

Rapport

Incident grave survenu le **16 août 2008**
au décollage de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle (95)
au **Boeing 737-800**
immatriculé **SU-BPZ**
exploité par **AMC Airlines**



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

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

Avertissement

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

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation civile internationale et au Règlement européen n° 996/2010, l'enquête n'a pas été conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.

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

Table des matières

AVERTISSEMENT	1
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	6
1.1 Déroulement du vol	6
1.2 Dommages à l'aéronef	7
1.3 Autres dommages	7
1.4 Renseignements sur le personnel	7
1.4.1 Commandant de bord	7
1.4.2 Copilote	7
1.5 Renseignements sur l'aéronef	8
1.5.1 Cellule	8
1.5.2 Moteurs	8
1.5.3 Système OPT	8
1.5.4 Masse et centrage	11
1.6 Conditions météorologiques	12
1.7 Télécommunications	12
1.8 Renseignements sur l'aérodrome	13
1.8.1 L'aérodrome	13
1.8.2 Description du dispositif installé lors des travaux sur la piste 09R/27L	15
1.9 Enregistreurs de bord	17
1.10 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	17
1.10.1 Dégâts à l'aéronef	17
1.10.2 Dégâts au sol	17
1.11 Essais et recherches	19
1.11.1 Etude des trajectoires d'avions le 16 août 2008	19
1.11.2 Synthèse des constatations relatives à l'impact	21
1.11.3 Essais menés à partir de l'OPT	21
1.11.4 Synthèse des examens et recherches	23
1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion	25
1.12.1 La compagnie aérienne AMC	25
1.12.2 Procédure d'un autre exploitant de B737-800 utilisant l'OPT	27
1.12.3 Systèmes de gestion de la sécurité	27
1.12.4 Etudes réalisées pour la mise en place des travaux sur la piste 09R/27L	30
1.12.5 Consignes relatives à l'exploitation de l'aérodrome et des services de la navigation aérienne durant les travaux	32

1.13 Renseignements supplémentaires	34
1.13.1 Témoignages	34
1.13.2 Etude sur les erreurs de paramètres dans le calcul des performances au décollage	36
1.13.3 Etude de la fatigue de l'équipage	36
1.13.4 Actions correctrices prises par AMC	38
2 - ANALYSE	39
2.1 Scénario	39
2.2 Défaillances systémiques	41
2.2.1 L'exploitation par AMC	41
2.2.2 Etudes d'impact	41
3 - CONCLUSIONS	44
3.1 Faits établis par l'enquête	44
3.2 Causes	45
4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE	46
5 - ACTIONS ENTREPRISES AU COURS DE L'ENQUÊTE	46
LISTE DES ANNEXES	47

Glossaire

ADP	Aéroports de Paris
AIP	Publication d'information aéronautique
AMC	Aircraft Maintenance Company Airlines
ATIS	Service automatique d'information de région terminale
CRM	Gestion des ressources au poste de pilotage
CVR	Enregistreur phonique
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DSNA	Direction des Services de la navigation aérienne
DTI	Direction de la Technique et de l'Innovation
EIS	Etude d'impact sur la sécurité
FDR	Enregistreur de paramètres de vol
FMC	Flight Management Computer
FOD	Foreign Object Debris
IATA	Association Internationale des transporteurs aériens
IOSA	IATA Operational Safety Audit
Kg	Kilogrammes
MAC	Corde aérodynamique moyenne
NOTAM	Notice To airmen
OPT	Onboard Performance Tool (logiciel de calcul des performances développé par Boeing)
PCR	Poste de Commandement Aires Aéronautiques
PF	Pilote en fonction
PM	Pilot Monitoring
RESA	Aire de sécurité d'extrémité de piste
QAR	Enregistreur de maintenance
QRH	Quick Reference Hand book
SGS	Système de Gestion de la sécurité
SNA	Service de la navigation aérienne
SNA-RP	Service de la navigation aérienne - Région parisienne
SSLIA	Service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes

Synopsis

Date

Samedi 16 août 2008 à 22 h 57⁽¹⁾

Lieu

Au décollage piste 27L
à Paris Charles de Gaulle (95)

Nature du vol

Transport public de passagers
Vol international non régulier
AMV6104 Paris – Louxor

Aéronef

Boeing 737-800
immatriculé SU-BPZ

Propriétaire

Aircraft Maintenance Company
Airlines (AMC) (Egypte)

Exploitant

Aircraft Maintenance Company
Airlines (AMC) (Egypte)

Personnes à bord

2 PNT, 5 PNC, 169 adultes et
16 enfants

⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter deux heures pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

Résumé

De nuit en conditions VMC, l'équipage du vol AMV6104, à destination de Louxor, s'aligne depuis l'intersection Y11 sur la piste 27L de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle. La longueur de piste disponible au décollage est provisoirement réduite en raison de travaux. Lors du roulement au décollage, l'avion heurte des feux provisoires d'extrémité de piste puis, au cours de la rotation, détruit des balises du dispositif de sécurité placé en amont de la zone de travaux. Il décolle avant une barrière anti-souffle provisoire et poursuit son vol jusqu'à destination.

Conséquences

	Blessures			Matériel	Dommages aux tiers
	Mortelles	Graves	Légères/ Aucune		
Membres d'équipage	-	-	7	Avion légèrement endommagé	Balisage provisoire endommagé
Passagers	-	-	185		

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le Boeing 737-800 immatriculé SU-BPZ, en provenance de Marsa Alam (Egypte), arrive à 21 h 25 à son point de stationnement sur l'aire Q de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, avec 3 heures de retard⁽²⁾. Lors du roulage, le commandant de bord a demandé l'intervention de la police pour l'interpellation d'un passager qui a fumé dans les toilettes.

Au cours de l'escale, le copilote programme le FMS pour le vol suivant. Le commandant de bord gère l'intervention de la police et demande à l'agent d'exploitation de la société d'assistance de remplir la feuille de chargement et de centrage.

La police quitte l'avion vers 22 h 15.

L'équipage écoute l'ATIS puis le commandant de bord insère dans l'OPT les données permettant le calcul des performances au décollage. Il envisage un décollage en piste 27L depuis la bretelle Y11. Les dimensions de la piste sont réduites d'environ un tiers en raison de travaux à son extrémité.

L'avion quitte son point de stationnement à 22 h 45 pour la piste 27L. Le commandant de bord est PF.

Lors du roulage, le contrôleur SOL propose un alignement en Y12 ou Y11. L'équipage indique qu'il préfère utiliser Y11. Le contrôleur acquiesce et précise la longueur restante depuis cette intersection. Alors qu'il approche de Y11, l'équipage est autorisé au décollage par le contrôleur LOC.

En fin de roulement au décollage, l'avion percute des feux d'extrémité provisoire de la piste. Il poursuit son roulement et, lors de la rotation, heurte des balises provisoires en plastique. Quatre balises sont projetées vers le taxiway K2. L'avion survole à basse hauteur une barrière anti-souffle.

L'équipage réalise qu'il a heurté des objets au sol. Il effectue un bilan des systèmes et des paramètres puis décide de poursuivre le vol à destination. Il n'informe pas le contrôleur des anomalies rencontrées au cours du décollage.

Le 17 août 2008, vers 2 h 30 du matin, le vol BIE250 est autorisé après l'atterrissage à traverser la piste 27L via la voie de circulation K2. L'équipage signale au contrôle l'impossibilité de rouler étant donné la présence de débris devant lui. Le contrôleur SOL déclenche une inspection de la zone, au cours de laquelle il est constaté que plusieurs balises de signalisation de la zone de travaux située en bout de piste 27L sont endommagées. Une pièce de B737-800 est également retrouvée parmi les débris. Le service de la navigation aérienne en informe les exploitants de B737 ayant décollé depuis la dernière inspection de piste. Un responsable d'AMC a alors indiqué que le SU-BPZ avait été endommagé par un FOD sur la piste. Ce n'est que plusieurs jours après l'événement que le recueil des informations a permis de confirmer que le SU-BPZ avait heurté le balisage lors du décollage.

⁽²⁾Le retard est dû à une arrivée tardive de l'avion à Marsa Alam, du fait des aléas ordinaires de l'exploitation. L'étape Marsa Alam – Paris Charles de Gaulle est la première de la rotation de l'équipage.

1.2 Dommages à l'aéronef

L'avion a été légèrement endommagé au niveau du capotage du moteur numéro 1 et du plan horizontal réglable. L'un des pneus du train avant a été entaillé et une pièce du harnais du train principal gauche s'est désolidarisée (voir 1.10.1).

1.3 Autres dommages

Des éléments provisoires de chantier (balises en matière plastique et feux matérialisant l'extrémité provisoire de piste et la voie de circulation K2) ont été endommagés (voir 1.10.2).

1.4 Renseignements sur le personnel

Les 2 membres de l'équipage de conduite sont commandants de bord sur B737 pour l'exploitant AMC.

1.4.1 Commandant de bord

Homme, 43 ans

- ☐ ATPL délivré par l'Egypte le 7 octobre 1999, valide jusqu'au 30 septembre 2008. Qualifications de type sur B737-300/400/500/800 et A300
- ☐ Qualification sur B737-800 délivrée en mars 2006
- ☐ Dernier contrôle de compétence effectué le 23 mars 2008
- ☐ Certificat d'aptitude médicale valide jusqu'au 30 septembre 2008
- ☐ Attestation de formation CRM délivrée par AMC le 14 avril 2008
- ☐ Dernier contrôle d'aptitude en langue anglaise, niveau 4, effectué le 31 juillet 2007 au sein du centre de formation d'Egyptair⁽³⁾
- ☐ Expérience :
 - totale : 9 150 heures de vol
 - sur type : 1 900 heures de vol
 - dans les 30 derniers jours : 90 heures
 - dans les 7 derniers jours : 26 heures

Le commandant de bord a travaillé pour Egyptair (sur B737-200/500), en tant que copilote puis en tant que commandant de bord, jusqu'en 2000 ; il a ensuite travaillé pour différents exploitants, dont Louxor Air et Heliopolis, sur B737-400/500 puis pour AMC depuis avril 2005 (sur A300 puis B737-800).

1.4.2 Copilote

Homme, 39 ans

- ☐ ATPL délivré par l'Egypte le 14 mai 2003, valide jusqu'au 30 novembre 2008
- ☐ Qualifications de type sur B737-800 (délivrée en juin 2008) et A320
- ☐ Certificat d'aptitude médicale valide jusqu'au 30 avril 2009

⁽³⁾Le commandant de bord a été testé à nouveau, avec succès, à la suite de l'événement.

- ❑ Attestation de formation CRM délivrée par AMC le 14 avril 2008
- ❑ Dernier contrôle d'aptitude en langue anglaise, niveau 4, effectué le 19 juillet 2007 au sein du centre de formation d'Egyptair
- ❑ Expérience :
 - totale : 5 950 heures de vol
 - sur type : 140 heures de vol
 - dans les 30 derniers jours : 69 heures
 - dans les 7 derniers jours : 17 heures

Le copilote avait volé auparavant pour Lotus Air sur A320. Il a rejoint AMC six mois avant l'événement.

1.5 Renseignements sur l'aéronef

1.5.1 Cellule

Constructeur	Boeing
Type	B737-86N
Numéro de série	35213
Immatriculation	SU-BPZ
Mise en service	Juin 2007
Certificat de navigabilité	Délivré le 26 juin 2007, valable jusqu'au 25 juin 2009
Utilisation à la date du 16 août 2008	4 234 heures

1.5.2 Moteurs

	Moteur n° 1	Moteur n° 2
Constructeur	SNECMA	SNECMA
Type	CFM56-7B26/3G05	CFM56-7B26/3G05
Numéro de série	894698	894705
Date d'installation	26 juin 2007	26 juin 2007
Temps total de fonctionnement	4 234 heures	4 234 heures
Cycles depuis installation	1 323 cycles	1 323 cycles

1.5.3 Système OPT

L'exploitant AMC demande à ses équipages d'utiliser le logiciel OPT fourni par Boeing pour déterminer la configuration et les vitesses caractéristiques (V1, Vr et V2) en fonction de la poussée retenue pour le décollage. Ce logiciel est installé sur des ordinateurs portables utilisés à bord par l'équipage. L'illustration qui suit montre la page principale PERFORMANCE-TAKE OFF dans

la configuration dite « class 3 », recommandée par le constructeur. AMC utilise cette configuration, avec ajout en outre d'un onglet, non représenté ci-après, permettant la sélection d'une poussée maximale.

Note : il existe trois classes de systèmes et de matériels EFB (Electronic Flight Bag). L'OPT est un élément du système EFB. La classe 1 consiste en un logiciel installé sur un ordinateur portable qui ne peut être branché que sur l'alimentation de l'avion. La classe 2 correspond à un matériel installé dans l'avion, relié aux systèmes de l'avion via un module d'interfaçage. Les matériels référencés dans la classe 3 sont installés de manière permanente dans l'avion et interfacent directement avec ses systèmes. Ces derniers sont soumis à la certification du type avion. L'OPT utilisé dans ce cas est installé sur un matériel de classe 1 (ordinateur portable) mais le logiciel associé est régulièrement intégré aux systèmes de classe 3, proposés en option sur les B737 actuellement produits.

Les onglets grisés permettent d'accéder à des pages particulières, par exemple pour la sélection d'un aérodrome ou pour l'insertion de données sur le chargement.

Il est nécessaire de sélectionner, parmi une liste proposée par le système, l'aérodrome de départ puis la piste en service et la bretelle prévue pour le décollage. Les choix offerts dépendent de la configuration adoptée par l'exploitant. AMC utilise la base de données fournie par Jeppesen et, dans le cas où la piste en service est la 27L de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, seules les bretelles Y12 et Y13 sont proposées. L'exploitant AMC a indiqué que la bretelle Y11 n'apparaissait pas car il s'agissait d'une voie de dégagement à grande vitesse (DGV). Le SNA RP a précisé que cette intersection est une bretelle de sortie pour la piste 09R, mais qu'il est autorisé de l'utiliser pour l'alignement en 27L⁽⁴⁾. Lors de l'événement, la base de données utilisée par

⁽⁴⁾La bretelle Y11 est considérée comme une bretelle d'alignement dans la publication aéronautique.

AMC n'était que partiellement à jour. En effet, l'abonnement souscrit par l'exploitant ne comprenait pas l'option de prise en compte des restrictions temporaires par des mises à jour spécifiques.

Les valeurs des paramètres suivants doivent, entre autres, être insérées manuellement pour le calcul des vitesses et la détermination de la configuration : le nombre de passagers à bord par zone, le chargement dans chaque soute, la quantité de carburant embarqué, les données météorologiques diffusées sur l'ATIS et les restrictions d'utilisation de la piste choisie.

Il existe 2 fonctionnalités, éventuellement utilisées conjointement, pour insérer les restrictions d'utilisation. L'une permet à l'administrateur du système d'insérer les restrictions figurant dans un NOTAM, celles-ci s'imposant ensuite aux équipages. AMC n'utilise pas cette fonctionnalité. L'autre permet à l'administrateur de rendre accessible aux équipages une page NOTAM temporaire, depuis l'onglet NOTAM de la page principale. Cette fonctionnalité est conçue pour prendre en compte à court terme les restrictions. Les équipages d'AMC doivent utiliser cette fonctionnalité. La page NOTAM temporaire se présente comme suit :

PERFORMANCE - NOTAMS			
ARPT INFO	DENVER INTL - KDEN / 08		COMPLETE
	Shortening from runway start (ft) 0		CANCEL
	Shortening from liftoff end (ft) 0		
Landing distance shortening (ft) 0			
ADD ARPT			
NOTAMS	OBSTACLE		
	Obstacle height (ft) 0		
	Obstacle distance (ft) 0		
	Lateral Offset (ft) 0		
	Comments:		
WT AND BALANCE			
SHOW LANDING	DISTANCE UNITS	HEIGHT UNITS	
	☒ Feet ☐ Meters	☒ Feet ☐ Meters	
EXIT	OBSTACLE DIST REF	OBSTACLE HT REF	CLEAR ALL
	☒ Runway Start ☐ Liftoff End	☒ Runway Start ☐ Liftoff End ☐ Sea Level	

Note : les paramètres renseignés dans cette page sont utilisés par le système tant qu'ils ne sont pas réinitialisés.

Une fois les informations saisies, l'onglet NOTAM apparaît souligné en ambre.



Ainsi, dans la configuration retenue par AMC, pour un décollage en 27L à Paris Charles de Gaulle depuis la bretelle Y11 et alors que 1 240 m de piste sont inutilisables du fait des travaux, l'équipage doit :

- ❑ choisir la piste 27L et une bretelle d'alignement, par exemple Y12 (c'est l'habitude, selon le chef pilote et l'équipage) ;
- ❑ sélectionner l'onglet NOTAM pour accéder à la fenêtre dédiée ;
- ❑ saisir la longueur de piste à retrancher de la valeur nominale afin de tenir compte de l'ensemble des restrictions. Dans le cas de l'exemple retenu, il faut déduire une longueur de 280 m correspondant à l'alignement depuis Y11 et les 1 240 m inutilisables durant les travaux, soit une longueur totale de 1 520 m.

Remarque : étant donné le NOTAM (voir 1.12), l'information sur la longueur inutilisable au cours des travaux n'était pas directement accessible. Lors de la préparation du vol, l'équipage devait la déduire de la longueur normalement disponible et de l'information de longueur de piste disponible depuis la bretelle sélectionnée figurant sur la carte temporaire d'aérodrome (voir annexe 1).

Ensuite, l'équipage doit choisir la configuration des volets et becs, l'activation ou non des prélèvements d'air (air conditionné et anti givrage), le choix d'un mode de détermination de V1 (optimum, équilibré) ainsi que l'activation du mode de montée améliorée. Ces choix doivent se faire conformément à la politique définie par l'exploitant. Les équipages d'AMC ont en outre la possibilité de choisir la poussée maximale : poussée maximale de 26K ou poussée maximale limitée à 24K ou 22K⁽⁵⁾.

A partir de ces données, l'OPT détermine les valeurs de vitesse caractéristiques, ainsi qu'une éventuelle température fictive ou indique que le décollage est impossible dans les conditions retenues. L'équipage doit prendre en compte ces valeurs pour la préparation de l'avion en les insérant dans le FMC, l'OPT n'étant pas connecté au FMC.

Remarque : la distance nécessaire au décollage n'est pas indiquée par le système dans la configuration retenue par AMC. Le manuel d'utilisation de l'OPT précise qu'une fonctionnalité, activable par l'administrateur du système, permet de rendre accessible aux équipages les distances de décollage nécessaires depuis la page aéroport. Toutefois, dans ce même manuel, une mise en garde mentionne que cette fonctionnalité est de peu d'utilité aux équipages et devrait demeurer à l'usage des gestionnaires, notamment afin de ne pas inciter les pilotes à improviser des procédures de décollage sur la base de ces données.

1.5.4 Masse et centrage

La société Alyzia assiste les équipages d'AMC à l'escale en fournissant les données de chargement et en réalisant le décompte des passagers.

Pour établir les documents de chargement, la société d'assistance utilise les valeurs fournies par AMC, dont une masse forfaitaire de 75 kg par adulte et 35 kg par enfant⁽⁶⁾. Les bagages en soute sont pesés.

⁽⁵⁾La lettre « K » correspond à la notation utilisée par le constructeurs pour indiquer la poussée du moteur, une unité correspondant à 1 000 lbs.

⁽⁶⁾Les masses forfaitaires minimales mentionnées par l'EU-OPS sont, pour un vol Charter, de 76 kg pour un adulte et 35 kg pour un enfant.

Sur la feuille de chargement et de centrage du vol de l'incident, figurent les valeurs suivantes :

- ❑ masse de base : 42 475 kg ;
- ❑ masse du carburant embarqué : 15 800 kg ;
- ❑ nombre de passagers : 169 adultes et 16 enfants (répartis comme suit : secteur OA 24, secteur OB : 83, secteur OC : 78) ;
- ❑ masse du chargement en soute : 2 931 kg (en zone 3) ;
- ❑ masse au décollage 74 441 kg (pour une masse maximale structurelle au décollage de 79 015 kg).

L'exploitant a indiqué que les valeurs de référence utilisées par la société d'assistance étaient similaires à celles sélectionnées dans l'OPT pour la configuration du logiciel.

Note : la masse de base est déterminée par l'exploitant à partir d'une masse à vide de 41 557 kg augmentée d'un forfait correspondant à un équipage de neuf personnes avec bagages (288 kg pour 3 PNT, 390 kg pour 6 PNC)⁽⁷⁾ et de l'import de roues de rechange et d'une boîte à outils (240 kg). La masse à vide utilisée est celle du SU-BPG, premier B737-800 acquis par AMC (la dernière pesée, effectuée par le constructeur avant la livraison, indique une masse à vide de 41 579 kg pour le SU-BPZ).

Ces valeurs sont cohérentes avec les informations sur le chargement établies par Alyzia.

Le centrage calculé pour le vol du 16 août 2008 était à 22,2 % de la MAC, à l'intérieur des limites définies par le constructeur (pour cette masse, les limites de l'enveloppe sont d'environ 15 % et 30,5 % de la MAC).

1.6 Conditions météorologiques

L'observation de 22 h 30 indiquait un vent du 210° pour 7 kt, CAVOK, une température de 19 °C, une température du point de rosée de 10 °C, un QNH de 1009 hPa. Aucune évolution significative n'était prévue au cours des 2 heures suivantes. L'observation de 23 h 00 ne faisait pas apparaître d'évolution significative des paramètres météorologiques.

1.7 Télécommunications

Les échanges radiophoniques pertinents entre l'équipage et le contrôle sur les fréquences pré-vol, SOL puis LOC ainsi que l'ATIS S, figurent en italique ci-après.

Le message ATIS Sierra, en anglais, enregistré à 22 h 30, rappelle que des travaux sont en cours sur la piste 27L/09R et demande aux équipages de vérifier, sur la fréquence pré-vol, la distance de piste disponible au décollage :

⁽⁷⁾Pour la même masse à vide mais avec un équipage composé de 2 PNT et 5 PNC, la masse de base utilisée par l'exploitant est de 42 249 kg.

“This is Charles de Gaulle information Sierra recorded at two two three zero UTC, expected approach ILS, landing runway two seven right and two six left, take off runway two seven left and two six right, expect departure one Alpha one Bravo one Yankee, caution works in progress on taxiways, works in progress on runway zero nine right two seven left, check take off run available on preflight frequency ...//...”

UTC time	Broadcasting Station	Receiving Station	Message
22 h 50 min 03	CDGSOL	AMV6104	<i>Alpha Mike Victor six one zero four after November taxi by Delta for holding point two seven left, which intersection do you like?</i>
22 h 50 min 12	AMV6104	CDGSOL	<i>You're calling six one zero four?</i>
22 h 50 min 14	CDGSOL	AMV6104	<i>Alpha six one zero four you taxi by Delta after November and eh would you like Yankee one one Yankee twelve for departure?</i>
22 h 50 min 21	AMV6104	CDGSOL	<i>A Yankee eleven will be OK</i>
22 h 50 min 22	CDGSOL	AMV6104	<i>Roger Alpha Mike Victor six one zero four, Yankee one one two thousand three hundred sixty meters</i>
22 h 50 min 27	AMV6104	CDGSOL	<i>Copied thank you, via Delta to Yankee eleven eh two seven left, Alpha Mike Victor six one zero four</i>

Lors du premier contact, l'équipage n'annonce pas l'information dont il a pris connaissance⁽⁸⁾. Il demande à décoller en piste 27L, sans demander confirmation de la longueur disponible au décollage. Le contrôleur pré-vol accepte et autorise l'équipage à un départ LANVI 1A.

Au cours du roulage, le contrôleur SOL demande à l'équipage s'il préfère s'aligner depuis la bretelle Y11 ou la bretelle Y12. L'équipage demande Y11. Le contrôleur l'autorise à s'aligner depuis Y11 et précise alors qu'il reste 2 360 m depuis cette bretelle.

Alors qu'il approche Y11, l'équipage est autorisé par le contrôleur LOC à s'aligner et à décoller.

Il n'y a pas de communication relative à un problème rencontré par l'équipage lors du décollage.

1.8 Renseignements sur l'aérodrome

1.8.1 L'aérodrome

Paris Charles de Gaulle est un aérodrome civil contrôlé ouvert à la circulation aérienne publique. Il est exploité par Aéroports de Paris. Il dispose de 2 doublets de pistes parallèles :

- ☐ 08L/26R longueur 4 215 m, largeur 45 m ;
- ☐ 08R/26L longueur 2 700 m, largeur 60 m ;
- ☐ 09L/27R longueur 2 700 m, largeur 60 m ;
- ☐ 09R/27L longueur 4 200 m, largeur 45 m.

⁽⁸⁾Selon le déroulement du vol qu'il décrit, l'équipage a vraisemblablement écouté l'ATIS S.

1.8.2 Description du dispositif installé lors des travaux sur la piste 09R/27L

Lors des travaux, le balisage lumineux axial de la piste était indisponible. Le balisage latéral était en fonctionnement. La fin provisoire de la piste 27L était délimitée par une ligne de neuf feux rouges unidirectionnels. Pour indiquer le seuil de piste 09R une ligne de dix-sept feux unidirectionnels avait également été installée⁽⁹⁾.

Les feux provisoires étaient alimentés électriquement en parallèle. Ils étaient raccordés aux boucles de balisage qui alimentent les feux latéraux de piste. Ces boucles sont contrôlées par un système de surveillance utilisé par le service de balisage et le contrôle à la tour. Aucun défaut des régulateurs n'a été constaté ni enregistré sur les boucles durant la nuit du 16 août 2008. Les contrôleurs SOL et LOC en poste à la tour centrale ne pouvaient pas apercevoir le balisage d'extrémité de piste ni celui de la zone des travaux.

En aval de l'extrémité provisoire de la piste 27L et en amont de la zone de travaux, une RESA et une RESA prolongée avaient été délimitées, couvrant une zone longue de 240 m et large de 120 m.

La RESA, longue de quatre-vingt-dix mètres conformément aux normes internationales, débutait soixante mètres après le taxiway K3, aménageant ainsi une zone dégagée de 150 m. Elle était séparée de la RESA prolongée, longue de cent-cinquante mètres, par un séparateur constitué de cinquante-cinq balises en polyéthylène soufflé (GBA)⁽¹⁰⁾, de couleur rouge ou blanche. Les balises étaient positionnées à environ soixante mètres de l'axe de la voie de circulation K2 et disposées de manière à alterner les couleurs blanche et rouge. Elles étaient lestées avec de l'eau et liées par une pièce de liaison revêtue d'une bande réfléchissante visible sur 360°. Chaque balise mesure 1,25 mètre de long, 0,55 mètres de large et 0,80 mètres de haut. Une barrière anti-souffle haut de 2,44 m et équipé d'un balisage composé de onze feux rouges séparait la RESA prolongée d'une zone, large d'environ 36 m⁽¹¹⁾, destinée à la circulation des ouvriers. La zone de travaux s'étendait ensuite sur une longueur d'environ 900 m.

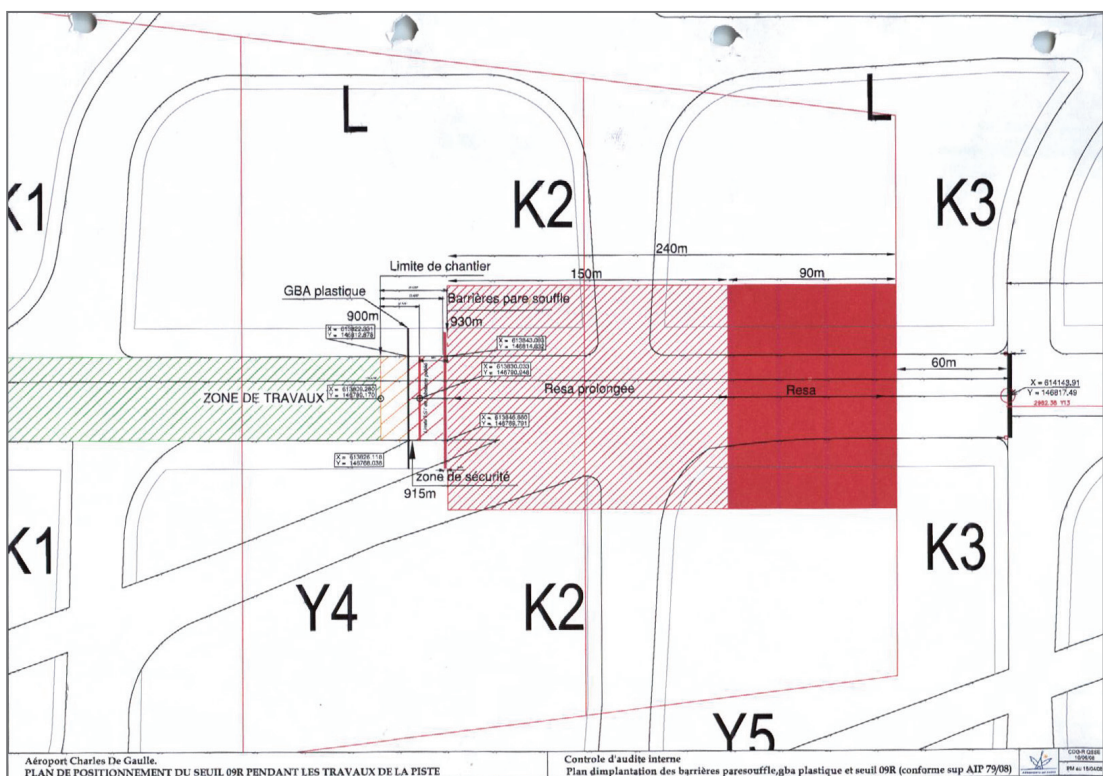
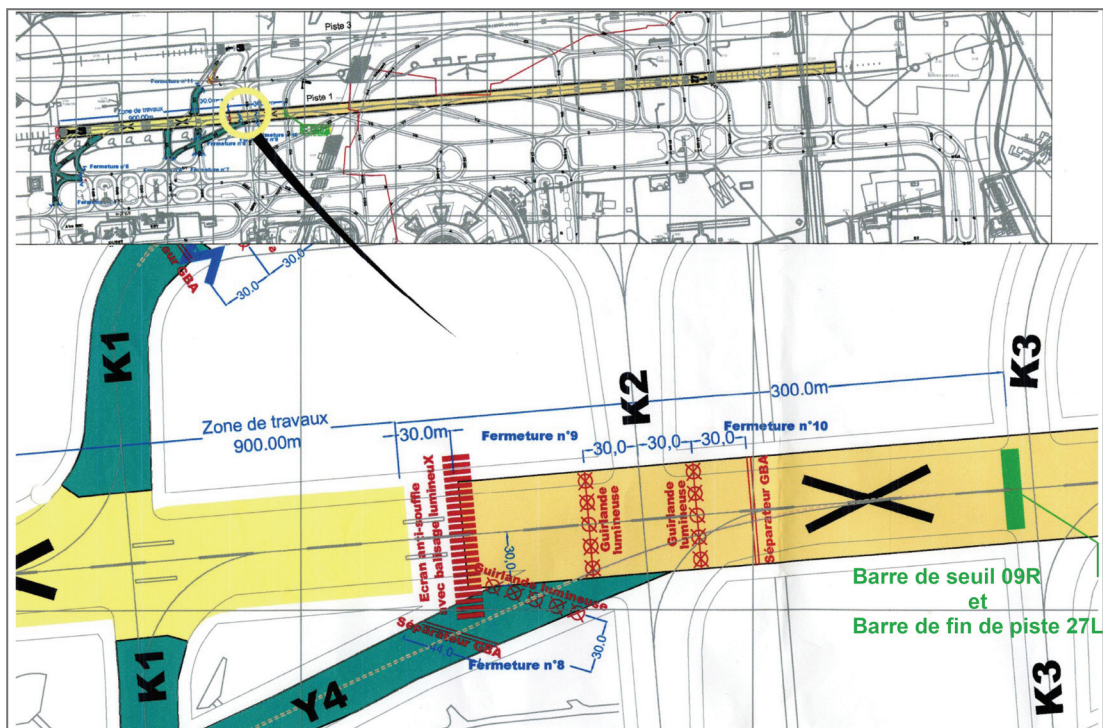
Les voies de circulation K2 et K3 étaient utilisables. Les limites latérales sur la piste de la voie K2 étaient signalées de nuit par la présence de chaque côté d'une guirlande de feux montés en série.

Les 2 plans suivants ont été fournis par ADP. Sur le premier, la zone de circulation des ouvriers, large de 36 m, aménagée entre la RESA prolongée et la zone de travaux, est incorrectement positionnée.

⁽⁹⁾Durant les travaux, la piste 09R était interdite à l'atterrissage. Cette ligne avait été installée en cas d'atterrissage d'urgence.

⁽¹⁰⁾Le terme GBA (glissière en béton armé) est, en toute rigueur, réservé à des balises en béton. Il est employé de manière courante pour décrire ces balises en plastiques, d'allure similaire. De telles balises sont habituellement utilisées pour des travaux routiers.

⁽¹¹⁾Cette valeur est mesurée à partir du plan établi pour l'audit interne. Une valeur de 30 m est indiquée sur ce même plan.



1.9 Enregistreurs de bord

Le 17 août 2008, le BEA a notifié l'organisme d'enquête égyptien de la probable implication d'un B737 d'AMC dans une collision avec des balises au sol lors du décollage de Paris Charles de Gaulle la nuit du 16 août 2008. Le dépouillement des enregistreurs a été demandé. En dépit de plusieurs tentatives par des modes de communications distincts, il semble que cette demande ne soit pas parvenue à l'Autorité égyptienne. Une seconde demande a été adressée le 20 août, avec succès. L'organisme d'enquête égyptien a alors dépouillé les enregistreurs. Cependant, l'avion ayant volé plus de 25 heures depuis l'événement, les données enregistrées relatives à l'événement n'avaient pas été conservées.

De son côté, AMC a été averti par le service du contrôle parisien qu'une pièce du SU-BPZ avait été retrouvée sur la piste. L'exploitant a indiqué que, sur la base du compte-rendu équipage et des dégâts constatés, il a initialement estimé que le SU-BPZ avait heurté des FOD laissés par un avion précédent ; il a décidé en conséquence de ne pas déposer les enregistreurs. Par ailleurs, l'exploitant n'enregistre pas les données insérées dans l'OPT et n'utilise pas de QAR (voir 1.12).

Note : selon Boeing, il existe 2 moyens de paramétrer le système OPT afin de systématiquement sauvegarder les données insérées et les calculs effectués. Toutefois, leur mise en œuvre requiert une connaissance approfondie du système de la part de l'administrateur.

1.10 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.10.1 Dégâts à l'aéronef

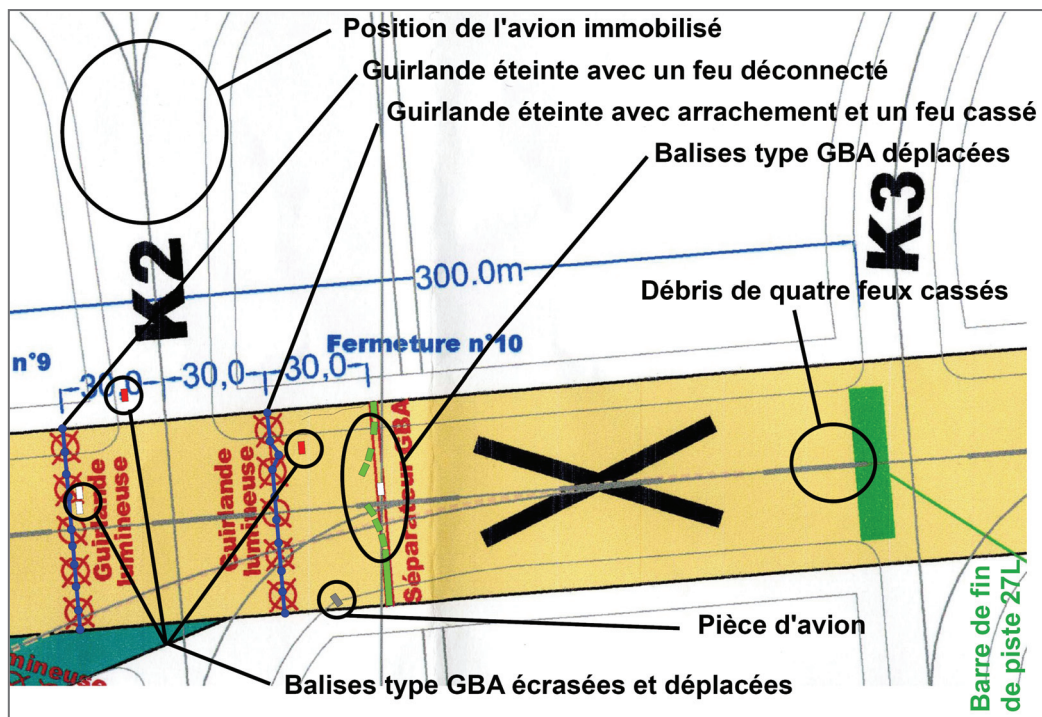
Les dégâts suivants ont été constatés sur l'avion par les mécaniciens d'AMC, après que le commandant de bord a demandé une inspection de l'avion dans un compte-rendu d'occurrence rempli à destination.

Le capot du moteur numéro 1 a été endommagé sur une surface d'environ 4 cm x 2,5 cm et une autre d'environ 1,5 cm x 1,5 cm. La partie inférieure du bord d'attaque du plan horizontal réglable a été endommagée des 2 côtés. Une pièce, le support de maintien du harnais du train principal gauche, s'est désolidarisée de l'avion.

Le compte-rendu matériel mentionne une entaille sur l'un des pneus du train avant. Aucun examen n'a pu être effectué par les enquêteurs du BEA sur ce pneu, les responsables d'AMC ayant indiqué qu'il n'avait pas été conservé après son remplacement et qu'aucune photo n'avait été prise.

1.10.2 Dégâts au sol

Deux coordonateurs du PCR se sont rendus sur le site à 2 h 37 le 17 août, afin de dégager les débris obstruant la voie K2. Le service du contrôle avait été alerté par le vol BIE250 qui devait emprunter cette voie (voir schéma ci-après).

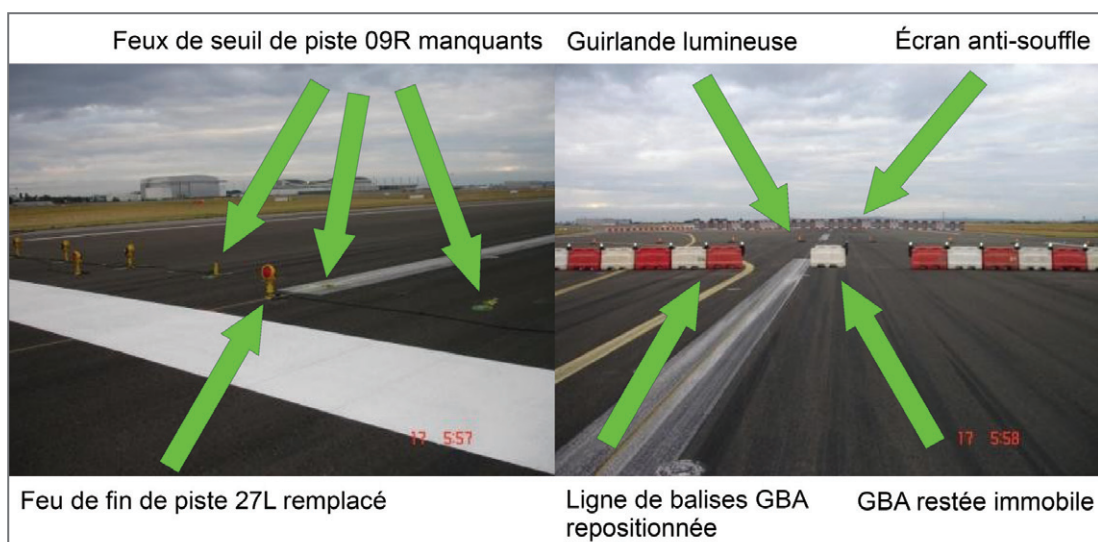


Les agents ont trouvé 2 balises type GBA écrasées de couleur blanche dans l'axe de piste sur la voie K2 à côté de la guirlande située la plus à l'ouest. Celle-ci, éteinte, n'avait pas été déplacée et un feu avait été déconnecté sans trace d'impact. Une troisième GBA, écrasée et de couleur rouge, était du côté Nord de la voie K2 et au Sud de la barre d'arrêt, devant l'avion qui devait traverser.

Une fois la voie K2 dégagée, les agents ont visité la partie de la piste inutilisable. Sur l'autre guirlande, également éteinte, ils ont constaté qu'un feu avait été déplacé vers l'est et un autre cassé et arraché violement. Ils ont également trouvé sur la piste, au Nord de l'axe, une quatrième GBA, écrasée et de couleur rouge ainsi que le support de maintien du harnais du train principal du SU-BPZ⁽¹²⁾ sur la limite Sud, à 2,5 m de la guirlande. Au niveau de la ligne de GBA, 3 balises avaient été déplacées, de chaque côté d'une balise blanche située près de l'axe et qui n'avait pas bougé. Les balises ainsi déplacées formaient un « entonnoir ». Des débris provenant des feux positionnés à l'extrémité de piste ont été retrouvés. Ils correspondent au feu de fin de piste 27L le plus proche de l'axe de piste et aux 3 feux du seuil 09R situés le plus près de l'axe.

A 3 h 47, une équipe d'ADP s'est rendue sur le site afin de remplacer le feu de fin de piste axial et d'aligner à nouveau les GBA. Elle a laissé un espace équivalent à 2 GBA de part et d'autre de la balise blanche qui n'avait pas bougé (cette balise est restée positionnée à 0,45 m de l'axe de piste). Deux feux de fin de piste situés à l'extrémité gauche, qui ne fonctionnaient pas avant la nuit du 16 août 2008, ont également été remplacés.

⁽¹²⁾ Il a été possible de déterminer la provenance de cette pièce par son numéro de série.



Note : ces photographies ont été prises quelques jours après l'événement.

1.11 Essais et recherches

1.11.1 Etude des trajectoires d'avions le 16 août 2008

1.11.1.1 Enregistrement radar

En absence de données FDR, les données des radars sol de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle ont été utilisées pour reconstituer la trajectoire des avions sur la piste 27L. Ces données ont été extraites de l'enregistrement SNER⁽¹³⁾ à partir des spécifications de format d'enregistrement. On trouve ci-après quelques éléments sur leur nature ainsi que sur la précision obtenue en reconstituant la trajectoire à partir de ces données.

ASTRE2000 est un radar secondaire pour la surveillance des avions aux environs d'un aérodrome. Il opère dans la bande KU à soixante tours par minute.

Le système AVISO réalise la numérisation, l'extraction et la fusion des données du radar ASTRE2000, des radars de surface du système de multilatération mode S, du système SYLETRACK⁽¹⁴⁾ et des données du plan de vol CAUTRA. Il fournit au contrôleur le positionnement et l'identification des véhicules et des avions au sol, au décollage et à l'approche.

Les données sont échantillonnées avec un écart de temps variable inférieur à la seconde. La norme de précision de positionnement latéral est de 7,5 m dans 95 % des cas, les tests réalisés en conditions réelles montrant une précision meilleure.

La recommandation de précision pour la détermination de la vitesse est de 5 m/s dans 95 % des cas pour un système de surveillance de ce type. Toutefois, les analyses de performances pratiquées à l'aide de véhicules équipés d'un récepteur GPS de précision connue montrent qu'en pratique cette précision est de l'ordre de 1 à 2 m/s (aucun test similaire n'a été conduit avec des avions).

En ce qui concerne l'altitude, la donnée est fournie par le transpondeur embarqué. La norme de précision pour ce type d'appareil est de 80 ft.

⁽¹³⁾Système d'enregistrement des données radar installé dans les principaux centres de contrôle français.

⁽¹⁴⁾SYLETRACK, est un système qui identifie les véhicules et émet une alarme sonore à bord en cas d'intrusion dans les zones de servitudes pistes.

⁽¹⁵⁾CAUTRA est le système de contrôle aérien implanté dans les centres de contrôle français en route.

1.11.1.2 Examen des mouvements sur le site à partir des enregistrements radar

Le BEA a visualisé les traces radar AVISO des avions au départ entre 15 h 38 le 16 août, heure de la dernière inspection de piste et 2 h 32 le 17 août, heure de l'annonce au service du contrôle par l'équipage du vol BIE250 de l'impossibilité de continuer le roulement sur la voie K2.

Durant cette période, aucun véhicule et aucun des avions qui ont décollé sur la piste 09R ou ont traversé les voies de circulation K2 ou K3 n'a pénétré dans la zone fermée du dispositif de protection de la piste 27L.

Dans le même créneau horaire, la visualisation des traces radar des 12 avions qui ont décollé de la piste 27L permet de préciser qu'ils s'alignaient sur la piste depuis la bretelle Y11. Quatre de ces avions ont semblé décoller « long », tous des B737-800 : le vol THY3492 à 20 h 34, le vol AMV6404 à 21 h 57, le vol AMV6104 à 22 h 57 et le vol AMV6004 à 23 h 26. Les données radar de ces quatre vols ont été dépouillées.

Les données des vols THY3492 et AMV6004 (qui a décollé à vide) montrent que ces avions ont quitté le sol environ quatre cents mètres avant la fin provisoire de la piste.

L'imprécision associée aux données du vol AMV6404⁽¹⁶⁾ ne permet pas de préciser si cet avion a effectivement décollé dans la longueur de piste disponible.

⁽¹⁶⁾La masse au décollage de l'avion du vol AMV6404 était de 66,6 t.

La distance de décollage du SU-BPZ (passage des 35 ft) ne peut pas être évaluée avec précision à partir des données radar. En revanche, il est possible de déterminer un ordre de grandeur de la distance de roulement au décollage, avec une imprécision d'environ 80 m ainsi que de la vitesse de rotation à partir des évolutions de la vitesse en fin de course au décollage, avec la précision décrite au 1.11.1.1. On déduit les valeurs suivantes de l'observation des données radar :

- ❑ le SU-BPZ a quitté le sol environ 160 m au-delà de l'extrémité provisoire de la piste, après un roulement d'environ 2 520 m⁽¹⁷⁾ ;
- ❑ sa vitesse de rotation était de l'ordre de 165 kt, vitesse qu'il a atteint à environ 30 m de l'extrémité de piste,
- ❑ sa vitesse était de l'ordre de 158 kt environ 2 secondes de vol avant l'extrémité de la piste.

⁽¹⁷⁾On rappelle que les GBA sont situées à environ 2 530 m de la jonction avec Y11.

Remarque : à l'exception du SU-BPZ, les équipages ont décollé en « rolling take-off ». Ils ont ainsi réduit d'environ 150 m la distance disponible au décollage. L'équipage du SU-BPZ s'est aligné à une vingtaine de mètres de la jonction Y11 avec la piste (il lui restait ainsi une longueur d'environ 2 360 m disponible pour le décollage).

A titre d'information, la trajectoire du SU-BPZ reconstituée à partir des données AVISO figure en annexe 2.

L'imprécision des données radar enregistrées ne permet ainsi pas d'identifier si les feux d'extrémité de piste ont été endommagés au cours du décollage du vol AMV6404 ou au cours de celui du vol AMV6104 (SU-BPZ).

1.11.2 Synthèse des constatations relatives à l'impact

L'examen des données permet de conclure que seuls les 2 Boeing B737-800 des vols AMV6404 et AMV6104 ont pu endommager les feux d'extrémité de piste et les GBA.

Des photos de suivi de chantier ont été prises de manière automatique depuis la tour de contrôle Nord de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle, avec une périodicité de 20 minutes. Ces photos montrent que la pénétration de la zone délimitée par les GBA a eu lieu entre 22 h 48 et 23 h 08. Le seul avion qui a décollé dans ce créneau horaire et s'est approché de la zone des travaux est le SU-BPZ. Les endommagements montrent en outre que lors de l'impact l'avion était en phase de rotation, ce qui est cohérent avec l'évaluation faite à partir des données radar de la position à laquelle le SU-BPZ achève sa rotation.

Les feux centraux ont été endommagés par un train avant. AMC a indiqué que les seuls dommages constatés sur les avions ayant desservi Paris Charles de Gaulle le 16 août, étaient ceux relatifs au SU-BPZ, dont une entaille sur l'un des pneus du train avant. L'examen des débris montre que le premier impact sur ces feux a été violent et de nature à endommager un pneu. Il est par conséquent vraisemblable que le SU-BPZ a détruit les feux centraux puis que les débris, de petite taille, ont été dispersés, l'un des trains principaux roulant ensuite dessus.

Le support de maintien du harnais du train principal gauche du SU-BPZ a été endommagé avant l'impact de l'avion avec les GBA. Les constatations sur cette pièce et sur les feux permettent de conclure que le SU-BPZ a heurté le feu d'extrémité de piste à gauche de l'axe ; ceci permet d'expliquer également, étant donné la position de l'avion lors de l'impact, les endommagements sur le feu de seuil situé à droite de l'axe. Toutefois, il n'est pas possible d'exclure, à partir de ces seules constatations, que ce dernier feu ait été endommagé auparavant, au cours du décollage du vol AMV6404.

1.11.3 Essais menés à partir de l'OPT

1.11.3.1 Principe

Le constructeur et l'exploitant ont été sollicités afin de préciser quels paramètres devaient être insérés dans l'OPT pour que les performances au décollage correspondent à celles observées sur le vol AMV6104, à savoir :

- ❑ que l'OPT calcule une valeur de VR proche de celle évaluée à partir des données radar. L'exploitation des données permet d'estimer que VR était d'environ 165 kt ;
- ❑ que la distance de décollage tous moteurs en fonctionnement soit cohérente avec le fait que le SU-BPZ a heurté les GBA et a décollé avant l'écran anti-souffle (soit une longueur de décollage de plus de 2 600 m).

Le logiciel OPT peut être configuré par l'exploitant compte tenu des procédures et des pratiques qui lui sont propres. Les préférences peuvent être renseignées dans le système et, pour certaines d'entre elles, avoir un impact sur les résultats calculés. C'est le cas de V1 et les distances de décollage. A cet effet, il est

nécessaire de préciser les choix retenus par l'équipage pour la configuration de l'avion, en particulier en ce qui concerne : la détermination de V1, l'activation des prélèvements d'air, l'activation du mode de montée améliorée, le calage des volets et la détermination des obstacles.

Le chef pilote a indiqué qu'il recommandait aux équipages d'utiliser les valeurs suivantes pour un décollage de Paris Charles de Gaulle dans les conditions du jour :

- ☐ V1 : OPTIMUM,
- ☐ air conditionné : OFF,
- ☐ anti givrage : OFF,
- ☐ montée optimisée (mode I/C) : OPTIMUM.

Il a en outre précisé qu'il n'y avait pas d'autres obstacles à prendre en compte que ceux inclus dans la base de données.

Note : il n'a pas été possible de déterminer avec certitude sur la base de son témoignage si l'équipage avait activé le mode de montée optimisée.

1.11.3.2 Poussée maximale sélectionnée

La feuille de compte rendu matériel, remplie par le commandant de bord à l'issue du vol, mentionne que les paramètres suivants ont été utilisés lors du décollage⁽¹⁸⁾ : le décollage a été entrepris avec une poussée maximale à 24K et un N1 réduit à 91 % correspondant à une température fictive de 41 °C. Toutefois, dans son témoignage, l'équipage indique qu'il a sélectionné une poussée maximale à 26K (voir 1.13.1.1).

Boeing a confirmé que l'accélération, évaluée entre le début du roulement au décollage et l'instant où l'avion atteint 150 kt, correspondait à une poussée réduite.

Remarque : par ailleurs, on constate que pour un choix d'une poussée maximale de 26K, les distances de décollage tous moteurs en fonctionnement ainsi que les vitesses de rotation calculées par l'OPT, ne sont pas cohérentes avec les données recueillies et ce quelle que soit la restriction sur la longueur de piste insérée relativement aux travaux, quelle que soit l'intersection d'alignement (Y11 ou Y12), indépendamment de l'état d'activation du mode de montée optimisée. Les valeurs de distance de décollage sont en effet inférieures à 2 189 m et les vitesses de rotation inférieures à 155 kt. La prise en compte d'un alignement depuis Y11 et de la restriction associée aux travaux conduit à une valeur de VR de 144 kt, une distance de décollage de 2 189 m et fournit une température fictive de 32 °C ; le braquage des volets optimum est de 15°. Le choix d'un braquage de 5° ou moins, tous autres paramètres inchangés, fournit une VR de l'ordre de 149 kt, les températures étant pratiquement inchangées. Ainsi, les vitesses de rotation demeurent, en fonction du choix braquage, inférieures à 150 kt.

1.11.3.3 Calcul des performances à poussée maximale réduite

Puisque les données insérées par l'équipage ainsi que les résultats calculés par l'OPT n'ont pas été enregistrés pour le vol de l'incident, plusieurs scénarios ont été envisagés, relativement à l'insertion par l'équipage d'une restriction

⁽¹⁸⁾Le commandant de bord a précisé avoir rempli ces indications de mémoire, en l'absence d'enregistrement.

sur la longueur de piste utilisable associée aux travaux et à la sélection d'une intersection d'alignement. Les calculs ont été effectués à la fois dans le cas de l'activation du mode de montée optimisée et dans le cas de sa désactivation. La poussée maximale retenue pour les calculs est de 24K. En effet, la sélection d'une poussée maximale de 22K conduirait à des performances incompatibles avec celles observées, en particulier l'avion aurait heurté l'écran anti-souffle.

On peut synthétiser comme suit les résultats, les longueurs de décollage étant calculées tous moteurs en fonctionnement.

Il n'est pas possible de retenir une poussée maximale limitée à 24K après avoir pris en compte les limitations de piste associées à un alignement depuis Y11 et aux travaux. Dans ce cas, l'OPT indique en effet à l'équipage que le décollage n'est pas possible compte tenu des limitations de la piste, indépendamment de l'activation du mode de montée.

La sélection d'une poussée maximale limitée à 24K, associée à un alignement depuis Y12 et à la prise en compte de la totalité de la longueur des travaux, fournit des valeurs de vitesse et une distance de décollage incohérente avec les données recueillies.

La prise en compte de la totalité de la longueur de piste, sans tenir compte des travaux, depuis Y12 ou Y11, associée à la sélection d'une poussée maximale limitée à 24K fournit, indépendamment de l'état d'activation du mode de poussée optimisée, une température fictive de 41°, une longueur de décollage de 2 645 m et une valeur de VR de 164 k, V1 valant alors 163 kt. Ces valeurs sont proches de celles obtenues par l'examen des données collectées. Le braquage des volets optimum est alors de 1°⁽¹⁹⁾.

1.11.3.4 Renseignements complémentaires

L'examen des performances déterminées à l'aide de l'OPT, compte tenu des données relatives au vol AMV6404, montre que l'hypothèse d'un endommagement du feu de seuil situé à droite de l'axe lors du décollage de cet avion impliquerait que l'équipage ait saisi une valeur erronée de restriction de la longueur de piste, ainsi qu'une poussée de 22K.

A titre d'indication, des calculs similaires à ceux effectués pour le vol AMV6104, mais en tenant compte du chargement du vol AMV6404 (soit une masse de 66,6 t), montrent que pour un choix de poussée maximale de 26K, la prise en compte des restrictions associées à un alignement depuis Y11 et aux travaux conduit à une distance de décollage inférieure à 1 900 m, quels que soient le mode de montée et le mode de détermination du braquage des volets ou de calcul de V1 retenus. On trouve 1 682 m avec l'activation du mode de calcul OPTIMUM du braquage des volets, un calcul en mode OPTIMUM de V1 et l'activation du mode de montée optimisée ; la vitesse de rotation est alors de 135 kt.

1.11.4 Synthèse des examens et recherches

Les informations collectées au cours de l'enquête ne mettent en évidence aucune défaillance de l'avion. Il a par ailleurs été établi que la poussée maximale sélectionnée dans le FMC par l'équipage était de 24K.

⁽¹⁹⁾ Les autres braquages des volets disponibles sont de 5°, 10°, 15°, 25° et 40°.

L'hypothèse d'une insertion de valeurs significativement inférieures à la réalité des données de chargement ou de valeurs erronées des paramètres météorologiques, permettrait d'expliquer la possibilité qu'à eu l'équipage de sélectionner une poussée maximale limitée à 24K, tout en prenant en compte l'ensemble des restrictions d'utilisation de la piste. Toutefois, une telle erreur aurait amené le PF à initier la rotation bien avant l'extrémité de piste, en ne constatant aucun effet à son action. Or, les pilotes n'ont indiqué aucune anomalie au cours de la séquence de décollage, jusqu'à ce qu'ils aperçoivent ce qu'ils ont cru être des débris, c'est-à-dire alors que l'avion arrivait à l'extrémité provisoire de la piste, leur vitesse étant alors proche de V1 et VR (voir 1.13.1). Cela est d'ailleurs cohérent avec les constatations sur les débris, qui montrent que la rotation a débuté après l'extrémité de la piste. L'exploitation des données radar a permis d'évaluer que la vitesse de l'avion était alors d'environ 165 kt.

Note : au surplus, en ce qui concerne les paramètres météorologiques, on remarque que les valeurs insérées demeurent visibles en permanence sur la page PERFORMANCE – TAKE OFF (voir 1.6), ce qui en facilite la vérification ou cours de l'utilisation de l'OPT.

On peut également envisager deux cas relatifs au braquage des volets pour expliquer la longueur du décollage :

- ❑ un braquage erroné des volets après une détermination correcte des paramètres de décollage, i.e. tenant compte des restrictions d'utilisation de la piste ;
- ❑ une sélection par l'équipage d'un braquage donné des volets pour les calculs avec l'OPT, au lieu du mode OPTIMUM qui fournit un braquage de 15°, pour une insertion de paramètres corrects.

Ces deux cas de figure impliqueraient une sélection de poussée de 26K pour les calculs. Or, on l'a vu, la valeur de vitesse de rotation calculée par l'OPT est alors inférieure à 150 kt et la température fictive de l'ordre de 30 °C. On rappelle que le commandant de bord a mentionné sur une feuille de compte rendu matériel qu'il avait retenu pour le décollage une température fictive de 41 °C. Ces scénarii semblent par conséquent peu probables.

L'insertion de valeurs correctes dans l'OPT pour la détermination des paramètres de décollage, pour un alignement depuis Y11, impose un choix de poussée maximale de 26K et fournit une valeur de V1 de 148 kt et de température fictive de 32 °C. L'hypothèse d'une détermination appropriée des paramètres de décollage par l'équipage puis d'une insertion erronée de ces paramètres dans le FMC, suppose ainsi que l'équipage ait commis 3 erreurs concomitantes, insérant un triplet de valeurs proche de (24K, 165 kt, 41°C) au lieu de (26K, 148 kt, 32 °C), ce qui paraît peu vraisemblable.

En conséquence, l'examen de l'ensemble des données n'a pas permis d'expliquer les performances au décollage du SU-BPZ.

1.12 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.12.1 La compagnie aérienne AMC

1.12.1.1 Généralités

AMC est une compagnie aérienne égyptienne effectuant de fréquents vols à la demande, notamment en Europe à destination de pays européens. Elle dessert fréquemment des aéroports européens de seconde importance. Sa flotte a été entièrement renouvelée et, désormais, elle exploite quatre B737-800. Les 2 premiers ont été livrés début 2006, les 2 suivants au cours de l'été 2007.

1.12.1.2 Programme de sécurité des vols

Le programme de sécurité des vols décrit dans le manuel d'exploitation d'AMC énonce les tâches du responsable de sécurité des vols. On note en particulier que ce dernier doit être constamment informé des changements en cours au sein de la compagnie aérienne, notamment des évolutions de la flotte ou de l'arrivée de nouveaux personnels.

Ce manuel semble cependant de portée générale, décrivant de grands principes, à l'instar d'un guide de rédaction d'un manuel mais ne traduit pas explicitement la situation ni l'organisation de l'exploitant à la date de l'événement.

En matière d'analyse des vols, AMC n'a pas choisi d'équiper ses avions de QAR. Le manuel d'exploitation décrit les objectifs d'un programme d'analyse des vols et le besoin de télécharger les données de vol à partir de seuils prédéfinis. Pour l'heure, AMC ne dispose pas de la capacité à lire les données enregistrées par un FDR. La lecture de ces données est exclusivement effectuée dans le cadre d'enquêtes menées par l'autorité égyptienne. A cette fin, les CVR et FDR de la flotte doivent être régulièrement contrôlés.

L'exploitant AMC a été audité et certifié dans le cadre du programme IOSA. L'audit a mis en évidence le fait qu'AMC ne disposait pas de structure d'analyse des données de vol enregistrées. En conséquence, la conformité au programme IOSA a été jugée en référence au moyen de conformité alternatif, autorisée jusqu'au 31 décembre 2009, qui consiste pour l'exploitant à collecter systématiquement, corréler et analyser des informations issues des comptes-rendus des équipages, des audits internes de la qualité, des comptes-rendus de maintenance, etc. Un responsable d'AMC a précisé au cours de l'enquête qu'afin de se mettre en conformité avec les exigences internationales avant le 31 décembre 2009, un accord de prestation de service était en cours de négociation entre AMC et un prestataire capable d'analyser les données de vol enregistrées. Les autorités égyptiennes ont précisé au cours de l'enquête que l'autorisation de mise en œuvre de ce moyen alternatif de conformité avait été prolongée jusqu'en décembre 2010.

En pratique, le responsable de la sécurité des vols d'AMC reçoit les comptes-rendus des équipages et, le cas échéant, recueille les témoignages des personnels navigants, les comptes-rendus de maintenance ou encore les résultats des audits qualité ; sur la base des informations ainsi fournies, il

rédige des bulletins de sécurité. Dans le cas du vol de l'événement, aucun bulletin n'a été rédigé dans un premier temps, l'équipage ayant indiqué que les dommages étaient dus au heurt avec un FOD lors du décollage. Le responsable de la sécurité des vols d'AMC a indiqué qu'après qu'AMC a pris la mesure de la nature réelle de l'événement, il est resté en attente d'informations complémentaires issues de l'enquête pour rédiger un bulletin de sécurité. Le 7 juin 2009, AMC a émis un bulletin de sécurité indiquant que l'événement résultait notamment de la saisie incorrecte des restrictions relatives à l'usage de la piste 27L alors que l'équipage n'avait pas suivi les procédures de préparation du poste établies par l'exploitant.

1.12.1.3 Délivrance de l'autorisation de déserte du territoire français

La norme 3.2.7 de l'Annexe 4 (OACI) en vigueur lors de l'événement prévoit que les exploitants d'avions dont la masse maximale au décollage certifiée excède 27 000 kg mettent en place un programme d'analyse des données de vol dans le cadre de leur système de gestion de la sécurité. L'arrêté du 3 juin 2008 relatif aux programmes d'exploitation des services aériens exige, pour les exploitants souhaitant desservir la France, l'envoi de documents, dont un questionnaire technique, permettant de vérifier la conformité du postulant aux normes internationales. La DGAC a cependant précisé qu'en raison de ses ressources limitées elle a exempté de cette démarche les exploitants qui desservient la France avant 2005, tels qu'AMC ; la desserte du territoire français par ces exploitants s'inscrit alors dans le cadre de « droits du grand-père ».

On note que la DGAC a précisé que l'absence de programme d'analyse des vols constitue un cas de refus des droits de trafic.

1.12.1.4 Procédure de préparation du poste de pilotage

Le constructeur indique qu'il ne recommande aucune procédure particulière pour l'utilisation de l'OPT, car le logiciel peut être configuré de diverses manières. Il appartient donc à l'exploitant de définir des procédures adaptées.

En ce qui concerne la vérification croisée des données prises en compte pour le décollage lors de la préparation du poste de pilotage, le manuel d'exploitation d'AMC mentionne que le copilote doit obtenir les informations relatives à la masse et au centrage après signature de la feuille de chargement par le commandant de bord. Le commandant de bord doit vérifier séparément les données de décollage à partir des tables contenues dans le manuel d'exploitation. Enfin, le copilote et le commandant de bord doivent effectuer une vérification croisée des données insérées dans le FMC (Flight Management Computer). Cette procédure ne tient pas compte de l'utilisation de l'OPT.

En ce qui concerne les procédures d'utilisation de l'OPT, l'exploitant demande aux équipages d'utiliser la documentation fournie lors de la formation pour la délivrance de la qualification de type sur B737-800. Il n'y a pas de section correspondante dans le manuel d'exploitation de la compagnie qui n'a pas été mis à jour pour tenir compte de l'intégration de B737-800 dans la flotte. Au cours de l'enquête, les responsables d'AMC ainsi que l'équipage ont précisé

qu'ils appliquaient la procédure suivante : le copilote insère les données et lance le calcul des données de performance puis le commandant de bord réinitialise le logiciel et insère à nouveau les données pour vérifier que les calculs précédents étaient corrects.

1.12.2 Procédure d'un autre exploitant de B737-800 utilisant l'OPT

A titre de comparaison, sont décrites ci-après les procédures d'un autre exploitant, bénéficiant d'une structure et de ressources plus importantes qu'AMC et utilisant l'OPT.

Au sein de cet exploitant, l'OPT est utilisé exclusivement par le service des opérations. Celui-ci fournit aux équipages des jeux de tables de performances simplifiées pour chaque aéroport desservi. Ces tables sont issues de calculs effectués avec l'OPT. Pour une table donnée, les paramètres concernant la piste (son état et les longueurs de décollage déclarées) et la configuration de l'avion (braquage des volets, position des packs de pressurisation, poussée des moteurs) sont fixés. L'équipage vérifie sur la table choisie que la masse retenue pour le décollage n'est pas limitative étant donné les valeurs de vent et de température transmises via l'ATIS. Il déduit de la table les vitesses de décollage et les compare à celles affichées par le FMS.

Dans le cas où aucune table ne correspond à la situation rencontrée (en cas de déroutement sur un aéroport non prévu lors de la préparation des vols par exemple), les équipages contactent le service des opérations de l'exploitant qui leur fournit un calcul de performances extrait de l'OPT adapté à la nouvelle situation. Lorsque les limitations associées à des travaux sont connues suffisamment tôt avant le départ, le service des opérations met à jour les tables de performance en conséquence.

1.12.3 Systèmes de gestion de la sécurité

1.12.3.1 Aéroport de Paris Charles de Gaulle

L'arrêté du 30 novembre 2006 relatif à *la mise en place d'un système de gestion de la sécurité par les exploitants d'aéroport*, applicable à compter du 1^{er} avril 2008, prévoit que les exploitants d'aéroport mettent en place un Système de Gestion de la sécurité (SGS). L'article 12 précise que « *l'exploitant d'aéroport s'assure que les modifications liées à l'exploitation de l'aéroport sont évaluées au regard de l'impact qu'elles peuvent avoir sur la sécurité, et que les mesures appropriées sont prises* ».

Le Certificat de Sécurité Aéroportuaire de Paris Charles de Gaulle a été amendé le 25 avril 2008 afin de tenir compte de la mise en place effective du SGS.

Note : le Règlement 1108/2009 du Parlement et du Conseil, du 21 octobre 2009, étend les dispositions du Règlement 216/2008 aux aéroports. Ce règlement vise à harmoniser au plan européen les exigences en matière d'exploitation d'aéroport. En particulier, il impose aux exploitants d'aéroport de surveiller les activités et les modifications de leur environnement qui peuvent entraîner des risques inacceptables pour la sécurité dans les environs de l'aéroport et de prendre des mesures, dans leurs compétences, pour

limiter les risques si nécessaire. Les exploitants d'aérodromes doivent mettre en œuvre un système de gestion pour assurer la conformité aux exigences essentielles relatives aux aérodromes et améliorer la sécurité de manière continue et anticipée.

Le SGS est décrit dans le chapitre 6 du manuel d'aérodrome de Paris Charles de Gaulle. Le paragraphe 6.3.3 est consacré à l'évaluation et à l'atténuation des risques lors de modifications relatives à l'exploitation :

« Afin d'appréhender tous les risques possibles, une étude d'impact sur la sécurité (EIS) est réalisée préalablement à toute modification touchant l'exploitation de l'aéroport. Ces modifications portent sur les infrastructures, les équipements et les procédures. Elles peuvent être pérennes ou provisoires.

L'EIS s'appuie sur une analyse d'événements redoutés. Ces événements sont eux-mêmes générés par un (ou plusieurs) dysfonctionnement(s) dont l'origine peut concerner l'opérateur aéroportuaire, le prestataire de service de navigation aérienne ou les compagnies aériennes utilisatrices ».

La DGAC a diffusé en mai 2008 un guide d'élaboration d'une analyse d'impact sur la sécurité aéroportuaire. Ce guide prévoit une identification d'événements redoutés « aéroport » répondant à la définition suivante :

« Événement qui affecte l'aérodrome ou son exploitation et qui a pour conséquences possibles un incident ou un accident. C'est un événement indésirable au regard des services (attendus par les usagers) fournis sur l'aérodrome ».

Chaque événement redouté fait l'objet d'une évaluation des risques et d'un examen des mesures d'atténuation. Les résultats sont présentés à l'aide d'une matrice d'acceptabilité des risques, introduite au chapitre VII du guide (voir ci-après). Si l'événement redouté se situe dans la zone verte de la matrice « *le risque est acceptable et la modification peut être mise en œuvre* ». Si celui-ci se place dans la zone orange ou dans la zone rouge « *la modification ne peut être mise en service en l'état. Le risque doit être réévalué par l'introduction de mesures d'atténuation des risques* ».

Fréquence Gravité initiale	Très élevée	Elevée	Occasionnelle	Rare	Improbable
Catastrophique					
Grave					
Majeur					
Mineur					
Négligeable					

1.12.3.2 Prestataire de services de la navigation aérienne

Le règlement 2096/2005 de la Commission Européenne, établissant les exigences communes pour la fourniture de services de navigation aérienne, requiert des prestataires de services de la navigation aérienne qu'ils réalisent systématiquement une identification des dangers, une évaluation des risques et entreprennent des actions correctrices lorsque survient un changement de leur « système fonctionnel » (ce qui inclut une modification des conditions d'exploitation des pistes). Les critères d'évaluation du risque sont précisés au paragraphe 3.2.4 de l'annexe II au règlement 2096/2005. La méthode mise en place par le SNA-RP s'appuie sur ces critères. Le règlement 1315/2007 de la Commission Européenne, relatif à la supervision de la sécurité dans la gestion du trafic aérien, prévoit en outre que l'autorité de surveillance examine les propositions de changement lorsque le niveau de gravité, corrigé par la mise en place de mesures d'atténuation, est évalué à 1 ou 2.

Le manuel de la DSNA qui décrit entre autres le système de management de la sécurité de la DSNA traite au paragraphe 3.5.3 l'évaluation des risques liés aux changements. Il est complété par 2 documents :

- ❑ une procédure pour l'évaluation et l'atténuation des risques ;
- ❑ une méthodologie pour l'évaluation et l'atténuation des risques des changements du système ATM. Celle-ci repose notamment sur une grille d'acceptabilité du risque en fonction de la gravité (voir ci-après). Il est précisé que « *la zone grisée est celle où le risque est considéré comme inacceptable. Toutefois, compte tenu du caractère relativement qualitatif de l'analyse, les événements jugés « acceptables » mais à la frontière avec la zone inacceptable doivent faire l'objet d'une analyse et d'un suivi* ».

	Très fréquent	Fréquent	Occasionnel	Rare	Extrêmement rare
1 – accident					
2 – grave					
3 – majeur					
4 – significatif					
5 – aucune incidence					

Deux étapes y sont développées :

- ❑ l'Etude Préliminaire d'Impact sur la Sécurité (EPIS) ;
- ❑ le dossier de sécurité.

L'EPIS est, en premier lieu, destinée à permettre de décider le plus tôt possible, par une évaluation préliminaire, si un dossier de sécurité doit être réalisé. Le dossier de sécurité constitue alors une étude détaillée des risques. Cette évaluation se fonde sur l'ampleur de la modification, sur l'appréciation globale du risque induit ainsi que sur l'analyse détaillée des événements redoutés identifiés. Dans le cas où la réalisation d'un dossier de sécurité n'est pas jugée nécessaire, l'EPIS tient lieu d'étude de sécurité associée au changement envisagé.

1.12.4 Etudes réalisées pour la mise en place des travaux sur la piste 09R/27L

1.12.4.1 Coordination inter-organismes

Le tableau en annexe 3, établi à partir des informations transmises par ADP, récapitule la chronologie de mise en place du SGS de cet exploitant en regard de la planification des travaux de réhabilitation de la piste 09R/27L.

Dans le cadre d'un protocole de coordination établi entre ADP et le SNA-RP en matière de travaux et d'opérations de maintenance, un groupe de travail s'est réuni à partir de janvier 2007 en prévision des travaux sur la piste 09R/27L, son activité s'inscrivant dans la mise en œuvre du SGS d'ADP. L'autorité de surveillance et l'exploitant Air France ont été associés à ce groupe de travail. Ce groupe a donné lieu à des réunions bimensuelles, des réunions spécifiques ainsi qu'à des échanges informels. Son objet était d'échanger sur les caractéristiques des travaux et sur les procédures à mettre en place en vue de la constitution de différents dossiers, notamment ceux relatifs à la signalisation. ADP et le SNA-RP ont précisé qu'à cette occasion ils avaient abordé les aspects sécurité. L'enquête a toutefois montré que les travaux du groupe ont essentiellement pris en compte les aspects réglementaires, l'identification des dangers au sens du SGS n'étant pas faite de manière explicite et formelle.

Le SNA-RP et ADP se sont appuyés notamment sur les résultats de ces concertations afin de réaliser leurs études de sécurité respectives.

Note : le Règlement européen n° 1108/2009 précité requiert désormais des exploitants d'aérodrome qu'ils se coordonnent avec les différents organismes concernés (services de la navigation aérienne et exploitants aériens notamment) pour garantir la conformité aux exigences essentielles relatives aux aérodromes.

1.12.4.2 Etude d'impact sur la sécurité – ADP

Pour la réalisation de l'EIS, ADP a indiqué avoir utilisé pour la première fois le guide d'élaboration proposé par la DGAC. L'EIS présente 9 événements redoutés :

1. *Incursion de piste en exploitation par un véhicule ADP ou tiers ;*
2. *Incursion sur une voie de circulation par un véhicule tiers ;*
3. *Incursion des servitudes radio par un véhicule ADP ou tiers (entreprises) ;*
4. *Incursion des personnels du chantier dans les servitudes de piste ou voies de circulation ;*
5. *Difficultés rencontrées par le SSLIA pour accéder à la piste 09L/27R, en cas d'intervention ;*
6. *Difficultés pour le SSLIA d'accéder en zone voisine d'aérodrome (ZVA), pour une intervention N-O aéroport. Obstruction du cheminement par véhicules en mouvement ou en panne ;*
7. *Obstacle (grue) temporaire érigée dans l'emprise des servitudes sans autorisation ;*
8. *Obstacle grevant la trouée de décollage ;*
9. *Finale 09R, alors que la piste est fermée à l'atterrissage.*

Pour l'identification de ces événements redoutés, ADP s'est basé à la fois sur un système de retour d'expérience interne et sur une mise en commun de connaissances relatives à des événements. En particulier, la réflexion a été alimentée par l'expérience acquise lors de travaux précédemment menés sur les pistes, notamment en ce qui concerne les incursions de véhicules de chantier.

Un décollage après l'extrémité de la piste 27L n'a pas été identifié comme un événement redouté par ADP et n'a donc pas fait l'objet d'un processus spécifique d'évaluation des risques. Cependant, la sortie longitudinale de piste lors du décollage a été considérée comme un événement situé en amont de l'événement redouté n° 8⁽²⁰⁾. ADP a proposé, comme mesure d'atténuation des risques associée à cet événement redouté, l'allongement de la RESA à 240 m (une zone longue de 90 m, correspondant à la norme internationale, augmentée d'une zone de 150 m décidée sur la base d'un compromis entre sécurité et rendement de l'exploitation). En conséquence de cette mesure, il a été décidé de limiter l'ampleur des mouvements verticaux des engins de chantier, afin de ne pas obstruer la trouée de décollage. Par ailleurs, parmi les causes possibles de l'événement redouté n° 8, ADP a identifié une mauvaise information des équipages sur la présence d'obstacles. Ainsi, plusieurs canaux d'information ont été retenus en tant que mesures d'atténuation des risques : diffusion de NOTAM, SUP AIP, messages à Air France et Fedex⁽²¹⁾ ainsi qu'une information sur le site Extranet.

Initialement, le niveau de risque associé à cet événement redouté n° 8 était considéré comme inacceptable au regard de la gravité évaluée comme « catastrophique » et de la probabilité évaluée comme « rare ». Une fois les mesures d'atténuation prises en compte, la probabilité a été estimée comme « improbable » et le niveau de risque considéré comme acceptable.

L'EIS a été finalisée le 18 juillet 2008.

On remarque que ces travaux n'ont pas porté sur une évaluation de la marge dont disposaient les avions utilisant habituellement cette piste, par exemple par la définition d'un « avion critique ».

Note : Boeing a indiqué que pour un B737-800, équipé de moteurs CFM56-7B24 (poussée maximale de 24K), tous moteurs en fonctionnement, à la masse maximale au décollage, centré dans sa limite avant, avec un braquage de volets de 5° et compte tenu d'une température de 19 °C, d'une élévation de l'aérodrome de 400 ft, la distance d'accélération-arrêt serait de 2 786 m sur une piste mouillée. Ceci donne une valeur approchée de la distance maximale nécessaire au décollage d'un B737-800.

1.12.4.3 Etude préliminaire d'impact sur la sécurité – SNA RP

La planification des travaux a amené le SNA-RP à rédiger une EPIS.

Cinq événements redoutés ont été identifiés lors de cette l'étude :

- ☐ incursion piste 09L/27R par un véhicule des travaux ;
- ☐ accélération arrêt ;
- ☐ alignement sur axe 27L/09R ;
- ☐ dégagement par le taxiway Z1 de la piste 27R ;
- ☐ passage en procédures par faible visibilité.

⁽²⁰⁾La trouée de décollage a été définie à partir de la fin de piste 27L, depuis le sol.

⁽²¹⁾Les messages à ces 2 exploitants attiraient simplement leur attention sur la publication du SUP AIP relatif aux travaux. Air France, de son côté, a complété ses informations, notamment en demandant auprès du SNA RP la consigne opérationnelle adressée aux contrôleurs (voir 1.12.4). Ces informations ont été transmises à l'ensemble des équipages de l'exploitant sous forme d'une publication spécifique.

L'identification des événements redoutés par le SNA-RP repose sur une démarche de retour d'expérience interne. Les événements survenus lors des travaux précédemment entrepris sur les pistes ont été pris en considération.

Avant la prise en compte des éléments de réduction des risques, l'événement redouté n° 2 (accélération arrêt) était déjà considéré comme acceptable, avec une gravité « significative » et une fréquence « extrêmement rare ». Deux mesures de réduction des risques ont été retenues, à savoir la publication du SUP AIP et le rappel, lors du contact pré-vol, de la longueur disponible pour le décollage. Une fois ces deux mesures prises en considération, la gravité de l'événement redouté a été ramenée au niveau minimum, i.e. « sans incidence ».

Le décollage après l'extrémité de la piste 27L n'a pas été identifié comme un événement redouté par le SNA-RP et n'a donc pas fait l'objet d'un processus d'évaluation des risques.

L'EPIS a été finalisée le 5 mai 2008.

Une fois les mesures d'atténuation prises en compte, les cinq événements redoutés étaient associés à un niveau de gravité 4 ou 5 et aucun dossier de sécurité n'était donc requis.

1.12.4.4 L'autorité de surveillance

L'autorité de surveillance n'a pas été amenée, compte tenu des conclusions de l'EPIS, à examiner l'étude de sécurité conduite par le SNA-RP. Elle n'a par ailleurs pas compétence pour approuver les études menées par ADP. L'autorité de surveillance a toutefois précisé qu'elle avait exercé son droit de regard, notamment pour vérifier que l'ensemble des acteurs concernés par le changement avaient été consultés.

1.12.5 Consignes relatives à l'exploitation de l'aérodrome et des services de la navigation aérienne durant les travaux

Note : le Règlement européen n° 1108/2009 précité dispose que :

- ☐ les données utilisées comme source d'information aéronautique sont de qualité suffisante, complètes, à jour et fournies en temps utile ;
- ☐ l'information aéronautique est exacte, complète, à jour, univoque et présente un niveau d'intégrité approprié.

1.12.5.1 Services de la navigation aérienne

Une consigne opérationnelle relative à l'utilisation de la piste 09R/27L a été émise le 10 juillet 2008 par le SNA-RP pour la durée des travaux. Cette consigne entre dans le cadre d'une gestion stratégique. Il a été considéré que les performances de la plupart des gros-porteurs ne leur permettraient pas de décoller en piste 27L. Aussi, la philosophie générale qui est décrite consiste à proposer la piste Nord uniquement aux moyens-porteurs, avec un départ préférentiellement depuis la bretelle Y12. Il est toutefois laissé au contrôleur SOL de la tour Nord la possibilité d'adopter une tactique visant à minimiser l'attente au départ⁽²²⁾.

⁽²²⁾L'utilisation de la bretelle Y12 peut induire une attente pour l'avion au départ en raison des turbulences de sillage avec les avions à l'arrivée sur la piste parallèle.

En ce qui concerne les communications avec le contrôleur pré-vol, la consigne opérationnelle temporaire demande que les moyens-porteurs en départ vers le Nord ou sur des départs normalisés EVX ou NIPOR, soient orientés vers la piste 08R/26L lorsque la distance qui leur est nécessaire au décollage dépasse 2 640 m (ces départs sont normalement associés à la piste 09R/27L). On remarque que les départs LANVI, associés à des routes vers le Sud, ne sont pas mentionnés dans cette consigne temporaire. Ils sont ainsi implicitement associés à un départ depuis la piste 26R, ce qui correspond aux consignes d'utilisation des pistes face à l'ouest, dans le cas général (pour des avions à réacteurs non bruyants et capables de maintenir une pente de montée supérieure à 6,5 %), telles que décrites dans la section 9.3.5 du manuel d'exploitation de la tour de Paris Charles de Gaulle. Le départ LANVI 1A, qui correspond à un départ vers le sud en piste 27L, n'est en effet utilisé que de nuit et durant les week-ends ou sur instruction du contrôle ; il n'a pas été pris en compte lors de l'élaboration de la consigne opérationnelle temporaire.

Il est prévu que le contrôleur SOL indique à tous les appareils la TORA correspondant à leur bretelle de départ. Il lui est laissé la possibilité de proposer la bretelle Y11, à condition que le pilote accepte, ou bien la bretelle Y13, en tenant compte du fait que l'utilisation de cette bretelle induit de l'attente au départ en raison des turbulences de sillage générées par les avions à l'arrivée sur la piste adjacente.

Il est également demandé au chef de tour d'indiquer dans le message ATIS :

- ❑ « attention travaux sur piste 09R/27L, vérifier la TORA nécessaire à la fréquence PREVOL » ;
- ❑ « caution work in progress on runway 09R/27L, check your TORA on PREFLIGHT frequency ».

La navigation aérienne a pour habitude de diffuser une consigne de cette nature au plus tard 24 jours avant sa prise d'effet afin de s'adapter à l'activité des contrôleurs (groupe de 2 équipes avec cycles de 12 jours par équipe).

1.12.5.2 Aérodrome

Un NOTAM concernant l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle en vigueur lors de l'événement indiquait la présence de travaux sur la piste 09R/27L et faisait référence au SUP AIP numéro 079/08 (voir annexe 4). Le NOTAM ne rappelait pas les longueurs déclarées utilisables, celles-ci figurant dans le SUP AIP.

La carte Jeppesen temporaire 20-9-01A (jaune) en vigueur lors de l'événement reprenait les instructions du SUP AIP et rappelait les longueurs déclarées utilisables ; sur la carte 20-9-01, des croix indiquaient la zone de travaux.

Les informations diffusées par l'AIP ont été élaborées par le SNA-RP, en concertation avec ADP.

Le SUP AIP précisait, à titre d'indication, que :

- ❑ les 900 premiers mètres de la piste 09R étaient fermés à l'exploitation pour cause de travaux ;

- ❑ le seuil de la piste 09R était déplacé au niveau de K3 ;
- ❑ les longueurs de piste utilisables y étaient mentionnées.

2.1 Distances déclarées

Piste 09R

Départs :

TWY K3 TORA 2960 TODA 3020 ASDA 2960

Y2; Y3; K1; K2 fermées à l'exploitation

Atterrissages : Interdits

Piste 27L :

Départs :

27L TORA 2960 TODA 2960 ASDA 2960

TWY Y12 TORA 2640 TODA 2640 ASDA 2640

TWY Y11 TORA 2360 TODA 2360 ASDA 2360

TWY K7 TORA 2200 TODA 2200 ASDA 2200

TWY K6 TORA 1940 TODA 1940 ASDA 1940

Atterrissages : Interdits

Extrait AIP SUP 079/08 – Pub : 5 juin

Dans la section 3 Exploitation de ce supplément, il était par ailleurs demandé aux équipages de confirmer sur la fréquence pré-vol que la TORA en 09R/27L était suffisante.

On remarque en outre que le SUP AIP mentionnait un alignement préférentiel depuis Y11, contrairement à la consigne opérationnelle temporaire destinée aux contrôleurs (voir 1.12.6.1). Interrogé sur cette différence, le SNA-RP a indiqué que l'information pour la rédaction de l'AIP avait été transmise au Service de l'Information Aéronautique (SIA) le 23 avril 2008 (pour une consigne publiée le 5 juin), afin de respecter le cycle de Régularisation et contrôle de la diffusion des renseignements Aéronautiques (AIRAC) - soit un envoi au moins 42 jours avant publication et 84 jours avant mise en vigueur. Ce n'est que plus tard que le SNA-RP a estimé qu'étant donné la distance disponible pour le décollage depuis la bretelle Y11, le trafic aurait été perturbé en raison de nombreux refus des équipages. Il a rédigé en conséquence la consigne opérationnelle temporaire à l'attention des contrôleurs, indiquant un alignement préférentiel depuis Y12.

1.13 Renseignements supplémentaires

1.13.1 Témoignages

1.13.1.1 Témoignage de l'équipage

Le commandant de bord était PF. L'équipage n'a rien noté d'anormal durant la préparation du poste de pilotage. Le temps d'escale était comparable à celui auquel ils sont habitués⁽²³⁾. Le copilote a programmé le FMS pour le retour. Il n'a pas quitté le poste de pilotage. Le commandant de bord a géré le différend entre une hôtesse et un passager. Lorsque le commandant de bord est revenu au poste de pilotage, l'équipage a écouté l'ATIS puis le commandant de bord a inséré les paramètres de décollage dans l'OPT pour un alignement depuis

⁽²³⁾A titre de comparaison, le relevé des heures bloc des vols AMC de la journée montre que le temps d'escale des équipages à Paris a été compris entre une heure et une heure et quinze minutes.

Y11, comme il en a l'habitude lors de départs de nuit alors qu'il est stationné sur l'aire Q. Il a notamment choisi la configuration OPTIMUM pour le braquage des systèmes hypersustentateurs. Il indique avoir vérifié les limitations de longueur de piste utilisable en se référant à la carte Jeppessen temporaire. Les deux pilotes précisent qu'ils avaient connaissance que des restrictions étaient en vigueur. Le copilote indique qu'il a vérifié les données insérées dans l'OPT. Les deux pilotes pensent qu'ils ont retenu une poussée maximale à 26K.

L'équipage s'est aligné normalement, sans effectuer de « rolling take off ». Le PF a appliqué la pleine poussée. La course au décollage leur a semblé normale. Ils indiquent qu'à approximativement V1/VR ils ont heurté quelque chose avec le train avant et ont entendu un bruit important. Ils mentionnent la possibilité de débris, provenant peut-être de feux.

L'équipage a ensuite mobilisé son attention sur le suivi de la trajectoire du départ normalisé et la conduite du bilan des systèmes. Il indique que sa charge de travail ne lui a alors pas permis d'avertir le contrôle. Ne constatant rien d'anormal, il a décidé de poursuivre vers sa destination. A Louxor, il a remarqué une entaille importante au niveau d'un pneu du train avant. Le commandant de bord a rempli un compte rendu matériel mentionnant le heurt avec un FOD.

L'équipage n'a pas averti le contrôleur car immédiatement après le décollage il était occupé par les vérifications.

Le copilote précise qu'au cours de la course au décollage, il pouvait apercevoir une ligne de feux rouges au loin qu'il estimait correspondre à l'extrémité de la piste. Le profil de la piste contribue à rendre ces feux bien visibles.

Les deux pilotes sont familiers de l'aérodrome Paris Charles de Gaulle et sont habitués à décoller sur des pistes courtes, notamment en Europe. Ils n'ont toutefois pas atterri à Paris au cours de la période de travaux, jusqu'au 16 août.

Les pilotes considèrent que la couleur ambre de l'onglet NOTAM de l'OPT, lorsque la rubrique correspondante est renseignée, constitue une indication visuelle suffisamment saillante pour attirer leur attention lors de la phase de vérification croisée.

Les pilotes précisent qu'ils ne connaissent pas la distance nécessaire au décollage dans les conditions du jour et la configuration retenue et qu'ils se sont référés aux données de l'OPT. Un QRH est disponible à bord, dont le premier volume comporte des tables de performances que les équipages n'utilisent au sol que lorsque les données de l'aérodrome ne sont pas enregistrées dans la base de données de l'OPT.

L'équipage ajoute que les indications fournies par le NOTAM et l'ATIS n'étaient pas suffisamment claires quant aux restrictions d'utilisation de la piste 27L.

1.13.1.2 Témoignage de l'agent d'exploitation

L'agent d'exploitation explique que lorsqu'il est arrivé à l'avion, le commandant de bord était énervé à cause d'un passager qui avait fumé dans les toilettes. Il attendait l'arrivée de la police et lui a demandé de remplir à sa place la feuille de chargement et centrage car il n'avait pas le temps de s'en occuper. L'agent accomplissait cette tâche pour la première fois. Il précise que le commandant de bord a pris le temps de vérifier la feuille avant de la signer.

1.13.2 Etude sur les erreurs de paramètres dans le calcul des performances au décollage

Le BEA a publié en avril 2008 une étude sur les erreurs commises au moment de la saisie et du calcul des paramètres de décollage ainsi que l'impact de ces erreurs sur certains incidents et accidents⁽²⁴⁾. Cette étude était motivée par la recrudescence d'événements liés à l'utilisation nouvelle d'outils informatiques embarqués.

L'ensemble des événements examinés dans cette étude ont pour origine des confusions ou des erreurs dans les paramètres de masse utilisés pour les calculs informatisés. Aucune erreur d'insertion de la longueur disponible au décollage n'avait alors été relevée. Toutefois, les erreurs qui ont été analysées ainsi que les circonstances dans lesquelles elles sont survenues et ont été rattrapées, sont de portée générale. A ce titre, certaines conclusions de l'étude sont rappelées ci-après.

L'étude a mis en évidence les circonstances particulières de la phase de préparation du vol, propices à la survenue d'erreurs d'insertion de données. L'équipage est soumis à une charge de travail importante, qu'il doit accomplir dans des délais souvent réduits et alors qu'il est perturbé par des contraintes extérieures.

Les contrôles de la fonction « calcul des paramètres de décollage » peuvent se montrer inefficaces car ils consistent à vérifier la saisie de la valeur mais pas nécessairement l'exactitude de la valeur elle-même.

La connaissance par les pilotes d'ordres de grandeur de valeurs de paramètres déterminées par des méthodes empiriques est la stratégie la plus souvent citée pour éviter les erreurs importantes.

Dans le cadre de cette étude, le BEA a recommandé que :

« La DGAC s'assure que les exploitants français :

- 1. sensibilisent leurs pilotes et le personnel au sol concerné sur les processus d'erreurs spécifiques au départ du vol, la dégradation des performances et les risques liés à l'utilisation de paramètres erronés pour le décollage,*
- 2. ont bien mis en place des procédures robustes d'élaboration et de validation par l'équipage de conduite des paramètres utilisés pour le décollage. »*

⁽²⁴⁾Voir sur le site du BEA (www.bea.fr) la recommandation de sécurité datée du 21 avril 2008, ainsi que l'étude réalisée par le BEA et le Laboratoire d'Anthropologie Appliquée (LAA) intitulée « utilisation de paramètres erronés au décollage ».

1.13.3 Etude de la fatigue de l'équipage

Dans cette section, les heures sont exprimées en heure légale égyptienne, afin de tenir compte du rythme biologique de l'équipage.

On constate que l'équipage n'a pas été confronté à un décalage horaire significatif au cours des jours qui ont précédé l'événement. Cependant, compte tenu de l'heure de l'incident, le BEA a cherché à préciser si un lien pouvait être établi entre le planning de l'équipage et son niveau de vigilance lors de l'événement.

L'équipage a apporté les précisions suivantes en rapport avec ses cycles activité – repos.

Les pilotes ont échangé les fonctions de pilotage sur chacune des deux étapes.

Les pilotes sont informés de la programmation de leurs vols 7 jours à l'avance. Les temps d'activité correspondent au temps écoulé entre le premier départ et la dernière arrivée de la rotation, augmenté de 2 heures (1 h 30 de préparation des vols et une demi-heure pour clôturer le vol).

Durant la semaine qui a précédé le 15 août, le commandant de bord a effectué une seule rotation, vers l'Espagne, dans la journée du 10 août. Durant les 15 premiers jours d'août, le copilote était en congés au bord de la mer. Il s'est reposé en famille.

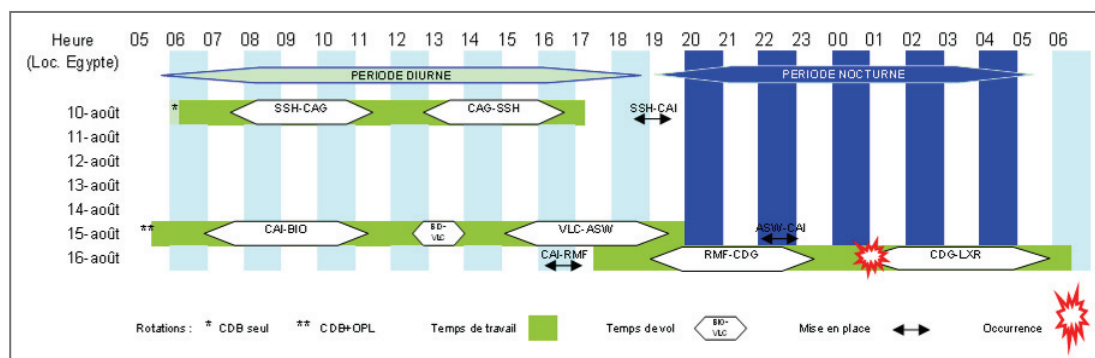
Le 15 août, les pilotes ont effectué une rotation ensemble. A l'issue, ils sont rentrés chez eux, vers 20 h 00 (depuis Assouan).

Le 16 août, ils ont attendu chez eux, au Caire, d'avoir des informations sur l'heure d'arrivée de l'avion à Marsa Alam, avant de prendre un vol de mise en place. Le vol entre Le Caire et Marsa Alam dure environ une heure⁽²⁵⁾.

Lorsqu'il ne vole pas, la durée moyenne du sommeil du commandant de bord est d'environ neuf heures, indépendamment de son heure de coucher. Le copilote indique que lorsqu'il ne vole pas, il se lève aux environs de midi et se couche après minuit.

AMC a par ailleurs indiqué que la limitation du temps de service de l'équipage était de 13 h 15 pour la rotation du 16 août 2008 et que, compte tenu du retard pris au départ et de l'impossibilité de trouver une solution alternative, l'exploitant a averti l'Autorité que le temps de service des pilotes, décompté de 14 h 10 le 16 août à 6 h 05 le 17 août, excéderait cette limite de 2 h 40 à l'arrivée. Cette période inclut le temps d'attente au Caire et la mise en place entre Le Caire et Marsa Alam le 16 août.

Le bilan des cycles activité-repos de l'équipage la semaine précédant l'événement est résumé dans le tableau suivant :



⁽²⁵⁾Pour la mise en place à Marsa Alam, l'équipage a voyagé dans un avion d'une compagnie aérienne taxi, spécialement affrété à cet effet par AMC.

La planification de la rotation Marsa Alam – Paris – Louxor, décalée dans l'après-midi ainsi que le retard de l'avion, ont placé la période d'activité des pilotes en opposition de phase par rapport à leurs rythmes biologiques au regard de la semaine écoulée. En conséquence, l'heure de survenue de l'événement correspond à une période à laquelle les performances de l'équipage étaient vraisemblablement dégradées.

1.13.4 Actions correctrices prises par AMC

Après l'événement les pilotes ont effectué 10 vols d'instruction ainsi que 8 sessions en simulateur. Par ailleurs, l'exploitant a précisé au cours de l'enquête qu'il œuvrait à l'élaboration d'un cours détaillé sur les procédures d'utilisation de l'OPT.

Le bulletin émis par AMC le 7 juin 2009 (voir 1.12.1.2) recommande aux équipages de respecter strictement les procédures de préparation du poste, de sauvegarder les données entrées dans l'OPT et demande aux agents de dispatch d'attirer l'attention des équipages sur les éventuelles restrictions d'utilisation des pistes. AMC a indiqué qu'une mise à jour des procédures décrites dans le manuel d'exploitation relativement à l'introduction de ce nouvel outil était en cours d'élaboration. En particulier, il indique que des procédures devraient permettre d'assurer la sauvegarde des données insérées dans l'OPT.

Parmi les nouvelles procédures d'utilisation, AMC a indiqué avoir implémenté désormais la fonctionnalité INTX de l'OPT, permettant de calculer les performances pour un décollage depuis une intersection choisie dans une liste prédéfinie.

2 - ANALYSE

2.1 Scénario

Au cours de la préparation du vol, l'équipage a planifié un décollage en piste 27L, comme il en avait l'habitude lorsque l'avion était au poste de stationnement Q.

L'information diffusée sur l'ATIS demandait de vérifier auprès du contrôleur pré-vol la longueur de piste disponible pour l'utilisation de la 27L. Au moins deux facteurs peuvent avoir contribué à ce que cette vérification n'ait pas été effectuée. D'une part, l'équipage ignorait la distance de décollage qui lui était nécessaire, cette information n'étant pas directement fournie aux équipages par l'OPT tel que configuré par AMC. D'autre part, en réponse à la demande de l'équipage de décoller depuis la piste 27L, le contrôleur l'a autorisé à un départ normalisé LANVI 1A, ce qui correspond à un départ vers le Sud depuis la piste Nord. Ce départ n'étant utilisé que sur proposition du contrôle, le week-end de nuit, il n'a pas été pris en considération dans la consigne d'exploitation temporaire distribuée aux contrôleurs pour la durée des travaux, dans laquelle, implicitement, tous les départs vers le sud devaient s'effectuer depuis la piste Sud (voir 1.12.6.1). L'instruction des contrôleurs de vérifier auprès des équipages la longueur disponible ne s'appliquait donc pas à ce cas.

Les pilotes ont indiqué que lors du remplissage de l'OPT pour la détermination des paramètres de décollage, ils ont anticipé un alignement depuis Y11, le plus proche, comme à leur habitude. Les instructions de l'AIP relatives à l'utilisation des pistes au cours des travaux, reprises par Jeppesen, mentionnaient la bretelle Y11 comme l'intersection préférentielle pour l'alignement. Cette information, en contradiction avec la stratégie développée dans l'instruction du SNA RP, était ainsi de nature à conforter l'équipage dans son plan d'action. Etant donné la configuration de l'OPT retenue par AMC, le choix de Y11 nécessitait la sélection d'une autre bretelle, en l'occurrence Y12, puis l'insertion d'une restriction sur la longueur de piste tenant compte à la fois des travaux et de la distance entre Y11 et Y12. Or, l'équipage n'a pas inséré les restrictions appropriées, comme le montrent les recherches menées en 1.11. Cette erreur a rendu possible la sélection d'une poussée maximale limitée à 24K. Plusieurs facteurs ont vraisemblablement contribué à cette erreur. Les pilotes ont en effet indiqué qu'ils avaient éprouvé des difficultés à comprendre les restrictions en vigueur, tant à l'écoute de l'ATIS qu'à la lecture des cartes Jeppesen et du NOTAM. Leur niveau de compréhension de la langue anglaise a été évalué comme conforme aux exigences internationales. Leurs difficultés doivent ainsi être appréciées en regard du contexte du vol et de la qualité de l'information disponible.

D'une part, le calcul de la valeur exacte à prendre en compte requerrait une déduction de la part de l'équipage puisque l'exploitant ne fournit pas à ses pilotes de résultats directement exploitables ni ne renseigne les champs de l'OPT réservés à l'administrateur relatifs aux NOTAM. Le fait de calculer, même pour des opérations élémentaires, nécessite une disponibilité mentale dont

l'équipage a pu manquer. A ce titre, on note que le niveau de performance de l'équipage était vraisemblablement dégradé du fait des conditions particulières de ce vol. La pression temporelle, accrue par l'incident avec un passager qu'à dû gérer le commandant de bord lors de l'escale ainsi que les contraintes physiologiques induites par la programmation de leurs vols ont affecté la capacité des pilotes à gérer ensemble une phase délicate du vol.

Note : à la suite d'une enquête sur un incident survenu le 22 mai 2006 sur l'aérodrome de Metz Nancy Lorraine, le BEA a récemment recommandé à la DGAC qu'elle reprenne systématiquement et explicitement dans les NOTAM les modifications ayant des conséquences sur les performances opérationnelles, notamment les longueurs de piste utilisables.

Au plan réglementaire, seules les longueurs déclarées utilisables doivent être transmises aux exploitants. On constate que l'utilisation de nouveaux outils à bord pour le calcul des performances peut nécessiter des équipages qu'ils disposent d'informations supplémentaires. Il ne serait toutefois pas réaliste d'exiger des gestionnaires d'aérodrome ou des services de la navigation aérienne qu'ils répondent systématiquement à ce type de demande, à moins d'envisager, au niveau de la certification, une harmonisation de l'ergonomie de ces systèmes.

Il semble que l'équipage n'a finalement retenu aucune restriction associée aux travaux. Il n'a pas approfondi l'examen des valeurs afin de lever ses doutes, à la vue d'informations qui lui semblaient incohérentes ou imprécises. Pourtant il s'agissait d'un paramètre essentiel pour la réussite du décollage.

Remarque : il n'est pas possible d'exclure que l'équipage ait utilisé les valeurs des paramètres insérées par un équipage précédent. On rappelle en effet que les valeurs insérées pour un aérodrome dans le champ NOTAM accessible aux équipages sont utilisées par le système tant qu'elles ne sont pas modifiées ou effacées. Cependant, la confusion et le mécanisme d'erreur explicité supra s'applique tout autant à un équipage précédent.

Une fois les données insérées et les paramètres de décollage déterminés par l'OPT, les vérifications croisées n'ont pas permis à l'équipage de détecter l'erreur commise. La procédure de vérification décrite par l'équipage suppose d'insérer à nouveau les données, ce qui génère une charge de travail importante. On note qu'AMC n'a pas défini de procédure propre pour l'utilisation de l'OPT, notamment en ce qui concerne les vérifications croisées. De plus, la composition de l'équipage – les deux pilotes étant commandants de bord pour AMC, a induit une incertitude quant à la répartition des tâches, ce qui a dégradé la disponibilité des pilotes et l'efficacité de cette phase de la préparation du vol. La plus grande ancienneté chez AMC du pilote assurant la fonction de commandant de bord a vraisemblablement également contribué à amoindrir la capacité de l'autre pilote à assurer ses fonctions de PM.

Au cours du roulage vers la piste 27L, le contrôleur Sol a informé l'équipage de la longueur de piste disponible depuis Y11. Là encore, cette précaution renvoyait à une information qui n'était pas accessible à l'équipage. On note qu'un éventuel changement de stratégie implique pour les pilotes de remplir à nouveau l'ensemble des champs de l'OPT, ce qui pourrait les inciter à ne pas remettre en question leurs choix à ce stade du vol.

Au cours du roulement au décollage, il semble que l'équipage n'ait pas pris conscience de son rapprochement avec l'extrémité provisoire de la piste, la ligne de feux rouges placés sur l'écran anti-souffle étant vraisemblablement plus visible que les feux au sol. L'équipage a été conscient d'avoir heurté quelque chose, sans pouvoir l'identifier mais il n'a pas informé le contrôleur de cet état de faits.

2.2 Défaillances systémiques

2.2.1 L'exploitation par AMC

La compagnie aérienne AMC a dû gérer le renouvellement de sa flotte par des avions modernes. Sans réelle gestion du changement, une telle évolution introduit des incertitudes, notamment en matière de procédures d'exploitation et de formation des équipages. On note, par exemple, que le manuel d'exploitation d'AMC à la date de l'événement n'avait pas été amendé pour tenir compte de l'introduction de l'OPT dans la préparation du vol. L'exploitant demande aux équipages de se conformer à la méthode qui leur a été enseignée lors de leur formation sur type. Pourtant, le caractère configurable du logiciel, en particulier au niveau de ses interfaces, suppose que les exploitants mettent en place des procédures spécifiques. L'exploitant n'a pas non plus mis à disposition des équipages un support opérationnel dédié à l'emploi de ce nouvel outil, afin d'alléger leur charge de travail lors du remplissage des données dans l'OPT. L'équipage du vol AMV6104 s'est ainsi trouvé dans une situation qui exigeait de sa part une capacité d'adaptation significative, que ce soit pour prendre en compte les restrictions temporaires d'utilisation de l'aérodrome ou pour déterminer les tâches de chacun dans l'utilisation de l'OPT.

L'absence d'analyse des vols a contribué à ce qu'AMC n'identifie pas le type d'erreur survenue lors de l'événement. Sans l'enquête conduite par le BEA, l'exploitant n'aurait pas perçu en cet événement une alerte sur les dangers relatifs à l'insertion de données erronées dans l'OPT.

2.2.2 Etudes d'impact

Les études pour la réhabilitation de la piste 09R/27L ont été entreprises en 2006. ADP et le SNA RP ont alors déterminé conjointement des dispositions à mettre en œuvre pour répondre aux contraintes réglementaires associées aux travaux et maintenir un niveau de sécurité convenable.

La mise en place du SGS d'ADP est intervenue au cours de cette phase d'étude, alors que celui du SNA RP était déjà en œuvre. Chacun des deux exploitants a repris et justifié dans son étude d'impact les mesures discutées depuis 2006, selon le format prévu par son guide d'élaboration d'analyse de risque.

ADP et le SNA RP ont considéré que les mesures qu'ils avaient prises sur des bases réglementaires, augmentées de marges additionnelles de sécurité évaluées a priori, garantissaient un niveau de sécurité acceptable. Le respect des contraintes réglementaires dans une situation nominale, ainsi qu'en situation exceptionnelle par exemple au cours de travaux, est certes censé garantir que l'exploitation demeure à un niveau approprié de sécurité. Néanmoins, restreinte

à cette approche, une étude d'impact perd quelque peu de son sens, puisque les normes réglementaires définissent le périmètre de l'analyse. Une telle étude doit en effet examiner les risques inhérents à la transition elle-même entre deux états donnés de l'exploitation. Dans le cas de la mise en place des travaux, il s'agissait pour ADP et le SNA RP d'envisager les difficultés que pouvait avoir un exploitant ou un équipage à prendre en compte les informations publiées. L'ampleur des travaux, réduisant d'environ un tiers la longueur de piste disponible, nécessitait pour les compagnies aériennes de dépasser le cadre des ajustements ordinaires de l'exploitation. Certains exploitants devaient ainsi définir des critères d'utilisation des pistes, par exemple en fonction des conditions du jour, alors que les dimensions de la piste en temps normal ne sont pas limitatives. Le maintien d'un niveau de sécurité acceptable lors d'une telle évolution suppose une adaptation immédiate et sans lacune de l'ensemble des exploitants à leurs nouvelles contraintes. Dès lors, ne maîtrisant pas cette adaptation, ADP et le SNA RP n'étaient pas en mesure d'évaluer l'acceptabilité des risques associés aux travaux à l'extrémité de piste. La gestion des risques a de fait été transférée aux compagnies aériennes, en s'appuyant notamment sur l'information qui leur était faite. Dans le cas d'AMC, la prise en compte de la situation nouvelle a été assurée directement au niveau des équipages, son efficacité étant, par là-même, sensible aux contraintes de l'exploitation.

Il a été constaté que, pressé par les contraintes de publication dans le cadre du cycle AIRAC, le SNA RP a publié une information sur la bretelle préférentielle d'alignement qui a par la suite été reconsidérée sans communication aux exploitants.

Par ailleurs, l'élaboration des études de sécurité par ces deux exploitants dans le cadre de leur SGS n'a pas fait l'objet d'une concertation spécifique. Ainsi, par exemple, la diminution de la TORA a été associée par le SNA-RP aux risques liés à l'interruption du décollage et, par ADP, aux risques liés à l'obstruction de la trouée d'envol par un engin de chantier. Si, dans le premier cas, le niveau de risque était initialement considéré comme acceptable, dans le second cas, il ne l'a été qu'à partir du moment où des moyens d'information complémentaires ont été mis en œuvre.

Bien que les deux exploitants eussent discuté de mesures de sécurité lors des réunions du groupe de travail inter-organisme (voir 1.12.4.1), ces discussions n'ont pas porté explicitement sur l'identification formelle des risques. Ainsi, la réalisation des études de sécurité n'a pas permis d'explorer de manière approfondie la situation des travaux en termes de risque.

Par exemple, la distance nécessaire au décollage pour un B737-800, en fonction des conditions du jour et de sa motorisation, peut être de l'ordre de 2 786 m (voir 1.12.4.2, cette valeur correspondant à une accélération-arrêt), distance supérieure à la longueur disponible depuis Y12 lors des travaux. ADP et le SNA RP n'avaient pas connaissance de telles limitations. Si le SNA RP a bien pressenti les contraintes opérationnelles associées à la gestion des performances au décollage des gros-porteurs ou de certains moyens-courriers alignés en Y11, la réflexion n'a pas été approfondie dans l'étude d'impact. Plus largement, l'absence de formalisation et d'analyse spécifique des risques associés aux performances au décollage n'a pas conduit le SNA RP

et ADP à déterminer des types d'avions aux performances critiques compte tenu de la longueur de piste disponible au décollage ni d'évaluer le niveau de sécurité offert par les mesures d'atténuation décidées. En l'espèce, il n'est pas certain qu'en cas de panne moteur après V1, le SU-BPZ aurait évité les engins de chantier s'ils avaient été encore présents sur la zone de travaux lors du décollage ou qu'il n'aurait pas heurté l'écran anti-souffle en cas d'interruption du décollage.

Il ressort en outre de l'enquête que la méthode utilisée par ADP et le SNA RP pour élaborer leurs études de sécurité les a conduits à positionner certains événements redoutés sur une matrice fréquence – gravité, alors qu'ils ne disposaient pas d'assez de données objectives pour permettre une telle appréciation. L'expérience acquise par ces exploitants lors de travaux précédents leur a permis de justifier l'évaluation de certains risques, par exemple ceux associés aux incursions sur piste. Pour la plupart des autres événements redoutés identifiés, ils ne disposaient pas de données quantitatives exploitables et ont fait appel à leurs mémoires collectives respectives. Une fois les mesures d'atténuation adoptées, ces événements redoutés ont été repositionnés dans un bloc de niveau de risque acceptable sur la matrice de risque. Un tel mode de représentation, lorsqu'il est sans réel fondement quantitatif, est de nature à biaiser l'analyse.

Le fait d'évaluer qualitativement un risque à un niveau élevé, puis d'adopter des mesures d'atténuation aux effets non quantifiables, doit influencer en tant que tel le processus de décision. Le doute inhérent à une telle évaluation est en soi un facteur à prendre en compte et une source d'approfondissement des analyses conduites. Dans ces conditions, le risque est considéré comme maîtrisé lorsque, compte tenu de l'ensemble des discussions, le décideur est raisonnablement porté à considérer que les mesures d'atténuation envisagées répondent à l'exigence particulière de précaution que requiert le risque identifié.

Le développement des systèmes de gestion de la sécurité par l'ensemble des exploitants devrait les inciter à élargir le recueil et la prise en compte des informations pertinentes pour l'évaluation des risques. Dans sa démarche de gestion de la sécurité, chaque exploitant, lorsqu'il envisage un changement, devrait ouvrir un dialogue, en vue d'identifier autant que possible les contraintes induites sur les acteurs représentatifs de son environnement opérationnel. Dans un environnement complexe, comme l'est un système aéroportuaire, la phase d'identification des dangers et d'évaluation des risques doit s'appuyer sur une démarche d'ordre dialectique permettant de confronter différents points de vue.

Cette enquête a mis en évidence la difficulté que pouvaient rencontrer des exploitants, empreints de cultures différentes, à mener à bien un tel processus. Les disparités des cadres réglementaires organisant les SGS ne favorisent d'ailleurs pas une telle synergie.

Cependant, il faut prendre en considération que le SGS n'était exigible qu'à compter du 1^{er} avril 2008 et qu'il s'agissait d'une des premières études de sécurité réalisées par ADP et qu'il est difficile d'évaluer les risques associés à une adaptation imparfaite des exploitants aériens à un changement d'ampleur des conditions d'exploitation d'une piste.

3 - CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

- ❑ L'équipage détenait les licences et qualifications requises pour effectuer le vol.
- ❑ L'avion était en état de navigabilité.
- ❑ Des travaux étaient en cours sur la piste 27L entre le 4 et le 20 août 2008.
- ❑ L'AIP mentionnait les distances de décollage, de roulement au décollage et d'accélération-arrêt pour la piste 27L et celles correspondant à l'intersection Y11.
- ❑ L'information publiée dans l'AIP indiquait un alignement préférentiellement depuis Y11, contrairement à l'instruction adressée par le SNA RP aux contrôleurs.
- ❑ Le contrôleur a précisé à l'équipage la longueur restante depuis l'intersection Y11.
- ❑ Les calculs des paramètres de décollage ont été effectués par l'équipage à l'aide du logiciel OPT.
- ❑ AMC n'avait pas établi de procédure détaillée pour l'utilisation de l'OPT.
- ❑ Ce vol était le premier des pilotes au départ de Paris Charles de Gaulle durant les travaux mais d'autres équipages d'AMC avaient auparavant utilisé la même piste au décollage au cours de cette période.
- ❑ AMC n'avait pas pris de mesure particulière pour la durée des travaux afin de s'assurer que les restrictions d'utilisation de la piste étaient correctement prises en compte par ses équipages.
- ❑ La composition de l'équipage a induit une incertitude quant à la répartition des tâches lors de la préparation du vol.
- ❑ Le niveau de performance des pilotes a vraisemblablement été dégradé du fait des contraintes imposées à leur rythme biologique par la programmation des vols.
- ❑ L'équipage n'a pas pris en compte la longueur de piste utilisable du fait des travaux en cours.
- ❑ La distance de décollage calculée par l'OPT n'était pas connue par l'équipage.
- ❑ AMC ne dispose pas de programme d'analyse des vols ; un tel programme est normalement exigé pour la desserte du territoire français.
- ❑ Les études d'impact sur la sécurité conduites par le SNA RP et ADP ont identifié en tant qu'événement redouté la sortie longitudinale de piste mais pas un décollage au-delà des nouvelles limites de la piste.
- ❑ Les études d'impact ont été réalisées de manière insuffisamment coordonnée entre ADP et le SNA RP.
- ❑ Ces études d'impact n'ont pas pris en compte les risques inhérents à une adaptation imparfaite de certaines compagnies aériennes au changement.

3.2 Causes

L'événement est dû au fait que l'équipage n'a pas pris en compte la distance de décollage correspondant à l'intersection Y11 pour effectuer le calcul des paramètres de décollage.

Ont pu contribuer à l'événement :

- ❑ l'inadéquation des procédures d'utilisation de l'OPT mises en place au niveau de l'exploitant AMC pour prévenir une telle erreur ;
- ❑ le niveau de performance dégradé de l'équipage, notamment du fait de la fatigue des pilotes.

4 - RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

Etude sur les erreurs d'insertion

La problématique soulevée par cet événement relativement aux risques d'erreur d'insertion fait écho aux conclusions d'une étude menée par le BEA, la DGAC et le LAA sur le sujet. Cette étude avait mis en évidence des défaillances relatives à l'insertion de la masse au décollage. Cet événement fait apparaître un autre type potentiel d'erreurs, celles associées à l'insertion de la longueur de piste disponible. Le développement d'outils informatiques de calcul des performances doit s'accompagner d'une meilleure connaissance des défaillances associées.

En conséquence, le BEA recommande :

- **à la DGAC que, dans le cadre du Programme de Sécurité de l'Etat (PSE), soient pris en compte les risques associés à la mise en place par les exploitants de nouveaux outils informatiques ;**
- **à l'AESA qu'elle conduise une étude sur les normes qui devraient être prises en compte lors de la certification des systèmes embarqués de calcul des performances, afin de s'assurer que leur ergonomie et leurs procédures d'utilisation sont compatibles avec les exigences de sécurité.**

5 - ACTIONS ENTREPRISES AU COURS DE L'ENQUÊTE

Le premier guide d'élaboration d'une évaluation d'impact sur la sécurité aéroportuaire date de mai 2008, soit 3 mois avant l'incident. L'enquête et le retour d'expérience des exploitants d'aérodromes ont mis en évidence les difficultés à mener ce genre d'études. Cela a conduit à amender ce premier guide. De plus, la DSAC a produit le guide relatif à la coordination en cas de modifications de l'environnement de l'exploitation aéroportuaire – Version 1 du 12 janvier 2009, spécifiquement dédié à la nécessaire coordination des différentes parties prenantes en cas de travaux sur une plateforme aéroportuaire.

Liste des annexes

annexe 1

Carte Jeppesen en vigueur le 4 août 2008, relative aux travaux provisoires sur la piste 09R/27L de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle

annexe 2

Trajectoire du SU-BPZ reconstituée à partir des données AVISO

annexe 3

Tableau récapitulatif des étapes de mise en place du SGS d'ADP en regard de la planification des travaux sur la piste 09R/27L.

annexe 4

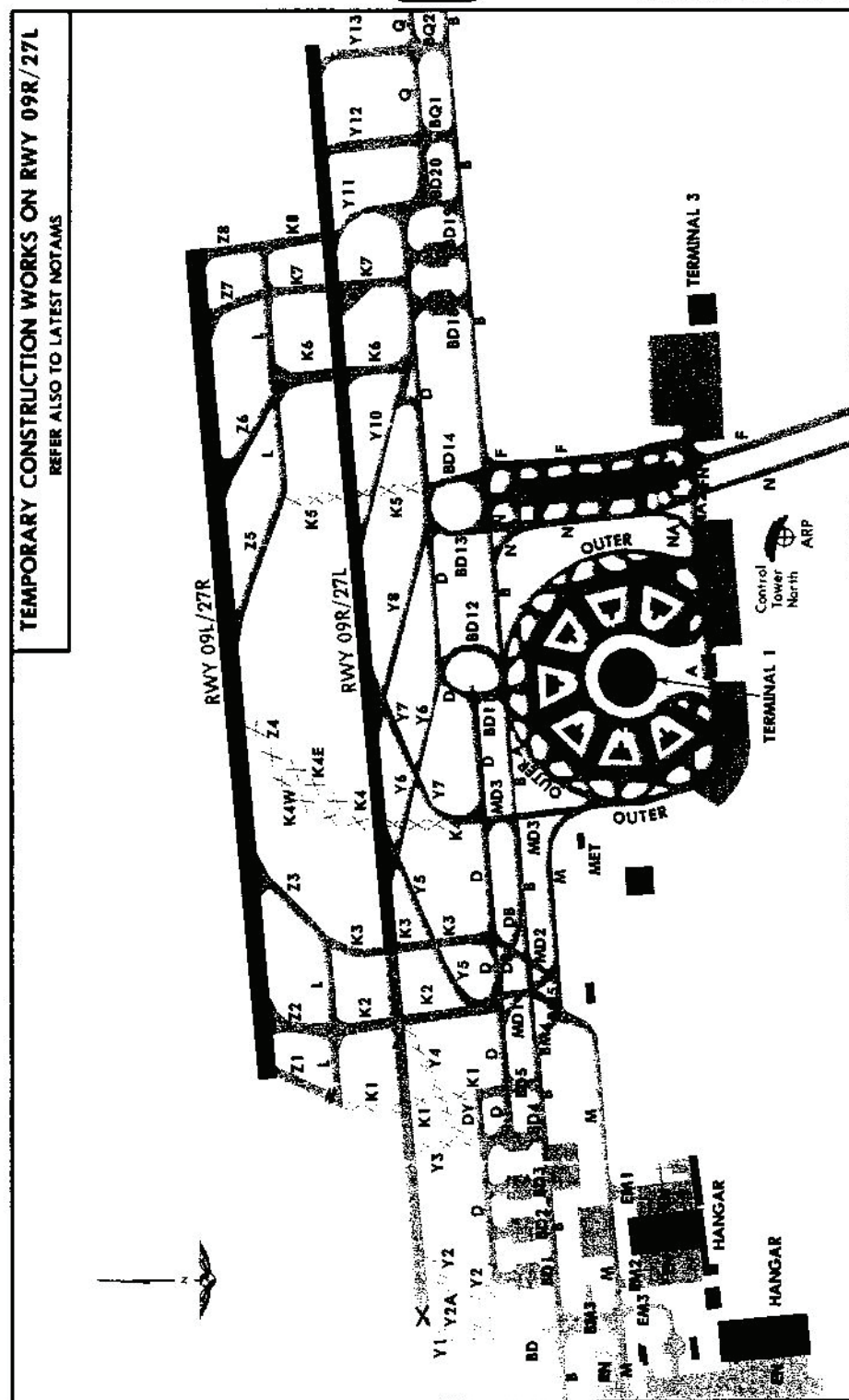
NOTAM n° A2949/08 et SUP AIP 079/08 en vigueur lors de l'événement, relatifs aux travaux sur l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle

annexe 1
Carte Jeppesen en vigueur le 4 août 2008,
relative aux travaux provisoires sur la piste 09R/27L
de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle

LFPG/CDG

JEPPesen
 1 AUG 08 **(20-9-01)** Eff 4 Aug

PARIS, FRANCE
CHARLES-DE-GAULLE



CHANGES: New temporary chart.

© JEPPesen, 2008. ALL RIGHTS RESERVED.

TEMPORARY CONSTRUCTION WORKS ON RWY 09R/27L

REFER ALSO TO LATEST NOTAMS

The first 900m of rwy 09R are closed.
 Threshold moved to twy K3.
 Due to the low turning radius of 131'/40m between twys Z1 and L, crews shall particular care, over-steering is recommended.
 On rwy 09R the approach lights, TDZ lights and PAPI are not available.
 Axial lighting marks of rwy 09R/27L are not available.
 ILS rwy 09R/27L not available.
 Landing rwy 09R/27L forbidden.
 LVTO procedures are suspended.

TAKE-OFF RUN AVAILABLE

RWY 09R:		RWY 27L:	
from twy K3 int	9711' (2960m)	from rwy head	9711' (2960m)
		twy Y12 int	8661' (2640m)
		twy Y11 int	7743' (2360m)
		twy K7 int	7218' (2200m)
		twy K6 int	6365' (1940m)

OPERATION

Confirm on pre-flight frequency that TORA 09R/27L is enough.
 Crossing rwy 09R/27L will performed through twys K2 or K3 on CTL clearance.

RWY 09R

Departures are possible, exclusively through twy K3.

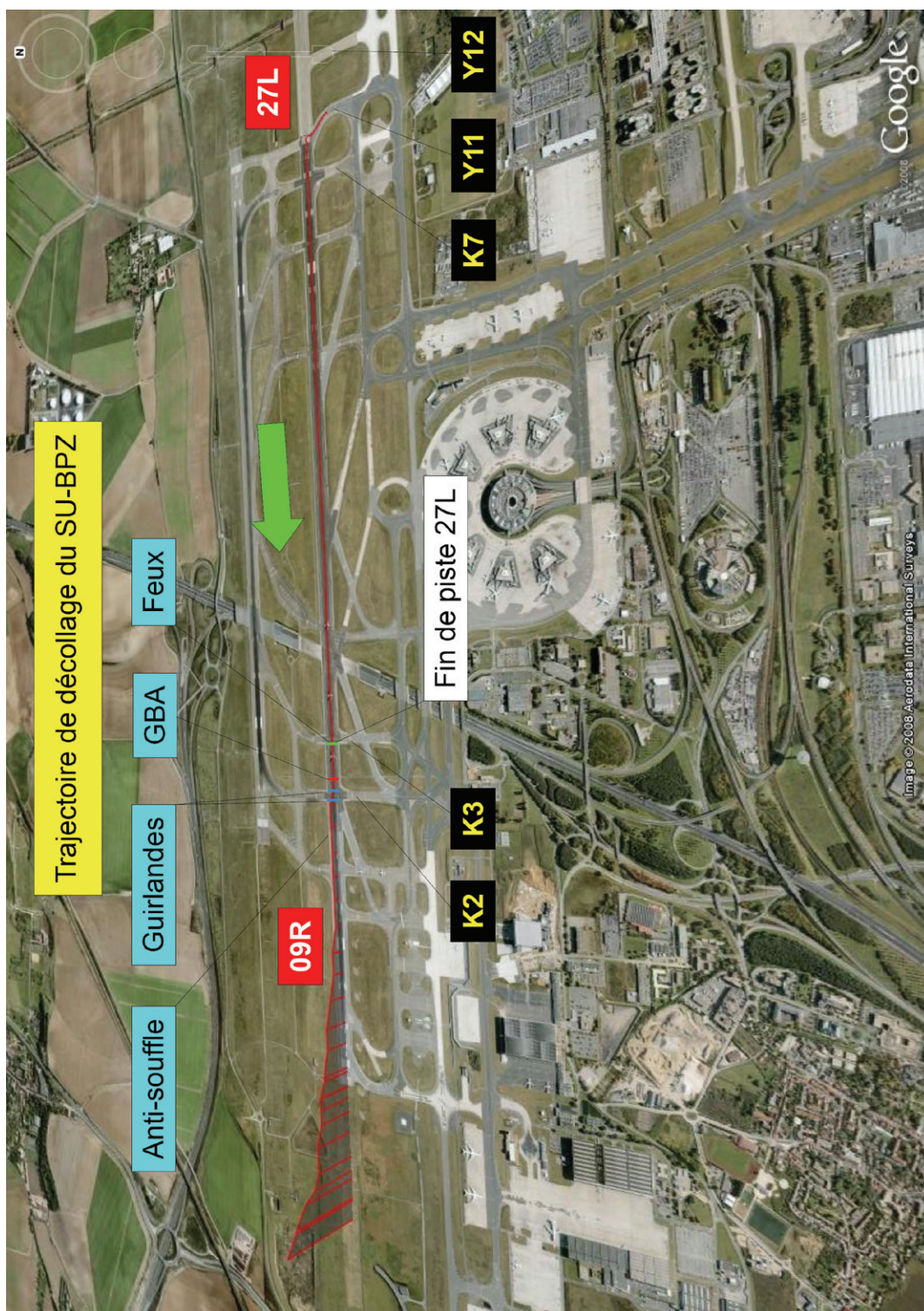
RWY 27L

Departures through preferential twys Y11 and K7.
 Departures through twys Y12 and Y13: Provide delays due to wake turbulence with outer rwy.

annexe 2

Trajectoire du SU-BPZ reconstituée à partir des données AVISO

L'image satellite n'a pas été prise lors des travaux.



annexe 3
Tableau récapitulatif des étapes
de la mise en place du SGS d'ADP en regard de la planification
des travaux sur la piste 09R/27L

DATE	SMS implementation steps	Actions concerning the work site
16/09/2005	Presentation of ADP' SMS project to the DGAC in anticipation of regulation.	
17/11/2005	Preparatory meeting with the SNA-RP and the airlines: presentation of interactions between these operators in the framework of their SMS.	
2006		Start of a study on repairs to runway 09R/27L (after report of failings during 2003 works). Two phases were defined following this study: - phase 1: carrying out of repairs to the central and east section of runway 09R/27L on 2,700 m (complete closure of the runway for 23 days). - phase 2: supervision of a study to repair the west section of runway 09R/27L on the remaining 900 m (failings of a different kind).
26/10/2006		Start of three months of exchanges with Air France on the use of a reduced runway taking into account: - a 240m RESA; - known limitations for the whole of the Air France fleet relative to a work site obstacle.
19/12/2006	Publication of the 30 November 2006 decree on aerodrome operators' SMS.	
10/01/2007		Production of a review of DAC Nord consultation project for advice on the remaining operational section and concerning SNA-RP advice on the project
18/01/2007		First meeting of a specific task group, including the DAC Nord and the SNA-RP to: - examine the measures to take on the section remaining operational; - define a runway strip with a 240m RESA.
22/01/2007		Response from the DAC Nord on the modifications to make on the origin of 09R takeoffs
02/2007		Decision to postpone works to further examine failings reported on the west section of runway 09R/27L
26/03/2007	Correspondence from the DCS concerning a guide to SMS implementation by aerodrome operators	
24/09/2007		Meeting with DAC Nord and SNA-RP to relaunch the project for realisation in summer 2008 with the measures enacted on 18/01/2007
11/10/2007		Meeting between ADP and the SNA-RP on the realisation of the SUP AIP in

17/12/2007		Exchange between ADP and the DAC Nord about the validated plan
31/01/2008		Dispatch of full dossier to the DAC Nord with mention that this dossier was conducted jointly with the SNA-RP, the DAC Nord and Air France
18/03/2008		GT implementation for the final draft of the EIS (note: at this period no defined framework to carry out the EIS)
23/04/2008		Dispatch of SUP AIP project concerning phase 2 works by the SNA-RP to the SIA for publication
22/05/2008		Dispatch of the dossier to the DAC Nord by ADP, including SNA-RP's EPICA
29/05/2008	First version of the EIS development guide transmitted by the DAC Nord	
18/07/2008		Dispatch of the final version of SNA-RP's EIS and EPICA
04/08/2008		Start of the works on the 900 m of the west section of runway 09R/27L

annexe 4

NOTAM n° A2949/08 et SUP AIP 079/08 en vigueur lors de l'événement, relatifs aux travaux sur l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle

Texte du NOTAM LFFA A2949/08

(A2949/08 NOTAMN

Q) LFFF/QFAXX/IV/NBO/A /000/999/4901N00233E005

A) LFFG B) 0808042130 C) 0808200300

E) WIP ON RWY 09R/27L AND ASSOCIATED TWY :

SEE SUP AIP NR 079/08

CORRECTIONS :

- PARAGRAPH 2.1 : READ 'Y1' IN ADDITION TO Y2, Y3, K1, K2.

- PARAGRAPH 1.2 AND ANNEXES 1 AND 3 :

TWY BD1 CLOSED AS WELL AS TWY BD, Y1, Y2, Y2A, Y3, K1, Y4.

AVAILABLE ON WWW.SIA.AVIATION-CIVILE.GOUV.FR)

 Direction des Opérations Service de l'Information Aéronautique D S N A 8, AVENUE ROLAND GARROS - BP 40 245 F-33698 MERIGNAC CEDEX http://www.sia.aviation-civile.gouv.fr	SERVICE COMMERCIAL ☎ : 33 (0)5 57 92 56 68 Fax : 33 (0)5 57 92 56 69 ✉ : sia-commercial@aviation-civile.gouv.fr BUREAU NOTAM INTERNATIONAL ☎ : 33 (0)5 57 92 57 92 Fax : 33 (0)5 57 92 57 99 ✉ : bni.sia@regis-dgac.net AFTN : LFFAYNYX	AIP SUP 079/08 PUB : 05 JUIN
--	---	---

LIEU(X) : **AD Paris Charles de Gaulle AD (LFPG)**

VALIDITE : **Du 04 au 20 Août 2008**

OBJET : Travaux sur RWY 09R/27L et TWY associés

Du 04 août 2008, à 22.00 UTC, au 20 août 2008, à 03.00 UTC, auront lieu des travaux sur la piste 09R/27L de Paris Charles de Gaulle et sur les voies de circulation associées. (Voir annexe 1)

Pendant cette période:

- Un congé de raccordement particulier sera mis en service entre la voie Z1 et la voie L (voir annexe 2). En raison du faible rayon de virage (40 m) une attention toute particulière est demandée aux équipages. Il est recommandé de pratiquer l'oversteering.
- Un point d'arrêt intermédiaire sera mis en service sur la voie L, en limite de servitudes des voies Z2 et K2.

1 INFRASTRUCTURES, ET ÉQUIPEMENTS RENDUS INDISPONIBLES (voir annexe 3)

- 1.1 Les 900 premiers mètres de la piste 09 R sont fermés à l'exploitation. Le seuil 09R est déplacé au niveau de la voie de circulation K3.
- 1.2 Les voies de circulation BD, Y1, Y2, Y2A, Y3, K1, Y4 sont fermées à l'exploitation.
- 1.3 Les aides visuelles lumineuses, rendues indisponibles sont :
 - La rampe d'approche 09R
 - La TDZ 09R
 - Le balisage axial lumineux de la piste 09R/27L
 - Le PAPI 09R
- 1.4 Les aides radio électriques indisponibles, sont :
 - L'ILS 09R
 - L'ILS 27L

2 EQUIPEMENTS PROVISOIRES

Les aides visuelles lumineuses, provisoires sont implantées pour la durée des travaux pour matérialiser:

- Le seuil 09R
- l'extrémité de la piste 27L

2.1 Distances déclarées :

Piste 09R :

Départs :

TWY K3 TORA 2960 TODA 3020 ASDA 2960

Y2; Y3; K1; K2 fermées à l'exploitation

Atterrissages : Interdits

Piste 27L :

Départs :

27 L	TORA 2960	TODA 2960	ASDA 2960
TWY Y12	TORA 2640	TODA 2640	ASDA 2640
TWY Y11	TORA 2360	TODA 2360	ASDA 2360
TWY K7	TORA 2200	TODA 2200	ASDA 2200
TWY K6	TORA 1940	TODA 1940	ASDA 1940

Atterrissages : Interdits

3 EXPLOITATION

- Confirmer sur la fréquence pré-vol que la TORA 09R/27L est suffisante.
- La traversée de la piste 09R/27L, s'effectuera par les voies K2 ou K3, sur clairance du CTL.

Piste 09R

Départs possible, exclusivement par la voie d'alignement K3.

Procédures LVTO suspendues.

Atterrissages interdits.

Piste 27L

Départs via les voies d'alignement préférentielles Y11 et K7.

Départs Y12 et Y13 : Prévoir délais cause turbulence de sillage avec la piste extérieure.

Procédures LVTO suspendues

Atterrissage : interdits.

4 Obstacle(s) :

Obstacle (véhicules et engins de travaux publics) grevant la trouée de décollage à 1.2%.

Obstacle : Engins de travaux publics

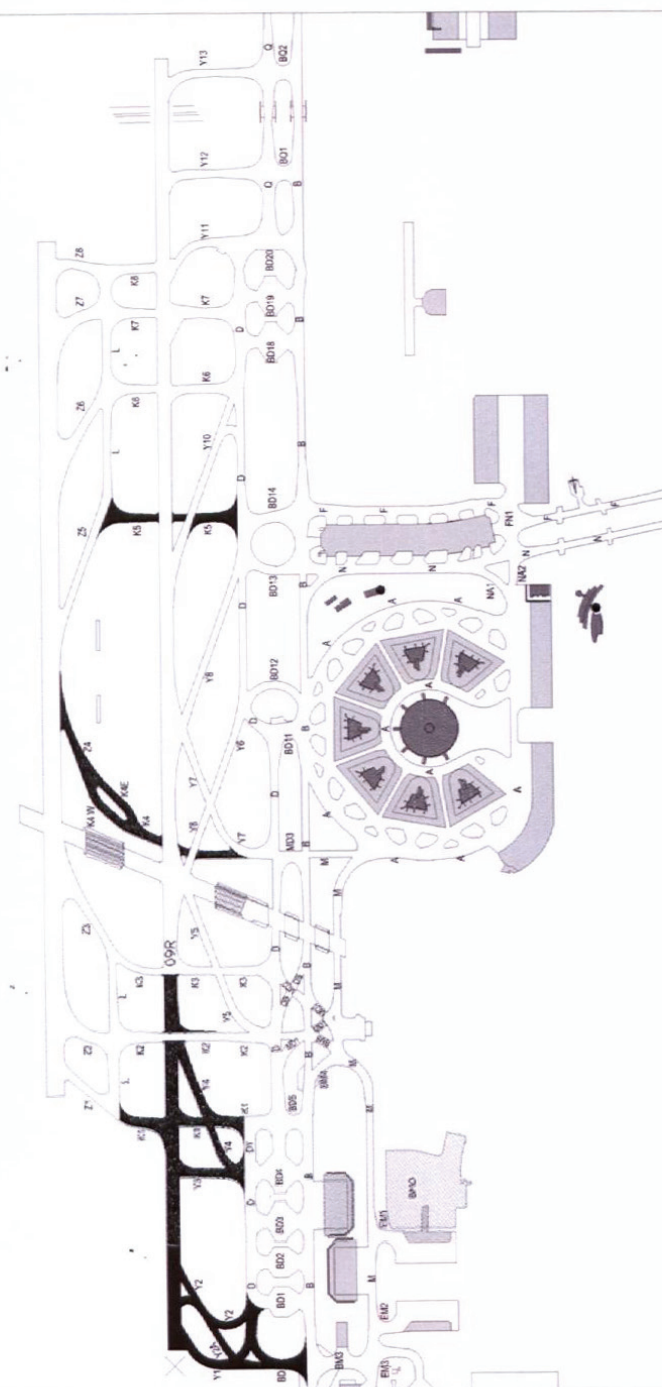
Position : N 49°01'18.65" – E 002°31'32.89"

Située à 315 m de la DER 27L, RDL 266°

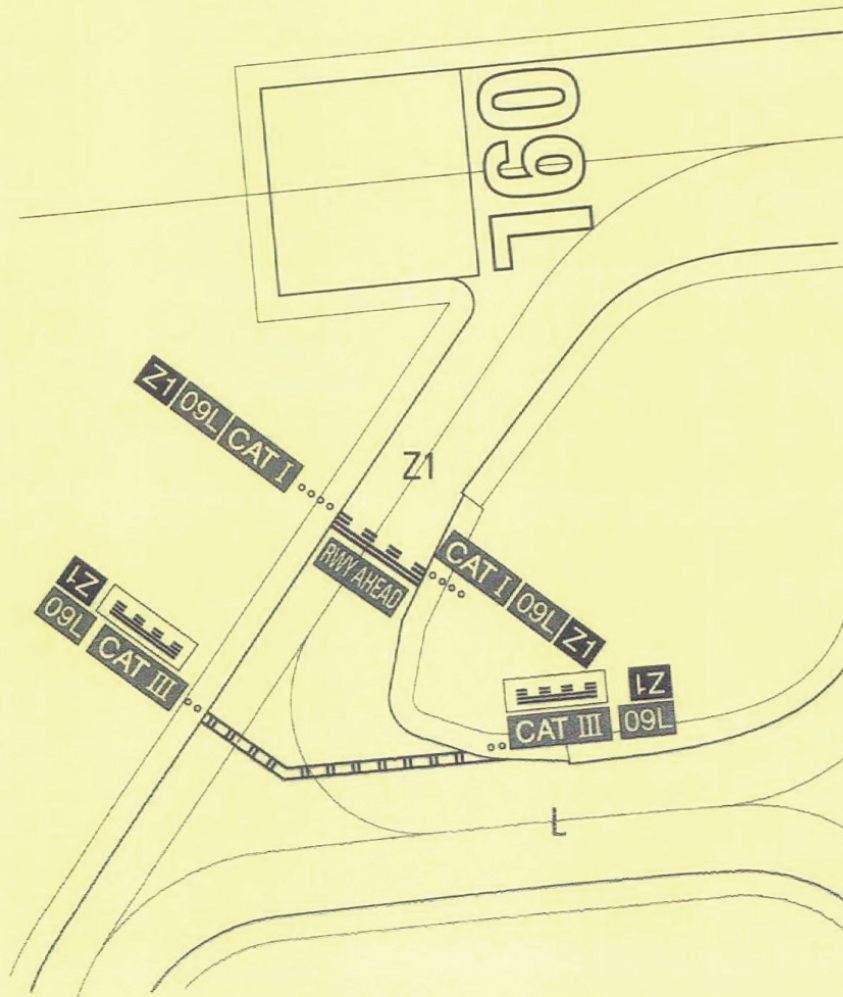
Altitude : 411 ft

Hauteur : 11 m AGL

Balisage : Gyrophare



ANNEXE 2







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

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

Parution : août 2011