

Rapport

Incident survenu le **25 mai 2001**
sur l'**aérodrome de Cayenne-Rochambeau (Guyane)**
à l'**Airbus A340-311**
immatriculé **F-GLZC**
exploité par **Air France**

BEA

MINISTÈRE DES TRANSPORTS, DE L'ÉQUIPEMENT, DU TOURISME ET DE LA MER

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

Avertissement

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

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

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

Table des matières

AVERTISSEMENT	2
GLOSSAIRE	5
SYNOPSIS	6
DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE	7
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	8
1.1 Déroulement du vol	8
1.2 Tués et blessés	9
1.3 Dommages à l'aéronef	9
1.4 Autres dommages	9
1.5 Renseignements sur le personnel	10
1.5.1. Equipage de conduite	10
1.5.2 Contrôleur tour	11
1.6 Renseignements sur l'aéronef	11
1.6.1 Cellule et moteurs	11
1.6.2 Masse et centrage	12
1.6.3 Détermination et suivi de la vitesse par le FMGS	12
1.6.4 Système embarqué avertisseur de cisaillement de vent	12
1.6.5 Equipement GPWS	13
1.6.6 Alarme low energy	13
1.6.7 Radar météorologique de bord	13
1.6.8 Vecteur accélération (speed trend)	13
1.6.9 Atterrissage automatique	14
1.6.10 Train d'atterrissage	14
1.6.11 Géométrie de l'avion à l'atterrissage	15
1.7 Conditions météorologiques	15
1.7.1 Situation générale	15
1.7.2 Situation sur l'aérodrome	16
1.7.3 Information météorologique reçue en vol	17
1.7.4 Observation de l'activité orageuse	17
1.7.5 Valeurs de vent enregistrées à bord	17
1.8 Aides à la navigation	18
1.8.1 ILS/DME	18
1.8.2 PAPI	18
1.8.3 VOR/DME	19
1.9 Télécommunications	19
1.9.1 Information radar	19
1.9.2 Radiocommunications	20
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	20
1.10.1 Généralités	20
1.10.2 Informations relatives au vent	20

1.11 Enregistreurs de bord	20
1.11.1 Enregistreur de paramètres (annexe 2)	20
1.11.2 Enregistreur phonique (voir annexe 3)	22
1.12 Traces au sol	23
1.13 Incendie	23
1.14 Questions relatives à la survie des occupants	23
1.15 Essais et recherches	23
1.15.1 Estimation de la vitesse verticale en finale	23
1.15.2 Calcul du vent instantané	24
1.15.3 Simulations	25
1.15.4 Valeurs moyennes d'ordre à cabrer à l'atterrissage	26
1.16 Renseignements sur les organismes et la gestion	27
1.16.1 Division de vol A340 d'Air France	27
1.16.2 Entraînement au cisaillement de vent	27
1.16.3 Consignes et information sur le cisaillement de vent	28
1.16.4 Consignes relatives au contrôle de la trajectoire	29
1.16.5 Consignes en cas de divergence entre le PAPI et le glide	31
1.17 Renseignements supplémentaires	31
1.17.1 Témoignages	31
1.17.2 Réglementation relative à l'information météorologique	33
1.17.3 Equipements de détection du cisaillement de vent	33
1.17.4 Autres occurrences liées à des cisaillements de vent	33
1.17.5 Détection du cisaillement de vent aux Etats-Unis	35
1.17.6 Définition du ralenti approche	35
2- ANALYSE	36
2.1 Scénario de l'incident	36
2.1.1 Evaluation des conditions météorologiques	36
2.1.2 Entrée dans le cisaillement de vent	36
2.2 Conditions orageuses	37
2.3 Suivi de la trajectoire	38
2.3.1 Influence des modes de pilotage	38
2.3.2 Majoration de la vitesse d'approche	39
2.3.3 Remise de gaz	39
2.4 Détection du cisaillement de vent au sol et en vol	40
2.4.1 Equipements au sol	41
2.4.2 Equipements embarqués	41
2.4.3 Détection des écarts et répartition des tâches	41
3- CONCLUSIONS	43
3.1 Faits établis	43
3.2 Causes probables	44
4- RECOMMANDATIONS DE SECURITE	45
4.1 Détection des cisaillements de vent	45
4.2 Consignes pour la réalisation d'approches en conditions orageuses	46
4.3 Equipement des avions	46
LISTE DES ANNEXES	48

Glossaire

A/THR	Auto-poussée
AAL	Altitude au-dessus de l'aérodrome
ACARS	Arinc Communications Addressing and Reporting System
AESA	Agence européenne pour la sécurité de l'aviation
APP	Mode approche
ATIS	Service automatique d'information de région terminale
CAS	Vitesse air calibrée
CVR	Enregistreur phonique
DAR	Direct Access Recorder
DME	Dispositif de mesure de distance
FAA	Federal Aviation Administration
FDR	Enregistreur de paramètres
FMGS	Système intégré de gestion du vol
GPWS	Avertisseur de proximité du sol
ILS	Système d'atterrissage aux instruments
JAA	Joint Aviation Authorities
MCDU	Interface de saisie du FMGS
MCT	Poussée maximum continue
ND	Ecran de navigation
OACI	Organisme de l'aviation civile internationale
OPL	Officier pilote de ligne
PAPI	Indicateur visuel de pente d'approche
PF	Pilote en fonction
PFD	Ecran d'affichage des paramètres de vol
PNC	Equipage de cabine
PNF	Pilote non en fonction
PNT	Personnel navigant technique
QAR	Enregistreur de maintenance
QNH	Calage altimétrique requis pour lire l'altitude de l'aérodrome au sol
RCA	Règlement de la circulation aérienne
TOGA	Poussée de décollage et de remise de gaz
TRA	Position angulaire des manettes de poussée
UTC	Temps universel coordonné
VLS	Vitesse minimum sélectionnable

Remarque : par convention, lorsque le mot « annexe » commence par une minuscule (annexe) il désigne une annexe au présent document ; lorsqu'il commence par une majuscule (Annexe) il désigne une des annexes à la Convention de Chicago.

Synopsis

Date de l'incident

Vendredi 25 mai 2001 à 17 h 45 ⁽¹⁾

Lieu de l'incident

Aérodrome de Cayenne-Rochambeau
(Guyane)

Nature du vol

Vol régulier AF 3682
Transport public de passagers

Aéronef

Airbus A340-311
Immatriculé F-GLZC

Propriétaire

NBB. Cannes Lease Co Ltd

Exploitant

Air France

Personnes à bord

2 PNT / 8 PNC / 205 passagers

⁽¹⁾ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y retrancher trois heures pour obtenir l'heure en vigueur à Cayenne le jour de l'événement.

Résumé

En approche finale ILS en piste 08 de l'aérodrome de Cayenne-Rochambeau, l'avion rencontre un cisaillement de vent et s'enfonce brutalement à une hauteur d'environ cent pieds. Une alarme SINK RATE retentit. Le copilote, aux commandes, tire sur le manche puis réduit la poussée pour atterrir. Le commandant de bord augmente la poussée et reprend les commandes.

L'avion touche sur le train gauche trente mètres avant le seuil de piste, rebondit et atterrit environ cinq cents mètres plus loin.

DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE

Le BEA a été informé de l'événement le 25 mai 2001. Un enquêteur a été désigné pour conduire l'enquête, à laquelle des représentants du constructeur et de l'exploitant de l'avion ont été associés. Après les premiers travaux conduits sur les enregistreurs de vol, une équipe s'est rendue en juin à Cayenne pour compléter les informations factuelles déjà recueillies par l'enquêteur de première information.

Une réunion de synthèse s'est tenue en décembre, en présence du constructeur et de l'exploitant, pour étudier les éléments rassemblés à cette date et le résultat des simulations effectuées, et un déplacement aux Etats-Unis, en janvier 2002, a permis d'étudier l'équipement des aérodromes de ce pays en systèmes de détection de cisaillement de vent.

L'activité d'enquête sur différents accidents en France et à l'étranger a ralenti le processus de rédaction du rapport. Dans le cadre de son rapport sur l'accident d'un DC 10 à Tahiti (24 décembre 2000), le BEA a analysé les atterrissages par conditions orageuses et proposé certaines recommandations de sécurité. De son côté, l'exploitant a produit un rapport interne sur l'événement en juin 2002.

L'accident de l'A340 F-GLZQ à Toronto a conduit à se poser des questions sur l'incident de Cayenne, celui-ci paraissant avoir indirectement amené certaines modifications de pratiques parmi les pilotes d'Air France.

En accord avec le BST canadien, le constructeur et l'exploitant de l'avion, il a été convenu en janvier 2006 que le BEA formaliserait les résultats de son enquête sur le F-GLZC, dans une approche complémentaire entre les rapports canadien et français.

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le vendredi 25 mai 2001, l'A340 immatriculé F-GLZC, exploité par la compagnie Air France, décolle de Paris-Orly à 8 h 57 pour effectuer le vol régulier AF 3682 vers Cayenne-Rochambeau.

L'équipage, après avoir évoqué l'éventualité d'une approche à vue une heure avant l'arrivée, retient finalement une approche ILS pour la piste 08. Le copilote est pilote en fonction (PF), le commandant de bord est pilote non en fonction (PNF).

A 17 h 40 min 40, alors que l'avion est sur le localizer à environ 10 NM du seuil de la piste 08, le PNF dit « il y a une bonne visi en dessous, tu vois » et le PF « on va avoir un grain quand même ».

A 17 h 42 min 00, le PF déconnecte le pilote automatique. Il garde le directeur de vol et l'auto-poussée en fonction, en mode de tenue de vitesse « managée ».

A 17 h 43 min 00, le PF, après avoir vérifié la cohérence du signal glide avec la distance DME, sélectionne le mode APP et met l'avion en descente.

A 17 h 43 min 52, la tour de contrôle autorise l'avion à atterrir, donne un vent du 160° pour huit nœuds et signale que la piste est mouillée. L'avion est en configuration atterrissage, volets sortis en position FULL. L'équipage sélectionne l'autobrake sur LOW.

Alors que l'avion est sur le glide, l'équipage constate que le PAPI présente trois ou quatre lampes rouges.

A l'altitude de décision (correspondant à 250 ft AAL), à 17 h 45 min 15, le commandant de bord annonce « on continue ».

A 17 h 45 min 21, l'avion entre dans une forte averse et le PNF met les essuie-glaces en marche des deux côtés.

Le PF sent que l'avion s'enfonce. Il effectue une action progressive et limitée à cabrer. Le PNF s'aperçoit que l'avion est passé sous le plan de descente et annonce, à 17 h 45 min 29, « attention, tu plonges ». Au même moment, l'alarme SINK RATE du GPWS retentit. La vitesse verticale augmente vers 1 000 ft/min. Le PNF répète « tu plonges ».

Le PF poursuit son action à cabrer au manche, en la limitant par crainte d'un toucher de la queue de l'avion. Il recule les manettes de poussée jusqu'à la position ralenti. Le commandant de bord les avance immédiatement après. La seconde partie de l'alarme SINK RATE retentit, puis l'annonce RETARD et

l'avion touche brutalement sur le train gauche trente mètres avant le seuil de piste, désaxé à gauche. Les deux pilotes perdent leur casque. L'accélération normale maximale enregistrée lors de ce toucher est de 2,17 g.

L'avion rebondit et le commandant de bord reprend les commandes jusqu'à la fin de l'atterrissage. Le toucher a lieu environ cinq cents mètres plus loin, le train principal gauche en dehors de la piste. L'avion revient sur la piste et à 17 h 45 min 58, le commandant de bord annonce une sortie par le taxiway Echo. Il continue le roulage et amène l'avion à son point de stationnement.

Le débarquement des passagers se fait dans le calme. Certains disent avoir eu peur mais aucun n'est blessé.

1.2 Tués et blessés

	Personnes			Tiers
	Tué(s)	Blessé(s)	Indemne(s)	
Equipage	-	-	10	néant
Passagers	-	-	205	

1.3 Dommages à l'aéronef

A l'arrivée de l'avion au parking, les constatations suivantes ont été faites par Air France :

- ☐ sectionnement des deux câbles de liaison « Torque Tube/Bloc frein » sur le train principal gauche ;
- ☐ écrou du croisillon interne gauche légèrement endommagé ;
- ☐ méplat sur toute la largeur du pneu de la roue n° 1 du train principal gauche ;
- ☐ blessure sur le flanc du pneu de la roue gauche du train central.

L'avion ne présentait pas de dommages structurels. A l'issue des travaux de remise en état, il a été ramené à Paris en convoi technique avec le train central désactivé et immobilisé en position haute.

1.4 Autres dommages

Trois balises d'entrée de piste ont été détruites et une balise latérale gauche a été endommagée.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1. Equipage de conduite

1.5.1.1 Commandant de bord

Homme, 48 ans

- ☐ Entré comme pilote à Air France en avril 1979
- ☐ Licence de pilote de ligne délivrée le 28 mai 1982, valide jusqu'au 7 décembre 2001
- ☐ Dernière visite médicale effectuée le 1^{er} décembre 2000
- ☐ Qualification A340 obtenue le 28 décembre 1999
- ☐ Qualifications antérieures : A310, B737, B747, B727, Fokker 27
- ☐ Maintien des compétences effectué le 14 mars 2001, valide jusqu'au 31 mars 2002
- ☐ Stage CRM effectué le 21 août 1997
- ☐ Contrôle en ligne : 23 novembre 2000
- ☐ Contrôle hors ligne : 14 mars 2001
- ☐ Expérience totale : 10 753 heures de vol
- ☐ Expérience sur A340 : 923 heures de vol
- ☐ Expérience dans les six derniers mois : 300 heures de vol
- ☐ Expérience dans les trois derniers mois : 150 heures de vol
- ☐ Expérience dans les trente derniers jours : 37 heures de vol

Remarque : le commandant de bord avait fréquenté l'aérodrome de Cayenne entre 1986 et 1990 en tant que copilote sur B747. C'était son premier atterrissage en A340 sur cet aérodrome.

1.5.1.2 Copilote

Femme, 37 ans

- ☐ Entrée comme pilote à Air France en juin 1992
- ☐ Licence de pilote de ligne délivrée le 3 mars 1997, valide jusqu'au 30 novembre 2001
- ☐ Dernière visite médicale effectuée le 29 novembre 2000
- ☐ Qualification A340 obtenue le 19 novembre 1998
- ☐ Qualification antérieure : B737
- ☐ Maintien des compétences effectué le 14 décembre 2000, valide jusqu'au 31 décembre 2001
- ☐ Stage CRM effectué le 19 septembre 1994
- ☐ Contrôle en ligne : 4 janvier 2001
- ☐ Contrôle hors ligne : 9 mai 2001

- ☐ Expérience totale : 2 925 heures de vol
- ☐ Expérience sur A340 : 984 heures de vol
- ☐ Expérience dans les six derniers mois : 264 heures de vol
- ☐ Expérience dans les trois derniers mois : 150 heures de vol
- ☐ Expérience dans les trente derniers jours : 51 heures de vol

Remarque : c'était le premier atterrissage du copilote à Cayenne.

1.5.2 Contrôleur tour

Homme, 51 ans

- ☐ Ingénieur du contrôle de la navigation aérienne
- ☐ Affecté à Cayenne-Rochambeau en décembre 1999
- ☐ En service le 25 mai 2001 de 7 h 00 à 11 h 30 puis de 13 h 00 à 19 h 00 (locales)

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Cellule et moteurs

Cellule

- ☐ Constructeur : Airbus Industrie
- ☐ Type : A340 – 311
- ☐ Numéro de série : 029
- ☐ Certificat de navigabilité n° 113545 du 16 mai 2000, valable jusqu'au 30 septembre 2002, délivré par la DGAC conformément au certificat de type n° 183
- ☐ Mise en service le 1^{er} octobre 1993
- ☐ Temps de fonctionnement à la date de l'incident : 38 483 heures
- ☐ Nombre de cycles à la date de l'incident : 5 022

Moteurs

- ☐ Constructeur : CFMI
- ☐ Type : CFM 56-5C2/F

Moteur	Numéro de série	Fonctionnement (heures)	Cycles
1	741581	21 455	2 372
2	740258	29 122	3 575
3	741812	12 234	1 206
4	740312	28 908	3 552

Aucune tolérance technique ne figurait sur le compte-rendu matériel au départ du vol.

1.6.2 Masse et centrage

L'état de charge de l'avion indique une masse au décollage de 251 422 kg pour une masse maximale au décollage de 260 t. Compte tenu d'un délestage de 65 t, la masse à l'atterrissage était d'environ 186 400 kg pour une masse maximale à l'atterrissage de 188 t. Il restait alors environ 22 t de carburant.

Le centrage à l'atterrissage était d'environ 30,7 % pour des valeurs limites avant de 18 % et arrière de 42 %.

1.6.3 Détermination et suivi de la vitesse par le FMGS

La fonction auto-poussée du FMGS a deux modes de tenue de la vitesse en approche : « Vitesse sélectionnée » et « Vitesse managée ». Dans le premier cas, l'équipage affiche une vitesse cible que le système maintient en agissant sur la poussée des réacteurs. Dans le second cas, le système calcule (annexe 7) en permanence la vitesse cible en utilisant la valeur de vent rentrée dans le MCDU et la composante de vent de face instantanée ⁽²⁾.

Au sujet de la loi de commande du N1, le constructeur a fourni les explications suivantes au BEA :

Pour commander des variations de poussée au travers du N1 commandé, l'A/THR utilise l'écart entre la vitesse de l'avion (CAS) et la vitesse cible ainsi qu'un terme d'anticipation représentatif de l'accélération (ou décélération) de l'avion. Ce terme est fonction de l'accélération (ou décélération) par rapport au sol et par rapport à l'air.

S'agissant d'un asservissement linéaire de la CAS à une vitesse cible, avec un retour d'amortissement (ou d'anticipation) en accélération/décélération, il n'y a pas à proprement parler de seuils ou de logique à partir desquels il y aurait augmentation ou diminution du N1 commandé. L'évolution du N1 commandé dépend du rapport de gains entre les différents termes de cet asservissement. Ces différents gains sont le résultat d'un compromis entre réactivité de l'auto-poussée et tenue de la vitesse tout en minimisant la possibilité de couplage avec le pilotage en longitudinal (pilote ou pilote automatique). De plus le gain augmente si la vitesse est en dessous de la vitesse cible (ce gain est progressivement doublé entre la vitesse cible et la vitesse cible - 8kt).

1.6.4 Système embarqué avertisseur de cisaillement de vent

Les A340 sont équipés d'un système de détection de cisaillement de vent (windshear reactive) disponible en approche de 1 300 ft à 50 ft radiosonde. Une alarme est déclenchée lorsque le niveau d'énergie totale de l'avion descend au-

⁽²⁾ A la masse de 186 400 kg, la VLS volets FULL (VLS = 1,23 Vs1g) est égale à 1,23 x 110 kt = 136 kt.

dessous d'une limite prédéterminée. Cette alarme se compose d'un message WINDSHEAR rouge sur les deux PFD pendant au moins quinze secondes et d'un message sonore annonçant WINDSHEAR trois fois.

Remarques :

- ❑ Sur certains avions de la flotte A340 d'Air France, le radar météorologique comporte une fonction de prévision de cisaillement de vent (windshear predictive). Cette fonction est active lorsque l'avion est à une hauteur comprise entre 1 500 et 50 pieds radiosonde. Lorsqu'un cisaillement de vent est détecté, une alarme est affichée au ND et une alarme sonore GO AROUND – WINDSHEAR AHEAD est émise.
- ❑ Le F-GLZC n'était pas équipé du système « windshear predictive ». Cette information figurait dans le dossier de vol remis à l'équipage.

1.6.5 Equipement GPWS

Le F-GLZC était équipé d'un système avertisseur de proximité du sol (GPWS) de type MARK V fabriqué par ALLIED SIGNAL AVIONIC.

Lorsqu'une vitesse de rapprochement du sol excessive est détectée entre 2 450 et 10 ft, cet équipement déclenche une alarme visuelle accompagnée de l'émission par les haut-parleurs du poste de pilotage du message SINK RATE SINK RATE. Le message sonore est émis même si les haut-parleurs sont sur OFF.

1.6.6 Alarme low energy

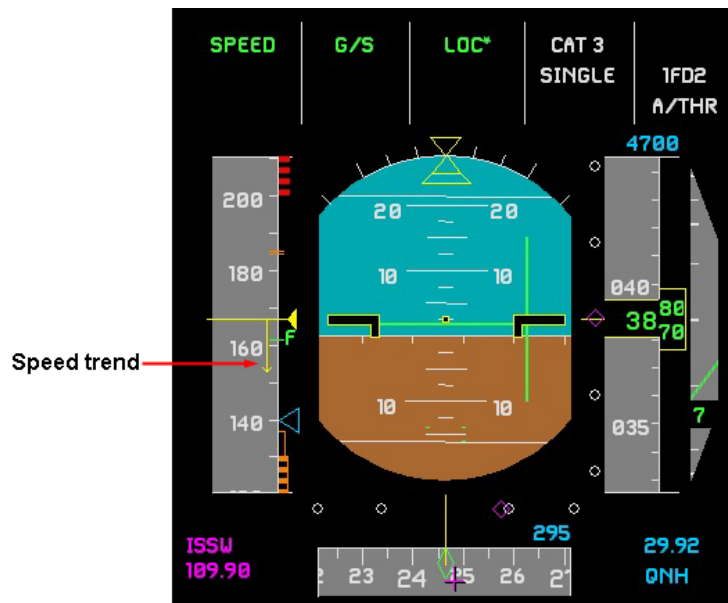
L'alarme SPEED SPEED SPEED alerte l'équipage en cas de basse vitesse. Elle est inhibée au-dessous de cent pieds radiosonde.

1.6.7 Radar météorologique de bord

Un radar météorologique de bord (boîtier de commande de type Bendix) équipait le F-GLZC. L'image radar est présentée sur les ND en fonction des réglages effectués par les pilotes. Au cours de l'approche à Cayenne, le radar a été utilisé par l'équipage.

1.6.8 Vecteur accélération (speed trend)

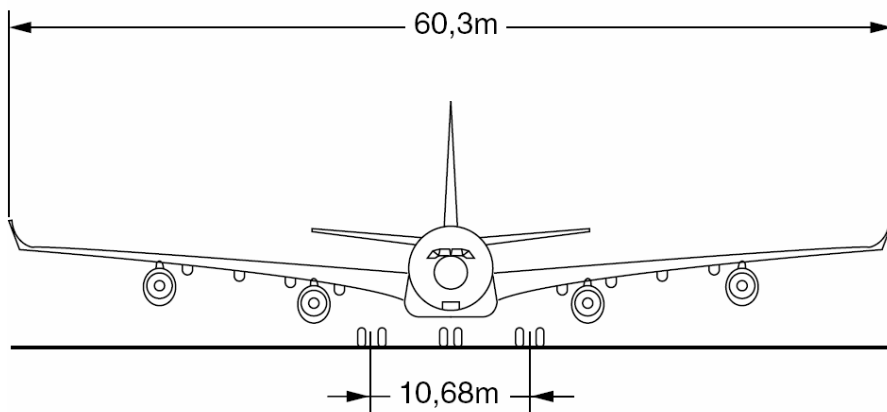
Sur le bandeau de vitesse du PFD, une flèche de dimension et de sens variables fournit une tendance de vitesse : son extrémité indique la vitesse qui sera atteinte en dix secondes si l'accélération reste constante.



1.6.9 Atterrissage automatique

Lorsque l'avion est stable sur l'ILS, le mode LAND du pilote automatique s'active au-dessous d'une radio altitude de 400 ft. Ce mode inclut un remplacement progressif de l'information glide, devenue incertaine (voir paragraphe 1.8.1), par des informations inertielles et radio-altimétriques.

1.6.10 Train d'atterrissage

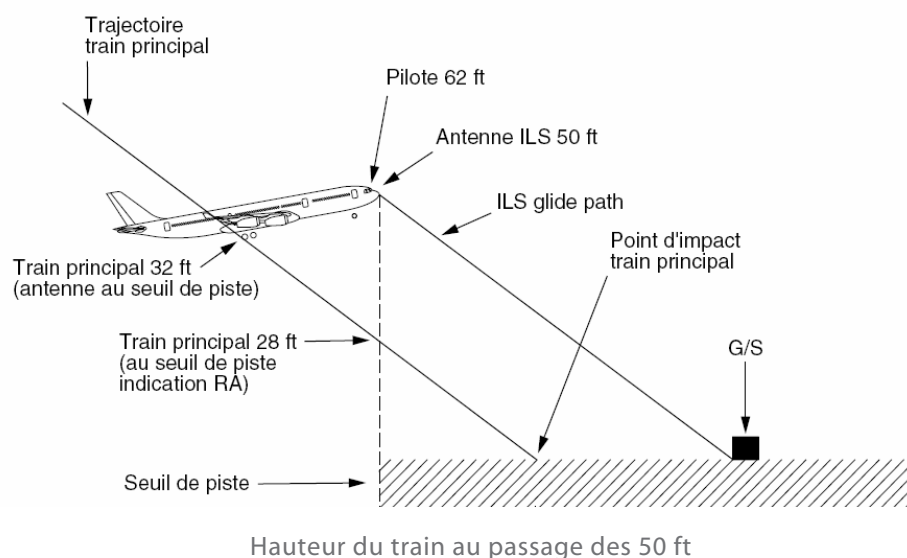


Vue de face de l'avion (largeur de voie du train d'atterrissage)

Le train d'atterrissage, construit par Messier-Dowty, est composé de deux trains principaux, d'un train avant et d'un train central.

1.6.11 Géométrie de l'avion à l'atterrissage

APPROCHE FINALE ILS (A340)



L'assiette limite de l'avion est de $10,1^\circ$ avec les amortisseurs comprimés et les ailes à plat. Au-delà, la partie arrière du fuselage touche le sol (voir annexe 6).

1.7 Conditions météorologiques

1.7.1 Situation générale

En altitude

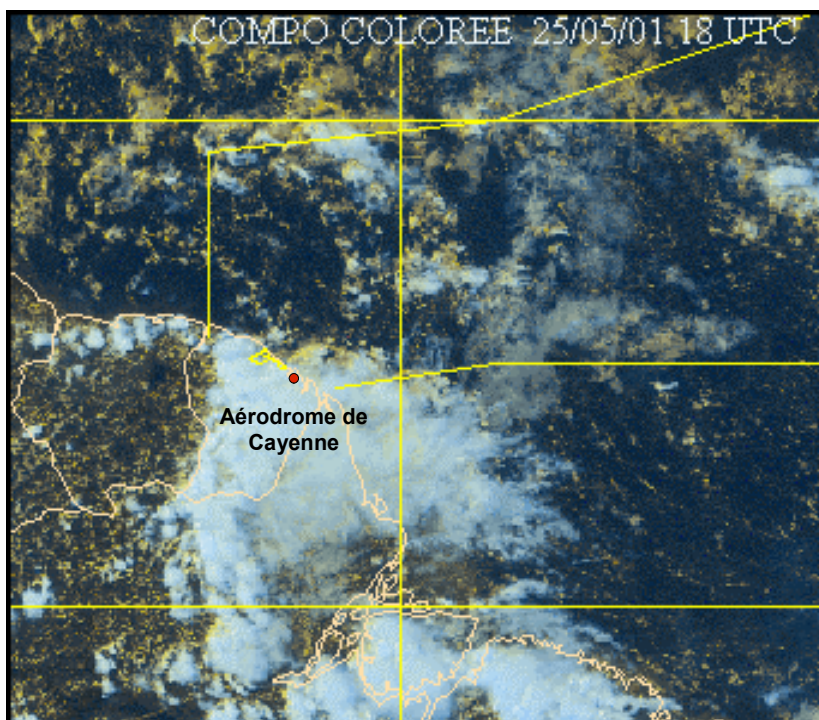
La Guyane était soumise à un flux d'alizé très humide et instable, de dix nœuds dans les basses couches à vingt nœuds vers 5 500 mètres. Ce flux entretenait un amas convectif sur l'ensemble du département, avec de nombreux cumulonimbus dont les sommets étaient à plus de 12 000 mètres.

Remarque : l'aérodrome de Cayenne présente des caractéristiques climatologiques propres aux régions de convergence intertropicale.

Au sol

Le vent était établi au $130^\circ / 5$ kt dans les cinq minutes qui précèdent l'atterrissage. Il a augmenté rapidement à partir de 17 h 46 jusqu'à 16 kt, avec des rafales à 26 kt oscillant entre le 110° et le 170° .

La base des premiers nuages et des cumulonimbus se situait aux environs de mille pieds. La visibilité était localement réduite à 3 000 mètres par des averses de pluie. Le QNH était de 1013 hPa, la température de 27°C et le point de rosée de 24°C .



1.7.2 Situation sur l'aérodrome

Messages d'observations météorologiques sur l'aérodrome vers l'heure de l'incident :

- ❑ A 17 h 00 : METAR SOCA 251700Z 17008KT 100V200 9999 FEW006 FEW015CB SCT022 28/25 Q1013 TEMPO SHRA=
- ❑ A 18 h 00 : METAR SOCA 251800Z 13014G24KT 090V160 1500 SHRA FEW002 FEW015CB SCT018 BKN033 24/23 Q1013 BECMG 9999=

Plusieurs messages SPECI faisant état de la présence de cumulonimbus avaient été émis, notamment :

- ❑ 16 h 56 : SPECI SOCA 251656Z 17008KT 9999 FEW006 FEW015CB SCT022 28/25 Q1013 TEMPO SHRA RMK B2=
- ❑ 17 h 32 : SPECI SOCA 251732Z 16004KT 120V200 3000SE VCSH FEW015CB SCT046 27/25 Q1013 TEMPO SHRA RMK M2=
- ❑ 17 h 46 : SPECI SOCA 251746Z 14008G26KT 3000 –SHRA FEW010 FEW015CB SCT021 BKN036 27/24 Q1013 BECMG 9999 RMK M2=

Entre 17 h 00 et 18 h 00, des messages d'observations libres avaient été transmis à la tour :

- ❑ 17 h 31 : CB ET VISI 3KM SECTEUR SUD EST VISI SUP A 10KM AUTRES SECTEURS=
- ❑ 17 h 47 : CB SECTEURS EST A SUD=
- ❑ 17 h 52 : CB SECTEURS SUD EST A SUD-OUEST=
- ❑ 17 h 57 : CB SECTEURS SUD-EST A SUD-OUEST==

1.7.3 Information météorologique reçue en vol

L'aérodrome de Cayenne-Rochambeau n'a pas d'ATIS. Les informations météorologiques ont d'abord été reçues par l'équipage à 11 h 28 et 15 h 30 via l'ACARS :

- ❑ METAR SOCA 251059Z 25003KT 5000 FEW003 FEW015CU SCT400 25/24Q1013 NOSIG
- ❑ METAR SOCA 251500Z 28002KT 8000 –SHRA FEW005 FEW015CB BKN018 26/24 Q1014 RETS BECMG 9999

Ensuite, l'équipage a obtenu des informations météorologiques lors de ses communications avec l'organisme de contrôle (voir annexe 3). En particulier :

- ❑ à 17 h 32 min 29, le contrôleur indique une visibilité de 3 000 mètres dans le sud-est avec des averses dans le voisinage, quelques CB à 1 500 pieds et des nuages morcelés à 4 600 pieds ;
- ❑ à 17 h 36 min 04, le contrôleur donne un vent au sol du 170° pour quatre nœuds ;
- ❑ à 17 h 43 min 52, le contrôleur donne un vent du 160° pour huit nœuds, et indique que la piste est mouillée.

1.7.4 Observation de l'activité orageuse

Un radar Doppler, situé à Kourou, était en expérimentation à la station météorologique de Cayenne-Rochambeau au moment de l'incident, l'image étant affichée en temps différé (dix minutes). On constate sur les enregistrements :

- ❑ un passage pluvieux entre 17 h 40 et 17 h 50 au-dessus de l'aérodrome ;
- ❑ les plus fortes intensités pluvieuses à 8 km dans le secteur sud ;
- ❑ le vent maximal dans une cellule à 4,5 km dans le 245° géographique avec des valeurs de 19 à 27 m/s (38 à 54 kt) ;
- ❑ une autre cellule à 2,5 km dans le sud-est avec des vents de 11 à 19 m/s (22 à 38 kt).

1.7.5 Valeurs de vent enregistrées à bord

Les paramètres suivants sont alternativement enregistrés par le DAR et le FDR. Les vents enregistrés par le DAR, qui apparaissent ici en italique, sont affichés sur l'écran de navigation du commandant de bord. Ils proviennent de calculs effectués par l'ADIRS (Air Data and Inertial Reference System).

Temps	Hauteur RA	Vent enregistré
17 h 45 min 08 s	244 ft	130°/12 kt
17 h 45 min 10 s		130°/14 kt
17 h 45 min 12 s	184 ft	120°/13 kt
17 h 45 min 14 s		118°/14 kt
17 h 45 min 16 s	159 ft	100°/14 kt
17 h 45 min 18 s		113°/14 kt
17 h 45 min 20 s	125 ft	090°/22 kt
17 h 45 min 22 s		096°/21 kt
17 h 45 min 24 s	87 ft	130°/14 kt
17 h 45 min 26 s		124°/19 kt
17 h 45 min 28 s	7 ft	140°/13 kt

Compte tenu de la précision des données et du temps de calcul, ces valeurs peuvent être entachées d'une imprécision en direction (10° pour des vents supérieurs à 50 kt, la valeur n'étant pas garantie pour des vents de plus faible intensité) et en force (jusqu'à 9 kt).

1.8 Aides à la navigation

1.8.1 ILS/DME

L'aérodrome est doté d'un dispositif ILS/DME (CA, de fréquence 110,3 MHz) de catégorie I, installé pour la piste 08. Au moment de l'incident, ce dispositif était en état normal de fonctionnement. Son dernier contrôle en vol avait eu lieu le 22 janvier 2001. La dernière maintenance périodique du glide avait eu lieu le 18 avril 2001. Aucune panne n'avait été relevée depuis la dernière calibration (Outre-mer, les ILS sont calibrés deux fois par an).

Les informations de déviation sont en général garanties jusqu'à 200 ft sol pour un ILS de cette catégorie. Au-dessous de cette hauteur, le plan de l'ILS devient progressivement une surface hyperbolique. De ce fait, les informations fournies ne sont plus valides. De plus, le signal ILS fournit des informations angulaires, ce qui fait que la sensibilité est d'autant plus importante que l'on est près de l'antenne.

A Cayenne, les minima pour un avion de la catégorie de l'A340 sont de 250 ft. En dessous de cette hauteur, les informations du glide ne sont plus garanties.

1.8.2 PAPI

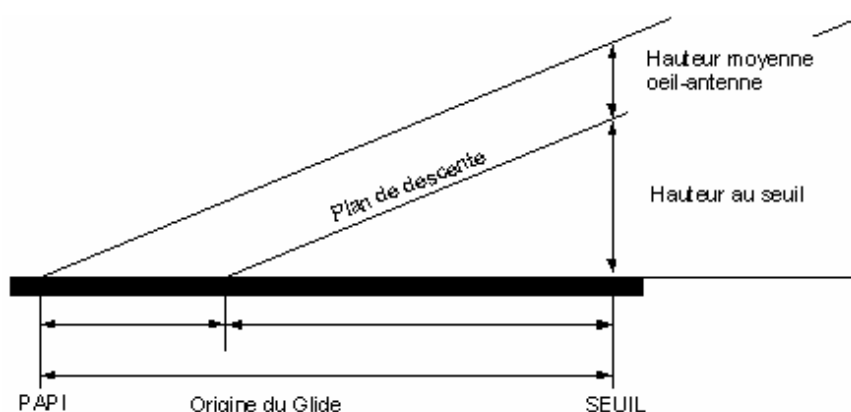
L'aérodrome est doté d'un indicateur visuel de pente d'approche (PAPI) pour chacune des pistes 08 et 26. Cet équipement est utilisé comme aide pour les approches à vue. Les informations qu'il fournit ne sont plus valides à basse hauteur.

Ce dispositif a été mis en place en 1994. Deux contrôles, au sol et en vol, sont effectués avant la mise en service d'un PAPI. Par la suite, un contrôle annuel est obligatoire au sol et recommandé en vol.

Aucun dysfonctionnement n'avait été rapporté avant le 25 mai 2001. Par mesure de précaution, les PAPI 08 et 26 ont été placés hors service, par NOTAM respectivement du 31 mai et du 5 juin, à la suite de l'incident et d'une réclamation ultérieure d'un équipage d'ATR 42. Après un réglage et une calibration en vol, ils ont été remis en service le 28 octobre 2003.

Remarque : l'instruction 20580/DNA/2A du 8 juin 1993 relative à l'implantation et l'installation des PAPI et APAPI sur les aérodromes précise pour les approches de précision ILS/MLS :

Lorsque la piste est équipée d'un ILS, l'emplacement et le calage en site des ensembles lumineux sont déterminés de telle manière que la pente d'approche visuelle soit aussi proche que possible de l'alignement de descente de l'ILS. Cette harmonisation sera réalisée pour les hauteurs œil-antenne caractéristiques des appareils fréquentant l'aérodrome. Elle s'appuiera sur la position du point d'aboutissement Glide assurant ainsi dans la plupart des cas un franchissement de 50 ft de l'antenne au seuil.



1.8.3 VOR/DME

L'aérodrome est doté d'un VOR/DME (CYR, de fréquence 115,1 MHz). Ce dispositif était en état normal de fonctionnement.

1.9 Télécommunications

1.9.1 Information radar

Les contrôleurs de Cayenne-Rochambeau disposent d'une information radar déportée du radar militaire de Kourou, situé à environ soixante-dix kilomètres de l'aérodrome. Le contact radar est généralement établi vers 120 NM ; il est perdu lorsque les aéronefs passent en dessous de cinq cents pieds.

1.9.2 Radiocommunications

L'aérodrome dispose de fréquences dédiées au contrôle en route, au contrôle d'approche et au contrôle d'aérodrome. A l'arrivée du vol AF 3682, ces fréquences étaient regroupées. Leur enregistrement n'apporte pas d'information particulière par rapport à celui du CVR (annexe 3).

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Généralités

L'aérodrome de Cayenne-Rochambeau est à une altitude moyenne de 26 ft. Il dispose d'une piste 08/26, orientée selon l'axe magnétique 083°/263°, de 3 200 mètres de long et de 45 mètres de large avec un prolongement dégagé de 200 mètres en fin de piste 08. Il y a des surfaces revêtues avant le seuil et à côté de la piste.

1.10.2 Informations relatives au vent

L'information de vent provient d'un capteur situé à proximité du seuil de piste 08. Dans la tour de contrôle, elle est affichée :

- ☐ sur deux indicateurs à aiguille, respectivement pour l'orientation et l'intensité ;
- ☐ sur un moniteur numérique de type DEOLIA 92 ;
- ☐ sur la console SIGMA regroupant des informations nécessaires au contrôleur.

Les indicateurs à aiguille fournissent des valeurs moyennes sur deux minutes, renouvelées chaque minute. Les deux moniteurs fournissent ces mêmes valeurs, ainsi que les valeurs minimales et maximales de la direction et de l'intensité du vent, également sur deux minutes avec renouvellement toutes les minutes. Les valeurs instantanées de la direction et de l'intensité du vent ne sont pas transmises à la tour.

L'aérodrome n'est pas équipé d'un système de détection de cisaillement de vent.

1.11 Enregistreurs de bord

Conformément à la réglementation, deux enregistreurs de vol, un FDR et un CVR, étaient embarqués à bord du F-GLZC. Ils ont été exploités au BEA.

1.11.1 Enregistreur de paramètres (annexe 2)

Caractéristiques du FDR

- ☐ Marque SFIM
- ☐ Type SSFDR

❑ Référence : AP41116101

❑ Numéro de série : 143

A 17 h 45 min 14, l'avion est à 1 400 m du seuil de piste et à une altitude de 280 ft. L'approche est stabilisée. Les paramètres significatifs ont les valeurs suivantes :

❑ Vitesse cible = 140 kt

❑ CAS (TAS) = 143 (146) kt

❑ GS = 137 kt

❑ Composante de vent de face calculée = 9 kt

❑ N1 (moteur 1) = 64 % ⁽³⁾

❑ Assiette = 3,9°

Entre 17 h 45 min 17 et 17 h 45 min 22, le vent de face augmente ; en conséquence, la vitesse air augmente. La vitesse cible augmente légèrement et la poussée des moteurs diminue pour ramener la vitesse air vers la vitesse cible.

⁽³⁾ Les N1 sont successivement enregistrés selon un cycle de quatre secondes. Seules les variations sur le moteur n° 1 sont présentées ici, les variations de N1 des trois autres moteurs étant comparables.

	17 h 45 min 17	17 h 45 min 22
Distance par rapport au seuil	1 175 m	797 m
Hauteur par rapport au seuil	205 ft	139 ft
Vitesse cible	140 kt	143 kt
CAS (TAS)	139 (142) kt	154 (157) kt
GS	137 kt	134 kt
Composante de vent de face calculée	5 kt	23 kt
N1 du moteur 1	51 %	37 %
Assiette	2,8°	3,2°

Entre 17 h 45 min 23 et 17 h 45 min 30, le vent de face diminue ; en conséquence, la vitesse air diminue. La vitesse cible diminue légèrement. Le N1 des moteurs se stabilise à 17 h 45 min 26 aux alentours de la valeur minimum de 30 %, correspondant au ralenti approche, puis il augmente jusqu'à 58 %, valeur atteinte à 17 h 45 min 30.

	17 h 45 min 23	17 h 45 min 30
Distance par rapport au seuil	721 m	105 m
Hauteur par rapport au seuil	130 ft	20 ft
Vitesse cible	143 kt	140 kt
CAS (TAS)	150 (153) kt	131 (134) kt
GS	134 kt	131 kt
Composante de vent de face calculée	19 kt	3 kt
N1 du moteur 1	33 %	58 %
Assiette	2,1°	6,3°
Position manche	2° à cabrer	11° à cabrer

A partir de 17 h 45 min 30, les paramètres TRA, correspondant à la position des manettes de poussée, commencent à diminuer. Moins de deux secondes plus tard, ces paramètres augmentent vers des valeurs correspondant à une poussée comprise entre MCT et TOGA. Le débattement maximal enregistré sur le manche est de 14° à 17 h 45 min 31. Le premier toucher du train principal est enregistré à 17 h 45 min 32, avec une assiette de 8,3°. L'avion rebondit et des actions sur le manche sont enregistrées du seul côté commandant de bord. Le second toucher intervient à 17 h 45 min 39.

L'accélération verticale enregistrée lors du premier toucher est de 2,17 g. Elle est de 1,5 g au second toucher.

1.11.2 Enregistreur phonique (voir annexe 3)

Caractéristiques du CVR

- ☐ marque FAIRCHILD
- ☐ référence : 93A100-80
- ☐ numéro de série : 59233

La transcription de l'enregistrement correspondant à la fin de l'approche et à l'atterrissage figure en annexe 3. On peut relever les points suivants :

- ☐ 17 h 32 min 40 : commandant de bord (au contrôle) «... on va faire une procédure ILS standard » ;
- ☐ 17 h 40 min 40 : commandant de bord « il y a une bonne visi en dessous, tu vois. » ; copilote « On va avoir un grain quand même » ;
- ☐ 17 h 42 min 00 : alarme de déconnexion du pilote automatique ;
- ☐ 17 h 44 min 06 : bruit de fond (pluie) en augmentation ;
- ☐ 17 h 44 min 09 : copilote « on se ramasse un grain » ;
- ☐ 17 h 44 min 10 : bruit de fond (pluie) en diminution ;
- ☐ 17 h 44 min 48 : commandant de bord « il ⁽⁴⁾ nous voit un peu bas là-bas » ;
- ☐ 17 h 45 min 14 : annonce synthétique MINIMUM puis commandant de bord « on continue » ;
- ☐ 17 h 45 min 21 : bruit de fond (pluie) en augmentation ;
- ☐ 17 h 45 min 26 : bruit des essuie-glaces ;
- ☐ 17 h 45 min 29 : commandant de bord « attention, attention tu plonges », annonce synthétique SINK RATE ;
- ☐ 17 h 45 min 31 : successivement commandant de bord « tu plonges », annonce synthétique TEN, annonce synthétique SINK RATE, annonce synthétique RETARD et bruits correspondant au toucher ;
- ☐ 17 h 46 min 03 : commandant de bord « on a touché avant la piste ».

⁽⁴⁾ Le commandant de bord a précisé aux enquêteurs qu'il parlait du PAPI.

1.12 Traces au sol

Deux séries de traces ont été relevées au sol (voir annexe 4). La première, correspondant au premier toucher, se situe à gauche de la ligne axiale. Elle commence sur la bande revêtue, trente mètres environ avant le seuil de la piste 08. Il y a, dans l'ordre d'apparition, une trace de quarante mètres de long laissée par le train principal gauche, une trace de trente-huit mètres laissée par le train principal droit et une de trois mètres laissée par le train central. La seconde série correspond au second toucher et commence 480 mètres après les premières traces. La trace laissée par le train gauche se trouve sur la bande revêtue située à gauche de la piste, elle mesure 106 mètres et s'incurve sur la droite en fin de parcours pour revenir sur la piste. La trace laissée par le train central se trouve sur la piste, elle se compose d'une trace de seize mètres de long suivie, une vingtaine de mètres plus loin, par une nouvelle trace d'une trentaine de mètres. La trace laissée par le train droit fait 96 mètres et se trouve à gauche de la ligne axiale de la piste.

1.13 Incendie

Un échauffement des freins (550 °C) a été observé sur la roue n° 5 du train d'atterrissage principal gauche. Le mécanicien sol a aperçu un début de feu sur cette roue à l'arrivée de l'avion au parking. Une intervention rapide à l'aide d'eau pulvérisée lui a permis de l'éteindre avant l'intervention des services de sécurité incendie de l'aérodrome.

1.14 Questions relatives à la survie des occupants

La préparation de la cabine avant l'atterrissage avait été faite, le PNC et les passagers étaient attachés. Il n'y a pas eu de chute d'objets en cabine.

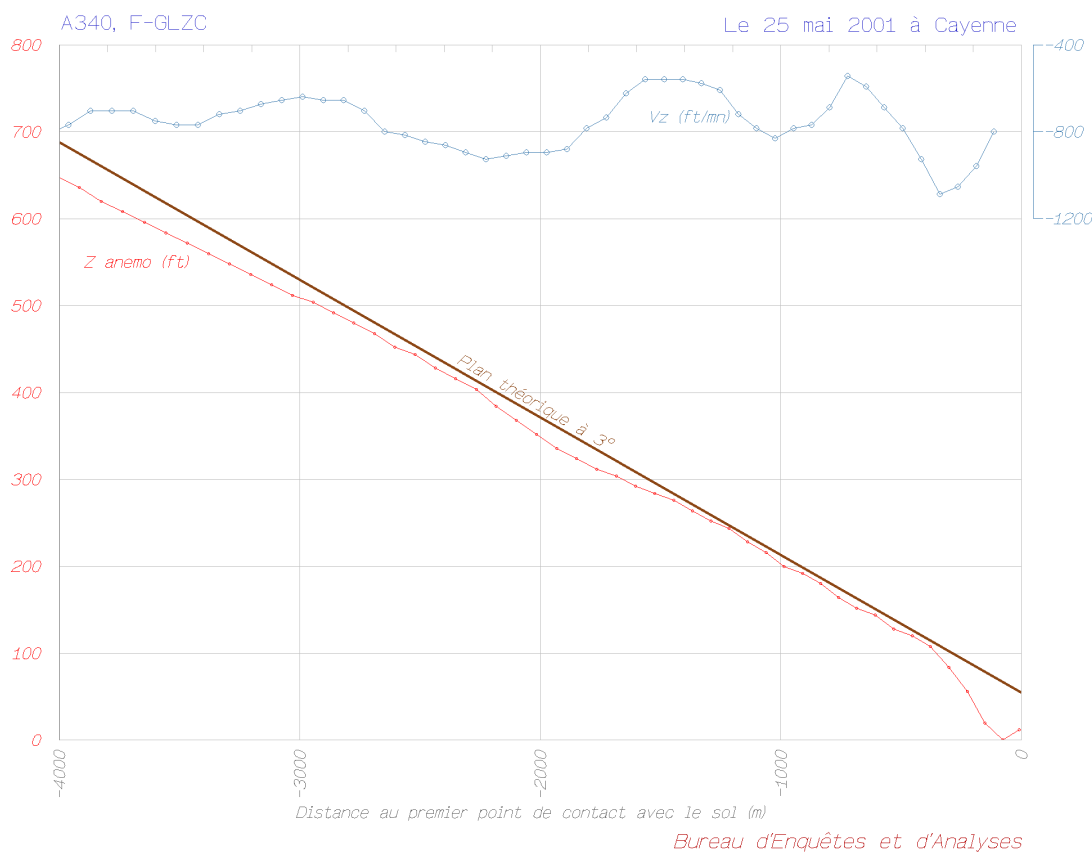
1.15 Essais et recherches

1.15.1 Estimation de la vitesse verticale en finale

Le profil vertical de la trajectoire de l'avion est représenté sur le graphe ci-après en fonction de la distance au seuil de piste ainsi que la vitesse verticale. On constate que la trajectoire passe sous le plan de descente (3°) environ trois cents mètres avant le seuil. La vitesse verticale à ce moment a pu dépasser 1 000 ft/min.

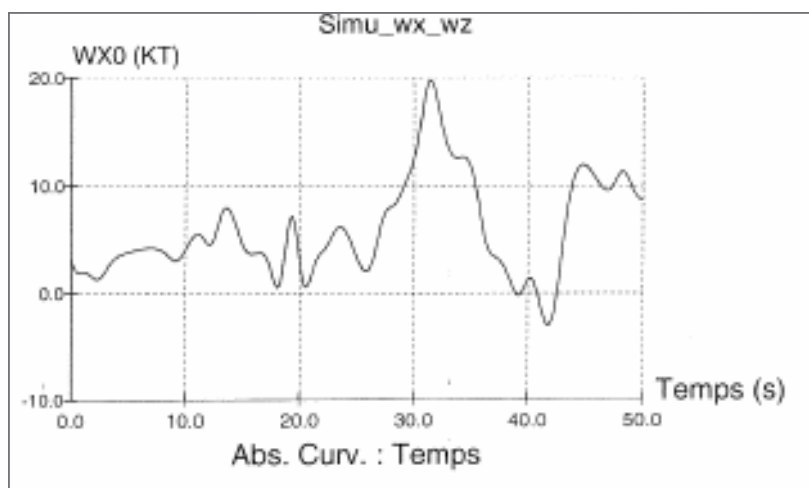
Remarque : la vitesse verticale n'est pas directement enregistrée par le FDR. Elle peut se déduire en dérivant l'altitude barométrique ou la hauteur radiosonde à proximité du sol. Cependant, l'altitude barométrique est entachée d'erreur à partir du moment où l'avion passe en effet de sol, soit approximativement à une hauteur correspondant à son envergure

(165 ft), et la hauteur radiosonde ne correspond à la hauteur par rapport à l'aérodrome que si elle est corrigée du profil du terrain survolé. Or, les données topographiques disponibles ne sont pas suffisamment précises pour effectuer ce calcul. Pour déterminer la vitesse verticale à proximité du sol, les enquêteurs ont donc intégré les accélérations enregistrées avant le premier toucher du train principal.



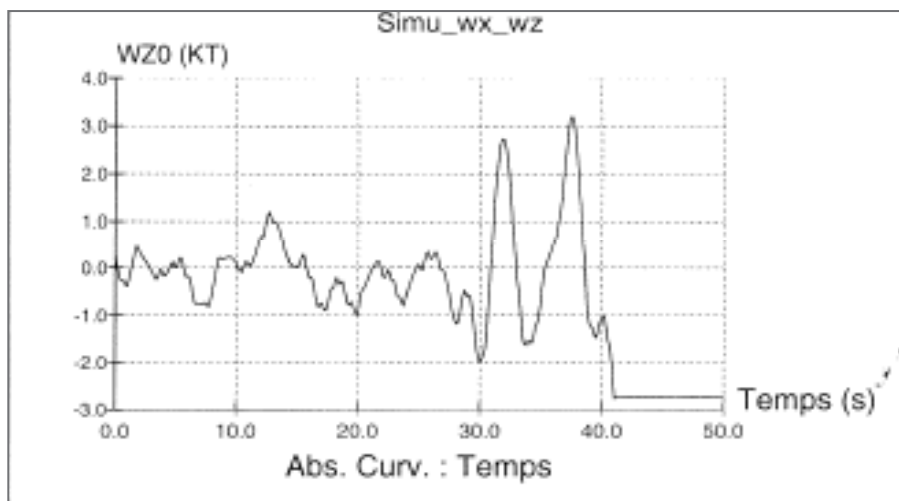
1.15.2 Calcul du vent instantané

Les données du FDR ont permis de calculer, avec l'assistance d'Airbus, les composantes horizontale et verticale du vent rencontré lors de l'approche finale.



Composante horizontale de vent (rajouter 3 kt) ⁽⁵⁾

⁽⁵⁾ La valeur qui figure sur le graphe a été obtenue en soustrayant la vitesse sol à la CAS, il convient d'y ajouter 3 kt, soit la différence entre la CAS et la TAS, pour obtenir le vent effectif.



Composante verticale de vent ⁽⁶⁾

⁽⁶⁾ La composante verticale a été calculée pas à pas en utilisant la hauteur radiosonde et la composante de vent horizontale pour donner un angle d'incidence aussi proche que possible de celui enregistré par le DFDR.

L'effet de la composante horizontale a été prépondérant dans l'incident. Dix secondes avant le premier toucher des roues (correspondant au temps 32 en abscisse), à environ 120 ft radiosonde, le vent effectif de face était de 23 kt puis il a diminué pour pratiquement s'annuler au toucher.

1.15.3 Simulations

Des simulations numériques ont été réalisées chez Airbus, avec les paramètres du vol du 25 mai 2001. Les lois du directeur de vol ont été utilisées pour modéliser les entrées sur les commandes de vol. Différentes configurations et utilisations de l'avion ont été simulées pour explorer diverses stratégies possibles de pilotage. Ces essais ont montré que les équipements embarqués ont fonctionné suivant leur définition. Il faut toutefois noter que les autres résultats ne peuvent être exploités qu'à titre indicatif car aucune des informations à la disposition de l'équipage ne conduisait nécessairement à une de ces utilisations particulières de l'avion.

1.15.3.1 Alarmes windshear et low energy

Les conditions rencontrées ne conduisent pas au déclenchement de l'alarme « windshear reactive ». Il aurait fallu un gradient de vent supérieur d'environ 30 % pour déclencher cette alarme.

Ces conditions ne conduisent pas non plus au déclenchement de l'alarme « low energy ». Non inhibée, celle-ci ne se serait pas déclenchée non plus au-dessous de 100 ft.

En l'absence de données sur l'état de la masse d'air au cours de l'approche finale ⁽⁷⁾ et compte tenu de la nature changeante du phénomène, il n'est pas possible de dire si le système de détection « windshear predictive » se serait déclenché.

⁽⁷⁾ On ne dispose à partir des données FDR que d'informations concernant la masse d'air traversée. Il n'est pas possible d'en déduire des informations concernant la masse d'air en aval de la trajectoire.

1.15.3.2 Remise des gaz à 50 ft sol

Une simulation a été réalisée avec, toutes choses égales par ailleurs, une remise des gaz à 50 ft du sol, manche en butée arrière et manettes de poussée en position TOGA. Dans ces conditions, l'avion aurait touché le sol avec une valeur d'accélération verticale de 1,4 g, environ quarante mètres après le seuil de piste, avec une assiette de 8,5°.

1.15.3.3 Atterrissage automatique

Un atterrissage entièrement automatique en mode LAND a été simulé avec des conditions identiques à celles rencontrées pendant le vol. Le pilote automatique aurait commandé une incidence supérieure d'environ un degré pendant les trois dernières secondes. L'avion aurait alors touché plus loin (en tout début de piste), avec une valeur d'accélération verticale de 1,1 g.

Remarque : l'atterrissage en mode LAND sur un ILS de Cat I nécessite des conditions opérationnelles particulières de vent, de protection des aires et de disponibilité des systèmes embarqués. Compte tenu des limitations associées, Air France prévoit une déconnexion du pilote automatique au plus tard à 160 ft pour ce type d'approche. Plutôt qu'une option offerte à l'équipage, la simulation suggère donc ce qu'aurait pu être un atterrissage manuel « optimisé ».

1.15.3.4 Atterrissage avec les volets en configuration 3

La simulation d'un atterrissage avec les volets en configuration 3 a conduit à une trajectoire sensiblement identique à celle constatée le 25 mai 2001.

1.15.3.5 Atterrissage avec une vitesse d'approche majorée

La simulation d'un atterrissage avec une vitesse d'approche majorée (150 kt), volets en configuration 3, a montré que le toucher se serait également effectué avant la piste, avec une accélération verticale plus faible (environ 1,1 g) et à une assiette d'environ 9°.

1.15.4 Valeurs moyennes d'ordre à cabrer à l'atterrissage

Les enregistrements QAR de trois atterrissages concernant le F-GLZC ont permis de comparer les valeurs d'ordre à cabrer ⁽⁸⁾ et les assiettes durant l'arrondi.

Avec des masses comprises entre 187,6 t et 188,2 t, on observe que :

- ❑ pour le premier atterrissage, l'assiette passe de 3,5° à 6,3° pour un débattement de manche à cabrer de 8,4° ;

⁽⁸⁾ Le débattement maximal du manche est de 16°.

- ❑ pour le deuxième, l'assiette passe de 3,5° à 6,7° pour un débattement de manche à cabrer de 7,7° ;
- ❑ pour le troisième, l'assiette passe de 3,2° à 5,3° pour un débattement de manche à cabrer de 9,8°.

1.16 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.16.1 Division de vol A340 d'Air France

La division de vol A340, comme les autres divisions de vol d'Air France, dépend de la direction du personnel navigant technique placée au sein de la direction générale des opérations aériennes.

En mai 2001, la flotte A340 était composée de vingt-deux avions, dont six A340-311 et seize A340-313. Il n'y a pas de différences techniques entre ces deux modèles hormis la motorisation et quelques équipements ; les différences sont indiquées dans le manuel d'exploitation et les renseignements complémentaires techniques (RCT) remis lors de la préparation du vol. Les pilotes volent indifféremment sur l'un ou l'autre modèle.

L'A340 est essentiellement exploité en long-courrier vers l'Afrique, l'Amérique et l'Asie. Les destinations sont nombreuses et les changements saisonniers du programme des vols modifient la répartition de la flotte selon les escales du réseau. Les pilotes volant sur A340 (deux cent un commandants de bord, dont vingt-six instructeurs, et trois cent deux officiers pilotes de ligne) changent ainsi souvent de destination. De ce fait, ils ne sont pas toujours familiarisés avec les phénomènes météorologiques spécifiques des aéroports qu'ils utilisent.

1.16.2 Entraînement au cisaillement de vent

Un entraînement à la procédure d'urgence WINDSHEAR TOGA est effectué à l'occasion de deux des exercices pratiques au simulateur pour les pilotes qui n'ont pas d'expérience sur A320, d'un seul pour ceux qui possèdent cette expérience.

Lors des stages de maintien des compétences de la saison 2000/2001, tous les équipages volant sur A340 avaient réalisé un exercice au cours duquel l'avion rencontrait un microburst⁽⁹⁾ au décollage de Bogota.

Après l'incident, il n'y a pas eu de changement dans ce domaine. Toutefois, dans les programmes d'entraînement au simulateur réalisés à partir de 2006, des exercices de déstabilisation en courte finale, notamment basés sur des changements en force et direction du vent, ont été introduits. Ces exercices ont été mis en place pour entraîner les équipages à la prise de décision de remise de gaz dans ces conditions.

⁽⁹⁾ Microchasse de vent vertical. Phénomène associé au cisaillement de vent.

1.16.3 Consignes et information sur le cisaillement de vent

A Air France, les informations relatives au cisaillement de vent (description, effets sur le vol...) et les consignes à appliquer figurent dans différents documents à l'usage des pilotes. Il n'existait pas en revanche à la date de l'incident de consignes particulières relatives à la conduite à tenir à proximité des orages.

A la date du 29 septembre 2005, le manuel d'exploitation a été amendé pour y introduire un chapitre sur les orages. Il y est spécifié qu'en cas d'activité orageuse importante à l'arrivée, l'équipage doit envisager de :

- ☐ différer ou adapter les opérations,
- ☐ retarder l'atterrissage,
- ☐ modifier l'itinéraire d'arrivée.

1.16.3.1 Manuel d'exploitation

Conformément à l'arrêté OPS 1, le manuel d'exploitation, partie A, page EXP 08.03.08, décrit succinctement le phénomène et fournit des recommandations générales pour les phases de décollage, d'approche et d'atterrissage. Il était ainsi indiqué :

S'il y a risque de cisaillement de vent, maintenir une vitesse d'approche supérieure (de 20 kt au plus) à la vitesse minimale d'approche finale si la longueur de piste le permet. Eviter toute réduction importante de poussée jusqu'au début de l'arrondi.

Ce paragraphe a fait l'objet d'une mise à jour en 2002 et précise maintenant :

Pour l'approche :

- ☐ *Utilisation du braquage de volets recommandé.*
- ☐ *Majoration de la vitesse d'approche (dans une limite maximale de 20 kt) ou, sur avion Airbus, utilisation de la vitesse managée.*
- ☐ *Anticipation de la stabilisation avant le plancher, une trajectoire initialement stabilisée facilitant la détection de cisaillement de vent.*
- ☐ *En poussée manuelle, éviter les réductions brusques de poussée en cas d'augmentation de la vitesse. En effet, immédiatement après la traversée d'un cisaillement de vent positif ou négatif, il est très fréquent de rencontrer un cisaillement de vent inverse : après un cisaillement ayant augmenté fortement la vitesse indiquée, l'équipage doit se préparer au cisaillement inverse en évitant un retour trop rapide à la vitesse initiale.*

Le document renvoie aux consignes figurant dans les différents manuels d'utilisation (partie B du manuel d'exploitation) pour les procédures d'urgence à appliquer pour chaque type d'avion. En ce qui concerne l'A340, les consignes en cas de rencontre d'un fort gradient de vent figurent en page TU 02.03.35.02 :

- ❑ *Pour la phase d'approche, si un gradient de vent est suspecté, il est recommandé l'utilisation de l'A/THR en vitesse managée et la configuration 3 pour les volets.*
- ❑ *A l'atterrissage, lorsqu'un gradient de vent est suspecté ou détecté par le système prédictif (si installé), l'équipage doit remettre les gaz. En cas de rencontre effective du phénomène, il doit appliquer la manœuvre d'urgence WINDSHEAR TOGA (page TU 03.01.01.12).*

1.16.3.2 Manuel aéronautique complémentaire

Le manuel aéronautique complémentaire (MAC) ne fait pas partie du manuel d'exploitation. C'est un recueil d'informations aéronautiques générales à caractère pédagogique à l'intention des navigants. Neuf pages y sont consacrées au cisaillement de vent.

Le MAC comprend également un chapitre consacré à la climatologie. On y trouve par aérodrome les informations suivantes :

- ❑ le vent dominant pour chaque mois ;
- ❑ des statistiques pour chaque mois sur les phénomènes significatifs (orage, brouillard...) ;
- ❑ les températures moyennes pour chaque mois ;
- ❑ un texte explicatif sur les conditions climatiques.

Cayenne Rochambeau fait partie des aérodromes présentés. Il est notamment indiqué que, de mi-avril à juillet, les orages y sont fréquents, surtout l'après-midi.

1.16.3.3 Bulletin de sécurité des vols

Des recommandations relatives au cisaillement de vent, accompagnées de récits d'accidents, sont parues dans différents bulletins de sécurité des vols avant l'incident (notamment BSV n° 25 et 43).

1.16.4 Consignes relatives au contrôle de la trajectoire

A Air France, le contrôle de la trajectoire est abordé dans différents documents à l'usage des navigants.

1.16.4.1 Manuel Généralités Opérations

A la page 1 du GEN OPS EXP, section 08.03.00, on trouve :

1. Définitions

1.1. Pilotage manuel

Le contrôle de la trajectoire est réalisé :

- ❑ *par action du pilote sur les commandes de vol (sans l'assistance d'un pilote automatique ou d'une auto-poussée ou auto-manette)*
- ❑ *avec ou sans Directeur de Vol*

1.2 Pilotage Automatique

Le contrôle de la trajectoire est réalisé à l'aide du PA ou d'une auto-poussée ou auto-manette.

1.3 Pilotage Mixte

Le contrôle de la trajectoire est réalisé par une utilisation mixte et coordonnée d'actions manuelles et d'automatismes :

- ☐ *pilotage manuel avec gestion automatique de la poussée*
- ☐ *pilotage automatique avec gestion manuelle de la poussée (non recommandé sauf en cas d'indisponibilité de l'auto-manette/auto-poussée)*

2. Contrôle de l'avion

2.2 Gestion des aides au pilotage

L'équipage doit définir à tout moment le type de pilotage mis en œuvre et le niveau des aides au pilotage en fonction de l'environnement, de sa connaissance de la ligne, de son niveau de fatigue et de son expérience sur l'avion.

Le type de pilotage et le niveau des aides au pilotage doit être compatible avec la charge de travail de tous les PNT.

A ce titre, lorsqu'il est nécessaire de dégager de la disponibilité (traitement d'une panne, réalisation d'une procédure particulière ou d'une approche en conditions météo marginale, fort trafic, ...) une utilisation accrue des aides au pilotage doit être privilégiée.

Tout changement volontaire de mode ou de séquence du pilote automatique, directeur de vol ou gestion de poussée est de l'initiative du PF et doit faire l'objet d'annonces techniques.

Le manuel fournit également les critères de stabilisation (EXP, 08.03.00) :

L'avion est stabilisé en finale lorsque les conditions suivantes sont satisfaites :

- ☐ *trains/volets en configuration atterrissage*
- ☐ *pente et vitesse correcte*
- ☐ *avion dans l'axe ou sur la trajectoire publiée*
- ☐ *poussée d'approche affichée*
- ☐ *C/L avant atterrissage effectuée*

Enfin, en cas d'écart constaté, l'exploitant a défini en section 08.03.02 les annonces du PNF :

Pour la phase de vol entre le plancher de stabilisation et le sol,

Vitesse $\geq V_{app} + 10$ kt ou $V_{app} - 5$ kt

VITESSE

Vario en descente ≥ 1000 ft/min

VARIO

Inclinaison $> 5^\circ$

INCLINAISON

Au voisinage du sol, assiette hors limite machine (cf. Manuel TU)

ASSIETTE

En cas de perte de stabilisation manifeste

x ft NON STABILISE

1.16.4.2 Manuel d'utilisation A340

On trouve dans la partie Procédures normales, Phases de vol - Avant atterrissage :

Les actions décrites ci-dessous correspondent à une approche ILS Cat1 standard qui ne nécessite pas de répartition des tâches spécifiques.

Elle peut être conduite :

- ☐ *par le commandant de bord ou l'OPL*
- ☐ *en pilotage automatique ou manuel*
- ☐ *avec ou sans A/THR*

On trouve dans la partie Procédures particulières :

(...)Lorsqu'un cisaillement de vent est suspecté (TU 02 03 30)

Demander la piste la plus longue

Conf3

Vitesse managée

Utiliser l'AP

L'A/THR en mode SPD managé est recommandé

1.16.5 Consignes en cas de divergence entre le PAPI et le glide

Air France ne donne pas de consignes formelles en cas de divergence entre les informations fournies par l'indicateur de pente ILS (glide) et l'indicateur visuel de pente (PAPI). Il est toutefois demandé à l'équipage, avant une approche ILS, de valider les informations fournies par le glide à l'aide d'une mesure de distance à l'aérodrome (distance DME si l'équipement existe sur le terrain). Une fois cette vérification effectuée, ce sont les indications du glide qui sont prises en compte pour calibrer l'angle de descente.

1.17 Renseignements supplémentaires

1.17.1 Témoignages

1.17.1.1 Equipage de conduite

L'équipage de conduite a fourni les précisions suivantes :

- ☐ Les conditions météorologiques (nébulosité et visibilité) rencontrées pendant l'approche étaient bien celles données par l'organisme du contrôle.
- ☐ Le radar météorologique de bord était en fonctionnement pendant l'approche et l'atterrissage ; il n'a détecté aucun orage. L'avion n'est pas passé au-dessous ou à proximité de cumulonimbus.

- ❑ Le commandant de bord, PNF, a constaté que le plan du PAPI était supérieur au plan nominal de 3° du glide. L'indication était le plus souvent de quatre lampes rouges, parfois de trois rouges et une blanche.
- ❑ En finale, le commandant de bord a remarqué de la pluie horizontale sur la droite, un peu plus bas que l'avion.
- ❑ En courte finale, aucun des pilotes n'a porté une attention particulière aux paramètres vitesse indiquée et vent.
- ❑ En très courte finale, le commandant de bord a constaté que l'avion s'enfonçait en voyant les quatre lampes rouges du PAPI et l'évolution rapide de l'indication glide sur son PFD.
- ❑ Le copilote a senti que l'avion s'enfonçait, ce qu'a confirmé un avertissement du commandant de bord. Il a tenté de corriger au manche les écarts de trajectoire, tout en limitant l'assiette pour éviter de toucher de la queue. Il a eu des difficultés à garder la maîtrise de la trajectoire de l'avion.
- ❑ Il a ramené les manettes de poussée vers la position IDLE afin d'arrondir normalement. Il a pensé que le toucher aurait lieu sur la piste.
- ❑ Le commandant de bord a repoussé les manettes vers l'avant afin de garder de l'énergie pour mieux contrôler l'avion lors de l'arrondi.
- ❑ Ni lui ni le copilote n'ont réalisé que l'avion avait rebondi après le toucher.

1.17.1.2 Contrôleur

Le contrôleur n'a rien remarqué d'anormal pendant l'approche et l'atterrissage du F-GLZC. Il ne s'est pas rendu compte que l'avion s'enfonçait en courte finale, ni qu'il avait touché avant la piste. Il a bien vu que l'avion rebondissait mais n'a pas déclenché d'action particulière, l'équipage n'ayant rien signalé d'alarmant.

Pendant l'approche et l'atterrissage, le ciel était dégagé vers l'ouest alors qu'un grain arrivait par le sud ; il n'y a pas eu d'évolution significative des indications de vent. Par contre, le vent a évolué peu après l'atterrissage du F-GLZC, avec l'arrivée du grain sur l'aérodrome.

La page de synthèse était sélectionnée sur la console SIGMA. Le contrôleur ne se rappelait plus s'il y avait des messages « observations libres » sur l'écran.

Il a indiqué que, de manière générale, la dernière information de vent est transmise lorsque l'avion est à environ quatre milles marins du seuil, sauf en cas de demande ultérieure de l'équipage.

1.17.2 Réglementation relative à l'information météorologique

1.17.2.1 Fourniture de l'information de cisaillement de vent

Le RCA 3 dispose pour le contrôle d'approche (paragraphe 4.3.7) que :

Au début de l'approche finale les renseignements ci-après sont transmis à l'aéronef :

a) [...]

b) renseignements sur le cisaillement de vent et la turbulence dans l'aire d'approche finale et l'aire d'approche interrompue.

c) [...]

La France a notifié à l'OACI la différence suivante avec l'Annexe 3 (Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale) : *les avertissements de cisaillement de vent ne sont pas transmis.*

1.17.2.2 Fourniture de l'information de vent instantané

En France, il n'est pas prévu de fournir l'information de vent instantané. Les contrôleurs disposent d'une information de vent moyennée sur deux minutes et rafraîchie toutes les minutes. Cette disposition est conforme à l'appendice 3 de l'Annexe 3 qui vise à fournir au contrôleur des valeurs stables pendant au moins une minute.

1.17.3 Equipements de détection du cisaillement de vent

1.17.3.1 Equipements embarqués

L'OACI (Annexe 6, paragraphe 6.21) recommande l'équipement en système prédictif de détection de cisaillement de vent des avions de plus de 5,7 t ou de plus de neuf passagers. La France et les JAA n'ont pas repris cette recommandation.

1.17.3.2 Equipements au sol

Les aéroports français ne sont pas équipés en moyens de détection du cisaillement de vent. En dépit des dispositions du RCA sur la transmission par le contrôleur de l'information sur le cisaillement de vent, celui-ci n'a pas à sa disposition d'équipements lui permettant d'identifier le phénomène. Il ne peut donner l'information que s'il l'a reçue d'un pilote.

1.17.4 Autres occurrences liées à des cisaillements de vent

1.17.4.1 Événement survenu le 28 juillet 2001 à un ATR 72

Le 28 juillet 2001, en provenance de Pointe-à-Pitre, l'ATR 72 immatriculé F-OGUO effectuait son approche sur l'aéroport de St-Martin-Grand'Case. Le vent était du 080° pour 16 kt, avec des rafales à 26 kt. Au seuil de piste 12,

alors que l'équipage réduisait la puissance des moteurs, l'avion a subi une rafale ascendante. Sa vitesse indiquée est passée de 104 kt à 126 kt en trois secondes, puis a diminué à 107 kt en une seconde. L'avion a atterri durement, le dessous du fuselage, à l'arrière, a été légèrement enfoncé et présentait des traces de frottement.

1.17.4.2 Evénement survenu le 30 décembre 2002 à un A330

Le 30 décembre 2002 sur l'aérodrome de Vienne (Autriche), l'A330 immatriculé OE-LAO a touché trente-deux mètres avant la piste après avoir rencontré un cisaillement de vent à très basse hauteur alors qu'il effectuait une approche ILS de nuit. Le phénomène a été rencontré aux alentours de 200 ft. L'A/THR était en fonctionnement ; le pilotage était manuel. L'A/THR a commandé une réduction de poussée vers le ralenti vol lorsque le vent de face a augmenté. Aux alentours de 100 ft, la vitesse a décru de 10 kt en deux secondes provoquant un enfoncement de l'avion. Une alarme SINK RATE a retenti à 60 ft et l'équipage a immédiatement remis les gaz. L'avion a néanmoins touché avant la piste.

1.17.4.3 Autres événements de cisaillement de vent

Des cisaillements de vent de nature et d'intensité différentes sont régulièrement rencontrés par les équipages des compagnies aériennes. Parmi les événements rapportés entre janvier 1999 et la date de l'incident par les équipages d'Air France, environ 60 % se sont déroulés en France métropolitaine.

1.17.4.4 Autres événements

Plusieurs accidents et incidents, concernant différents exploitants dans plusieurs régions du monde, se sont produits au cours des dernières années qui mettent en évidence le problème des atterrissages dans des conditions orageuses. Plus précisément l'étude de ces événements a souligné les difficultés liées au contrôle de l'avion en très courte finale et pendant l'arrondi lorsque des nuages convectifs sont présents à proximité immédiate ou sur la piste. On peut citer :

- ❑ A320 à Varsovie le 14 septembre 1993 (D-AIPN)
- ❑ B737 à Biarritz le 4 mars 1999 (F-GBYA)
- ❑ MD83 à Little Rock le 1^{er} juin 1999 (N215AA)
- ❑ MD11 à Hong Kong le 12 août 1999 (B-150)
- ❑ B747 à Bangkok le 23 septembre 1999 (VH-OJH)
- ❑ DC10 à Tahiti le 24 décembre 2000 (N132AA)
- ❑ A340 à Toronto le 2 août 2005 (F-GLZQ)
- ❑ A340 à Douala le 19 février 2006 (F-GLZO)

Les enquêtes sur ces événements ne sont pas toutes terminées. On peut cependant citer comme points communs :

- ❑ atterrissage avec des vents tournants provoquant des difficultés de contrôle de la trajectoire ;
- ❑ réduction de visibilité due aux averses ;
- ❑ modification des distances d'atterrissage liées au vent et à l'état de la piste.

1.17.5 Détection du cisaillement de vent aux Etats-Unis

Aux Etats-Unis, tout aéroport où sont exploités des avions d'une capacité supérieure à trente sièges doit détenir un certificat d'exploitation délivré par la FAA selon le chapitre 14 du Code of Federal Rules, Part 139. A cet effet, l'exploitant de l'aéroport doit établir un manuel de certification d'aéroport contenant les procédures et les plans de conformité à la Part 139. Les inspecteurs de sécurité de la certification aéroportuaire (ACSI) de la FAA effectuent des inspections annuelles et des inspections de surveillance des aéroports certifiés.

La FAA peut recommander à un aéroport certifié (il y en a plus de cinq cents) de se doter d'un système de détection de cisaillement de vent mais elle ne peut l'imposer. De son côté, une autorité aéroportuaire peut demander une subvention de la FAA pour installer un tel système. Dans tous les cas, les systèmes de détection doivent être approuvés par la FAA.

1.17.6 Définition du ralenti approche

Le texte ci-après est la traduction d'un extrait de l'AC 25-7A, complément au règlement JAR 25 relatif à la certification des avions de transport :

16. REMISE DE GAZ : TOUS MOTEURS EN FONCTIONNEMENT - §25.119.

Montée en configuration atterrissage : tous moteurs en fonctionnement en configuration atterrissage, le gradient net de montée ne doit pas être inférieur à 3,2 %, avec :

(a) la puissance ou poussée disponible huit secondes après avoir déplacé la commande de puissance ou poussée depuis la position correspondant au ralenti vol minimum à la puissance ou poussée de remise de gaz...

Airbus et CFMI ont défini un régime réacteur appelé « ralenti approche » qui permet de satisfaire ces exigences et d'assurer une pente de descente compatible avec les critères d'approche.

2- ANALYSE

2.1 Scénario de l'incident

2.1.1 Evaluation des conditions météorologiques

A l'arrivée de l'avion sur Cayenne, le temps était couvert avec des cumulonimbus noyés dans la couche. Des averses de pluie étaient annoncées et la visibilité était variable entre 1 500 et 5 000 mètres. Une approche à vue a été initialement envisagée par l'équipage, mais l'approche ILS 08 a été finalement retenue en raison de la nébulosité.

Le vent annoncé par le contrôleur était du travers droit pour une vitesse de six nœuds. Compte tenu de ces informations, l'équipage n'a pas envisagé une majoration de la vitesse d'approche qui aurait par ailleurs nécessité un changement de mode de l'auto-poussée⁽¹⁰⁾.

Les échanges avec le contrôleur et au sein de l'équipage montrent que les pilotes avaient conscience de la présence d'activité convective aux abords de l'aérodrome. L'observation du grain en finale aurait pu les alerter, mais ce phénomène n'a pas été jugé suffisamment important pour remettre en cause la stratégie d'approche. On peut noter qu'ils avaient une faible expérience de l'aérodrome et ne paraissaient pas sensibilisés au risque de cisaillement de vent lié au passage de grains.

2.1.2 Entrée dans le cisaillement de vent

Les courbes en annexe 2 représentent l'évolution des paramètres principaux. Des numéros permettent de retrouver sur ces courbes les principaux événements décrits ci-après.

L'approche et l'atterrissage sont faits avec le pilote automatique déconnecté et l'auto-poussée en mode SPEED, avec une vitesse managée. L'approche est restée stabilisée jusqu'à l'altitude de décision (250 ft AAL), passée à 17 h 45 min 15. Le commandant de bord annonce alors « on continue ».

A partir de 17 h 45 min 17, le vent de face s'intensifie provoquant une augmentation importante de la vitesse indiquée①, contrée par une diminution de poussée commandée par l'auto-poussée.

A 17 h 45 min 21, l'avion entre dans une forte averse de pluie qui réduit la visibilité. Le commandant de bord met en marche les essuie-glaces que l'on entend fonctionner à partir de 17 h 45 min 26. Le vent de face atteint un pic à 17 h 45 min 22 puis diminue très rapidement⁽¹¹⁾; la vitesse air décroît②. A 17 h 45 min 26, l'auto-poussée commande une augmentation de poussée③ mais la vitesse air continue de décroître du fait de la diminution continue du vent et du temps d'accélération des réacteurs. La poussée atteint 40 % une seconde et demie après et 58 %⑤ trois secondes après le début d'accélération.

⁽¹⁰⁾ En mode « vitesse managée », il n'est pas possible de majorer la vitesse d'approche qui est calculée par le FMGC, à moins d'utiliser une valeur fictive pour le vent TWR.

⁽¹¹⁾ Pendant toute cette phase, il y a eu des variations rapides et de fortes amplitudes de la flèche SPEED TREND dans les deux sens. Ces variations n'ont probablement pas été remarquées par l'équipage dont l'attention était tournée à l'extérieur.

A 17 h 45 min 27, à une hauteur de 84 ft radiosonde, l'avion passe sous le plan ; les pilotes s'en aperçoivent. Le copilote débute une action à cabrer^④. A 17 h 45 min 28, estimant que l'avion touchera sur la piste, le copilote augmente son action à cabrer pour débiter l'arrondi mais la limite, de crainte que la queue de l'avion heurte le sol. Il réduit la poussée ^⑥, ce qui confirme son intention de poursuivre l'atterrissage, alors que la vitesse atteint son minimum de Vapp – 6 kt. On constate pour finir une augmentation d'ordre à cabrer^⑦ bien au delà des valeurs moyennes pour l'arrondi, une seconde avant le toucher^⑨. L'alarme SINK RATE retentit en même temps que le commandant de bord dit « tu plonges ». Immédiatement après, l'annonce RETARD est entendue, suggérant l'atterrissage. En conclusion, les actions du copilote sur le manche et sur les commandes de poussée sont comparables à celles d'un atterrissage normal auxquelles se superposeraient des actions pour contrer un enfoncement. L'importante diminution de visibilité due à l'averse et l'assiette légèrement supérieure à l'assiette normale à l'atterrissage peuvent expliquer pourquoi le copilote n'a pas réalisé que l'avion allait atterrir avant la piste (paragraphe 1.6.10).

Le commandant de bord a eu une appréciation différente sur les conditions de l'arrondi. Il est intervenu immédiatement pour remettre de la poussée^⑧ puis reprendre les commandes.

Il faut souligner la brièveté, quatre à cinq secondes, de cette séquence entre l'enfoncement de l'avion et le toucher avant la piste, ce qui laissait très peu de temps à l'équipage pour réagir de manière efficace. L'intensité du cisaillement peut apparaître comme modérée. En comparaison, l'intensité du cisaillement subi par le F-OGUO à St-Martin (paragraphe 1.17.4.1) était supérieure. C'est la phase du vol où il survient (après le passage de l'altitude correspondant aux minima) qui explique la gravité de l'incident.

2.2 Conditions orageuses

Le copilote s'est interrogé pendant l'approche sur la situation météorologique à proximité de l'aérodrome. Le commandant de bord s'est montré plus confiant et n'a pas convenu d'une stratégie particulière.

Les conditions météorologiques observées (notamment la « pluie horizontale » mentionnée par le commandant de bord) qui suggéraient la traversée d'un grain au moment de l'atterrissage et par conséquent la présence possible d'un cisaillement de vent auraient pu inciter l'équipage à se préparer à une remise de gaz.

Toutefois, cela n'a pas suffi à alerter les pilotes. Peu ou pas familiers de l'aérodrome et peu sensibilisés à la climatologie des régions soumises à la

convergence intertropicale ils ont minimisé le risque de cisaillement de vent. Ils n'ont ainsi pas porté une vigilance accrue aux évolutions de la vitesse, ceci d'autant plus que l'auto-poussée était active. Leur sous-estimation des risques semble ainsi en partie due à une connaissance insuffisamment précise des indices caractérisant le phénomène. L'information de l'exploitant ne porte en effet que sur la conduite à tenir en cas de cisaillement de vent suspecté. Cela montre la nécessité d'informer les navigants sur les indices de cisaillement de vent possible pour permettre une meilleure identification de telles situations et la mise en œuvre de stratégies adaptées.

De manière plus générale, on constate qu'il n'y a pas de consignes précises, ni chez l'exploitant ni internationalement admises, qui définissent la conduite à tenir par les équipages qui doivent se rapprocher de nuages convectifs pour atterrir. Or, plusieurs événements survenus sur tous les continents et concernant différents types d'avions ont mis en évidence le caractère délicat d'un atterrissage à proximité immédiate d'un orage ou d'une activité convective importante.

2.3 Suivi de la trajectoire

2.3.1 Influence des modes de pilotage

L'approche a été conduite en utilisant l'auto-poussée, comme le recommande le constructeur. Ce système a pour but d'alléger la charge de travail du PF. Lorsque le vent de face a brusquement augmenté, la réaction de l'automatisme a conduit à une réduction de la poussée jusqu'au ralenti approche ⁽¹²⁾. La diminution du vent de face qui a suivi, elle aussi très rapide, a eu deux conséquences :

- ❑ à cause du gradient de vent, la vitesse est descendue en dix secondes de 14 kt au-dessus de la Vapp à 6 kt en dessous, se rapprochant ainsi sensiblement du minimum admis par l'auto-poussée ;
- ❑ la portance de l'avion a de ce fait décrû, ce qui a provoqué l'enfoncement.

La seule possibilité pour contrer l'enfoncement avec l'auto-poussée en fonctionnement était d'effectuer une action à cabrer au manche. Le pilote, en phase d'arrondi, a effectivement réagi par une action à cabrer plus prononcée que pour un atterrissage normal, mais celle-ci s'est avérée insuffisante.

Les valeurs d'ordre à cabrer enregistrées dans le cisaillement de vent et les assiettes obtenues sont proches des valeurs maximales (de 11° à 14° d'ordre à cabrer pour un maximum de 16°, assiette de 8,3° pour un maximum de 10,1°). Une marge subsistait mais elle était très faible, compte tenu du risque de toucher de queue.

⁽¹²⁾ Il est à noter que la révision du manuel d'exploitation d'Air France met en garde sur la réduction manuelle de poussée en situation de cisaillement de vent (paragraphe 1.16.3).

Deux remarques peuvent être faites sur ce qui précède :

- ❑ Le fonctionnement normal de l'auto-poussée est généralement transparent pour le pilote. Ainsi la réduction consécutive à l'augmentation du vent de face n'a pas été remarquée par l'équipage.
- ❑ Le système d'auto-poussée ne disposant pas de l'information sur le gradient de vent n'anticipe pas totalement sur ce phénomène. Il ne commence à réagir que lorsque la vitesse approche de la vitesse cible. Compte-tenu du temps d'accélération des réacteurs, cela peut conduire à une excursion momentanée de la vitesse au-dessous de la vitesse cible.

L'approche aurait également pu être réalisée sans auto-poussée, en accord avec les procédures de l'exploitant. Dans ce cas le pilote coordonne ses actions sur la poussée et sur la commande de tangage et il est attentif aux variations de vitesse. Lorsque l'avion est entré dans le cisaillement de vent, il est probable que la réduction de poussée aurait été moins importante que celle observée avec l'auto-poussée. En effet, un pilote, près du sol, hésite à réduire la poussée jusqu'au ralenti lorsqu'il subit un vent de face soudain, de façon à conserver de plus grandes marges de vitesse et de poussée en cas de variation du vent inverse.

Mais ce surplus de poussée associé à l'augmentation du vent de face aurait provoqué une augmentation de vitesse ⁽¹³⁾ supérieure à celle obtenue avec l'auto-poussée, incompatible avec les critères de stabilisation des approches de l'exploitant (paragraphe 1.16.4.1). Ceci augmente par ailleurs la distance d'atterrissage et peut donc constituer un risque sur une piste limitative, mouillée ou inondée.

⁽¹³⁾ Alors que l'auto-poussée avait réduit jusqu'au ralenti l'approche, la vitesse de Vapp + 14 kt a pourtant été atteinte pendant une seconde, durée qui a été insuffisante pour déclencher une annonce de non-stabilisation de la part du PNF.

2.3.2 Majoration de la vitesse d'approche

Un des moyens de défense contre les effets d'un possible cisaillement de vent à basse hauteur est une majoration anticipée de la vitesse d'approche. A l'époque de l'incident, le manuel d'exploitation d'Air France, dans sa partie généralités, demandait dans ces conditions d'adopter une vitesse d'approche majorée de 20 kt au plus (paragraphe 1.16.3.1). Cette consigne ne s'appliquait cependant pas aux avions Airbus car le manuel d'utilisation de l'avion, qui a priorité sur les consignes générales, recommandait l'utilisation d'une vitesse « managée ».

2.3.3 Remise de gaz

On a vu que la rencontre du cisaillement de vent n'avait pas été anticipée. Ce n'est donc qu'à partir du moment où était survenue la déstabilisation que l'équipage aurait pu envisager une remise de gaz ou un atterrissage

interrompu ⁽¹⁴⁾ . Certains facteurs, comme la dégradation de visibilité dans l'averse ou l'alarme SINK RATE, auraient effectivement pu l'y amener. Cela pose cependant le problème du temps de réaction. On a vu que l'équipage avait au mieux cinq secondes pour percevoir l'amplitude de la déstabilisation, prendre sa décision et la mettre en œuvre. Cela était d'autant plus délicat que l'enfoncement de l'avion s'était produit durant la phase d'arrondi et qu'une partie des ressources de l'équipage devait être mobilisée par la recherche de repères extérieurs (la réduction de la visibilité due à la pluie ne fait pas disparaître la piste mais déforme les perceptions). On a vu d'ailleurs, dans le cas du OE-LAO, qu'une remise de gaz entreprise après le déclenchement d'une alarme SINK RATE à 60 ft avait conduit à un toucher avant la piste.

⁽¹⁴⁾ Les simulations montrent qu'une remise de gaz entreprise à 50 ft aurait conduit à un toucher sur la piste.

D'une façon générale, on peut ajouter qu'une remise de gaz dans des conditions de cisaillement de vent à basse hauteur sera d'autant plus efficace qu'elle sera entreprise tôt. Cela pose la question de la préparation des pilotes à identifier rapidement la déstabilisation de l'approche après le passage des minima, alors que leur attention est principalement tournée vers l'extérieur, puis à décider et réaliser cette manœuvre. La difficulté pour les pilotes est que cette déstabilisation n'intervient pas forcément brutalement et que l'impression que l'atterrissage est toujours possible est souvent la plus forte.

Ces dernières années, l'exploitant a progressivement introduit dans ses programmes de formation au simulateur un entraînement des pilotes aux remises de gaz après les minima, aux atterrissages interrompus puis à la prise de décision devant une déstabilisation.

La poursuite des efforts pour améliorer le réalisme de l'entraînement aux atterrissages dans ce type d'environnement, caractérisé par la grande diversité des situations rencontrées, reste nécessaire pour préparer les équipages à optimiser leurs réactions.

2.4 Détection du cisaillement de vent au sol et en vol

La prévention contre les risques liés au cisaillement de vent repose en grande partie sur une bonne prédiction du phénomène et la transmission de ces informations. Dans ce cas, le maximum de cisaillement de vent a été rencontré à très basse hauteur, lorsque l'alarme « windshear reactive » est inhibée. Cela illustre la nécessité d'une détection du phénomène de cisaillement de vent avant qu'il n'affecte l'avion. Cette détection peut être assurée par un équipement embarqué et/ou par un équipement au sol. Par ailleurs, si l'avion est amené à pénétrer malgré tout dans un cisaillement de vent à faible hauteur, il est nécessaire que les pilotes s'en aperçoivent immédiatement et puissent disposer des informations utiles pour faire face à cette situation.

2.4.1 Equipements au sol

A l'heure actuelle, aucun aéroport français n'est équipé d'un système de détection du cisaillement de vent. Cela ne permet pas aux contrôleurs d'aéroport de fournir ce type d'information, comme cela est demandé par le RCA. Ces derniers ne sont pas non plus alertés par une variation significative du vent, si elle est ponctuelle, puisqu'ils ne disposent pas de la valeur instantanée du vent. Ils ne peuvent que relayer d'éventuelles informations fournies par des équipages venant d'effectuer l'approche.

Tous les aéroports n'ont pas le même degré d'exposition à ce phénomène. Il conviendrait donc d'identifier parmi les aéroports français ceux qui peuvent être exposés de façon non exceptionnelle aux cisaillements de vent en raison de leurs caractéristiques. L'expérience des pilotes, des contrôleurs et des météorologues pourrait être mise en commun afin d'aider à cette identification.

Dans le cas de l'aéroport de Cayenne Rochambeau, où le risque est avéré, les possibilités et les modalités d'une exploitation des informations provenant du radar Doppler de Kourou pourraient être étudiés.

2.4.2 Equipements embarqués

Au moment de la programmation du vol, la compagnie Air France disposait d'A340 équipés des deux systèmes, réactif et prédictif, de détection du cisaillement de vent. Bien que l'aéroport de Cayenne Rochambeau soit connu pour être exposé aux phénomènes convectifs rencontrés en zone intertropicale, l'avion programmé n'était pas équipé du système prédictif. L'identification des aéroports exposés au cisaillement de vent devrait permettre aux exploitants une gestion optimisée de leur flotte. En outre, l'équipement de tous les avions en système prédictif de détection de cisaillement de vent, comme le recommande l'OACI, serait de nature à permettre d'identifier ce type de phénomène, même lorsqu'il affecte un aéroport non reconnu comme à risque.

2.4.3 Détection des écarts et répartition des tâches

Parmi les fonctionnalités du PFD, la flèche « speed trend » est un moyen d'identifier l'évolution rapide de la vitesse air de l'avion et de prévenir éventuellement les conséquences d'un cisaillement. Cela implique toutefois une détection et une analyse rapide de la situation en fonction des écarts observés, étant donné que les évolutions du phénomène sont très rapides. Ici, l'augmentation de la vitesse du vent de vingt nœuds en sept secondes suivie immédiatement par une diminution de la même intensité en cinq secondes a fait passer la flèche de « speed trend » d'une extrémité à l'autre du bandeau de vitesse sans que l'équipage le remarque. Pour pouvoir détecter le cisaillement de vent à très basse hauteur à l'aide de

l'affichage « speed trend », il faudrait qu'un des pilotes puisse surveiller en continu les évolutions du paramètre « vitesse ». Cela implique que son circuit visuel soit suffisamment maintenu à l'intérieur de l'avion.

Or, en courte finale et durant la phase d'atterrissage, le PF est passé à un pilotage avec des références visuelles extérieures conformément au type d'approche réalisé. Les variations rapides de vitesse pouvaient alors lui échapper. Dans ce cas le commandant de bord aurait pu détecter et annoncer ces variations. On a vu qu'il a pu avoir son attention détournée par l'arrivée brutale de l'averse et la mise en marche des essuie-glaces, tâche qui lui incombait en tant que PNF. Il faut ajouter que lorsque le PNF est commandant de bord, il doit aussi observer les conditions extérieures pour pouvoir intervenir sur le pilotage ou pour déclencher une remise de gaz.

Par ailleurs, le PAPI ne pouvait constituer une aide extérieure fiable car d'une part les informations qu'il fournit deviennent inexploitable près du sol et d'autre part l'entrée dans l'averse en très courte finale en limitait l'utilisation.

Ainsi, cette situation particulière qui combine une importante diminution de la visibilité après l'altitude de décision avec une altération de la trajectoire pose un double problème :

- ❑ La répartition des tâches prévoit que le PNF surveille et annonce les écarts mais certaines conditions, notamment à proximité immédiate du sol, nécessitent une réaction très rapide et l'identification des écarts n'est pas toujours possible.
- ❑ Les outils disponibles ne sont pas forcément adaptés car ils obligent à regarder à l'intérieur de l'avion. Or, certaines circonstances, comme celles observées dans l'étude de cet événement, conduisent les deux pilotes à regarder dehors en même temps.

Il pourrait ainsi être utile de mener une réflexion sur l'amélioration des méthodes pour détecter les écarts dans cette phase du vol. Elle devrait aborder la question de l'utilisation des aides au pilotage dans ce type de conditions, évaluer leur impact possible et s'accompagner d'une revue de la répartition des tâches.

Le principe du collimateur tête haute permet de visualiser les informations sans que le pilote ait à modifier son circuit visuel et de détecter sans délai sensible les variations d'énergie et donc des cisaillements de vent. Cet outil pourrait permettre au pilote de mieux maîtriser sa trajectoire.

3- CONCLUSIONS

3.1 Faits établis

- ❑ L'avion possédait un certificat de navigabilité valide.
- ❑ Le commandant de bord et le copilote étaient titulaires des titres nécessaires à l'exécution du vol.
- ❑ Le copilote était aux commandes.
- ❑ L'approche sur Cayenne a été effectuée avec la poussée automatique en mode SPEED, avec vitesse managée.
- ❑ Les informations météorologiques transmises à l'équipage au cours de l'approche étaient conformes à la situation rencontrée.
- ❑ En France, où les aérodromes ne sont pas dotés de système de détection, les cisaillements de vent ne peuvent généralement pas être signalés aux équipages.
- ❑ L'équipage était conscient de la présence de grains aux abords de l'aérodrome. N'ayant pas identifié une situation orageuse induisant des risques significatifs, il n'avait pas envisagé de différer l'approche, ni ne s'était préparé à adapter sa stratégie.
- ❑ Il n'existe pas de critères, ni internationalement admis, ni chez l'exploitant, qui définissent les conditions pour entreprendre ou interrompre l'approche en conditions orageuses (présence de cumulonimbus aux abords de l'aérodrome).
- ❑ L'avion a rencontré à très basse hauteur une forte averse perturbant la vision des repères extérieurs et un cisaillement de vent modéré.
- ❑ La vitesse air de l'avion a rapidement augmenté puis diminué. Parallèlement, l'auto-poussée a commandé une réduction de la poussée jusqu'au ralenti approche ; elle a commandé une augmentation de la poussée lorsque la vitesse de l'avion a rejoint la vitesse cible.
- ❑ La vitesse de l'avion est descendue au-dessous de la vitesse d'approche pour atteindre Vapp – 6 kt. L'avion a commencé à s'enfoncer.
- ❑ Le copilote a augmenté l'action à cabrer au-delà des valeurs normales de l'arrondi pour tenter de contrôler la vitesse verticale de l'avion. Il n'a pas perçu que l'avion allait toucher avant la piste et a poursuivi l'atterrissage, en réduisant la poussée. Le commandant de bord a immédiatement augmenté la poussée.
- ❑ L'avion a touché trente mètres avant le seuil de piste et a rebondi.
- ❑ Le commandant de bord a repris les commandes pendant le rebond. Il a terminé l'atterrissage.
- ❑ Le train principal gauche de l'avion est sorti latéralement de la piste après le rebond.
- ❑ Il s'est écoulé quatre à cinq secondes entre le moment où l'équipage a perçu l'enfoncement et le premier contact avec le sol.
- ❑ Aucune défaillance technique concernant l'avion n'a été constatée.

3.2 Causes probables

L'incident est dû à la rencontre à très basse hauteur d'un phénomène de cisaillement de vent, associé à un grain, qui a surpris l'équipage. Au cours de l'approche, celui-ci n'avait pas identifié le risque de rencontre d'un tel phénomène et aucune information ne lui avait été transmise sur ce point. Il n'avait ainsi pas envisagé de stratégie particulière.

A proximité du sol, l'équipage, dont l'attention était concentrée à l'extérieur dans cette phase et était perturbée par la dégradation de la visibilité due à l'averse, n'a pas détecté les variations rapides de la vitesse annonçant l'enfoncement de l'avion.

Les facteurs suivants ont contribué à l'événement :

- ❑ l'absence de consignes précises données aux équipages de transport public pour la réalisation d'approches en conditions orageuses ;
- ❑ les limites des capacités du système d'auto-poussée à maintenir la vitesse de l'avion dans les conditions rencontrées.

4- RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Rappel : conformément à l'article 10 de la Directive 94/56/CE, 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.731 2 du Code de l'aviation civile stipule que les destinataires des recommandations de sécurité font connaître au BEA, dans un délai de quatre-vingt-dix jours après leur réception, les suites qu'ils entendent leur donner et, le cas échéant, le délai nécessaire à leur mise en œuvre.

Note préliminaire : l'étude de cet événement souligne que la principale défense par rapport au risque de cisaillement de vent associé aux phénomènes convectifs est l'anticipation. Les recommandations qui suivent sont ainsi essentiellement orientées dans ce sens. Néanmoins, quelle que soit la qualité de l'information fournie, le caractère soudain de ces phénomènes peut tout de même conduire un équipage à y être confronté. Le reste des recommandations vise à donner aux équipages l'entraînement et les outils pour faire face à de telles situations.

4.1 Détection des cisaillements de vent

Alors que des systèmes embarqués prédictifs de cisaillement de vent ont été développés et que certains avions de la flotte en étaient équipés, l'équipage ne disposait pas d'équipement permettant de détecter un cisaillement de vent sur la trajectoire.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC, en liaison avec les autres autorités européennes, établisse les conditions réglementaires d'emport d'un système prédictif de cisaillement de vent conformément aux recommandations du paragraphe 6.21 de l'Annexe 6 (OACI).**

Les aéroports français ne sont pas équipés de systèmes de détection de cisaillement de vent. Or, l'enquête a montré que Cayenne, situé en zone intertropicale, était exposé à ce phénomène mais que tout aéroport pouvait aussi être affecté dès que les conditions météorologiques deviennent orageuses.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC, en liaison avec Météo-France, établisse un programme d'équipement des aéroports français en moyens de détection du cisaillement de vent qui permette d'informer en temps réel les équipages de la présence éventuelle d'un tel phénomène.**

4.2 Consignes pour la réalisation d'approches en conditions orageuses

L'enquête a montré qu'en l'absence de consignes précises quant à la conduite à tenir en cas d'approche en conditions orageuses et en rapprochement par rapport aux nuages convectifs (distance par rapport aux cellules orageuses, précautions particulières, calcul de performances...), l'équipage du F-GLZC avait sous-estimé l'influence de cet environnement et du changement rapide des conditions qui le caractérisent.

L'enquête a également montré qu'il n'existe pas de critères, ni internationalement admis, ni chez l'exploitant, qui définissent les conditions pour entreprendre ou interrompre l'approche en conditions orageuses.

En conséquence, le BEA recommande :

- **que la DGAC s'assure que les consignes données par les exploitants pour la réalisation des approches en conditions orageuses sont suffisamment claires et précises ;**
- **que la DGAC incite les exploitants à utiliser les entraînements et contrôles périodiques pour sensibiliser les pilotes aux caractéristiques des approches en conditions orageuses et à la prise de décision de remise de gaz. Ce dernier point pourrait faire l'objet d'une adaptation des outils de simulation.**

4.3 Equipement des avions

L'enquête a montré que l'utilisation de l'auto-poussée pouvait masquer les variations importantes de vitesse liées au cisaillement de vent et que l'équipage, dans cette phase d'acquisition de références extérieures, a besoin d'informations de pilotage précises immédiatement utilisables à proximité du sol pour contrer un tel cisaillement.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA évalue le bénéfice que pourrait apporter l'utilisation sur les avions de transport public d'un système permettant aux équipages de disposer des informations pertinentes pour la conduite d'approches stabilisées jusqu'au sol (collimateur tête haute, par exemple).**

D'autre part, il a également été constaté que le système d'auto-poussée en réduisant au minimum peut permettre des échappées de la vitesse. L'enquête n'a pas permis de déterminer dans quelle mesure cette limitation se retrouve sur d'autres systèmes équipant des avions de transport.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA évalue la capacité des systèmes automatiques de poussée équipant les différents types d'avion de transport à assurer une gestion satisfaisante de poussée dans les conditions mises en évidence lors de l'enquête.**

LISTE DES ANNEXES

annexe 1

Description du phénomène de cisaillement de vent

annexe 2

Courbes FDR

annexe 3

Transcription du CVR

annexe 4

Photographie des traces au sol

annexe 5

Procédures Airbus sur l'utilisation des automatismes

annexe 6

Diagramme indiquant la garde au sol de l'avion à l'atterrissage

annexe 7

Description du principe de la Ground Speed mini

(manuel d'exploitation d'Air France, partie Utilisation A340)

Description du phénomène de cisaillement de vent

Le cisaillement de vent (en anglais windshear) se définit comme un changement brusque d'intensité et/ou de direction du vent sur de faibles distances horizontales et/ou verticales.

Ce phénomène peut se rencontrer selon les composantes longitudinale (cisaillement avant ou arrière), verticale (cisaillement descendant ou ascendant) et latérale (cisaillement traversier). Par exemple, un cisaillement de vent descendant, conduisant à un enfoncement de la trajectoire, correspond à une augmentation du courant descendant ou à une diminution du courant ascendant.

Le cisaillement de vent peut avoir plusieurs causes :

Phénomène METEO	Part des occurrences de cisaillement de vent
Activité convective (orages, microburst, front de rafale)	50 %
Averse de pluie ou neige	15 %
Activité frontale	15 %
Forts vents de surface	5 %
Jet streams de basse altitude	5 %
Autre causes (inversion de température, brise de mer, ondes orographiques,...)	10 %

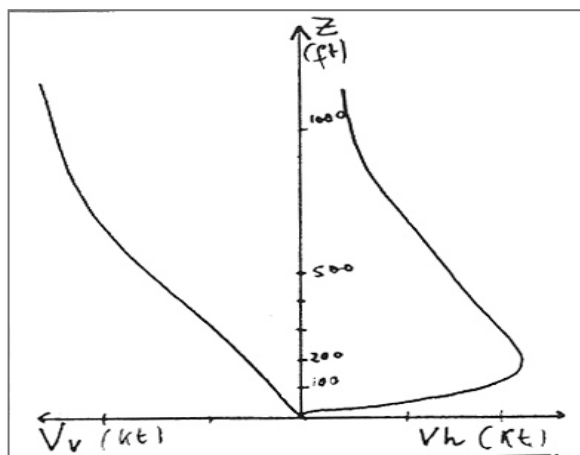
Les phénomènes de cisaillement de vent les plus dangereux sont ceux qui accompagnent les orages. Des études météorologiques ont mis en évidence que des indices tels qu'une activité convective, des virga (précipitations visibles n'atteignant pas le sol), un écart important entre la température et le point de rosée, des vents de direction variable avec rafales, des vents de sable, sont des indications d'un risque élevé de microburst ⁽¹⁵⁾, c'est-à-dire de micro-courant descendant (micro-chasse de vent vertical), et donc de cisaillement de vent.

Une des caractéristiques principales des microburst est qu'ils surviennent brutalement et sont de courte durée et d'intensité variable.

⁽¹⁵⁾ Le cisaillement de vent rencontré par le F-GLZC était d'amplitude assez limitée en comparaison des phénomènes décrits dans cette annexe. Sa particularité d'être survenu très près du sol, a notamment fait qu'il n'y a pas eu de microburst

Structure verticale d'un microburst classique

La structure verticale d'un microburst classique est représenté par le schéma ci-dessous.



On remarque que le maximum d'intensité de vent horizontal se trouve très près du sol (entre 100 et 300 ft), et que par contre, plus l'on monte en altitude, plus le courant se verticalise (forte intensité verticale descendante V_v , vitesse horizontale V_h en régression).

Effets d'un microburst rencontré en approche :

La rencontre d'un microburst en approche peut se décomposer schématiquement de la façon suivante :

- ❑ Rencontre d'un vent debout en augmentation. Augmentation de la vitesse indiquée. La trajectoire passe au-dessus du plan de descente. Le pilote peut être tenté de réduire la poussée et de réduire l'assiette pour retrouver le plan de descente.
- ❑ Diminution du vent debout, ce qui provoque la diminution de la vitesse et l'augmentation de la pente. L'augmentation du courant vertical tend à provoquer une réduction de l'incidence (à cause du changement de direction du vent relatif). L'assiette diminue. La vitesse verticale augmente en raison de la perte de portance et du mouvement vertical de la masse d'air. Ces effets sont d'autant plus accentués que la poussée a été réduite. Le cisaillement s'effectue entre le vent debout et le vent arrière ⁽¹⁶⁾.
- ❑ Augmentation du vent arrière et vent vertical constant provoquant une nouvelle perte de vitesse et l'augmentation de la vitesse verticale. Si ce phénomène se passe près du sol, il y a risque de toucher avant l'entrée de piste.

⁽¹⁶⁾ En cas de déplacement de la masse d'air, la composante de vent arrière peut s'annuler, c'est vraisemblablement le cas que l'on rencontre dans l'événement de Cayenne.

Moyens de détection des cisaillements de vent

a) Les moyens embarqués

En premier lieu, l'observation de l'environnement peut fournir de précieuses indications sur la présence éventuelle de cisaillement de vent. Les phénomènes suivants peuvent être, entre autres, des indices de la présence de gradient de vent :

- ☐ déplacements différents de couches de nuages adjacentes situées à proximité du sol,
- ☐ nuages en rouleaux, lenticulaires, en entonnoir,
- ☐ fort vent de surface soufflant en rafale,
- ☐ poussière soulevée sous des nuages convectifs,
- ☐ « fronts » de pluie près du sol,
- ☐ trombes ou tornades,
- ☐ virga...

De plus, les instruments de bord (anémomètres, indications de vitesse sol et de vent fourni par les systèmes de navigation) et les équipements tels que GPWS ou avertisseur de décrochage sont des sources d'information sur la présence d'un phénomène de cisaillement de vent.

Des systèmes électroniques ont été conçus pour détecter le passage de l'avion dans une zone de fort gradient de vent :

- ☐ Les systèmes réactifs sont basés sur la surveillance de plusieurs paramètres de vol pertinents. Une variation corrélée de ces paramètres signifie que l'avion est soumis au phénomène.
- ☐ Les systèmes prédictifs sont basés sur la mesure par un radar météorologique possédant une fonction Doppler du gradient de vent devant l'avion. La corrélation avec les valeurs de vent données par les systèmes de navigation permet d'établir le vecteur cisaillement de vent sur la trajectoire.

b) Les moyens au sol

Divers systèmes, plus ou moins efficaces, de détection de gradient de vent ont été implantés sur des aéroports reconnus comme sujets au cisaillement de vent :

- ☐ Le SODAR
Le principe consiste à analyser la réflexion d'ondes sonores sur les couches atmosphériques dans une ou plusieurs directions. Une antenne directive présente l'avantage de restituer un profil de vent sur un axe déterminé.

❑ Les profileurs de vent UHF

Le principe consiste à mesurer l'entraînement par le vent de marqueurs turbulents de petite échelle. Le radar analyse la propagation de signatures turbulentes et restitue un profil vertical de vent.

❑ Les radars météorologiques Doppler (TDWR)

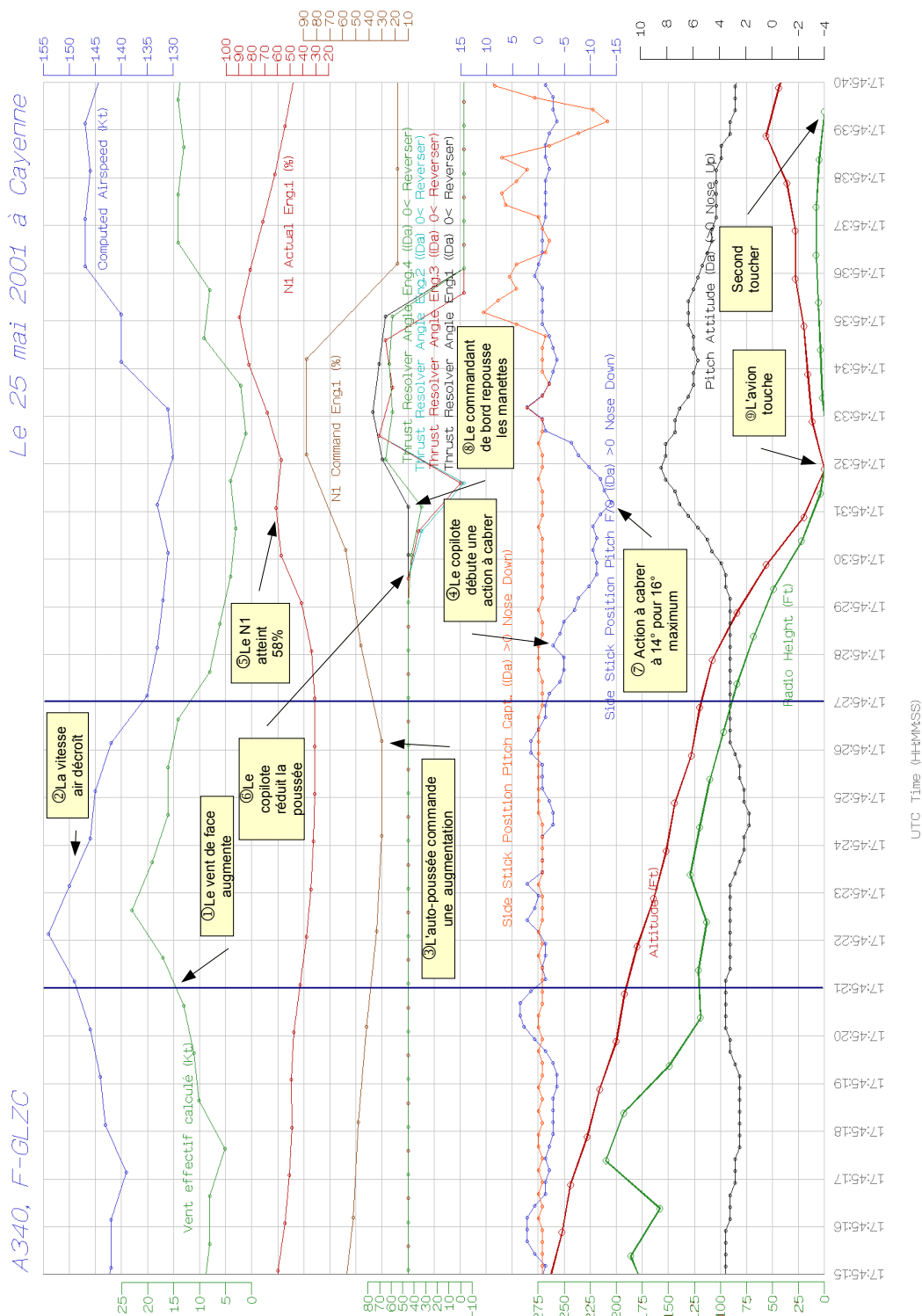
Le principe consiste à mesurer l'entraînement par le vent des précipitations. Cet équipement est capable de restituer le vent en trois dimensions dans un volume atmosphérique contenant des précipitations mais la détection est limitée aux situations précipitantes et, en outre, l'interprétation fine des données nécessite une compétence pas toujours compatible avec un usage aéronautique opérationnel.

❑ Le réseau dense de mesure de vent au sol (LLWAS)

Le principe réside dans la multiplication de capteurs de vent installés au voisinage des pistes. Une unité centrale compare en permanence les valeurs mesurées avec celles de la station centrale et déclenche, à partir d'un certain seuil d'écart, une alarme sonore dans la tour. Un tel système peut être couplé avec un TDWR. Ce système est notamment implanté sur l'aérodrome de Denver aux Etats-Unis.

L'OACI a publié en 2005 un Manuel sur le cisaillement de vent dans les basses couches (doc. 9817), dans lequel sont notamment précisés les conditions de formation du phénomène, ses effets sur les performances des avions et les moyens de détection qui existent.

Courbes FDR



Bureau d'Enquêtes et d'Analyses

Transcription du CVR

Avertissement

Ce qui suit représente la transcription des éléments obtenus de l'exploitation de l'enregistreur phonique. Cette transcription comprend les conversations entre les membres de l'équipage, les messages de radiotéléphonie échangés avec les services du contrôle aérien et des bruits divers correspondant par exemple à des manœuvres de sélecteurs 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 communications enregistrées par le CVR et concernant des avions tiers ne sont pas transcrites.

Quand plusieurs événements ont lieu dans l'intervalle d'une seconde, ils sont transcrits dans l'ordre d'apparition sans datation précise.

Glossaire

UTC	Temps UTC enregistré à bord
CdB	Commandant de bord
OPL	Officier pilote de ligne
PNC	Personnel navigant de cabine
→	Communication en direction du contrôle ou des passagers
VS	Voix synthétique
(*)	Mots ou groupe de mots non compris
()	Mots ou groupes de mots douteux

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 25 min 06 s				Début d'enregistrement
17 h 32 min 05 s			Air France trente-six quatre-vingts descendez deux mille pieds Q N H mille treize pas d'attente prévue	
17 h 32 min 11 s	→ deux mille pieds mille treize sans attente			
17 h 32 min 16 s	→ Air France trente-six quatre-vingt-deux			
17 h 32 min 18 s		alors on passe Q N H... mille treize		
17 h 32 min 22 s		et... deux mille bleu		
17 h 32 min 25 s		alors à mon top tu vas lire... huit mille quatre cents (*)		
17 h 32 min 29 s			trente-six quatre-vingt-deux	
17 h 32 min 31 s	oui		dernière visi météo trois mille mètres dans le sud-est et... averses dans le voisinage... et few Charlie Bravo à quinze cents pieds scattered à quatre mille six cents pieds	
17 h 32 min 40 s	→ oui bien reçu on va faire un... procédure I L S standard			
17 h 32 min 45 s			(*)	
17 h 32 min 47 s		eh bien check list approche s'il te plaît		
17 h 32 min 50 s	alors euh... (mouais) là c'était bon et là y avait cent pieds de plus hein			
17 h 32 min 55 s		d'accord		
17 h 32 min 59 s		(tu me) sors les A F		

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 33 min 00 s				bruit de sélecteur
17 h 33 min 01 s	t'es inquiète là ?			
17 h 33 min 03 s		non mais c'était		
17 h 33 min 03 s	tu (te) trouves un peu haut ?	pour (en cas) de vent arrière		
17 h 33 min 06 s	(*)	c'est vrai que maintenant on va (*)		
17 h 33 min 09 s	alors check list			
17 h 33 min 11 s	approche briefing			
17 h 33 min 13 s		confirmé donc pour un I L S zero huit		
17 h 33 min 16 s	oui... ECAM status ?			
17 h 33 min 18 s		vérifié		
17 h 33 min 23 s	speed bugs ?... Je... lis cent quarante et un deux cent vingt-sept			
17 h 33 min 24 s		okay		
17 h 33 min 26 s	les altimètres			
17 h 33 min 28 s		Q N H mille treize comparés		
17 h 33 min 33 s	oui à gauche... et seat belt ?			
17 h 33 min 44 s		ON c'est marrant on (remarque) pas grand chose au radar hein ?		
17 h 34 min 13 s	bon donc ça... alors l'attente sur Kukov elle se fait au sud			
17 h 34 min 23 s		dix nautiques (c'est) deux mille		
17 h 34 min 34 s	(...)	on a le choix		
17 h 34 min 38 s				
17 h 34 min 42 s	oui	merde alors... c'est prêt en... en heading		
17 h 34 min 46 s	(...)			

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 34 min 59 s		je vais... viser un petit peu entre ces trucs là... ah mais je vois la piste ?		
17 h 35 min 06 s	oui... oui si t'avais été plus bas tu vois tu pouvais (percer) à vue hein			
17 h 35 min 15 s		ouais on aurait pu quand même hein		
17 h 35 min 16 s	non ça aurait été mal ç'aurait été difficile quand même	à Dallas c'est pareil		
17 h 35 min 20 s		ah ouais non y a des (fibres) quand même ouais		
	des petits trucs qui traînent			
17 h 35 min 23 s		à Dallas c'est pareil on a eu un temps euh...		
17 h 35 min 26 s	Remarque euh...	y avait des tornades... dans le Texas au Texas		
17 h 35 min 29 s		ah c'est marrant ça... y nous a dit d'aller non y nous a rien dit à verticale la piste		
17 h 35 min 33 s	non non rien			
17 h 35 min 38 s		(*) commencer à réduire parce que ça sert à rien		
17 h 35 min 51 s		sinon moi je m'éloigne en... en sens inverse		
17 h 35 min 56 s	oh bah là c'est bon sur la trajectoire ça a l'air d'être très bon hein			
17 h 36 min 00 s	→ (oui) on passe verticale le terrain Air France trente-six quatre-vingt-deux			

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 36 min 04 s			Air France trente-six quatre-vingt-deux autorisé à l'approche I L S euh rappelez virage de procédure... le vent cent soixante-dix degrés quatre nœuds au sol	
17 h 36 min 13 s	→ oui on vous rappelle virage de procédure			
17 h 36 min 15 s		bon j'active la phase approche		
17 h 36 min 17 s	oui ça me semble être une bonne idée			
17 h 36 min 20 s		(je suis au cap)		
17 h 36 min 27 s	pourquoi tu suis pas l'axe en marche arrière là tu...			
17 h 36 min 30 s		si si je tourne là		
17 h 36 min 31 s	oui			
17 h 36 min 37 s			trente-sept quarante-huit début d'une procédure euh l'Airbus trois quarante en éloignement à Charlie Yankee Roméo alors dans deux minutes parce que vous ne pourrez pas remonter la piste avant qu'il soit posé	
17 h 36 min 46 s		eh bien... volets un s'il te plaît		
17 h 36 min 51 s		speed (S) (*)		
17 h 37 min 00 s	(...)			
17 h 37 min 06 s	c'est bien il recalcule à chaque fois la...			
17 h 37 min 14 s	et voilà			
17 h 37 min 17 s	on a des petites averses... et on est en vue et ça fume			

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 37 min 24 s		on arrive cinq cents pieds avant (*)		
17 h 37 min 25 s	cinq cents pieds avant oui			
17 h 37 min 45 s		on va passer en NAV hein ça sera pas (vraiment) plus mal hein... NAV vert		
17 h 37 min 51 s		attends il me le prend dans quel sens lui... en face ?		
17 h 37 min 54 s	oui tu ferais mieux de passer en heading hein			
17 h 37 min 56 s		oui parce que il va... heading vert		
17 h 38 min 04 s	donc là on est à... huit nautiques	(c'est pour ça qu'il m'a mis) la flèche		
17 h 38 min 07 s		donc j'ouvre par la droite		
17 h 38 min 08 s	oui... oui oui... oui oui tu fais comme tu veux... lui il t'a fait un truc standard hein euh...	hein comme il a marqué (*) (j'espère qu'il n'y a pas trop de nuages)		
17 h 38 min 14 s		ben ouais		
17 h 38 min 15 s	le volume d'attente est de l'autre côté mais...			
17 h 38 min 18 s		bah oui c'est ça qui m'étonne speed ALT star		
17 h 38 min 23 s	ah t'as même dépassé le point de virage			
17 h 38 min 29 s	→ on fait un virage de procédure par la gauche Air France euh... trente-six quatre-vingt-deux on est en ouverture on vous rappelle en rapprochement			

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 38 min 40 s			trente-six quatre-vingt-deux rappelez quatre nautiques en rapprochement sur cent dix-huit dix	
17 h 38 min 45 s	→ euh sur cent dix-huit dix et quatre nautiques en... finale on vous rappelle trente-six quatre-vingt-deux			
17 h 38 min 50 s			TWO THOUSAND	
17 h 38 min 52 s		on est (ALT) ALT vert		
17 h 39 min 01 s		quatre nautiques		
17 h 39 min 03 s	ouais	(*)		
17 h 39 min 04 s	oh là tu peux virer hein sinon on s'en fout de Kukov nous hein			
17 h 39 min 11 s	je veux dire on n'est pas obligé de le survoler			
17 h 39 min 13 s		deux milles donc on l'intercepte à six quatre (*) ou six trois I L S D M E		
17 h 39 min 17 s	ouais là on est à douze nautiques tu vois alors euh...			
17 h 39 min 22 s	le temps de faire ton virage tu vas avoir six nautiques à parcourir			
17 h 39 min 27 s	trois nautiques minute deux minutes			
17 h 39 min 31 s	(...)			
17 h 39 min 34 s				[PNC?] : J'ai jamais vu ça
17 h 39 min 35 s	quoi			
17 h 39 min 36 s	là c'est			[PNC?] : ça

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 39 min 38 s	ah c'est... c'est habituel sur la forêt vierge hein... sur ce genre de forêt... avec beaucoup d'humidité			
17 h 39 min 48 s			[?] : (*)	
17 h 39 min 49 s	ah bah ça demain ça sera encore pire hein			
17 h 39 min 59 s		ouais ouais		
17 h 40 min 11 s			[?] : (*)	
17 h 40 min 22 s		on est autorisé I L S hein		
17 h 40 min 23 s	oui oui oui oui			
17 h 40 min 24 s		le LOC... LOC bleu		
17 h 40 min 26 s	tu sais ici c'est... tu le fais à ta main hein LOC star	LOC star		
17 h 40 min 42 s	ah y a une bonne visi en dessous tu vois			
17 h 40 min 45 s		on va avoir un grain quand même là hein		
17 h 40 min 46 s	à deux mille pieds euh...			
17 h 40 min 49 s		LOC vert		
17 h 41 min 08 s		(*) six cinq		
17 h 41 min 17 s	(...)	eh bien...		
17 h 41 min 22 s		volets deux... s'il te plaît... speed F... (anticiper un petit peu)		
17 h 41 min 35 s		(c'est la) remise de gaz		
17 h 41 min 52 s	→ P N C préparez-vous à l'atterrissage			
17 h 41 min 57 s		je le prends à la main et je laisse l'auto manette		
17 h 41 min 59 s	d'accord			

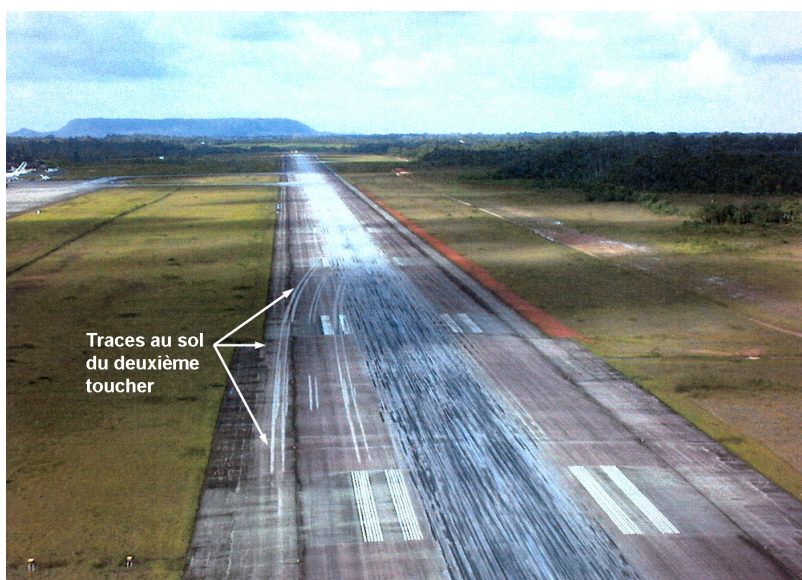
UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 42 min 00 s				bruit puis alarme déconnexion du pilote automatique
17 h 42 min 04 s				(PNC) cabin ready
17 h 42 min 06 s	merci			
17 h 42 min 08 s		le glide est actif c'est le bon glide le mode approche s'il te plaît		
17 h 42 min 15 s		cat un glide slope bleu		
17 h 42 min 17 s	vérifié			
17 h 42 min 20 s		à un point je continuerai à sortir les traînées parce qu'on est bas		
17 h 42 min 34 s		(*)		
17 h 42 min 36 s		on arrive à un point		
17 h 42 min 37 s		train sorti		
17 h 42 min 40 s				bruit de sortie du train
17 h 42 min 43 s		volets trois		
17 h 42 min 49 s		speed managée		
17 h 42 min 52 s		glide slope star		
17 h 42 min 54 s	c'est vérifié			
17 h 42 min 57 s		descente		
17 h 43 min 01 s	speed managée			
17 h 43 min 03 s		et volets full		
17 h 43 min 16 s		glide slope vert		
17 h 43 min 22 s	je suis surpris qu'il ait trouvé une vitesse managée en dessous de F... F			
17 h 43 min 27 s	à un moment donné	check-list avant atterrissage s'il te plaît		
17 h 43 min 31 s	alors A T H R			
17 h 43 min 33 s		speed		
17 h 43 min 35 s	volets			

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 43 min 36 s	memo landing	full		
17 h 43 min 37 s				
17 h 43 min 38 s		landing vert		
17 h 43 min 44 s		on est paré on n'est pas autorisé hein ?		
17 h 43 min 46 s	oui			
17 h 43 min 47 s		(je sais plus)		
17 h 43 min 48 s				
	→ on passe quatre nautiques en finale Air France trente-six quatre-vingt-deux			
17 h 43 min 52 s			(Tour) Air France trente-six quatre-vingt-deux autorisé atterrissage piste zéro huit le vent cent soixante degrés huit nœuds piste mouillée	
17 h 44 min 00 s	cent soixante-huit nœuds			
17 h 44 min 01 s		on va peut-être mettre l'auto-brake sur low alors		
17 h 44 min 04 s	si tu veux			
17 h 44 min 05 s		s'il te plaît oui		
17 h 44 min 06 s				
				bruit de fond en augmentation similaire à de la pluie qui s'abat sur le pare brise
17 h 44 min 09 s		on se ramasse un grain		
17 h 44 min 10 s				bruit de fond en diminution similaire à de la pluie qui cesse de s'abattre sur le pare brise
17 h 44 min 13 s		paré autorisé		
17 h 44 min 15 s			ONE THOUSAND	

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 44 min 16 s				bruits de mouvements électriques de siège
17 h 44 min 26 s		(*) variations		
17 h 44 min 29 s	je suis vachement bas dans cet avion			bruits de mouvements électriques de siège
17 h 44 min 41 s	alors tout se présente bien			
17 h 44 min 48 s	lui il nous voit un peu bas là-bas			
17 h 44 min 51 s		ouais	FIVE HUNDRED	
17 h 45 min 01 s			THREE HUNDRED AND NINETY	
17 h 45 min 02 s	j'ai l'impression qu'il ne marche pas terrible le ... le PAPI	land vert		
17 h 45 min 05 s			THREE HUNDRED	
17 h 45 min 06 s	c'est vérifié hein		HUNDRED ABOVE	
17 h 45 min 12 s			TWO HUNDRED	
17 h 45 min 14 s			MINIMUM	
17 h 45 min 15 s	on continue			
17 h 45 min 21 s				bruit de fond en augmentation similaire à de la pluie qui s'abat sur le pare brise
17 h 45 min 25 s			ONE HUNDRED AND TEN	
17 h 45 min 26 s				bruit des essuie-glaces
17 h 45 min 29 s			FIFTY	
	attention attention tu plonges		SINK RATE	
17 h 45 min 31 s			bruit	similaire à un bruit de sélecteur
	tu plonges		TEN	
			SINK RATE	

UTC	CdB	OPL	VS ou Tour	Observations
17 h 45 min 32 s			RETARD	fort bruit de toucher et mouvements d'objets en poste absence de bruit de roulement
17 h 45 min 35 s			RETARD	fin des mouvements d'objets en poste
17 h 45 min 39 s				bruit de toucher suivi du bruit de roulement
17 h 45 min 47 s		reverses		ressemble à une interrogation
17 h 46 min 03 s	on a touché avant la piste			fin de la transcription
17 h 50 min 26 s				fin de l'enregis- trement

Photographies des traces au sol



Procédures Airbus sur l'utilisation des automatismes

Sont reproduits ci-dessous les extraits du Flight Crew Operating Manual de l'Airbus A340 qui traitent de l'utilisation des automatismes.

* AUTOTHRUST FUNCTION (FCOM 3.1.22 general)

Use of the autothrust is approved with, or without, AP/FD in selected or managed mode.

* Use of autothrust in approach (FCOM 3.4.70 thrust control)

The pilot should use autothrust for approaches. On final approach, it usually gives more accurate speed control, although in turbulent conditions the actual airspeed may vary from the target speed, by as much as five knots. Although the changeover between auto and manual thrust is easy to make with a little practice, the pilot should, when using autothrust for the final approach, keep it engaged until he retards the thrust levers to idle for touchdown. If the pilot is going to make the landing using manual thrust, he should disconnect the A/THR by the time he has reached 1,000 feet on the final approach.

If he makes a shallow flare, with A/THR engaged, it will increase thrust to maintain the approach speed until he pulls the thrust levers back to idle. Therefore, he should avoid making a shallow flare, or should retard the thrust levers as soon as it is no longer necessary to carry thrust, and if necessary before he receives the «retard» reminder.

When using A/THR the pilot can always change thrust by moving the thrust levers above the CL detent. The thrust then increases to what corresponds to the thrust lever position. However, A/THR stays armed, and immediately takes effect when the thrust levers are returned to the CL detent. Therefore, the pilot should normally put the thrust levers back to CL, as soon as the aircraft has made the change for which he has increased thrust. This feature gives the pilot a means of advancing phase on the autothrust in very difficult environmental conditions. But, it should only be needed in exceptional circumstances.

Note: When below 100 feet, moving thrust levers above the CL detent, will result in A/THR disconnection. Although use of the autothrust is recommended for the entire approach, this does not absolve the pilot from his responsibility to monitor its performance, and to disconnect it if it fails to maintain speed at the selected value. Such monitoring should include checking on whether or not the managed speed, calculated by the FMGEC, is reasonable.

* Instinctive Disconnection Procedure

- Set the thrust levers to the current thrust setting by adjusting the levers until the N1 (or EPR) TLA white circle is adjacent to the actual N1 or EPR.
- Use the instinctive pushbutton to disconnect the A/THR
- Check that "AUTO FLT A/THR OFF" is displayed on the ECAM, and that there is no annunciator in the first column of the FMA.
- Set the correct manual thrust.

* AUTO PILOT FUNCTION (FCOM 3.1.22 general)

Minimum height for use of autopilot on takeoff with SRS mode 100 ft AGL
(An internal FMGS logic prevents the autopilot from engaging during the 5 seconds after liftoff).

Minimum height for use of the autopilot in:

Straight-in non precision approach applicable MDA (MDH)

Circling approach applicable MDA - 100 ft (or MDH - 100 ft)

ILS approach with CAT 1 displayed on FMA 160 ft AGL

Go-around (AP or FD engagement) 100 ft AGL

All other phases 500 ft AGL

* ILS APPROACH (FCOM 4.5.70 ILS APPROACH)

INTERMEDIATE/FINAL APPROACH (ILS approach entered in the F-PLN) The preferred technique for flying an ILS approach is to fly a decelerated approach using the AP/FDs, the LOC and G/S modes, autothrust in the SPEED mode, managed speed target is recommended.

* DATA LOCK (FCOM 4.5.70 ILS APPROACH)

When the aircraft reaches 700 feet RA with APPR mode (LOC and G/S) armed or engaged, the ILS frequency and course are frozen in the receiver.

This function (ILS tune inhibit) is available when at least one AP/FD is engaged. Any attempt to change ILS frequency or CRS through the MCDU or RMP does not affect the receiver.

If the speed is managed, the system does not accept any modifications the flight crew may enter on the PERF APPR page (surface wind, selected landing configuration, or VAPP) for speed guidance purposes below this altitude.

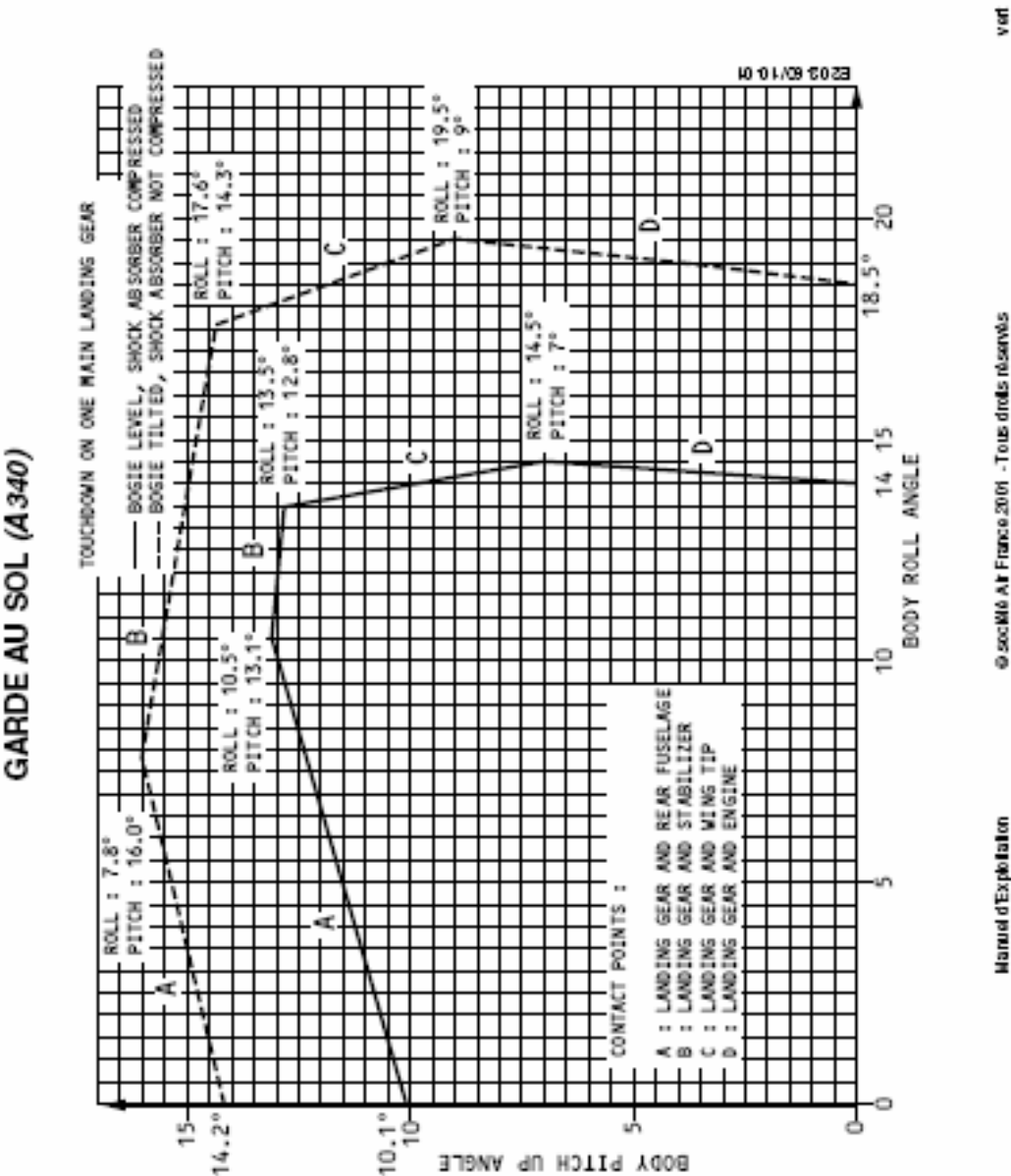
When the aircraft reaches 400 feet RA, LAND mode engages. The flight crew can disengage this mode only by engaging the GO AROUND mode.

Diagramme indiquant la garde au sol de l'avion à l'atterrissage

A330/340
AIRFRANCE
QA.NT

Procédures normales
Techniques et patterns
GEOMETRIE A L'ATTERRISSAGE

TU 02.05.75. 07
27 DEC 01
A340



Description du principe de la Ground Speed mini

(manuel d'exploitation d'Air France, partie Utilisation A 340)

A340

AIR FRANCE
OA.NT

Auto Flight
A/THR

TU 12.22.68. 09

12. MODE SPEED MANAGEE EN PHASE APPROACH

Lorsque l'avion est en phase APPROACH avec la vitesse managée, la vitesse-cible est affichée sur le PFD en couleur magenta, et elle est variable.

La cible de vitesse managée est calculée par le FMGS, en utilisant la fonction "vitesse sol minimum".

12.1. PRINCIPE DE LA VITESSE SOL MINI

Le but de cette vitesse-sol mini est de tenir compte de l'inertie de l'avion lorsque le vent varie en cours d'approche. Cela permet de présenter à l'équipage une vitesse cible adéquate. Lorsque l'avion est à la vitesse cible, l'énergie est maintenue au-dessus d'une valeur minimale assurant une marge aérodynamique standard vis-à-vis du décrochage.

Si l'A/THR est en mode SPEED, la vitesse cible sera automatiquement suivie, assurant ainsi la gestion adéquate de la poussée durant l'approche.

Le niveau d'énergie minimal est celui que l'avion doit avoir au toucher si l'atterrissage est effectué à la VAPP avec comme vent, celui inséré en page PERF APPR.

Ce niveau d'énergie minimal est représentée par la vitesse sol de l'avion au toucher. Cette vitesse sol est appelées "GROUND SPD MINI".

Au cours de l'approche, le FMGS actualise en permanence la vitesse cible pour maintenir la vitesse sol, à la valeur ou au-dessus de la "GROUND SPD MINI" en fonction du vent instantané.

La vitesse cible minimum est limitée à la VAPP, et la limite supérieure sera VFE de la prochaine configuration en CONF 1, 2, 3 et VFE -5 en CONF FULL.

La vitesse cible est affichée en magenta sur l'échelle de vitesse du PFD, lorsque la phase approche est active et que la vitesse est managée. Elle est indépendante de l'engagement de l'AP/FD et/ou de l'A/THR.

Le vent est le facteur principal du calcul de la vitesse sol mini.

12.2. VENT TWR

C'est le vent magnétique entré en page PERF APPR. C'est le vent moyen fourni par l'ATIS ou la TWR. Les rafales ne doivent pas être insérées car elles sont prises en compte dans le calcul de la vitesse d'approche managée (voir ci-dessous).

12.3. LA COMPOSANTE VENT DE FACE TWR

La composante du vent magnétique est la projection du vent sur l'axe piste FMS, qui est l'axe du QFU inséré.]

12.4. COMPOSANTE DU VENT DE FACE REEL

La composante du vent réel (mesuré par les ADIRS) est prise par rapport à l'axe avion.

Les 3 formules suivantes expliquent comment la vitesse cible d'approche est calculée :

1- Calcul de la VAPP

$VAPP = VLS + 1/3 \text{ de la composante vent de face TWR (mini 5kt, maxi 15kt).}$

La composante vent de face est comptée positivement.

En cas de composante vent arrière, $VAPP = VLS + 5kt$.

La VAPP peut être corrigée manuellement par l'équipage.

2- Calcul de la vitesse sol mini

$Vitesse \text{ sol mini} = VAPP - \text{composante vent de face TWR.}$

- la vitesse-sol mini n'est pas présentée à l'équipage.
- la correction "composante vent de face" est au minimum de 10 kt ; même si sa valeur est inférieure ou si la composante est vent arrière.

$Vitesse\text{-sol mini} = VAPP - 10 \text{ kt.}$

3- Calcul de la cible de vitesse

Au dessus de 400 ft, la cible de vitesse est continuellement recalculée pour maintenir :

$Cible \text{ de Vitesse} = Vitesse \text{ sol mini} + \text{Composante du vent instantané}$

La valeur minimum est VAPP, la valeur maximum est VFE -5 kt.

En dessous de 400 ft, le calcul de la cible de vitesse est modifié pour réduire une variation importante de poussée en courte finale.

Le calcul peut-être simplifié de la manière suivante :

$Cible \text{ de Vitesse} = VLS + 1/3 \text{ de la composante vent de face}$

La valeur minimum reste VAPP et la valeur maximum demeure VFE -5 kt.

Note : En dessous de 400 ft RA, le calcul de la cible de vitesse d'approche est modifié en considérant progressivement Vent TWR = Vent réel.



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