

Cette publication vise à partager des comptes rendus d'événements notifiés à la DSAC, sélectionnés pour l'intérêt de l'événement en lui-même, pour la qualité de l'analyse réalisée par l'opérateur ou le risque mis en évidence. Les comptes rendus sont présentés sans autre modification que la désidentification et l'anonymisation. Des imprécisions peuvent donc subsister et certaines données de contexte peuvent être manquantes.

Le ciel clair peut encore nous surprendre

Un article publié au printemps dernier par des [chercheurs de l'université de Reading \(Royaume-uni\)](#) met en évidence un accroissement significatif, au cours des quarante dernières années, du nombre de turbulences en ciel clair (CAT). Ces phénomènes, bien connus des équipages évoluant en espace supérieur, occasionnent chaque année des accidents et des incidents touchant principalement les personnels navigants commerciaux (PNC) et les passagers. Malgré l'anticipation de ces phénomènes lors de la préparation des vols et de l'actualisation régulière des données météorologiques au cours du vol - à travers des systèmes tels qu'ACARS, EWAS etc.- ces événements demeurent fréquents et surprennent régulièrement les équipages qui y sont confrontés.

Le respect des procédures et une communication pertinente avec l'ensemble de l'équipage et autres avions demeurent des mesures de sécurité les plus efficaces pour réduire les risques liés à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité de ces phénomènes météorologiques.

Pour les équipages qui viennent de faire face à ces phénomènes météo, ils peuvent contribuer à la sécurité des autres vols en transmettant sans délai un AIREP.

Turbulences fortes

Peu de temps après le décollage, alors que la consigne « fasten seat belt » venait d'être éteinte, des turbulences fortes se sont fait ressentir.

Cet événement a été notifié à la fois par le commandant de bord et par le chef de cabine principal.

Résumé de la notification du commandant de bord

A la préparation du vol aucune information ni prévision ne permettait d'anticiper un risque spécifique de turbulences. Nous avons rencontré des turbulences sévères qui ont provoqué :

- la chute d'une hôtesse de l'air lui occasionnant des contusions aux membres inférieurs ;
- une alarme rouge à l'ECAM Electronic Centralized Aircraft Monitoring: Master warning overspeed ;

- le dépassement de la limitation de vitesse VMO d'au moins 10 kt et avec une tendance à augmenter ;
- des difficultés à lire les informations primaires du vol sur l'horizon artificiel en raison des mouvements de l'avion.

Sans délai, le copilote a réduit la vitesse indiquée en sortant les aérofreins. Quant à moi, tellement surpris par l'intensité du phénomène, j'ai déconnecté le pilote automatique par reflexe et affiché une assiette à cabrer pour diminuer l'augmentation de vitesse.

Cette action a entraîné une excursion d'altitude d'environ 1000 ft qui a été signalée au contrôle aérien.

À la suite de cet incident, un débriefing collectif et participatif a été réalisé le soir même.

Résumé de la notification du chef de cabine principal

De manière soudaine et inattendue, des turbulences sévères se font ressentir, ne nous laissant pas le temps de nous sécuriser sur un siège. Ces turbulences ont duré 5 à 10 secondes, lors desquelles nous n'avions plus de notion du temps.

Un membre du personnel cabine a chuté et s'est blessé aux 2 jambes. Dans un premier temps, j'ai porté secours à ma collègue, puis j'ai fait le tour de la cabine et des offices pour voir le restant de l'équipage et de la cabine.

Analyse de l'opérateur

L'équipage était composé de 3 PNT. Les données enregistrées confirment les rapports de l'équipage. La déconnexion du pilote automatique et la prise d'assiette brutale ne correspondent pas à la procédure recommandée lors d'un événement de survitesse. La réaction inappropriée du CdB a provoqué des variations de facteur de charge qui ont amplifié la déstabilisation liée aux turbulences.

Les différents éléments d'analyse témoignent de la difficulté à maintenir une conscience de situation adéquate en cas de « startle effect » (effet de surprise). Cela se traduit par des approximations dans la mise en œuvre des procédures et des préconisations du constructeur.

Dans de telles circonstances, les comportements habituels, basés sur les automatismes, les procédures et les connaissances, sont souvent remplacés par des réactions « réflexe ». Un événement soudain, violent et les émotions qui en découlent altèrent les capacités cognitives et les prises de décisions.

Les solutions sont limitées et s'appuient sur la bonne coopération entre les membres d'équipage, la bonne application des procédures, une bonne communication PF/PM, et plus largement entre les membres d'équipage, le partage des tâches, et le back to basic.

L'importance d'un débriefing collectif après-vol (réalisé à la suite de cet événement) est également un élément clé dans la constitution d'un retour d'expérience. Il permet aux équipages d'être mieux préparés pour gérer ces turbulences.

Turbulences sévères

Lors d'une traversée transatlantique, au niveau FL 390, nous avons subi un épisode de 30 minutes de turbulences extrêmes.

Cet événement a été notifié à la fois par le commandant de bord et par le chef de cabine principal.

Résumé de la notification du commandant de bord

Alors que le dossier de vol ne mentionnait pas de telles turbulences, nous avons été contraints de réduire la vitesse à Mach 0.78 pour atténuer l'effet de turbulences que l'on peut qualifier « d'extrêmes ». Malgré cette action, nous avons subi de fortes variations de vitesse entre la « green dot » moins 5 kt et le MMO.

Les instruments devenaient difficiles à lire, et même la déconnexion de l'auto-manette (ATHR) semblait difficile à

réaliser sans risquer de passer vers IDLE.

Les secousses générées lors de cette phase de turbulences ont fortement augmenté notre charge de travail, nous empêchant pendant un temps de répondre à un appel du chef de cabine.

Malgré notre descente au niveau de vol au FL370 pour réduire les effets des turbulences, leur intensité est restée très forte. Le système ACARS nous a ensuite envoyé un SIGMET pour nous informer de ces conditions météorologiques dangereuses.

Résumé de la notification chef de cabine principal

Environ 3h40 après le décollage, un épisode de 30 minutes de turbulences excessivement sévères a eu lieu et nous a tous mis à rude épreuve. Le savoir-faire des pilotes et une communication efficace et régulière entre la cabine et le poste de pilotage ont permis de gérer efficacement cette situation particulièrement tendue.

En adoptant une attitude calme et professionnelle, l'ensemble des membres de l'équipage a participé à rassurer celles et ceux qui en avaient besoin.

Lors du briefing équipage, le commandant de bord avait rappelé l'existence, sur la carte TEMSI, d'une zone de turbulences modérées jusqu'au FL380 entre le 40W et le 30W.

Analyse de l'opérateur

L'analyse des données de vol montre que les turbulences enregistrées sont de classe 1 (variation de 0,5G), mais par expérience sur le retour des équipages, le ressenti des turbulences de classe 1 peut être nettement supérieur et de fait, ces turbulences peuvent être considérées comme « sévères ».

Un entretien avec le commandant de bord a permis de mettre en lumière que :

- les passagers et l'équipage (PNT et PNC) se sont attachés dès le début des turbulences, à la suite d'une annonce d'urgence ;
- un AIREP a été transmis par l'équipage afin d'informer de la présence des turbulences sévères et un SIGMET a été envoyé par la suite.

L'évènement a été :

- notifié sur le CRM. L'avion n'ayant pas généré de rapport ACARS R15, aucun acte de maintenance n'a été requis ;
- présenté en commission sécurité des vols CSV ;
- publié en synthèse trimestrielle diffusée aux PNT.

Turbulences modérées à fortes non prévues

Résumé de la notification du commandant de bord

Lors de notre préparation pour un vol transatlantique, nous n'avons pas décelé de zones de turbulences associées à notre plan de vol : aucune information provenant d'EWAS ou des TEMSI ; juste quelques PIREPS pour des turbulences légères qui n'étaient pas vraiment sur notre trajectoire.

Pourtant, et malgré nos nombreux rafraîchissements d'EWAS, nous sommes passés dans deux zones de turbulences modérées à fortes nous obligeant à interrompre le service.

La première d'une durée de 40 mn approximativement était sans doute liée au fort vent arrière subi juste après avoir passé des montagnes et qui ressemble en tout point à de la turbulence orographique, avec des variations de vitesse allant de -5 kt à +15 kt.

La deuxième, d'une durée d'environ 15 min, fut de la turbulence de ciel clair plus violente que la précédente. Nous avons été tous les trois très surpris de rencontrer de telles turbulences par deux fois qui n'étaient absolument pas prévues, ni par la documentation officielle via les TEMSI Américains et Canadiens, ni par EWAS.

Notre équipage PNC était également très surpris de devoir suspendre le service alors que nous leur avons dit qu'il n'y aurait a priori pas de turbulences. Enfin pour compléter cette analyse, le Dispatch ne semblait pas non plus au courant de ces zones de turbulences.

Météo France : des modèles en constante amélioration

Pour les prestataires de météorologie aéronautique tel que Météo-France, la modélisation de la turbulence de ciel clair (CAT - Clear Air Turbulence), et l'expertise de ce phénomène par les prévisionnistes (cartes TEMSI, SIGMET) est un sujet majeur pour la sécurité des opérations. La première difficulté de modélisation du phénomène tient à sa nature même qui est transitoire et se produit dans des échelles de temps et d'espaces non résolues par les modèles de prévision numérique du temps. Il tient aussi aux différents mécanismes à l'origine du déclenchement de la CAT : jet, ondes orographiques, systèmes convectifs, ondes de gravité. Néanmoins, les algorithmes actuels arrivent généralement à détecter des prédictors de grande échelle, comme les zones de cisaillement liées au jet, permettant d'estimer des zones de risque. En particulier, les zones de turbulence liées au jet sont détectées avec une bonne confiance, et l'augmentation de la résolution des modèles permet à présent de bien prévoir des phénomènes tels que les ondes orographiques y compris sur des massifs assez fins tels que les Pyrénées. En revanche, la prévision des zones de turbulence en air clair générée à distance des cellules convectives reste difficile en raison de la faible prévisibilité intrinsèque des phénomènes convectifs, et tous les mécanismes de générations d'ondes de gravité ne sont pas encore totalement maîtrisés du point de vue la modélisation physique. Dans tous les cas, l'expertise du prévisionniste joue un rôle important pour confronter les prévisions numériques provenant des différents modèles et proposer le scénario le plus probable.

Ressources

De très nombreuses ressources sont disponibles sur le sujet, notamment :

- l'étude du Bureau d'enquêtes et d'Analyses BEA intitulée [les turbulences en transport aérien](#) en date du 28 août 2008
- l'étude du Japan Transport Safety Board JTSA intitulée "[for prevention of accidents due to shaking of the aircraft](#)" en date de janvier 2015
- L'étude du National Transportation Safety Board intitulée "[Preventing Turbulence-Related Injuries in Air Carrier Operations](#)" en date du 10 août 2021
- l'article de Safety First | Airbus intitulé [managing severe turbulence](#)

A ces études et à cet article, nous pouvons ajouter des rapports d'accidents disponibles sur le site du BEA parmi lesquels:

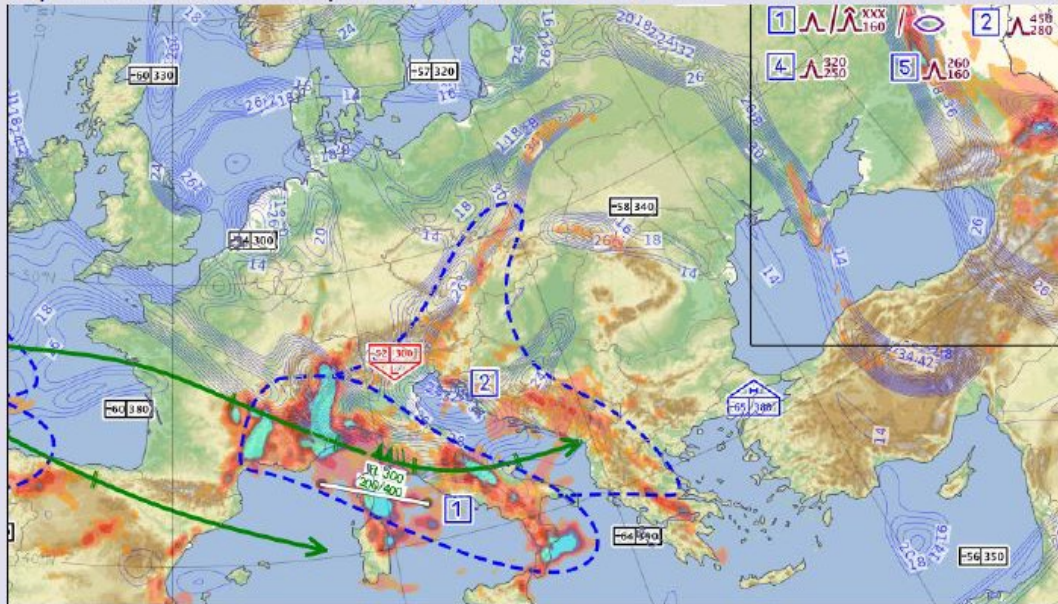
- [Accident de l'Airbus A350 immatriculé F-HNET](#) exploité par Air Caraïbes survenu le 05/12/2021 en approche vers l'aérodrome Cayenne-Félix Éboué (973)
- [Accident de l'Airbus A320 immatriculé N103US](#) exploité par US Airways le 14/05/2016 en croisière
- [Turbulences fortes en croisière](#), changement de niveau de vol et émission d'un message de détresse
- [Turbulences, écart d'altitude en croisière](#) et activation de la protection grande incidence
- [Turbulences fortes en croisière](#), perte de contrôle momentanée de la trajectoire par l'équipage

Enfin, dans le cadre du Réseau Sécurité Aérienne France, Météo France a élaboré quelques fiches explicatives de phénomènes météorologiques pouvant être dangereux. Vous trouverez ci-dessous un extrait relatif aux turbulences en ciel clair.

Turbulence en air clair

En anglais **Clear Air Turbulence** ou **CAT**, elles sont dues aux jets d'altitude (ou courant-jets) qui sont des sortes de rivières atmosphériques dans lesquels circule un flux d'air rapide. Ils sont situés en altitude, souvent proche de la tropopause, généralement entre 7 et 16 km au dessus du niveau de la mer.

Ici un exemple de turbulence modérée et forte associée à un jet sur les Alpes dans la zone 1 (présence aussi d'ondes) :



matière.

Objectif Sécurité est le label de promotion de la sécurité de la DSAC. Il regroupe toutes les publications visant à fournir à chaque acteur aéronautique des informations utiles et nécessaires à connaître, dans un objectif d'amélioration continue de la sécurité aérienne. Via l'exploitation et l'analyse des données et informations de sécurité de toute provenance (incidents notifiés par les opérateurs, rapports d'enquêtes, médias, etc.), il a pour ambition d'améliorer la conscience collective des enjeux de sécurité, et de participer ainsi au développement d'une culture partagée en la



Dépôt légal : ISSN 2801-6319

© 2023 DSAC, tous droits réservés.

Le REX Avion est préparé par la mission évaluation et amélioration de la sécurité de la direction de la sécurité de l'aviation civile.

La DSAC édite plusieurs lettres d'information à destination des différents acteurs de l'aviation civile, [modifiez vos préférences](#) pour vous y abonner. Si vous ne souhaitez plus recevoir ces courriels, vous pouvez également vous [désabonner](#).