Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety investigation Board STSB

Domaine aviation

Rapport final n° 2293 du Service suisse d'enquête de sécurité SESE

concernant l'incident grave de l'Airbus A321-111, immatriculé HB-IOC,

survenu le 9 mars 2014

à l'aéroport de Genève (LSGG)

Aéropôle 1, 1530 Payerne
Tél. +41 58 466 33 00, Fax +41 58 466 33 01
info@sust.admin.ch
www.sese.admin.ch

Remarques générales sur le présent rapport

Le présent rapport relate les conclusions du Service suisse d'enquête de sécurité (SESE) relatives aux circonstances et aux causes de cet incident grave.

Conformément à l'art. 3.1 de la 10e édition de l'Annexe 13, applicable dès le 18 novembre 2010, de la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, ainsi que selon l'art. 24 de la loi fédérale sur l'aviation, l'enquête sur un accident ou un incident grave a pour seul objectif la prévention d'accidents ou d'incidents graves. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave. Le présent rapport ne vise donc nullement à établir les responsabilités ni à élucider des questions de responsabilité civile.

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

La version de référence de ce rapport est rédigée en langue allemande.

Sauf indication contraire, toutes les informations contenues dans ce rapport se réfèrent au moment où s'est produit l'incident grave.

Toutes les heures indiquées, sauf indication contraire le sont en heure universelle coordonnée (*co-ordinated universal time* – UTC). Au moment où s'est produit l'incident grave, l'heure normale valable pour le territoire suisse (local time - LT) correspondait à l'heure de l'Europe centrale (*central european time* – CET). La relation entre LT, CET et UTC est :
LT = CET = UTC + 1 h.

Table des matières

Introduction 5
Enquête 5
Synopsis 5
Causes 6
Recommandations de sécurité et avis concernant la sécurité 6
1 Renseignements de base 7
1.1 Faits antécédents et déroulement du vol 7
1.1.1 Généralités 7
1.1.2 Faits antécédents 7
1.1.3 Déroulement du vol 7
1.1.4 Lieu et date de l'incident grave 10
1.2 Personnes blessées 10
1.3 Dommages à l'aéronef 10
1.4 Autres dommages 10
1.5 Renseignements sur le personnel 11
1.5.1 Équipage 11
1.5.1.1 Commandant de bord 11
1.5.1.2 Copilote 11
1.6 Renseignements sur l'aéronef 11
1.6.1 Renseignements généraux 11
1.6.2 Description des systèmes 12
1.6.2.1 Commandes de vol 12
1.6.2.2 Spoilers 14
1.6.2.3 Manettes de poussée 15
1.7 Renseignements météorologiques 15
1.7.1 Situation météorologique générale 15
1.7.2 Situation météorologique sur les lieux et à l'heure de l'incident grave 15
1.7.3 Données astronomiques 16
1.7.4 Message ATIS de l'aéroport de Genève 16
1.8 Aides à la navigation 17
1.9 Communications 17
1.10 Renseignements sur l'aérodrome 17
1.10.1 Généralités 17
1.10.2 Equipements et dimensions des pistes 17
1.10.3 Services de sauvetage et de lutte contre les incendies 17
1.10.4 Profil de la piste 17
1.11 Enregistreurs de bord 18
1.11.1 Enregistreur de données de vol 18
1.11.2 Enregistreur de conversation de poste de pilotage 19
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact 19
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques 19
1.14 Incendie 19
1.15 Questions de survie 19
1.16 Essais et recherches 20
1.17 Renseignements en matière d'organisation et de gestion 20

1.17.1 Entreprise de transport aérien ... 20
1.17.1.1 Généralités ... 20
1.17.1.2 Procédures d'exploitation – généralités ... 20
1.17.1.3 Procédures d'exploitation spécifiques à l'avion ... 22
1.17.1.4 Procédures d'exploitation figurant dans le manuel d'entraînement de l'équipage de conduite 24
1.17.1.5 Procédure d'utilisation de l'aéronef en situations anormales : toucher de fuselage . 27
1.17.1.6 Entraînement aux atterrissages ... 28
1.17.1.7 Définition d'un atterrissage dur ... 28

1.18 Renseignements supplémentaires ... 29
1.18.1 Aspects relatifs au toucher de fuselage ... 29
1.18.1.1 Mesures prises par le constructeur ... 29
1.18.1.2 Mesures prises par différentes entreprises de transport aérien ... 31

1.19 Techniques d'investigation utiles ou efficaces ... 31

2 Analyse ... 32

2.1 Aspects techniques ... 32

2.2 Facteurs humains et opérationnels ... 32
2.2.1 Équipage de conduite ... 32
2.2.2 Entreprise de transport aérien ... 33
2.2.3 Contrôle de la circulation aérienne ... 33

3 Conclusions ... 35

3.1 Faits établis ... 35
3.1.1 Aspects techniques ... 35
3.1.2 Aspects humains ... 35
3.1.3 Déroulement du vol ... 35
3.1.4 Aspects opérationnels ... 36

3.2 Causes ... 36

4 Recommandations de sécurité avis concernant la sécurité et mesures prises après l'incident grave ... 37

4.1 Recommandations de sécurité ... 37

4.2 Avis concernant la sécurité ... 37

4.3 Mesures prises après l'incident grave ... 37

Annexes ... 38

Annexe 1 : Déroulement chronologique de l'incident grave ... 38

Annexe 2 : Phases d'approche et de remise des gaz ... 39

Annexe 3 : Dégâts subis par l'aéronef ... 40

Rapport final

Introduction

Propriétaire	Swiss International Air Lines Ltd., Case postale, 4002 Bâle, Suisse
Exploitant	Swiss International Air Lines Ltd., Case postale, 4002 Bâle, Suisse
Constructeur	Airbus S.A.S., Toulouse, France
Type d'aéronef	A321-111
Pays d'immatriculation	Suisse
Immatriculation	HB-IOC
Lieu	Aéroport de Genève (LSGG)
Date et heure	9 mars 2014, 12:57 UTC

Enquête

L'incident grave eu lieu le 9 mars 2014 à 12:57 UTC. Il a été annoncé à l'ancien Service d'enquête suisse sur les accidents (SESA) et une enquête a été ouverte le jour même.

Le rapport final est publié par le Service suisse d'enquête de sécurité SESE.

Synopsis

L'Airbus A321 immatriculé HB-IOC, avec l'indicatif d'appel SWR 85KV, décolle le 9 mars 2014 à 12:25 UTC pour effectuer un vol de ligne de Zurich (LSZH) à Genève (LSGG). La copilote est aux commandes de l'appareil durant ce vol.

Après une croisière sans incident, l'approche pour la piste 05 se déroule normalement. Elle est stable et effectuée en pilotage manuel, sans auto poussée (*autothrust*). En courte finale, alors que l'avion est à la hauteur de 500 ft, l'équipage de conduite est autorisé à atterrir.

La copilote a l'impression que le toucher des roues est anormalement dur et croit que l'avion rebondi; elle décide donc de remettre les gaz. Pendant cette manœuvre, la queue de l'avion touche la piste et est endommagée.

Une approche pour la piste 05 est à nouveau effectuée, sous guidage radar. Cette dernière et l'atterrissage se déroulent sans incident.

Causes

L'incident grave est dû au toucher de fuselage, provoqué par une action brusque à cabrer jusqu'en butée sur le mini-manche latéral par la pilote en fonction, lors d'une remise des gaz effectuée après le toucher des roues à l'atterrissage.

Les éléments suivants ont contribué à l'incident grave :

- En raison de sa faible expérience, la pilote en fonction a cru que l'avion avait rebondit à l'atterrissage.
- En raison de l'absence de feedback tactile dû au fait que les deux mini-manches ne sont pas synchronisés, le PM n'a pas pu identifier à temps le brusque mouvement du mini-manche.
- L'équipage de conduite n'a pas détecté l'assiette longitudinale trop élevée.

Même s'il n'est pas lié à la cause de l'incident grave, l'enquête a mis en évidence la lacune sécurité suivante (*factor to risk*) :

- Le service de navigation aérienne n'a pas informé l'équipage de conduite du fait que le *tailstrike* a été observé lors de la remise des gaz.

Recommandations de sécurité et avis concernant la sécurité

L'enquête n'a pas donné lieu à de recommandation de sécurité.

1 Renseignements de base

1.1 Faits antécédents et déroulement du vol

1.1.1 Généralités

Les faits antécédants et le déroulement du vol ont été établis à l'aide des dépositions de l'équipage de conduite et du contrôleur de l'aire de traffic (*Apron controller*), des paramètres de l'enregistreur numérique de données de vol (*digital flight data recorder* – DFDR) et de l'enregistreur des conversations du poste de pilotage (*cockpit voice recorder* – CVR) ainsi que des enregistrements des communications radiotéléphoniques.

Durant tout le vol, le commandant de bord était pilote assistant (*pilot monitoring* – PM), la copilote pilote en fonction (*pilot flying* – PF).

Le vol de l'incident grave, assurant la liaison entre Zurich (LSZH) et Genève (LSGG), s'est déroulé selon les régles de vol aux instruments (*instrument flight rules* – IFR).

1.1.2 Faits antécédents

Le 9 mars 2014, l'équipage s'est réuni selon l'horaire prévu pour préparer le vol à destination de Genève. Les trois rotations suivantes étaient prévues à bord d'un Airbus A321: un aller-retour Zürich Genève, suivi d'un vol à destination de Londres avec un arrêt de nuit. Les pilotes n'avaient à ce jour jamais travaillé ensemble.

L'équipage s'est ensuite rendu à l'aéronef ; il était apte au vol et la préparation de l'avion s'est déroulée normalement.

1.1.3 Déroulement du vol

Le 9 mars 2014, l'Airbus A321, immatriculé HB-IOC, avec l'indicatif d'appel SWR 85KV, décolle de Zurich (LSZH) à 12:25 UTC pour effectuer un vol de ligne à destination Genève (LSGG). Deux pilotes, quatre membres d'équipage de cabine et 72 passagers sont à bord.

Après la montée et un vol de croisière sans incident, la copilote demande à 12:33:16 UTC au commandant de bord s'il a déjà obtenu le message du service automatique d'information de région terminale ATIS de l'aéroport de Genève (cf. chapitre 1.7.4). Ce dernier répond par l'affirmative et, après une brève discussion au sujet de la masse actuelle de l'avion, la copilote débute le briefing d'approche à 12:36:08 UTC. L'avion est au niveau de vol (*flight level* – FL) 150. Elle mentionne le type d'aéronef A321, la masse à l'atterrissage, l'approche prévue et l'altitude minimale de descente de 1620 ft à sélecter pour l'approche aux instruments; le commandant de bord acquiesce. Après une brève interruption causée par une discussion avec un membre de l'équipage de cabine entré dans le cockpit, la copilote poursuit le briefing d'approche en mentionnant la procédure de remise des gaz ainsi que la voie de circulation prévue pour dégager la piste après l'atterrissage. Après une brève discussion relative au poste de stationnement prévu, elle continue le briefing d'approche et relève deux dangers possibles (*potential hazards*): la gêne éventuelle occasionnée par le soleil et le fait que l'approche sera effectuée sans auto poussée (*autothrust*).

Après avoir été informé par *Geneva approach* à 12:38:53 UTC, que le type d'approche en vigueur pour la piste 05 était le système d'atterrissage aux instruments (*instrument landing system* – ILS), le commandant de bord signale à la copilote la présence d'une bosse sur la piste (cf. chapitre 1.10.4). Il explique qu'un atterrissage avant celle-ci risque d'être dur. Si par contre il est effectué après la bosse, il

risque d'être long, ce qui ne doit pas l'inquiéter au vu de la longueur suffisante de piste.

Le commandant de bord informe ensuite les passagers que la descente à destination Genève est imminente. L'équipage de conduite est alors autorisé à descendre au niveau de vol FL 80, en continuant au cap actuel pour un parcours vent arrière (*downwind*) de la piste 05.

A 12:49:00 UTC, l'équipage de conduite est enjoint de réduire la vitesse à 210 kt et, une minute plus tard, de tourner au cap 320° et de descendre à l'altitude de 7000 ft. A 12:51:18 UTC, il est autorisé à virer à droite au cap 020° et à descendre à 6000 ft pour effectuer l'approche ILS 05.

Alors que l'avion est établi sur l'ILS, le contrôleur de la circulation aérienne (CCA) enjoint l'équipage de conduite à 12:53:05 UTC de réduire sa vitesse: *„Swiss eight five kilo victor reduce speed one six zero knots"*. Les pilotes ralentissent alors davantage et sortent les volets hypersustentateurs en configuration 2. Trente secondes plus tard, la copilote demande au commandant de bord si un avion se trouve devant eux. Il répond par l'affirmative. La copilote ordonne alors la sortie du train d'atterrissage. Quelques instants plus tard, à 12:53:51 UTC, le CCA ordonne: *„Swiss eight five kilo victor reduce rapidly to minimum approach speed"* et le commandant de bord répond immédiatement: *„We have everything out we can, rapidly to minimum approach speed swiss eight five kilo victor".*

L'équipage de conduite contacte la tour de contrôle de Genève. Afin de réduire encore la vitesse, la copilote ordonne à 12:54:02 UTC de sortir les volets en configuration 3 *„flaps three"*, puis en configuration *„full flaps"* treize secondes plus tard.

A 12:55:14 UTC, la copilote informe le commandant de bord qu'elle déclenche le pilote automatique et, quelques secondes plus tard, l'auto poussée. Le commandant de bord prend acte.

A 12:56:03 UTC, elle annonce au commandant de bord: *„I am stabilized landing check, three greens"* et treize secondes plus tard: *„All set, landing clearance missing".* Ce dernier acquiesce et fait remarquer que l'avion les précédant est en dans sa course de décélération.

L'équipage de conduite de cet avion, immatriculé RA-74006, annonce à la tour de contrôle qu'il est „*on ground"*. Le CCA lui donne à 12:56:44 UTC l'ordre suivant: *„Roger, vacate rapidly first right please first right via Charlie".* L'avion HB- IOC se trouve alors à l'altitude de 2200 ft en courte finale (*short final*). L'enregistrement des conversations de poste de pilotage révèle que son équipage de conduite surveille le roulage du RA74006 et attend avec impatience l'autorisation d'atterrir. Celle-ci est donnée par le CCA à 12:57:07 UTC comme suit: *„Swiss eight five kilo victor, wind calm, runway zero five cleared to land"*. Elle est aussitôt collationnée par l'équipage de conduite. L'avion se trouve alors à une altitude de 1900 ft, soit à une hauteur de 500 ft au-dessus du niveau du sol.

A 12:57:49 UTC, l'avion prend contact avec le sol 245 m après le seuil de piste décalé 05. La copilote a l'impression que l'atterrissage est anormalement dur et croit un instant que l'avion rebondit. Elle décide en conséquence de remettre les gaz (*go-around*). En fait, l'avion n'a pas rebondi ; il a touché le sol à une accélération verticale de 1,4 g[1], (cf. chapitre 1.17.1.7).A 12:57:52 UTC durant moins d'une seconde, la copilote exerce alors une action à tirer brusque jusqu'à la butée sur son mini-manche latéral (*sidestick*), alors que les déporteurs sol (*ground spoilers*) sont déjà sortis. Dans la foulée, elle ordonne de manière claire et nette *„go-around"*

[1] g: accélération de la pesanteur g = 9.81 m/s²

et amène en une seconde les deux manettes de poussée à la position TOGA[2]. À ce moment précis, la queue de l'avion touche la piste. A 12:57:55 UTC, 580 m après le seuil de piste décalé, l'avion décolle et la copilote donne l'ordre: *„thrust, flaps one step"* (cf. annexes 1 et 2). Tout au long de la manœuvre, la roue de proue ne prend à aucun moment contact avec la piste.

L'avion est en montée, lorsqu'à 12:58:02 UTC la copilote ordonne: *„gear up"*. Le commandant de bord s'exécute et dit: *„flaps at two"* et la copilote répond aussitôt: *„checked"*.

Le commandant de bord informe le CCA de la manoeuvre en ces termes: *„And, swiss eight five kilo victor in a missed approach runway 05".* Ce dernier répond: *„Roger, continue straight ahead, 7000 feet, one zero two eight".* Il instruit ensuite à 12:58:38 UTC l'équipage de conduite de contacter le secteur de contrôle GVA *arrival*. Le commandant de bord collationne aussitôt. Une brève discussion s'ensuit dans le poste de pilotage au sujet de la position des volets hypersustentateurs ainsi que de la décision de remettre les gaz. Le commandant estime que cette dernière n'était pas nécessaire, mais approuve la décision de la copilote. Elle ordonne ensuite *„flaps zero"* et enclenche le pilote automatique.

A 12:59:29 UTC, l'équipage de conduite contacte GVA *arrival* et est instruit comme suit: *„Swiss eight five zero victor, bonjour again, climb to seven thousand feet, call you back to repositioning".*

Le contrôleur de l'aire de trafic (*Apron Control*) remarque le toucher de fuselage (*tailstrike)* et signale l'incident au *Apron Control* (*Ground Movement Manager* – GMMA). A 12:59:34 UTC celui informe le contrôleur *Ground Control* du *tailstrike.* Ce dernier ordonne alors un contrôle de piste. L'information du toucher de fuselage est ensuite transmise au contrôleur de la circulation aérienne (CCA) de GVA *arrival* qui est en contact radiotéléphonique avec l'équipage de conduite de l'avion HB-IOC.

A 13:00:11 UTC, après concertation avec la copilote, le commandant de bord porte la remise des gaz à la connaissance des passagers. Pendant ce temps, le CCA demande à l'équipage de conduite: *„Swiss eight five kilo victor, did you hit the tail of your aircraft on the ground?"* Le CCA doit répéter sa question et la copilote répond: *„Uhmm, not that I know, Swiss eight five kilo victor".*

L'annonce aux passagers étant terminée, la copilote informe le commandant de bord de la question du CCA. Tous deux sont d'avis que cela n'a pas été le cas. Après une brève discussion, ils décident par précaution de se renseigner auprès du membre de l'équipage de cabine qui se trouve dans la cuisine de bord à l'arrière de l'appareil. Celui-ci répond qu'il a bien entendu un bruit, mais pense qu'il a vraisemblablement été causé par le déplacement d'un chariot de service (*trolley*) dans la cuisine de bord. L'équipage de conduite contrôle la pression cabine et constate qu'elle ne présente pas d'anomalie. Le reste de la discussion concernant le toucher de queue est empreint d'une certaine incertitude. La procédure publiée dans le manuel de référence rapide (*quick reference handbook* – QRH) à cet effet (cf. chapitre 1.17.1.5) n'est pas mentionnée.

A 13:02:39 UTC le CCA donne une instruction de cap pour le positionnement sur le parcours vent arrière. L'équipage de conduite discute à nouveau de l'atterrissage et de la remise des gaz durant deux minutes. La copilote mentionne notamment qu'elle a été effrayée par l'atterrissage dur et que, par réaction, elle a commencé à tirer sur le mini manche. La sortie des déporteurs sol est aussi évoquée. La copilote parle de la nouvelle approche et indique qu'elle va l'effectuer avec

[2] TOGA (*takeoff and go-around*) correspond à la puissance maximale des réacteurs.

l'auto poussée afin de pouvoir se concentrer sur l'atterrissage. Elle fait remarquer un peu plus tard qu'elle n'a encore jamais fait d'atterrissage dur.

L'équipage de conduite a entre-temps reçu l'ordre de réduire la vitesse à 210 kt. A 13:07:59 UTC, il reprend la discussion au sujet de la remise des gaz et de la position des volets hypersustentateurs. Le commandant de bord mentionne qu'il les a par erreur rentrés en position 2 au lieu de 3.

A 13:08:44 UTC, l'équipage de conduite est guidé pour une nouvelle approche pour la piste 05. La discussion au sujet de l'atterrissage et la remise des gaz est close.

L'approche se déroule normalement et l'avion atterrit à 13:16:40 UTC. A 13:17:25 UTC le CCA instruit l'équipage de conduite de contacter GVA *ground*.

A 13:20:38 UTC le CCA *ground* informe l'équipage de conduite qu'un contact de la queue de leur appareil avec le sol a été observé et lui propose d'en vérifier l'exactitude. L'équipage de conduite prend note et fera exécuter le contrôle approprié au poste de stationnement.

1.1.4 Lieu et date de l'incident grave

Lieu	Piste 05 en béton de l'aéroport de Genève
Date et heure	9 mars 2014, 12:57 UTC
Conditions d'éclairage naturel	Jour
Altitude	427 m/M

1.2 Personnes blessées

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Légères	0	0	0	0
Aucune	6	72	78	Sans objet
Total	6	72	78	0

1.3 Dommages à l'aéronef

La partie inférieure de l'arrière du fuselage a été endommagée (cf. annexe 3) et des travaux de réparation du revêtement et de la structure ont dû être effectués. Sur la base éléments rapportés par l'opérateur, le constructeur de l'avion a proposé la qualification du dommage comme *«minor»* (mineur), classé dans la catégorie *«permanent repair with inspection required»* (réparation permanente avec inspection obligatoire).

1.4 Autres dommages

Le contrôleur *ground control* a ordonné un contrôle de piste immédiatement après le premier atterrissage de l'avion HB-IOC. Aucun dommage n'a été constaté.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Équipage

1.5.1.1 Commandant de bord

Personne	Citoyen suisse, né en 1965	
Licence	Licence de pilote de ligne pour avions (*airline transport pilot licence aeroplane* – ATPL(A)) selon *European Aviation Safety Agency* (EASA), délivrée par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC)	
Expérience de vol	Total	11 334:46 h
	Sur le type A32F[3]	4261:48 h
	Dont sur le type en cause A321	1160:50 h
	En tant que commandant de bord	2758:05 h
	Sur le type A32F	2314:40 h
	Dont sur le type en cause A321	508:14 h
	Pendant les 90 derniers jours	241:14 h
	Sur le type A32F	236:04 h
	Dont sur le type en cause A321	43:24 h

Toutes les données à disposition indiquent que le commandant de bord a débuté son service reposé et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.5.1.2 Copilote

Personne	Citoyenne suisse, née en 1983	
Licence	Licence de pilote professionnel pour avions (*commercial pilot licence aeroplane* – CPL(A)) conforme aux *joint aviation requirements* (JAR), délivrée par l'OFAC	
Expérience de vol	Total	341:17 h
	Sur le type A32F	201:10 h
	Dont sur le type en cause A321	52:46 h
	Pendant les 90 derniers jours	199:28 h
	Sur le type A32F	199:28 h
	Dont sur le type en cause A321	52:46 h

Toutes les données à disposition indiquent que la copilote a débuté son service reposée et en bonne santé. Rien n'indique que la fatigue ait pu contribuer à la survenue de l'incident grave.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Renseignements généraux

Immatriculation	HB-IOC

[3] A32F désigne la famille Airbus A320, qui comprend les types A318, A319, A320 et A321.

Type d'aéronef	A321-111
Caractéristiques	Avion bimoteur court et moyen-courrier avec turboréacteur à double flux
Constructeur	Airbus S.A.S., Toulouse, France
Propriétaire	Swiss International Airlines Ltd., Case postale, 4002 Bâle, Suisse
Exploitant	Swiss International Airlines Ltd., Case postale, 4002 Bâle, Suisse
Groupe propulseur	CFM International CFM56-5B1
Masses maximales autorisées	Décollage 83 000 kg Atterrissage 75 000 kg
Masse et centre de gravité	La masse au décollage était de 64 500 kg. La masse et le centre de gravité se trouvaient à tout moment dans les limites prescrites par le manuel de vol de l'aéronef (*aircraft flight manual* – AFM).

1.6.2 Description des systèmes

Ce chapitre décrit les systèmes pertinents pour la compréhension de l'incident grave. Sont traités: l'effet des forces exercées sur le mini-manche latéral, la logique de déploiement des déporteurs sol, et les transitions entre les modes *ground mode* et *flight mode* en fonction de la position des manettes de poussée (*thrust levers*).

1.6.2.1 Commandes de vol

L'Airbus A321 est équipé de systèmes de commandes de vol électriques (*fly-by-wire-system*). A la différence des commandes de vol classiques où les mouvements des commandes actionnées par le pilote sont transmis aux gouvernes par des câbles en acier, des tiges poussoir ou des circuits hydrauliques, les ordres de contrôle sont gérés puis donnés par les calculateurs de commande de vol aux actionneurs hydrauliques. Seuls la gouverne de direction et le plan horizontal réglable peuvent aussi être commandés mécaniquement.

Les deux mini-manches latéraux permettant la conduite de vol manuelle ne sont pas couplés mécaniquement entre eux. Ils envoient chacun séparément les ordres de contrôle aux calculateurs de commande de vol. Lorsque l'avion est au sol, l'indication des mouvements du mini-manche latéral est représentée par un symbole (*sidestick order indication*) sur les indicateurs principaux de vol (*primary flight display* – PFD).

Les calculateurs de commande de vol gèrent les ordres de contrôle des pilotes et actionnent les gouvernes nécessaires à leur exécution selon des lois de contrôle qui dépendent des phases de vol et de l'état opérationnel de l'avion. Ces lois préviennent le dépassement de certaines valeurs limites.

Les calculateurs de commande de vol de l'A321 sont aux nombre de sept: deux *elevator aileron computer* (ELAC), trois *spoilers elevator computer* (SEC) et deux *flight augmentation computer* (FAC).

Les calculateurs de commande de vol ont différents modes d'exploitation suivant la phase de vol. La loi normale *normal law* est active du décollage à l'atterrissage.

Ce mode obéit aux lois des calculateurs de commande de vol qui servent au contrôle normal de l'avion et comprend également des protections du domaine de vol (*protections*) empêchant le dépassement de certaines valeurs limites.

Lorsque des dysfonctionnements du système commande vol électrique (CDVE) ou ses périphériques surviennent, le système CDVE se reconfigure de la loi normale vers les lois *alternate law* ou *direct law*, suivant la sévérité des dysfonctionnements rencontrés.

Comme décrit dans la figure 1, la loi normale *normal law* comprend trois modes appelés *ground mode, flight mode* et *flare mode.*

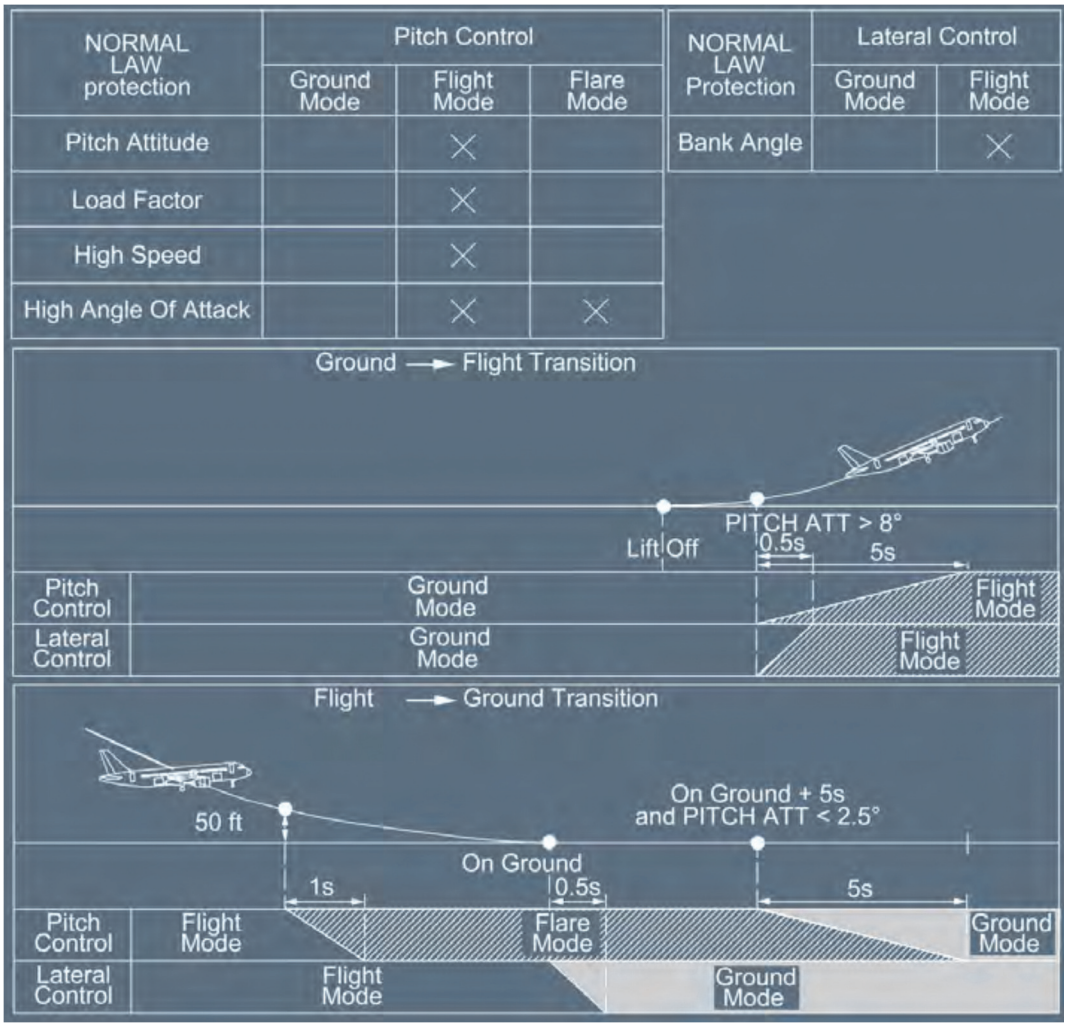


Figure 1: principe de la loi normale *normal law* (copie du FCOM)

Le mode *flight* fournit proportionnellement à la déflection du mini-manche latéral, un contrôle de l'axe de tangage en demande de facteur de charge et un contrôle de l'axe de roulis en demande de taux de roulis. Lorsque le mini-manche est au neutre avec les ailes initialement à l'horizontale, l'assiette de l'avion est stable autour de l'axe tangage (*pitch control*) à un facteur de charge constant de 1g et stable autour de l'axe de roulis (*lateral control*) à un taux de roulis nul.

La gouverne de profondeur et le plan horizontal réglable (trim de profondeur) sont orientés proportionnellement à la position du mini-manche de manière à contrôler l'axe de tangage pour réaliser la demande en facteur de charge. La compensation en tangage (*pitch trim*) est automatique. Pour le contrôle de des axes roulis/lacet (*lateral control*), les ailerons, les destructeurs de portance (*spoilers*) (à l'exception des spoilers no1) et la gouverne de direction sont orientés de manière à atteindre

le taux de roulis désiré proportionnellement à la position du mini-manche. Le virage obtenu est coordonné automatiquement par commande sur la gouverne de direction.

En mode *ground*, les gouvernes sont braquées proportionnellement à la position du mini-manche; le débattement des ailerons dépend en plus de la vitesse de l'avion. Les commandes de tangage sont directement transmises à la gouverne de profondeur et celles de roulis directement aux ailerons et aux spoilers (*roll spoilers*). La compensation automatique en tangage n'existe pas dans ce mode uniquement actif lorsque le train d'atterrissage principal est comprimé (*compressed*).

Le mode *flare* n'existe que pour le contrôle autour de l'axe de tangage et est actif pendant l'atterrissage. En franchissant l'altitude radio de 50 ft (*radio altitude* – RA), le plan horizontal réglable conserve sa position actuelle et la loi normale passe en une seconde du mode *flight* au mode *flare.* La gouverne de profondeur est alors commandée proportionnellement au déplacement du mini-manche latéral. En franchissant l'altitude radio de 50 ft, le système mémorise l'assiette de vol et la prend comme référence. En franchissant l'altitude radio de 30 ft, l'assiette est réduite à une valeur de -2° sur une période de 8 secondes pour que le pilote effectue l'arrondi de manière similaire à celui d'un avion à commandes conventionnelles. Après le toucher des roues, le dérotation se pilote de manière conventionnelle, ajustant les ordres manche pour contrôler le taux de dérotation et poser le train avant sans délai. Un léger ordre à piquer est ajouté aux élévateurs pour compenser l'effet de cabrage provoqué par les sorties des déporteurs sol (*ground spoilers*).

La transition du mode *flare* au mode *ground* dure 5 secondes et commence lorsque l'avion est au sol et que l'assiette longitudinale est inférieure à 2.5° *aircraft nose up* (ANU). Le plan horizontal réglable est alors est mis à 0°.

La transition du mode *flight* au mode *ground* du contrôle en roulis commence dès le toucher des roues (*touchdown*) et dure 0,5 seconde.

1.6.2.2 Spoilers

Chaque aile de l'A321 a cinq *spoilers* qui remplissent trois fonctions. Ils sont tous utilisés comme déporteurs sol lors de l'atterrissage et de l'interruption du décollage. Les *spoilers* 2, 3, 4 et 5 sont utilisés comme *roll spoilers*. Les *spoilers* 2, 3 et 4 ont en vol la fonction d'aérofreins.

Les spoilers assistent les ailerons en roulis en se déployant de manière asymétrique (*roll spoilers*). Lorsqu' ils sont sortis symétriquement, ils agissent comme aérofreins (*speedbrake*). A l'atterrissage et à l'interruption de décollage, ils sortent complètement (*ground spoilers*) afin de réduire la portance et de permettre que le poids de l'avion contribue à l'efficacité du freinage.

A l'atterrissage, les déporteurs sol se déploient dans les deux conditions suivantes :

- lorsque les deux jambes du train d'atterrissage principal sont comprimées (*compressed*), les déporteurs sol sont armés (*armed*) et les deux manettes de poussée (*thrust levers*) sont en position ralenti (*idle)* ;

- lorsque les deux jambes du train d'atterrissage principal sont comprimées, les déporteurs sol ne sont pas armés, et l'inversion de poussée (*reverse*) est sélectionnée sur au moins une des deux manettes de poussée.

A l'atterrissage, les déporteurs sol sont partiellement sortis (10°) lorsque l'inversion de poussée est sélectionnée sur au moins une des deux manettes de poussée et

qu'une jambe du train d'atterrissage principal est comprimée. Ceci induit la compression de la deuxième jambe du train, entraînant ainsi la sortie complète des déporteurs sol.

Lors d'une remise des gaz après le toucher des roues, les déporteurs sol rentrent si une des deux manettes de poussée au moins est amenée au-delà de 20° d'angle.

1.6.2.3 Manettes de poussée

Les manettes de poussée (*thrust levers*) constituent une interface entre le pilote, le calculateur de gestion et de guidage du vol (*flight management and guidance computer* – FMGC) et le système de régulation électronique numérique à pleine autorité du moteur (*full authority digital engine control system* – FADEC). Elles permettent de commander la poussée des moteurs.

La poussée peut également être commandée manuellement au moyen des manettes de poussée.

En position TOGA et FLX MCT[4], les manettes de poussée activent le mode *take-off*. Le mode *go-around* est également activé par la position TOGA.

Les manettes de poussée ont aussi un impact sur la logique de fonctionnement des déporteurs sol, tel que décrit ci-dessus.

1.7 Renseignements météorologiques

1.7.1 Situation météorologique générale

La Suisse se trouvait en marge d'un puissant anticyclone centré sur le nord-est de l'Europe.

1.7.2 Situation météorologique sur les lieux et à l'heure de l'incident grave

Le ciel était dégagé. Le bassin lémanique était couvert de brume.

Au moment de l'incident grave, le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (*meteorological aviation routine weather report* – METAR) était le suivant :

METAR LSGG 091250Z 09004KT 350V120 CAVOK 13/03 Q1028 NOSIG=

En texte clair, cela signifie :

Le 9 mars 2014, juste avant la publication du message ATIS à 12h50 UTC, les conditions météorologiques suivantes ont été observées à l'aéroport de Genève:

Vent	090°, 4 kt, de direction variant entre 350° à 120° durant les 10 dernières minutes.
Visibilité météorologique	12 km
Précipitations	Aucune
Nuages	Ciel dégagé
CAVOK	Visibilité météorologique : 10 km ou plus. Pas de nuage en dessous de 5000 ft ou en dessous de la plus haute *minimum sector altitude* (MSA), à Genève 10 000 ft au-dessus du niveau du sol (*above ground level* – AGL).

[4] FLX: *flexible temperature.* Température à laquelle la poussée requise correspondrait à la poussée maximale de décollage pour cette température.

	Pas de cumulonimbus (CB) ou de cumulus bourgeonnants (TCU). Pas de phénomène météorologique significatif
Température	13°C
Point de rosée	3°C
Pression atmosphérique	1028 hPa, pression réduite au niveau de la mer, calculée avec les valeurs de l'atmosphère standard de l'OACI.
Prévisions à court terme	Aucun changement significatif prévu dans les deux heures à venir

1.7.3 Données astronomiques

Position du soleil	Azimut : 202 °	Hauteur : 37 °
Conditions d'éclairage naturel	Jour	

1.7.4 Message ATIS de l'aéroport de Genève

A 12:31 UTC l'équipage a obtenu via ACARS[5] et imprimé l'information BRAVO de l'*Automatic Terminal Information service* (ATIS) :

„LSGG ARR ATIS B.
1220Z RWY IN USE 05, ILS APCH.
MET REPORT LSGG 1220.
WIND VRB, 1 KT.
CAVOK
T 13. DP 3.
QNH 1028.
NOSIG.
TRL 80."

En clair, cela signifie :

LSGG ARR ATIS B	Aéroport de Genève, information concernant l'arrivée, information ATIS code BRAVO
1220Z RWY IN USE 05, ILS APCH	12:20 UTC, piste en service 05, approche au moyen du système d'atterrissage aux instruments
MET REPORT LSGG 1220	Relevé météorologique de l'aéroport de Genève de 12:20 UTC
WIND VRB, 1 KT	Direction du vent : variable, vitesse 1 kt
CAVOK	Visibilité météorologique : 10 km ou plus. Pas de nuage en dessous de 5000 ft ou en dessous de la plus haute altitude minimale de secteur (*minimum sector altitude* - MSA), à Genève 10 000 ft AGL. Pas de cumulonimbus (CB) ou de cumulus bourgeonnants (TCU) à aucune altitude.

[5] ACARS *(aircraft communications addressing and reporting system)*: système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu.

	Pas de phénomène météorologique significatif
T 13 DP 3	Température 13 °C, point de rosée 3 °C
QNH	Pression atmosphérique 1028 hPa
NOSIG	Aucun changement significatif prévu dans les deux heures à venir

1.8 Aides à la navigation

Au moment de l'incident grave, aucune restriction ayant pu influer sur le vol de l'incident grave n'était publiée pour l'aéroport de Genève.

1.9 Communications

Les communications radiotéléphoniques se sont déroulées normalement et en anglais.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

1.10.1 Généralités

L'aéroport de Genève, deuxième aéroport de Suisse, est situé à l'extrémité ouest du pays, au pied du Jura, au nord-ouest de la ville de Genève. En 2013, un volume de trafic de plus de 188 000 mouvements et de 14 millions de passagers y ont été dénombrés.

L'altitude et la température de référence de l'aéroport sont respectivement 1411 ft AMSL et 24,8 °C.

1.10.2 Equipements et dimensions des pistes

L'aéroport de Genève a deux pistes parallèles: une piste en béton et une en gazon, située au nord de cette dernière, qui peuvent être utilisées dans les deux sens. La piste 23 est équipée d'un système d'atterrissage aux instruments (ILS) de catégorie II/III et la piste 05 d'un système de catégorie I. Leurs dimensions sont les suivantes :

Pistes	Dimensions	Altitudes des seuils de piste
05/23 piste en béton	3900 x 50 m	1411/1365 ft AMSL[6]
05/23 piste en gazon	823 x 30 m	Pas indiquée

Le seuil de piste 05 en béton est décalé de 330 m (*displaced threshold*). Au moment de l'incident grave, la distance utilisable à l'atterrissage de 3570 m était disponible.

1.10.3 Services de sauvetage et de lutte contre les incendies

Au moment de l'incident grave, l'aéroport de Genève était équipé de moyens de lutte contre l'incendie de catégorie 9. Le corps des sapeurs-pompiers de l'aéroport assure un service d'intervention permanent.

1.10.4 Profil de la piste

Durant l'approche, l'équipage de conduite a mentionné une bosse située dans la zone de toucher des roues (*touchdown zone*) de la piste 05.

[6] AMSL : *above mean sea level,* hauteur au-dessus du niveau moyen de la mer

Sur les premiers 330 m de piste, la pente est de 0,15 % et devient ensuite négative, variant de -0,50 % à -0,94 %.

Un changement de pente a donc lieu au seuil de piste décalé de la piste 05, puis un second à 505 mètres de ce dernier, dans la zone de toucher des roues qui, par définition, s'étend à Genève sur une distance de 900[7] mètres en partant du seuil de piste décalé.

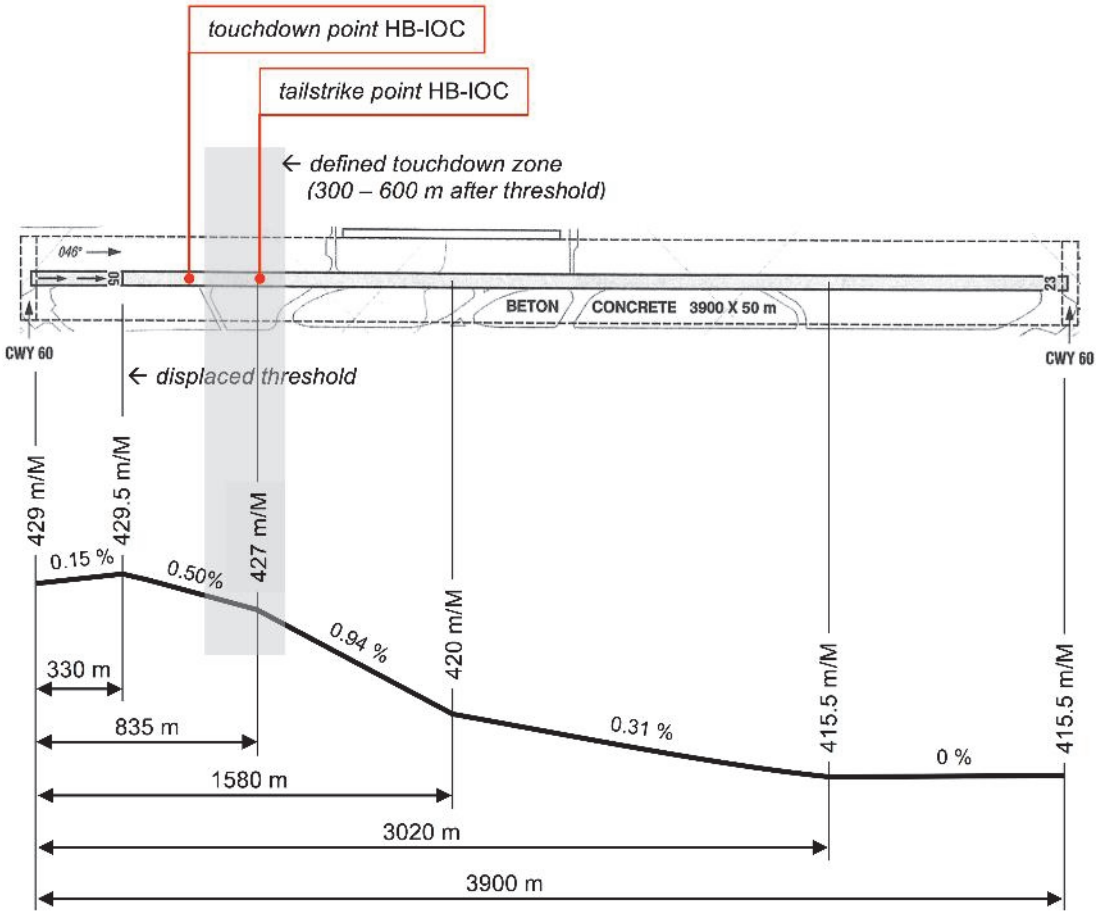


Figure 2: vue en plan (source: AIP Switzerland) et profil (source: service technique de l'aéroport de Genève) de la piste 05

1.11 Enregistreurs de bord

1.11.1 Enregistreur de données de vol

Type	SSFDR, F1000
Fabriquant	Fairchild
No. de série	*serial number* 00741; *part number* S800-3000-0
Nombre de paramètres	602
Système d'enregistrement	*solid state memory*
Durée d'enregistrement	Env. 60 heures

[7] Conformément à l'Annexe 14 Volume I de l'OACI Aérodromes. Le manuel d'exploitation OM A de l'entreprise de transport aérien définit le toucher des roues au chapitre 8.4.6.7 *„Touchdown",* comme suit *: „The touchdown shall be accomplished at a distance of 300 m to 600 m from the landing threshold."*

Les éléments fournis par l'enregistreur numérique de données de vol (*digital flight data recorder* – DFDR) ont pu être exploités.

Les annexes 1 et 2 présentent les données pertinentes de l'incident grave sous forme de graphiques. Il convient de noter que chaque paramètre a été enregistré à des fréquences temporelles différentes :

- Entrées du mini-manche latéral droit: 4 fois par seconde
- Assiette longitudinale de vol: 4 fois par seconde
- Facteurs de charge: 8 fois par seconde
- *Déporteurs sol:* rentrée/déploiement 2 fois par seconde, positionnement angulaire 1 fois par seconde
- Position des manettes de poussée: 1 fois par seconde, décalage d'une demi-seconde entre les manettes gauche et droite
- Radioaltimètres (*radio altitude*): 1 fois par seconde, en alternance entre les radioaltimètres 1 et 2.

Les données enregistrées quatre, respectivement huit fois par seconde sont temporellement très précises. En revanche, les données enregistrées une fois par seconde restent dans l'incertitude relativement importante de cette valeur.

L'enregistrement de la position des manettes de poussée présente un décalage d'une demi-seconde et il est possible que, contrairement à ce qui est indiqué sur le graphique (points 6 et 8 annexe 1), elles aient été amenées parallèlement et rapidement à la position TOGA.

1.11.2 Enregistreur de conversation de poste de pilotage

Type	SSCVR, A200S
Fabriquant	Fairchild
No. de série	*serial number* 02429; *part number* S200-0012-00
Nombre de paramètres	6
Système d'enregistrement	*solid state memory*
Durée d'enregistrement	2 heures (2 canaux) ; 30 min. (4 canaux)

Les six canaux de l'enregistreur des conversations du poste de pilotage (*cockpit voice recorder* – CVR) ont pu être exploités pour l'enquête.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Sans objet

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Rien n'indique que les pilotes aient eu des problèmes de santé ou aient été fatigués.

1.14 Incendie

Sans objet

1.15 Questions de survie

A l'atterrissage, le facteur de charge maximal enregistré a été de 1,4 g, inférieure donc à 2.6 g, valeur à partir de laquelle le constructeur définit un atterrissage

comme étant « dur » et pour lequel des contrôles techniques sont requis (cf. chapitre 1.17.1.7). Le bouclier de pressurisation arrière n'a pas été endommagé lors du contact du fuselage avec la piste. L'équipage et les passagers n'ont à aucun moment été mis en danger.

1.16 Essais et recherches

Sans objet

1.17 Renseignements en matière d'organisation et de gestion

1.17.1 Entreprise de transport aérien

1.17.1.1 Généralités

L'entreprise de transport aérien définit les procédures d'exploitation (*operating procedures*) pour les équipages dans différents manuels d'exploitation (*operations manual* – OM), tels que l'OM A et l'OM B. Le premier contient les procédures d'exploitation générales, le manuel OM B, ou plus spécifiquement le *flight crew operating manual* (FCOM), définit les procédures spécifiques au type d'aéronef A321; elles réfèrent au manuel d'utilisation de l'aéronef pour les équipages de conduite (*flight crew operating* manual - FCOM). L'entreprise de transport aérien mentionne en introduction dans le FCOM que: *„In accordance with EU-OPS 1.130, the FCOM contains all relevant information published in the Aircraft Flight Manual."*

Le manuel d'entraînement de l'équipage de conduite (*flight crew training manual* - FCTM), qui contient des informations pratiques au sujet de la manière d'opérer l'aéronef et des procédures d'exploitation, est un supplément au FCOM. En introduction, l'entreprise de transport aérien stipule à ce propos dans le FCTM notamment que: *„The Flight Crew Training Manual* (*FCTM*) *is published as a supplement to the Operations Manual Part B* (*OM-B*) *and is designed to provide pilots with practical information on how to operate the Airbus aircraft. It should be read in conjunction with the OM-B. If there is any conflicting information, the OM-B is the overriding reference.*

SWISS training policy may be different for some sections. If this is the case, the SWISS training policy is the overriding authority."

Le manuel de référence rapide QRH du constructeur est utilisé entre autres pour les tâches quotidiennes des équipages. Il est le seul manuel à disposition de l'équipage de conduite sur support papier, les autres étant des documents sous forme électronique.

Les éléments indiqués ci-dessous réunissent les extraits relevants des manuels d'utilisation mentionné auparavant liés à cet incident grave.

1.17.1.2 Procédures d'exploitation – généralités

Pour la phase finale de l'approche, la copilote a déclenché le pilote automatique et l'auto poussée. A ce sujet, le chapitre 8.3 *„Flight Procedures"* de l'OM A indique [en gras dans la version originale]:

„8.3.18 Use of autopilot and autothrottle

8.3.18.1 Use of autopilot

Flight without autopilot is permitted in VMC[8] and IMC[9] provided that:

[8] VMC: *visual meteorological conditions*; conditions météorologiques de vol à vue

[9] IMC: *instrument meteorological conditions*; conditions météorologiques de vol aux instruments

- *The PF keeps his attention constantly on the primary flight instruments and natural horizon if available. Whenever the PF has to divert his attention to other equipment the autopilot shall be engaged within its technical limitations.*

With the autopilot engaged the following applies:

- *The PF shall constantly monitor the autopilot mode and performance as well as the primary flight instruments. Whenever he has to divert his attention a verbal handover of controls to the other pilot shall be performed.*

8.3.18.2 Use of autothrottle

The autothrottle shall be engaged in the appropriate mode at all times if technically available. Deviations/exceptions are regulated in the OM B.

8.3.18.3 Flight without autopilot/autothrottle

Flight without autopilot/autothrottle is permitted according to MEL[10] (*refer to OM B*). *However specific flight/cabin crew procedures must be established and a briefing performed prior to flight."*

Comme aide à la décision pour une remise des gaz, il est écrit au point 8.4.5.1 *„General"* du chapitre 8.4.5 *„Missed Approach"* :

„The decision to initiate a missed approach procedure may be taken by either pilot and must be clearly announced: "go-around".

Normally no control change takes place and the missed approach is flown by the PF.

Once the decision to perform a missed approach has been taken, it shall not be reversed."

Concernant la remise des gaz en configuration d'atterrissage, il est spécifié [en gras dans la version originale]:

„8.4.5.3 Missed approach in landing configuration (balked landing)

If the pilot suspects that for one or more reasons a safe landing is no longer guaranteed, a missed approach shall be initiated as long as practicable. Reaction of the engines (*spin-up*), *speed, pitch attitude and climb path to be followed must be considered carefully."*

L'équipage de conduite a déclaré avoir reçu l'autorisation d'atterrir relativement tard étant donné qu'un autre appareil se trouvait encore sur la piste.

Au sujet de la séparation des trafics en phase d'approche, le manuel OM A mentionne au chapitre 8.4.6.2 *„Landing sequence"*[en gras dans la version originale]:

„For approach and landing, ATC provides a longitudinal separation of 2.5 to 7 NM depending on wake turbulence category (*super/heavy/medium*) *in approach sequence as described in OM A § 8.3.9.4.*

When the preceding aircraft still occupies the runway, ATC[11] *issues a landing clearance only if local rules so permit.*

ATC considers landing under these circumstances safe if:

- *No problems are to be expected on landing due to runway conditions;*
- *daylight only;*

[10] MEL: *minimum equipment list*

[11] ATC: *air traffic control*

- *a preceding landing aircraft has landed and has passed a point at least 2'400 m from the threshold of the runway, is in motion and will vacate the runway without backtracking;*
- *the visual conditions are such, that the preceding aircraft can be seen by the landing crew.*

Note: *The decision to accept such a landing clearance lies with the CMD[12]."*

1.17.1.3 Procédures d'exploitation spécifiques à l'avion

Dans le manuel OM-B, plus spécifiquement dans le FCOM, au chapitre *„Procedures, Normal Operation, Standard Operating Procedures",* valable pour tous les A321, au sujet de l'auto poussée il est écrit :

USE OF A/THR SYSTEM

Ident.: PRO-NOR-SOP-01-01.01-01.01.06-90000215.9000212 / 29 MAR 12
Applicable to: ALL

- Generally the A/THR is expected to fly the managed or selected speeds within certain tolerances (ref speed definitions *Refer to PRO-SUP-10 General*). If the A/THR does not behave as expected, it shall be switched off in time.
- Compulsory use: Whenever AP is engaged. (Exception: A/THR not available)
- For manually flown approaches, manual thrust may be used.

Figure 3: utilisation du système de l'auto poussée (extrait du FCOM)

Pour l'approche interrompue, l'information suivante est donnée :

Missed Approach

General

GENERAL

Ident.: PRO-NOR-SOP-01-01.06-01.06.01-90000331.9000332 / 29 MAR 12
Applicable to: ALL

- Once the decision to execute a missed approach has been made a positive rate of climb must be established as rapidly as possible in order to reduce altitude loss to a minimum. This calls for simultaneous thrust increase and nose-up rotation.
- The wings should be kept level during the initial phase.
- Commanded airspeed during GA will be VAPP or the A/C speed at go-around initiation, whichever is higher.

z

Figure 4: informations générales relatives à l'approche interrompue (extrait du FCOM)

[12] CMD: *commander*

Concernant la répartition des tâches lors d'une remise des gaz il est mentionné:

Missed Approach

Task Sharing during Go Around

TASK SHARING DURING GO AROUND

Ident.: PRO-NOR-SOP-01-01.06-01.06.02-90000326.9000328 / 29 MAR 12
Applicable to: ALL

THE PF SHALL	THE PNF SHALL
Move the thrust levers to TOGA position	
Order: **"Go-around** **Thrust** **Flaps 1 step"**	Check that TOGA thrust is achieved. Select flaps 1 step up
Monitor rotation in AUTO GA or rotate the aircraft to 15 ° ANU initially in MAN GA.	
When positive ROC is established, order: **"Gear up"**	After positive ROC is checked, select gear up.
Follow FD pitch bar in SRS-mode.	Monitor pitch
	Call out **"Flaps 3/2"** Check speed brakes are retracted
Monitor automatic NAV engagement or order **"Select HDG ..."**	Select HDG according to order. Cross check Navigation.
At thrust reduction / acceleration altitude select Climb thrust and check that - A/THR engages and Target speed becomes GREEN DOT. *Note: If target speed does not become GREEN DOT, select OP CLB.*	Cross check engagement of A/THR. Cross check vertical profile (acceleration, target speed).
Accelerate aircraft to $V_{GREEN\ DOT}$ or restricting speed. Order clean up as appropriate (Config. change from flaps 3 to flaps 1 is done in one step). If required, partial clean up to flaps 2 or 1 is possible.	

Figure 5: informations concernant la répartition des tâches lors de la remise des gaz (extrait du FCOM)

le sous-chapitre *„Abnormal Call-Outs"* du chapitre *„General Operational Principles"* mentionne:

GO-AROUND

EVENT / ABNORMAL CONDITION	CALL-OUT
- * AP off in FMA: Both AP's disengaged	"AUTOPILOT OFF"
- Engine thrust too low	"THRUST"
- A/THR lost	"MANUAL THRUST"
- Aircraft configuration not according GA schedule	"FLAPS" or "GEAR"
- Pitch attitude too low or too high	"PITCH"
- Abnormal bank attitude	"BANK"

Continued on the following page

Continued from the previous page

EVENT / ABNORMAL CONDITION	CALL-OUT
- Heading deviation	"HEADING"
- Speed dropping below V_{GA}	"SPEED"

Figure 6: annonces en situation anormale en cas de remise des gaz (extrait du FCOM); V_{GA} = vitesse minimale prévue pour la remise des gaz.

1.17.1.4 Procédures d'exploitation figurant dans le manuel d'entraînement de l'équipage de conduite

Le FCTM, valable pour tous les modèles d'Airbus (A318/A319/A320/A321), mentionne ce qui suit concernant l'utilisation de l'auto poussée:

*„**A/THR USE - SUMMARY***

Use of A/THR is recommended during the entire flight.

It may be used in most failures cases, including:

- *Engine failure, even during autoland*
- *Abnormal configurations"*

Par ailleurs, au chapitre *„Landing"*, les valeurs suivantes sont données concernant les assiettes longitudinales correspondant à la garde au toucher des roues (*clearance at touchdown*):

CLEARANCE AT TOUCH DOWN

Ident.: NO-170-00005587.0005001 / 26 MAR 08
Criteria: 321-100
Applicable to: ALL 321-111

Geometry limit at touch down	Pitch attitude at VAPP(Vref +5 kt) (1)	Pitch attitude at touch down	Clearance (2)
11.2 °	2.4 °	6.6 °	4.6 °

(1) *Flight path in approach: -3 °*
(2) *Clearance = geometry limit - pitch attitude at touch down*

CLEARANCE AT TOUCH DOWN

Ident.: NO-170-00005587.0006001 / 26 MAR 08
Criteria: 321-200
Applicable to: ALL 321-212

Geometry limit at touch down	Pitch attitude at VAPP(Vref +5 kt) (1)	Pitch attitude at touch down	Clearance (2)
10.8 °	2.4 °	6.6 °	4.2 °

(1) *Flight path in approach:-3 °*
(2) *Clearance = geometry limit - pitch attitude at touch down*

Figure 7: assiettes longitudinales correspondant à la garde au toucher des roues (extrait du FCOM)

Le chapitre *„Tail Strike Avoidance"* traite le sujet du toucher de fuselage et explique comment l'éviter et réagir en cas de rebond à l'atterrissage (*bounced landings*). Il est mentionné [en gras dans la version originale]:

„Although most of tailstrikes are due to deviations from normal landing techniques, some are associated with external conditions such as turbulence and wind gradient.

DEVIATION FROM NORMAL TECHNIQUES

Deviations from normal landing techniques are the most common causes of tailstrikes. The main reasons for this are due to:

- *Allowing the speed to decrease well below VAPP13 before flare*
  Flying at too low speed means high angle of attack and high pitch attitude, thus reducing ground clearance. When reaching the flare height, the pilot will have to significantly increase the pitch attitude to reduce the sink rate. This may cause the pitch to go beyond the critical angle.
- *Prolonged hold off for a smooth touchdown*
  As the pitch increases, the pilot needs to focus further ahead to assess the aircraft's position in relation to the ground. The attitude and distance relationship can lead to a pitch attitude increase beyond the critical angle.
- *Too high flare*
  A high flare can result in a combined decrease in airspeed and a long float. Since both lead to an increase in pitch attitude, the result is reduced tail clearance.
- *Too high sink rate, just prior reaching the flare height*
  In case of too high sink rate close to the ground, the pilot may attempt to avoid a firm touchdown by commanding a high pitch rate. This action will significantly increase the pitch attitude and, as the resulting lift increase may be insufficient to significantly reduce the sink rate, the high pitch rate may be difficult to control after touchdown, particularly in case of bounce.
- *Bouncing at touchdown*
  In case of bouncing at touchdown, the pilot may be tempted to increase the pitch attitude to ensure a smooth second touchdown. If the bounce results from a firm touchdown, associated with high pitch rate, it is important to control the pitch so that it does not further increase beyond the critical angle.

BOUNCING AT TOUCHDOWN

In case of light bounce, maintain the pitch attitude and complete the landing, while keeping the thrust at idle. Do not allow the pitch attitude to increase, particularly following a firm touchdown with a high pitch rate. In case of high bounce, maintain the pitch attitude and initiate a go-around. Do not try to avoid a second touchdown during the go-around. Should it happen, it would be soft enough to prevent damage to the aircraft, if pitch attitude is maintained."

Au chapitre suivant *„Consideration about go-around"* (NO-180), il est indiqué [en gras dans la version originale]:

*„**GO-AROUND NEAR THE GROUND***

If the PF initiates a go-around, the flight crew must complete the go-around maneuver. The PF must not initiate a go-around after the selection of the thrust reversers.

If the flight crew performs a go-around near the ground, they should take into account the following:

- *The PF should avoid excessive rotation rate, in order to prevent a tailstrike*
- *A temporary landing gear contact with the runway is acceptable. For more information Refer to NO-170 TAIL STRIKE AVOIDANCE*
- *In the case of bounce, the flight crew must consider delaying flap retraction*
- *The PF should order landing gear retraction when the aircraft reaches and maintains positive climb with no possibility of subsequent touchdown.*

[13] VAPP: vitesse d'approche finale

<u>Note</u>: *If the aircraft is on the runway and in FULL configuration when the PF applies TOGA thrust, a CONFIG FLAPS NOT IN T.O CONFIG ECAM alert is triggered. The flight crew should disregard this alert."*

Au chapitre *„Takeoff"* (NO-50), le thème du toucher de fuselage, particulièrement sensible sur l'A321,est traité dans le cadre de la description de la rotation au décollage. Entre autre il est écrit :

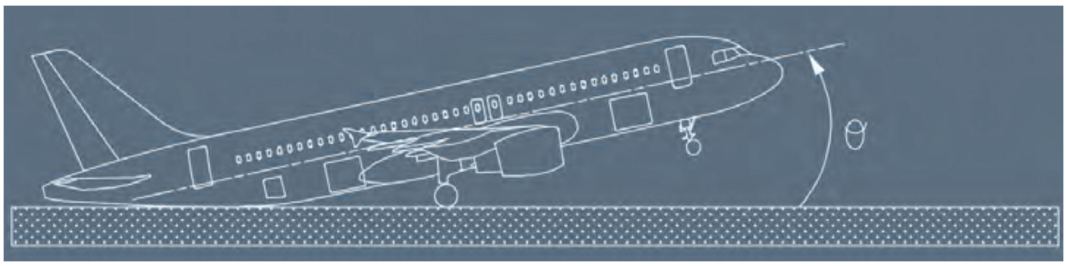
„Initiate the rotation with a smooth positive backward sidestick input (*typically 1/3 to 1/2 backstick*). *Avoid aggressive and sharp inputs.*

The initial rotation rate is about 3 °/s. Avoid low rotation rates as this will have an impact on takeoff performance by increasing the takeoff ground run. Rotation rates between 2 °/s and 3 °/s will have a minimal impact on takeoff run but rates significantly below 2 °/s should be avoided.

If the established pitch rate is not satisfactory, the pilot must make smooth corrections on the stick. He must avoid rapid and large corrections, which cause sharp reaction in pitch from the aircraft. If, to increase the rotation rate, a further and late aft sidestick input is made around the time of lift-off, the possibility of tailstrike increases significantly on A321.

During rotation, the crew must not chase the FD pitch bar, since it does not give any pitch rate order, and might lead to overreaction."

Par analogie au chapitre *„Landing"*, le chapitre relatif au décollage traite de l'influence de la géométrie de l'avion quant au toucher de fuselage. Les assiettes longitudinales limites correspondant à la garde au toucher des roues suivantes pour différents types d'Airbus sont données dans le FCOM et dans le FCTM :



	PITCH ATTITUDE θ			
MAIN GEAR OLEO POSITION	A318	A319	A320	A321
FULLY EXTENDED	17.3 °	15.5 °	13.5 °	11.2 °
FULLY COMPRESSED	15.7 °	13.9 °	11.7 °	9.7 °

Figure 8: assiettes longitudinales limites (extrait du FCOM)

Ident.: NO-050-00005481.0005001 / 26 MAR 08
Criteria: 321-200, 321-100
Applicable to: ALL 321

Tail strike pitch attitude	
L/G compressed	L/G extended
9.7 °	11.2 °

TAIL STRIKE AVOIDANCE

Ident.: NO-050-00005482.0001001 / 26 MAR 08
Applicable to: ALL

INTRODUCTION

If tailstrike it is not a concern for the A318, the importance of this subject increases as fuselage length increases. Therefore, it is particularly important for A321 operators.

Figure 9: notices explicatives pour la prévention des touchers de fuselage (extrait du FCTM); L/G signifie *landing gear*.

Le FCTM fournit les informations suivantes concernant la remise des gaz en dessous de l'altitude/hauteur minimale de descente, après le toucher des roues :

REJECTED LANDING

Ident.: NO-180-00005598.0001001 / 24 APR 08
Applicable to: ALL

A rejected landing is defined as a go-around manoeuvre initiated below the minima.
Once the decision is made to reject the landing, the flight crew must be committed to proceed with the go-around manoeuvre and not be tempted to retard the thrust levers in a late decision to complete the landing.
TOGA thrust must be applied but a delayed flap retraction should be considered. If the aircraft is on the runway when thrust is applied, a CONFIG warning will be generated if the flaps are in conf full.
The landing gear should be retracted when a positive climb is established with no risk of further touch down. Climb out as for a standard go-around.
In any case, if reverse thrust has been applied, a full stop landing must be completed.

Figure 10: Informations concernant l'atterrissage interrompu (extrait du FCTM)

1.17.1.5 Procédure d'utilisation de l'aéronef en situations anormales : toucher de fuselage

Si, à la suite d'un décollage ou d'une remise des gaz, l'équipage de conduite réalise qu'un toucher de fuselage a eu lieu, il doit suivre la procédure „TAILSTRIKE" du manuel de référence rapide FCTM :

„ACTION IN CASE OF TAILSTRIKE

If a tailstrike occurs at takeoff, flight at attitude requiring a pressurized cabin must be avoided and a return to the originating airport should be performed for damage assessment."

Cette instruction procédure est précisée comme il suit à l'aide d'une procédure publiée dans le FCOM:

TAILSTRIKE
Applicable to: ALL
In the event of a tailstrike, apply the following procedure:
LAND ASAP
MAX FL.....100 or MSA
500 ft/min should be targeted for the climb, to minimize pressure changes, and for passenger and crew comfort. Similarly, the rate of descent must be limited to about 1 000 ft/min, except for the final approach that must be performed normally.
Notify the ATC of the aircraft's rate of climb.
RAM AIR..... ON
PACK 1 and 2.....OFF

Figure 11: procédure à suivre après un toucher de queue (extrait du FCOM); les mêmes informations se trouvent également dans le QRH

1.17.1.6 Entraînement aux atterrissages

Selon l'entreprise de transport aérien, les remises des gaz à faible hauteur *„low go-around"* sont entraînées pendant la formation, en simulateur et lors de l'entraînement „*base flight training*". Lors de ce dernier, au cours duquel sont effectués au moins 12 atterrissages, les *déporteurs sol* sont également armés pour un posé-décollé („*touch and go*") afin d'entraîner la dérotation.

L'entreprise de transport aérien mentionne en outre que lors des exercices de *„low go-around"*, le fait que les manettes de poussée soient avancées en position TOGA avant le toucher des roues prévient le déploiement des déporteurs sol.

Des exercices spécifiques concernant les situations de remise des gaz avec toucher des roues et déporteurs sol déployés, ne sont pas prévus.

1.17.1.7 Définition d'un atterrissage dur

Contrairement au commandant de bord, la copilote a jugé l'atterrissage comme étant anormalement dur et a eu l'impression que l'avion a rebondi pendant un court instant; en conséquence, elle a effectué une remise des gaz.

L'analyse des données de vol révèle que la valeur du facteur de charge la plus élevée a été de 1,4 g au moment ou le taux de descente le *radio altitude rate* était de 3 ft/sec (cf. annexes 1 et 2).

Ces valeurs sont nettement inférieures à celles qui définissent un atterrissage dur.

Le FCOM fournit les informations suivantes au sujet de l'„atterrissage dur":

HARD / OVERWEIGHT LANDING REPORT

Ident.: PRO-SUP-80-90000868.9001185 / 29 MAR 12
Applicable to: ALL

A "LAND REPORT" is implemented in the ADAS system. This report stores the parameters of the last 10 landings and can be consulted if a hard landing is suspected, but no automatic LOAD REPORT has been generated.
The LAND REPORT is accessed as follows:
MCDU MENU > AIDS > STORED REPORTS> 39: LAND REPORT.
If a hard landing occurs, an automatic printout will be generated. This gives an objective statement of the respective situation. The triggers have been fixed to the following values:

HARD LANDING

- Vertical acceleration of more than 2.6 g. OR
- Corrected radio altitude rate of more than 10 ft/sec.

OVERWEIGHT LANDING

- Vertical acceleration of more than 1.7 g. OR
- Corrected radio altitude rate of more than 6 ft/sec.

Figure 12: Informations relatives à l'« atterrissage dur » (extrait du FCOM)

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Aspects relatifs au toucher de fuselage

Le toucher de fuselage est un type d'incident/accident connu des entreprises de transport aérien et du constructeur. Afin d'en réduire la survenue, ce dernier a mis à disposition une mise à jour du logiciel de l'calculateur de commande de vol et plusieurs entreprises de transport aérien ont publié une procédure s'y rapportant.

1.18.1.1 Mesures prises par le constructeur

Afin d'éviter une assiette longitudinale trop importante à l'atterrissage pouvant provoquer le toucher de fuselage, le constructeur a modifié en 2008 la logique du *flare mode* de l'ELAC et fournit une mise à jour de son logiciel. Il s'agit des standard L84 et L93, selon le type de calculateur installé, dont une description est publiée dans le numéro 6 d'*Airbus Safety Magazine* de juillet 2008.

Lorsque les déporteurs sol se déploient, la nouvelle logique limite l'assiette longitudinale (*pitch*) en fonction de son taux (*pitch rate change*). Comme le montre la figure 13, pour l'Airbus A321, la valeur maximale de l'assiette longitudinale est limitée à 7° avec un *pitch rate change* inférieur à 3 °/s et à 4° avec un *pitch rate change* supérieur à 3 °/s. Lors de l'incident grave le *pitch rate change* le plus important, *déporteurs sol* sortis, était de 4.2 °/s, soit supérieur à 3 °/s (cf. annexe 1).

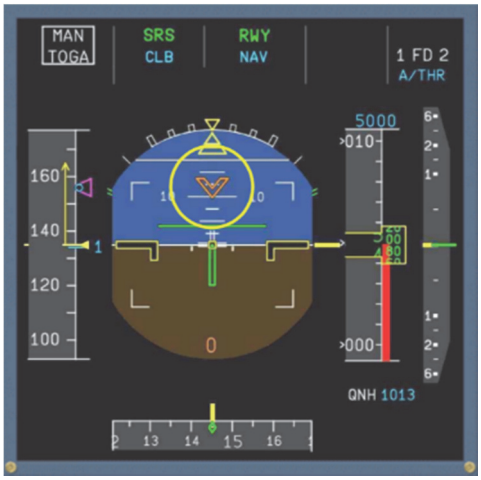
Pitch rate change		
< 3°/s		>3°/s
A320	9°	6°
A321	7°	4°

This limitation is triggered by the ground spoiler extension, thus ensuring that it will be active only during landing. It is therefore deactivated during the take off and go-around phases.

Figure 13: extrait de *Safety First – The Airbus Safety Magazine, Issue #6, July 2008, A320 / Prevention of tailstrikes*, page 20

Afin de sensibiliser les pilotes au phénomène du toucher de fuselage, les deux modifications suivantes ont été développées: Une indication d'assiette longitudinale limite (*pitch limit indicator*) apparaissant à l'atterrissage sur le PFD en dessous

de 400 ft AGL, les manettes de poussée étant en deça de la position FLX/MCT[14] et l'alarme parlée *„pitch, pitch"* activée à partir d'une certaine valeur seuil de l'assiette longitudinale lorsque les manettes de poussée ne sont pas en position TOGA.



pitch limit indicator (entouré de jaune)

Figure 14: PFD avec représentation du *pitch limit indicator* (extrait des *Airbus Flight Operations Briefing Notes, Landing Techniques, Preventing Tailstrikes at Landing*)

Au moment où l'incident grave s'est déroulé, l'entreprise de transport aérien avait installé sur ses Airbus A321 les logiciels standard L82 et EIS1 V60, qui ne comprenaient pas les modifications susmentionnées.

[14] MCT = *maximum continuous thrust :* poussée maximale, exploitable en vol sans limite de temps

1.18.1.2 Mesures prises par différentes entreprises de transport aérien

Plusieurs entreprises de transport aérien ont établi une procédure en vue de prévenir les touchers de fuselage lors d'une remise des gaz.

Par exemple, une entreprise de transport aérien exploitant des A320 utilise une telle procédure sous le titre *„Rejected Landing/TOGA 10"* [en gras dans la version originale]:

„For a late Go-around when ground contact is possible, or in case of a high bounce, PF must routinely:

- *Apply TOGA*
- *Pitch up initially to 10 degrees*
- *Announce **„TOGA 10"***

Note: ***No flap retraction is made when 'TOGA 10' is announced by PF.***

When the aircraft is safely clear of the ground with no risk of contact:

- *PF will announce „GO-AROUND – FLAPS".*
- *Proceed as for normal Go-around.*

Note: ***Below 50 ft, due to Flight Control Law, TOGA power may provide a pitch up effect."***

La procédure définit une assiette longitudinale de 10° comme valeur cible.

Pour les A320, le fuselage touche le sol lorsque le train d'atterrissage principal est comprimé (*compressed*) et l'assiette longitudinale atteint 11,7° (cf. Figures 8 et 9, chapitre 1.17.4).

Une autre entreprise de transport aérien exploitant des A321, a introduit une procédure „TOGA 7" similaire à la procédure „TOGA 10" susmentionnée avec cette fois une valeur cible de l'assiette longitudinale de 7° (*„pitch up initially to 7 degrees*"), le fuselage du A321 touchant le sol à une assiette longitudinale de 9,7 degrés lorsque le train principal est comprimé (cf. Figures 8 et 9, chapitre 1.17.4).

1.19 Techniques d'investigation utiles ou efficaces

Sans objet

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

L'enquête n'a révélé aucune défectuosité ayant pu provoquer l'incident grave ou y contribuer.

La mise à jour des logiciels des calculateurs ELAC (voir chapitre 1.18.1.1) qui, selon le constructeur, doit prévenir le toucher de fuselage lors de l'atterrissage, n'avait pas été effectuée sur l'avion HB-IOC. Dans le cadre de l'enquête il n'est pas possible d'affirmer si cette mise à jour et les deux modifications auraient permis d'éviter le toucher de fuselage ou au moins d'accroître la vigilance de l'équipage de conduite. En effet, comme le décrit *The Airbus Safety Magazine*, cette mise à jour a été développée uniquement dans le but d'éviter une assiette longitudinale trop élevée après le toucher des roues et le déploiement des déporteurs sol. Par ailleurs, compte tenu de la variabilité temporelle des intervalles d'enregistrements des différents paramètres (cf. chapitre 1.11.1), il n'est pas possible de se prononcer sur les événements qui se produisent en moins d'une seconde.

Le constructeur arrive à la même conclusion mais pour d'autres raisons. Sur la base d'une analyse des données enregistrées et d'une simulation, il déduit que la mise à jour du logiciel des ELAC aurait réduit efficacement le changement de l'assiette longitudinale (pitch rate) induit par le brusque mouvement du mini manche de manière significative (réduction du pitch rate par 3), limitant ainsi le risque d'un toucher de fuselage. Comme il n'est pas possible de prévoir quel aurait été la réaction du copilote suite à l'activation de cette fonction, même s'il s'agit d'une action à cabrer « réflexe » et brève rendant l'hypothèse d'un maintien d'une action à cabrer prolongé peu probable, il n'est pas possible de conclure de manière absolue à la prévention du toucher de queue par la fonction introduite dans l'ELAC.

2.2 Facteurs humains et opérationnels

2.2.1 Équipage de conduite

Selon les enregistrements des conversations du poste de pilotage, la copilote a traité dans son briefing d'approche tous les points marquants, bien qu'elle ait été interrompue à plusieurs reprises. Elle a décidé d'effectuer l'approche sans auto poussée ce qui est conforme au FCOM, mais pas à l' OM A (cf. chapitres 1.17.2 et 1.17.3). Une telle approche requiert des capacités supplémentaires. Les enregistrements montrent que l'approche était stable en vitesse et que les alignements de piste (*localizer)* et de descente *(glidepath tracking)* étaient correctement suivis.

L'autorisation d'atterrir a été donnée relativement tard. Les enregistrements des conversations du poste de pilotage révèlent qu'une tension perceptible régnait au sein de l'équipage de conduite en raison de l'avion qui les précédait, en voie de quitter la piste. Cette tension est sensiblement retombée lorsqu'à 500 ft au-dessus du niveau du sol, l'autorisation d'atterrir a été donnée. Rien n'indique que cette autorisation tardive ait eu une influence sur l'atterrissage.

Il est plausible que le fait que l'atterrissage ait été ressenti comme dur par la copilote ait constitué le lien de cause à effet à l'origine de l'incident grave. Comme déclaré, elle n'avait encore jamais vécu une situation d'atterrissage dur. On peut donc attribuer à sa faible expérience sur Airbus le fait qu'elle ait ressenti l'accélération verticale de 1.4 g comme un rebond à l'atterrissage et qu'elle ait pris peur. Sa décision de remettre les gaz est donc compréhensible.

Comme déclaré, son action à cabrer sur le mini-manche latéral a été provoquée par la frayeur. Les enregistrements des données de vol indiquent un mouvement de traction brusque vers le cran arrière.Dans cette phase de vol le gouvernail de profondeur répond proportionnellement à la commande du pilote (cf. chapitre

1.6.2.1). Le mini-manche a brusquement été tiré alors que les déporteurs sol étaient déjà sortis et que les manettes de poussée n'étaient pas encore en position TOGA. Ainsi, l'avion n'était pas encore en mesure de voler et la position en butée du mini-manche latéral a provoqué le toucher de fuselage. Dans le cas de remise des gaz lorsque l'avion est au sol ou à sa proximité, il est primordial de surveiller l'assiette longitudinale. Lors de l'incident grave, cette dernière a été augmentée de manière incontrôlée sans que la copilote n'en ait eu conscience.

Le commandant de bord qui agissait alors en qualité de PM n'a pas perçu immédiatement le mouvement brusque du mini-manche, étant donné que sur un Airbus les deux mini-manches peuvent être actionnés de manière indépendante. En raison de l'absence de feedback tactile, le PM n'a pas pu identifier à temps le mouvement du mini-manche et intervenir en conséquence. Dans une phase au cours de laquelle plusieurs indications visuelles doivent être contrôlées, le PM a uniquement été en mesure de constater que l'assiette longitudinale de l'avion était trop élevée suite au mouvement brusque du mini-manche. Cette assiette longitudinale trop élevée a été ignorée par l'équipage.

L'ordre„ *thrust, flaps one step"* qui a suivi l'annonce *„go-around"*, est intervenu pratiquement simultanément avec le lever des roues. Il était comforme à la procédure normale de remise des gaz, mais pas à celle qui s'applique selon le FCOM *„in the case of bounce, the flight crew must consider delaying flap retraction"* (cf. chapitre 1.17.4). Suite à cet ordre, le commandant a rentré par erreur les volets en position 2, au lieu de la position 3. Dans le cas présent, ceci n'a pas eu de conséquences.

Les enregistrements des conversations du poste de pilotage indiquent qu'après la remise des gaz le commandant de bord, de par son calme, a établi une atmosphère propice à la bonne exécution de la deuxième approche. Bien qu'il n'ait pas ressentit l'atterrissage comme dur et qu'il ait été surpris par la remise des gaz, conformément aux prescriptions de l'entreprise de transport aérien il n'a pas interféré dans la décision de la copilote.

La question du CCA concernant l'éventuel toucher de fuselage lors de la remise des gaz a provoqué une discussion entre les pilotes à ce sujet. Ils ont alors contacté le membre de l'équipage de cabine qui se trouvait dans la cuisine de bord arrière. Ce dernier a mentionné un bruit qu'il a attribué au déplacement d'un chariot de service. La suite de la discussion a été marquée par une incertitude quant à l'éventualité d'un toucher de fuselage. L'application de la procédure publiée à cet effet dans le QRH n'a pas été prise en considération, mais n'a pas porté à conséquence.

2.2.2 Entreprise de transport aérien

Les procédures d'exploitation de l'entreprise de transport aérien à disposition des équipages de conduite dans les manuels OM A, FCOM et FCTM sont détaillées et correspondent à celles du constructeur de l'avion. Les aspects du toucher de fuselage y sont largement abordés.

Les remises des gaz à faible hauteur sont entrainées au simulateur et lors de vols d'entraînement sans qu'il y soit prévu que les déporteurs sol se déploient en cas de toucher des roues. En revanche, l'entraînement à la remise des gaz porte sur le maintien d'une assiette longitudinale (*pitch*) de manière à éviter un toucher de fuselage.

2.2.3 Contrôle de la circulation aérienne

Le contrôleur de l'aire de trafic (*Apron Control*) remarque le toucher de fuselage (*tailstrike)* et signale l'incident au *Apron Control* (*Ground Movement Manager* – GMMA). Celui informe le contrôleur *Ground Control* du *tailstrike*. Ce dernier a fait

effectuer à un contrôle de piste. Ce qui fait état de l'application du principe de précaution en matière de sécurité.

Selon le superviseur en fonction, l'information concernant le toucher de fuselage a été transmise au contrôleur de la circulation aérienne en contact avec l'équipage de conduite de HB-IOC. Ce dernier s'est alors enquis auprès des pilotes si un toucher de fuselage avait eu lieu. Étant donné qu'il n'avait rien ressenti lors de la remise des gaz, l'équipage de conduite a répondu par la négative.

Le type de communication entre la navigation aérienne et l'équipage s'est donc avéré peu utile étant donné que l'élément principal, à savoir l'observation faite à l'extérieur, a été remplacé par une question. Cela a contribué au fait que l'équipage n'a pas pensé à un toucher de queue.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Aspects techniques

- L'appareil était admis à la circulation VFR/IFR.
- La masse et le centre de gravité se trouvaient au moment de l'incident grave dans les limites prescrites par le constructeur de l'avion.
- L'enquête n'a révélé aucune défectuosité technique ayant pu provoquer l'incident grave ou y contribuer.

3.1.2 Aspects humains

- Les pilotes étaient en possession des licences nécessaires pour le vol.
- Aucun élément n'indique qu'ils aient été affectés dans leur état de santé lors de la survenue l'incident grave.

3.1.3 Déroulement du vol

- Après les phases de montée et de croisière qui se sont déroulées normalement, la copilote a commencé le briefing d'approche à 12:36:08 UTC. Elle a mentionné le type d'aéronef et qu'elle effectuerait l'approche sans pilote automatique et sans auto poussée.
- L'appareil était établi sur le faisceau directeur du radiophare d'alignement de piste (*localizer*) et sur la trajectoire de descente (*glidepath*) lorsque la copilote a déclenché à 12:55:14 UTC le pilote automatique puis, quelques secondes plus tard, l'auto poussée.
- A 12:57:07 UTC l'équipage de conduite a été autorisé à atterrir. L'avion se trouvait alors à une altitude de 1900 ft QNH, donc à 500 ft au-dessus du niveau du sol.
- A 12:57:49 UTC, l'avion a pris contact avec le sol avec un facteur de charge maximum de 1.4 g. La copilote a eu l'impression que l'atterrissage était anormalement dur et a cru que l'avion a rebondi pendant un court instant.
- A 12:57:52 UTC, les déporteurs sol étaient déployés lorsque la copilote a tiré brusquement sur son mini-manche latéral jusqu'à la butée. A peine une seconde plus tard, elle a ordonné une remise des gaz et peu après a positionné les manettes de poussée sur TOGA, tandis que le fuselage de l'appareil touchait la piste.
- A 12:57:55 UTC l'avion a quitté le sol tandis que la copilote donnait l'ordre *„thrust, flaps one step"*. L'équipage de conduite a ensuite informé le contrôle de la circulation aérienne de la remise des gaz.
- Le toucher de fuselage a été observé par un collaborateur du *Apron Control* qui a informé Skyguide ; toutefois ce service n'a pas transmis cette observation à l'équipage de conduite.
- Les pilotes se sont enquis auprès d'un membre du personnel de cabine qui se trouvait dans la cuisine arrière. Ce dernier a mentionné un bruit qu'il a attribué au déplacement d'un chariot de service.
- La deuxième approche s'est déroulée sans incident et l'avion s'est posé sur la piste 05 à 13:16:40 UTC.

- A 13:20:38 UTC, alors que l'avion se dirige vers son poste de stationnement, le CCA *ground* informe l'équipage de conduite qu'un contact de la queue de leur appareil avec le sol a été observé lors de la remise des gaz.

3.1.4 Aspects opérationnels

- L'autorisation d'atterrir a été octroyée relativement tard. L'avion se trouvait alors à une hauteur de 500 ft au-dessus du niveau du sol.
- La mise à jour des logiciels des calculateurs de commande de vol, réduisant le risque de toucher de fuselage, n'avait pas été effectuée sur l'avion HB-IOC.
- Les conditions météorologiques n'ont pas joué de rôle dans l'incident grave.

3.2 Causes

L'incident grave est dû au toucher de fuselage, provoqué par une action brusque à cabrer jusqu'en butée sur le mini-manche latéral par la pilote en fonction, lors d'une remise des gaz effectuée après le toucher des roues à l'atterrissage.

Les éléments suivants ont contribué à l'incident grave :

- En raison de sa faible expérience, la pilote en fonction a cru que l'avion avait rebondit à l'atterrissage.
- En raison de l'absence de feedback tactile dû au fait que les deux mini-manches ne sont pas synchronisés, le PM n'a pas pu identifier à temps le brusque mouvement du mini-manche.
- L'équipage de conduite n'a pas détecté l'assiette longitudinale trop élevée.

Même s'il n'est pas lié à la cause de l'incident grave, l'enquête a mis en évidence la lacune sécurité suivante (*factor to risk*) :

- Le service de navigation aérienne n'a pas informé l'équipage de conduite du fait que le *tailstrike* a été observé lors de la remise des gaz.

4 Recommandations de sécurité avis concernant la sécurité et mesures prises après l'incident grave

4.1 Recommandations de sécurité

Aucune

4.2 Avis concernant la sécurité

Aucun

4.3 Mesures prises après l'incident grave

Dans un courrier du 2 octobre 2015, l'entreprise de transport aérien a informé que suite à cet incident grave, elle avait inclus un exercice en simulateur pour la préparation des pilotes au *base flight training*: il consiste à effectuer avec un instructeur de vol une à deux interruptions d'atterrissage avec un éventuel toucher des roues, mais sans nécessairement le déploiement des déporteurs sol.

Dans un autre courrier du 26 août, l'entreprise de transport aérien a informé des mesures suivantes: *„En outre, depuis la survenue de l'incident grave, le thème « Balked Landing » a été intégré dans le « Base Flight Training Guide » en vue de le compléter et le « Balked Landing Training » a été intégré dans plusieurs cours de formation sur la flotte d'Airbus. L'entraînement a ainsi lieu périodiquement sur simulateur dans le cadre du Recurrent Training ainsi que lors des différents exercices effectués pendant les cours de transition sur A32X-A330 et sur A330-A340 (Cross Crew Qualification / CCQ)".*

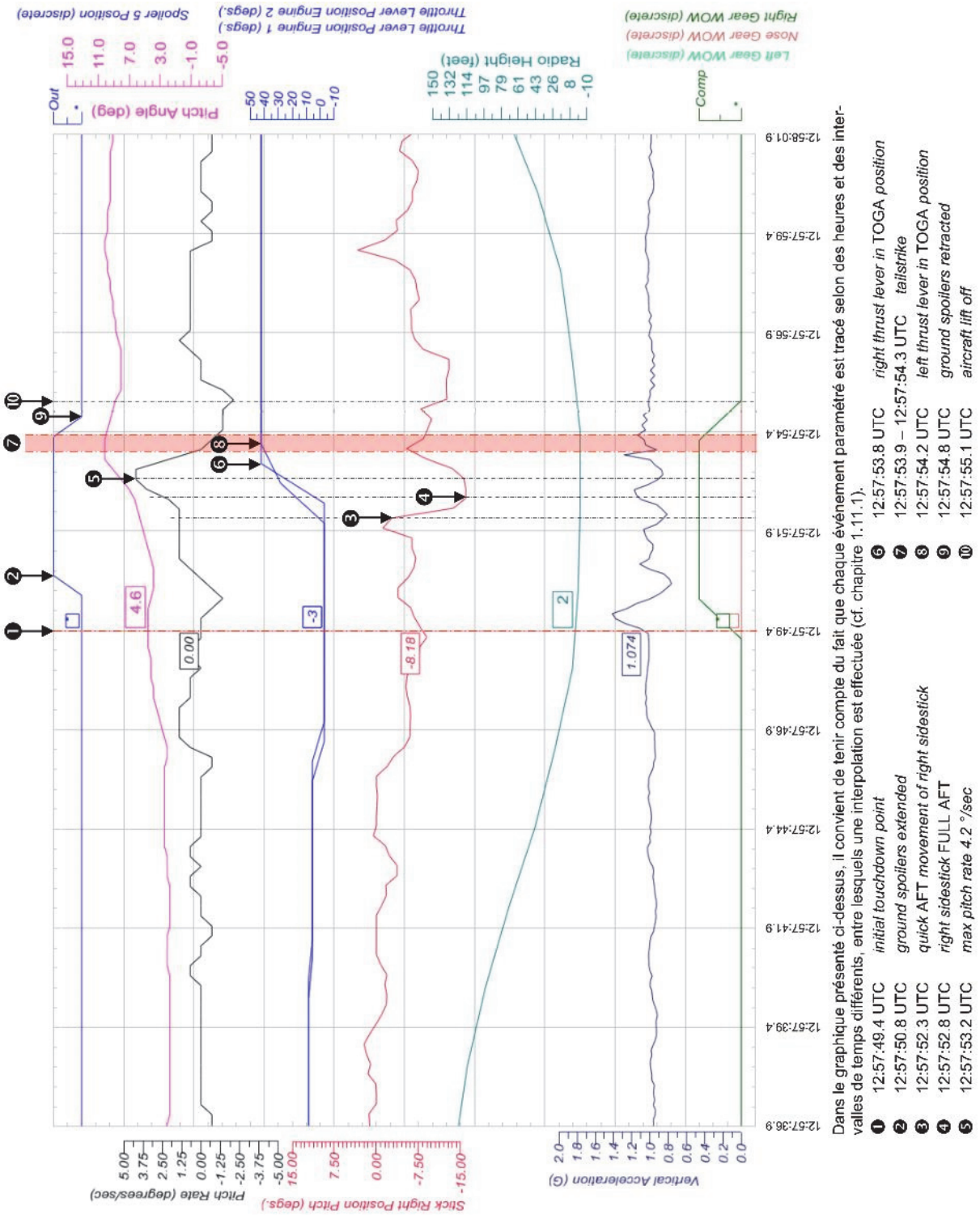
Payerne, le 20 décembre 2016 Bureau d'enquête du SESE

Ce rapport final a été approuvé par la commission du Service suisse d'enquête de sécurité SESE (art. 10 lit. h de l'Ordonnance sur les enquêtes de sécurité en cas d'incident dans le domaine des transports du 17 décembre 2014).

Berne, le 13 décembre 2016

Annexes

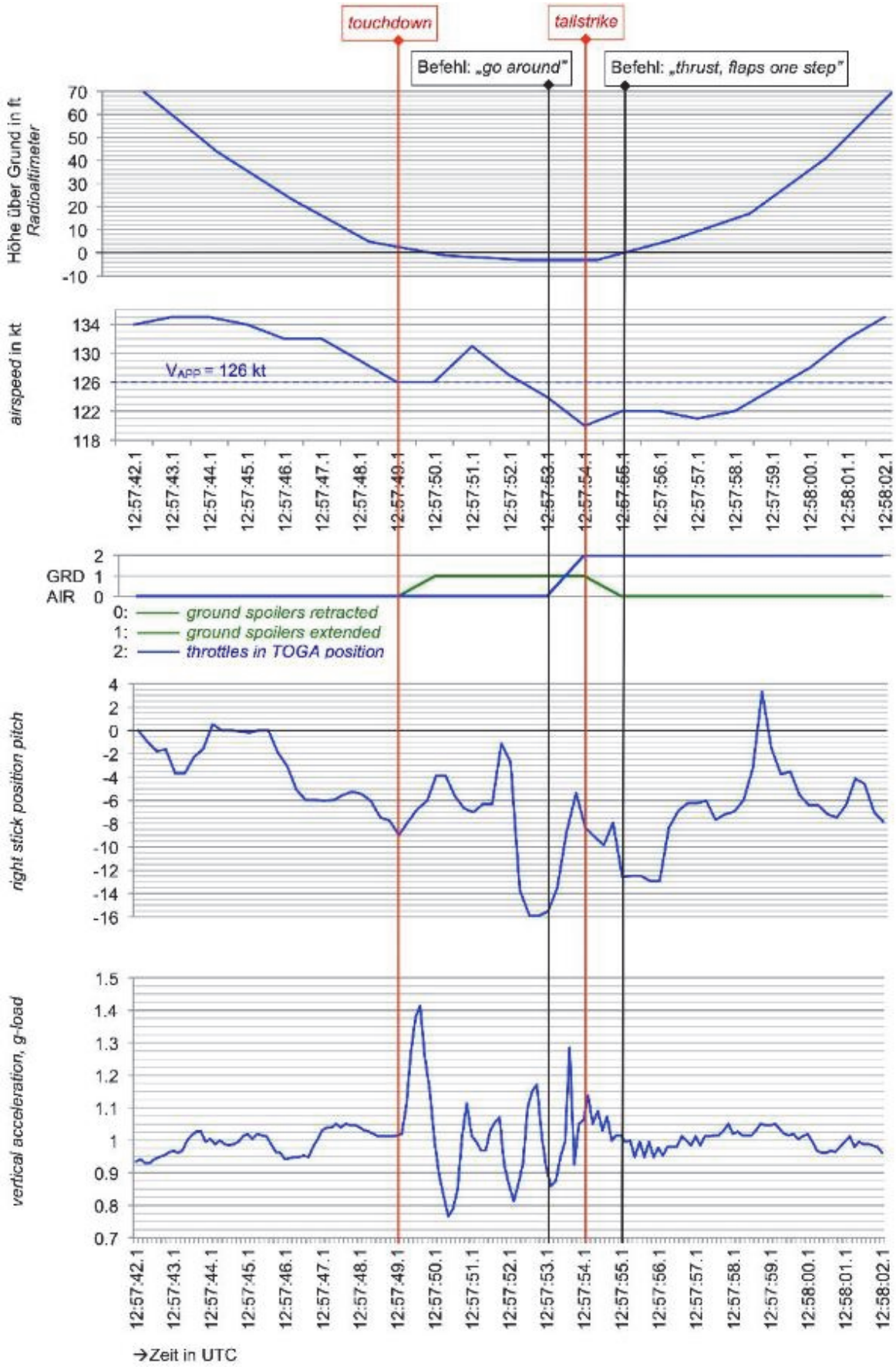
Annexe 1 : Déroulement chronologique de l'incident grave



Dans le graphique présenté ci-dessus, il convient de tenir compte du fait que chaque événement paramétré est tracé selon des heures et des intervalles de temps différents, entre lesquels une interpolation est effectuée (cf. chapitre 1.11.1).

1. 12:57:49.4 UTC *initial touchdown point*
2. 12:57:50.8 UTC *ground spoilers extended*
3. 12:57:52.3 UTC *quick* AFT *movement of right sidestick*
4. 12:57:52.8 UTC *right sidestick* FULL AFT
5. 12:57:53.2 UTC *max pitch rate 4.2 °/sec*
6. 12:57:53.8 UTC *right thrust lever in* TOGA *position*
7. 12:57:53.9 – 12:57:54.3 UTC *tailstrike*
8. 12:57:54.2 UTC *left thrust lever in* TOGA *position*
9. 12:57:54.8 UTC *ground spoilers retracted*
10. 12:57:55.1 UTC *aircraft lift off*

Annexe 2 : Phases d'approche et de remise des gaz



Annexe 3 : Dégâts subis par l'aéronef

Annexe 4

Conformément à la section 6.3 de l'Annexe 13 à la Convention du 7 décembre 1944 relative à l'aviation civile internationale, le SESE publie ci-après l'avis divergent d'un des États impliqués dans l'enquête sans le commenter plus en détail.

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Le Bourget, le 24 janvier 2017

SESE
Aéropôle 1,
1530 Payerne
Confédération Suisse

info@sust.admin.ch

N/Réf : 002538/BEA/INV
Objet : rapport final du SESE concernant l'accident grave survenu à l'Airbus immatriculé HB-IOC survenu le 9 mars 2014 à Genève.
Copie : Airbus

Madame, Monsieur,

Le SESE a rendu public le rapport mentionné en objet. Au cours de la consultation sur le projet de rapport, en août 2016, le BEA avait émis deux commentaires principaux en demandant d'être tenu informé de leur prise en compte afin de pouvoir demander l'annexion d'une observation en cas de désaccord de votre part (courrier 002085/BEA/INV). Ces commentaires contestaient le caractère contributif des mini-manches non conjugués à l'incident.

A la lecture du rapport final, il s'avère que ces commentaires n'ont pas été pris en compte. Je regrette que ce désaccord n'ait pas été exprimé et discuté avant la sortie publique de ce rapport.

En conséquence, conformément au paragraphe 6.3 de l'Annexe 13 de l'OACI, je vous demande de bien vouloir annexer au rapport final l'observation jointe à ce courrier.

Je vous remercie de bien vouloir mettre à jour votre site internet et de prévoir un complément aux éditions papier du rapport afin que notre observation ait la même visibilité.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes meilleures salutations.

Yann Pouliquen

Représentant Accrédité, enquêteur de sécurité.

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

BEA

Observations du BEA sur le rapport final du SESE relatif à l'incident grave de l'Airbus A321-111, immatriculé HB-IOC, survenu le 9 mars 2014 à Genève.

Conformément aux dispositions de l'Annexe 13 de l'OACI, en sa qualité de représentant accrédité de l'Etat de Conception pour cette enquête du SESE, et au terme de la consultation sur le projet de rapport, le BEA exprime la réserve suivante :

Le rapport final identifie la non conjugaison des mini-manches comme un facteur contributif à l'incident dans son paragraphe 3.2 Causes : « *Les éléments suivants ont contribué à l'incident grave : […] En raison de l'absence de feedback tactile dû au fait que les deux mini-manches ne sont pas synchronisés, le PM n'a pas pu identifier à temps le brusque mouvement du minimanche. […]* ».

Ce lien de contribution est soutenu par les arguments développés dans le paragraphe 2.2.1 Equipage de conduite : *«[…] Le commandant de bord qui agissait alors en qualité de PM n'a pas perçu immédiatement le mouvement brusque du mini-manche, étant donné que sur un Airbus les deux mini-manches peuvent être actionnés de manière indépendante. En raison de l'absence de feedback tactile, le PM n'a pas pu identifier à temps le mouvement du mini-manche et intervenir en conséquence. Dans une phase au cours de laquelle plusieurs indications visuelles doivent être contrôlées, le PM a uniquement été en mesure de constater que l'assiette longitudinale de l'avion était trop élevée suite au mouvement brusque du mini-manche. Cette assiette longitudinale trop élevée a été ignorée par l'équipage. […]»*

Le BEA ne conteste pas qu'un ordre brusque du PF sur son mini-manche soit difficilement détectable par le PM. En revanche le BEA souhaite nuancer le raisonnement attribuant un caractère contributif à cette caractéristique ergonomique. En effet :

En principe, une assiette excessive, dans le cas présent à l'origine du toucher de queue, se déduit essentiellement de l'observation de l'horizon par rapport au pare-brise de l'avion et non de la raison qui l'engendre. En d'autres termes, le PM n'a pas besoin de savoir pourquoi l'assiette est excessive, il doit intervenir par une annonce, dès qu'il détecte que le nez est trop haut. C'est sur la difficulté d'appliquer ce principe que devrait porter la réflexion. Le rapport contient peu d'informations sur l'activité cognitive du PM pour cela.

Le PM n'a pas réagi à cette prise d'assiette excessive. La description du déroulement du vol, incluant les éléments de témoignage de l'équipage, ne fait d'ailleurs pas mention d'une détection de cet excès par le PM, alors que ce fait est utilisé dans le paragraphe d'analyse cité ci-dessus[1]. Le caractère très soudain du phénomène et le fait qu'il n'avait pas de raison d'anticiper une réaction réflexe, brève et excessive du PF (puisqu'il n'a pas jugé, par son expérience, que l'atterrissage était anormal et que le PF n'avait pas encore annoncé « go around »), lui permettait difficilement de détecter et de verbaliser immédiatement l'annonce « Pitch » ou bien d'agir sur son propre mini-manche en prenant la priorité sur les commandes. Il est également

[1] Voir la phrase "[…] le PM a uniquement été en mesure de constater que l'assiette longitudinale de l'avion était trop élevée suite au mouvement brusque du mini-manche.".

- 2 -

BEA

possible que dans ce bref délai, son jugement sur l'assiette de l'avion n'ait pas été totalement fiable puisqu'il devait en plus à ce moment, vérifier et annoncer la sortie des spoilers, vérifier la tenue de l'axe, la sélection des inverseurs de poussée et la décélération, actions qui font aller son regard entre les instruments et l'extérieur.

Ainsi, compte-tenu du caractère dynamique de cette situation, de l'attention requise de la part du PM sur les autres paramètres mentionnés et d'une phase de vol souvent caractérisée par une activité au manche significative avec parfois des amplitudes importantes, il est difficile d'affirmer que la présence de manches conjugués aurait permis d'éviter le toucher de queue.

Le rapport suggère que la présence de manches conjugués aurait permis de donner un préavis supplémentaire au PM, puisque la cause précède les effets d'environ une seconde dans cet événement. Il faut noter que ce préavis n'est pas nécessairement basé sur une information tactile, puisque le PM a rarement les mains sur les commandes, mais surtout visuelle, à condition que ces mouvements soient détectés et jugés excessifs, alors que la vue et le jugement sont déjà très sollicités dans cette phase de vol, comme précédemment expliqué.

Ainsi, l'hypothèse sous-entendue dans l'analyse du rapport sur le HB-IOC concernant l'utilité du préavis lié aux commandes conjuguées s'avère complexe à utiliser, comme l'indiquent par exemple deux évènements enquêtés par l'ATSB pour des avions à commandes classiques ayant subi des touchers de queue[2], (ordre bref à cabrer de la part du PF conduisant à une assiette excessive sans intervention immédiate du PM).

Ainsi, il apparait difficile de conclure de manière définitive sur la base d'un évènement individuel, au caractère contributif ou non de l'absence de conjugaison des mini-manches.

Si le BEA reste mobilisé pour garantir l'utilisation du retour d'expérience concernant ce point de conception dans le cas des enquêtes auxquelles il participe, il ne peut néanmoins déduire de cet événement particulier un enseignement de sécurité démontré et donc indiscutable.

[2] Tail strikes during landing involving Bombardier DHC 8 402, VH-QOT and VH-QOS. http://www.atsb.gov.au/publications/investigation_reports/2013/aair/ao-2013-201/

- 3 -