

Rapport

Accident survenu le **8 février 2009**
sur l'**aérodrome de Paris Charles de Gaulle (95)**
à l'**Airbus A321-211**
immatriculé **F-GYAJ**
exploité par **Air Méditerranée**



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

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Avertissement

Ce rapport exprime les conclusions du BEA sur les circonstances et les causes de cet accident.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation civile internationale et au règlement européen n° 996/2010, 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

AVERTISSEMENT	1
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	6
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	7
1.1 Déroulement du vol	7
1.2 Dommages à l'aéronef	8
1.3 Renseignements sur le personnel	8
1.3.1 Equipage de conduite	8
1.3.2 Equipe de contrôle	9
1.4 Renseignements sur l'aéronef	10
1.4.1 Cellule	10
1.4.2 Moteurs	10
1.4.3 Masse et centrage	10
1.4.4 Système de freinage	10
1.5 Conditions météorologiques	11
1.5.1 Situation sur l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle	11
1.5.2 Messages de prévisions d'aérodrome	12
1.5.3 Messages d'avertissement d'aérodrome	12
1.5.4 Information météorologique remise à l'équipage à la préparation du vol	12
1.5.5 Informations météorologiques écoutées en vol	13
1.5.6 Autre information météorologique disponible	13
1.5.7 Information météorologique transmise par aérogramme	13
1.5.8. Information météorologique du système AWIS	14
1.6 Aides à la navigation	15
1.7 Télécommunications	15
1.8 Renseignements sur l'aérodrome	15
1.8.1 Généralités	15
1.8.2 Piste 08R/26L	15
1.9 Enregistreurs de bord	17
1.9.1 Enregistreur phonique	17
1.9.2 Enregistreur de paramètres	19
1.11 Essais et recherches	23
1.11.1 Examen des blocs de freins	23
1.11.2 Examen du BSCU	23
1.11.3 Calcul des performances à l'atterrissement	23
1.11.4 Evaluation des performances à partir des paramètres enregistrés	26

1.11.5 Conclusion partielle	29
1.11.6 Mesures du coefficient de frottement	29
1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion	35
1.12.1 Normes internationales et françaises pour l'exploitation des aérodromes	35
1.12.2 Exploitation aéroportuaire de Paris Charles de Gaulle	39
1.12.3 Compagnie aérienne Air Méditerranée	47
1.13 Renseignements supplémentaires	50
1.13.1 Chronologie des opérations au sol concernant les pistes de Paris Charles de Gaulle	50
1.13.2 Compte-rendu de l'équipage	52
1.13.3 Compte-rendu de l'équipe de contrôle	53
1.13.4 Témoignages des pompiers et des gendarmes	53
2 - ANALYSE	54
2.1 Scénario de la sortie de piste	54
2.1.1 Au stade de la préparation du vol	54
2.1.2 En croisière, descente et approche	54
2.1.3 Atterrissage	54
2.2 Gestion de la plateforme	55
2.2.1 Stratégie du PC neige	55
55	55
2.2.2 Suivi de l'état de la piste	56
2.2.3 Déclenchement des inspections de piste	57
2.2.4 Transmission de l'information et coordination	57
2.2.5 Entretien régulier des pistes	58
2.3 Surveillance de la gestion de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle	59
3 - CONCLUSIONS	60
3.1 Faits établis par l'enquête	60
3.2 Causes de l'accident	63
4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE	64
4.1 Informations actualisées sur l'état des pistes	64
4.2 Travaux de dégommage	64
4.3 Nature et épaisseur du contaminant	65
4.4 Mesures opérationnelles des CFL	66
4.5 Procédure normale d'atterrissage	67
4.6 ATIS	67
4.7 Gestion de l'état de surface des pistes en période hivernale	67
LISTE DES ANNEXES	68

Glossaire

ADP	Aéroports de Paris
AESA	Agence Européenne de la Sécurité Aérienne
AIP	Publication d'information aéronautique
ALD	Distance réelle d'atterrissement
ATIS	Service automatique d'information de région terminale
ATPL(A)	Licence de pilote de ligne avion
ATHR	Auto thrust Auto-poussée
AUTOBRAKE	Système de freinage automatique
AWIS	Airport Weather Information System Système d'information météorologique d'aéroport
BSCU	Brake and Steering Control Unit Unité de commande de direction et de freinage
CAS	Computed Air Speed Vitesse conventionnelle
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
CDGR	Unité opérationnelle des aires aéronautiques d'ADP
CFL	Coefficient de frottement longitudinal
CDB	Commandant de bord
CHEA	Conditions d'homologation et procédures d'exploitation des aérodromes
CTR	Zone de contrôle
CVR	Enregistreur phonique
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DSAC	Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile
DSNA	Direction des Services de la Navigation Aérienne
FCOM	Flight Crew Operations Manual Manuel de vol de l'équipage
FCTM	Flight Crew Training Manual Manuel d'entraînement équipage
FDR	Enregistreur de paramètres de vol
FMGC	Flight Management and Guidance Computer Ordinateur de guidage et de gestion de vol
FSF	Flight Safety Foundation Fondation de la sécurité des vols
G/S	Radiophare d'alignement de descente
GS	Ground speed Vitesse sol
ILS	Système d'atterrissement aux instruments

IPO	Ingénieur de permanence opérationnel
ISATIS	Interface de saisie ATIS
LDA	Landing Distance Available Longueur utilisable à l'atterrissement
LOC	Radiophare d'alignement de piste
MAA	Message d'avertissement d'aérodrome
MANEX	Manuel d'exploitation
MED	Medium
METAR	Message d'observation météorologique
MOPs	Manuel Opérationnel du Processus
NOTAM	Avis aux navigateurs aériens
NVD	Bulletin neige-verglas-dégivrage
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
PAPI	Indicateur de trajectoire d'approche de précision
PCR	Poste de commandement des aires aéronautiques d'ADP
PF	Pilote en fonction
PNF	Pilote non en fonction
QRH	Quick Reference Hand book Manuel rapide de référence
RCA	Règles de l'air et services de la circulation aérienne
RLD	Distance requise à l'atterrissement
SCARA	Syndicat des Compagnies Aériennes Autonomes
SNA	Service de la Navigation Aérienne
SNA-RP	Services de la Navigation Aérienne - Région Parisienne
SNOWTAM	Message décrivant les conditions des pistes et des voies de circulation d'un aérodrome
SSLIA	Service de Sauvetage et de Lutte contre l'Incendie des Aéronefs sur les aérodromes
STAC	Services Techniques de l'Aviation Civile
TAF	Terminal Aerodrome Forecast Prévision d'aérodrome
TWR APP	Tour - Approche
UO	Unité opérationnelle
Vapp	Vitesse d'approche
VLS	Lowest selectable speed (1,23 VS de la configuration) Vitesse la plus faible qui peut-être sélectionnée
Vref	Vitesse de référence (1,23 VS de la configuration FULL)
VS	Vitesse de décrochage
VOLMET	Station VHF émettant des renseignements météorologiques destinés aux équipages en vol
VOR	Radiophare omnidirectionnel VHF

Synopsis

⁽¹⁾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 en France métropolitaine le jour de l'événement.

Date	Aéronef
8 février 2009 à 23 h 23 ⁽¹⁾	Airbus A321-211 immatriculé F-GYAJ
Lieu	Propriétaire
AD Paris Charles de Gaulle	International Lease Finance Corporation
Nature du vol	Exploitant
Transport public de passagers Vol charter BIE8177	Air Méditerranée
Personnes à bord	
2 PNT, 6 PNC, 221 passagers	

Résumé

L'équipage atterrit de nuit sous une averse de neige sur la piste 26L de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle. Au cours du roulement à l'atterrissement, l'avion sort latéralement en bout de piste au niveau de la voie V1. Le train principal gauche heurte le socle enterré en béton d'un feu à éclats situé à l'extrémité de la piste et l'avion s'immobilise dans l'herbe peu après.

Conséquences

	Personnes			Matériel	Tiers
	Tué(s)	Blessé(s)	Indemnies		
Équipage	-	-	8	Train principal, train avant et 2 moteurs endommagés	Feu à éclats détruit
Passagers	-	-	221		

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le départ du vol BIE8177 de Dakar à destination de Paris Charles de Gaulle est prévu le 8 février 2009 à 17 h 35 pour une durée de 5 h 45 min.

Le dossier météorologique de vol prévoit de faibles chutes de pluie et de neige de 23 h 00 à 0 h 00 sur l'aérodrome de destination et de faibles chutes de neige le 9 février 2009 de 0 h 00 à 5 h 00.

L'équipage décolle à 17 h 44. Le commandant de bord est PF.

A 21 h 30, l'équipage écoute l'émission VOLMET de Bordeaux qui annonce des chutes de neige d'intensité faible sur Paris Charles de Gaulle.

A partir de 22 h 38, l'équipage écoute l'information ATIS « X » puis l'information « Y » qui font état de « *neige faible* » et indiquent que les pistes sont « *dégivrées chimiquement avec du formiate de potassium* ».

Le briefing est effectué entre 22 h 43 et 22 h 46, alors que l'avion est en descente vers le FL280. L'équipage prévoit une procédure d'approche ILS pour la piste 26L avec les éléments suivants : une vitesse d'approche de 146 kt (soit Vref + 8 kt) pour une masse estimée à l'atterrissement de 74,4 t, un braquage des volets FULL, pilote automatique connecté jusqu'à l'altitude de décision, ATTHR engagée en mode SPEED, AUTOBRAKE sur MED.

A 23 h 18, l'avion est établi sur l'LS, sous pilote automatique, et ATTHR. La vitesse d'approche est sélectionnée par l'équipage. Le commandant de bord annonce qu'il neige.

A 23 h 19, le contrôleur autorise l'équipage à l'atterrissement en transmettant la dernière information de vent.

A 23 h 21 min 20, l'avion passe l'altitude de 1 700 ft en configuration atterrissage. La check-list avant atterrissage est effectuée.

A 23 h 22 min 05, l'avion passe l'altitude de 1 100 ft. Le commandant de bord demande au copilote de programmer l'approche interrompue dans le FMGC.

A 23 h 22 min 46, le commandant de bord annonce que la piste est en vue, alors que l'avion passe la hauteur de 240 ft. Peu après, il déconnecte le pilote automatique et conserve l'ATTHR en mode SPEED.

A partir d'une hauteur de 140 ft à 23 h 22 min 54, l'avion passe au-dessus du plan de descente. Après un survol du seuil de piste à environ 85 ft, le commandant de bord débute l'arrondi à 40 ft.

L'arrondi se prolonge et le toucher du train principal a lieu à 23 h 23 min 14, à environ 1 050 m du seuil 26L. La vitesse sol est de 139 kt. Les destructeurs de portance se déploient et, 2 secondes plus tard, le freinage automatique s'active. Le commandant de bord positionne les manettes de poussée sur IDLE REVERSE.

A 23 h 23 min 18, le train avant touche la piste. La vitesse sol est de 130 kt et la décélération longitudinale de 0,15 g. Le copilote, après avoir indiqué le bon fonctionnement des destructeurs de portance et des inverseurs de poussée, annonce « *NO DECEL* ».

A 23 h 23 min 35, le copilote annonce « *80 kt* ».

A 23 h 23 min 40, l'avion est à 400 m environ de l'extrémité de la piste, la vitesse sol est de 65 kt. Le commandant de bord positionne les manettes de poussée sur MAX REVERSE et déconnecte l'AUTOBRAKE en appuyant sur les pédales de freins. L'action sur les pédales de freins est intermittente. La décélération est irrégulière et demeure faible. Alors que la vitesse sol est de 60 kt, le commandant de bord tente d'emprunter la voie de circulation V1, située au niveau de l'extrémité de la piste. L'avion dépasse la voie V1 et sort de piste à une vitesse sol de 41 kt. Il s'immobilise une vingtaine de mètres plus loin. Les passagers débarquent normalement par des escabeaux.

1.2 Dommages à l'aéronef

Le train principal gauche et le train avant ont été endommagés et considérés irréparables. Le train principal droit et les 2 réacteurs, également endommagés, ont été remplacés et mis en réparation.

1.3 Renseignements sur le personnel

En plus de l'équipage de conduite, 2 PNC de l'exploitant voyageaient en poste de pilotage.

1.3.1 Equipage de conduite

1.3.1.1 Commandant de bord

Homme, 51 ans

Licences et qualifications :

- Licence ATPL(A) délivrée par la DGAC le 24 avril 1998 ;
- Qualification de type Airbus A321 délivrée le 1^{er} décembre 2006, prorogée le 22 octobre 2008.

Contrôle en ligne effectué le 11 mai 2008 sur A321.

Contrôle hors ligne au simulateur A320 effectué le 22 octobre 2008.

Dernier certificat d'aptitude médicale de classe 1 obtenu le 3 septembre 2008, valable jusqu'au 30 septembre 2009.

Il a été nommé commandant de bord sur A320/A321 le 6 mai 2007 au sein de la compagnie Air Méditerranée.

Expérience professionnelle :

- 14 848 heures de vol au total dont 1 344 heures de vol sur type,
- dans les 3 derniers mois : 186 heures,
- dans les 30 derniers jours : 37 heures,
- dans les 24 dernières heures : 6 heures.

Du 4 au 7 février 2009, il était en repos. Il a effectué le vol Paris Charles de Gaulle – Dakar le 7 février 2009 (atterrissement à 11 h 46).

Embauché en avril 2007 par l'exploitant en tant que commandant de bord en adaptation en ligne, il a une expérience antérieure sur ATR42, ATR72 et Embraer E110 en tant que commandant de bord.

1.3.1.2 Copilote

Homme, 34 ans

Licences et qualifications :

- Licence ATPL(A) délivrée par la DGAC le 5 septembre 2001 ;
- Qualification de type A321 délivrée le 26 octobre 2007, prorogée le 2 juillet 2008.

Contrôle en ligne effectué le 19 juin 2008 sur A321.

Contrôle hors ligne au simulateur A320 effectué le 2 juillet 2008.

Dernier certificat d'aptitude médicale de classe 1 obtenu le 17 juillet 2008, valable jusqu'au 31 juillet 2009.

Expérience professionnelle :

- 3 009 heures de vol au total dont 642 heures sur type,
- dans les 3 derniers mois : 166 heures,
- dans les 30 derniers jours : 46 heures,
- dans les 24 dernières heures : 6 heures.

Les 2 et 3 février 2009, il était en repos puis en position « réserve » jusqu'au 6 février 2009. Il a effectué le vol Paris Charles de Gaulle – Dakar le 7 février 2009 avec le commandant de bord.

Embauché par l'exploitant en avril 2008, il a une expérience antérieure sur Cessna 208.

1.3.2 Equipe de contrôle

Au moment de l'évènement, seule la tour centrale était ouverte ce qui est conforme au manuel d'exploitation TWR/APP. L'armement de l'équipe de contrôle était conforme aux procédures d'exploitation prévues. Huit contrôleurs dont le chef de tour assuraient le contrôle des avions et la diffusion des informations aéronautiques sur l'ensemble de la plate-forme.

1.4 Renseignements sur l'aéronef

L'avion avait un certificat de navigabilité en état de validité.

1.4.1 Cellule

Constructeur	AIRBUS
Type	A321 - 211
Numéro de série	2707
Immatriculation	F-GYAJ
Mise en service	2006
Utilisation à la date du 8 janvier 2009	11 482 heures de vol - 3 542 cycles

1.4.2 Moteurs

	Moteur n° 1	Moteur n° 2
Constructeur	CFM International	CFM International
Type	CFM 56-5B3	CFM 56-5B3
Numéro de série	577531	C779224
Temps total de fonctionnement	11 482 heures	25 531 heures
Cycles	3 542	15 209

1.4.3 Masse et centrage

Les documents du vol mentionnent :

- une masse au décollage de 92,9 t⁽²⁾. Le carburant au départ était de 23,4 t pour un minimum réglementaire de 22,3 t;
- une masse prévue à l'atterrissement de 74,4 t et un centrage prévu à l'atterrissement de 25,52 %, dans les limites définies par le constructeur.

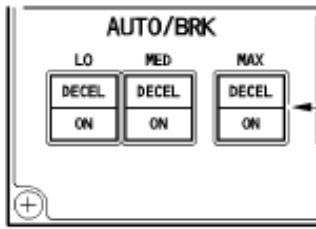
Les calculs, effectués à partir des paramètres de l'enregistreur de paramètres de vol, donnent une masse de 75,5 t et un centrage de 23 % à l'atterrissement avec respectivement une précision de +/- 2 t et +/- 2 %.

1.4.4 Système de freinage

Les roues du train principal sont équipées de freins à disque qui sont activés en fonctionnement normal par l'intermédiaire du circuit hydraulique vert et en fonctionnement secours par le circuit hydraulique jaune. Le système de freinage comprend un BSCU qui contrôle notamment le freinage et l'anti-patinage. Ce dernier permet d'optimiser le freinage en maintenant les roues à la limite du glissement.

Le freinage s'effectue à l'aide des pédales de freins ou automatiquement par l'intermédiaire d'un freinage automatique (AUTOBRAKE) dont le taux de décélération est sélectionné par l'équipage. Il a le choix entre 3 taux correspondant aux modes suivants : MAX (maximum), MED (médium) et LO (minimum). L'armement du taux se fait en appuyant sur le bouton poussoir correspondant. La partie « ON » du bouton poussoir s'illumine alors en bleu. La partie DECEL du bouton poussoir s'illumine en vert lorsque le taux de décélération longitudinale atteint 80 % du taux sélectionné.

⁽²⁾La masse retenue par l'exploitant pour les passagers (220 adultes et un bébé) et leur(s) bagage(s) à main est de 16,8 tonnes.



Selon les consignes du constructeur, le mode MAX est normalement utilisé au décollage⁽³⁾ et les modes MED ou LO sont utilisés pour l'atterrissage.

En mode MED, une pression de freinage progressive est envoyée aux freins 2 secondes après le début du déploiement des destructeurs de portance dans l'objectif d'obtenir une décélération longitudinale de 0,3 g (3 m/s²).

Les consignes d'utilisation du constructeur indiquent en outre que, sur pistes glissantes, la décélération longitudinale prévue peut ne pas être atteinte en raison du fonctionnement de l'anti-patinage. Dans ce cas, le voyant vert DECEL peut ne pas s'allumer. Cela ne signifie pas que l'AUTOBRAKE ne fonctionne pas. Lorsque l'AUTOBRAKE est en fonctionnement, il peut être désarmé lors du roulement à l'atterrissement soit en actionnant le bouton poussoir correspondant soit en appuyant sur au moins une des pédales de freins.

⁽³⁾En cas d'accélération arrêt.

1.5 Conditions météorologiques

1.5.1 Situation sur l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle

Dans la nuit du 8 au 9 février 2009, un front actif traverse le Val d'Oise d'ouest en est. Les précipitations se manifestent sous forme de pluies et de neiges mêlées ainsi que de neige seule se maintenant au sol. Parmi les messages d'observation d'aérodrome émis entre le 8 et le 9 février relativement à l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, on relève les éléments qui suivent.

Le METAR de 20 h 30 faisait état d'un vent du 200° pour 11 kt, d'une visibilité de 10 km, d'un plafond fragmenté à 1 000 ft, d'une température de + 2 °C, d'une température du point de rosée de - 0,5 °C et d'un QNH de 1007 hPa. Ce message indiquait également qu'aucun nouveau message relatif à l'état des pistes ne serait émis jusqu'à la prochaine contamination (88CLRD//)⁽⁴⁾, et qu'aucun changement significatif n'était prévu dans les 2 heures à venir.

Le METAR de 21 h 30 signalait des chutes de neige d'intensité faible et une baisse du plafond de 200 ft sans changement significatif des autres éléments météorologiques. Il se terminait également par NOSIG.

La visibilité diminuait à 4 km et le plafond était fragmenté à 300 ft dans l'observation de 22 h 30.

Le METAR de 23 h 30 indiquait une baisse de la température à 0 °C. Cette dernière remontera à + 1 °C à 0 h 00.

Aucun message d'observation ne mentionne de coefficient de frottement ou de contamination de piste jusqu'à celui émis à 1 h 00.

⁽⁴⁾Les informations sur l'état des pistes sont transmises à l'aide de chiffres et de lettres. Dans le cas où des opérations de déblaiement de contaminants ont été réalisées et qu'un retour à la normale de toutes les pistes d'un aérodrome a été réalisé, le groupe 88CLRD// est signalé sur le METAR. Cela signifie qu'aucun nouveau message sur l'état des pistes ne sera transmis jusqu'à la prochaine contamination. Ce groupe d'état des pistes n'aurait pas dû apparaître alors qu'il a figuré par erreur sur tous les METAR du 8 février 2009 et jusqu'au METAR du 9 février 2009 de 0 h 30. Cette erreur provient d'une consigne inadaptée de conserver cette information durant 24 h, formulée dans le Guide Technique «METAR Groupe état des pistes» du centre de Météo France (CDM954), créé le 14 janvier 2009. Ce texte a été modifié le 2 octobre 2009.

1.5.2 Messages de prévisions d'aérodrome

Le message de prévisions météorologiques de l'aéroport de Paris Charles de Gaulle, émis le 8 février 2009 à 12 h 45, prévoyait, de 23 h 00 à 0 h 00, de faibles précipitations de pluies et de neiges mêlées, un plafond fragmenté à 2 000 ft et une visibilité de 8 km, puis, temporairement de 0 h 00 à 5 h 00 (le 9 février 2009), des chutes de neige d'intensité faible avec des nuages épars à 300 ft, un plafond fragmenté à 800 ft et une visibilité de 2 500 m.

Le TAF de 17 h 00 prévoyait, de 20 h 00 à 22 h 00, de faibles précipitations de pluies et de neiges mêlées avec un plafond fragmenté à 1 500 ft et une visibilité de 8 km puis, temporairement de 22 h 00 à 3 h 00 (le 9 février 2009), des chutes de neige d'intensité faible, des nuages épars à 300 ft, un plafond fragmenté à 800 ft et une visibilité de 2 500 m.

1.5.3 Messages d'avertissement d'aérodrome

Les MAA ont été définis par l'OACI⁽⁵⁾ afin de donner aux exploitants ou aux services d'aérodrome des renseignements concis sur les conditions météorologiques qui pourraient nuire aux aéronefs au sol, y compris les aéronefs en stationnement, ainsi qu'aux installations et services d'aérodrome.

Ils doivent être communiqués conformément à des dispositions arrêtées localement et peuvent être utilisés pour faciliter la prise de décision, en particulier pour le déclenchement d'un plan neige.⁽⁶⁾

Les messages d'avertissement de l'aéroport de Paris Charles de Gaulle sont émis par la station météorologique de Roissy Charles de Gaulle et transmis à ADP, gestionnaire de l'aéroport, et au service de la navigation aérienne de l'aérodrome.

Deux MAA⁽⁷⁾ ont été émis le 8 février 2009. Le premier, émis à 19 h 06 et valide du 8 février 2009 à 19 h 00 jusqu'au 9 février 2009 à 1 h 00, prévoyait :

- des précipitations de pluie et de neige mêlées de 20 h 30 à 21 h 30,
- des précipitations de neige à partir de 21 h 30,
- des dépôts de glace à partir de 21 h 30.

Le deuxième, émis à 22 h 22 et valide du 8 février 2009 à 22 h 00 jusqu'au 9 février 2009 à 4 h 00, prévoyait :

- des précipitations de neige jusqu'à 2 h 30 le 9 février 2009,
- des dépôts de glace,
- des gelées de 0 h 00 à 04 h 00 le 9 février 2009.

1.5.4 Information météorologique remise à l'équipage à la préparation du vol

Le dossier de vol remis à l'équipage une heure et demie avant l'heure de départ prévue, contenait la carte de prévision de temps significatif entre le FL250 et le FL630 et des cartes de prévisions de vents et de températures pour les FL180, FL340 et FL390, émises par le World Area Forecast Center (WAFC) de Londres et toutes valides pour le 8 février à 18 h 00. L'équipage ne disposait pas de cartes de prévision de temps significatif (TEMSI EUROC).

⁽⁵⁾Cf. Annexe 3 de l'OACI, § 7.3.1.

⁽⁶⁾Cf. les dispositions de l'Annexe 3 de l'OACI, §1.14.4.

⁽⁷⁾Les MAA font apparaître des phénomènes météorologiques qui ne figurent pas nécessairement dans les TAF. En particulier, la présence de dépôts de glace ou le suivi d'un tel phénomène ne sont pas mentionnés dans un TAF.

L'équipage disposait également de plusieurs messages d'observation et de prévisions relatifs aux aérodromes de destination et de dégagement, notamment :

- du TAF de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle émis à 12 h 45 ainsi que celui de Paris Orly émis à 11 h 00. De faibles précipitations de pluie et de neige mêlées étaient attendues à partir de 23 h 00 sur Paris Charles de Gaulle et de 21 h 00 sur Paris Orly. Des chutes de neige d'intensité faible étaient prévues à partir de 0 h 00 sur les 2 aérodromes.
- du METAR de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, émis le 8 février 2009 à 15 h 30, qui n'indiquait pas de précipitation de pluie ou de neige. La température était de + 5 °C. Ce METAR précisait également qu'aucun nouveau message sur l'état des pistes ne serait émis jusqu'à la prochaine contamination.

L'équipage ne disposait pas du TAF de 17 h 00.

1.5.5 Informations météorologiques écoutées en vol

L'équipage a écouté l'émission d'informations météorologiques VOLMET de Bordeaux⁽⁸⁾. Le VOLMET de 21 h 30 pour l'aéroport de Paris Charles de Gaulle avait le même contenu que le METAR de 21 h 30.

A 22 h 38, l'équipage a écouté l'information « X » diffusée par l'ATIS de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, enregistrée à 22 h 13. Cette information faisait état notamment de précipitations de neige d'intensité faible, de « *pistes dégivrées chimiquement avec du formiate de potassium* », d'une température de l'air de + 1 °C, d'une visibilité de 6 kilomètres et de nuages épars à 300 ft. A 22 h 40, l'équipage écoute l'information « Y », enregistrée à 22 h 36. Elle mentionnait les mêmes éléments concernant les précipitations, le traitement des pistes et la température de l'air. La visibilité était de 4 000 m et le plafond fragmenté à 300 ft. L'ATIS indiquait également une température du point de rosée à 0 °C, un vent du 170° pour 11 kt et un QNH de 1006 hPa.

⁽⁸⁾La transmission d'informations météorologiques – élaborées par Météo-France – relève du service d'information de vol, lequel est assuré par les organismes de la Circulation aérienne dépendant de la Direction des Services de la Navigation Aérienne. Les informations reprennent les informations des METAR.

1.5.6 Autre information météorologique disponible

La TEMSI EUROC émise le 8 février 2009 à 14 h 00, valide à 18 h 00 entre le sol et le FL450, prévoyait du givrage modéré entre les FL40 et FL120, de la pluie et de la bruine sur la région de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle. Celle valide à 21 h 00 indiquait en outre, localement, des précipitations de neige et du givrage fort.

1.5.7 Information météorologique transmise par aérogramme

Les aérogrammes (voir celui de 22 h 23 en annexe 1) décrivent l'ensemble des prévisions météorologiques, dont certains éléments qui ne sont pas suivis dans les TAF. Ils sont diffusés en temps réel sur le site internet de Météo France pour toute la communauté aéronautique de l'aéroport de Paris Charles de Gaulle (ADP, SNA-RP, Air France et les compagnies aériennes qui le souhaitent). Les MAA sont élaborés à partir des prévisions aérogrammes.

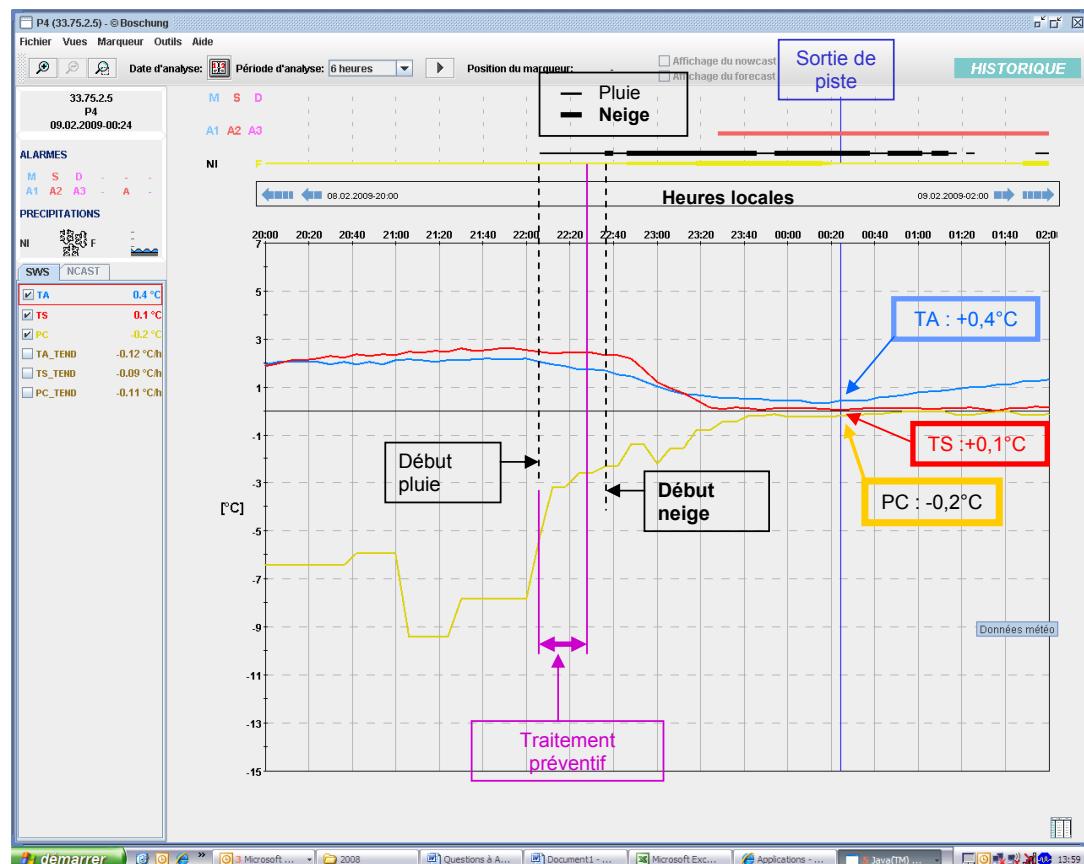
Le PC neige et le SNA-RP surveillaient en temps réel ces aérogrammes le jour de l'événement.

1.5.8. Information météorologique du système AWIS

Le système AWIS d'ADP était en expérimentation à la date de l'événement. Il a pour fonction :

- d'assurer la traçabilité des interventions grâce à des détecteurs de positionnement sur les engins de déneigement,
- de détecter en temps réel les précipitations de neige ou de pluie et de mesurer les paramètres suivants grâce à cinq sondes (une sur chaque piste et une dernière sur une voie de circulation) :
 - la température de l'air (TA),
 - la température du sol (TS),
 - la température du point de congélation (PC),
 - la température du point de rosée,
 - l'humidité relative.

Le jour de l'événement, la sonde située sur la piste 26L/08R, a enregistré les informations suivantes :



Les heures mentionnées sur ce graphique sont exprimées en heure locale. Il convient d'y retrancher une heure pour obtenir l'heure en temps universel coordonné.

De 22 h 30 à 23 h 30, on constate que :

- la température du sol avoisine 0 °C,
- la température de l'air est proche de 0 °C mais positive,
- il neige,
- la température du point de congélation avoisine 0 °C,
- à partir de 0 h 10, les précipitations de neige s'arrêtent et la température de l'air augmente vers + 1 °C.

Les autres sondes, situées sur les autres pistes, ont enregistré des séquences de précipitations de pluie et de neige ainsi que des valeurs de températures de l'air et de températures du sol similaires.

ADP ajoute que les informations, transmises par l'AWIS, ne permettent cependant pas de déterminer avec précision l'état de la surface des pistes en raison de l'unicité de la sonde et de sa surface relative par rapport à l'étendue de la piste.

1.6 Aides à la navigation

La piste 26L est équipée d'un ILS de catégorie 3. La procédure d'approche aux instruments utilisée par l'équipage s'appuie sur la fiche d'approche aux instruments AD2 LFPG IAC 15 (annexe 2).

L'ensemble des moyens de radionavigation fonctionnait normalement le jour de l'événement.

1.7 Télécommunications

A l'arrivée du vol, les fréquences de contrôle d'approche et de contrôle d'aérodrome étaient regroupées pour les 3 pistes en service. La transcription des radiocommunications avec l'équipage et de celles pertinentes avec les autres équipages est incluse dans la transcription du CVR qui figure en annexe 3.

1.8 Renseignements sur l'aérodrome

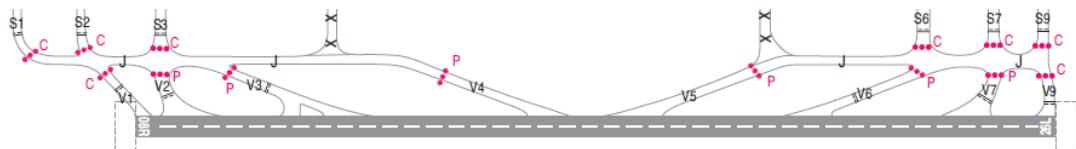
1.8.1 Généralités

Le gestionnaire de l'aérodrome est ADP. L'aérodrome de Paris Charles de Gaulle dispose de 2 doublets de piste, un (09L/27R et 09R/27L) au nord et un (08R/26L et 08L/26R) au sud. Les pistes 08R/26L et 09L/27R, plus courtes, sont principalement utilisées pour les atterrissages et les pistes 08L/26R et 09R/27L, plus longues, pour les décollages.

A partir de 22 h 30, le contrôle a décidé, en raison du trafic aérien prévu, de fermer la piste 09L/27R et de laisser les 3 autres pistes en service.

1.8.2 Piste 08R/26L

La piste 08R/26L est longue de 2 700 m et large de 60 m.



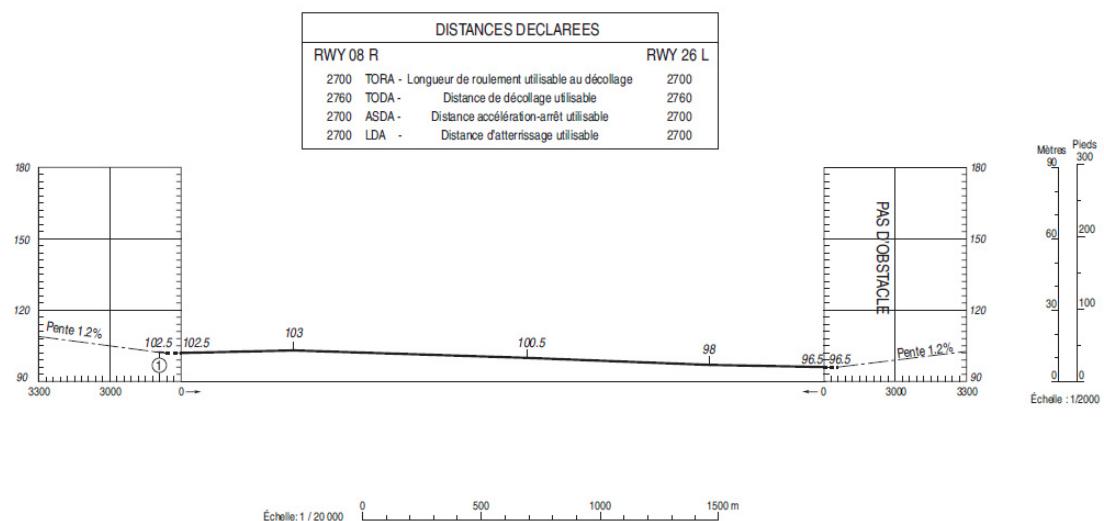
Elle est orientée au 086°/266°. La distance disponible pour l'atterrissement est de 2 700 m.

La surface de la piste est recouverte de béton. Le rainurage sur la piste 08R/26L est effectif sur 20 m de large de part et d'autre de l'axe sauf sur les 300 premiers mètres à partir de chaque seuil.

La piste 26L est équipée d'une rampe d'approche de 900 m, d'un PAPI calé à 3°, de feux à éclats, d'un balisage vert du seuil de piste, d'un balisage axial et latéral de couleur blanche (balises espacées respectivement de 15 m et de 60 m) et d'un balisage rouge d'extrémité de piste. Le marquage est conforme aux spécifications de l'OACI⁽⁹⁾. Des panneaux de repérage des voies de dégagement sont installés en bordure nord de la piste.

Le dégagement de la piste 26L n'est autorisé que sur les voies de dégagement prévues pour le sens de l'atterrissement utilisé et présentant un angle inférieur à 45° par rapport à l'axe de piste (voies V4, V3 et V2). Les voies de dégagement sont équipées d'un balisage axial vert et latéral bleu.

La piste 26L présente une pente positive d'environ 0,25 % sur les 2 200 premiers mètres puis une pente négative de 0,10 %.



En ce qui concerne les aires de sécurité d'extrémité de piste (RESA : Runway End Safety Area), l'Arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques physiques des aérodromes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe précise que « *pour toute création ou prolongation de piste sur un aérodrome, une RESA est aménagée à chaque extrémité de la bande de piste lorsque le chiffre de code est 3 ou 4* » (code 4 correspondant à une piste de 1 800 m et plus).

L'Annexe 14 de l'OACI exige une RESA d'une longueur de 90 m et de 2 fois la largeur de la piste pour les pistes codées 3 et 4. Cette annexe recommande également pour ces RESA :

- une longueur de 240 m pour ces pistes,
- une résistance de leur surface qui permette de réduire le risque de dommages à l'aéronef en cas de sortie de piste et d'augmenter la décélération de l'aéronef. Le manuel *Aerodrome Design Manual* (Part 1), donne des précisions sur les caractéristiques de la surface, à savoir une portance comprise entre 15 et 20 CBR qui doit permettre de freiner l'aéronef. Cette portance autorise un enfoncement maximal de 15 cm du train avant et ne doit pas occasionner de dommages à l'aéronef.

La piste 08R/26L répond à l'Arrêté du 10 juillet 2006 précité et aux exigences de l'Annexe 14.

1.9 Enregistreurs de bord

L'avion était équipé d'un enregistreur phonique (CVR) et d'un enregistreur de paramètres de vol (FDR). Les 2 enregistreurs ont été exploités au BEA. Le vol de l'événement était enregistré.

1.9.1 Enregistreur phonique

1.9.1.1 Conversations de l'équipage

La transcription de la partie du CVR correspondant à la fin du vol figure en annexe 3. En plus des éléments déjà mentionnés en 1.1, on note les informations qui suivent.

A 22 h 44 min 24, le commandant de bord indique, lors du briefing, qu'il dégagera la piste par les voies de dégagement V3 ou V2. L'utilisation des inverseurs de poussée et l'état de la piste ne sont pas évoqués.

A 22 h 48 min 13, le commandant de bord évoque la météorologie sur Paris et notamment qu'il risque de rencontrer des difficultés à rejoindre son domicile s'il neige trop car il doit prendre des petites routes de campagne.

A 22 h 53 min 14, il annonce le début de descente aux passagers et signale un temps couvert, un plafond bas et des chutes de neige.

A 23 h 08 min 30, alors que l'avion est stable au FL130, le contrôleur demande à l'équipage s'il lui a bien attribué la piste 26L. L'équipage confirme cette information et le contrôleur confirme à nouveau la piste.

A 23 h 12 min 44, l'équipage s'interroge sur la nature des précipitations (pluie ou neige).

A 23 h 13 min 51, le copilote signale qu'il voit des flocons. Le commandant de bord acquiesce. A 23 h 18 min 48, alors que l'avion est sur l'ILS, le commandant de bord annonce : « *Ça neige* ».

A 23 h 22 min 46, l'avion arrive à l'altitude de décision. Le commandant de bord annonce qu'il voit la piste et qu'il atterrit. Aucune autre communication entre les membres de l'équipage n'est enregistrée jusqu'au toucher.

A 23 h 23 min 17, après le toucher du train principal, le copilote annonce : « *SPOILERS verts, REVERSES verts* », puis « *NO DECEL* ».

A 23 h 23 min 40, on entend le régime des moteurs augmenter fortement.

A 23 h 23 min 52, de fortes vibrations, correspondant à la sortie de piste, sont enregistrées.

A 23 h 24 min 36, l'équipage évoque l'état de la piste. Le commandant de bord précise que « *la piste était bien enneigée* » et le copilote qu'elle était « *bien contaminée* ». Le commandant de bord s'étonne de ne pas en avoir été prévenu.

A 23 h 24 min 52, le commandant de bord indique au contrôleur qu'il avait connaissance de la dernière information diffusée par l'ATIS, mais que la piste était très verglacée à l'extrémité. Le contrôleur indique qu'il va le signaler et que la piste a été traitée peu de temps avant.

A 23 h 30 min 16, le copilote s'interroge sur le traitement effectué de la piste et estime qu'ils ont atterri sur une piste verglacée.

A 23 h 41 min 55, le contrôleur annonce à un véhicule de piste que l'exploitation du doublet sud sera interrompue après les 2 avions en procédure de dégivrage et qu'une exploitation complète du doublet nord est décidée. Il demande à procéder à une mesure de glissance sur la 26L.

1.9.1.2 Conversations entre le contrôleur et d'autres équipages

A 23 h 00 min 31, un équipage décolle de la piste 26R et ne signale rien de particulier relativement à l'état de la piste au contrôleur. De même, entre 23 h 13 et 23 h 17, 2 équipages sont autorisés au décollage de la 27L et, après le décollage, ne mentionnent rien de particulier relativement à l'état de la piste.

A 23 h 20 min 51, un équipage décolle de la 26R, sans signaler de particularité sur l'état de la piste.

A 23 h 21 min 48, un autre équipage est autorisé au décollage de la 27L après que le contrôleur lui a signalé qu'il restait de la neige sur son avion après son passage dans les baies de dégivrage. L'équipage répond qu'il est au courant, poursuit le décollage et ne signale rien de particulier sur l'état de la piste.

A 23 h 29 min 18, l'équipage d'un vol, établi sur l'ILS 26R, demande au contrôleur l'état de la piste. Ce dernier lui répond qu'elle a été traitée il y a peu de temps et qu'elle est un peu glissante. A 23 h 33 min 51, un équipage s'annonce à 2 minutes avant l'alignement sur la piste 26R et demande au contrôleur s'il a des informations sur l'état de la piste. Le contrôleur répond qu'il n'en a pas. Après le décollage, cet équipage annonce la présence d'une petite épaisseur de neige collante sur la piste.

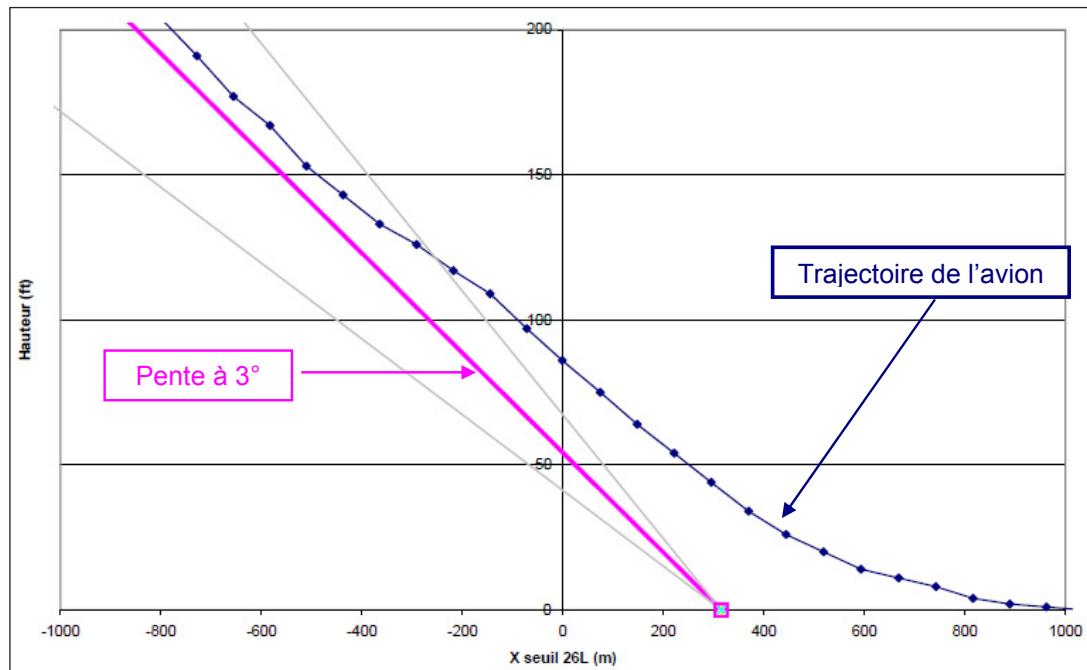
A 23 h 35 min 26, le contrôleur demande à l'équipage qui vient d'atterrir sur la piste 26R l'état de la piste et l'efficacité de freinage. L'équipage répond que le freinage est bon avec les inverseurs de poussée et le freinage automatique sur « *Medium* ».

A 23 h 36 min 05, un équipage décolle en piste 27L, sans mentionner d'information particulière sur l'état de la piste.

1.9.2 Enregistreur de paramètres

En plus des informations déjà mentionnées en 1.1, on note les éléments suivants :

A 23 h 22 min 46, le pilote automatique est déconnecté, l'ATHR est conservée en mode SPEED. La CAS est de 146 kt, la vitesse sol de 143 kt et la vitesse verticale est d'environ -800 ft/min. L'avion est établi sur l'ILS 26L en configuration FULL, train sorti. L'avion commence à passer au dessus du plan de descente à partir de 23 h 22 min 54.



A 23 h 23 min 00, l'avion passe le seuil de la piste à une hauteur d'environ 85 ft. La CAS est de 147 kt pour une vitesse sol de 144 kt et le taux de descente est de 500 ft/min pour des N1 à 62 %.

A 23 h 23 min 04, le commandant de bord débute l'arrondi vers 40 ft avec une CAS de 147 kt et une vitesse sol de 145 kt. Les N1 sont à 61 %. A 23 h 23 min 06, le mode FLARE est actif.

A partir de 10 ft, le taux de descente devient très faible. A 23 h 23 min 14, lors du toucher des trains principaux, le facteur de charge est de 1.0 g.

A 23 h 23 min 16, lorsque les destructeurs de portance se déploient, la décélération longitudinale est de 0.09 g.

A 23 h 23 min 19, la décélération longitudinale atteint un maximum de 0.21 g puis décroît pour atteindre 0.11 g vingt secondes plus tard alors que l'AUTOBRAKE est sur MED. Les pressions des freins atteignent un maximum de 31.5 bars puis diminuent vers 18 bars.

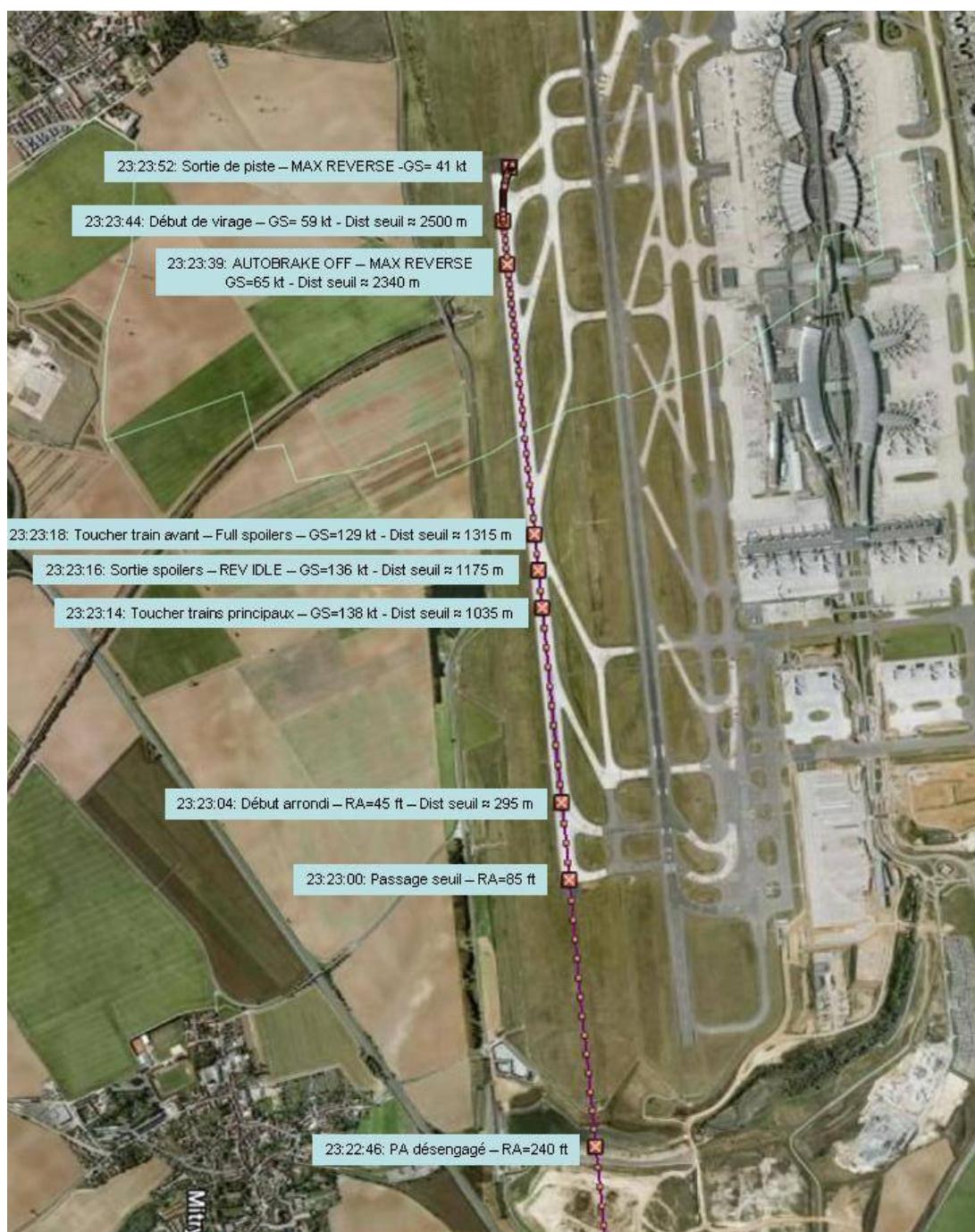
Entre 23 h 23 min 40 et la sortie de piste, le commandant de bord actionne les pédales de freins de manière irrégulière voire relâche complètement la pression. Cette dernière est plus importante sur la pédale de frein droite. Durant la même période, des actions sur les palonniers sont enregistrées et la décélération longitudinale est comprise entre 0.05 g et 0.17 g.

A 23 h 23 min 44, le cap de l'avion commence à augmenter alors que l'avion passe par le travers de la voie V2. La vitesse sol est de 59 kt.

A 23 h 23 min 52, l'avion sort de la piste au niveau de la voie de circulation V1, avec une vitesse sol de 41 kt et un cap 310°. Les manettes de poussée sont toujours sur MAX REVERSE et le resteront pendant environ 5 secondes.

L'avion s'immobilise au cap 322° à 23 h 23 min 55.

A partir des paramètres enregistrés, il a été possible de reconstituer la trajectoire de l'avion. Cette trajectoire a été superposée à une photographie Google® prise à une date ne correspondant pas à celle de l'événement.





Prolongement d'arrêt de la
piste 26L

1.10 Renseignements sur le site, l'épave et l'impact

Les traces au sol montrent que lors de la sortie de piste l'avion était en léger virage à droite sans dérapage significatif. Il a ensuite dérapé dans la boue après la sortie de piste. On observe quelques traces de pneu mais aucune trace de freinage au niveau de l'extrémité de piste.

Le train principal gauche a heurté un feu à éclats et déplacé son socle en béton.



Balise similaire placée symétriquement de l'autre côté de la piste



Les trains d'atterrissement se sont embourbés de manière importante.

La photographie (page suivante), prise par l'équipage, illustre l'état de surface de la voie de circulation V1 peu après la sortie de piste.



Il n'y a pas eu de photographie de l'état de surface de la piste.

1.11 Essais et recherches

1.11.1 Examen des blocs de freins

Un examen des blocs de freins a montré qu'ils fonctionnaient normalement lors de l'événement.

1.11.2 Examen du BSCU

Le BSCU a été testé et aucune défaillance n'a été trouvée. L'analyse des BITE (built-in test équipement) a montré que la panne enregistrée au niveau de l'AUTOBRAKE n'était survenue qu'après la sortie de piste. Les résultats de ces tests indiquent en outre que le système de freinage de l'avion et la commande de direction du train avant ont fonctionné sans anomalie.

1.11.3 Calcul des performances à l'atterrissage

1.11.3.1 Définitions

1.11.3.1.1 Distance réelle d'atterrissage (voir annexe 4)

La réglementation définit la «*distance réelle d'atterrissage*» (ALD) comme la distance entre un point situé à 50 ft au-dessus du seuil de piste et le point d'arrêt complet de l'avion. Cette distance prend en compte les éléments suivants :

- une vitesse d'approche égale à VLS (1,23 VS de la configuration sélectionnée) pour un atterrissage manuel,

- le déploiement des destructeurs de portance après le toucher des roues,
- un freinage maximal par le pilote et un système d'antipatinage en fonctionnement.

Note : les inverseurs de poussée ne sont pas utilisés sur piste sèche. Des corrections doivent être prises en compte pour des vitesses d'approche différentes et/ou pour l'utilisation des inverseurs de poussée (pistes contaminées). Des corrections, liées à l'intensité du vent dans l'axe de la piste et à l'altitude de la piste, doivent être également appliquées.

1.11.3.1.2 Distance requise à l'atterrissement

Elle s'applique au moment de la préparation des vols et est définie comme suit :

- sur piste sèche, elle est égale à la distance réelle d'atterrissement multipliée par 1,67,
- sur piste mouillée, elle est égale à la distance requise d'atterrissement sur piste sèche multipliée par 1,15,
- sur piste contaminée, elle correspond à la plus grande des distances suivantes :
 - la distance réelle d'atterrissement sur piste contaminée multipliée par 1,15,
 - la distance requise à l'atterrissement sur piste mouillée.

1.11.3.1.3 Règlement relatif aux conditions techniques d'exploitation par une entreprise de transport aérien public

Le règlement (CE) n° 859/2008 du 20 août 2008 (EU-OPS1) précise « *qu'une piste est dite contaminée lorsque plus de 25 % de la surface de la piste (que ce soit par fractions séparées ou non) délimitée par la longueur et la largeur requises, est recouverte par l'un des éléments suivants :* »

- une pellicule d'eau de plus de 3 mm (0,125 pouce),*
- de la neige fondu ou de la neige poudreuse en quantité équivalente à plus de 3 mm (0,125 pouce) d'eau,*
- de la neige tassée formant une masse solide résistant à une nouvelle compression et restant compacte en se cassant par fragments si on tente de l'enlever (neige compacte),*
- de la glace, y compris de la glace mouillée.»*

Ce règlement indique aussi « *qu'une piste est dite mouillée lorsque sa surface est couverte d'eau, ou un équivalent, sur une épaisseur inférieure à celle spécifiée pour une piste contaminée, ou lorsque l'humidité en surface suffit à la rendre réfléchissante, mais sans présence de flaques importantes.»* »

Ce règlement précise qu'une piste sèche est « *une piste ni mouillée ni contaminée. Cette appellation comprend les pistes en dur spécialement préparées avec des rainures ou un revêtement poreux, et entretenues en vue de maintenir un coefficient de freinage efficace comme sur piste sèche, et ce même en présence d'humidité.»* »

Ce règlement précise également qu'une piste est humide « lorsque sa surface n'est pas sèche, mais que l'humidité ne lui confère pas un aspect brillant ».

L'exploitant doit s'assurer, au début du décollage ou en cas de re-planification en vol, que la masse de l'avion à l'atterrissement, déterminée conformément à l'OPS 1.475 a), ne dépasse pas la masse maximale à l'atterrissement déterminée compte tenu de l'altitude et de la température prévue à l'heure estimée d'atterrissement sur l'aérodrome de destination ou sur tout autre aérodrome de dégagement.

Ce règlement précise que « l'exploitant doit s'assurer que, lorsque les bulletins ou les prévisions météorologiques, ou une combinaison des deux indiquent qu'à l'heure estimée d'arrivée la piste peut être :

- mouillée, la distance d'atterrissement utilisable est au minimum égale à 115 % de la distance d'atterrissement requise déterminée pour les atterrissages sur pistes sèches,
- contaminée, la distance d'atterrissement utilisable est au minimum égale à la plus grande des deux valeurs suivantes : 115 % de la distance d'atterrissement requise déterminée pour les atterrissages sur pistes sèches ou 115 % de la distance d'atterrissement déterminée d'après des données approuvées relatives à la distance d'atterrissement sur une piste contaminée, ou des données équivalentes acceptées par l'Autorité. »

1.11.3.2 Calcul des performances

1.11.3.2.1 ALD et RLD à la préparation du vol

Lors de la préparation du vol, l'exploitant doit s'assurer, qu'en utilisant le freinage manuel maximum, la longueur de piste disponible aux aérodromes de destination et de dégagement est au moins égale à la distance requise à l'atterrissement pour la masse d'atterrissement prévue, en prenant en compte les conditions météorologiques prévues à l'heure estimée d'arrivée sur l'aérodrome concerné. Les configurations usuelles d'atterrissement sont CONF 3 et CONF FULL selon les recommandations du constructeur et de l'exploitant.

L'atterrissement était prévu à 23 h 24 et le TAF de 12 h 45 remis à l'équipage prévoyait des précipitations de pluie et de neige mêlées de faible intensité de 23 h 00 à 24 h 00. En appliquant les corrections d'altitude pression de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle et une vitesse d'approche Vapp égale à $V_{ref} + 8 \text{ kt}$, pour une masse estimée de 74 tonnes et une configuration FULL (voir tableau de performances en annexe 4), les valeurs d'ALD et de RLD sont les suivantes :

- sur piste mouillée, l'ALD est de 1 500 m et la RLD de 2 120 m,
- sur piste contaminée par une couche de neige fondante épaisse de 6,3 mm, l'ALD est de 2 040 m et la RLD de 2 350 m.

Note : on trouve des valeurs sensiblement identiques pour les autres types de contaminations de piste prévues par les tableaux de performance, à l'exception de la glace (cf. annexe 4).

1.11.3.2.2 RLD et ALD en vol

L'équipage a prévu un atterrissage avec l'AUTOBRAKE sur MED en configuration FULL, sans l'utilisation des inverseurs de poussée, à une masse estimée de 74 t. Dans ces conditions, les valeurs d'ALD et de RLD réactualisées en vol étaient les suivantes (voir tableau de performances en annexe 4) :

- sur piste mouillée, l'ALD de 1 520 m,
- sur piste contaminée par une couche de neige fondante épaisse de 6,3 mm, l'ALD est de 2 040 m.

Note : on trouve des valeurs sensiblement identiques pour les autres types de contaminations de piste prévues par les tableaux de performance, à l'exception de la glace (cf. annexe 4).

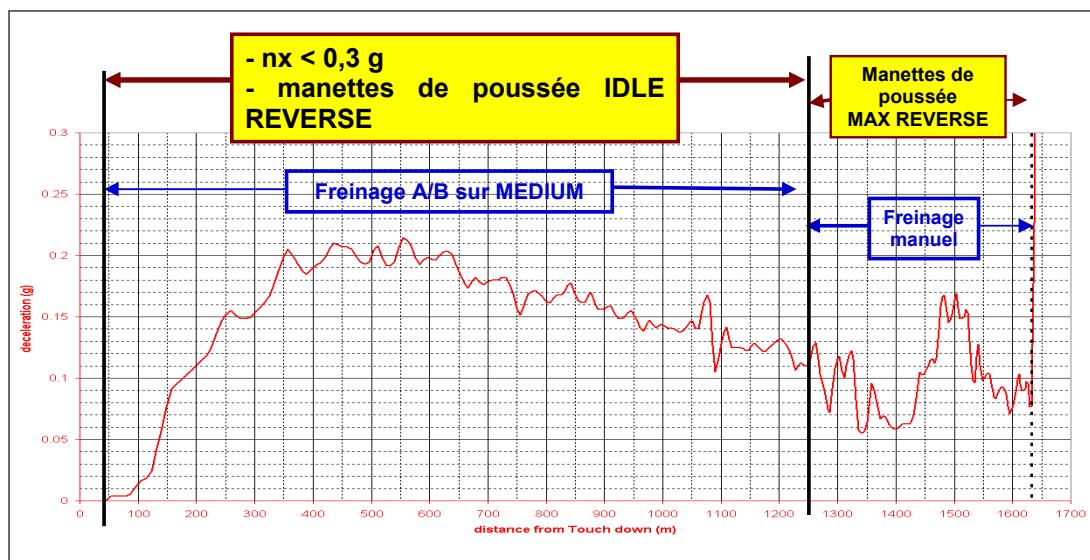
1.11.3.2.3 Calculs de l'ALD avec les paramètres réels et différentes conditions d'état de la surface de la piste

L'ALD a été calculée selon différentes méthodes (cf. annexe 5). Le résultat de ces calculs montrent que les distances d'atterrissage sont compatibles avec la longueur de piste pour les paramètres du vol (passage du seuil à une hauteur 85 ft à 150 kt et toucher à 1 050 m du seuil) sauf pour une piste contaminée par de la glace.

1.11.4 Evaluation des performances à partir des paramètres enregistrés

1.11.4.1 Accélération longitudinale totale nx

Les variations de l'accélération longitudinale totale nx, enregistrées dans le DFDR, figurent sur le graphe ci-dessous.



La valeur de l'accélération longitudinale totale nx, enregistrée dans le DFDR, n'a jamais atteint – 0,3 g lorsque l'avion était en mode AUTOBRAKE sur MED.

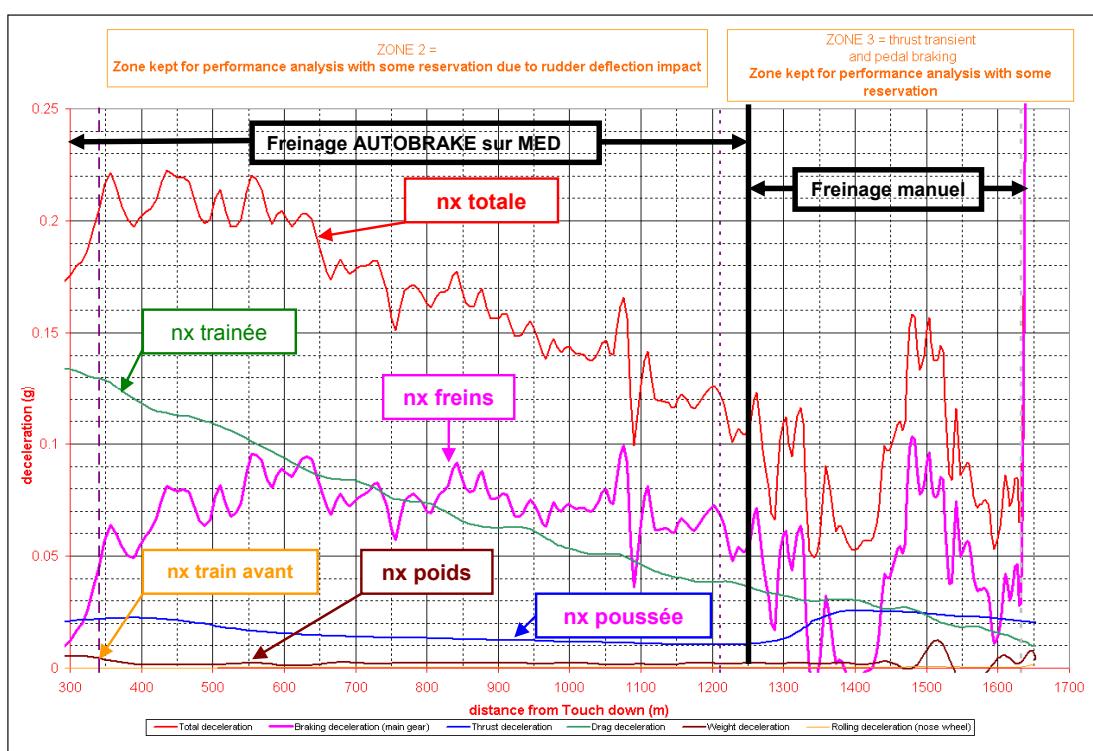
Lors du freinage manuel, l'accélération longitudinale totale a varié de façon similaire à l'action dissymétrique et irrégulière exercée sur les pédales de freins.

L'examen de la vitesse de rotation des roues du train principal lors de ces 2 phases de freinage montre que l'anti-patinage a fonctionné et a optimisé le freinage.

L'accélération longitudinale totale nx peut être décomposée en différentes accélérations longitudinales dues :

- à l'action des freins,
- à la poussée des moteurs en poussée inverse,
- à la traînée aérodynamique,
- à la pente de la piste,
- aux frottements sur le train avant.

Le graphique ci-après montre la contribution de chacun de ces facteurs à la décélération totale.



Lors de la phase de freinage avec l'AUTOBRAKE en fonctionnement, l'accélération longitudinale due aux freins a augmenté jusqu'à un maximum de $-0,1\text{ g}$, alors que l'avion était à environ 1 000 m de la fin de la piste. Puis, cette accélération a diminué progressivement vers $-0,06\text{ g}$.

Lors de la phase de freinage manuel, l'accélération longitudinale due aux freins a varié de manière cohérente avec l'action exercée sur les pédales de freins.

1.11.4.2 Evaluation de l'état de la surface de la piste

Le constructeur a déterminé le coefficient de freinage de l'avion lors de la phase de freinage avec l'AUTOBRAKE en fonctionnement, à partir de l'accélération longitudinale nx due aux freins. Puis, il a comparé ce coefficient de freinage à celui de la certification de l'avion établi en fonction de l'état de surface d'une piste. Il ressort de ce calcul que la piste était contaminée par un contaminant similaire à de la neige fondante jusqu'à environ 1 000 m de son extrémité ;

la surface de piste comprise entre 1 000 m et 400 m de l'extrémité de la piste était contaminée par un contaminant dont les effets étaient compris entre ceux de la neige fondante et ceux de la glace.

1.11.4.3 Calculs supplémentaires du constructeur

Dans les conditions météorologiques du jour, à la masse et au centrage qu'avait l'avion lors de l'événement, en conservant l'AUTOBRAKE en mode MED et en considérant un coefficient de freinage similaire à celui établi au paragraphe précédent, l'avion serait sorti de la piste à la vitesse de 28 kt au lieu de 42 kt.

Dans les mêmes conditions, notamment l'AUTOBRAKE en mode MED, et en positionnant les manettes de poussée sur MAX REVERSE (au lieu de IDLE REVERSE) lors du toucher du train principal, on constate que l'avion se serait immobilisé après avoir parcouru une distance de 1 640 m, soit 10 m avant l'extrémité de piste en tenant compte d'un toucher à 1 050 m du seuil.

1.11.4.4 Exploitation des données AVISO

L'aérodrome de Paris Charles de Gaulle dispose de 2 systèmes d'information permettant de suivre les évolutions du trafic au sol. Le système AVISO fournit une information avec l'identité des mobiles.

La vidéo AVISO de l'atterrissement du F-GYAJ fournit des informations cohérentes avec les éléments établis à partir des données du FDR, notamment un passage du seuil de la piste 26L à environ 143 kt, un toucher à environ 1 000 m du seuil 26L et une sortie de piste à environ 50 kt.

Trois autres vidéos AVISO ont été examinées :

- A 22 h 30, un Airbus A321 (masse de l'avion, mode de freinage et utilisation des inverseurs de poussée inconnus) atterrit sur la piste 26L. L'avion passe le seuil à une vitesse d'environ 132 kt et atterrit 550 m environ après le seuil à environ 127 kt. A 1 900 m et 2 000 m du seuil, sa vitesse est respectivement de 50 kt et 30 kt. L'équipage dégage la piste par la voie de dégagement rapide V3, située à 2 000 m du seuil 26L, avec une vitesse d'environ 30 kt.
- A 22 h 46, un Airbus A319 (masse de l'avion, mode de freinage et utilisation des inverseurs de poussée inconnus), dernier avion à avoir atterri avant le F-GYAJ, passe le seuil de la piste 26L à une vitesse d'environ 133 kt et atterrit 600 m environ après le seuil à environ 125 kt. A 1 800 m et 1 900 m du seuil sa vitesse est respectivement de 50 kt et 30 kt. L'équipage dégage la piste par la voie de dégagement rapide V3, située à 2 000 m du seuil 26L, avec une vitesse de l'ordre de 20 kt.
- A 23 h 34, un Boeing B757 (masse de l'avion inconnue, système de freinage sur MED et avec utilisation des inverseurs de poussée en MAX REVERSE) passe le seuil de la piste 26R à une vitesse d'environ 125 kt et atterrit 1 000 m environ après le seuil à environ 120 kt. A 1 700 m et 1 800 m du seuil sa vitesse est respectivement de 50 kt et 30 kt. L'équipage dégage la piste par la voie de dégagement rapide W5, située à 2 200 m du seuil 26R, avec une vitesse de l'ordre de 15 kt.

Il ressort de ces éléments que les équipages qui ont précédé celui du F-GYAJ n'ont utilisé que les 2 premiers tiers de la piste pour leur atterrissage.

1.11.5 Conclusion partielle

La comparaison des performances établies à partir des tableaux de performance de l'avion avec celles déterminées à partir des paramètres enregistrées ne permet pas d'expliquer en soi la sortie de piste.

En effet, d'une part, on constate que la distance de roulement parcourue par l'avion et la vitesse à laquelle il sort de piste correspondent aux performances calculées en cas de contamination de la piste par de la glace.

D'autre part, l'exploitation des paramètres enregistrés confirme la contamination de la piste, mais par un contaminant autre que de la glace, de type neige fondante jusqu'à 1 000 m de l'extrémité puis, sur la fin de piste, par un contaminant dont les effets étaient compris entre ceux de la neige fondante et ceux de la glace.

L'exploitation des données ATC, notamment les vidéos AVISO et les communications avec les autres équipages, ne met d'ailleurs pas en évidence une contamination critique (glace) pour le freinage ou le décollage des 2 premiers tiers de la piste, ce qui est compatible avec la présence de neige fondante dans cette zone.

Il est par conséquent nécessaire d'examiner également la qualité du revêtement de la piste en termes de coefficient de frottement afin d'expliquer les performances constatées du F-GYAJ lors de l'événement.

1.11.6 Mesures du coefficient de frottement

1.11.6.1 Généralités

Des matériels de mesure spécifique ont été développés en France pour mesurer l'adhérence ou glissance (coefficient de frottement) sur une piste aéronautique. Le STAC a conçu et développé, en partenariat avec ADP, un appareil de mesure automatique de la glissance des pistes, nommé IMAG (Instrument de Mesure Automatique de Glissance). D'autres équipements de mesure existent, notamment le SARSYS STFT ; ils fonctionnent selon le même principe, détaillé en annexe 6. Le coefficient « μ force », mesuré par l'IMAG, correspond au « coefficient de frottement » défini par l'Annexe 14 de l'OACI.

Deux types de mesures d'adhérence sont effectués :

- les mesures fonctionnelles ; ce sont des mesures périodiques qui sont effectuées sur piste sèche à l'aide d'un appareil de mesure d'adhérence du type IMAG ou SARSYS STFT aux vitesses de 65 km/h et 95 km/h. Elles permettent de surveiller la dégradation de l'adhérence de la piste, notamment de surveiller l'évolution de l'engommage ;
- les mesures opérationnelles, réalisées avec le même type d'appareil, en saison hivernale, lorsque les pistes ne sont pas sèches, à une vitesse de l'ordre de 40 km/h.

ADP utilise ainsi 3 appareils de mesure de type IMAG :

- l'IMAG n° 208 F, agréé par le STAC, pour les mesures fonctionnelles effectuées par le laboratoire d'ADP (voir agrément en annexe 7),
- les IMAG n° 208 D et n° 208 E, non agréés par le STAC, utilisés pour les mesures opérationnelles réalisées par le personnel du SSLIA.

Note : à l'issue des travaux de dégommage effectués par la société VIA-PONTIS, celle-ci effectue une mesure d'adhérence avec un SARSYS STFT agréé par le STAC.

Les coefficients de frottement, mesurés lors des mesures fonctionnelles, ne sont pas comparables à ceux mesurés lors des mesures opérationnelles. En effet, outre les différences de vitesse de référence, les mesures fonctionnelles sont effectuées avec un appareil équipé d'une roue avec un pneu lisse et un film d'eau calibré projeté en amont de la roue, alors que les mesures opérationnelles sont réalisées avec un pneu rainuré et sans utiliser de film d'eau.

Au plan théorique, le STAC a précisé au BEA lors de l'enquête que la mesure du coefficient de frottement est pertinente sur les pistes mouillées ou sur les pistes contaminées par de la glace ou de la neige compactée, mais qu'en présence d'un contaminant tel que de l'eau stagnante, de la neige fondante ou de la neige sèche ou mouillé, la mesure, effectuée par un appareil du type IMAG ou SARSYS STFT, ne permet pas de déterminer d'une manière réaliste le coefficient de frottement de la piste (Voir en annexe 6, Extrait du guide technique, établi par le STAC en novembre 2002, sur les « Services hivernaux sur chaussées aéronautiques »).

Les coefficients relevés par chaque appareil IMAG ou SARSYS STFT lors des mesures fonctionnelles sont mis en correspondance avec les relevés de l'appareil générique étalon par une relation affine. La relation affine est déterminée pour chaque appareil et permet de comparer les relevés à des valeurs seuil. Une accréditation COFRAC (Comité français d'accréditation) peut être délivrée à un utilisateur après vérification de son appareil, de la compétence des personnels et des procédures d'essai. Le laboratoire d'ADP, qui utilise uniquement l'IMAG et ne réalise que des mesures fonctionnelles, a été accrédité par le COFRAC.

Le laboratoire d'ADP a estimé que la relation affine déterminée par le STAC lors de l'agrément⁽¹⁰⁾ n'était pas réaliste. Il en utilise donc une autre qu'il a déterminée⁽¹¹⁾.

Les appareils de mesure du type IMAG et SARSYS STFT, utilisés pour les mesures opérationnelles, ne font l'objet d'aucune réglementation nationale en ce qui concerne leur mise en œuvre. Ils ne sont pas agréés par le STAC. Aucun coefficient de corrélation n'est défini par rapport à l'appareil générique étalon. En l'absence de normalisation et de comparaison des mesures des appareils à une mesure de référence, il n'est pas possible d'évaluer la pertinence des valeurs mesurées. Toutefois concernant l'IMAG, une vérification de la pertinence de la mesure des appareils est effectuée régulièrement pour tenir compte des dérives de l'appareil ou ponctuellement en cas d'incident technique. En cas de dérive constatée, un étalonnage est alors réalisé. Cette vérification et cet

⁽¹⁰⁾ $CFL_{\text{générique}} = 0,6277 CFL_{208F} + 0,1500.$

⁽¹¹⁾Si $0 < CFL_{208F} \leq 0,32$: $CFL_{\text{générique}} = 0,9617 CFL_{208F} + 0,0533$;
Si $CFL_{208F} \geq 0,32$: $CFL_{\text{générique}} = 0,6055 CFL_{208F} + 0,1668$.

étalonnage sont effectués par le laboratoire d'ADP qui applique des critères comparables à ceux retenus pour l'accréditation COFRAC en matière de mesure fonctionnelle.

Enfin, les mesures effectuées sur les 300 premiers mètres et les 300 derniers mètres d'une piste ne sont pas retenues, en raison des variations de la vitesse de la remorque lors de son accélération et de sa décélération.

1.11.6.2 Dépôts de gomme sur les pistes

Les pistes présentent des dépôts de gomme dans les zones de toucher des roues. Ces zones représentent généralement le premier et dernier tiers de la piste. Ces dépôts dégradent la rugosité de la surface de roulement aux échelles microscopique et macroscopique et diminuent les écoulements d'eau sous le pneumatique. De ce fait, ces dépôts diminuent l'adhérence de la surface de la piste.

Afin d'améliorer l'adhérence, ADP utilise les 2 méthodes suivantes :

- la projection d'eau à forte pression⁽¹²⁾, utilisée sur toutes les pistes,
- le grenailage⁽¹³⁾, utilisé uniquement pour la piste 08R/26L du fait de son revêtement en béton, différent de celui, en béton bitumineux, des autres pistes.

⁽¹²⁾Elle enlève les dépôts de gomme mais arrondit la macro texture.

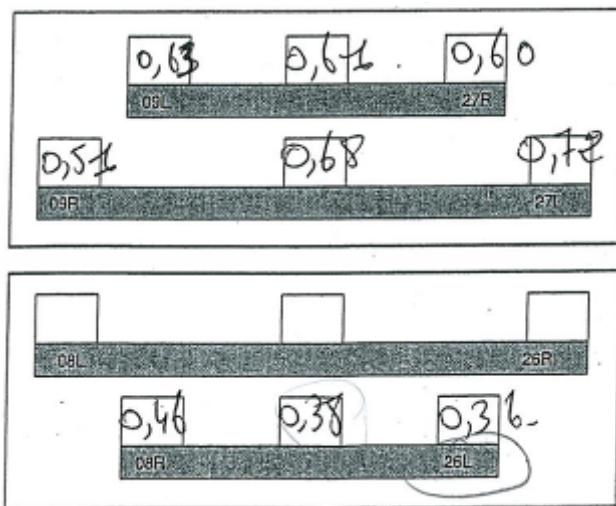
⁽¹³⁾Il redonne de la macro texture.

ADP surveille l'évolution de ces dépôts par l'intermédiaire des mesures fonctionnelles d'adhérence et des inspections de piste. Il établit une prévision annuelle de travaux de dégommage. Les travaux sont ensuite réalisés soit selon la prévision soit en fonction des constatations lors des opérations de surveillance de l'évolution des dépôts.

Trois opérations de dégommage de la piste 08R/26L ont eu lieu entre mars 2008 et février 2009. Deux de ces opérations prévoyaient l'utilisation d'eau sous pression et de grenailage, l'une en mars 2008 et l'autre en octobre 2008. Le grenailage n'a en fait été utilisé en complément de l'eau que lors de l'opération de mars 2008. ADP a indiqué que le grenailage n'était pas nécessaire pour les travaux d'octobre 2008.

1.11.6.3 Mesures opérationnelles effectuées après l'événement par ADP

Le 9 février 2009 à 0 h 20 (fin des mesures), une mesure de glissance de la piste 08R/26L a été effectuée à l'aide de l'IMAG n° 208 E. L'IMAG n° 208 D a été utilisé à 0 h 15 (fin des mesures) et 0 h 28 (fin des mesures) pour une mesure de glissance respectivement des pistes 09L/27R et 09R/27L. Les résultats détaillés pour la piste 08R/26L figurent en annexe 9. Les résultats ci-après pour les 3 pistes correspondent à des valeurs moyennes par tiers de piste.



Une comparaison avec les valeurs de référence de l'Annexe 14 de l'OACI, ci-dessous, indique que les coefficients de frottements sont « bons » sur les pistes du doublet nord. En ce qui concerne la piste 08R/26L, le coefficient de frottement du tiers de piste correspondant au seuil 08R est « bon », ceux correspondant aux 2 autres tiers de piste sont qualifiables de « moyen/bon ».

<i>Coefficient</i>	<i>Terme utilisé</i>	
<i>0,40 et plus</i>	<i>Bon</i>	<i>Good</i>
<i>Entre 0,39 et 0,36</i>	<i>Moyen/Bon</i>	<i>Medium Good</i>
<i>Entre 0,35 et 0,30</i>	<i>Moyen</i>	<i>Medium</i>
<i>Entre 0,29 et 0,26</i>	<i>Moyen/médiocre</i>	<i>Medium Poor</i>
<i>0,25 et en dessous</i>	<i>Médiocre</i>	<i>Poor</i>
<i>0,09 et en dessous</i>	<i>Douteux</i>	<i>Unreliable</i>

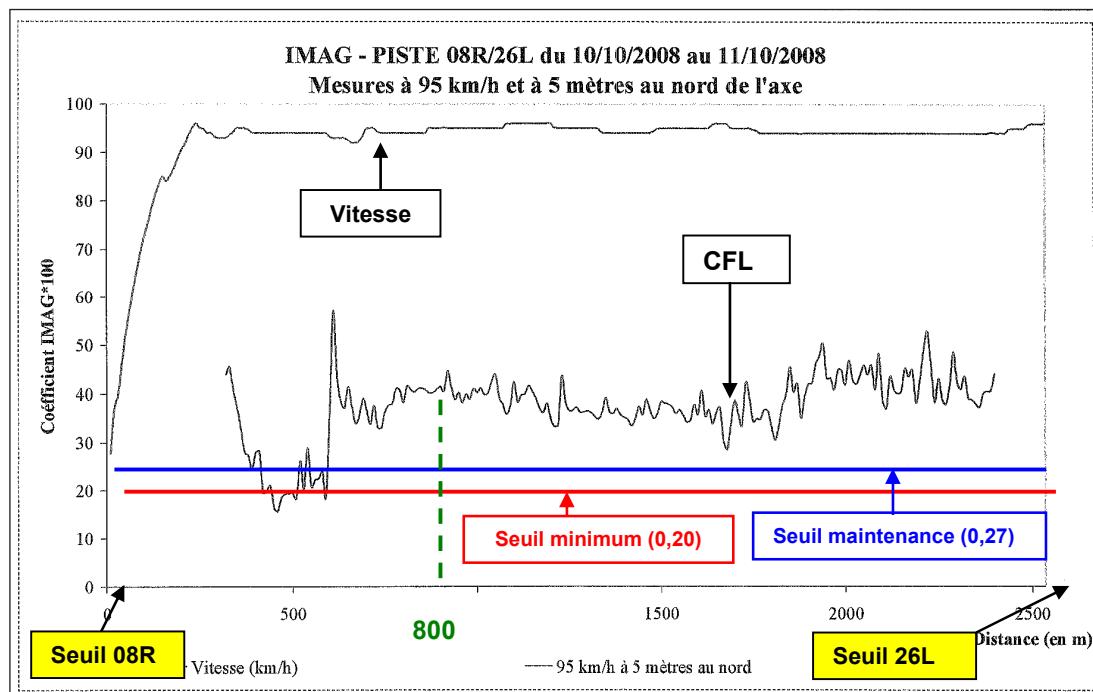
Annexe 14 OACI

On rappelle (voir 1.11.6.1) que la validité de ces mesures ne peut être déterminée sans connaissance de l'état réel de la surface des pistes (notamment du type de contaminant) lors de l'exécution de ces mesures. Aucune analyse de l'état de la surface (nature du contaminant) de la piste et aucune mesure de la hauteur du contaminant n'ont été effectuées par ADP. L'enquête a en outre mis en évidence qu'ADP n'était pas informé des limitations associées à l'interprétation des mesures opérationnelles en cas de contamination par d'autre contaminant que de la glace ou de la neige compactée. Le mode opératoire, défini par ADP pour les mesures opérationnelles, ne mentionne d'ailleurs pas de telles restrictions. Par ailleurs, il est nécessaire d'effectuer un roulage sur 100 m pour tester le bon fonctionnement de l'IMAG avant chaque opération.

Note : le 17 avril 2009, l'IMAG 208E a fait l'objet d'une vérification de la pertinence de la mesure des coefficients de frottement en présence du BEA et du STAC. Aucune anomalie n'a été relevée. La dernière vérification datait du 16 janvier 2009.

1.11.6.4 Mesures fonctionnelles d'adhérence des pistes (voir annexe 9)

Le laboratoire d'ADP réalise des mesures fonctionnelles d'adhérence des pistes de Paris Charles de Gaulle 4 fois par an avec l'IMAG. Pour la piste 08R/26L, elles ont été réalisées les 2 avril, 27 mai, 2 septembre et 11 octobre 2008. Cette dernière mesure correspondait à une mesure après des travaux de dégommage. Les résultats sont détaillés en annexe 9. Les mesures à 95 km/h à 5 mètres au nord de l'axe sont représentatives de l'ensemble des résultats.



Les mesures à 95 km/h montrent que le coefficient de frottement longitudinal (CFL) :

- se dégrade fortement au seuil 08R à partir d'environ 900 m du seuil jusqu'à 500 m de celui-ci. Cette évolution du CFL ne se retrouve pas dans les 4 mesures effectuées au seuil 26L au niveau des 1 000 derniers mètres de ce dernier;
- est meilleur au niveau des 1 000 derniers mètres du seuil 26L que sur la partie centrale de la piste 08R/26L;
- est inférieur au seuil minimum entre 400 m et 600 m du seuil 08R pour la mesure à 5 mètres au nord de l'axe et proche du seuil minimum pour les autres mesures. Cette caractéristique exigeait, conformément à la réglementation française et à l'Annexe 14 de l'OACI, d'arrêter l'exploitation aéronautique de la piste 26L pour que des mesures correctives d'entretien soient effectuées;
- est inférieur ou égal au seuil de maintenance entre 350 m et 650 m du seuil 08R.

Il convient de noter que le seuil minimum pour l'appareil générique de type IMAG est fixé à 0,20 à 95 km/h par l'Arrêté du 10 juillet 2006 (annexe 12). Avec la formule utilisée par ADP, ce seuil est atteint lorsque l'IMAG 208F mesure des coefficients inférieurs à 0,15. Si l'on se conforme à la relation affine établie par le STAC, ce seuil est atteint pour des mesures inférieures à 0,08.

Note : les valeurs de CFL figurant sur les graphes du laboratoire d'ADP sont des valeurs recalculées à partir des valeurs brutes relevées par l'IMAG 208F et intègrent le coefficient de corrélation. Ainsi, les valeurs de seuil minimum à prendre en compte sur les graphes sont 0,20 et 0,30 respectivement pour 95 km/h et 65 km/h.

Note : le seuil de maintenance de 0,27 à 95 km/h n'est pas défini dans l'Arrêté du 10 juillet 2006 mais est une valeur recommandée par le STAC. L'Annexe 14 de l'OACI fournit à titre d'objectifs des valeurs de 0,34 et 0,47 pour, respectivement, le seuil minimum et le seuil de maintenance, pour des véhicules de mesures du frottement de surface en général, pour des mesures à 95 km/h.

Conformément à l'Arrêté du 10 juillet 2006, relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par des aéronefs à voilure fixe, lorsque les caractéristiques de frottement de toute ou partie de la piste sont inférieures au niveau minimum défini par l'Arrêté, des mesures correctives d'entretien sont prises. L'Annexe 14 de l'OACI requiert que ces mesures soient prises sans délai et qu'un NOTAM soit publié pour indiquer que la piste est glissante lorsqu'elle est mouillée.

Dans une lettre du 28 novembre 2008, le laboratoire d'ADP a informé la Direction d'ADP que, concernant les mesures réalisées en octobre 2008, il relevait « *un niveau de CFL moyen des sections homogènes* (c'est-à-dire la valeur moyenne des CFL mesurés entre 300 m et 1 200 m des seuils 08R et 26L) *supérieur au niveau de maintenance et supérieur au seuil minimum. Cependant, sur le seuil 08, les mesures ponctuelles et certaines moyennes par pas de 100 mètres se situent en deçà du seuil de maintenance et assez proche du seuil minimum* ».

On constate sur les relevés que de nombreuses valeurs ponctuelles sont en dessous du seuil minimum. Les moyennes calculées par pas de 100 m, indiquées dans le rapport de mesure, montrent que :

- la moyenne entre 400 m et 500 m du seuil 08R à 65 km/h et à 3 mètres au nord de l'axe est en dessous du seuil minimum,
- la moyenne entre 500 m et 600 m du seuil 08R à 65 km/h et à 3 mètres au sud de l'axe est égale au seuil minimum,
- la moyenne entre 400 m et 500 m du seuil 08R à 95 km/h et à cinq mètres au nord de l'axe est égale au seuil minimum.

Note : à l'issue des travaux de dégommage effectués en octobre 2008 par la société VIA-PONTIS, il ressort que les valeurs de CFL, mesurées par celle-ci (voir annexe 9), sont meilleures que celles du laboratoire d'ADP. Elles sont supérieures au seuil de maintenance et de seuil minimum.

Des mesures postérieures à l'événement montrent les mêmes caractéristiques d'adhérence dans le dernier tiers de la piste 26L malgré une surveillance renforcée par des mesures fonctionnelles tous les 2 mois et des travaux de dégommage également tous les 2 mois.

ADP indique que la dégradation de l'état de surface (fissuration, faïencrage et départ de matériaux) de la couche de roulement contribue au niveau faible des CFL.

1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.12.1 Normes internationales et françaises pour l'exploitation des aérodromes

1.12.1.1 Généralités

Les normes et les pratiques recommandées pour la construction et l'exploitation des aérodromes où sont réalisés des vols internationaux commerciaux, en vigueur lors de l'événement, sont énoncées dans l'Annexe 14 (OACI) et dans le *Manuel des services d'aéroports* (2^e partie) de 2002, également publié par l'OACI. Les extraits auxquels il est fait référence dans cette partie figurent en annexe 11.

L'Arrêté du 10 juillet 2006, relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe, définit dans son annexe 1 les caractéristiques physiques des aérodromes ayant un certificat de sécurité aéroportuaire comme celui de Paris Charles de Gaulle. Les extraits auxquels il est fait référence dans cette partie figurent en annexe 12.

1.12.1.2 Informations sur l'état de surface d'une piste

Le chapitre 2 de l'Annexe 14 et le paragraphe 2 de l'Annexe 1 de l'Arrêté du 10 juillet 2006 indiquent notamment que les renseignements sur l'état de surface d'une piste doivent être communiqués aux organismes de la circulation aérienne afin qu'ils les transmettent aux équipages.

Selon le chapitre 2 de l'Annexe 14, il ressort que, lorsqu'une dégradation est suspectée, un suivi permanent de l'état de surface de la piste doit être réalisé mais également que des mesures de coefficient de frottement et de hauteur de contaminant soient réalisées.

1.12.1.3 Caractéristiques de frottement des surfaces en dur recouvertes de neige ou de glace

Le supplément A section 6 de l'Annexe 14 fournit des éléments sur la «*détermination et l'expression des caractéristiques de frottement des surfaces en dur recouvertes de neige ou de glace*». Il est précisé que le frottement sur une piste devrait être exprimé sous forme de «*renseignements sur le freinage*» au moyen du coefficient de frottement mesuré ou de «*l'évaluation du freinage*».

Le tableau ci-dessous, figurant au paragraphe 6.6, a été établi uniquement pour les cas de neige compactée et de glace. Il établit une correspondance entre les valeurs du coefficient de frottement mesuré et la qualité du freinage en y associant un code.

Coefficient mesuré	Evaluation du freinage	Code
0,40 et plus	Bon	5
de 0,39 à 0,36	Passable à bon	4
de 0,35 à 0,30	Passable	3
de 0,29 à 0,26	Passable à médiocre	2
0,25 et moins	Médiocre	1

Note : aucun tableau de ce type n'a été établi pour la neige fondante, compte tenu de l'incertitude entachant les mesures opérationnelles de ce contaminant.

Par ailleurs, il est précisé que l'indication « *bon* » est relative et signifie qu'il ne devrait pas y avoir de difficulté de contrôle de direction ou de freinage , en particulier au cours de l'atterrissage.

Il est « *recommandé d'utiliser de préférence un équipement permettant de mesurer de façon continue le frottement maximal sur toute la longueur de la piste* ». Ce type d'équipement permet « *de mesurer les coefficients de frottement sur les pistes recouvertes de neige compactée ou de glace* ».

L'Annexe 14 précise de se reporter au *Manuel des services d'aéroports* pour évaluer et uniformiser les appareils de mesure.

L'Arrêté du 10 juillet 2006 ne donne pas d'éléments relatifs à la détermination des caractéristiques de frottement des pistes contaminés par de la neige compactée ou de la glace (description des appareils ou des conditions de mesure par exemple, ou encore relation entre le coefficient de frottement et la qualité du freinage).

1.12.1.4 Caractéristiques de frottement des surfaces en dur mouillées

Le supplément A section 6 de l'Annexe 14 précise qu'il « *faudrait procéder périodiquement à des mesures du frottement des chaussées afin d'identifier les pistes qui ont un faible coefficient de frottement lorsqu'elles sont mouillées* ».

Chaque Etat devrait définir le niveau minimum de frottement qu'il juge acceptable avant de déclarer qu'une piste est glissante lorsqu'elle est mouillée et indiquer cette valeur dans sa publication d'information aéronautique.

Lorsqu'il est constaté que le frottement d'une piste est inférieur à la valeur publiée, ce renseignement devrait être diffusé dans un NOTAM.

Si les résultats de l'une quelconque des mesures indiquent que seule une section particulière de la surface d'une piste est glissante, il est tout aussi important de prendre les dispositions voulues pour diffuser ce renseignement.

Lorsque les caractéristiques de frottement de tout ou partie de la piste sont inférieures au niveau minimum de frottement, des mesures correctives appropriées d'entretien doivent être prises sans délai».

Il est également indiqué que « *les Etats devraient aussi fixer un niveau de planification de maintenance, au-dessous duquel les mesures correctives appropriées d'entretien devraient être prises pour améliorer le frottement* » et « *des critères en ce qui concerne les caractéristiques de frottement des pistes neuves ou des pistes dont la surface a été refaite* ».

Note : la France n'a pas notifié de différence à l'OACI sur ces points.

Il est demandé d'effectuer des mesures périodiques avec un appareil de mesure continue de frottement équipé d'un pneu lisse et d'un moyen d'auto-mouillage.

Un tableau de valeurs est défini pour certains dispositifs de mesure référencés.

Test equipment	Test tire		Test water depth (mm)	Design objective for new surface	Maintenance planning level	Minimum friction level
	Type	Pressure (kPa)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Mu-meter Trailer	A	70	65	1.0	0.72	0.52
	A	70	95	1.0	0.66	0.38
Skiddometer Trailer	B	210	65	1.0	0.82	0.60
	B	210	95	1.0	0.74	0.47
Surface Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.82	0.60
	B	210	95	1.0	0.74	0.47
Runway Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.82	0.60
	B	210	95	1.0	0.74	0.54
TATRA Friction Tester Vehicle	B	210	65	1.0	0.76	0.57
	B	210	95	1.0	0.67	0.52
GRIPTESTER Trailer	C	140	65	1.0	0.74	0.53
	C	140	95	1.0	0.64	0.36
						0.24

L'utilisation d'un autre dispositif de mesure est possible à condition qu'il ait été corrélé avec au moins un des dispositifs référencés.

L'Arrêté du 10 juillet 2006 prescrit un niveau minimum de coefficient de frottement (voir tableau ci-dessous) mais ne prescrit aucun niveau minimum de planification de maintenance ni de niveau minimum pour une piste neuve ou refaite.

Dispositif de mesure	Pneu d'essai		Vitesse durant l'essai (km/h)	Epaisseur d'eau durant l'essai (mm)	Niveau minimal de frottement
	Type	Pression (kPa)			
Mumètre MK6	A	70	65	1,0	0,30
	A	70	95	1,0	0,20
Skiddomètre BV11	B	210	65	1,0	0,41
	B	210	95	1,0	0,28
SFT	B	210	65	1,0	0,40
	B	210	95	1,0	0,27
RFT	B	210	65	1,0	0,42
	B	210	95	1,0	0,28
SARSYS STFT	B	210	65	1,0	0,37
	B	210	95	1,0	0,24
IMAG	C	150	65	1,0	0,30
	C	150	95	1,0	0,20

L'Arrêté du 10 juillet 2006 précise que « *des mesures correctives d'entretien sont prises lorsque les caractéristiques de frottement, sur tout ou partie d'une piste, sont inférieures à un niveau minimal de frottement spécifié dans le tableau 1 ci-dessus* ».

Le STAC a indiqué qu'il fournissait des recommandations pour les autres seuils. Ainsi, en matière de seuil de planification de maintenance, le STAC recommande pour l'IMAG et le SARSYS STFT les valeurs suivantes :

Dispositif de mesure	Pneu d'essai		Vitesse durant l'essai (km/h)	Epaisseur d'eau durant l'essai (mm)	CFL Seuil de planification de maintenance
	Type	Pression (kPa)			
SARSYS STFT	B	210	65	1,0	0,46
	B	210	95	1,0	0,33
IMAG	C	150	65	1,0	0,37
	C	150	95	1,0	0,27

Note 1 :

- il est à noter que des différences significatives existent au niveau des valeurs de seuil minimum de CFL pour des appareils génériques similaires de mesure figurant dans le tableau de l'Annexe 14 de l'OACI et dans celui de l'Arrêté du 10 juillet 2006. Les valeurs de seuil minimum, définies dans l'Arrêté du 10 juillet 2006, sont bien inférieures à celles de l'Annexe 14 de l'OACI. Interrogé, le STAC n'a pas apporté de précision sur ce point.

Note 2 :

- de même, les valeurs de seuil de planification de maintenance, recommandées par le STAC, sont significativement inférieures à celles mentionnées dans l'Annexe 14 de l'OACI.

1.12.1.5 Maintenance des pistes

Le chapitre 10 de l'Annexe 14 précise les différentes actions de maintenance à entreprendre pour remédier aux différentes dégradations possibles d'une piste.

Outre les inspections de piste, il est indiqué que « *la neige, la neige fondante, la glace, l'eau stagnante, la boue, le sable, l'huile, les dépôts de gomme et autres contaminants doivent être enlevés aussi rapidement et complètement que possible pour minimiser leur accumulation* ».

Concernant les dépôts de gomme, le chapitre 8 du *Manuel des services d'aéroports* (2^e partie) définit « *les méthodes d'enlèvement du caoutchouc* » par l'emploi de « *solvants chimiques, jet d'eau à haute pression, solvants chimiques associés au jet d'eau à haute pression et à air comprimé à haute température* ». Il est toutefois précisé que « *dans la plupart des cas, le jet d'eau à haute pression est assez efficace lorsqu'il y a peu de caoutchouc mais que son efficacité diminue au fur et à mesure qu'augmente l'épaisseur du dépôt* ». Suivant le type d'avions et le nombre de mouvements, il est indiqué qu'il peut être nécessaire de « *procéder à un nettoyage deux fois par an* ».

Le paragraphe 10.2.12 de l'Annexe 14 recommande « *d'utiliser des agents chimiques pour enlever la glace et le givre sur les chaussées d'aérodrome, ou pour en prévenir la formation, lorsque les conditions indiquent que ces agents peuvent être utilisés avec succès. Il convient de faire preuve de prudence lors de l'application des agents chimiques pour ne pas rendre les chaussées plus glissantes qu'avant le traitement.* » Cependant leur emploi est restreint au paragraphe 10.2.13 : « *Les agents chimiques qui peuvent avoir des effets nuisibles sur les aéronefs ou sur les chaussées, ou des effets toxiques sur l'environnement, ne seront pas utilisés* ».

1.12.2 Exploitation aéroportuaire de Paris Charles de Gaulle

1.12.2.1 Aspects réglementaires

ADP est responsable de l'entretien des aires de mouvement.

Un cahier des charges, approuvé par décret⁽¹⁴⁾ en Conseil d'Etat, fixe les conditions dans lesquelles la société ADP assure les services publics liés à l'exploitation de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle. En particulier, ce document précise qu'ADP :

⁽¹⁴⁾Décret n° 2005-828 du 20 juillet 2005.

- «veille à l'intégrité des aires de mouvement et réalise les visites techniques nécessaires à cette fin,
- se dote de l'ensemble des moyens destinés, le cas échéant, au déneigement des aires de mouvement ainsi que ceux destinés à la prévention de formation de verglas sur ces mêmes aires,
- tient informé sans délai le prestataire de services de navigation aérienne de tout événement modifiant ou rendant indisponible tout ou partie des aires de mouvement,
- réalise les mesures de contrôle d'adhérence et de taux de glissance selon la périodicité et dans les conditions techniques prévues par la réglementation ainsi qu'à la demande du prestataire de services de navigation aérienne,
- surveille l'état de la piste et de ses abords et inspecte l'aire de manœuvre selon la périodicité et dans les conditions techniques prévues par la réglementation ainsi que sur demande du prestataire de services de navigation aérienne ».

Le manuel d'aérodrome d'ADP indique que «l'unité opérationnelle des aires aéronautiques (CDGR) d'ADP est chargée du maintien en condition opérationnelle nécessaire à l'aire de manœuvre et de la mise en œuvre du plan d'action hivernal (plan neige)».

La réglementation impose que des inspections sont effectuées 3 fois par jour⁽¹⁵⁾ : une première inspection entre 4 h 00 et 7 h 00 du matin ou avant la prise de service de l'organisme chargé de fournir les services de la circulation aérienne, une deuxième inspection en milieu de journée et une troisième inspection avant les opérations de nuit. En cas de doute sur l'état de l'aire de manœuvre, des inspections partielles supplémentaires sont effectuées.

⁽¹⁵⁾Conformément à l'Arrêté du 6 mars 2008 relatif aux inspections de l'aire de mouvement d'un aérodrome.

Le manuel d'aérodrome d'ADP indique que «des inspections des pistes sont réalisées trois fois par tranche de 24 h par l'unité CGDR» et en accord avec le protocole établi entre CDGR et le SNA-RP, relatifs aux procédures de coordination en temps réel dans le cadre de la surveillance générale et du maintien opérationnel de l'aire de manœuvre. Le manuel d'exploitation TWR/APP du SNA-RP fait état de l'organisation de 3 inspections quotidiennes de chaque piste. Ces inspections sont programmées par le PCR d'ADP, en coordination avec le Chef de Tour, aux horaires suivants : le matin de 5 h 00 à 7 h 00 locales, à la mi-journée de 12 h 30 à 14 h 00 locales et le soir de 15 h 30 à 17 h 00 locales. Ces manuels ne mentionnent pas d'inspection supplémentaire en cas de doute sur l'état de l'aire de manœuvre. Par contre, le manuel d'exploitation TWR/APP du SNA-RP précise que le Chef de Tour demande à ADP des mesures

de glissance ou de hauteur de contaminant dès que des phénomènes glissants sont signalés par les pilotes ou en cas de changement significatif de l'état des pistes.

1.12.2.2 Mises en œuvre pratiques

Les 3 inspections journalières, prévues ci-dessus, sont réalisées. En revanche, ADP a indiqué qu'il ne disposait pas de moyens spécifiques pour connaître à chaque instant l'état exact de contamination d'une piste et que seuls les éléments suivants permettent d'apprécier de manière adéquate l'état de la piste :

- une inspection de la piste par du personnel spécialisé après accord du SNA-RP, ce qui entraîne la fermeture de la piste pour une durée de 10 minutes,
- une mesure de CFL demandée par le Chef de Tour après une information fournie par un équipage.

Le jour de l'accident, à l'issue du traitement préventif, ADP n'a pas mis en œuvre une procédure de surveillance particulière de l'état de la piste. Aucune mesure particulière à l'issue d'un traitement préventif n'a été définie dans le MOPs. ADP précise qu'aucune autre mesure (inspection, balayage, traitement curatif) n'a été prise compte tenu du fait qu'aucune modification de l'état de surface n'a été portée à la connaissance du PC neige.

ADP a indiqué que le seul moyen de connaître l'état de surface d'une piste est d'aller constater sur place par une inspection de piste. Cette dernière n'est réalisable qu'après coordination avec SNA-RP en fonction du trafic aérien.

ADP et le SNA-RP ont indiqué à la DGAC qu'ils sont soumis à des très fortes pressions des compagnies aériennes pour maintenir des capacités élevées de trafic aérien qui ne leur permettent pas d'effectuer autant d'inspections de piste qu'ils le souhaiteraient car ces inspections nécessitent la fermeture de la piste.

1.12.2.3 Air Safety Report

De nombreux Air Safety Report, rédigés notamment pendant les saisons hivernales de 2005 à 2009 sur l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, signalent les dysfonctionnements suivants :

- les informations sur l'état des pistes et des voies de circulation, transmises par ATIS, METAR, SNOWTAM et sur la fréquence de contrôle, ne correspondent pas à l'état réel constaté par les équipages ou ne sont pas fournies, notamment en cas d'épisodes neigeux;
- l'absence d'information sur la nature et la hauteur de contaminant.

Les ASR, signalant ce type de dysfonctionnements et recensés par la DGAC, s'établissent à 50 en 2005, 22 en 2006, 3 en 2007, 7 en 2008 et 79 en 2009.

Ces ASR font apparaître de nombreuses incompréhensions entre les équipages, les contrôleurs et le gestionnaire aéroportuaire. Les premiers sont surpris de découvrir une situation de piste contaminée qui ne leur pas été annoncée, de ne pas pouvoir disposer de coefficient de frottement ou d'efficacité de freinage, de ne pas avoir la nature et l'épaisseur du contaminant.

Les équipages constatent que ce sont bien souvent leurs observations en temps réel auprès du contrôle aérien qui déclenchent des inspections de piste. Ils ajoutent que leurs observations sur la contamination ne sont pas retransmises aux autres équipages.

Par ailleurs, ils mentionnent que les contrôleurs répondent ne pas disposer des informations soit parce que les équipages ne les ont pas informés soit parce que les mesures n'ont pas été réalisées.

La DGAC précise que «*ces ASR de ce type se retrouvent de façon récurrente, (essentiellement à Roissy) depuis plusieurs années et que la situation n'a guère évolué*» et que «*d'autres ASR ont été trouvés sur d'autres plateformes mais qu'aucune étude statistique n'a été réalisée pour comparer le taux de reports de ce type d'événements (nombre d'ASR rapporté au trafic) sur les différentes plateformes*».

A la suite des événements neigeux de décembre 2009 ayant conduit à l'émission d'un nombre important d'ASR, une concertation entre la DGAC et les différents exploitants concernés (ADP, SNA-RP et Air France) a commencé début 2010 pour essayer de remédier à ces situations. Certains points ont été précisés :

- ADP et SNA-RP ont indiqué que les comptes-rendus des équipages aux contrôleurs qui relatent du comportement de l'avion et/ou de l'adhérence de la piste utilisée, en fonction du ressenti de l'équipage, sont des données essentielles qui permettent d'identifier les évolutions de l'état de la piste. Ils constituent les informations les plus récentes disponibles en temps réel.
- ADP a précisé qu'il est impossible, avec les outils mis actuellement à la disposition des exploitants aéroportuaires, de fournir une information fiable sur l'épaisseur de contaminant, en particulier en cas de neige fondante, eau (information requise à 3 mm près) et qu'une telle mesure prend quasiment autant de temps qu'un déneigement.
- ADP a informé les compagnies aériennes par NOTAM du 24 décembre 2009 (valide jusqu'au 23 mars 2010) qu'en cas de neige ou de glace, l'état des pistes sera communiqué aux équipages par la diffusion de la nature des contaminants constatés et des coefficients de frottement mesurés au moyen d'un appareil de mesure du type IMAG. L'attention des équipages est attirée sur le fait que ces valeurs, mesurées sur des contaminants d'une autre nature que «neige compactée» ou «glace», ne peuvent être considérées comme des valeurs absolues.

Les actions suivantes ont été décidées par la DGAC :

- réactualisation de l'adressage des SNOWTAM, car certaines compagnies aériennes dont Air France ne les recevaient pas, et vérification de l'adressage chaque année en début d'hiver ;
- étude par ADP et SNA-RP de la mise en œuvre de procédures permettant de rafraîchir l'information plus souvent qu'elle ne l'est aujourd'hui ;
- étude par ADP du remplacement, en ce qui concerne les contaminants de type fluide (eau, neige fondante, neige mouillée, neige seiche), de la mesure de glissance par une mesure d'épaisseur de contaminant, en évaluant avec les parties concernés (SNA-RP, Compagnies aériennes et STAC) les meilleures pratiques envisageables pour mettre en œuvre ces mesures ;
- vérification par le STAC auprès d'exploitants étrangers pour savoir quelles sont les pratiques en ce qui concerne l'évaluation de l'épaisseur de contaminant et le rafraîchissement des informations compte tenu des contraintes opérationnelles.

1.12.2.4 Cartographie des risques du Programme de Sécurité de l'Etat

Les événements, liés à l'utilisation d'une piste contaminée pouvant aboutir au risque d'une «*sortie de piste*», ont été identifiés depuis 2007 et font partie de la cartographie des risques du plan d'action stratégique 2009-2013 du Programme de Sécurité de l'État comme «*risque surveillé*» mais ne devant pas «*faire l'objet de plan d'action de réduction des risques de la DGAC*».

Les facteurs causaux ou contributifs, déterminés par la DGAC, sont notamment :

- information à l'équipage sur la contamination non disponible ou inadaptée ;
- coordination des différents acteurs sur la plate-forme (services de la navigation aérienne, exploitant d'aérodrome, SSLIA, bureau de piste, etc.).

Sur le thème de la contamination de piste, une étude a été planifiée en 2008 dans le programme général des études de sécurité. L'étude traite des mesures d'adhérence opérationnelles et s'inscrit dans le cadre des travaux de l'AESA et de la participation de la DSAC à la «*Friction Task Force*» de l'OACI, groupe de travail mandaté pour élaborer une circulaire OACI sur le thème.

La DGAC a lancé en 2008 une réflexion sur les actions à mener pour traiter les problèmes constatés. Ces travaux sont réalisés en collaboration avec l'Union des Aéroports Français (UAF). Deux axes de travail sont identifiés :

- les éléments relatifs au type d'informations à fournir au pilote, concernant l'état de la piste, et sous quelle forme la donner, en prenant en compte les besoins opérationnels exprimés par les compagnies aériennes et la réglementation EU OPS ;
- la mise en place de la chaîne de décision en vue de la suspension éventuelle des opérations sur une piste en conditions météorologiques dégradées.

1.12.2.5 Plan Neige de Paris Charles de Gaulle

1.12.2.5.1 Généralités

Le manuel d'aérodrome d'ADP indique que «*l'unité CDGR est responsable de la mise en place d'un plan neige dont l'objet est de définir les missions, les responsabilités des divers acteurs appelés à rendre le service hivernal, les moyens mis en œuvre ainsi que les procédures de déneigement*».

Chaque année pour la période du 15 octobre au 15 avril, un plan neige est établi en concertation avec les autres parties prenantes (SNA-RP, unités opérationnels d'ADP, compagnies aériennes). Il s'appuie notamment sur l'Annexe 14 et sur le *Manuel des services d'aérodrome* (2^e partie).

Ce plan neige est détaillé dans le *Manuel Opérationnel du Processus* (MOPs) et ses annexes. Ce document est approuvé par ADP et SNA-RP. Il est communiqué à la DSAC dans le cadre de la certification de l'aérodrome. Pour la saison hivernale 2008-2009, il a été établi en septembre 2008.

Le manuel d'exploitation TWR/APP du SNA-RP fait état du plan neige et du MOPs. Il reprend l'ensemble des éléments du plan neige.

1.12.2.5.2 Processus

L'ensemble du processus est décrit dans le MOPs.

Le fonctionnement s'organise autour d'une «*cellule décisionnelle*» réunissant un représentant des différents acteurs du processus (SNA-RP, unité CDGR, autres unités d'ADP, compagnies aériennes⁽¹⁶⁾, Météo France). Au regard des prévisions météorologiques délivrées par Météo France et des informations météorologiques collectées sur «*Previmeteo.com*», la cellule décisionnelle dimensionne et organise une phase de pré-alerte, en définissant un personnel mobilisé et le matériel à mettre en œuvre. La cellule émet un message journalier «*Neige Verglas Dégivrage*» (NVD) pour préciser les mesures mises en place.

⁽¹⁶⁾Dans les faits, seule la compagnie Air France a participé à ce processus lors de l'événement.

En cas d'évènement significatif prévu, la cellule décisionnelle décide de l'ouverture du PC neige. Ce PC neige est composé des mêmes représentants que la cellule décisionnelle et a pour mission de coordonner en temps réel les opérations et d'ajuster les prises de décisions en concertation avec les différents acteurs. Il informe le SNA-RP par fax des éléments suivants :

- le type de déverglaçant utilisé sur les pistes (afin de diffuser l'information sur l'ATIS),
- de la stratégie et de l'ordre de traitement des pistes.

Note : ADP et le SNA-RP ont indiqué que, le jour de l'accident, les informations concernant le type de déverglaçant et la nature du traitement ont été transmises par téléphone par le PC neige.

Le PC neige communique en outre au chef de quart sol et à la Tour les informations nécessaires à l'établissement du SNOWTAM (nature et épaisseur de contaminant ainsi que le CFL sur les pistes).

Le MOPs définit également les missions des autres acteurs. Ainsi, l'unité opérationnelle des aires aéronautiques (CDGR) :

- « fournit régulièrement et, à chaque changement d'état, les informations au PC neige,
- indique à la Tour la nature du contaminant sur les pistes,
- contrôle l'état de l'aire de manœuvre, diffuse vers le SNA-RP les informations concernant l'évaluation de l'épaisseur (SSLIA) et du type de contaminant (PCR), ainsi que les résultats par tiers de piste concernant la glissance sur les pistes (SSLIA avant déneigement) ».

De son côté, conformément au MOPs, le SNA-RP :

- « assure l'exploitation de la Circulation Aérienne sur l'aire de manœuvre. A ce titre, il fixe en collaboration avec l'ensemble des partenaires l'ordre chronologique des opérations et en établit les urgences,
- assure l'information aéronautique réglementaire des usagers via les fréquences Tour et l'ATIS,
- assure la diffusion et la mise à jour des informations relatives à la présence de contaminant sur l'aire de manœuvre par SNOWTAM, message aux compagnies basées, transmission à la Météo des éléments nécessaires à la diffusion des METAR ».

Le Centre Météorologique de Roissy :

- « établit régulièrement des prévisions Neige/Verglas qu'il adresse à chaque actualisation à l'ensemble des services abonnés et notamment aux services de la navigation aérienne de la région parisienne et à l'unité opérationnelle CDGR, durant la période hivernale,
- tient régulièrement informés les différents PC et cadres d'astreinte des évolutions du phénomène météorologique, en situation établie ou attendue de neige et verglas ».

Note : il n'est pas prévu de tâche particulière pour les compagnies aériennes.

1.12.2.5.3 Procédure « traiter la neige sur les aires de manœuvre »

Le MOPs précise que, « dès les premières chutes de neige, il est nécessaire de mettre en œuvre tous les moyens » pour effectuer le déneigement des aires de manœuvre. Le pré-positionnement des moyens et les circuits qu'ils doivent effectuer sont détaillés dans le MOPs.

Traitement préventif

Le traitement préventif est un moyen d'action récent utilisé par ADP dans le cadre du plan neige. Il s'agit d'épandre des déverglaçants sur les surfaces.

La fiche « stratégie traitement préventif » du MOPs (voir annexe 13) précise les stratégies à adopter selon les situations météorologiques. En cas de prévision de précipitations de neige, lorsque la température de l'air ou la température du sol est strictement inférieure à 0 °C, la stratégie préventive consiste à réaliser un épandage à 20 g/m² sur les pistes 3 heures avant l'arrivée du phénomène.

Des traitements préventifs ont été réalisés lors des saisons hivernales 2006/2007 et 2007/2008. ADP a indiqué que ces traitements ne s'étaient pas toujours révélés efficaces. Cependant, au fil des expériences, ADP a élaboré les éléments figurant dans la fiche «*stratégie traitement préventif*». ADP considère que ces éléments doivent évoluer en fonction de l'expérience acquise et de l'état des connaissances. ADP précise que des échanges d'information ont lieu avec les responsables des aéroports d'Heathrow et de Berlin qui utilisent couramment le traitement préventif. Toutefois, ADP indique qu'il est difficile de s'appuyer sur l'expérience des gestionnaires d'aérodromes étrangers, compte tenu des différences entre les produits utilisés et des particularités des contraintes météorologiques et environnementales de chaque aérodrome.

Déverglaçant

Le déverglaçant utilisé par ADP est du CAP SAFEGRIP FR. Il s'agit d'un liquide à base de formiate de potassium. La fiche technique (voir annexe 14) de ce produit indique qu'il «*fait fondre rapidement la neige et le verglas sur les pistes des aéroports*» et qu'il peut être utilisé pour des «*traitements préventifs et curatifs*». Cette fiche précise également différents taux d'épandage à titre indicatif, notamment :

- en «*préventif*» et pour «*une température comprise entre 0 °C et 5 °C*», un taux d'épandage de 20 g/m² sur une surface sèche et de 25 g/m² sur une surface humide ;
- en «*curatif*», après avoir dégagé et balayé la piste en cas de «*grosses épaisseurs de neige*» et pour «*une température comprise entre 0 °C et 5 °C*», un taux d'épandage de 40 g/m² en cas de neige.

Il est également précisé que «*l'intensité des pluies peut entraîner une dilution rapide du produit*». Les performances du produit, notamment la durée de son action en fonction des conditions météorologiques, ne sont pas précisées.

Le MOPs exige que le déverglaçant réponde à la norme AMS 1435 (Fluid, Generic Deicing/Anti-Icing Runways and Taxiways), ce qui est le cas du CAP SAFEGRIP FR, et que la performance du produit doit être contrôlée une fois par saison. ADP a indiqué que seul le point de congélation du produit était vérifié.

Surveillance de l'état de surface de la piste

La Procédure «*Traiter la neige sur les aires de manœuvre*» ne précise pas, en cas de traitement préventif, comment suivre l'évolution de la situation. A titre de comparaison, la Procédure «*Traiter la pluie verglaçante*» définie dans le MOPs prévoit notamment de :

- débuter l'application du traitement au formiate de potassium 3 heures avant l'heure prévue des précipitations,
- suivre l'évolution du point de congélation à l'aide du système AWIS et anticiper un nouvel épandage curatif si la courbe du point de congélation tend à rejoindre celle des températures du sol.

Note : la mesure de CFL ne peut être validée sans la connaissance de l'état réel de la surface des pistes (voir 1.11.6.1).

1.12.2.5.4 Mesure de glissance

Le MOPs prévoit une mesure de glissance (mesure des coefficients de frottement) systématique à l'issue d'un déneigement. Selon l'état de la surface, cette mesure se fait à 40 km/h ou 65 km/h.

Selon le manuel d'exploitation TWR/APP du SNA-RP, le Chef de Tour demande une mesure de glissance au PCR dès que des phénomènes glissants sont signalés par les pilotes ou en cas de changement significatif de l'état des pistes (amélioration ou dégradation). Cette mesure est réalisée par le SSLIA et implique une fermeture de la piste de dix minutes.

Les résultats de mesures du CFL sont annoncés par le PCR/SSLIA par radio. Le Chef de Tour transmet ces résultats :

- aux équipages via les fréquences de contrôle et l'ATIS,
- à Météo France qui les diffuse sous une forme codifiée en fin de METAR.

1.12.2.5.5 Mesure de nature et de la hauteur de contaminant

Cette mesure est détaillée dans le MOPs. Le manuel d'exploitation TWR/APP du SNA-RP indique qu'elle est réalisée à la demande du Chef de Tour. Cette mesure implique une fermeture de la piste de vingt minutes. Il n'est pas possible d'effectuer simultanément une mesure de glissance et une mesure de nature/hauteur de contaminant. Le Chef de Tour transmet les résultats de la mesure aux équipages et à Météo France. Le bureau de piste les diffuse par SNOWTAM.

1.12.2.5.6 Fermeture d'une piste

Le MOPs précise que la décision de fermer une piste relève du représentant du SNA-RP, soit à son initiative soit sur proposition de CDGR lorsqu'il devient impossible de maintenir en état d'utilisation une piste et ses voies associées. Après concertation entre les différents acteurs du plan neige, si la situation climatique établie est confirmée par les prévisions de Météo France et si les moyens de déneigement mis en œuvre ne peuvent plus assurer le maintien en service des quatre pistes, elles peuvent être toutes fermées simultanément.

Un compte rendu de réunion, à laquelle participaient la DSAC, ADP, le SNA-RP et le STAC, confirme qu'ADP est soumis à des très fortes pressions des compagnies aériennes pour maintenir des capacités élevées de trafic aérien qui ne leur permettent pas d'effectuer autant d'inspections de piste qu'il le souhaiterait car ces inspections nécessitent la fermeture de la piste. SNA-RP a confirmé ces pressions lors d'un entretien avec le BEA.

1.12.2.6 ATIS

Outre certaines informations relatives aux conditions d'exploitation, informations opérationnelles et météorologiques ainsi que les phénomènes particuliers, le manuel d'exploitation TWR/APP du SNA-RP précise que «*les informations sur l'état des pistes*» traitent :

- des conditions significatives à la surface de la piste et s'il y a lieu l'efficacité de freinage,*
- de la nature du décontaminant utilisé.*

Le manuel précise en outre que le système Interface de Saisie de l'ATIS (ISATIS) permet de saisir les informations nécessaires à la diffusion de l'ATIS. Les informations sur l'état des pistes sont sélectionnées à partir des caractéristiques figurant dans les 2 tableaux suivants :

FERME(E)	POUR CAUSE DE TRAVAUX
MOUILLE(E)	ENTRE VOIE ##### ET VOIE #####
HUMIDE	1/3 ####MM 2/3 ####MM 3/3 ####MM ☺
INNONDE(E)	1/3 0,## 2/3 0,## 3/3 0,##
DENEIGE(E)	AVEC DU FORMIATE DE POTASSIUM
DEGIVREE CHIMIQUEMENT	AVEC DU FORMIATE DE SODIUM
COEF. FROTTEMENT ☺	NEIGE
COUVERTE DE	NEIGE SECHE
COUVERT DE	NEIGE MOUILLEE
COUVERTE D'	NEIGE COMPACTEE
COUVERTE DE	NEIGE FONDANTE
COUVERTE DE PLAQUE DE	GLACE
COUVERT DE PLAQUE DE	GLACE RECOUVERTE DE NEIGE
EPAISSEUR MOY NEIGE	ORNIERES OU SILLONS GELES
ASDA #### M	CONGERES
	GIVRE OU GELEE BLANCHE
	TODA #### M

La piste n'a pas été «*dégivrée chimiquement avec du formiate de potassium*» comme l'ATIS le signalait mais a été traité préventivement avec du formiate de potassium. On constate que le système ISATIS ne permet pas de décrire une piste dont la surface a été traitée préventivement.

1.12.3 Compagnie aérienne Air Méditerranée

1.12.3.1 Généralités

Air Méditerranée est une compagnie aérienne charter moyen courrier fondée en 1997 et basée à l'aéroport de Tarbes-Lourdes-Pyrénées. Elle opère ses vols principalement au départ de Paris, Lyon et Nantes. Elle exploite 1 Airbus 320-200, 4 Airbus A321-100 et 3 Airbus A321-200. Elle réalise ses vols charter à destination principalement de l'Europe et de l'Afrique.

1.12.3.2 Procédures d'exploitation

1.12.3.2.1 Généralités

Air Méditerranée demande à ses équipages d'Airbus A321 de majorer la Vapp de 3 kt dans le cadre d'une prévention des touchers de fuselage à l'atterrissement.

Les procédures normales, définies dans le MANEX et le FCOM, prévoient que le PF positionne les manettes de poussée sur IDLE REVERSE au toucher du train principal. Le PNF vérifie sur l'ENGINE WARNING DISPLAY (E/WD) l'apparition du voyant vert REVERSES et sur le SYSTEM DISPLAY (SD) la sortie des destructeurs de portance. Il annonce «*REVERSES verts*» et «*SPOILERS verts*» dans l'ordre de leur apparition. Lorsqu'il entend «*REVERSES vert*», le PF positionne les inverseurs de poussée sur MAX REVERSE. Lorsque le PNF annonce «*80 kt*», le PF positionne les manettes de poussée sur IDLE REVERSE.

Il est recommandé également dans le MANEX et le FCOM d'utiliser les inverseurs de poussée sans délais après l'atterrissement, alors que la vitesse est élevée, afin de bénéficier de leur meilleure efficacité de décélération. Après la sélection des inverseurs de poussée, un atterrissage complet doit être effectué.

Il est indiqué dans le FCTM que, lorsque la réglementation de l'aérodrome restreint l'usage des inverseurs poussée, les manettes de poussée doivent être positionnées et maintenues sur IDLE REVERSE jusqu'à la vitesse de roulage.

Air Méditerranée a indiqué avoir précisé dans son bulletin de sécurité des vols de décembre 2008 sa position concernant l'utilisation des inverseurs de poussée lors des atterrissages. Toutefois, l'exploitant n'a transmis aux enquêteurs que la page 44 du bulletin, relative à une note adressée au président du Syndicat des compagnies aériennes autonomes (SCARA) sur l'utilisation des inverseurs de poussée. Il est indiqué que « *l'usage des inverseurs de poussée n'est plus indispensable systématiquement compte tenu de l'évolution technique des aéronefs et que le bruit doit être dans la mesure du possible ainsi évité. Néanmoins, il convient de savoir que le commandant de bord peut, à tout moment, sur sa seule décision, s'assurer de la possibilité d'utiliser totalement ou partiellement les inverseurs de poussée, nonobstant les règlements locaux et les pratiques conseillées* ».

1.12.3.2.2 Procédures normales sur piste mouillée ou contaminée

Air Méditerranée a défini les procédures suivantes sur piste mouillée ou contaminée :

- « *effectuer une approche à la vitesse normale,*
- « *après un bref arrondi, poser l'avion franchement,*
- « *dès que les trains principaux ont touché le sol, sélectionner IDLE REVERSES, amener le train avant en contact avec le sol et sélectionner la poussée maxi reverse,*
- « *si nécessaire, la pleine poussée peut être conservée jusqu'à l'arrêt complet de l'avion* ».

L'utilisation de l'AUTOBRAKE est recommandée par l'exploitant, afin d'assurer un freinage symétrique. Le niveau MED est recommandé pour les pistes courtes ou contaminées. En outre, en cas de piste contaminée « *l'utilisation de l'AUTOBRAKE en mode LOW ou MED est autorisée à condition que le contaminant soit réparti de manière uniforme* ». Il est précisé que l'AUTOBRAKE, sur les pistes contaminées, assure « *un roulement à l'atterrissement droit et améliore la distance d'atterrissement à condition que la contamination soit répartie de manière uniforme* ».

Le manuel d'exploitation fournit également un tableau de consignes associées pour entreprendre un atterrissage en fonction de l'état de la piste. (voir ci-après).

ETAT DE LA PISTE
INONDEE STANDING WATER
NEIGE FONDUE SLUSH
NEIGE MOUILLEE WET SNOW
NEIGE SECHE DRY SNOW
NEIGE COMPACTE COMPACTED SNOW
GLACE
- f > 0.25 - freinage MOYEN ou BON - CODE SNOWTAM = 2 à 5
GLACE (type verglas) - f ≤ 0.25 - freinage FAIBLE ou INDEFINI - CODE SNOWTAM = 1 ou 9

EPAISSEUR	
> 13 mm (1/2 inch)	≤ 13 mm (1/2 inch)
> 13 mm (1/2 inch)	≤ 13 mm (1/2 inch)
> 25 mm (1 inch)	≤ 25 mm (1 inch)
> 50 mm (2 inch)	≤ 50 mm (2 inches)
	Quelle que soit l'épaisseur
	Quelle que soit l'épaisseur
Quelle que soit l'épaisseur	

CONSIGNES



INTERDIT AUTORISE

1.12.3.2.3 Consignes relatives à la remise des gaz

Une procédure de remise des gaz est définie dans le FCOM et le QRH d'Air Méditerranée. Lors d'une approche ILS, la décision de continuer ou de remettre les gaz intervient à la hauteur de décision ou à l'altitude minimale de décision.

1.12.3.2.4 Procédure d'atterrissement interrompu

Cette procédure est définie dans le FCTM d'Air Méditerranée.

«Un atterrissage interrompu est défini comme une manœuvre de remise des gaz en dessous des minima. Une fois la décision prise d'interrompre l'atterrissement, l'équipage doit procéder à la manœuvre de remise des gaz et ne pas tenter de réduire les manettes de poussée par une prise tardive de décision d'effectuer l'atterrissement.

Les manettes de poussée doivent être placées dans le cran TOGA, une rentrée retardée des volets doit être prise en compte.

Si l'avion est sur la piste lorsque la poussée est appliquée, une alarme CONFIG peut être générée si les volets sont en position FULL. Le train doit être rentré lorsque l'avion est en montée effective sans risque de toucher la piste. Effectuer une montée conforme à une remise des gaz standard.

Dans tous les cas, si l'action des inverseurs de poussée est effective, un atterrissage complet doit être réalisé.»

1.12.3.2.5 Procédure en cas de perte de freinage

Lorsque l'AUTOBRAKE a été sélectionné, il est recommandé d'appuyer sur les pédales de freins. Si le freinage est inopérant, il est recommandé de positionner les manettes de poussée sur MAX REVERSE, de relâcher les pédales de freins avant de passer l'interrupteur A/SKID (anti-patinage) & N/W STRG (nose wheel steering) sur arrêt puis d'appuyer sur les pédales de freins avec précaution jusqu'à une pression maximale de 1000 PSI. Si le freinage demeure inefficace, le frein de parking doit être actionné par actions courtes et successives.

1.12.3.2.6 Nuisances sonores

Il y a quelques années, certains aéroports européens et celui de Nice-Côte d'Azur avaient envisagé d'interdire l'utilisation des inverseurs de poussée. Cette disposition n'a pas vu le jour en raison de la position contraire de l'ACNUSA (Autorité de Contrôle des Nuisances Sonores Aéroportuaire en France) et de l'OACI.

⁽¹⁷⁾Décret n° 2001-1051 du 28 septembre 2004 relatif à l'introduction de restrictions d'exploitation liées au bruit sur certains aérodromes et modifiant le code de l'aviation civile.

La section 3 de l'Article R.227-7⁽¹⁷⁾ du Code de l'aviation civile, précise que «des restrictions d'exploitation peuvent être imposées par Arrêté du ministre chargé de l'aviation civile sur les aérodromes visés au I de l'Article 1609 quater-vicies A du code général des impôts». Ces restrictions sont établies aérodrome par aérodrome. Sur les aérodromes de Toulouse-Blagnac, Lyon Saint Exupéry, Bâle-Mulhouse (piste 16), il est indiqué que : «A l'atterrissement, les inverseurs de poussée et les inverseurs de pas des hélices ne peuvent être utilisés au-delà du ralenti que pour des raisons opérationnelles et de sécurité». Cette limitation s'applique H24 sur Toulouse-Blagnac et entre 22 h 00 et 6 h 00 pour les autres aérodromes. On constate ainsi une disparité entre les mesures adoptées.

Note : la Direction de l'aviation civile centre-est (DAC-CE) a relevé 2 manquements d'Air Méditerranée (les 24 juillet 2008 et 26 juillet 2008) ayant trait à un dépassement du seuil de bruit lié à l'utilisation des inverseurs de poussée. Ces 2 manquements ont été classés en juin 2009 en «manquement non constitué». Air Méditerranée a fait également état d'une infraction notifiée par l'aéroport de Palma de Majorque pour un usage des inverseurs de poussée le 5 juillet 2008.

Aucune consigne relative à l'utilisation des inverseurs de poussée n'est en vigueur sur l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle.

1.13 Renseignements supplémentaires

1.13.1 Chronologie des opérations au sol concernant les pistes de Paris Charles de Gaulle

Cette chronologie a été établie à partir des mains courantes du PC neige, de l'UO neige et du chef de tour, du compte rendu du SSLIA ainsi qu'à partir des informations du système AWIS.

A 11 h 30, la cellule décisionnelle organise une audioconférence. Les prévisions météorologiques (aérogrammes de Météo France) font état :

- de précipitations continues de neige d'intensité faible avec une forte probabilité de 22 h 00 à 5 h 00 le 9 février 2009,
- de glace au sol avec une faible probabilité de 0 h 00 à 8 h 00 le 9 février 2009.

Au vu de ces prévisions, la cellule décide de rendre disponible l'ensemble des moyens (astreinte du personnel et consigne des matériels) et prévoit :

- l'ouverture de l'UO neige à 20 h 00,
- l'ouverture du PC neige à 20 h 30,
- l'ouverture des aires de dégivrage,
- l'émission du message NVD (émis à 12 h 20).

On note ensuite le déroulement suivant des opérations

Heure	Événement	Remarque
19 h 00	ouverture de l'UO neige	
19 h 15	ouverture du PC neige	
19 h 30	audioconférence de la cellule décisionnelle	la réunion a pour objet de préciser l'événement météorologique et la stratégie à adopter. Un traitement préventif des pistes par du formiate de potassium à une concentration de 20 g/m ² est évoqué
20 h 00	inspection doublet sud	aucune anomalie relevée
20 h 10	décision par le PC neige d'un traitement préventif	l'IPO est contacté par le PC neige pour organiser un traitement préventif des pistes. Le traitement du doublet sud est décidé à partir de 21 h 00
20 h 15	inspection doublet nord	aucune anomalie relevée
21 h 06	début du traitement préventif du doublet sud	<ul style="list-style-type: none"> • début des précipitations de pluie vers 21 h 00 • Utilisation du formiate de potassium à une concentration de 20 g/m²
21 h 30	fin du traitement du doublet sud	réouverture à 21 h 32
21 h 30	programmation traitement préventif du doublet nord à partir de 21 h 50	
21 h 36	début des précipitations neigeuses avec de gros flocons	précipitations neigeuses détectées par les sondes AWIS
21 h 55	début du traitement préventif du doublet nord	utilisation du formiate de potassium à une concentration de 20 g/m ²
22 h 15	fin du traitement du doublet nord	réouverture à 22 h 20, exploité en mode « banalisé ⁽¹⁸⁾ » à partir de 22 h 30 : <ul style="list-style-type: none"> - piste 27L ouverte - piste 27R fermée
22 h 30	début des températures négatives, observation généralisée de verglas par l'UO (unité opérationnelle) neige	le PC neige confirme que le traitement au formiate de potassium à une concentration de 20 g/m ² est adapté
23 h 26	déclenchement de l'alerte verte	sortie de piste du F-GYAJ et fermeture de la piste 08R/26L
0 h 10	mesure de glissance (mesure du coefficient de frottement) de la piste 08R/26L	la mesure donne 0,46 – 0,38 – 0,36 (0,46 au seuil 08R)
0 h 30	mesure de glissance du doublet nord	les mesures donnent : <ul style="list-style-type: none"> • pour la piste 09L/27R : 0,63 – 0,61 – 0,60 (0,63 au seuil 09L), • pour la piste 09R/27L : 0,51 – 0,68 – 0,72 (0,51 au seuil 09R)
0 h 34	programmation de la fermeture du doublet nord pour un traitement des deux pistes à partir de 1 h 10	

⁽¹⁸⁾Ce mode indique qu'une seule piste du doublet est utilisée.

Heure	Événement	Remarque
1 h 51	mesure de glissance sur la piste 09R/27L après le traitement	les mesures donnent : 0,80 – 0,74 – 0,72 (0,80 au seuil 09R)
2 h 00	mesure de glissance piste 09L/27R	<ul style="list-style-type: none"> les mesures donnent : 0,71 – 0,68 – 0,70 (0,71 au seuil 09L) réouverture du doublet nord à 2 h 07
3 h 45	mesure de glissance sur la piste 08L/26R après balayage de la piste (débuté à 3 h 09)	<ul style="list-style-type: none"> les mesures donnent : 0,67 – 0,62 – 0,68 (0,67 au seuil 0,67), réouverture de la piste 08L/26R à 4 h 36

1.13.2 Compte-rendu de l'équipage

L'équipage explique qu'au niveau de Bordeaux, l'émission VOLMET indiquait la présence de neige légère sur Paris Charles de Gaulle. Avant la descente, il a écouté l'information X puis Y de l'ATIS qui mentionnait des précipitations de neige légère mais pas de contamination des pistes. Lors du briefing arrivée, il a prévu un atterrissage avec l'AUTOBRAKE sur MED (piste non sèche envisagée) et l'utilisation des inverseurs de poussée à l'atterrissage. Pendant la descente, il a constaté de fortes précipitations de neige en gros flocons. L'avion était stabilisé à 1 500 ft en finale 26L. Lors de la finale ILS, la Vapp de 146 kt était proche de la Vls et les pilotes ont constaté des battements de vitesse. L'équipage a décidé de ne pas majorer la Vapp, étant donné que cette vitesse avait déjà été majorée de 3 nœuds conformément aux consignes de la compagnie. L'équipage a vu la piste vers 300 ft. La piste était totalement recouverte de neige et d'abondantes chutes de neige en gros flocons ont perturbé les dernières secondes de vol. Les marquages au sol sur la piste n'étaient pas visibles. L'avion est passé au-dessus du plan de descente, le PAPI indiquant 3 lumières blanches puis 4. Une remise des gaz n'a pas été envisagée. Après une descente lente, l'atterrissage s'est effectué en douceur. Les annonces «*SPOILERS verts*» et «*REVERSES verts*» ont été faites. Le voyant DECEL s'est allumé ponctuellement. Le copilote a annoncé «*NO DECEL*» et a supposé que le commandant de bord était passé en freinage manuel. Après le toucher des roues, le commandant de bord a entendu l'annonce «*NO DECEL*». Il a laissé les manettes de poussée sur IDLE. Il a constaté que l'avion ne décélérerait pas et n'a pas mis la pleine poussée pour tenir compte des procédures en vigueur concernant la réduction des nuisances sonores à Paris Charles de Gaulle. Observant que l'avion ralentissait difficilement, le commandant de bord a décidé de freiner manuellement et d'appliquer la pleine poussée sur les inverseurs de poussée. Il a ensuite décidé de sortir via la dernière voie de circulation, V1, jugeant la vitesse trop importante pour sortir par la voie de dégagement à grande vitesse V2. L'avion roulait à environ 50 kt lorsqu'il a abordé la voie de circulation V1. L'avion a alors dérapé et s'est immobilisé dans l'herbe.

L'équipage estime que l'épaisseur de neige sur la piste et la voie de circulation V1 était de 2 à 3 centimètres, ce qui rendait la surface particulièrement glissante. Il a également précisé qu'aucun élément ne lui permettait d'avoir conscience et d'anticiper une telle situation en adoptant une autre stratégie, à savoir un atterrissage sur une piste plus longue et l'application de la pleine poussée sur les inverseurs de poussée.

Les pilotes n'ont à aucun moment pensé que la piste pouvait être contaminée, compte tenu de l'absence de message relatif à une contamination et que l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle dispose de nombreux moyens pour faire face à ce type de situation. L'équipage a également indiqué qu'il était sensibilisé par la compagnie à ne pas utiliser les inverseurs de poussée en MAX REVERSE en raison des nuisances sonores qui ont entraîné des amendes notamment à Lyon Saint Exupéry.

Les 2 pilotes ont indiqué ne pas avoir connaissance de la procédure d'atterrissage interrompu.

L'équipage n'a pas fait état de calculs, lors de la préparation du vol, relatifs à la distance requise à l'atterrissage sur l'aérodrome de destination et de dégagement pour la masse d'atterrissage prévue.

1.13.3 Compte-rendu de l'équipe de contrôle

La tour de contrôle centrale était armée de 8 contrôleurs et d'un expert opérationnel en raison du plan neige. De nuit, les 2 autres tours (nord et sud) sont fermées. Le suivi de la météorologie par les contrôleurs de la tour est réalisé à l'aide de 2 écrans (ASPOC et CANARI), présents à la tour de contrôle. Les contrôleurs expliquent que seules de faibles chutes de neige étaient prévues. Il n'est pas possible de déterminer les conditions de la surface des pistes depuis la tour de nuit. Les contrôleurs précisent que, généralement, les équipages leur signalent les phénomènes particuliers sur les pistes et qu'ils en rendent compte au PC d'ADP afin qu'une mesure de glissance soit entreprise. Aucun avion n'a signalé une contamination quelconque des pistes avant l'atterrissage du F-GYAJ.

Le contrôle n'a pas proposé la piste 26R à l'équipage du F-GYAJ, considérant qu'il appartient aux équipages de demander l'utilisation de cette piste pour l'atterrissage (avion lourd généralement).

1.13.4 Témoignages des pompiers et des gendarmes

Les pompiers et les gendarmes indiquent qu'après l'évènement ils ont constaté que la voie de circulation V1 et le seuil 08R étaient recouverts de neige fondue (neige fondante).

2 - ANALYSE

2.1 Scénario de la sortie de piste

2.1.1 Au stade de la préparation du vol

Les éléments météorologiques disponibles au départ de Dakar ne laissaient entrevoir que des précipitations de pluies et de neige mêlées avec une évolution vers des chutes de neige d'intensité faible et des températures positives. Compte tenu de ces éléments, le dossier de vol ne faisait pas apparaître de limitations à l'atterrissement et l'équipage s'attendait à un atterrissage sur une piste non sèche.

2.1.2 En croisière, descente et approche

L'équipage s'enquiert de la météorologie sur Paris Charles de Gaulle alors qu'il évolue au niveau de Bordeaux. Puis, avant la descente, il écoute l'ATIS de Paris Charles de Gaulle. Ces informations indiquent que les chutes de neige, d'intensité faible, ont débuté plus tôt que prévu, que les pistes ont été dégivrées et que la température est légèrement positive. L'équipage en déduit que la piste 26L devait être humide et décide, pour tenir compte des chutes de neige, de sélectionner le freinage automatique sur MEDIUM. En l'absence de contaminant annoncé sur la piste, il ne vérifie pas les distances d'atterrissement en fonction d'un type de contaminant et de son épaisseur (eau, neige fondante, neige compacte ou glace).

Lors du briefing avant descente, l'équipage mentionne cette stratégie, sans précision sur l'utilisation des inverseurs de poussée. L'approche est conduite avec l'ATHR en mode SPEED managée (+ 3 kt). L'équipage constate à plusieurs reprises que les chutes de neige sont plus intenses qu'annoncées, avec de gros flocons. Il ne modifie pas sa stratégie, considérant notamment que les pistes sont dégivrées et que le gestionnaire de l'aérodrome a pris les dispositions nécessaires. L'approche est poursuivie et stabilisée.

2.1.3 Atterrissage

A l'altitude de décision, l'équipage aperçoit la piste recouverte de neige alors que l'ATIS ne l'indique pas. Il décide de poursuivre l'atterrissement sans toutefois envisager d'effectuer une remise des gaz.

Le PF éprouve des difficultés à gérer son plan de descente en courte finale et lors de l'arrondi en raison de la réflexion de la lumière des phares sur les flocons de neige. Un atterrissage interrompu n'est toujours pas envisagé par l'équipage.

L'avion passe le seuil de piste à 85 ft, l'arrondi est long et le toucher doux. La présence de neige sur le marquage au sol gêne les pilotes pour évaluer leur position relative sur la piste. Un atterrissage interrompu restait encore possible à ce moment.

Juste après le toucher des roues, le PF a positionné les manettes de poussée sur IDLE REVERSE mais ne les a pas placées sur MAX REVERSE comme le prévoit la procédure d'atterrissement. Le positionnement sur MAX REVERSE se justifiait d'autant plus que la piste était recouverte de neige et que l'équipage n'avait pas conscience de l'endroit exact de toucher des roues.

Il semblerait que les restrictions sonores qui conditionnent leur utilisation sur certains aérodromes ainsi que les consignes de la compagnie qui demande à ses équipages de respecter ces restrictions, aient conditionné l'équipage à ne pas utiliser les inverseurs de poussée. Il n'existe pourtant aucune restriction sur l'utilisation des inverseurs de poussée à Paris Charles de Gaulle.

L'annonce orale « *NO DECEL* » par le PNF qui indiquait que la décélération de - 0,30 g de l'avion n'était pas atteinte n'a pas entraîné de réaction du CDB. Elle incitait à agir en appliquant la pleine poussée sur les inverseurs de poussée et/ou en freinant manuellement. Cette information n'a pas été prise en compte par l'équipage qui est resté dans son projet d'action initiale d'atterrir sur une piste non contaminée. Le risque d'une sortie longitudinale de la piste n'a pas été détecté par l'équipage qui est resté sur une situation habituelle où le système de freinage automatique arrête efficacement l'avion.

Ce dernier se trouve alors à environ 350 m de l'extrémité de la piste quand le CDB, voyant les balises lumineuses d'extrémité, décide de positionner les manettes de poussée sur MAX REVERSE.

Il apparaît également que la synergie de l'équipage n'a pas fonctionné pour remettre en question la stratégie initiale depuis l'approche finale jusqu'au roulement à l'atterrissement.

Les performances de freinage attendues n'ont pas été atteintes en raison de la présence sur les 900 derniers mètres de la piste 26L d'un engommage important, associé à de la neige fondante. Les conditions d'adhérence dans cette partie de la piste étaient proches de celles observées sur une piste recouverte de glace, notamment au niveau des 500 derniers mètres de la piste.

Ainsi, ni le positionnement des manettes de poussée sur MAX REVERSE et le freinage manuel ni aucune autre action qui aurait été entreprise dans les 900 derniers mètres ne permettaient d'éviter la sortie de piste.

2.2 Gestion de la plateforme

2.2.1 Stratégie du PC neige

Le PC neige a fait procéder à un traitement préventif des pistes en s'appuyant sur la fiche figurant en annexe du MOPs et sur les prévisions des MAA. Il semble toutefois que les consignes, définies dans le MOPs, n'étaient pas considérées comme définitives mais plutôt évolutives dans le cadre du plan neige 2008/2009 et soulignent le manque de pratique dans ce domaine ne lui permettant pas d'avoir une parfaite connaissance de l'efficacité du produit de dégivrage. Ainsi, l'épandage à 20 g/m² du produit SAFEGRIP FR, dont les performances ne sont pas explicitées dans la notice d'utilisation, n'a pas permis à la neige qui tombait de fondre entièrement sur les pistes. La méconnaissance des performances du produit ne garantissait donc pas une protection efficace des pistes. Dans ce contexte, seul un suivi précis en temps réel de l'évolution de l'état de la surface permettait de s'assurer de la pertinence de cette stratégie.

2.2.2 Suivi de l'état de la piste

A l'issue du traitement préventif, les différents intervenants ont suivi l'évolution de la situation météorologique. Les intervenants se sont basés sur les informations des sondes du système AWIS et des METAR qui n'alertaient pas sur la présence éventuelle de dépôts de glace. Les intervenants ont vraisemblablement considéré que les pistes ne présenteraient qu'une surface mouillée compte tenu des chutes de neige d'intensité faible annoncées par la météorologie et du traitement préventif récent.

Les informations de certains intervenants au sol, qui ont indiqué à 21 h 36 des précipitations neigeuses avec de gros flocons puis à 22 h 30 des températures négatives et un verglas généralisé, n'ont pas été prises en considération. Malgré la méconnaissance de l'efficacité du produit, aucune inspection de piste n'a été déclenchée.

Une fois le formiate de potassium parvenu à saturation, la neige s'est accumulée sur les pistes. Les techniques d'utilisation du produit étaient par conséquent inadaptées au renforcement des précipitations et à la baisse de température.

Le MOPs comporte uniquement des actions préventives lorsque des chutes de neige sont prévues. Aucune action de suivi n'est définie une fois que la neige tombe effectivement alors qu'il en existe dans le cas de pluies verglaçantes (système expérimental AWIS). C'est pourquoi lorsque les chutes de neige se sont produites, les responsables ont basé la surveillance sur le système AWIS et le retour d'information de la TWR.

Aucune inspection régulière de piste, seul véritable moyen de constater une éventuelle contamination notamment de nuit, n'a été effectuée. Compte tenu du trafic aérien relativement faible à ce moment de la nuit, cette opération pouvait être réalisée et même répétée. Elle aurait permis de détecter la contamination de la piste. L'Arrêté du 6 mars 2008 précise qu'en cas de doute sur l'état de l'aire de manœuvre, des inspections partielles supplémentaires sont effectuées. Mais les intervenants ont indiqué qu'ils n'avaient aucun doute sur l'état réel de la piste 08R/26L en raison de l'application du traitement préventif conjugué à l'absence de comptes rendus équipages.

Toutefois, les équipages n'ont pas nécessairement l'initiative de mentionner de telles informations sur l'état des pistes, d'autant qu'ils n'utilisent généralement que les 2 premiers tiers des pistes au décollage comme à l'atterrissement. Cette méthode d'évaluation de l'état d'une piste reste peu fiable et ne peut venir qu'en complément aux inspections de piste déclenchées par ADP en liaison avec les contrôleurs.

Cette accumulation de neige a évolué de manière plus importante sur les pistes dédiées à l'atterrissement qu'au décollage en raison de l'effet du souffle des réacteurs. En outre, l'absence d'atterrissement sur la piste 26L durant les 37 minutes précédent l'accident a également favorisé l'accumulation de neige et son évolution en neige fondante.

2.2.3 Déclenchement des inspections de piste

Le décret n° 2005-828 du 20 juillet 2005 exige qu'ADP : « surveille l'état de la piste et de ses abords et inspecte l'aire de manœuvre selon la périodicité et dans les conditions techniques prévues par la réglementation ainsi que sur demande du prestataire de services de navigation aérienne » et « tient informé sans délai le prestataire de services de navigation aérienne de tout événement modifiant ou rendant indisponible tout ou partie des aires de mouvement. »

Par ailleurs, le manuel d'exploitation TWR/APP du SNA-RP précise que le Chef de Tour demande à ADP des mesures de glissance ou de hauteur de contaminant dès que des phénomènes glissants sont signalés par les pilotes ou en cas de changement significatif de l'état des pistes.

Par conséquent, il est du ressort d'ADP et du SNA-RP de décider des inspections de piste supplémentaires. Dans la réalité, ces inspections sont décidées par les contrôleurs à la suite des réclamations des équipages. Cette pratique n'est pas satisfaisante au regard de la sécurité car d'une part, les pistes peuvent être contaminées et non traitées et, d'autre part, les équipages ne connaissent pas l'état de contamination de la piste. Par conséquent, le risque de sortie de piste au décollage, notamment en cas d'accélération arrêt, comme à l'atterrissement est alors élevé.

Enfin, cette pratique fait reposer sur les seuls équipages la surveillance de l'état des pistes alors qu'elle ne devrait constituer qu'un complément aux moyens à mettre en œuvre par ADP et le SNA-RP.

Il apparaît que le rôle dévolu à chacune de ces entités n'est pas clairement défini.

2.2.4 Transmission de l'information et coordination

Les ATIS indiquaient que les pistes avaient été « dégivrées chimiquement avec du formiate de potassium ».

Cette information était erronée puisque les pistes ont seulement été traitées préventivement avec du formiate de potassium.

Il n'a pas été possible de savoir en quel terme l'information avait été transmise par le PC neige à la tour puisque l'information a été transmise oralement et non par écrit comme le prévoit la documentation.

Par ailleurs, le système ISATIS défini dans le MANEX SNA-RP ne prévoyant ni le verbe « traiter » ni le mot « préventif » ne permettait pas de diffuser sur l'ATIS la situation réelle des pistes.

Après la sortie de piste, le vol BCS 1765 à l'atterrissement pour la 26R et le vol AF418 au décollage de la 26R se sont inquiétés des conditions de surface de la piste car ils ont entendu les échanges entre l'équipage d'Air méditerranée et le contrôle. Après son décollage, l'équipage du vol AF418 qui a décollé à 23 h 37 a signalé une faible épaisseur de neige collante sur la piste.

Aucun équipage, ayant décollé des pistes 26R et 27L dans les minutes qui ont précédé la sortie de piste, n'a annoncé la moindre contamination de ces pistes.

Il est probable que les équipages des vols qui ont décollé peu avant la sortie de piste n'ont pas annoncé au contrôle la présence de neige sur les pistes 26R et 27L car ils n'ont probablement pas été gênés dans leur décollage.

A 23 h 36, le vol AF278 et à 23 h 40 le vol AF454 vont décoller de la piste 27L. Aucune information sur la situation de contamination de la surface des pistes 26L et 26R ne leur a été communiquée par le contrôle. Il est vrai que ces 2 vols décollaient sur le doublet nord banalisé et que la situation exacte de l'état de la surface de la piste 27L n'était pas connue du contrôle. Cependant, il apparaît essentiel de transmettre toute information de contamination aux équipages pour que ces derniers puissent préparer leur atterrissage ou leur décollage. Le MANEX SNA-RP ne donne pas de consignes particulières concernant la retransmission ou la recherche d'information de contamination auprès des équipages.

2.2.5 Entretien régulier des pistes

Les pistes 08R/26L et 09L/27R sont des pistes dédiées uniquement aux atterrissages. La piste 08R/26L présente un revêtement différent de la piste 09L/27R. Depuis plusieurs années, il est observé, sur la piste 08R/26L, des valeurs de CFL inférieures à celles de la piste 09L/27R et une contamination par les dépôts de gomme supérieure à celle constatée sur la piste 09L/27R. ADP effectue des travaux de dégommage plus fréquemment sur la piste 08R/26L que sur la piste 09L/27R.

En 2008, les mesures fonctionnelles ont été régulières et les travaux de dégommage programmés ont été respectés à l'exception du grenaillage de la piste 08R/26L en octobre 2008, qui a été jugé non nécessaire.

Les mesures fonctionnelles des CFL, effectuées par le laboratoire d'ADP après les travaux de dégommage d'octobre 2008, présentaient des valeurs de CFL, déterminés par pas de 100 mètres, inférieures ou égales au seuil minimum. L'Annexe 14 de l'OACI et l'Arrêté du 10 juillet 2006 imposaient donc que des mesures correctives appropriées d'entretien soient prises.

Le fait que les valeurs moyennes de CFL par tiers de piste, mesurées par le laboratoire d'ADP, et que celles de VIA PONTIS soient supérieures au seuil minimum a conduit ADP à ne pas réaliser ces mesures.

Par ailleurs, la mention par le laboratoire d'ADP de valeurs de CFL inférieures au seuil de maintenance invitait le gestionnaire de l'aérodrome à programmer des mesures correctives d'entretien. Malgré les opérations d'entretien plus fréquentes, les valeurs de CFL de la piste 08R/26L sont plus faibles que celles mesurées sur les autres pistes. Ceci montre que le revêtement de cette piste participe également aux faibles conditions de frottement. La campagne d'entretien, réalisée au deuxième semestre 2009, le confirme.

2.3 Surveillance de la gestion de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle

Depuis 2005, de nombreux ASR montrent que les équipages reçoivent des informations qui ne correspondent pas à l'état réel des pistes et des voies de circulation et rencontrent des difficultés pour obtenir des informations pertinentes sur l'état des pistes.

Il ressort de ces ASR que des situations mettant en jeu la sécurité ont été rencontrées, notamment le risque de la sortie de piste.

Ces différentes situations ont bien été collectées par l'autorité de surveillance mais il apparaît que celle-ci a lancé une étude sur les mesures d'adhérence et une réflexion sur les actions à mener en 2008 considérant ces événements comme un risque à surveiller. Il apparaît que les seuls événements rapportés en décembre 2009 ont véritablement déclenché un processus d'analyses de ces situations et une concertation entre les différents intervenants, notamment ADP, SNA-RP et Air France, début 2010 pour y remédier.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

- L'équipage possédait les licences et qualifications requises et en état de validité.
- L'avion avait un certificat de navigabilité en état de validité.
- Le dossier météorologique de vol prévoyait de faibles chutes de pluie et de neige mêlées à l'heure estimée d'arrivée sur l'aérodrome de destination et de faibles chutes de neige peu après.
- Lors de la préparation du vol, les performances de l'avion, compte tenu des conditions météorologiques prévues, permettaient de respecter la réglementation relative à la distance requise à l'atterrissement sur une piste mouillée et sur une piste contaminée par de la neige fondante.
- Les prévisions météorologiques de 17 h 00 prévoient de faibles précipitations de pluies et de neige mêlées de 20 h 00 à 22 h 00 puis des chutes de neige d'intensité faible jusqu'à 3 h 00 du matin.
- Le traitement préventif des pistes avec du formiate de potassium à 20 g/m² a été décidé à 20 h 10 par le PC neige et est intervenu de 21 h 06 à 21 h 30 sur le doublet sud.
- Aucune définition précise des performances du déverglaçant SAFEGRIP FR, utilisé en traitement préventif ou curatif, n'est définie notamment au niveau de la durée de son action en fonction des conditions météorologiques.
- Les précipitations faibles de pluies et de neige mêlées ont débuté à 21 h 00.
- Vers 21 h 30, des précipitations de neige à gros flocons ont commencé à tomber et les températures de l'air et du sol à baisser.
- Les informations des 2 MAA faisaient état de prévisions de précipitations de neige à partir de 21 h 30 jusqu'à 2 h 30 et de dépôts de glace à partir de 21 h 30.
- Il neigeait au moment où l'avion a atterri et les températures de l'air, du sol et du point de congélation étaient proches de 0 °C.
- Les derniers ATIS annonçaient des précipitations de neige d'intensité faible et des pistes dégivrées chimiquement avec du formiate de potassium.
- Aucune contamination de la piste 26L et aucun coefficient de frottement relatif à la piste 26L n'étaient indiqués dans l'ATIS et les METAR. Aucun SNOWTAM n'a été émis.
- Aucune inspection de la piste 26L n'a été effectuée entre le traitement préventif et la sortie de piste.
- Le système AWIS, utilisé pour suivre l'évolution de l'état des pistes, ne permet pas à lui seul de connaître précisément l'état de surface.
- Une inspection de piste et une détermination de la nature et de la hauteur de contaminant sur une piste durent respectivement 10 et 20 minutes et nécessitent sa fermeture.

- Aucun des équipages des 3 avions au décollage pour les pistes 27L et 26R dans les quelques minutes qui ont précédé l'accident n'ont indiqué la présence de neige sur les pistes ni leur contamination.
- Le briefing arrivée, effectué pendant la descente, n'a pas traité de l'utilisation des inverseurs de poussée.
- Pendant l'approche et la finale ILS 26L, l'équipage a constaté des précipitations de gros flocons de neige.
- L'avion est passé au-dessus du plan nominal de descente en courte finale, le toucher du train principal a été doux et est intervenu à environ 1 050 m du seuil de piste 26L.
- Les manettes de poussée sont restées sur IDLE REVERSE jusqu'à 350 m de l'extrémité de la piste 26L.
- La décélération prévue de – 0,30 g n'a pas été obtenue avec l'AUTOBRAKE sur MED.
- Le BSCU et le système de freinage ne présentaient pas de dysfonctionnement.
- L'avion est sorti de la piste à une vitesse de 41 kt et avec les manettes de poussée en position MAX REVERSE.
- La piste 26L était contaminée par de la neige fondante et présentait un engommage entre 900 m et 300 m de son extrémité.
- Le caoutchouc, déposé par les pneus des avions, dégrade l'adhérence de la surface de la piste d'autant plus si la piste n'est pas sèche.
- Aucune trace de freinage n'a été relevée sur la piste dans les derniers 175 m avant la sortie de piste.
- Les calculs théoriques de performances indiquent que pour une surface contaminée avec de la neige fondante et un toucher des roues à 1 050 m du seuil 26L, l'avion n'aurait pas dû sortir de la piste avec l'AUTOBRAKE sur MED.
- Les calculs de performances indiquent que, dans les conditions du jour (situation météorologique, masse et centrage, AUTOBRAKE sur MED et coefficient de freinage de l'avion déterminé par le calcul avec AUTOBRAKE sur MED) et les manettes de poussée sur MAX REVERSE, l'avion ne serait pas sorti de la piste.
- Les calculs de performances montrent que les 1 650 derniers mètres de la piste 26L étaient contaminés. Il y avait une contamination similaire à de la neige fondante jusqu'à 1 000 mètres de l'extrémité de la piste 26L et une contamination dont les effets étaient compris entre ceux de la neige fondante et de la glace jusqu'à 400 mètres de son extrémité.
- Les mesures fonctionnelles du CFL de la piste 08R/26L, effectuées par le laboratoire d'ADP en octobre 2008 après les travaux de dégommage, montrent une forte dégradation des CFL au seuil 08R à partir de 400 m du seuil jusqu'à 800 m de celui-ci. Sa valeur est inférieure au seuil minimum entre 400 m et 600 m du seuil 08R. Ces mesures ne correspondent pas à celles, faites par VIA PONTIS, qui donnent des valeurs de CFL supérieures au seuil minimum.

- Les mesures fonctionnelles du CFL de la piste 08R/26L, effectuées par le laboratoire d'ADP en mars 2009 avant les travaux de dégommage, montrent une dégradation similaire des CFL dans la même zone.
- Les valeurs de CFL de la piste 08R/26L, enregistrées depuis août 2006, sont inférieures à celles des autres pistes.
- Seule la piste 26L/08R est en béton rainuré. Les autres pistes sont en béton bitumineux. Par ailleurs, il n'y a pas de rainurage sur les 300 premiers mètres de chaque seuil de la piste 26L/08R.
- Seules les mesures opérationnelles sur les pistes mouillées ou sur les pistes contaminées par de la glace ou de la neige compacte fournissent des valeurs valides de CFL.
- Aucune corrélation n'existe entre les valeurs des CFL mesurés et les performances de freinage des avions.
- Aucun niveau de planification de maintenance, au-dessous duquel des mesures correctives appropriées d'entretien doivent être prises pour améliorer le frottement, n'est réglementairement fixé en France.
- Aucun niveau minimum de CFL des pistes neuves ou des pistes dont la surface a été refaite n'est réglementairement fixé en France.
- ADP est chargé d'aménager, d'exploiter et de développer l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle. Il veille à l'intégrité et à l'entretien des aires de mouvement.
- Les inspections supplémentaires de piste sont du ressort d'ADP et du SNA-RP. Mais en pratique, elles reposent essentiellement sur des réclamations équipages.
- Un plan Neige, établi chaque année du 15 octobre au 15 avril pour l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, définit les actions et le rôle de chaque acteur (ADP, SNA-RP, Air France, Météo France) de la plateforme.
- Depuis 2005, de nombreux ASR, collectés par l'autorité de surveillance, montrent que les équipages reçoivent des informations qui ne correspondent pas à l'état réel des pistes et des voies de circulation et rencontrent des difficultés pour obtenir des informations pertinentes sur l'état des pistes.
- Les procédures d'Air Méditerranée indiquent aux équipages d'afficher MAX REVERSE sur les inverseurs de poussée dès l'atterrissage.
- Le FCTM d'Air Méditerranée demande aux équipages de maintenir les manettes de poussée sur IDLE REVERSE à l'atterrissage si la réglementation de l'aéroport restreint leur usage.
- Aucune restriction sur les inverseurs de poussée n'est en vigueur à Paris Charles de Gaulle.

3.2 Causes de l'accident

L'accident est dû à la poursuite de l'atterrissement alors que celui-ci était long et que les conditions extérieures constatées étaient plus dégradées que celles signalées auparavant à l'équipage.

Les éléments suivants ont contribué à la survenue de cet accident :

- une contamination de la piste 08R/26L et une dégradation de l'état de surface (engommage et détérioration de la couche de roulement) entre 900 m et 300 m du seuil 08R ;
- la détermination erronée des conditions de la piste 08R/26L en raison de l'inadaptation de l'organisation des opérations au sol, du suivi de la situation de la plateforme en cas de neige et de la maintenance des pistes ;
- les informations erronées sur l'état de la piste, transmises à l'équipage, ne lui ont pas permis d'adopter les mesures nécessaires ;
- la non-utilisation des inverseurs de poussée.

4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Rappel : conformément au règlement européen n° 996/2010 sur les enquêtes accidents, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident ou un incident. L'article R.7312 du Code de l'aviation civile et le règlement européen n° 996/2010 stipulent que les destinataires des recommandations de sécurité font connaître au BEA, dans un délai de 90 jours après leur réception, les suites qu'ils entendent leur donner et, le cas échéant, le délai nécessaire à leur mise en œuvre.

4.1 Informations actualisées sur l'état des pistes

Les nombreux ASR, rédigés par les équipages depuis 2005, montrent que les équipages ne disposent pas des bonnes informations sur l'état réel des pistes tant au niveau de leur diffusion par ATIS, METAR et SNOWTAM qu'au niveau de leur transmission sur les fréquences du contrôle.

Il apparaît que les inspections de piste supplémentaires ne sont pas souvent déclenchées pour l'établissement des coefficients de frottement ainsi que pour la détermination de la nature et de la hauteur du contaminant. Le rôle dévolu entre les exploitants d'aérodrome et les services de la navigation aérienne n'est pas clairement défini. Par ailleurs, le jour de l'accident, aucune inspection supplémentaire de piste n'a été effectuée alors qu'elle seule pouvait permettre de déterminer l'état réel de la piste.

Depuis le début 2010, la DGAC a entrepris une concertation entre les différents intervenants en ce qui concerne l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle et lancé des actions.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC s'assure qu'en cas d'opérations en conditions météorologiques dégradées, l'exploitant d'aérodrome mette en œuvre un programme de déclenchement d'inspections de piste supplémentaires qui ne soit pas uniquement basé sur les demandes des services de la navigation aérienne, afin de fournir aux équipages des informations actualisées.**

4.2 Travaux de dégommage

Les mesures fonctionnelles des CFL par le laboratoire d'ADP et par l'entreprise VIA PONTIS ne concordent pas. Cette situation a été constatée lors des mesures effectuées en octobre 2008 et mars 2009.

Les mesures des CFL de la piste 08R/26L par le laboratoire d'ADP montrent des valeurs proches du seuil de maintenance sur l'ensemble de la piste mais également une forte dégradation des valeurs de CFL entre 400 m et 900 m du seuil 08R avec des valeurs inférieures au seuil de maintenance voire inférieure au seuil minimum. Les mesures de VIA PONTIS font apparaître des valeurs de CFL plus éloignées des seuils de maintenance mais aucune valeur n'est en dessous du seuil minimum même si on constate également une dégradation des valeurs de CFL dans la même zone.

Le laboratoire d'ADP n'utilise pas le coefficient de corrélation agréé par le STAC pour l'IMAG208F lors des mesures fonctionnelles mais emploie des coefficients qu'il a lui-même établis.

Des mesures de surveillance renforcée ont été mises en place par ADP et des travaux de dégommage supplémentaires de la piste 08R/26L ont été réalisés à l'issue de l'accident sans que des améliorations significatives sur les conditions d'adhérence de la piste soient constatées. Des valeurs de CFL sont encore en dessous des seuils de maintenance et inférieures, par endroit, au seuil minimum entre 400 m et 900 m du seuil 08R. Il apparaît que les niveaux faibles de CFL sont en fait liés à l'état de surface de la piste et non pas aux seuls dépôts de gomme.

Seule la piste 08R/26L présente de telles valeurs de CFL. Le revêtement de cette piste est différent de celui des 3 autres pistes.

Par ailleurs, l'Arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques physiques des aérodromes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe prescrit un niveau minimum de CFL mais ne prescrit aucun niveau minimum de planification de maintenance. Les seuils de maintenance sont des valeurs recommandées par le STAC.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC s'assure que l'exploitant d'aérodrome ait défini et mis en œuvre des procédures de remise aux normes sans délai lorsqu'une caractéristique est inférieure aux normes en vigueur notamment lorsqu'un Coefficient de Frottement Longitudinal (CFL) est inférieur au seuil minimum ;**
- **la DGAC étudie l'évolution et la validité des normes applicables aux équipements de mesure fonctionnelle des Coefficients de Frottement Longitudinal (CFL), de l'agrément de ces équipements et des modalités de leur utilisation ;**
- **la DGAC établisse des valeurs officielles de seuil de maintenance des pistes en ce qui concerne l'état des surfaces.**

4.3 Nature et épaisseur du contaminant

La mesure du coefficient de frottement par un appareil de mesure répond partiellement aux attentes des équipages qui calculent les performances à l'atterrissement ou au décollage en utilisant la nature du contaminant et son épaisseur.

Par ailleurs, la mesure du coefficient de frottement n'est pertinente que sur les pistes mouillées ou sur les pistes contaminées par de la glace ou de la neige compactée.

Il apparaît donc plus logique d'effectuer des inspections de piste pour déterminer la nature du contaminant et son épaisseur puis de transmettre ces informations aux équipages.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC définisse les informations relatives à l'état de la piste qui soient utiles et exploitables par les équipages dans la prise de décision au décollage et à l'atterrissement, et que les exploitants d'aérodrome doivent porter à la connaissance des services de la navigation aérienne.**

4.4 Mesures opérationnelles des CFL

Les appareils de mesure du type IMAG, utilisés pour les mesures opérationnelles, ne font actuellement l'objet d'aucune réglementation nationale.

Il en est de même pour le SARSYS STFT. Il est à noter que ce dernier n'est pas utilisé actuellement pour les mesures opérationnelles des pistes d'ADP.

Ces 2 appareils ne sont pas agréés par le STAC pour les mesures opérationnelles.

Aucun coefficient de corrélation n'est défini par rapport à l'appareil générique.

Par contre, une vérification de la justesse est faite régulièrement sur les IMAG n° 208D et n° 208E pour remédier aux dérives en justesse des appareils ou ponctuellement en cas d'incident technique.

L'Annexe 14 de l'OACI renvoie les Etats vers le *Manuel des services d'aéroports* pour la définition d'appareil de mesure opérationnelle valide.

L'Arrêté du 10 juillet 2006 fait référence aux textes de l'OACI mais ne donne pas d'éléments (appareils de mesure, vitesse de la mesure, etc.) concernant la détermination des caractéristiques de frottement des pistes contaminées par de la neige compactée ou de la glace.

En conséquence, les mesures opérationnelles réalisées ne présentent pas un caractère de validité réglementaire et les valeurs ne peuvent être comparées au tableau de l'Annexe 14 de l'OACI permettant de statuer sur une évaluation du freinage.

ADP et le personnel SSLIA ne connaissaient pas la restriction concernant la validité des mesures uniquement pour des surfaces recouvertes de glace ou de neige compactée.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC établisse une réglementation et un agrément pour les appareils utilisés pour les mesures opérationnelles des Coefficients de Frottement Longitudinal (CFL) ;**
- **la DGAC s'assure que les exploitants d'aérodromes dispensent une formation adaptée aux agents en charge de la surveillance des pistes.**

4.5 Procédure normale d'atterrissement

Le FCTM de la compagnie indique dans le chapitre des procédures normales «*Phase de vol atterrissage*» que, «*si la réglementation de l'aéroport restreint l'usage des inverseurs poussée, il faut sélectionner et maintenir les inverseurs de poussée sur "IDLE REVERSE" jusqu'à l'obtention de la vitesse de roulage*». Cette consigne n'est pas assortie de la condition «*sauf pour des raisons opérationnelles et de sécurité*» qui est précisée dans la réglementation de certains aérodromes.

La compagnie a cité, dans son BSV de décembre 2008, une note de la SCARA indiquant que «*le commandant de bord peut, à tout moment, sur sa seule décision, s'assurer de la possibilité d'utiliser, totalement ou partiellement, les inverseurs de poussée, nonobstant les règlements locaux et les pratiques conseillés*».

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC s'assure que toutes les compagnies aériennes et notamment Air Méditerranée mentionnent dans leurs manuels d'exploitation que les restrictions opérationnelles des inverseurs de poussée ne sont pas applicables lorsque la sécurité est engagée.**

4.6 ATIS

Lors de l'accident, les ATIS, saisies par le système ISATIS, donnaient des informations erronées sur l'état et le traitement des pistes. Or, ces informations sont essentielles dans la prise de décisions des équipages.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC s'assure que la DSNA garantisse que les informations diffusées par l'ATIS reflètent bien l'état réel des pistes.**

4.7 Gestion de l'état de surface des pistes en période hivernale

Le suivi de la situation de l'état de surface des pistes semble essentiellement basé sur le système AWIS qui en est encore au stade expérimental. Ce procédé effectue une surveillance continue des paramètres de piste (températures, humidité, ...etc.) et peut constituer une aide pour la prise de décision.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC demande à ADP d'accélérer l'expérimentation du système *Airport Weather Information System (AWIS)* et, si les résultats sont satisfaisants, qu'elle demande aux exploitants de mettre en place ce système ou des équipements équivalents sur les aérodromes assurant du transport public de passagers.**

Liste des annexes

annexe 1

Informations météorologiques (Météo France), ATIS et aérogramme

annexe 2

Fiche d'approche aux instruments AD2 LFPG IAC 15

annexe 3

Transcription de l'enregistreur phonique

annexe 4

Performances ALD et RLD

annexe 5

Calculs de l'ALD avec les paramètres réels et différentes conditions d'état de surface de la piste

annexe 6

Principe de la mesure du coefficient de frottement avec l'IMAG

annexe 7

Agrément IMAG et SARSYS STFT

annexe 8

Mesures opérationnelles des CFL de la piste 08R/26L par l'IMAG n° 208E
le 9 février 2009

annexe 9

Mesures fonctionnelles d'octobre 2008 de la piste 08R /26L par l'IMAG 208F
(laboratoire Aéroports de Paris)

annexe 10

Mesures fonctionnelles d'adhérence des pistes postérieures à l'évènement

annexe 11

Extraits de l'Annexe 14 de l'OACI

annexe 12

Extraits de l'Arrêté du 10 juillet 2006

annexe 13

Fiche «*Stratégie du traitement préventif*»

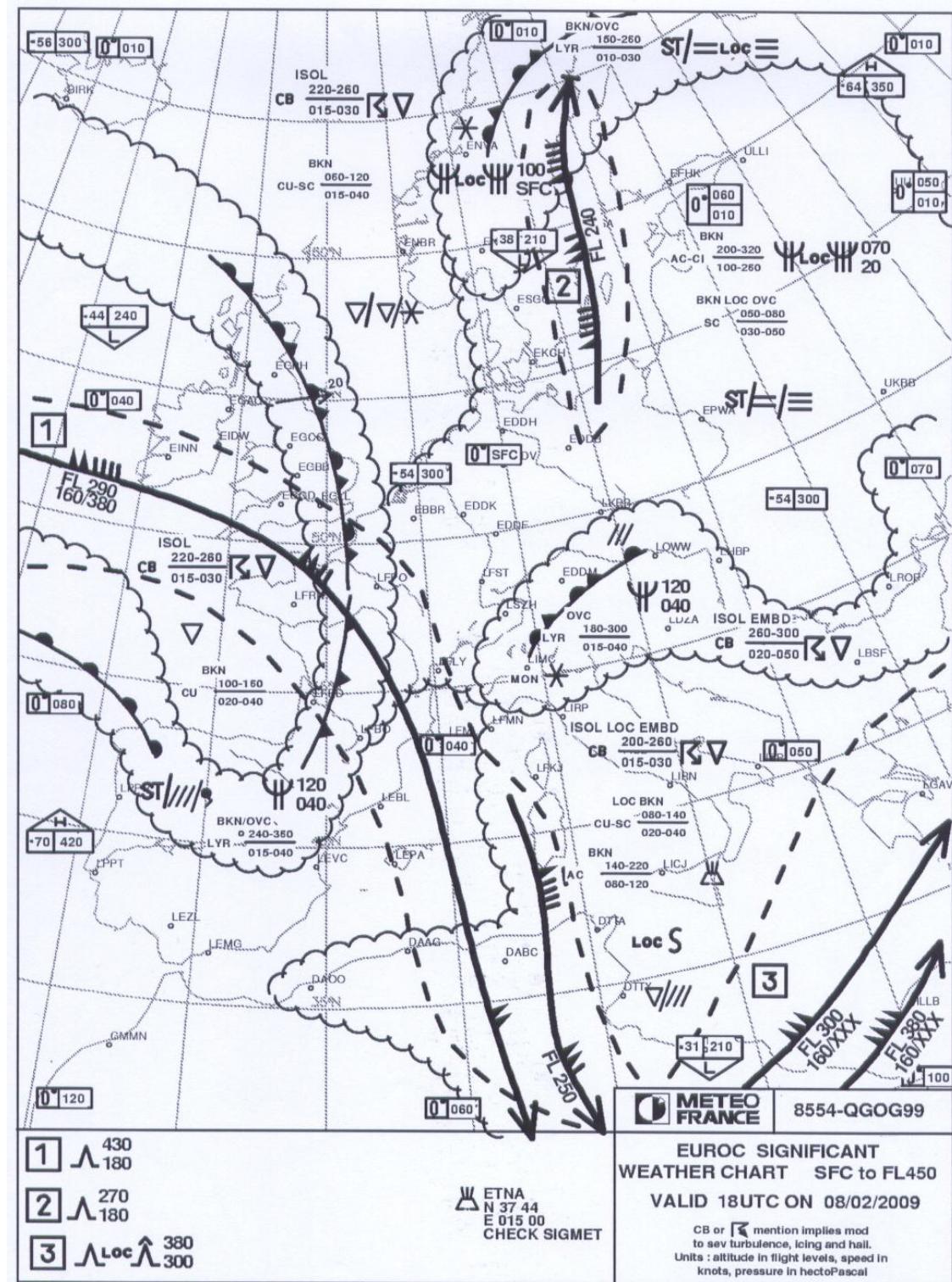
annexe 14

Fiche technique du CAP SAFEGRIP FR

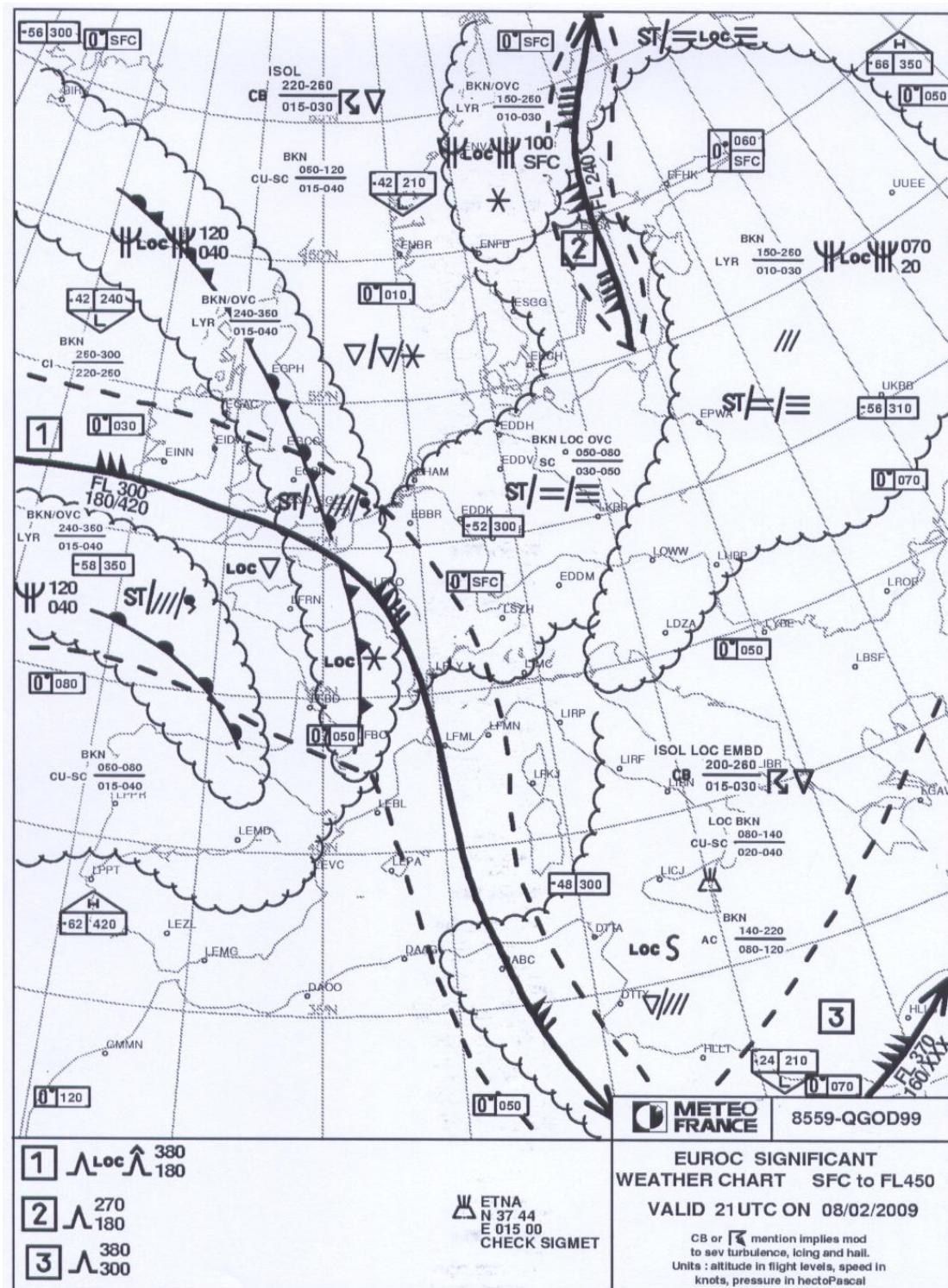
annexe 1

Informations météorologiques (Météo France) , ATIS et aérogramme

TEMSI EUROC de 18 h 00



TEMSI EUROC de 21 h 00



TAF de Paris Charles de Gaulle de 17 h 00 et 23 h 00

TAF LFPG 081245Z 0812/0918 20008KT 9999 FEW045 SCT100 BKN230 TEMPO 0813/0815 CAVOK BECMG **0823/0824** 24010KT 8000 -**RASN** BKN020 TEMPO **0900/0905** 27010KT 2500 -**SN** SCT003 BKN008 BECMG 0905/0907 BKN015 BECMG 0910/0912 BKN025 BECMG 0916/0918 18020G30KT 8000 -RA BKN020 TX05/0814Z TN01/0900Z=

TAF LFPG 081700Z 0818/0924 22010KT 9999 BKN030 BECMG 0820/0822 8000 -**RASN** BKN015 TEMPO **0822/0903** 27010KT 2500 -**SN** SCT003 BKN008 BECMG 0904/0906 BKN015 BECMG 0910/0912 BKN025 BECMG 0916/0918 18020G30KT 8000 -RA BKN020 BECMG 0922/0924 22025G45KT TX09/0924Z TN00/0900Z=

TAF LFPG 082300Z 0900/1006 22013KT 4000 -**SN** BKN003 BECMG 0901/0903 9999 BKN015 BECMG 0910/0912 BKN025 BECMG 0915/0917 18020G30KT 8000 -RA BKN020 BECMG 0922/0924 22025G45KT TEMPO 1005/1006 23030G60KT TX07/0921Z TN00/0900Z=

METAR de Paris Charles de Gaulle de 20 h 30 le 8 février 2009 à 1 h 00 le 9 février 2009

LFPG 082030Z 20011KT 9999 BKN010 02/M00 Q1007 88CLRD// NOSIG=
LFPG 082100Z 20013KT 9999 -**RASN** BKN010 02/00 Q1007 88CLRD// NOSIG=
LFPG 082130Z 19012KT 9999 -**SN** BKN008 02/00 Q1007 88CLRD// NOSIG=
LFPG 082200Z 19012KT 6000 -**SN** SCT003 BKN006 01/M00 Q1006 88CLRD// NOSIG=
LFPG 082230Z 18011KT 4000 -**SN** BKN003 01/M00 Q1006 88CLRD// NOSIG=
LFPG 082300Z 18011KT 4000 -**SN** BKN003 01/M00 Q1006 88CLRD// NOSIG=
LFPG 082330Z 18010KT 4000 -**SN** BKN003 00/M00 Q1006 88CLRD// NOSIG=
LFPG 090000Z 19010KT 6000 -**SN** BKN003 01/M00 Q1006 88CLRD// NOSIG=
LFPG 090030Z 20011KT 6000 -**SN** BKN003 01/00 Q1006 88CLRD// NOSIG=
LFPG 090100Z 20011KT 7000 -**RASN** BKN003 01/01 Q1006 **276///64 776///63**
NOSIG=

MAA du 8 février 2009

Le 08/02/2009 à 19:06Z
LFPG
AD WRNG 5
VALID 081900/090100
RASN FCST FM2030Z TL2130Z
SN FCST FM2130Z
ICE DEPOSIT FCST FM2130Z

LE 08/02/2009 à 22:22Z
LFPG
AD WRNG 6
VALID 082200/090400
SN FCST TL0230Z
ICE DEPOSIT FCST
FROST FCST FM0000Z TL0400Z
RASN CNL

TAF et METAR de Paris Charles de Gaulle (LFPG) et de Paris Orly (LFPO) du dossier de vol

LFPG

METAR LFPG 081530Z 24010KT 9999 SCT033 05/M01 Q1006 88CLRD// NOSIG=

TAF AMD LFPG **081245Z** 0812/0918 220008KT 9999 FEW045 SCT100 BKN230 TEMPO 0813/0815 CAVOK BECMG **0823/0824** 24010KT 8000 –RASN BKN020 TEMPO **0900/0905** 27010KT 2500 –SN SCT003 KKN008 BECMG 0905/0907 BKN015 BECMG 0910/0912 BKN025 BECMG 0916/0918 18020G30KT 8000 –RA BKN020 TX05/0814Z TN01/0900Z=

LFPO

METAR LFPO 081530Z 23010KT 190V260 9999 SCT025 05/00 Q1006 NOSIG=

TAF LFPO 081100Z 0812/0918 22006KT 9999 BKN040 BECMG 0817/0820 SCT007 BKN014 TEMPO 0821/0824 3000 –RASN BKN007 TEMPO 0900/0904 1400 –SN OVC004 TEMPO 0904/0909 4000 BR BKN002 BECMG 0909/0912 9999 SCT010 BKN017 BECMG 0913/0916 20017G27 SCT013 BKN022 TEMPO 0916/0918 22020G35KT 3000 RA BKN011=

Informations ATIS

ATIS de 22 h 13 UTC

Ici Charles de Gaulle, information X-ray enregistrée à vingt-deux heures treize UTC.

Approche ILS – Atterrissage vingt-sept droite et vingt-six gauche – Décollage vingt-sept gauche et vingt-six droite –

Itinéraire de départ prévu unité Alpha, unité Bravo, unité Yankee.

Pistes dégivrées chimiquement avec du formiate de potassium.

Niveau de transition cinquante.

Après dégagement de la piste vingt-sept droite maintenez avant piste vingt-sept gauche.

Après dégagement de la piste vingt-six gauche maintenez avant piste vingt-six droite.

Dégivrage ; en service

Péril aviaire

Vent cent soixante degrés onze nœuds

Visibilité six kilomètres

Temps présent : neige faible

Nuages : épars trois cents pieds, fragmentés : six cents pieds.

Température : un ; Point de rosée : zéro

QNH : mille six

QFE piste vingt-sept gauche zéro neuf neuf deux, piste vingt-sept droite zéro neuf neuf deux, piste vingt-six droite zéro neuf neuf cinq, piste vingt-six gauche zéro neuf neuf cinq

Givrage sévère signalé à dix mille pieds.

Confirmer information X-ray reçue au premier contact.

ATIS 22 h 36 UTC

Ici Charles de Gaulle, information Yankee enregistrée à vingt-deux heures trente-six UTC.

Approche ILS – Atterrissage vingt-sept gauche et vingt-six gauche – Décollage vingt-sept gauche et vingt-six droite -

Itinéraire de départ prévu unité Alpha, unité Bravo, unité Yankee.

Pistes dégivrées chimiquement avec du formiate de potassium.

Niveau de transition cinquante

Après dégagement de la piste vingt-sept droite maintenez avant piste vingt-sept gauche

Après dégagement de la piste vingt-six gauche maintenez avant piste vingt-six droite.

Dégivrage : en service

Begriffage, Béribil aviaire

Vent cent soixante-dix degrés onze nœuds

Visibilité quatre mille mètres

Visibilité quatre mille mètres
Temps présent : neige faible

Nuages : fragmentés trois cents pieds

Température :

QNH : mille six
QFE piste vingt-sept gauche zéro neuf neuf deux piste vingt-six droite zéro

neuf neuf cinq piste vingt-six gauche ze

Givrage sévère signalé à dix mille pieds.

Confirmer information Yankee reçue au prem

Le 08/02/2009 à 22:22

LEEDS

LFPG
AD WRNC 6

AD WRNG 8
VALID 082300/000400

**VALID 082200/09
SN ECST TI 03303**

SN FCST TL0230Z
ICE DEPOSIT FCST

ICE DEPOSIT FCST

FROST FCS
PACN CNI

annexe 2

Fiche d'approche aux instruments AD2 LFPG IAC 15

AIP
FRANCE

AD2 LFPG IAC 15
09 APR 09

APPROCHE AUX INSTRUMENTS

Instrument approach

CAT A B C D DL

ALT AD : 392, THR : 316 (12 hPa)

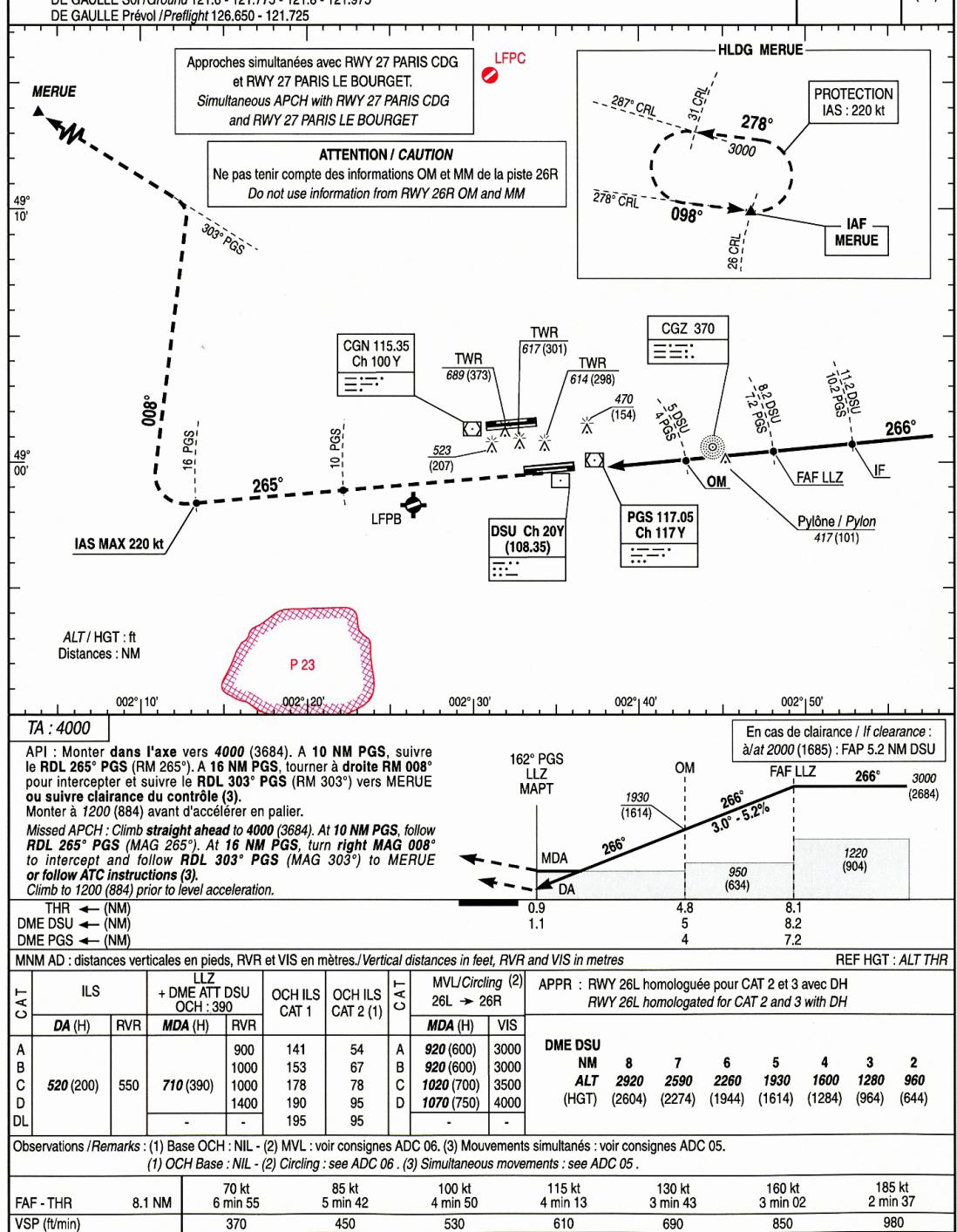
PARIS CHARLES DE GAULLE

FNA ILS /DME DSU RWY 26L

FNA LLZ /DME DSU RWY 26L

ATIS DE GAULLE : 128.225(FR) - 127.125(EN)
APP : DE GAULLE Départ /Departure 124.350 - 133.375 - 131.2 - 126.575(S)
DE GAULLE Approche /Approach 121.150 - 125.325 - 119.850 - 126.425 - 118.150 - 136.275 - 126.575(S)
TWR : DE GAULLE Tour /Tower 119.250 - 123.6 - 120.9 - 118.650 - 125.325(S) - 120.650(S)
DE GAULLE Sol /Ground 121.6 - 121.775 - 121.8 - 121.975
DE GAULLE Prévol /Preflight 126.650 - 121.725

ILS - DME
DSU 108.35
RDH : 54
VAR
1°W
(05)



annexe 3

Transcription de l'enregistreur phonique

Avertissement

Ce qui suit représente la transcription des éléments qui ont pu être compris au cours de l'exploitation de l'enregistreur phonique (CVR). Cette transcription comprend les échanges entre les membres de l'équipage, les messages de radiotéléphonie et des bruits divers correspondant par exemple à la sortie du train ou à des alarmes.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'enregistrement et la transcription d'un CVR ne constituent qu'un reflet partiel des événements et de l'atmosphère d'un poste de pilotage. En conséquence, l'interprétation d'un tel document requiert la plus extrême prudence.

Les voix des membres d'équipage sont entendues par l'intermédiaire des microphones à bouche et du microphone d'ambiance. Elles sont placées dans des colonnes séparées par souci de clarté. Deux autres colonnes sont dédiées aux autres voix, bruits et alarmes également entendus. Enfin, seules certaines communications radio entre d'autres aéronefs et le contrôle sont transcrrites.

Glossaire

Temps UTC	Temps UTC obtenu à partir du temps signal codé enregistré sur le CVR
PNC	Personnel navigant de cabine
VS	Voix synthétique de l'avion
➔	Communication en direction du contrôle, du sol, des passagers ou du PNC
()	Mots ou groupes de mots dont la compréhension n'a pu être établie avec certitude
(*)	Mots ou groupes de mots non compris notamment lors de la présence de communications simultanées entre le contrôle et d'autres avions
(...)	Mots ou groupes de mots sans rapport avec la conduite du vol
(@)	Bruits

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique...*	Remarques, bruits
23 h 12 min 11 s		On fait le niveau cent ?	(*)	
23 h 12 min 13 s	Hein ?			
23 h 12 min 13 s		On fait le niveau cent ?		
23 h 12 min 14 s	Procédure niveau cent... procédure niveau cent... voilà on active l'approach phase			
23 h 12 min 20 s		(*)		
23 h 12 min 21 s	... les Seat Belts ça a été fait Check List approche			
23 h 12 min 24 s		Check List approche altimètre		
23 h 12 min 26 s	Q N H mille... euh six comparés			
23 h 12 min 29 s		Q N H mille six comparés briefing ?		
23 h 12 min 31 s	Effectué			
23 h 12 min 32 s		Ecam status ?		
23 h 12 min 33 s	Normal			
23 h 12 min 34 s		Et les Seat Belts		
23 h 12 min 35 s	On			
23 h 12 min 36 s		Check list approche terminée		
23 h 12 min 38 s	La neige			
23 h 12 min 42 s		Pfff		
23 h 12 min 44 s		C'est de la neige ou de la pluie ça... t'arrives à voir ?		
23 h 12 min 49 s	Ben... difficile hein			

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 12 min 52 s		M'enfin la pluie on l'entendrait peut-être claquer sur le pare-brise		
23 h 12 min 55 s	Ouais			
23 h 13 min 14 s	Speed Brake deploy			
23 h 13 min 16 s		Reçu		
23 h 13 min 21 s			AF406 : la Tour bonsoir Air France quatre cent six point d'arrêt Yankee onze nous sommes prêts	
23 h 13 min 24 s			Air France quatre cent six bonsoir Yankee onze autorisé alignement décollage vingt sept gauche le vent au sol cent soixante dix degrés dix noeuds	
23 h 13 min 30 s			AF406 : cent soixante dix degrés dix noeuds autorisé décollage vingt sept gauche Air France quatre cent six	
23 h 13 min 51 s		Ah là on voit bien les flocons par contre hein		
23 h 13 min 54 s	Ah oui			
23 h 14 min 09 s	Ouais y nous envoyent à déchè hein pfff			
23 h 14 min 13 s	Speed brake retract			
23 h 14 min 17 s		Reçu		Euh Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept tournez à gauche au cap euh trois cents pour intercepter l'i L S vingt six gauche
23 h 14 min 32 s			► A gauche au cap trois cents pour intercepter l'i L S vingt six gauche Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept	
23 h 14 min 39 s				

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 14 min 45 s	Alors heading VERT heading trois cents			
23 h 14 min 49 s	Et pour le Loc j'attends	Vérifié		
23 h 14 min 51 s	C'est des avions que je pas l'Airbus mais tu mets le Loc maintenant Y seraient capables de partir à droite			
23 h 14 min 57 s	Ah oui			
23 h 15 min 01 s	Certains avions... pas l'Airbus hein mais bon... j'ai gardé ce réflexe			
23 h 15 min 02 s	(*) engagé Loc Bleu	Vérifié		
23 h 15 min 39 s				
23 h 15 min 41 s				
23 h 15 min 41 s				
23 h 15 min 46 s				
23 h 15 min 50 s				
23 h 15 min 53 s	Speed Alt Star			
23 h 15 min 54 s	Vérifié			
23 h 16 min 23 s	Speed Alt Vert			
23 h 16 min 25 s	LOC STAR			
23 h 16 min 26 s	Vérifié			
23 h 16 min 32 s	Green dot selected			

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 16 min 34 s		Vérifié		
23 h 16 min 45 s			Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept autorisé approche finale ILS piste vingt six gauche	
23 h 16 min 50 s		➔ Autorisé approche finale ILS vingt six gauche Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept		
23 h 16 min 54 s	Mode approche engagée Glide Slope bleue			
23 h 16 min 55 s			(*) deux cinquante six autorisé décollage vingt sept gauche le vent au sol cent soixante dix degrés dix noeuds	
23 h 16 min 57 s		Vérifié	AF256 : autorisé décollage vingt sept gauche Air France deux cinquante six	
23 h 16 min 59 s				
23 h 17 min 01 s	LOC vert			
23 h 17 min 03 s		Vérifié		
23 h 17 min 17 s			AF406 : Air France quatre cent six décollé trois mille pieds	
23 h 17 min 19 s			Air France quatre cent six montez niveau unité huit zéro départ Aigle unité Alpha	
23 h 17 min 23 s			AF406 : Aigle unité Alpha niveau cent quatre-vingtis Air France quatre cent six	
23 h 17 min 34 s			Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept rappelez con... plet rappelez établi Loc et Glide vingt six gauche	
23 h 17 min 38 s		➔ Reçu rappellerons établi Loc et Glide vingt six gauche Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept		
23 h 17 min 45 s		A huit deux le glide		

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 17 min 47 s	Oui			
23 h 17 min 56 s	Flaps unité			
23 h 17 min 58 s		Vitesse vérifiée		
23 h 18 min 01 s		Flaps unité		
23 h 18 min 05 s	Speed sélecté			
23 h 18 min 48 s	Ça neige			
23 h 18 min 53 s		Air France quatre cent six direct l'AIGLE		
23 h 18 min 55 s		AF406 : direct l'AIGLE Air France quatre cent six		
23 h 18 min 57 s		Air France deux cinquante six montez niveau unité neuf zéro départ (*) unité Alpha		
23 h 18 min 59 s	Glide actif			
23 h 19 min 00 s	Vérifié			
23 h 19 min 01 s		AF236 : (*) unité Alpha unité neuf zéro deux cinquante six		
23 h 19 min 08 s	Flaps deux			
23 h 19 min 09 s		Vitesse vérifiée		
23 h 19 min 11 s		Flaps deux		
23 h 19 min 29 s	Altisonde vérifiée			
23 h 19 min 30 s		Reçu		
23 h 19 min 42 s	Cent quatre-vings noeuds sélectionés Glide slope STAR...			
23 h 19 min 45 s		Vérifié		
23 h 19 min 45 s	Affiche altitude remise de gaz			

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 19 min 46 s			Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept autorisé atterrissage piste vingt six gauche vent cent soixante dix degrés sept neufs	
23 h 19 min 52 s		→ Autorisé atterrissage vingt six gauche Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept		
23 h 19 min 56 s	Flaps trois			
23 h 19 min 57 s		Vitesse vérifiée		
23 h 19 min 59 s		Flaps trois		
23 h 20 min 06 s	Speed managed			
23 h 20 min 06 s		Tu... tu veux le train ?		
23 h 20 min 08 s	Train sur sorti oui euh... jusqu'à dix huit cents pieds y a pas le feu hein	(*) vérifié		
23 h 20 min 12 s			@ Bruits similaires à la sortie du train	
23 h 20 min 22 s	Quand... quand ça givre le train il en prend alors....(*) au dernier moment			
23 h 20 min 25 s		Ah oui tu le fais au dernier moment ouais		
23 h 20 min 28 s			VS : Two thousand	
23 h 20 min 33 s	On attend un peu pour les flaps full parce que l'avion... on va pas le charger trop tu vois quand ça givre il faut pas trop charger la tête hein...			
23 h 20 min 38 s		Quais		

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 20 min 39 s	Il faut essayer de rester en lisse ehu assez longtemps j'veoulais le sortir maintenant le train mais bon c'est pas grave			
23 h 20 min 41 s			AF188 : la tour bonsoir Air France cent quatre-vingt-huit whisky onze on est prêt	
23 h 20 min 44 s	C'est vrai	Moi j'pensais que tu voulais te stabiliser à quinze cents pieds (*) briefing... par rapport à ça	Air France cent quatre-vingt-huit bonjour de whisky onze alignment décollage vingt six droite le vent cent soixante dix degrés sept nœuds	
23 h 20 min 47 s	Oui c'est vrai			
23 h 20 min 51 s			AF188 : autorisé alignement décollage vingt six droité Air France cent quatre-vingt-huit	
23 h 20 min 54 s			Air France deux cinquante six direct LORA (*) niveau (*) sept zéro	
23 h 20 min 59 s			AF256 : Direct LORA deux cinquante six (*)	
23 h 21 min 01 s	Flaps full	Vitesse vérifiée	Air France quatre cent six Paris Contrôle cent vingt quatre décimal huit cinq zéro	
23 h 21 min 03 s		Flaps full		
23 h 21 min 06 s			AF406 : cent vingt quatre huit cinq zéro Air France quatre cent six bonne nuit	
23 h 21 min 07 s				
23 h 21 min 17 s	► P N C pré... parez vous pour l'atterrissement merci			
23 h 21 min 20 s	Check list avant atterrissage			
23 h 21 min 21 s		Check list avant atterrissage auto thrust		
23 h 21 min 23 s	Speed			
23 h 21 min 24 s	Landing memo			

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 21 min 24 s	Landing vert			
23 h 21 min 25 s		Check list avant atterrissage terminée		
23 h 21 min 27 s	Recu... donc trois vertes on est full flaps auto brake medium paré atterrissage			
23 h 21 min 33 s		AEROFLOT254 : (*) Aérofлот two five four		
23 h 21 min 34 s		Aérofлот two five four bonsoir an aircraft in the de-icing bay has reported that there is still snow on your aircraft. Are you aware about that?		
23 h 21 min 45 s		AEROFLOT254 : Yes (*)		
23 h 21 min 48 s		Roger Aérofлот two five four from Yankee eleven cleared line-up and take off two seven left the wind one seven degrees eleven knots		
23 h 21 min 51 s		VS : One thousand		
23 h 21 min 56 s		AEROFLOT254 : Lining-up runway two seven Aérofлот two five four and taking off		
23 h 22 min 05 s	On a oublié de séquencer... t'as le temps de le faire ou pas ?... séquencer le plan de vol... j'ai pas la remise de gaz	Aérofлот two five four		
23 h 22 min 11 s	J'te séquence			
23 h 22 min 17 s	Voilà			
23 h 22 min 17 s	Merci.... (...)			
23 h 22 min 23 s	Si tu veux que je touche à la VAP n'hésites pas	Air France deux cinquante six Paris Contrôle cent vingt decimal neuf cinq zéro au revoir		
23 h 22 min 26 s	Non non c'est bon on a ... cent quarante-six ...			

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique....	Remarques, bruits
23 h 22 min 28 s			AF256 : cent vingt neuf cinq zéro Air France	
23 h 22 min 29 s	J'ai déjà majoré hein		deux cinquante six au revoir VS : Five hundred	
23 h 22 min 33 s			(*) One seven six five descent now four thousands feet QNH one zero zero six VS : Four hundred	
23 h 22 min 38 s	Land vert			
23 h 22 min 39 s			(*)1765 : four thousand feet one zero zero six and I'm getting heading two four five now for eight miles	
23 h 22 min 40 s			VS : Hundred above	
23 h 22 min 42 s	Piste en vue			
23 h 22 min 44 s	Minimum			
23 h 22 min 45 s			Roger call me back as soon you turn left and it will be left heading south to come back to intercept ILS	
23 h 22 min 46 s	Vue atterrissage			
23 h 22 min 47 s			(*)1765 : Roger heading south to come back to intercept ILS I'll call you VS : « Minimum »	@ Cavalry charge (alarme déconnexion Pilote automatique)
23 h 22 min 49 s			VS :Two hundred @ : Triple click	
23 h 22 min 58 s			VS : One hundred	
23 h 23 min 04 s			VS : Fifty	
23 h 23 min 05 s			VS : Forty	

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 23 min 06 s			VS : Thirty	
23 h 23 min 07 s			VS : Twenty	
23 h 23 min 08 s			VS : Retard retard	
23 h 23 min 10 s			VS : Ten	
23 h 23 min 11 s			VS : Five	
23 h 23 min 14 s			@ : Bruit similaire au toucher	
23 h 23 min 17 s	Spoiler vert			
23 h 23 min 19 s	Reverses vert			
23 h 23 min 22 s	No decel			
23 h 23 min 35 s	Quatre vingt noeuds			
23 h 23 min 40 s			@ : Bruits similaires à l'opération des reverses	
23 h 23 min 41 s	(...)			
23 h 23 min 50 s			@ : Fortes vibrations	
23 h 23 min 52 s	(...)			
23 h 23 min 53 s			@ : Single chime	
23 h 23 min 55 s	(ouais ben)			
23 h 23 min 56 s			Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept poursuivez le roulage droit devant traversez la vingt six droite après la traversée contactez le Sol cent vingt et un décimal huit	
23 h 23 min 57 s		Les Reverses		
23 h 24 min 00 s	Reverses			

Temps UTC	Pilote en Fonction	Pilote Non en Fonction	Contrôle, voix synthétique,...	Remarques, bruits
23 h 24 min 04 s	Ouais tu l'appelles			
23 h 24 min 06 s		➔ Ouais on a fait une sortie de taxiway on maintient la position on aura besoin d'un tractage Méditerranée quatre vingt un soixante dix sept		
23 h 24 min 14 s			Quatre vingt un soixante dix sept vous pouvez répéter vous vous êtes embourbés ?	
23 h 24 min 16 s	Oui	➔ Affirm on est sorti du taxiway on aura besoin d'un tractage quatre vingt un soixante dix sept		

annexe 4
Performances RLD ALD

ALD (freinage manuel maximum)

 A321 : AJ	PERFORMANCES CFM56-5B3/P									B.04.07.01 – B3
ATTERRISSEMENT									Edition 01	Page 3/16

3. Distances réelles d'atterrissement

CONFIGURATION FULL

ACTUAL LANDING DISTANCE (METERS)													
WEIGHT (1000 KG)		58	62	66	70	74	78	82	86	90	94		
RUNWAY CONDITION		DRY		820	850	890	920	960	1010	1080	1280	1370	1460
		WET		1040	1100	1170	1230	1300	1360	1430	1540	1630	1710
		6.3 MM (1/4 INCH) WATER		1460	1560	1660	1760	1860	1970	2060	2170	2270	2370
		12.7 MM (1/2 INCH) WATER		1400	1500	1590	1690	1780	1870	1960	2050	2150	2240
		6.3 MM (1/4 INCH) SLUSH		1420	1500	1580	1670	1760	1850	1940	2030	2130	2210
		12.7 MM (1/2 INCH) SLUSH		1370	1450	1530	1610	1690	1780	1860	1950	2050	2130
		COMPACTED SNOW		1330	1400	1460	1530	1590	1640	1700	1760	1820	1870
ICE		2790	2910	3030	3160	3280	3390	3510	3630	3750	3860		

CORRECTIONS

	CORRECTION ON ACTUAL LANDING DISTANCE							
	dry runway	wet runway	runway covered with					
			1/4 inch water	1/2 inch water	1/4 inch slush	1/2 inch slush	compacted snow	ice
per 1000 ft above SL	+ 3 %	+ 4 %	+ 4 %	+ 4 %	+ 5 %	+ 4 %	+ 3 %	+ 4 %
per 10 kt headwind	No correction for headwind due to wind correction on approach speed							
per 10 kt tailwind	+ 17 %	+ 22 %	+ 24 %	+ 22 %	+ 22 %	+ 20 %	+ 16 %	+ 27 %
2 reversers operative	- 4 %	- 7 %	- 11 %	- 10 %	- 11 %	- 10 %	- 8 %	- 21 %
Per 5 kt speed increment (and no failure) add 8 % (all runways)								

ALD (avec AUTOBRAKE)

 A319 A320 A321 <small>FLIGHT CREW OPERATING MANUAL</small>	LANDING PERFORMANCE USE OF THE AUTOBRAKE SYSTEM						2.03.20	P 2
						SEQ 245	REV 31	

MANUAL LANDING WITH AUTOBRAKE

CONFIGURATION 3

R

ACTUAL LANDING DISTANCE (METERS)							CORRECTIONS (%) ON LANDING DISTANCE				
WEIGHT (1000 KG)		54	62	70	78	86	94	PER 1000FT ABOVE SL	2 REV OP	PER 10KT TAIL WIND	
RUNWAY CONDITION	MODE										
DRY	MED	1020	1130	1230	1330	1490	1660	+ 3	0	+16	
	LOW	1570	1750	1930	2090	2260	2430	+ 3	0	+17	
WET	MED	1100	1250	1390	1530	1710	1900	+ 4	-5	+22	
	LOW	1570	1750	1930	2090	2260	2430	+ 3	0	+17	
C O V E R E D	6.3 MM (1/4 INCH) WATER	MED	1510	1730	1950	2180	2410	2630	+ 4	-12	+24
	LOW	1600	1800	2030	2240	2460	2690	+ 4	-1	+21	
W I T H	12.7 MM (1/2 INCH) WATER	MED	1440	1650	1860	2060	2270	2480	+ 4	-11	+21
	LOW	1570	1750	1950	2140	2330	2540	+ 4	0	+19	
C O V E R E D	6.3 MM (1/4 INCH) SLUSH	MED	1460	1640	1850	2040	2270	2470	+ 5	-11	+22
	LOW	1550	1740	1930	2120	2330	2530	+ 5	0	+20	
W I T H	12.7 MM (1/2 INCH) SLUSH	MED	1410	1580	1770	1960	2150	2340	+ 5	-11	+20
	LOW	1530	1710	1890	2060	2230	2420	+ 5	0	+18	
C O V E R E D	COMPACTED SNOW	MED	1370	1510	1650	1780	1910	2020	+ 4	-8	+16
	LOW	1560	1740	1920	2080	2250	2410	+ 4	0	+16	
ICE		MED	2920	3190	3460	3720	3980	4220	+ 4	-21	+27
		LOW	2940	3210	3490	3740	4010	4250	+ 4	-21	+28

CONFIGURATION FULL

R

ACTUAL LANDING DISTANCE (METERS)							CORRECTIONS (%) ON LANDING DISTANCE				
WEIGHT (1000 KG)		54	62	70	78	86	94	PER 1000FT ABOVE SL	2 REV OP	PER 10KT TAIL WIND	
RUNWAY CONDITION	MODE										
DRY	MED	950	1050	1150	1240	1370	1530	+ 4	0	+17	
	LOW	1450	1620	1780	1930	2090	2240	+ 3	0	+18	
W I T H	MED	1010	1130	1260	1380	1540	1710	+ 4	-3	+22	
	LOW	1450	1620	1780	1930	2090	2240	+ 3	0	+18	
C O V E R E D	6.3 MM (1/4 INCH) WATER	MED	1370	1560	1760	1970	2170	2370	+ 4	-11	+24
	LOW	1480	1650	1840	2030	2220	2430	+ 4	0	+21	
C O V E R E D	12.7 MM (1/2 INCH) WATER	MED	1320	1500	1690	1870	2050	2240	+ 4	-10	+22
	LOW	1460	1630	1800	1960	2140	2310	+ 4	0	+18	
C O V E R E D	6.3 MM (1/4 INCH) SLUSH	MED	1340	1500	1670	1850	2030	2210	+ 5	-10	+22
	LOW	1440	1610	1770	1930	2110	2290	+ 5	0	+19	
W I T H	12.7 MM (1/2 INCH) SLUSH	MED	1300	1450	1610	1780	1950	2130	+ 5	-10	+21
	LOW	1420	1590	1750	1900	2060	2210	+ 5	0	+17	
C O V E R E D	COMPACTED SNOW	MED	1270	1400	1530	1640	1760	1870	+ 4	-7	+17
	LOW	1450	1610	1780	1930	2080	2230	+ 4	0	+16	
ICE		MED	2660	2910	3160	3390	3630	3860	+ 4	-21	+29
		LOW	2690	2930	3190	3420	3660	3880	+ 4	-21	+28

- Note :*
- Max mode is not recommended at landing
 - Per 5 kt speed increment (and no failure) add 8 % (all runways)
 - No correction for headwind due to wind correction on approach speed

BIE MSN 2707

annexe 5

Calcul de l'ALD avec les paramètres réels et différentes conditions d'état de surface de la piste

⁽¹⁾Les tableaux de performances établis par le constructeur doivent être utilisés en tenant compte de cette correction. Le manuel de vol rédigé par Airbus ne mentionne pas cette nécessité.

Lorsque l'avion s'est présenté à l'atterrissement, il a passé le seuil de piste à une hauteur de 85 ft au lieu de 50 ft. A 50 ft, sa vitesse d'approche, corrigée de l'effet de sol à 50 ft⁽¹⁾, était de 150 kt (pour une vitesse de 148 kt enregistrée).

Les tableaux de performances ont été établis pour une piste sèche. Pour les besoins de ces calculs, l'ALD est décomposée en une phase vol et une phase sol. La phase vol représente une approche à la vitesse de Vref sur une pente de 3,5° et un passage du seuil de piste à une hauteur de 50 ft, l'arrondi étant minimal (taux de descente de 480 ft/min). Cette phase vol représente une distance parcourue au sol depuis le passage du seuil d'environ 250 m. La même phase de vol a été retenue en cas de piste mouillée. En cas de contamination de la piste, la réglementation exige de la phase vol qu'elle représente sept secondes de vol entre le passage des 50 ft au seuil de la piste et le toucher, avec une vitesse inférieure de 7 % à celle de la vitesse d'approche. Cette phase de vol représente alors une distance parcourue au sol d'environ 500 m.

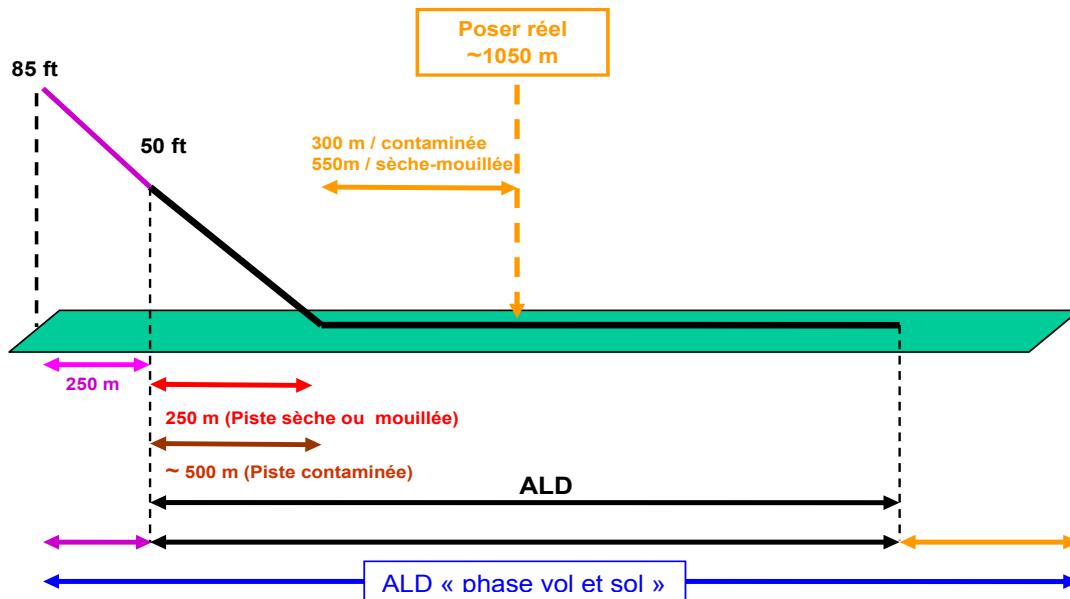
Par ailleurs, des corrections sur les distances, liées à l'altitude de l'aérodrome et à la vitesse d'approche, doivent être prises en compte.

On cherche à préciser l'écart entre, d'une part, des performances calculées de l'avion dans les conditions du jour et, d'autre part, les performances constatées. Dans la suite de cette section, on examine les performances telles qu'elles peuvent être calculées, les performances déduites des enregistrements étant analysées dans la section suivante (1.11.4).

Deux méthodes peuvent être envisagées pour déterminer la longueur d'atterrissement nécessaire dans le cas du vol de l'événement, c'est-à-dire avec un passage du seuil à 85 ft et un toucher à 1 050 m du seuil, selon que l'on corrige l'ALD théorique ou que l'on ne tienne compte que des calculs effectués pour la phase sol et d'un point de toucher à 1 050 m.

1^{er} cas : ALD corrigée d'un point de toucher à 1 050 m du seuil et d'un passage du seuil à 85 ft

Les distances d'atterrissement ont été établies en ajoutant une distance de 250 m aux valeurs calculées, afin de tenir compte de la distance parcourue entre le passage du seuil à 85 ft et le passage des 50 ft. Puis, des distances de 300 m et de 550 m respectivement ont été rajoutées pour une piste sèche (ou mouillée) et pour une piste contaminée.



Les distances d'atterrissage correspondantes figurent dans le tableau ci-dessous :

ALD «phase vol et sol»				
Etat de la surface de la piste	ALD Pour 74 T	Corrections Zp: 500 ft Vapp à 50 ft : Vref + 12	+ 250 m après le seuil	ALD «phase vol et sol» Correction point de poser réel (300 à 550 m)
Sèche	1 200	1 460	1 710	2 260
Mouillée	1 320	1 600	1 850	2 400
Inondée 6,3 mm	1 865	2 260	2 510	2 810
Inondée 12,7 mm	1 780	2 160	2 410	2 710
Neige fondante 6,3 mm	1 760	2 150	2 400	2 700
Neige fondante 12,7 mm	1 695	2 070	2 320	2 620
Neige compactée	1 585	1 920	2 170	2 470
Glace	3 275	3 980	4 230	4 530

On constate que les performances de l'avion sont incompatibles avec la longueur de piste disponible lorsque la piste est contaminée par de l'eau ou de la glace.

Le désarmement de l'AUTOBRAKE par l'équipage ayant entraîné une augmentation de la distance d'atterrissage, les valeurs du tableau montrent que l'avion sort aussi de piste pour un état de surface correspondant à de la neige fondante sur une épaisseur de 6,3 mm. Il est toutefois impossible de déterminer la distance supplémentaire parcourue.

Par ailleurs, les ALD relatives aux pistes contaminées ont été calculées à partir d'une vitesse de toucher inférieure de 7 % à la vitesse d'approche. La vitesse d'approche de l'avion étant de 150 kt à 50 ft, la vitesse théorique de toucher est alors de 140 kt. Or, la vitesse de toucher, corrigée de l'effet de sol au toucher, était de 143 kt. Ce surcroît de vitesse a également entraîné une légère augmentation de la distance d'atterrissage.

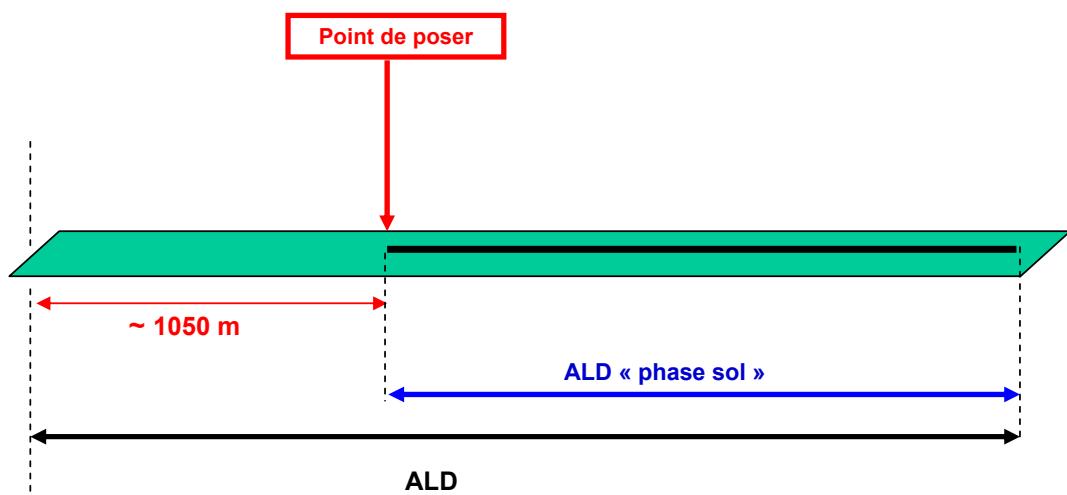
Remarque : l'utilisation des inverseurs de poussée en position MAX REVERSE réduit la distance d'atterrissage. L'application du facteur de correction, lié à l'utilisation des inverseurs de poussée, est prévu dans les tableaux de performances et conduit aux distances d'atterrissage suivantes :

Etat de la surface de la piste	ALD « phase vol et sol »
Sèche	2 260
Mouillée	2 350
Inondée 6,3 mm	2 510
Inondée 12,7 mm	2 440
Neige fondante 6,3 mm	2 430
Neige fondante 12,7 mm	2 360
Neige compactée	2 290
Glace	3 400

On constate que les performances de l'avion sont alors incompatibles avec la longueur de piste disponible lorsque la piste est contaminée de la glace.

2^e cas : prise en compte d'un toucher à 1 050 m du seuil et des calculs valables pour la phase sol de l'ALD

Cette fois les hypothèses du calcul sont décrites par le diagramme ci-dessous.



La distance (250 m ou 500 m selon l'état de la piste) a été soustraite de l'ALD figurant dans le tableau de calcul de l'ALD avec l'AUTOBRAKE sur MED et en CONF FULL pour obtenir la partie « phase sol » de l'ALD. Cette distance a été corrigée pour tenir compte de l'altitude de l'aérodrome et de la vitesse d'approche.

Les distances d'atterrissage figurent dans le tableau ci-dessous :

ALD				
Etat de la surface de la piste	ALD pour 74 T	ALD «phase sol»	Corrections Zp : 500 ft Vapp : Vref + 12	ALD avec un point poser réel 1050 m
Sèche	1 200	950 (1200 – 250)	1 150	2 200
Mouillée	1 320	1 070 (1320 – 250)	1 300	2 350
Inondée 6,3 mm	1 865	1 365 (1865 – 500)	1 660	2 710
Inondée 12,7 mm	1 780	1 280 (1780 – 500)	1 560	2 610
Neige fondante 6,3 mm	1 760	1 260 (1760 – 500)	1 540	2 590
Neige fondante 12,7 mm	1 695	1 195 (1695 – 500)	1 460	2 510
Neige compactée	1 585	1 085 (1585 – 500)	1 320	2 370
Glace	3 275	2 775 (2775 – 500)	3 370	4 460

On constate que les performances de l'avion sont alors incompatibles avec la longueur de piste disponible lorsque la piste est contaminée par de la glace ou de l'eau stagnante sur une épaisseur de plus de 6,3 mm.

Les mêmes remarques que précédemment, relatives à l'augmentation de la distance d'atterrissage du fait du désarmement de l'AUTOBRAKE et de l'excédant de vitesse au toucher, s'appliquent également à ces calculs.

L'utilisation des inverseurs de poussée en position MAX REVERSE réduit la distance d'atterrissage. L'application du facteur de correction, lié à l'utilisation des inverseurs de poussée, est prévue dans les tableaux de performances et conduit aux distances d'atterrissage suivantes :

Etat de la surface de la piste	ALD avec un point poser réel 1 050 m
Sèche	2 200
Mouillée	2 310
Inondée 6,3 mm	2 530
Inondée 12,7 mm	2 450
Neige fondante 6,3 mm	2 440
Neige fondante 12,7 mm	2 360
Neige compactée	2 280
Glace	3 710

On constate que les performances de l'avion sont alors incompatibles avec la longueur de piste disponible lorsque la piste est contaminée par de la glace.

annexe 6

Principe de la mesure du coefficient de frottement avec l'IMAG



IMAG INSTRUMENT DE MESURE AUTOMATIQUE DE GLISSANCE

Mode de fonctionnement

Le principe de la mesure avec l'IMAG est relativement simple (pour les détails techniques voir « Caractéristiques techniques »). Une roue de mesure, lestée, est tractée à vitesse constante et freinée suivant un taux de glissement de 15 %. Les capteurs qui équipent l'appareil mesurent en continu les efforts suivants :

F_h: force de traction horizontale exercée par les forces de frottement et de résistance au roulement du pneumatique sur la surface;

C: le couple de freinage de la roue engendré par les forces tangentielles de frottement du pneumatique;

F_v: la charge verticale sur la roue de mesure.

Deux paramètres de frottement sont ainsi déterminés :

$$\mu \text{ force} = F_h/F_v \text{ (coefficient de trainée longitudinale)}$$

$$\mu \text{ couple} = (C/R)/F_v \text{ (coefficient de friction), } R \text{ étant le rayon de la roue de mesure.}$$

Les mesures de F_v et de C fournissent des informations intéressantes (qui ne sont pas toujours données par d'autres appareils) :

- la mesure de F_v en continu permet de prendre en compte les délestages de roue engendrés par des défauts d'uni de la chaussée testée ;

- la connaissance de C permet de déterminer la part de F_h provenant du frottement disponible à l'interface pneumatique/chaussée sans tenir compte de la trainée liée à la résistance au roulement due à la macrotexture de la surface et à la présence éventuelle de contaminant sur la chaussée.

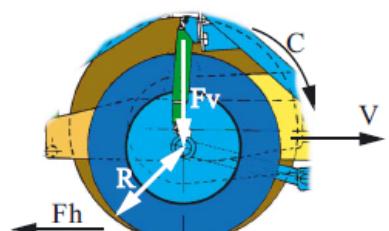


Schéma de principe

Remarque : μ force

En présence d'une piste mouillée ou d'une piste contaminée par de la glace ou de la neige compacté, $C = F_h * R$.

En conséquence, le coefficient de frottement de la piste (μ force = μ piste) est égal au coefficient de friction (μ couple).

En présence d'un contaminant du type eau stagnante, neige fondante (slush) ou neige sèche et mouillée, la mesure effectuée par l'IMAG ne permet pas de déterminer le coefficient de frottement de la piste, en raison de la présence d'une force de résistance (F_c) au roulement due à la présence du contaminant sur la piste. Dans ce cas, μ force ou μ piste est différent de μ couple.

Mesure de la glissance d'une piste

The diagram illustrates a wheel of radius R rolling on a road surface. A vertical force F_V is applied at the center of the wheel. A horizontal force F_H acts to the left, opposing the wheel's movement. A horizontal force F_f acts to the right at the point of contact between the wheel and the road. A red dashed arrow labeled F_{ch} points from the center towards the contact point, representing the contaminant resistance force. A blue arrow labeled F_{cv} points upwards from the contact point. The angle between the vertical axis and the radius to the contact point is labeled c . The wheel rotates clockwise, indicated by a curved arrow. The road surface is labeled "Chaussée". A yellow box contains the text: "Autre que glace, neige compactée et pellicule d'eau très importante".

Fc : force de résistance au roulement due à la présence d'un contaminant sur la piste

FV : force verticale appliquée à la roue de mesure
FH : ensemble des forces horizontales qui s'opposent à l'avancement de la roue
Ff : force de frottement qui s'exerce au point de contact du pneu sur la piste
V : vitesse d'avancement du véhicule tracteur
C : couple mesuré sur l'axe de la roue
R : rayon de la roue

- Définition:

$$\mu \text{ force} = \mu \text{ piste} = F_h / F_v$$

$$\mu \text{ couple} = C/R / F_v \quad (\text{paramètres mesurés par l'IMAG})$$

- . Si la piste n'est pas contaminée : $\mu \text{ force} = \mu \text{ couple} = \mu \text{ piste}$
- . Si la piste est contaminée : $\mu \text{ force} (\mu \text{ piste}) \neq \mu \text{ couple}$

$$F_h = F_f + F_{ch}$$

26 juin 2009 - PMV $C/R = F_f + F_c \times r/R$

61 BEA

annexe 7
Agrément IMAG



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ministère
de l'Ecologie
de l'Energie
du Développement
durable
et de l'Aménagement
du territoire



**AGREMENT D'APPAREIL DE
MESURE DE L'ADHERENCE**

Réf : DAD/STAC/IA/SAC/PR2/08-347

Le présent agrément, établi en application de l'arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe (arrêté TAC) et délivré à

Laboratoire des Aéroports de Paris
ORLY Sud 103
94396 ORLY Aérogare cedex

atteste que l'appareil de mesure identifié ci-après

IMAG 208F
Equipé du pneumatique d'essai PIARC 1998:2007

est certifié conforme aux exigences techniques applicables et que les coefficients de corrélation avec le dispositif de mesure IMAG¹ sont les suivants :

$$CFL_{IMAG} = 0.6277 CFL_{IMAG\ 208F} + 0.1500$$

Ces coefficients de corrélation permettent de comparer les valeurs obtenues avec l'IMAG 208F avec celles du dispositif de mesure IMAG. Les niveaux minimaux de frottements admissibles du dispositif de mesure IMAG sont rappelés ci-dessous :

Dispositif de mesure	Pneu d'essai		Vitesse durant l'essai (km/h)	Epaisseur d'eau durant l'essai (mm)	Niveau minimal de frottement
	Type	Pression (kPa)			
IMAG	C	150	65	1,0	0,30
	C	150	95	1,0	0,20

Cet agrément doit être accompagné du manuel d'utilisation et du manuel d'entretien qui précise les conditions particulières d'utilisation de l'appareil et de son entretien.

Cet agrément est valide jusqu'au 31 décembre 2010.

Délivré le : **25 SEP. 2008**

Le chef du service technique de l'Aviation Civile

¹ Tableau 1 de l'annexe technique n°1 relative aux caractéristiques physiques des aérodromes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe

Agrément SARSYS STFT



ministère
de l'Ecologie
du Développement
et de l'Aménagement
durables



AGREMENT D'APPAREIL DE MESURE DE L'ADHERENCE

STAC – 2007-AGR-03

Le présent agrément, établi en application de l'arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe (arrêté TAC) et délivré à

SAS VIA-PONTIS
50, avenue des Grenots
91150 ETAMPES

atteste que l'appareil de mesure identifié ci-après

SARSYS STFT n°601

est certifié conforme aux exigences techniques applicables et que les coefficients de corrélation avec le dispositif de mesure SARSYS STFT¹ sont les suivants :

$$\text{CFL SARSYS STFT} = 1,08 \text{ CFL SARSYS STFT n°601}$$

Ces coefficients de corrélation permettent de comparer les valeurs obtenues avec le SARSYS STFT n°601 avec celles du dispositif de mesure SARSYS STFT. Les niveaux minimaux de frottements admissibles du SARSYS STFT sont rappelés ci-dessous :

Dispositif de mesure	Pneu d'essai		Vitesse durant l'essai (km/h)	Epaisseur d'eau durant l'essai (mm)	Niveau minimal de frottement
	Type	Pression (kPa)			
SARSYS STFT	B	210	65	1,0	0,37
	B	210	95	1,0	0,24

Cet agrément doit être accompagné du manuel d'utilisation et du manuel d'entretien qui précise les conditions particulières d'utilisation de l'appareil et de son entretien.

Cet agrément est valide jusqu'au 31 décembre 2009.

Délivré le : 06 DEC. 2007

Le chef du service technique de l'Aviation Civile

¹ Tableau 1 de l'annexe technique n°1 relative aux caractéristiques physiques des aérodromes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe

annexe 8

Mesures opérationnelles des CFL de la piste 08R/26L
par l'IMAG n° 208E le 9 février 2009

Aéroports de Paris - IMAG 208E
Aéroport CHARLES DE GAULLE

MESURES DE GLISSANCE

Date : 09-02-2009

Heure (TU) : 00:20:50 (FIN des mesures)

CHARLES DE GAULLE - Piste 08R/26L

Vitesse (km/h) - Aller 43 Retour 42

Fichier C:/PWB/CDG/PIST4/PIST040.20

Référence = Seuil 08

Départ = Seuil 26 à Gauche

Tiers	1er	2ème	3ème	
>+				+
>	0.47	0.34	0.38	
>:08				26
>	0.44	0.42	0.34	<<<
>+				+
Moyenne	0.46	0.38	0.36	

1 Tier de piste = 767 Mètres

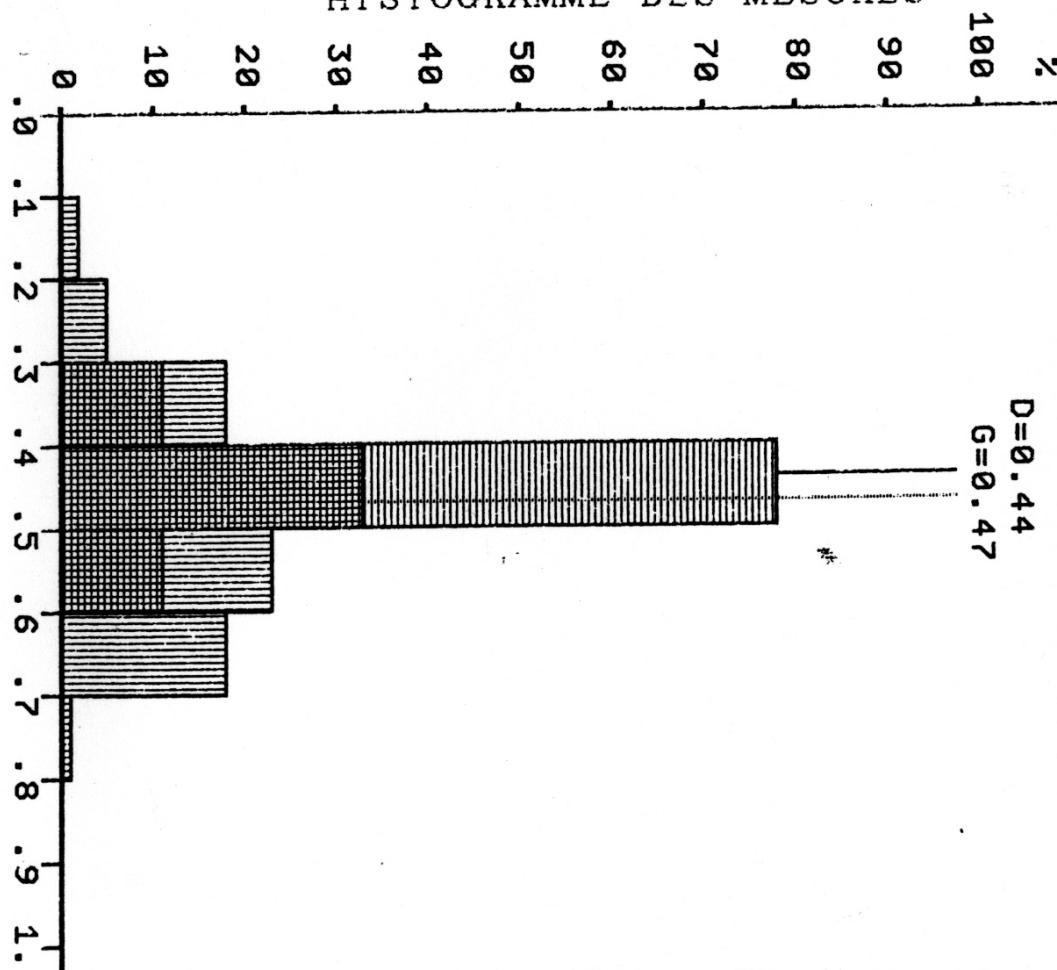
CHARLES DE GAULLE - Piste 08R/26L

42 Km/H

1/3

Début mesures au seuil de Référence 08

HISTOGRAMME DES MESURES



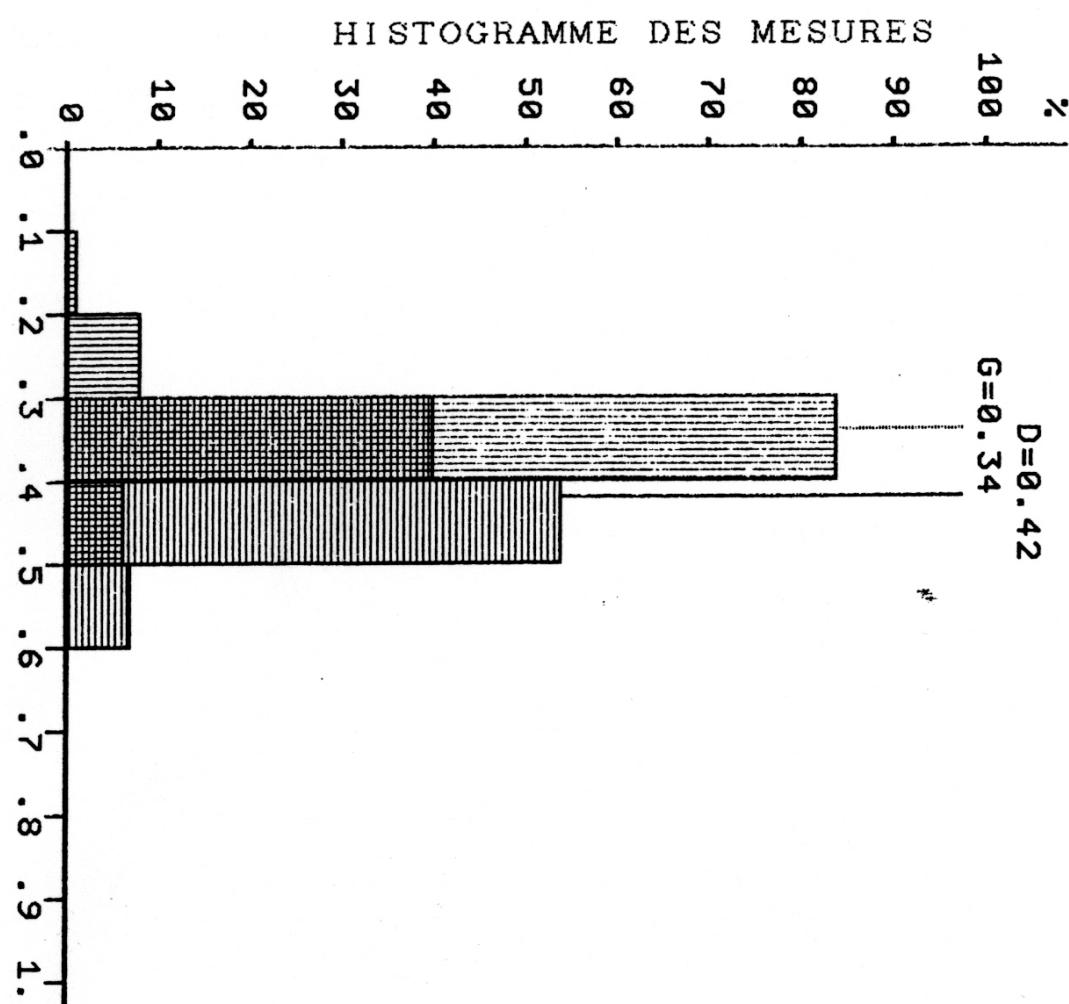
Fichier C:/PWB/CDG/PIST4/PIST040.20

CHARLES DE GAULLE - Piste 08R/26L

42 Km/H

2/3

Début mesures au seuil de Référence 08



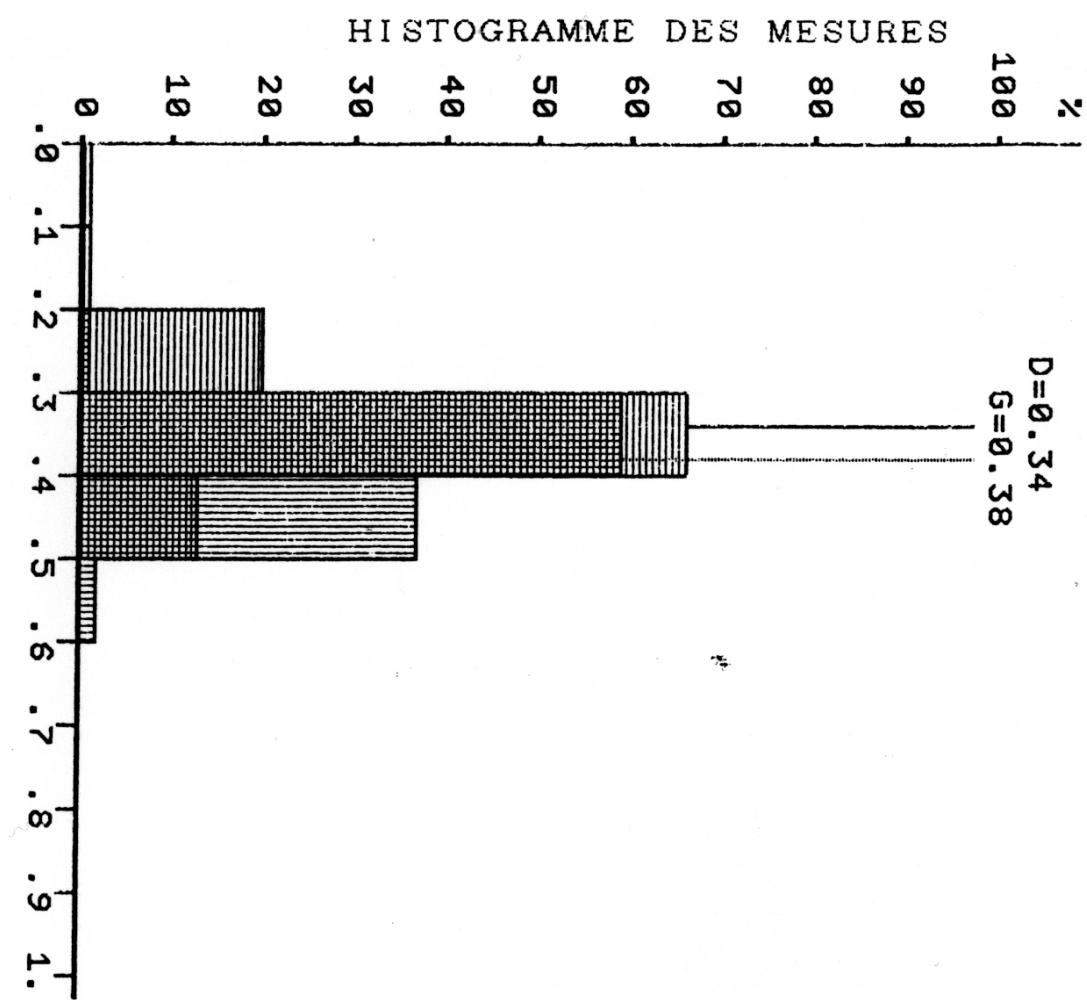
Fichier C:/PWB/CDG/PIST4/PIST040.20

CHARLES DE GAULLE - Piste 08R/26L

42 Km/H

3/3

Début mesures au seuil de Référence 08



Fichier C:/PWB/CDG/PIST4/PIST040.20

annexe 9

Mesures fonctionnelles d'octobre 2008 de la piste 08R/26L par l'IMAG 208F (laboratoire Aéroports de Paris)

Le 10 novembre 2008



LABORATOIRE
Bâtiment 72.15
14 Rue du miroir
B.P. 20102 - 95711 ROISSY CDG CEDEX
Tél. : 01.46.62.11.71

Essais sur chaussées aéronautiques
RAPPORT D'ESSAI

Mesures du C.F.L. à l'aide de la remorque IMAG

Selon référentiel : Guide méthodologique ECA



APRL/2008/D - 08/ <u>7-L-7A</u>
N°dossier : CENGR/B0101

N° d'échantillon
CDGP/08/307

Plate-forme : Paris - Charles de Gaulle
Ouvrage : Piste 08R/26L (piste 4)
Partie d'ouvrage : la piste
Type de revêtement : Dalles de béton rainuré
Donneur d'ordre : CDG.R
Date d'essai : Nuit du 10 au 11 octobre 2008

Ce rapport fait partie du suivi du revêtement de la piste
(adhérence)

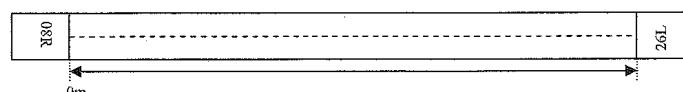
1. MATERIEL UTILISE

Remorque de mesure IMAG 208_F (avec Pneu AIPCR 1998 et Goulotte ASTM). Ce matériel est agréé par le STAC sous le numéro d'agrément n° STAC-2007-AGR-01 jusqu'au 18 janvier 2009.
Véhicule tracteur : Sharan

2. MODE OPERATOIRE

Détaillé en annexe 1 (1 page)

Les mesures sont réalisées sur la longueur intégrale de la piste.



3. CONDITIONS D'ESSAI

Intervenants :

Chaussée sèche puis légèrement humide

Température chaussée : T° maxi : 10°C / T° mini : 8 °C

4. OBSERVATIONS COMPLEMENTAIRES

Rapport de caractérisation de l'adhérence piste 08R/26L

page 1/2

L'accréditation de la section essais du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Les résultats mentionnés par le présent rapport ne concernent que l'échantillon soumis aux essais. La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale (annexes comprises). Il comporte 15 pages (2 pages de rapport, une annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).

5. STRUCTURE DU RAPPORT

Ce rapport comprend au total 15 pages :

- 2 pages pour le rapport
- 1 page pour l'annexe 1 (explication des modalités d'essai)
- 2 pages pour l'annexe 2 (Relevés moyennés par pas de 100 mètres sur l'ensemble des profils)
- 10 pages pour l'annexe 3 (Relevés moyennés par pas de 10 mètres pour chaque profil)

6. RESULTATS

Relevés moyennés par section homogène l'ensemble des profils : c.f. ci-dessous
 Relevés moyennés par pas de 100 mètres sur l'ensemble des profils : annexe 2 (2 pages)
 Relevés moyennés par pas de 10 mètres pour chaque profil : annexe 3 (10 pages)

Les incertitudes de mesures de CFL sont disponibles au laboratoire.

Relevés moyens par section homogène

Mesures à 95 km/h	(300 à 1200 m) Seuil 08R		(1200 à 1500 m)		(1500 à 2400 m) Seuil 26L	
	CFL IMAG	σ	CFL IMAG	σ	CFL IMAG	σ
95 km/h Nord (5m)	0,35	0,09	0,36	0,02	0,40	0,05
95 km/h Nord (3m)	0,37	0,07	0,36	0,03	0,42	0,04
95 km/h Sud (3m)	0,35	0,06	0,37	0,02	0,43	0,04
95 km/h Sud (5m)	0,37	0,06	0,41	0,02	0,41	0,03
95 km/h (référence)	0,40	0,04	0,42	0,03	0,44	0,04

Mesures à 65 km/h	(300 à 1200 m) Seuil 08R		(1200 à 1500 m)		(1500 à 2400 m) Seuil 26L	
	CFL IMAG	σ	CFL IMAG	σ	CFL IMAG	σ
65 km/h Nord (5m)	0,51	0,03	0,47	0,02	0,52	0,04
65 km/h Nord (3m)	0,44	0,09	0,47	0,02	0,52	0,04
65 km/h Sud (3m)	0,41	0,07	0,44	0,02	0,51	0,05
65 km/h Sud (5m)	0,48	0,09	0,50	0,01	0,53	0,03
65 km/h (référence)	0,55	0,03	0,56	0,02	0,57	0,04

A CDG, 10 novembre 2008
 Le Chargé d'Essais

A CDG, le 10 novembre 2008
 Le Chef de Section

Annexe 1

Caractérisation de l'adhérence à l'aide de la remorque IMAG

PRINCIPE ET MODALITES D'ESSAI

Les mesures du coefficient de frottement longitudinal sont réalisées à l'aide de la remorque IMAG type 208F.

Ces matériaux répondent aux critères définis par l'annexe 14 et le Manuel des Services d'Aéroports (2ème partie : état de la surface des chaussées, chapitre 5.2, critères pour de nouveaux dispositifs de mesure de frottement) édités par l'OACI.

La remorque IMAG possède une roue de mesure dont le pneu est gonflé à une pression de 155 kilopascals (0.15 MPa), et qui est freinée selon un taux de glissement de 15 %.

Le coefficient de frottement longitudinal mesuré s'étend de la valeur 0, représentant une adhérence nulle, à la valeur unité.

Les mesures de caractérisation fonctionnelle sont réalisées aux vitesses de 95 et/ou 65 kilomètres/heure, sur une chaussée rendue humide par un film d'eau d'épaisseur calculée de 1 millimètre, à 5 et/ou 3 mètres de part et d'autre de l'axe ainsi qu'à quelques mètres du bord de piste, sur une surface propre non usée (1 profil par vitesse) afin d'établir une référence (valeur maximale qu'il est possible d'atteindre sur le revêtement neuf).

Les valeurs de référence moyenne sont calculées sur les sections de piste ne présentant pas de marquage au sol, qui entraîne une diminution importante du coefficient de frottement.

Les moyennes par section homogène de piste sont calculées en retirant les 300 premiers et derniers mètres de chaque profil, durant lesquels le véhicule tracteur peut présenter des variations de vitesse

**La méthodologie pour réaliser des mesures de caractérisation fonctionnelle est décrite de manière plus complète dans notre référentiel interne guide méthodologique "Essais sur chaussées aéronautiques - Mesures du C.F.L. à l'aide de la remorque IMAG".
Cette méthode de mesures du CFL s'appuie et respecte les préconisations de l'Annexe 14.**

Annexe 2

Coefficient de frottement longitudinal IMAG moyenné par pas de 100 mètres
Relevé du 10 au 11 octobre 2008 sur la piste 08R/26L à Paris-Charles de Gaulle

Seuil	à	100	95 km/h			
			5m Nord	3m Nord	3m Sud	5m Sud
100	à	200	*	*	*	*
200	à	300	*	*	*	*
300	à	400	0,33	0,27	0,31	0,32
400	à	500	0,20	0,28	0,32	0,34
500	à	600	0,24	0,33	0,28	0,33
600	à	700	0,40	0,44	0,30	0,32
700	à	800	0,37	0,41	0,39	0,36
800	à	900	0,41	0,43	0,41	0,40
900	à	1000	0,40	0,42	0,41	0,41
1000	à	1100	0,40	0,39	0,41	0,45
1100	à	1200	0,38	0,38	0,35	0,42
1200	à	1300	0,37	0,35	0,35	0,40
1300	à	1400	0,36	0,37	0,38	0,41
1400	à	1500	0,36	0,37	0,39	0,40
1500	à	1600	0,36	0,38	0,39	0,41
1600	à	1700	0,35	0,41	0,41	0,39
1700	à	1800	0,36	0,38	0,39	0,38
1800	à	1900	0,38	0,39	0,43	0,40
1900	à	2000	0,44	0,43	0,44	0,42
2000	à	2100	0,44	0,43	0,45	0,39
2100	à	2200	0,42	0,43	0,45	0,42
2200	à	2300	0,44	0,45	0,42	0,44
2300	à	2400	0,40	0,44	0,47	0,44
2400	à	2500	*	*	*	*
2500	à	2600	*	*	*	*
2600	à	seuil	*	*	*	*

* valeurs non exploitables

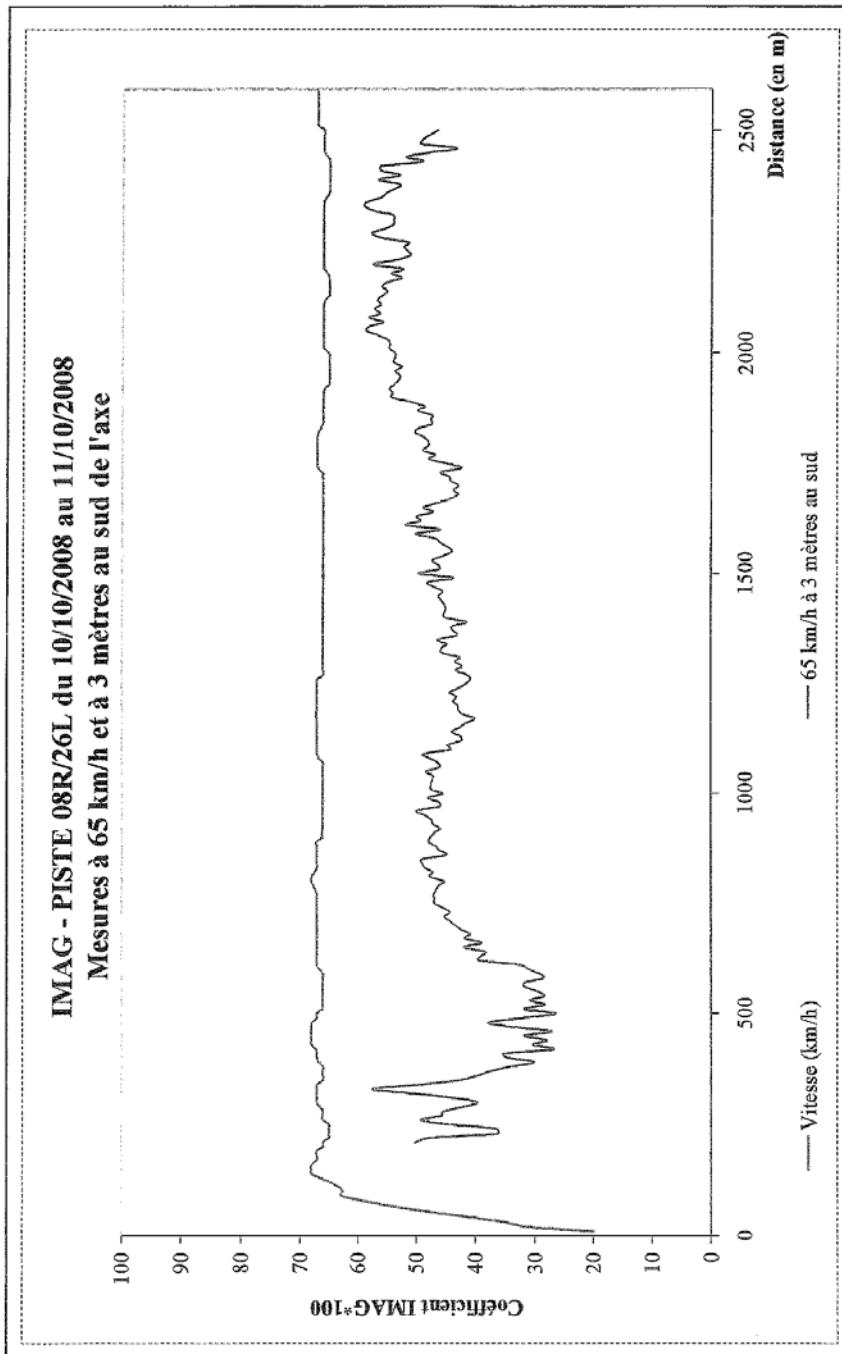
Annexe 2

		65 km/h			
Seuil	à	5m Nord	3m Nord	3m Sud	5m Sud
100	à	100	*	*	*
100	à	200	*	*	*
200	à	300	0,44	0,42	0,44
300	à	400	0,53	0,37	0,42
400	à	500	0,49	0,27	0,31
500	à	600	0,51	0,34	0,30
600	à	700	0,53	0,48	0,40
700	à	800	0,50	0,49	0,46
800	à	900	0,53	0,53	0,47
900	à	1000	0,53	0,52	0,47
1000	à	1100	0,50	0,50	0,47
1100	à	1200	0,47	0,46	0,43
1200	à	1300	0,46	0,47	0,43
1300	à	1400	0,48	0,47	0,44
1400	à	1500	0,48	0,47	0,46
1500	à	1600	0,48	0,48	0,46
1600	à	1700	0,48	0,49	0,47
1700	à	1800	0,46	0,48	0,46
1800	à	1900	0,50	0,51	0,49
1900	à	2000	0,57	0,56	0,54
2000	à	2100	0,55	0,56	0,56
2100	à	2200	0,54	0,54	0,55
2200	à	2300	0,55	0,54	0,54
2300	à	2400	0,53	0,54	0,56
2400	à	2500	0,46	0,49	0,50
2500	à	2600	*	*	*
2600	à	seuil	*	*	*

* valeurs non exploitables

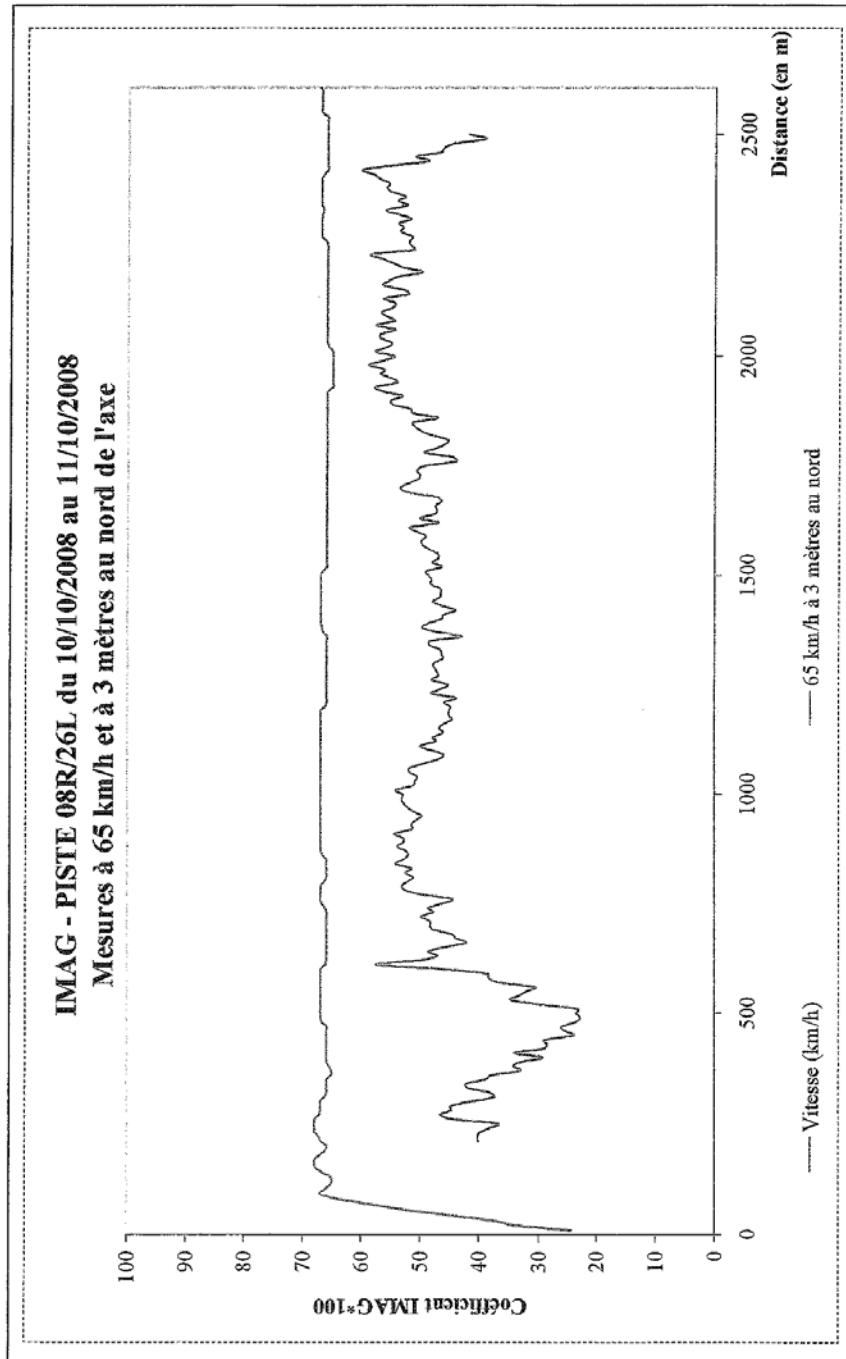
Annexe 3

Le 10 novembre 2008



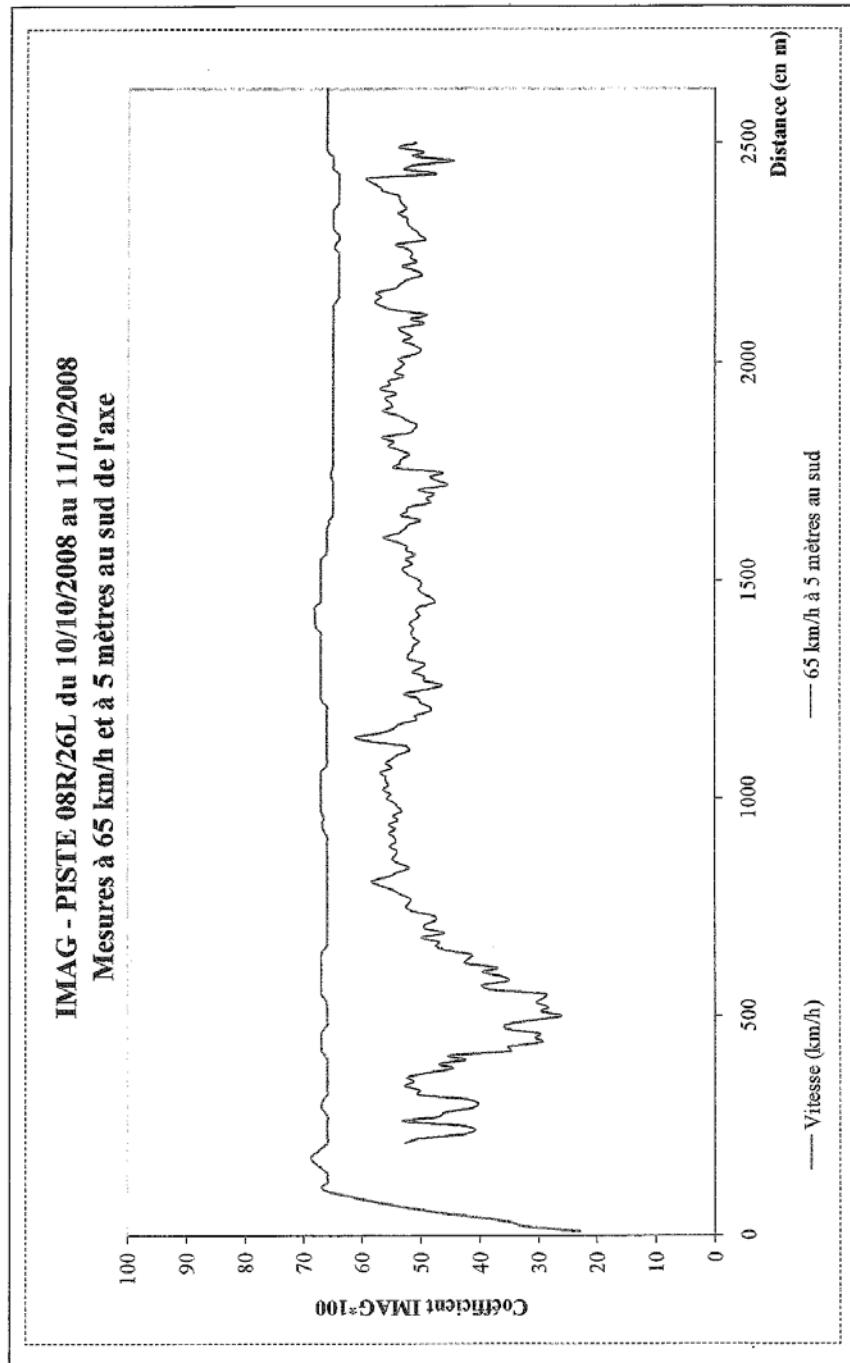
Rapport de caractérisation de l'adhérence piste 08R/26L
L'accréditation de la section essais du COFFAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par le présent rapport ne concernant que l'échantillon soumis aux essais. La reproduction de ce rapport dessous n'est autorisée que sous sa forme intégrale (annexes comprises). Il comporte 15 pages (2 pages de rapport, une annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).

Annexe 3 - page 1 / 10
Annexe 3 - page 1 / 10



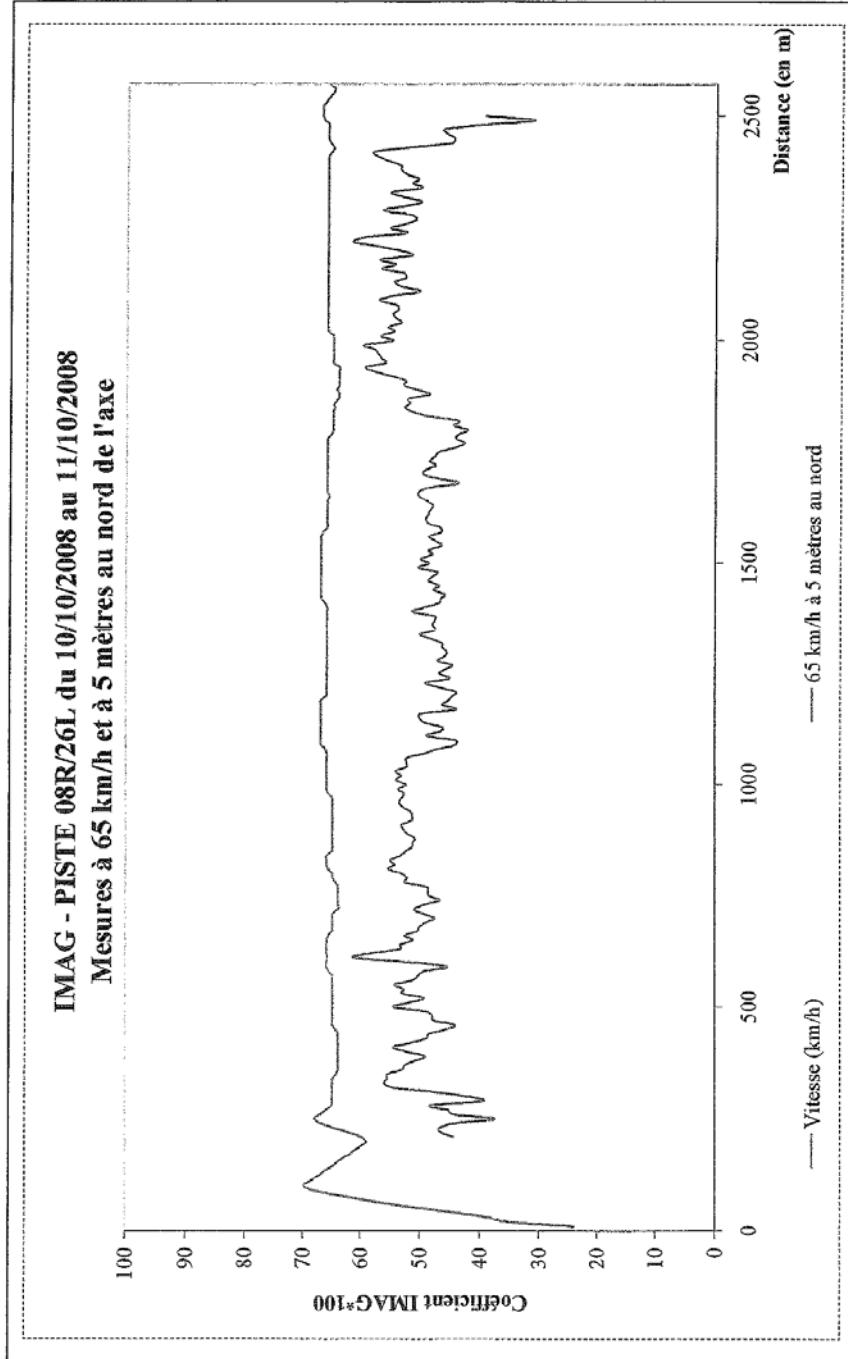
Rapport de caractérisation de l'adhérence piste 08R/26L
L'accréditation de la section essais du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Les résultats mentionnés par le présent rapport ne concernent que l'échantillon soumis aux essais. La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale (annexes comprises). Il comporte 1.5 pages (2 pages de rapport, une annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).

Annexe 3 - page 2 / 10



Rapport de caractérisation de l'adhérence piste 08R/26L.
L'accréditation de la section essais du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Les résultats mentionnés par le présent rapport ne concernent que l'échantillon soumis aux essais. La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale (annexes comprises). Il comporte 15 pages (2 pages de rapport, une annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).

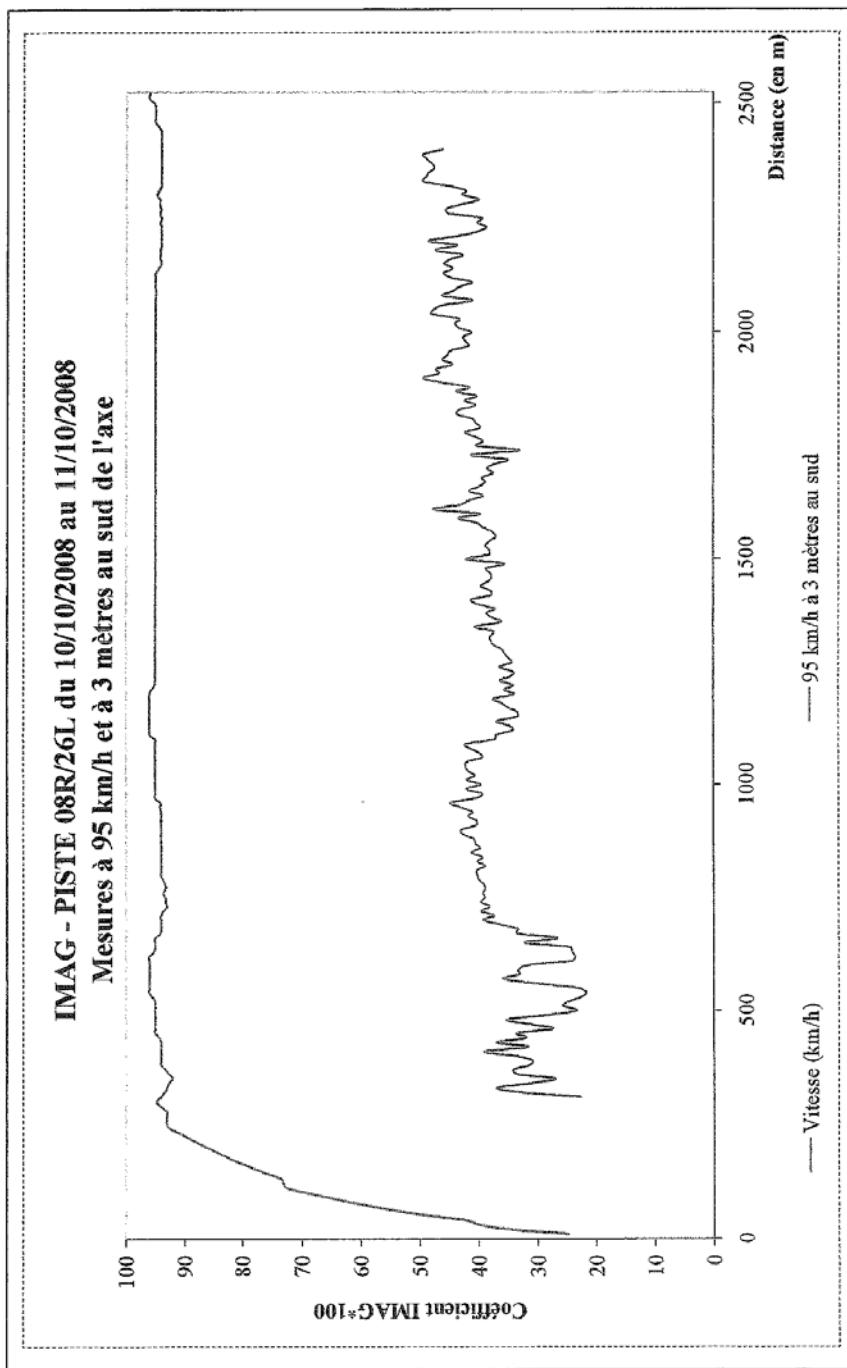
Annexe 3 – page 3 / 10
La réception de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale (annexes comprises). Il comporte 15 pages (2 pages de rapport, une annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).



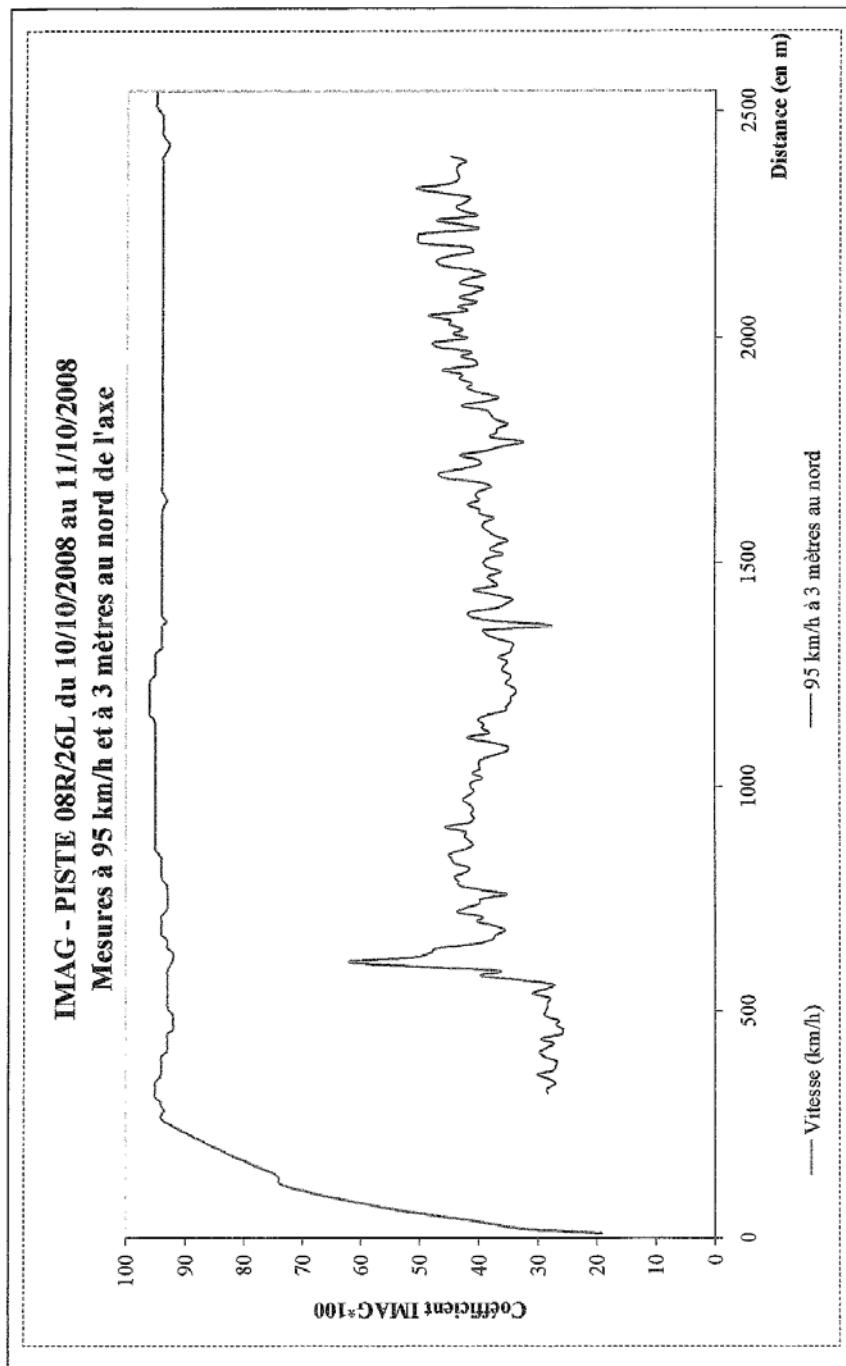
Rapport de caractérisation de l'adhérence piste 08R/26L

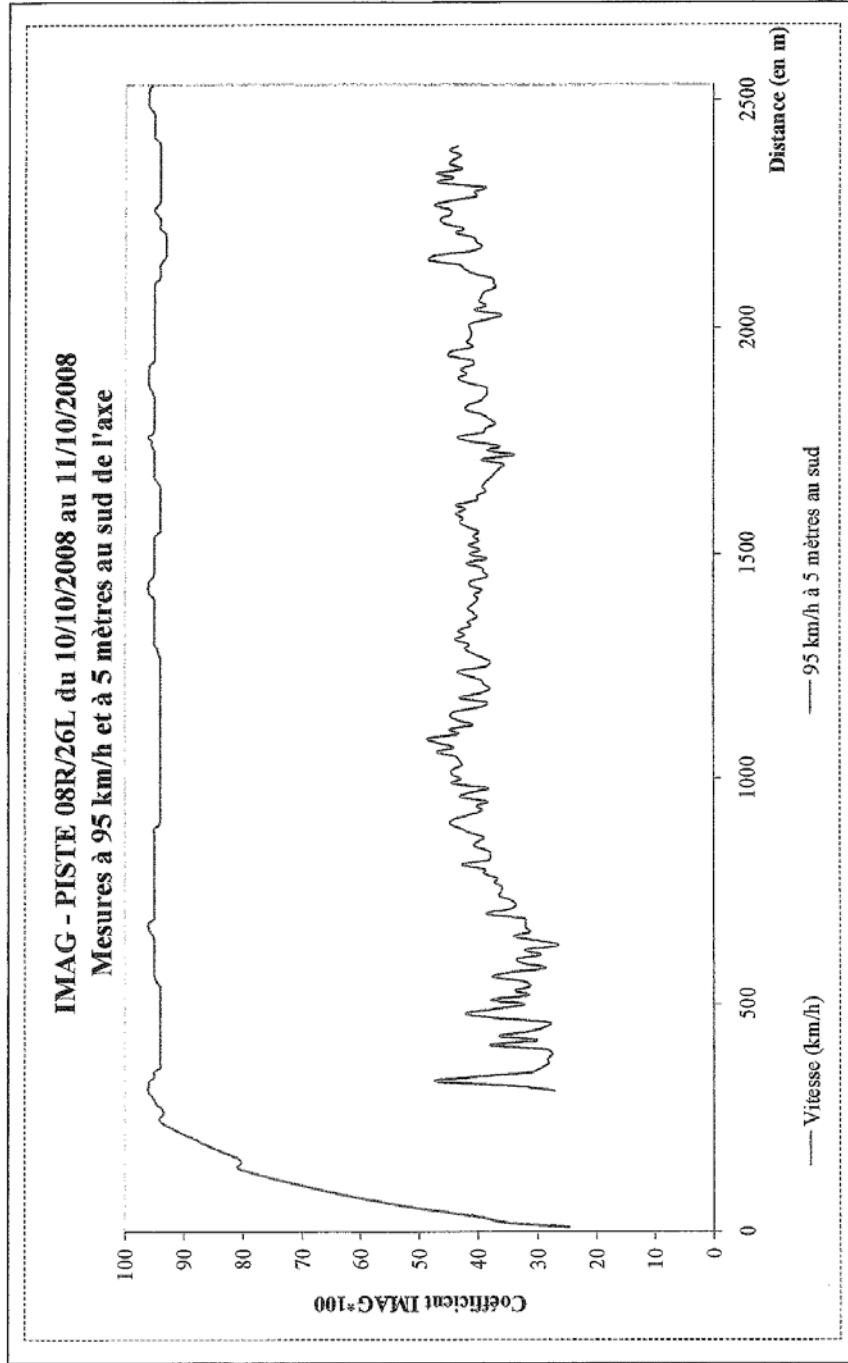
L'accréditation de la section essais du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Les résultats mentionnés par le présent rapport ne concernent que l'échantillon soumis au présent rapport, une annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).

Annexe 3 – page 4 / 10

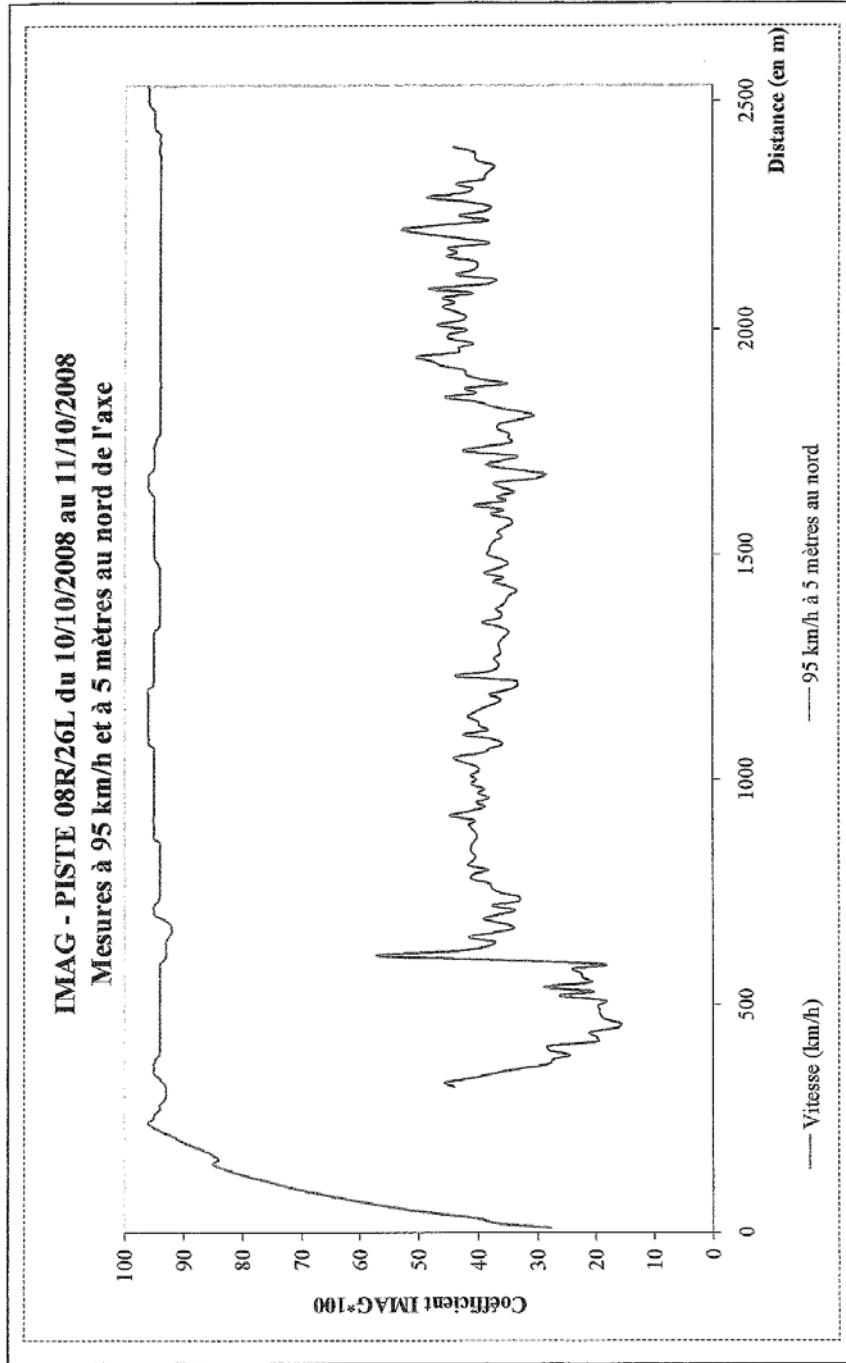


Rapport de caractérisation de l'audience piste 08R/26L
Annexe 3 – plage 6 / 10
L'accréditation de la section essais du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Les résultats mentionnés par le présent rapport ne concernent que l'échantillon soumis aux essais. La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée qu'en ce qui concerne l'ensemble du rapport, tenu annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).





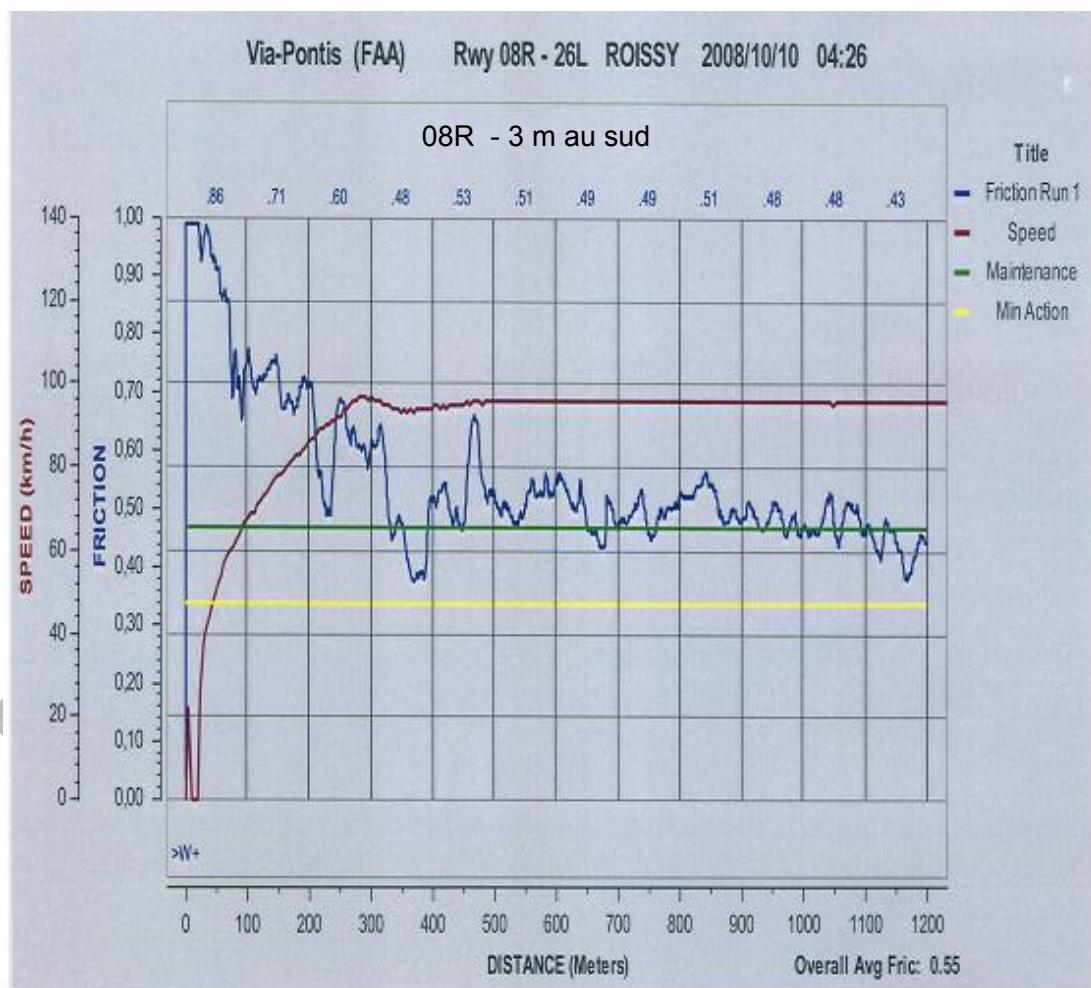
Annexe 3 – page 8 / 10
Rapport de caractérisation de l'adhérence piste 08R/26L.
L'accréditation de la section essais du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Les résultats mentionnés par le présent rapport ne concernent que l'échantillon soumis aux essais. La reproduction de ce rapport dessus n'est autorisée que sous sa forme intégrale (annexes comprises). Il comporte 15 pages (2 pages de rapport, une annexe 1 de 1 page, une annexe 2 de 2 pages et une annexe 3 de 10 pages).

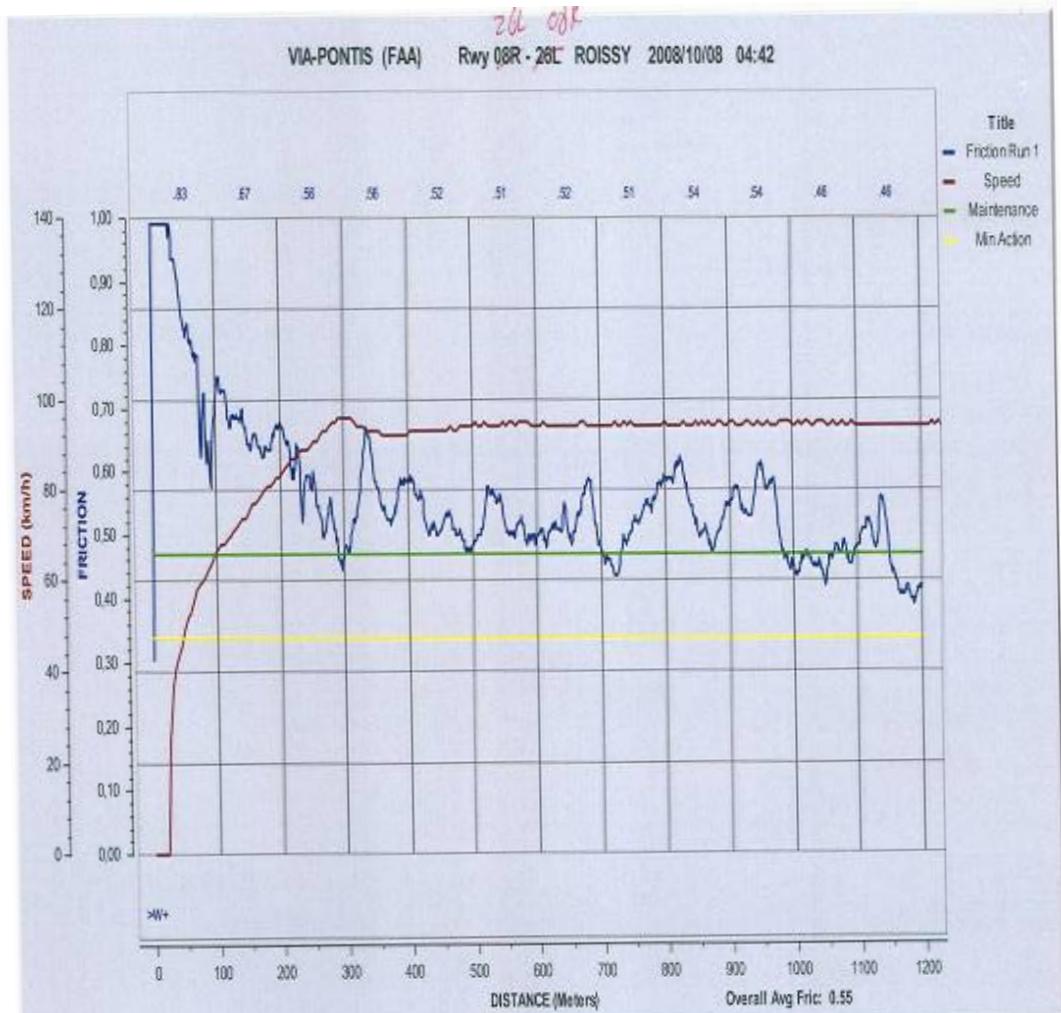


Par le SARSYS STFT (société VIA-PONTIS)

Les opérations de dégommage sont effectuées par la société VIA-PONTIS. Cette entreprise réalise des mesures fonctionnelles d'adhérence à l'issue des travaux à l'aide d'un appareil auto-mouillant de mesure continue de type SARSYS STFT, agréé par le STAC. Les opérations de dégommage ne sont réalisées que sur les 1 200 premiers mètres de la piste à partir de chaque seuil.

A l'issue des travaux de dégommage de la piste 08R/26L effectués en octobre 2008, VIA-PONTIS a réalisé des mesures de CFL à l'aide du SARSYS n°601. Les valeurs mesurées de CFL sont bien plus élevées que celles déterminées à l'aide du l'IMAG 208F à la même période. Les valeurs sont nettement supérieures aux valeurs de seuil de maintenance et de seuil minimum. A titre d'information, la courbe ci-après fournit le résultat des mesures par VIA-PONTIS à 3 mètres au sud de l'axe à 95 km/h.





Les valeurs du seuil minimum et du seuil de maintenance du CFL à la vitesse de 95 km/h pour le SARSYS STFT sont respectivement de 0,24 et 0,33 et non 0,34 et 0,47 comme indiqué sur les courbes (on rappelle que ces dernières valeurs correspondent aux seuils de l'OACI).

Il convient de noter que le seuil minimum à la vitesse de 95 km/h pour l'appareil générique de type SARSYS STFT est fixé à 0,24 par l'Arrêté du 10 juillet 2006. Avec le coefficient de corrélation⁽¹⁾ établi par le STAC lors de l'agrément de l'appareil, ce seuil est atteint lorsque le SARSYS STFT n° 601 mesure des coefficients inférieurs à 0,22.

Remarque : le seuil de maintenance de 0,33 pour des mesures à la vitesse de 95 km/h n'est pas défini dans l'Arrêté du 10 juillet 2006 mais est une valeur recommandée par le STAC. L'Annexe 14 fournit à titre d'objectifs des valeurs de 0,34 et 0,47 pour respectivement, le seuil minimum et le seuil de maintenance, pour des véhicules de mesures du frottement de surface en général, pour des mesures à 95 km/h.

Les valeurs du seuil minimum (0,34) et du seuil de maintenance (0,47) du CFL à 95 km/h, figurant sur les courbes, sont erronées. Les valeurs sont respectivement de 0,22 et 0,31 pour la SARSYS STFT n° 601 qui mesure les valeurs mais ne les corrige pas avec le coefficient de corrélation.

Par ailleurs, les valeurs de CFL, relevées sur les 3 autres pistes, sont bien meilleures que celles relevées sur la 08R/26L et sont, en moyenne, supérieures à 0,80.

26L - 3 m au sud

⁽¹⁾CFL_{générique}
= 1,08 CFL₆₀₁

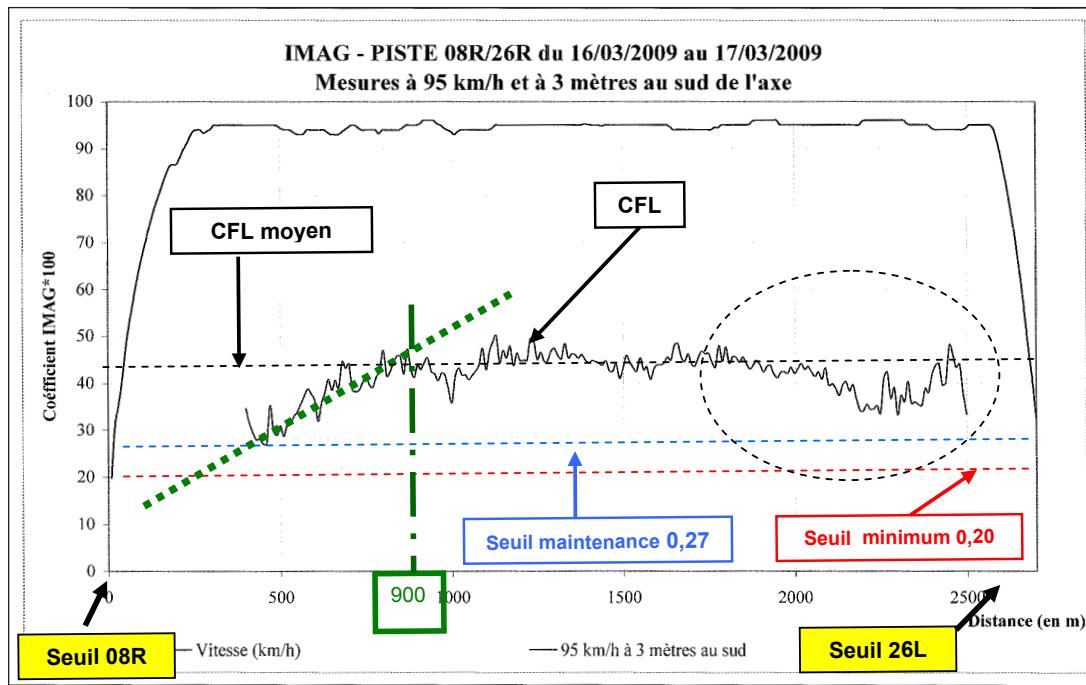
annexe 10

Mesures fonctionnelles d'adhérence des pistes postérieures à l'évènement

1 - Mesures fonctionnelles de la piste 08R/26L effectuées par le laboratoire d'Aéroports de Paris avant et après les travaux de dégommage des 17 et 18 mars 2009

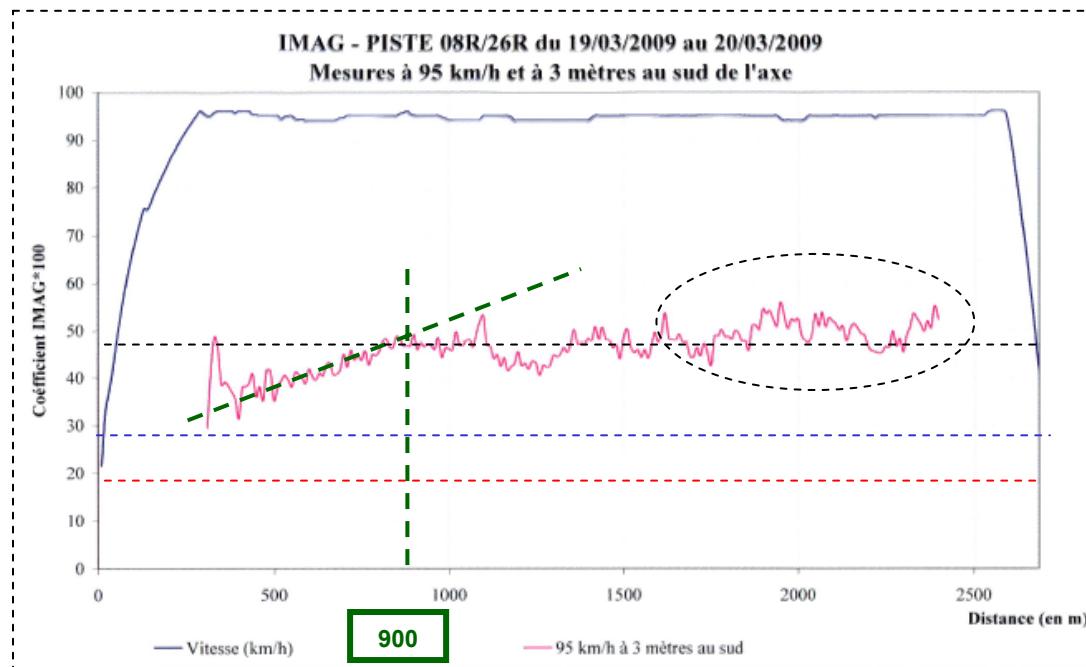
En mars 2009, des mesures fonctionnelles de cette piste ont également été effectuées avec l'IMAG 208F avant et après les opérations de dégommage.

Les mesures, effectuées avant les travaux de dégommage (voir graph ci-dessous), montrent que le coefficient de frottement longitudinal se dégrade fortement entre 1 000 m et 400 m du seuil 08R. Une dégradation, moins accentuée, peut également être notée entre 400 m et 1 000 m du seuil 26L. La partie centrale de la piste a un coefficient de frottement longitudinal meilleur et plus régulier.



Les valeurs de CFL pour l'IMAG 208F sont pour une mesure à 95 km/h au-dessus du seuil minimum mais proches, voire au niveau du seuil de maintenance. D'ailleurs, le laboratoire a précisé dans son rapport de mesure que « *les seuils, principalement le seuil 08R, présentent des valeurs de CFL inférieures au niveau de maintenance mais supérieures au niveau minimal.* »

Les mesures fonctionnelles, effectuées après le dégommage (voir graph ci-après), montrent que le CFL au seuil 08R est légèrement meilleur mais on observe, entre 1 000 m et 400 m du seuil, une forte dégradation similaire à celle relevée avant le dégommage. Le CFL est proche du seuil de maintenance vers 400/500 m du seuil. En revanche, le CFL au niveau du seuil 26L et jusqu'à 1 000 m de celui-ci est meilleur après le dégommage et supérieur à la partie centrale dont le CFL n'a pas varié.

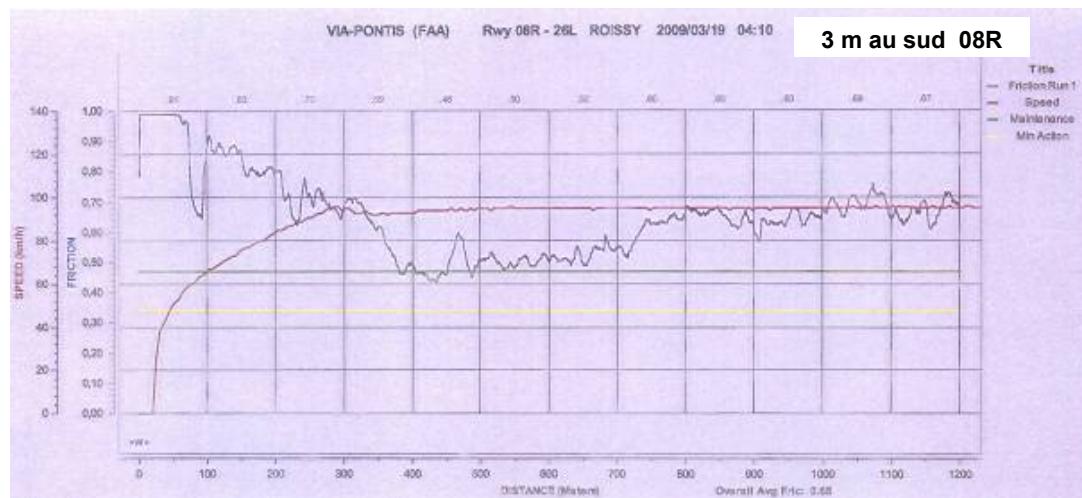


2 - Mesures fonctionnelles de la piste 08R/26L effectuées après les travaux de dégommage des 17 et 18 mars 2009 par la société VIA-PONTIS

Les valeurs de CFL, mesurées par le SARSYS STFT n° 601, sont dans l'ensemble meilleures que celles mesurées par l'IMAG 208F pour la même période.

On note la même tendance de dégradation du CFL entre 400 m et 800/900 m du seuil 08R que celle relevée par Aéroports de Paris.

Les valeurs mesurées croissent de 400 m vers 300 m au seuil 08R alors qu'elles décroissent avec l'IMAG 208F.



Les mesures, effectuées à l'aide du SARSYS STFT n° 601 en octobre 2008, et celles, effectuées en mars 2009, montrent une similarité des CFL sauf au niveau de la valeur moyenne qui est de 0,50 en 2008 alors qu'en 2009 elle est de 0,65.

En ce qui concerne le seuil 26L, les mesures du CFL à 3 mètres au nord de l'axe, effectuées à l'aide du SARSYS STFT n° 601, présentent une stabilité similaire à celle observée sur les mesures effectuées à l'aide de l'IMAG 208F.

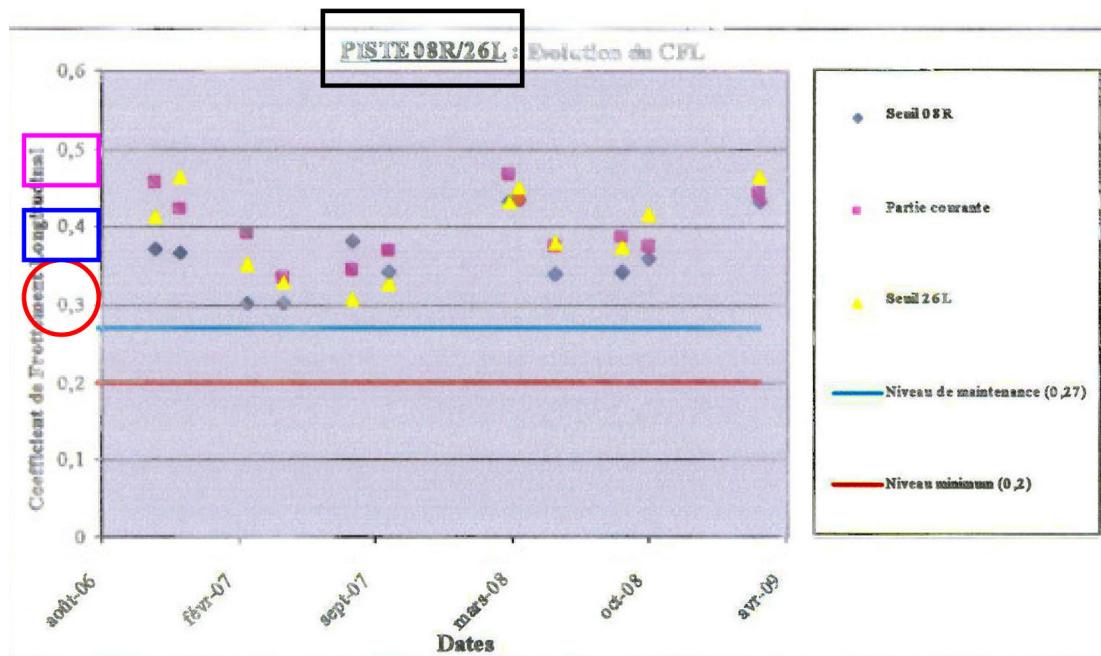
Par contre, les mesures du CFL à 3 mètres au sud de l'axe, effectuées par le SARSYS STFT n° 601, présentent une dégradation du CFL, entre 800 m et 400 m, similaire à celle constatée au seuil 08R par l'IMAG 208F.

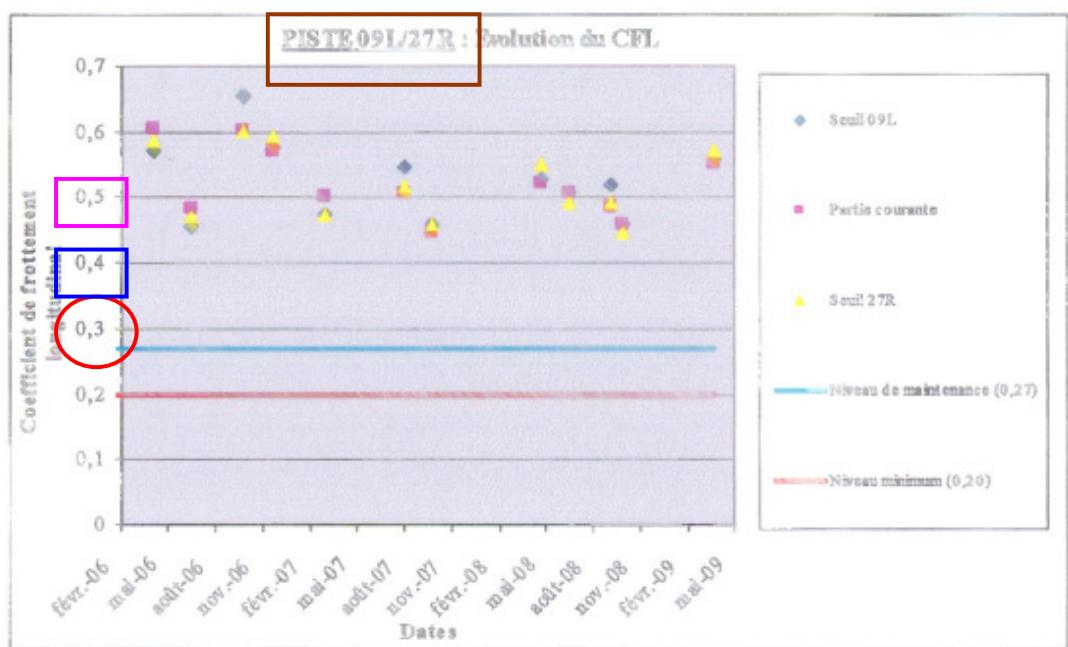
Les mesures, effectuées avec le SARSYS STFT n° 601 en octobre 2008 et celles effectuées en mars 2009, montrent que :

- à 3 m au sud, on n'observe pas de décroissance des CFL entre 300 m vers 400 m du seuil sur le relevé d'octobre 2008, et on constate que la valeur moyenne des CFL est inférieure en octobre 2008 (0,50 au lieu de 0,65);
- à 3 m au nord, les relevés sont similaires, mais la valeur moyenne des CFL est inférieure en octobre 2008 (0,50 au lieu de 0,58).

3 - Suivi des CFL depuis 2006 et jusqu'en mars 2009 des 4 pistes de Paris Charles de Gaulle

On constate que les valeurs de CFL, relevées sur la piste 08R/26L, sont comprises entre 0,3 et 0,4, notamment au cours du deuxième semestre 2008, alors que les valeurs de CFL, relevées sur la piste 09L/27R, sont bien supérieures. Ces deux pistes sont dédiées aux atterrissages et sont plus exposées à l'engommage.





annexe 11
Extraits de l'Annexe 14 de l'OACI

CHAPITRE 2. RENSEIGNEMENTS SUR LES AÉRODROMES

2.9 État de l'aire de mouvement et des installations connexes

2.9.1 Des renseignements sur l'état de l'aire de mouvement et le fonctionnement des installations connexes seront communiqués aux organismes appropriés des services d'information aéronautique, et des renseignements analogues, importants du point de vue opérationnel, seront communiqués aux organismes des services de la circulation aérienne, afin de leur permettre de fournir les renseignements nécessaires aux avions à l'arrivée et au départ. Ces renseignements seront tenus à jour et tout changement sera signalé sans délai.

2.9.2 L'état de l'aire de mouvement et le fonctionnement des installations connexes seront surveillés et des comptes rendus seront communiqués sur des questions intéressant l'exploitation ou influant sur les performances des aéronefs, notamment sur ce qui suit :

- a) travaux de construction ou d'entretien ;
- b) parties irrégulières ou détériorées de la surface d'une piste, d'une voie de circulation ou d'une aire de trafic ;
- c) présence de neige, de neige fondante ou de glace sur une piste, une voie de circulation ou une aire de trafic ;
- d) présence d'eau sur une piste, une voie de circulation ou une aire de trafic ;
- e) congères ou amoncellements de neige à proximité d'une piste, d'une voie de circulation ou d'une aire de trafic ;
- f) présence d'agents chimiques liquides de déglaçage sur une piste ou une voie de circulation ;
- g) autres dangers temporaires, y compris les aéronefs en stationnement ;
- h) panne ou irrégularité de fonctionnement de la totalité ou d'une partie des aides visuelles de l'aérodrome ;
- i) panne de l'alimentation électrique normale ou auxiliaire.

2.9.3 Pour faciliter l'application des dispositions des § 2.9.1 et 2.9.2, des inspections de l'aire de mouvement seront effectuées au moins une fois par jour lorsque le chiffre de code est 1 ou 2, et au moins deux fois par jour lorsque le chiffre de code est 3 ou 4.

Note.—Le Manuel des services d'aéroport (Doc 9137), 8^e Partie, et le Manuel sur les systèmes de guidage et de contrôle de la circulation de surface (SMGCS) (Doc 9476) contiennent des éléments indicatifs sur les inspections quotidiennes de l'aire de mouvement.

Présence d'eau sur une piste

2.9.4 Recommandation.— *Il est recommandé, chaque fois qu'il y a de l'eau sur une piste, de donner une description de l'état de la surface de la piste, sur la moitié centrale de la largeur de celle-ci, en donnant, le cas échéant, une évaluation de la profondeur de l'eau, au moyen des termes suivants :*

HUMIDE— *la surface présente un changement de couleur dû à la présence d'humidité.*

MOUILLÉE— *la surface est mouillée mais il n'y a pas d'eau stagnante.*

FLAQUES D'EAU— *de nombreuses flaques d'eau stagnante sont visibles.*

INONDÉE— *de vastes nappes d'eau stagnante sont visibles.*

2.9.5 Des renseignements sur une piste ou une section de piste qui peut devenir glissante lorsqu'elle est mouillée devront être communiqués.

2.9.6 Une piste ou une section de piste sera considérée comme étant glissante, quand les mesures spécifiées au § 10.2.3 indiquent que les caractéristiques de frottement de la surface de la piste, déterminées au moyen d'un appareil de mesure continue du frottement, sont inférieures au niveau minimum de frottement qui est spécifié par l'État.

Note.— *On trouvera dans le Supplément A, section 7, des éléments indicatifs sur la façon de déterminer et d'exprimer le niveau minimum de frottement.*

2.9.7 Le niveau minimum de frottement spécifié par l'État au-dessous duquel la piste doit être signalée comme étant glissante, ainsi que le type d'appareil de mesure du frottement utilisé seront indiqués.

2.9.8 Recommandation.— *Il est recommandé, quand on soupçonne qu'une piste peut devenir glissante dans des conditions inhabituelles, de procéder à des mesures supplémentaires lorsque ces conditions se présentent, et de donner des renseignements sur les caractéristiques de frottement de la surface de la piste lorsque, d'après ces mesures supplémentaires, la piste ou une partie de la piste est devenue glissante.*

Présence de neige, de neige fondante ou de glace sur une piste

Note 1.— *Les présentes spécifications visent à répondre aux conditions prévues par l'Annexe 15 pour la diffusion des SNOWTAM et des NOTAM.*

Note 2.— *On peut utiliser des capteurs pour déceler et afficher en permanence les données ou prévisions sur l'état de la surface de piste, par exemple la présence d'humidité ou la formation imminente de glace sur les chaussées.*

2.9.9 Recommandation.— *Il est recommandé, lorsqu'il est impossible de débarrasser complètement une piste de la neige, de la neige fondante ou de la glace, de procéder à une évaluation de l'état de la piste et de mesurer le coefficient de frottement.*

Note.— *On trouvera dans le Supplément A, section 6, des éléments indicatifs sur la façon de déterminer et d'exprimer les caractéristiques de frottement des surfaces couvertes de neige ou de glace.*

2.9.10 Recommandation.— Il est recommandé que les lectures de l'appareil de mesure du coefficient de frottement sur les surfaces recouvertes de neige, de neige fondante ou de glace et celles d'autres appareils semblables présentent une bonne corrélation.

Note.— On doit chercher principalement à mesurer le frottement superficiel d'une façon qui ait un rapport avec le frottement auquel est soumis un pneu d'aéronef et à établir ainsi la corrélation entre l'appareil de mesure du coefficient de frottement et les performances de freinage des aéronefs.

2.9.11 Recommandation.— Il est recommandé que, chaque fois qu'une piste est recouverte de neige sèche, de neige mouillée ou de neige fondante, une évaluation de l'épaisseur moyenne des dépôts soit faite sur chaque tiers de la piste avec une précision d'environ 2 cm pour la neige sèche, de 1 cm pour la neige humide et de 0,3 cm pour la neige fondante.

CHAPITRE 10. ENTRETIEN DE L'AÉRODROME

10.1 Généralités

10.1.1 Recommandation.— Il est recommandé d'instituer sur les aérodromes un programme d'entretien, comprenant l'entretien préventif, le cas échéant, pour maintenir les installations dans un état qui ne nuise pas à la sécurité, à la régularité ou à l'efficacité de la navigation aérienne.

Note 1.— Par entretien préventif, on entend des travaux d'entretien programmés, entrepris de façon à prévenir toute défaillance ou détérioration des installations.

Note 2.— On entend par « installations » les chaussées, les aides visuelles, les clôtures, les réseaux de drainage, les bâtiments, etc.

10.1.2 Recommandation.— Il est recommandé que la conception et l'application des programmes d'entretien tiennent compte des principes des facteurs humains.

Note.— Des éléments indicatifs sur les principes des facteurs humains figurent dans le Manuel d'instruction sur les facteurs humains (Doc 9683).

10.2 Chaussées

10.2.1 Les surfaces de toutes les aires de mouvement, y compris les chaussées (pistes, voies de circulation et aires de trafic) et les aires adjacentes, seront inspectées et leur état surveillé régulièrement dans le cadre d'un programme d'entretien préventif et correctif de l'aérodrome ayant pour objectif d'éviter et d'éliminer tous les objets ou débris qui pourraient endommager les aéronefs ou nuire au fonctionnement des circuits de bord.

Note 1.— Se reporter à la disposition 2.9.3 sur les inspections des aires de mouvement.

Note 2. — Le Manuel des services d'aéroport (Doc 9137), 8^e Partie, le Manuel sur les systèmes de guidage et de contrôle de la circulation de surface (SMGCS) (Doc 9476) et le Manuel sur les systèmes perfectionnés de guidage et de contrôle des mouvements à la surface (A-SMGCS) (Doc 9830) contiennent des éléments indicatifs sur les inspections quotidiennes de l'aire de mouvement.

Note 3.— Le Manuel des services d'aéroport (Doc 9137), 9^e Partie, contient des éléments indicatifs supplémentaires sur le balayage et le nettoyage des surfaces.

Note 4.— Le Supplément A, section 8, et le Manuel de conception des aérodromes (Doc 9157), 2^e Partie, donnent des indications sur les précautions à prendre en ce qui concerne la surface des accotements.

10.2.2 La surface des pistes sera maintenue dans un état tel qu'il n'y aura pas formation d'irrégularités dangereuses.

Note.— Voir Supplément A, section 5.

10.2.3 Les caractéristiques de frottement d'une surface de piste seront périodiquement mesurées au moyen d'un appareil automouillant de mesure continue du frottement.

Note.— Des éléments indicatifs concernant l'évaluation des caractéristiques de frottement des pistes figurent au Supplément A, section 7. Le Manuel des services d'aéroport (Doc 9137), 2^e Partie, contient des éléments indicatifs supplémentaires.

10.2.4 Des mesures correctives d'entretien seront prises lorsque les caractéristiques de frottement sur tout ou partie d'une piste sont inférieures à un niveau minimal de frottement spécifié par l'État.

Note.— Une section de piste d'environ 100 m de longueur peut être considérée comme significative du point de vue de l'entretien ou de la communication des renseignements.

10.2.5 Recommandation.— *Il est recommandé d'envisager des mesures correctives d'entretien lorsque les caractéristiques de frottement de tout ou partie de la piste sont inférieures à un niveau de planification de maintenance spécifié par l'État.*

10.2.6 Recommandation.— *Il est recommandé que, s'il y a lieu de penser qu'en raison de pentes ou de dépressions, les caractéristiques d'écoulement de tout ou partie d'une piste sont médiocres, les caractéristiques de frottement de cette piste soient évaluées dans des conditions naturelles ou simulées qui soient représentatives des conditions locales de pluie et que des mesures correctives d'entretien soient prises selon les besoins.*

10.2.7 Recommandation.— *Il est recommandé que, lorsqu'une voie de circulation doit être utilisée par des avions à turbomachines, la surface de ses accotements soit entretenue de manière à être dégagée de tous cailloux ou autres objets qui pourraient pénétrer dans les moteurs des avions.*

Note.— Des indications sur ce sujet figurent dans le Manuel de conception des aérodromes (Doc 9157), 2^e Partie.

10.2.8 La surface d'une piste comportant un revêtement sera maintenue dans un état tel que les caractéristiques de frottement soient bonnes et la résistance au roulement soit faible. La neige, la neige fondante, la glace, l'eau stagnante, la boue, la poussière, le sable, l'huile, les dépôts de caoutchouc et autres seront enlevés aussi rapidement et aussi complètement que possible afin d'en limiter l'accumulation.

Note.— Le Supplément A, section 6, donne des indications sur la façon de déterminer et d'exprimer les caractéristiques de frottement lorsqu'il est impossible de débarrasser les pistes de la neige ou de la glace. Le Manuel des services d'aéroport (Doc 9137),

2^e Partie, contient d'autres renseignements sur cette question, ainsi que sur l'amélioration des caractéristiques de frottement et le déblaiement des pistes.

10.2.9 Recommandation.— *Il est recommandé de débarrasser de la neige, de la neige fondante, de la glace, etc., la surface d'une voie de circulation dans la mesure nécessaire pour permettre aux aéronefs de rejoindre ou de quitter une piste en service.*

10.2.10 Recommandation.— *Il est recommandé de débarrasser de la neige, de la neige fondante, de la glace, etc., la surface des aires de trafic dans la mesure nécessaire pour permettre aux aéronefs de manœuvrer en sécurité ou, le cas échéant, d'être remorqués ou poussés.*

10.2.11 Recommandation.— *Il est recommandé que, lorsque les diverses parties de l'aire de mouvement ne peuvent être simultanément débarrassées de la neige, de la neige fondante, de la glace, etc., l'ordre de priorité soit le suivant (cet ordre peut être modifié, au besoin, après consultation des usagers de l'aérodrome) :*

- 1 — piste(s) en service ;*
- 2 — voie(s) de circulation desservant la(les) piste(s) en service ;*
- 3 — aire(s) de trafic ;*
- 4 — plates-formes d'attente de circulation ;*
- 5 — autres endroits.*

10.2.12 Recommandation.— *Il est recommandé d'utiliser des agents chimiques pour enlever la glace et le givre sur les chaussées d'aérodrome, ou pour en prévenir la formation, lorsque les conditions indiquent que ces agents peuvent être utilisés avec succès. Il convient de faire preuve de prudence lors de l'application des agents chimiques pour ne pas rendre les chaussées plus glissantes qu'avant le traitement.*

Note.— Le Manuel des services d'aéroport (Doc 9137), 2^e Partie, donne des indications au sujet de l'emploi d'agents chimiques sur les chaussées d'aérodrome.

10.2.13 Les agents chimiques qui peuvent avoir des effets nuisibles sur les aéronefs ou sur les chaussées, ou des effets toxiques sur l'environnement, ne seront pas utilisés.

SUPPLÉMENT A. ÉLÉMENTS INDICATIFS COMPLÉTANT LES DISPOSITIONS DE L'ANNEXE 14, VOLUME I

6. Détermination et expression des caractéristiques de frottement des surfaces en dur recouvertes de neige ou de glace

6.1 Il est nécessaire pour l'exploitation de disposer de renseignements sûrs et uniformes au sujet des caractéristiques de frottement des pistes recouvertes de glace ou de neige. On peut obtenir des indications précises et fiables au moyen d'appareils de mesure du frottement; cependant, il est nécessaire d'acquérir une plus grande expérience dans ce domaine afin d'établir la corrélation entre les résultats obtenus au moyen de ces appareils et les performances des aéronefs, étant donné les nombreuses variables à

considérer, comme la masse de l'aéronef, sa vitesse, le mécanisme de freinage, les caractéristiques des pneus et du train d'atterrissage.

6.2 Il convient de mesurer le coefficient de frottement lorsqu'une piste est recouverte partiellement ou totalement de neige ou de glace et de répéter cette mesure lorsque les conditions changent. Il convient de mesurer le frottement ou d'évaluer le freinage sur les chaussées autres que les pistes lorsque l'on peut s'attendre à un frottement insuffisant sur ces chaussées.

6.3 La mesure du coefficient de frottement représente la meilleure base de détermination du frottement superficiel. La valeur du frottement superficiel doit être la valeur maximale du frottement qui se produit lorsqu'une roue tourne avec un certain taux de glissement. On peut utiliser différents appareils de mesure. Étant donné que l'exploitation exige l'application d'une méthode uniforme pour évaluer et communiquer le frottement sur une piste, il est recommandé d'utiliser de préférence un équipement permettant de mesurer de façon continue le frottement maximal sur toute la longueur de la piste. Le *Manuel des services d'aéroport* (Doc 9137), 2^e Partie, décrit des techniques de mesure et donne des renseignements sur les limites des divers appareils de mesure du frottement, ainsi que les précautions à prendre.

6.4 Le *Manuel des services d'aéroport* (Doc 9137), 2^e Partie, contient un tableau fondé sur les résultats d'essais effectués sur des chaussées sélectionnées, recouvertes de neige ou de glace, et montrant la corrélation qui existe entre certains appareils de mesure du frottement sur des surfaces recouvertes de neige ou de glace.

6.5 Le frottement sur une piste devrait être exprimé sous forme de «renseignements sur le freinage» au moyen du coefficient de frottement μ mesuré ou de l'«évaluation du freinage». Les valeurs numériques spécifiques de μ sont nécessairement liées à la conception et à la construction de chaque appareil de mesure du frottement tout autant qu'à la surface qui fait l'objet des mesures et à la vitesse employée.

6.6 Le tableau et les expressions descriptives correspondantes ci-dessous résultent de données sur le frottement recueillies uniquement dans le cas de la neige compactée et de la glace; il importe par conséquent de ne pas les considérer comme des valeurs absolues applicables dans toutes les conditions. Si les caractéristiques de la surface sont modifiées par la neige ou la glace, le freinage étant toutefois qualifié de «bon», les pilotes ne devraient pas s'attendre à une chaussée aussi bonne que celle d'une piste propre et sèche (sur laquelle le frottement peut être supérieur au frottement nécessaire en tout cas). L'indication «bon» est relative et signifie qu'il ne devrait pas y avoir de difficulté de contrôle de direction ou de freinage, en particulier au cours de l'atterrissement.

Coefficient mesuré	Évaluation du freinage	Code
0,40 et plus	Bon	5
de 0,39 à 0,36	Passable à bon	4
de 0,35 à 0,30	Passable	3
de 0,29 à 0,26	Passable à médiocre	2
0,25 et moins	Médiocre	1

6.7 On a constaté qu'il est nécessaire de fournir des renseignements sur le frottement superficiel pour chaque tiers de la longueur de la piste. Les tiers sont identifiés par les lettres A, B et C. Lorsque les renseignements sont communiqués aux organismes des services aéronautiques, la section A sera toujours celle qui se trouve du côté de la piste dont le numéro d'identification est le plus bas. Toutefois, lorsqu'on donne des renseignements à un pilote pour l'atterrissement, les tronçons de piste sont appelés première, deuxième ou troisième partie de la piste. On entend toujours par « première partie » le premier tiers de la piste dans le sens de l'atterrissement. Les mesures du frottement se font le long de deux lignes parallèles à l'axe de la piste, situées à environ 3 m de part et d'autre de cet axe, ou à la distance par rapport à l'axe qui correspond à l'utilisation la plus fréquente. Les essais ont pour objet de déterminer le coefficient de frottement moyen pour les sections A, B et C. Lorsqu'on utilise un appareil de mesure continue du frottement, on obtient des valeurs moyennes à partir des coefficients enregistrés pour chaque section. La distance entre deux points d'essai consécutifs devrait correspondre à environ 10 % de la longueur utilisable de la piste. S'il est décidé qu'une seule et unique ligne d'essai, sur un côté de l'axe de la piste, fournit une indication suffisante pour l'ensemble de la piste, il s'ensuit que trois essais devraient être effectués sur chaque tiers de piste.

Les résultats des essais et les coefficients de frottement moyens calculés sont inscrits sur un imprimé spécial (voir le *Manuel des services d'aéroport* [Doc 9137], 2^e Partie).

Note.— Le cas échéant, les chiffres relatifs au frottement sur les prolongements d'arrêt devraient être aussi communiqués sur demande.

6.8 On peut utiliser, pour mesurer les coefficients de frottement sur les pistes recouvertes de neige compactée ou de glace, un appareil de mesure continue du frottement (skiddomètre, dispositif de mesure du frottement de surface, mumètre ou appareil de mesure du frottement sur les pistes, GripTester par exemple). On peut utiliser, sur certaines conditions de surface, neige compactée, glace et couches très fines de neige sèche, par exemple, un décéléromètre (Tapleymètre ou Brakemètredynomètre, par exemple). D'autres appareils de mesure du frottement peuvent être utilisés à condition que la corrélation ait été établie entre eux et l'un au moins des types mentionnés ci-dessus. Il ne faut pas utiliser de décéléromètre sur de la neige folle ou de la neige fondante, car cet appareil peut donner des valeurs erronées du frottement. D'autres appareils de mesure du frottement peuvent aussi donner des valeurs erronées en présence de certaines combinaisons de contaminants, selon la température de l'air et de la chaussée.

6.9 Le *Manuel des services d'aéroport* (Doc 9137), 2^e Partie, donne des éléments indicatifs sur l'emploi uniforme des dispositifs de mesure pour obtenir des résultats compatibles, ainsi que des renseignements sur le nettoyage des chaussées et l'amélioration du frottement.

7. Détermination des caractéristiques de frottement des pistes en dur mouillées

7.1 Il convient de mesurer le frottement sur piste mouillée pour :

- a) vérifier les caractéristiques de frottement des nouvelles pistes ou des pistes dont la surface a été refaite lorsqu'elles sont mouillées (Chapitre 3, § 3.1.24) ;
- b) évaluer périodiquement la glissance d'une piste en dur lorsqu'elle est mouillée (Chapitre 10, § 10.2.3) ;
- c) déterminer l'effet produit sur le frottement lorsque les caractéristiques d'écoulement sont insuffisantes (Chapitre 10, § 10.2.6) ;
- d) déterminer le frottement sur une piste en dur qui devient glissante dans des conditions inhabituelles (Chapitre 2, § 2.9.8).

7.2 Des évaluations devraient être faites sur les pistes lors de leur construction ou après la réfection de leur surface pour déterminer leurs caractéristiques de frottement « piste mouillée ». Bien qu'il soit reconnu qu'à l'usage le frottement diminue, la valeur obtenue représente le frottement de la partie centrale de la piste, qui est relativement longue et exempte de dépôts de caoutchouc provenant des pneus des aéronefs, et elle présente donc un intérêt pour l'exploitation. L'évaluation devrait être faite sur des chaussées propres. S'il n'est pas possible de nettoyer une chaussée avant de procéder à la mesure, il conviendrait de faire une mesure sur une section propre de la partie centrale de la piste en vue de l'établissement d'un compte rendu préliminaire.

7.3 Il faudrait procéder périodiquement à des mesures du frottement des chaussées afin d'identifier les pistes qui ont un faible coefficient de frottement lorsqu'elles sont mouillées. Chaque État devrait définir le niveau minimum de frottement qu'il juge acceptable, avant de déclarer qu'une piste est glissante lorsqu'elle est mouillée et indiquer cette valeur dans sa publication d'information aéronautique (AIP). Lorsqu'il est constaté que le frottement d'une piste est inférieur à la valeur publiée, ce renseignement devrait être diffusé dans un NOTAM. L'État devrait aussi fixer un niveau de planification de maintenance, au-dessous duquel les mesures correctives appropriées d'entretien devraient être prises pour améliorer le frottement. Cependant, lorsque les caractéristiques de frottement de tout ou partie de la piste sont inférieures au niveau minimum de frottement, des mesures correctives d'entretien doivent être prises sans délai. Les mesures du frottement devraient être faites à des intervalles qui permettent d'identifier les pistes qui doivent être entretenues ou dont la surface doit faire l'objet d'un traitement spécial avant que la situation devienne grave. La périodicité des mesures dépendra de facteurs tels que les types d'aéronefs et la fréquence des mouvements, les conditions climatiques, le type de chaussée, le nettoyage de la chaussée et les besoins d'entretien.

7.4 Par souci d'uniformité et en vue de la comparaison avec d'autres pistes, il faudrait, pour les mesures du frottement sur les pistes existantes, sur les pistes neuves ou sur les pistes dont le revêtement a été refait, utiliser un appareil de mesure continue du frottement équipé d'un pneu lisse. Il faudrait pouvoir, avec cet appareil, utiliser un moyen d'automouillage afin de mesurer les caractéristiques de frottement que possède la surface lorsqu'elle est recouverte d'un millimètre d'eau au minimum.

7.5 S'il y a lieu de penser que les caractéristiques de frottement d'une piste peuvent être réduites du fait que l'écoulement est insuffisant parce que les pentes sont mauvaises ou à cause de l'existence de dépressions, un essai supplémentaire devrait être effectué dans les conditions naturelles représentatives d'une chute de pluie dans la région. La différence entre cet essai et l'essai précédent réside dans le fait que la profondeur des flaques d'eau sur les portions de la piste où l'écoulement est insuffisant est normalement plus grande quand il pleut. Les résultats du deuxième essai permettent donc mieux de déterminer les zones difficiles dont le faible coefficient de frottement pourrait occasionner le phénomène d'hydroplanage. Si les circonstances ne permettent pas de procéder aux essais dans des conditions naturelles représentatives d'une pluie, la pluie pourra être simulée.

7.6 Même s'il se révèle que le frottement est supérieur au niveau fixé par l'État pour définir une piste glissante, on peut avoir observé que, dans des conditions inhabituelles, par exemple à la suite d'une longue période de sécheresse, la piste devient glissante. Si l'on sait que cette situation se présente, il faudrait procéder à une mesure du frottement dès qu'il y a lieu de penser que la piste est devenue glissante.

7.7 Si les résultats de l'une quelconque des mesures décrites aux § 7.3 à 7.6 indiquent que seule une section particulière de la surface d'une piste est glissante, il est tout aussi important de prendre les dispositions voulues pour diffuser ce renseignement et, s'il y a lieu, de remédier à la situation.

7.8 Lorsqu'on procède à des mesures du frottement sur des pistes mouillées, il ne faut pas oublier que la variation du coefficient de frottement en fonction de la vitesse est très limitée en présence de neige compactée ou de glace mais qu'au contraire une piste mouillée provoque une baisse du frottement lorsque la vitesse augmente. Cependant, le taux de décroissance du frottement diminue à mesure que la vitesse augmente. Parmi les facteurs qui influencent le coefficient de frottement des pneus sur la surface des pistes, la texture de ces dernières est particulièrement importante. Si la piste présente une bonne macrotexture qui permet à l'eau de passer sous le pneu, le frottement sera moins affecté par la vitesse. En revanche, une surface à macrotexture médiocre cause une plus importante baisse du frottement à mesure que la vitesse augmente. Par conséquent, lorsqu'on effectue des mesures sur les pistes pour déterminer leurs caractéristiques de frottement et la nécessité de faire des travaux d'entretien en vue de les améliorer, la vitesse devrait être assez élevée pour faire apparaître ces variations du frottement en fonction de la vitesse.

7.9 En vertu de l'Annexe 14, Volume I, les États doivent spécifier deux niveaux de frottement comme suit :

- a) un niveau de frottement d'entretien au-dessous duquel il faudrait prendre des mesures correctives d'entretien ;
- b) un niveau minimum de frottement au-dessous duquel il faudrait signaler qu'une piste peut être glissante lorsqu'elle est mouillée.

En outre, les États devraient fixer des critères en ce qui concerne les caractéristiques de frottement des pistes neuves ou des pistes dont la surface a été refaite. Le Tableau A-1 contient des indications sur l'établissement de l'objectif de conception pour les surfaces de piste neuves ainsi que sur

l'établissement du niveau de planification de maintenance et du niveau minimal de frottement pour les surfaces de piste en usage.

7.10 Les valeurs de frottement indiquées dans le tableau sont des valeurs absolues destinées à être employées sans aucune tolérance. Elles ont été établies à partir des résultats d'un programme de recherches mené dans un État. Les deux pneus de mesure du frottement utilisés avec le mumètre étaient des pneus à bande lisse faits d'un caoutchouc à composition particulière, de type A. Pendant les essais, ils étaient placés à un angle inclus de 15° par rapport à l'axe longitudinal de la remorque. Les pneus qui équipaient le skiddomètre, le véhicule de mesure du frottement de surface, l'appareil de mesure du frottement sur les pistes et le TATRA étaient des pneus à bande lisse faits avec le même caoutchouc, de type B. Le pneu du GripTester (type C) était à bande lisse et composé du même caoutchouc que le pneu de type B, mais il était plus petit. Les spécifications concernant ces pneus (types A, B et C) figurent dans le *Manuel des services d'aéroport* (Doc 9137), 2^e Partie. Les dispositifs de mesure du frottement utilisés avec des pneus faits d'un caoutchouc ou présentant une bande/sculpture différents de ceux du programme mentionné ci-dessus, ou à des pressions de gonflage, épaisseurs d'eau ou vitesses différentes dudit programme, donneront des résultats qui ne pourront pas être corrélés directement avec ceux que donne le tableau. Les valeurs indiquées dans les colonnes (5), (6) et (7) sont des moyennes représentatives de la piste ou d'une partie importante de celle-ci. Il est jugé souhaitable de mesurer à plusieurs vitesses les caractéristiques de frottement d'une piste en dur.

Tableau A-1. Niveaux de frottement de surfaces de pistes neuves et existantes

Dispositif de mesure	Pneu d'essai		Vitesse durant l'essai (km/h)	Épaisseur d'eau durant l'essai (mm)	Objectif de conception pour surface de piste neuve	Niveau de planification de maintenance	Niveau minimal de frottement
	Type	Pression (kPa)					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Mumètre	A	70	65	1,0	0,72	0,52	0,42
	A	70	95	1,0	0,66	0,38	0,26
Skiddomètre	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	95	1,0	0,74	0,47	0,34
Véhicule de mesure du frottement de surface	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	95	1,0	0,74	0,47	0,34
Appareil de mesure du frottement sur les pistes	B	210	65	1,0	0,82	0,60	0,50
	B	210	95	1,0	0,74	0,54	0,41
Véhicule de mesure du frottement TATRA	B	210	65	1,0	0,76	0,57	0,48
	B	210	95	1,0	0,67	0,52	0,42
Remorque GripTester	C	140	65	1,0	0,74	0,53	0,43
	C	140	95	1,0	0,64	0,36	0,24

7.11 On peut utiliser un autre dispositif de mesure du frottement à condition qu'il ait été corrélé avec au moins un des dispositifs mentionnés ci-dessus. Le *Manuel des services d'aéroport* (Doc 9137), 2^e Partie, contient des éléments indicatifs sur la méthode de détermination des valeurs de frottement correspondant à l'objectif de conception, au niveau de planification de maintenance et au niveau minimal de frottement dans le cas d'un dispositif de mesure du frottement qui n'est pas indiqué dans le Tableau A-1.

annexe 12

Extraits de l'Arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe

2. Etat de l'aire de mouvement

Les informations relatives à l'état de l'aire de mouvement font partie des renseignements à communiquer aux organismes des services d'information aéronautique, et des renseignements analogues, importants du point de vue opérationnel, sont communiqués aux organismes des services de la circulation aérienne, afin de leur permettre de fournir les renseignements nécessaires aux aéronefs à l'arrivée et au départ. Ces renseignements sont tenus à jour et tout changement est signalé sans délai.

3.5 Caractéristiques de frottement intrinsèques

Les caractéristiques de frottement intrinsèques d'une surface de piste sont périodiquement mesurées au moyen d'un appareil auto-mouillant de mesure continue du frottement, agréé par l'Etat.

Le délai maximal entre **deux mesures est de deux ans.** L'exploitant tient à jour un document répertoriant l'historique des mesures, incluant l'appareil utilisé et son certificat d'agrément.

Une piste ou une section de piste est considérée comme étant glissante, quand les mesures spécifiées dans le paragraphe précédent indiquent que les caractéristiques de frottement de la surface de la piste, déterminées au moyen d'un appareil auto-mouillant de mesure continue du frottement, sont inférieures aux niveaux minimaux de frottement spécifiés dans le tableau suivant.

Dispositif de mesure	Pneu d'essai		Vitesse durant l'essai (km/h)	Epaisseur d'eau durant l'essai (mm)	Niveau minimal de frottement
	Type	Pression (kPa)			
Mumètre MK6	A	70	65	1,0	0,30
	A	70	95	1,0	0,20
Skiddomètre BV11	B	210	65	1,0	0,41
	B	210	95	1,0	0,28
SFT	B	210	65	1,0	0,40
	B	210	95	1,0	0,27
RFT	B	210	65	1,0	0,42
	B	210	95	1,0	0,28
SARSYS STFT	B	210	65	1,0	0,37
	B	210	95	1,0	0,24
IMAG	C	150	65	1,0	0,30
	C	150	95	1,0	0,20

- (A) Pneu d'essai ASTM (American Society for Testing and Materials), à bande de roulement lisse conforme à la spécification E670.
- (B) Pneu d'essai ASTM (American Society for Testing and Materials), à bande de roulement lisse conforme à la spécification E1551.
- (C) Pneu d'essai AIPCR (Association Internationale des Congrès de la Route) à bande de roulement lisse.

Des **mesures correctives d'entretien** sont prises lorsque les caractéristiques de frottement, sur **tout ou partie d'une piste**, sont inférieures à un niveau minimal de frottement spécifié dans le tableau ci-dessus.

annexe 13

Fiche stratégie traitement préventif



ANNEXE AU PLAN NEIGE STRATEGIE TRAITEMENT PREVENTIF

UO CDGR - Activité Infrastructures - Service Hivernal

05/02/2008

Stratégie Préventif	GELEE BLANCHE AU SOL	GLACE AU SOL	PLUIE VERGLACANTE	NEIGE
Oui / Non	Non Surveiller les Ouvrages d'arts, éléments précurseur	Oui si chaussée humide	Oui Surveiller "MTO+" (déplacement du nuage de pluie). Tchat régulier avec Météo France pour prévoir l'horaire et l'intensité de la pluie. Application 3h avant arrivée pluie verglaçante	Oui avec T° Air <0°C ou sol<0°C Surveiller "MTO+" (déplacement du nuage de pluie). Tchat régulier avec Météo France pour prévoir l'horaire, l'intensité, la durée de la neige. Application 3h avant arrivée neige
Epannage (grammage)	15g/m² (curatif) et plus si nécessaire	Pistes/DGV: 20g/m² VDC/Aires: 15g/m²	30g/m²	20g/m²
Lieu	En démarrage sur les zones blanches	- Pistes + DGV dans le QFU (avec voies L et J) - VDC - Aires de trafic (Postes libres) - Aires de dégivrage dans le QFU	- Pistes (application stratégie Plan Neige) - Tous les VDC - Aires de trafic (Postes libres)	
Stratégie Plan Neige		Vérifier Glissance après chaque traitement Début sur Piste 5 machines (2+2+1 secours)	Vérifier Glissance après chaque traitement Début sur Piste 5 machines (2+2+1 secours)	Stratégie Plan Neige
Début Application Traitement Préventif		H-3 par rapport à la P1		H-3 mini avant arrivée phénomène
Armement PC Neige	NON, Le REP fait fonction	Oui si Traitement Préventif décidé		Oui
Déclenchement Superviseur	Non	Oui / en fonction de la prévision de T° < à 0°, 5h avant mini		Oui
Déclenchement Assistant UO	Non	Oui		Oui
Déclenchement RODA CDG2 Chef ressources CDG1	Non	Oui		Oui
Audio Conférence	Non	Oui		Oui
Armement Moyens	5 Déverglaçants	7 Déverglaçants (balayage des flaques si possible en journée)	7 Déverglaçants	Totalité des Moyens
Salage RDS		2 saleuses (N et S)		

annexe 14

Fiche technique du CAP SAFEGRIP FR



Zep Industries



Maintenance & Propreté... Naturellement

CAP SAFEGRIP FR

DÉVERGLAÇANT DE PISTES D'AÉROPORTS

- Efficace : fait fondre rapidement la neige et le verglas sur les pistes des aéroports.
- Traitements préventifs et curatifs.
- Facilement biodégradable : il se dégrade beaucoup mieux que l'urée ou les glycols.
- Conforme à la norme AMS 1435 "Fluid, Generic Deicing / Anti-Icing Runways and Taxiway".
- Se dégrade plus facilement que les produits à base d'acétate : DCO* 10 fois inférieure.
- Agit jusqu'à des températures de - 50 °C : permet de dégager les pistes et aires de stationnement plus rapidement et de les maintenir en état d'utilisation plus longtemps.
- Le support est moins glissant qu'avec d'autres déverglaçants.
- Compatible avec la plupart des métaux, plastiques et élastomères.
- Sans solvants. Contient des inhibiteurs de corrosion.
- Très facilement soluble dans l'eau. Ininflammable.

Pour le déverglaçage des aires de stationnement et de circulation des aéroports, héliports, aérodromes, les autoroutes, les parkings, etc.

APPLICATION

S'utilise en préventif et en curatif. Il est prêt à l'emploi.

■ En préventif :

Taux d'épandage

Température	Sur surface encore sèche	Sur surface déjà humide
0 à -5 °C	20 g/m ²	25 g/m ²
-5 à -10 °C	25 g/m ²	30 g/m ²
-10 à -15 °C	30 g/m ²	40 g/m ²

Ces taux sont donnés à titre indicatif et peuvent varier en fonction de la nature de la piste (surface lisse, rugueuse ou poreuse). Les surfaces poreuses ou rugueuses nécessitent un taux d'épandage supérieur de 5 à 10 g/m².

■ En curatif : s'il y a des grosses épaisseurs de neige, celle-ci doit être dégagée et balayée.

Taux d'épandage

Température	Neige	Verglas
0 à -5 °C	40 g/m ²	50 g/m ²
-5 à -10 °C	50 g/m ²	60 g/m ²
-10 à -15 °C	60 g/m ²	70 g/m ²

Dans le cas de pluies verglaçantes, il est primordial d'intervenir le plus tôt possible et d'associer l'épandage du CAP SAFEGRIP FR à une action mécanique d'une balayeuse afin d'empêcher la formation d'une couche de glace compacte. Les taux ci-dessus devront être augmentés de 10 à 20 g/m².

L'intensité des pluies peut entraîner une dilution rapide du produit, le vent ou la pente de la piste favorisent son élimination.

S'UTILISE AVEC

Machine à rampe avec buses de pulvérisation (choisir de préférence des buses plastiques). Machines à disques tournants.

CONDITIONS D'EMPLOI

Ne pas utiliser sur l'acier galvanisé, les soudures, l'argent et le zinc. Les métaux cuivreux peuvent parfois entraîner la formation de piles et provoquer des corrosions. Non corrosif vis-à-vis des feux de balisage. Se reporter aux conditions d'emploi figurant sur l'emballage.

La fiche de données de sécurité est disponible sur Minitel (serveur Quick-FDS) au n° vert : 08 36 05 10 12 (appel gratuit) et sur Internet : www.zep-industries.fr

D1463-0907-2917

* DCO : Demande chimique en oxygène.

** DBOD : Demande biologique en oxygène sous 5 jours.



BEA

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

Parution : janvier 2011

