABYT – MÉTÉO FRANCE
Étienne LICHTENBERGER – AIR FRANCE
Guilhem NICOLAS – BEA
Florence WIBAUX – DSAC/ANA/AER

GROUPE « ASSURER UNE TRANSMISSION DE L'INFORMATION LA PLUS PERTINENTE »

Hélène BASTIANELLI – DSAC/ANA/CNA
Jean-Michel BISCARAT – DSAC/MEAS
Jean-Philippe BORNE – DSAC/MEAS
Jean-Marc LAPENE – DSAC/NO/OA
(responsable du groupe)
Stéphane DEHARVENGHT – DSNA/MSQS
Stéphanie DESBIOS – MÉTÉO FRANCE
François-Xavier DULAC – DSAC/NO/OA
Sandrine FAUCHET – STAC
Jonathan GERTHOFFERT – STAC
Marc MANTOVANI – DSAC/PN/EPN
Pierre OUTREY – DSAC/ANA/CNA
Jean-Claude SIMON
UNION DES AÉROPORTS FRANÇAIS
Florence WIBAUX – DSAC/ANA/AER



GROUPE « FORMER ET DÉVELOPPER LES APTITUDES À LA DÉCISION »

Sophie ARTZNER – XL AIRWAYS FRANCE
Zarasoa Ravo RANDRIA – DSAC/ANA/PNA
Hervé HALLO – ENAC
Julien MOINIER – DSAC/ANA/AER
Jean-Claude SIMON
UNION DES AÉROPORTS FRANÇAIS
Gérard LEGAUFFRE – BEA
Bertrand DREVON – DSAC/ANA/CNA
Olivier MAZZOLENI – DSAC/PN
(responsable du groupe)

GROUPE « DISPOSER DE MOYENS TECHNOLOGIQUES D'AIDE À LA DÉCISION »

Sophie ARTZNER – XL AIRWAYS FRANCE
(responsable du groupe)
François JULLEMIER – AÉROPORTS DE PARIS
Jacques PARENT DU CHÂTELET – MÉTÉO FRANCE
Jean-Noël THEILLOUT – STAC
Fabrice VILLAUME – AIRBUS

COMITÉ D'ORGANISATION

Guillaume AUQUIER – AÉROPORTS DE PARIS
Sophie ARTZNER – XL AIRWAYS FRANCE
Hélène BASTIANELLI – DSAC/ANA/CNA
Lionel BICHOT – STAC
Jean-Michel BISCARAT – DSAC/MEAS
Bertrand CAZES – DSAC/NO/OA
Stéphane DEHARVENGHT – DSNA/MSQS
François DONIN – BEA
Bertrand DREVON – DSAC/ANA/CNA
François-Xavier DULAC – DSAC/NO/OA
Hervé FORESTIER – DSNA/MSQS
Fabienne HERLEDAN-REUMOND – DSAC/MEAS
Bernard MARCOU – DSAC/NO
Olivier MAZZOLENI – DSAC/PN
Jean-Pierre MESURE – DSAC/NO
Yves LE MAÎTRE – DSAC/PN/EPN
Jean-Marc LAPENE – DSAC/NO/OA
Gérard LEGAUFFRE – BEA
Étienne LICHTENBERGER – AIR FRANCE
Pierre OUTREY – DSAC/ANA/CNA
Marie-Christine QUEFFELEC – MÉTÉO FRANCE
Yannick ROBERT – DSAC/CAB/COM
Jacques SABOURIN
UNION DES AÉROPORTS FRANÇAIS
Jean-Claude SIMON
UNION DES AÉROPORTS FRANÇAIS
Florence WIBAUX – DSAC/ANA/AER

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉGRADÉES

Aide à la décision des équipages pour l'approche et l'atterrissage



Directeur de la publication

Florence Rousse, directrice de la sécurité de l'Aviation civile

Coordination

Yannick Robert, DSAC/Communication et Relations publiques
François-Xavier Dulac, DSAC/Opérations Avions

Illustrations

René Deymonaz

Création

Kazoar



DSAC

direction générale
de l'Aviation civile

**direction
de la sécurité
de l'Aviation civile**

50 rue Henry Farman
75720 Paris cedex 15

téléphone : 01 58 09 43 21
télécopie : 01 58 09 43 38
www.developpement-durable.gouv.fr

