

# Rapport

sur l'incident survenu le **18 mars 2007**  
en **croisière entre Lyon et Montpellier**  
à l'**ATR 42-300**  
immatriculé **F-GVZY**  
exploité par **Airlinair**

# Avertissement

*Conformément à l'Annexe 13, à la Convention relative à l'Aviation civile internationale, à la Directive 94/56/CE et au Code de l'Aviation civile (Livre VII), l'enquête n'a pas été conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.*

*En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.*

# ***Table des matières***

<b>AVERTISSEMENT</b>	<b>1</b>
<b>DEROULEMENT DU VOL</b>	<b>3</b>
<b>RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES</b>	<b>4</b>
Informations météorologiques	4
Situation générale	4
Informations à disposition de l'équipage	4
Vitesse minimale en route et vitesse de croisière	5
Procédure d'urgence « givrage fort »	6
Examen du moteur gauche	6
Synthèse	6
<b>AIRCRAFT PERFORMANCE MONITORING (APM)</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b>	<b>10</b>

<b>Événement :</b>	givrage de la cellule et des moteurs en croisière.
<b>Conséquences et dommages :</b>	aucun.
<b>Aéronef :</b>	ATR 42-300.
<b>Date et heure :</b>	dimanche 18 mars 2007 à 19 h 33 <sup>①</sup> .
<b>Exploitant :</b>	Airlinair.
<b>Lieu :</b>	en croisière entre Lyon et Montpellier.
<b>Nature du vol :</b>	transport public de passagers.
<b>Personnes à bord :</b>	3 membres d'équipage, 30 passagers.

<sup>①</sup> Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter une heure pour obtenir l'heure locale le jour de l'événement.

## DEROULEMENT DU VOL

L'équipage d'un ATR 42-300 effectue trois vols entre Lyon et Montpellier en fin d'après-midi d'une journée du mois de mars.

Pour le troisième vol, au décollage de Lyon à 19 h 10, la température au sol est de 11 °C et il pleut faiblement. Le pilote automatique est activé à une altitude de 2 000 pieds et l'avion pénètre dans les nuages à environ 3 000 pieds. Six minutes après le décollage, alors que l'avion vient de passer le FL 85 où la température extérieure est de - 4 °C, l'équipage effectue la procédure « ENTERING ICING CONDITIONS<sup>②</sup> ». La montée se poursuit en conditions givrantes et l'équipage met en fonctionnement les moyens d'antigivrage et de dégivrage (niveau 3).

A l'issue de la montée au FL 150, niveau de croisière prévu, la vitesse indiquée est de 190 kt, soit 27 kt en dessous de la vitesse sélectionnée au SPEED BUG. Elle diminue encore vers 185 kt environ deux minutes après le début de la croisière. L'avion évolue alors dans une couche nuageuse instable. Il neige et la température extérieure est d'environ - 13 °C. Compte tenu des conditions givrantes jugées modérées par l'équipage, il décide de monter au FL 190. Il estime que la température extérieure, aux alentours de - 20 °C à ce niveau, sera moins propice au givrage. Trois minutes après avoir atteint le FL 150, il demande au contrôleur de monter dans un premier temps au FL 170.

Pendant la montée vers le FL 170, l'équipage place les commandes d'hélices et de puissance en position MAX RPM et MAX PWR. En palier au FL 170, la température extérieure est de - 19 °C et la vitesse indiquée est comprise entre 160 et 170 kt, soit 38 kt de moins que celle qui devrait être lue normalement.

<sup>②</sup> Cette procédure demande notamment de confirmer que les systèmes de protection d'antigivrage sont en fonctionnement (niveau 2) et de surveiller la vitesse indiquée minimale en conditions givrantes.

L'équipage observe la formation rapide de givre uniforme et blanc sur la voilure, les entrées d'air et les fenêtres latérales du poste de pilotage. Compte tenu de la faible vitesse verticale en montée et des conditions givrantes qu'il juge fortes, le commandant de bord considère qu'il ne peut ni monter au FL 190 comme il l'avait prévu ni maintenir le FL 170. Une minute trente secondes après avoir atteint ce niveau, il demande au contrôleur de descendre au FL 130. Lors de la descente, l'équipage estime que le givrage est encore plus fort qu'au FL 170.

Alors que l'avion passe le FL 135 en descente avec une vitesse indiquée de 200 kt, le moteur gauche s'arrête. L'équipage déconnecte le pilote automatique et poursuit la descente vers le FL 130. Aucun mouvement important en lacet ou en roulis n'est observé. Le rallumage automatique du moteur gauche débute douze secondes après son arrêt. L'équipage vérifie quelques instants plus tard le bon fonctionnement du moteur et transmet un message d'urgence au contrôleur de Marseille à qui il mentionne un problème important de givrage.

La fin du vol se déroule sans autre incident. Au sol à Montpellier, de la glace est toujours présente sur certaines parties de l'avion.

## **RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES**

### **Informations météorologiques**

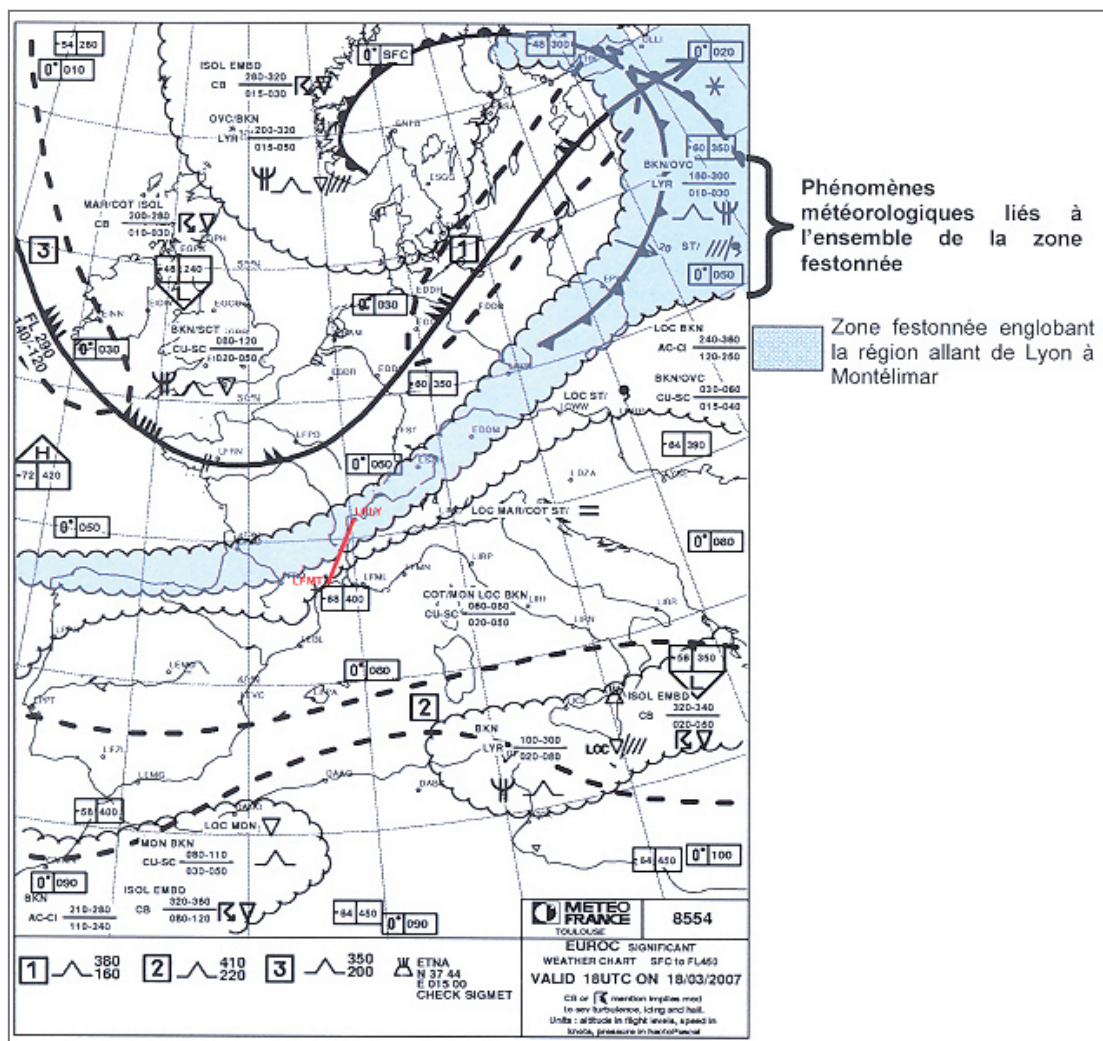
#### **Situation générale**

Une importante masse d'air froid traverse la France du nord vers le sud. Associés à cette perturbation, des cumulus et des stratocumulus fragmentés à soudés s'étendent sur une largeur de 300 km. Cette masse nuageuse s'étend verticalement entre le FL 010 et le FL 300. L'isotherme 0 °C est au FL 050 et le givrage peut ainsi être modéré à fort entre les FL 050 et 200.

Remarque : d'après l'OACI (PANS-RAC 4444 APP1), un givrage modéré correspond à des conditions de givrage pouvant amener l'équipage à juger utile de changer de cap ou d'altitude. Selon le constructeur, il est recommandé aux équipages en cas de givrage modéré d'activer les systèmes de protection givrage pour éliminer ou éviter l'accumulation de glace et de sortir de ces conditions givrantes. Un givrage fort correspond à des conditions de givrage amenant l'équipage à changer immédiatement de cap ou d'altitude.

#### **Informations à disposition de l'équipage**

La carte TEMSI EUROCC de 18 h 00 dont disposait l'équipage avant le vol, décrit cette situation météorologique. Elle prévoit la présence d'un givrage modéré dans la zone festonnée accompagnant le front froid et englobant la région allant de Lyon à Montélimar. Les symboles associés à cette zone festonnée figurent sur la région de Varsovie. Ils n'ont pas attiré l'attention de l'équipage qui les a associés au front froid représenté dans la région de Varsovie et non à l'ensemble de la zone festonnée. L'équipage disposait également des cartes des vents et des températures au FL 180 de 18 h 00, qui indiquaient une température d'environ - 19 °C au FL 180 entre Lyon et Montpellier.



Le coucher du soleil, en amplifiant le refroidissement de la masse d'air a conduit au développement de la masse nuageuse. L'équipage, qui avait déjà effectué deux vols entre Lyon et Montpellier avant le coucher du soleil, pensait pouvoir sortir de la masse nuageuse en montant. De plus, il ne s'attendait pas à rencontrer des conditions givrantes fortes au-dessus du FL 150 où la température était de - 13 °C. D'une manière générale en atmosphère instable, l'intensité maximale du givrage se rencontre à des températures comprises entre 0 °C et - 15 °C. Toutefois, le givrage peut être modéré jusqu'à une température de - 30 °C.

Un SIGMET « SEV ICE » a été établi et communiqué vers 21 h 00 pour la région d'information de vol de Marseille.

Remarque : la carte TEMSI EUROC de 21 h 00, disponible avant le départ de Lyon, ne présentait pas de différences significatives par rapport à celle de 18 h 00 et prévoyait également un givrage modéré. L'équipage n'avait pas cette carte lors du vol.

## Vitesse minimale en route et vitesse de croisière

La vitesse minimale en route en conditions givrantes doit être affichée par l'équipage sur l'anémomètre au moyen d'un index rouge (RED BUG). Cette vitesse dépend notamment de la masse et de la configuration de l'avion. Ainsi,

pour la masse calculée de l'avion qui était d'environ 15 000 kg au FL 150, au moment de l'événement, la vitesse RED BUG était de 141 kt.

La vitesse de croisière est définie à partir de la documentation QRH, de la masse de l'avion, de la vitesse de rotation des hélices (NP) et de l'écart entre la température standard et la température extérieure au niveau de croisière. Elle est affichée sur l'anémomètre au moyen d'un index orange (SPEED BUG). Avec des NP de 86 % et un écart de température de + 2 °C au FL 150 et nul au FL 170, la vitesse prévue de croisière est de 212 kt au FL 150 et de 208 kt au FL 170. Les vitesses indiquées aux FL 150 et 170 étaient inférieures à ces valeurs théoriques, calculées a posteriori, respectivement de 27 kt et de 38 kt.

### Procédure d'urgence « givrage fort »

Si un givrage fort est identifié par l'équipage, la procédure SEVERE ICING doit être appliquée (voir annexe 1) :

- ☐ la vitesse RED BUG doit être augmentée de 10 kt<sup>③</sup>,
- ☐ les commandes d'hélice et de puissance doivent être placées en position de vitesse de rotation et de puissance maximales (MAX RPM / MAX PWR),
- ☐ le pilote automatique doit être déconnecté en maintenant la commande de gauchissement de manière ferme,
- ☐ le service de contrôle doit être averti des conditions de givrage,
- ☐ l'équipage doit immédiatement sortir des conditions givrantes.

En complément de la procédure, il est précisé qu'il est possible de sortir des conditions de givrage fort soit en montant de 2 000 ou 3 000 ft, soit en descendant pour aller chercher des températures plus élevées (en conservant les marges de franchissement du relief), soit en changeant de route en fonction d'informations fournies par le service de contrôle.

### Examen du moteur gauche

Un examen boroscopique a été effectué sur les turbines haute et basse pressions, ainsi que sur l'entrée d'air du moteur gauche. Il n'a révélé aucun défaut.

Le moteur gauche s'est probablement arrêté à la suite d'une ingestion importante de neige qui se serait détachée de l'entrée d'air par réchauffement lors de la descente du FL 170 vers le FL 130.

### Synthèse

La détermination des capacités givrantes de l'atmosphère par un prévisionniste météorologique dépend de nombreux paramètres : quantité d'eau surfondue, température, mouvements verticaux des masses d'air, taille et répartition des gouttelettes. Malgré l'exploitation de données radar, de satellites météorologiques et de modèles de prévision numérique, la détermination du potentiel givrant de l'atmosphère peut parfois être limitée ou imprécise et la situation réelle peut ainsi différer des prévisions.

<sup>③</sup> Soit 151 kt au FL 150 et 153 kt au FL 170 dans les conditions du vol.

La décision prise par l'équipage pour sortir des conditions givrantes au FL 150 s'est surtout basée sur les conditions de vol qu'il avait rencontrées lors de ses deux vols précédents entre Lyon et Montpellier. L'interprétation de la représentation des informations météorologiques sur la carte TEMSI par l'équipage a conforté sa décision.



# AIRCRAFT PERFORMANCE MONITORING (APM)

## 1 - Description

La détermination de l'intensité du givrage en vol par un équipage se fait en partie de manière qualitative<sup>④</sup>, notamment à partir de son expérience. L'intensité du givrage rencontré en vol et l'influence de ce givrage sur les performances de l'avion peuvent ainsi être sous-estimées, notamment lorsque les systèmes de protection ont été activés.

Une fonction de surveillance des performances de l'avion (APM) a été développée par le constructeur et intégrée au calculateur MPC (Multi Purpose Computer). Elle permet de prévenir la dégradation du profil de la voilure par du givrage en comparant en temps réel les performances théoriques de l'avion à ses performances calculées d'après les paramètres et les conditions du vol. En fonction de la dégradation du profil aérodynamique, trois niveaux d'alarmes visuelles associées à une alarme sonore SINGLE CHIME peuvent être générées :

- ❑ CRUISE SPEED LOW : générée en croisière, cette alarme indique à l'équipage que la vitesse indiquée de croisière est inférieure à la vitesse théorique de croisière correspondante au SPEED BUG,
- ❑ DEGRADED PERF : générée en montée, en croisière ou en descente, cette alarme indique à l'équipage qu'une augmentation anormale de la traînée provoque une diminution de la vitesse ou du taux de montée. L'équipage doit alors appliquer la procédure DEGRADED PERF (voir annexe 2) qui implique notamment la vérification du maintien de la vitesse à une valeur supérieure à RED BUG + 10 kt,
- ❑ INCREASE SPEED : cette alarme peut être générée en montée, en croisière ou en descente si la vitesse indiquée minimale en conditions givrantes a été atteinte (IAS inférieure à RED BUG + 10 kt) et si la traînée est anormalement élevée. L'équipage doit alors appliquer la procédure INCREASE SPEED (voir annexe 2).

La stratégie à adopter par l'équipage est donc suggérée par la procédure associée au niveau d'alarme et est basée principalement sur la dégradation réelle des performances de l'avion et non plus seulement par son appréciation qualitative.

Ces alarmes sont enregistrées et peuvent justifier au cours de l'analyse des vols les décisions prises par les équipages de se dérouter ou de faire demi-tour et profiter ainsi au retour d'expérience vers les autres équipages.

Cette fonction, certifiée par l'EASA et la FAA, équipe tous les ATR sortant de production depuis fin 2005 et peut être installée en option. L'avion n'en était pas équipé.

<sup>④</sup> Présence de glace sur les parties non dégivrées des vitres latérales, diminution anormale de l'IAS ou du taux de montée, présence de glace sur des parties inhabituelles de la structure ou de l'intrados des ailes.

## 2 - Calculs effectués à partir des données enregistrées

A partir des paramètres enregistrés par le QAR et du devis de masse et centrage du vol, des calculs ont été effectués afin de simuler les informations que l'APM aurait pu apporter à l'équipage s'il avait été installé :

- ❑ en palier au FL 150, après que la vitesse indiquée a commencé à diminuer vers 185 kt, le niveau d'alarme DEGRADED PERF aurait été atteint et actif pendant environ dix-sept minutes. La procédure aurait rappelé à l'équipage qu'il devait maintenir la vitesse indiquée au-dessus de RED BUG + 10 kt (soit 151 kt). Cela laissait le choix de monter ou de descendre ;
- ❑ si la montée avait été poursuivie vers le FL 190, toutes conditions égales par ailleurs, l'alarme INCREASE SPEED aurait été générée environ 1 000 ft avant d'atteindre le niveau, tous moteurs en fonctionnement ;
- ❑ une alarme INCREASE SPEED aurait également été générée quatre-vingt-dix secondes après l'arrêt du moteur au FL 120.

## 3 - Synthèse

Un équipage ayant conscience de se trouver en conditions givrantes doit choisir entre deux stratégies<sup>®</sup> :

- ❑ celle de monter pour rejoindre une masse d'air moins humide et plus froide. Toutefois, ce choix dépend de l'épaisseur de la masse nuageuse à traverser et de l'intensité du givrage qui influencent la dégradation des performances de l'avion, et donc le temps d'exposition au givrage ;
- ❑ celle de descendre pour rejoindre une masse d'air plus chaude afin de sortir des conditions givrantes, dans la mesure où le relief le permet.

L'interruption de la montée au FL 170 a été décidée par le commandant de bord en jugeant qualitativement les conditions extérieures. Avec l'APM, qui permet de maintenir des marges en vitesse garantissant le contrôle de l'avion, l'équipage aurait eu une représentation plus précise de l'influence du givrage sur les performances de l'avion. L'APM l'aurait aidé à valider sa stratégie mais n'aurait cependant pas permis d'éviter l'arrêt du moteur gauche.

Remarque : en cas de givrage fort, un équipage doit faire face rapidement à la dégradation des performances de l'avion sinon, la perte de contrôle est très probable et survient très rapidement. Dans plusieurs événements impliquant des avions équipés de turbopropulseurs, ce temps n'a pas dépassé deux minutes.

<sup>®</sup> Lorsqu'il ne peut pas modifier sa route pour sortir de ces conditions.

# ***Liste des annexes***

## **annexe 1**

Procédure à appliquer en cas de givrage fort

## **annexe 2**

Procédures à appliquer en cas d'alarmes visuelles de l'APM  
Exemple ATR 42-400/500

## Procédure à appliquer en cas de givrage fort

	EMERGENCY	1.09	
42		APR 04	001

### SEVERE ICING

MINIMUM ICING SPEED ..... INCREASE RED BUG by 10 kt  
 PWR MGT ..... MCT  
 CL / PL ..... 100% / MCT  
 AP (if engaged) ..... FIRMLY HOLD CONTROL WHEEL and DISENGAGE  
 SEVERE ICING CONDITIONS ..... ESCAPE  
 ATC ..... NOTIFY

- If an unusual roll response or uncommanded roll control movement is observed :

Push firmly on the control wheel

FLAPS ..... 15

- If the flaps are extended, do not retract them until the airframe is clear of ice.

- If the aircraft is not clear of ice :

GPWS ..... FLAP/GPWS OVRD

STEEP SLOPE APPROACH ( $\geq 4.5^\circ$ ) ..... PROHIBITED

APP/LDG CONF ..... MAINTAIN FLAPS 15

with "REDUCED FLAPS APP/LDG icing speeds" + 5 kt

Multiply landing distance FLAPS 30 by 1.22.

#### DETECTION

Visual cue identifying severe icing is characterized by ice covering all or a substantial part of the unheated portion of either side window

and / or

Unexpected decrease in speed or rate of climb

and / or

The following secondary indications :

- . Water splashing and streaming on the windshield
- . Unusually extensive ice accreted on the airframe in areas not normally observed to collect ice
- . Accumulation of ice on the lower surface of the wing aft of the protected areas
- . Accumulation of ice on propeller spinner farther aft than normally observed


The following weather conditions may be conducive to severe in-flight icing :

- . Visible rain at temperatures close to  $0^\circ\text{C}$  ambient air temperature (SAT)
- . Droplets that splash or splatter on impact at temperatures close to  $0^\circ\text{C}$  ambient air temperature (SAT)

(Source QRH ATR)

## Procédure à appliquer en cas d'alarmes visuelles de l'APM

### Exemple de l'ATR 42-400-500

 42-400/500	FOLLOWING FAILURES AND ABNORMAL MPC	2.29A	
		DEC 05	100

APPLICABLE TO AIRCRAFT FITTED WITH MODIFICATION 5567

#### APM FAULT

APM ..... OFF

For troubleshooting see FCOM 2.02.21.

#### DEGRADED PERF

Mainly appears in level flight after CRUISE SPEED LOW or in climb, to inform the crew that an abnormal drag increase induces a speed decrease or a loss of rate of climb

The most probable reason is an abnormal ice accretion

AIRFRAME DE-ICING ON ..... CHECK  
IAS > RED BUG + 10 KT ..... MONITOR  
AP (if engaged) ..... HOLD FIRMLY CONTROL WHEEL and DISENGAGE

■ SEVERE ICING conditions confirmed

or

■ Impossibility to maintain IAS > RED BUG + 10 KT in level flight

or

■ Abnormal aircraft handling feeling

SEVERE ICING procedure (1.09) ..... APPLY

■ If not

SCHEDULED FLIGHT ..... CONTINUE  
ICING CONDITIONS and SPEED ..... MONITOR

#### INCREASE SPEED

Appears after DEGRADED PERF to inform the crew that the drag is abnormally high and IAS is lower than RED BUG + 10 KT

■ If abnormal conditions confirmed

IMMEDIATELY PUSH THE STICK TO INCREASE SPEED  
TO RECOVER MINIMUM IAS = RED BUG + 10 KT

SEVERE ICING procedure (1.09) ..... APPLY



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

Zone Sud - Bâtiment 153  
200 rue de Paris  
Aéroport du Bourget  
93352 Le Bourget Cedex - France  
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03  
[www.bea.aero](http://www.bea.aero)