



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

ministère
de l'Écologie, de l'Énergie,
du Développement durable
et de l'Aménagement du territoire

BEA

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

Le Bourget, le 21 avril 2008

Monsieur le Directeur Général de l'Aviation
Civile

50, rue Henri Farman
75720 PARIS CEDEX 15

N° 000328 /BEA/D

PJ : 1

J'ai l'honneur d'attirer votre attention sur les risques liés à l'utilisation de paramètres erronés au décollage. Les enquêtes sur deux incidents graves de 2004 et 2006 (erreurs d'insertion conduisant à un décollage avec une poussée et des vitesses insuffisantes), complétées par une étude décrite dans la fiche jointe en annexe, ont confirmé que, sur les avions de nouvelle génération, des erreurs, parfois lourdes, sont commises par les équipages sans être détectées avant l'envol.

La période de préparation du vol et de mise en œuvre de l'avion est une phase délicate et essentielle pour la sécurité de l'ensemble du vol et en particulier du décollage. Dans cette phase, l'équipage est soumis à une charge de travail importante dans des délais souvent réduits et perturbés par des contraintes extérieures.

Il est nécessaire de réduire ces risques d'erreurs en agissant à la fois sur l'amélioration de la formation, des procédures et des systèmes.

L'étude a montré que les vérifications sont parfois inefficaces et que les doutes, lorsqu'ils sont exprimés, ne sont pas levés correctement. Les erreurs commises à divers stades de la préparation et du départ des vols peuvent ainsi se propager jusqu'au décollage et compromettre sa sécurité. En conséquence, le BEA recommande 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.**

L'étude a aussi montré que la présentation des données à insérer dans les systèmes embarqués de gestion du vol peut prêter à confusion et que les valeurs de masses et de vitesses que ces systèmes acceptent peuvent être incohérentes. En conséquence, le BEA recommande que :

- **La DGAC se rapproche de l'AESA et de la FAA pour faire évoluer les normes de certification afin que les calculateurs de paramètres prévoient des systèmes de refus ou d'alerte de l'équipage en cas d'insertion de données incohérentes, manifestement erronées ou trop éloignées des valeurs usuelles.**

Une méthode efficace de vérification des données consiste à les déterminer par des moyens indépendants et à les comparer. Il existe déjà des systèmes autonomes permettant de déterminer une valeur approchée de la masse et du centrage d'un avion. Si leur précision ne permet pas de calculer les valeurs exactes de poussée et de vitesses de décollage, elle serait suffisante pour détecter les erreurs importantes sur les masses et les paramètres associés et alerter les équipages. Le BEA rappelle la recommandation n° B2004/004-02 qu'il avait émise le 15 décembre 2004, à la suite de l'accident d'un B727 au décollage de Cotonou :

« que les autorités de l'aviation civile, et en particulier la FAA aux Etats Unis et l'AESA en Europe fassent évoluer la réglementation de certification de façon à assurer la présence, sur les avions de nouvelle génération destinés à être utilisés pour des vols commerciaux, de systèmes embarqués de détermination de la masse et du centrage, ainsi que l'enregistrement des paramètres fournis par ces systèmes ».

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A. ...' with a long horizontal stroke extending to the right.

Etude sur l'utilisation de paramètres erronés au décollage.

Le contexte

En France, deux incidents graves similaires se sont produits en juillet 2004 et décembre 2006. Le premier est survenu à Paris Charles de Gaulle et a impliqué un A 340-300 de la compagnie aérienne Air France, le second, survenu à Paris Orly, a impliqué un B 747-400 de la compagnie aérienne Corsairfly.

La cause commune à ces deux événements est la prise en compte par l'équipage d'une masse au décollage et de valeurs de paramètres associés (poussée et vitesses) très inférieures aux normales. Les effets en ont été des rotations prématurées avec touchers de fuselage sur la piste suivis de retours après vidange carburant. Au-delà des dommages matériels, ces décollages entrepris avec des poussées et des vitesses insuffisantes peuvent conduire à une perte de contrôle de l'avion.

Ces incidents ont fait l'objet d'enquêtes du BEA et de rapports, le premier publié dans la revue « Incidents en Transport Aérien » numéro 4 de juillet 2006, le second référencé f-ov061210 et daté de janvier 2007.

Ailleurs dans le monde, plusieurs autres accidents, incidents graves et incidents de même type se sont produits au cours des dernières années. Ils ont en général impliqué des avions de nouvelle génération, avec pour cause des erreurs plus ou moins importantes sur les paramètres de décollage et non détectées par les équipages. Ils ont eu lieu dans diverses compagnies et sur divers types d'appareils gros porteurs des constructeurs Airbus et Boeing. Le plus grave a entraîné la destruction d'un B 747-200 Cargo au décollage d'Halifax et la mort de tous les membres de l'équipage.

Enfin d'autres incidents consécutifs à des erreurs de même nature, mais de moindre ampleur, ont été déclarés encore récemment, sur des gros et moyens porteurs de dernière génération, dont un Embraer 190 en 2006.

Une étude conjointe

Courant 2007, à la suite de l'enquête sur le second incident grave survenu en France, un groupe de travail associant le BEA et la DGAC, des représentants des exploitants aériens français (Air France et Corsairfly) ainsi qu'un laboratoire spécialisé en facteurs humains (Laboratoire d'Anthropologie Appliquée) a été constitué afin d'étudier les processus d'erreurs spécifiques à la phase du vol précédant le décollage et d'analyser les raisons de l'incapacité de leur détection par des équipages compétents et correctement entraînés.

Il a été conduit à consulter en cours d'étude des organismes d'enquêtes étrangers, des compagnies aériennes et des constructeurs aéronautiques.

Les travaux du groupe ont porté sur les points suivants :

- 1) Répertorier, au niveau international, les événements de même type ayant fait l'objet d'une enquête ou d'une analyse.
La liste suivante d'incidents, incidents graves et accidents survenus depuis 1990 a été établie à partir des bases de données de plusieurs organismes d'enquêtes internationaux et d'opérateurs aériens.
 - Janvier 1990 : toucher de fuselage d'un B 757-200 à New York (erreur de 30 kt),
 - Août 1999 : arrêt-décollage d'un B 767-300 à Copenhague (erreur de 33 kt),
 - Décembre 2001 : toucher de fuselage d'un B 747-100 F à Anchofrage (erreur de 45.4 t),
 - Juin 2002 : toucher de fuselage d'un A 330 à Francfort (erreur de 30 kt),
 - Mars 2003 : toucher de fuselage d'un B 747-300 à Johannesburg (erreur de 121 t),
 - Mars 2003 : toucher de fuselage d'un B 747-400 à Auckland (erreur de 100 t),
 - Septembre 2003 : Décollage sans conséquences d'un A 321 à Oslo (erreur de 29 kt)
 - Juillet 2004 : toucher de fuselage d'un A 340-300 à Paris-CDG (erreur de 100 t),
 - Septembre 2004 : perte de contrôle d'un B 747-200F à Halifax (erreur probable de 113 t ayant entraîné la mort des 7 membres d'équipage),
 - Aout 2005 : Toucher de fuselage au décollage de Shanghai (erreur de 25 kt)
 - Juillet 2006 : décollage sans conséquences d'un ERJ 190 à Edmonton (erreur de 12 kt),
 - Décembre 2006 : toucher de fuselage d'un B 747-400 à Paris-Orly (erreur de 99 t).

- 2) Effectuer un état de l'art à partir de l'analyse des publications FH traitant directement du sujet ou de portée plus générale mais applicable à la problématique posée du processus d'erreur et de son rattrapage.
Les documents étudiés proviennent de notes des constructeurs Airbus et Boeing et d'articles scientifiques portant sur les sujets suivants :
 - Erreurs liées à l'utilisation du FMS
 - Mémorisation des vitesses dans le cockpit
 - Décision de poursuite ou non du décollage.

- 3) Réaliser une inspection ergonomique des différents systèmes utilisés par les équipages.
Une étude documentaire des différentes procédures des compagnies a été complétée par des manipulations sur des FMS dévolus à la formation des équipages. L'évaluation a porté essentiellement sur les « critères ergonomiques » afin de répertorier les caractéristiques fonctionnelles des outils proposés par Airbus et Boeing, et d'appliquer les procédures équipages associées en s'attachant à déterminer les risques d'erreurs potentielles.

- 4) Etudier les rapports d'incidents et accidents retenus sous l'aspect FH.
Certains principes du modèle FRAM développé par Erik Hollnagel en 2004 ont servi de support à cette étude. A partir de fiches de lecture réalisées pour chaque événement, le modèle s'est appuyé sur une décomposition du processus général en fonctions élémentaires pour identifier les dysfonctionnements et leur éventuelle récupération compte

tenu des facteurs contextuels. Pour chaque fonction, il a été proposé un certain nombre d'améliorations sous la forme de « barrières » physiques, fonctionnelles, symboliques et immatérielles.

- 5) S'informer des évolutions que proposent les constructeurs dans la conception de leurs systèmes embarqués afin d'éviter ou de rattraper les erreurs étudiées.
Airbus, Boeing et Honeywell ont été interrogés par le groupe de travail.
- 6) Recueillir, à partir d'entretiens et de réponses à l'enquête réalisée au sein d'une des compagnies, les témoignages de pilotes confrontés à l'expérience d'erreurs commises sur les paramètres de décollage.
- 7) Observer le travail en équipage et l'utilisation des systèmes, en particulier dans les phases « préparation » et « départ » du vol.
Seize étapes ont été effectuées à raison de deux observateurs par vol, sur différents types d'avions des compagnies participantes (A 320, A 330, B 747, B 777).
A partir de grilles élaborées à cet effet, les observations ont permis de répertorier l'ensemble des tâches effectuées par chaque membre d'équipage depuis le début de la préparation jusqu'au décollage, dans leur contexte opérationnel soumis aux différentes contraintes temporelles et environnementales. Ces vols ont également permis de recueillir les remarques et réflexions des équipages sur le sujet.
Des grilles modifiées ont également été mises au point pour être utilisées ultérieurement par des instructeurs pilotes ou des cadres, afin d'évaluer l'efficacité des procédures mises en œuvre par les opérateurs.

Le rapport de l'étude, rédigé par le LAA, sera placé sur le site du BEA, en français et en anglais pour une plus large diffusion.

Les faits établis

La conclusion de l'étude fait ressortir les éléments suivants :

- La variété des événements montre que la problématique de détermination et d'utilisation des paramètres de décollage est indépendante de la compagnie exploitante, du type d'appareil, de l'équipement et de la méthode utilisés,
- Les erreurs portant sur les données du décollage sont fréquentes. Elles sont en général détectées par l'application des procédures ou par des méthodes personnelles, comme le calcul mental,
- Les occurrences analysées révèlent que les dysfonctionnements correspondent à des erreurs provenant des fonctions « calcul des paramètres de décollage » et « saisie des vitesses dans le FMS », mais pas de la fonction « saisie de masse dans le FMS »,
- Dans plusieurs cas, la ZFW a été saisie à la place de la TOW dans le calculateur de performances,

- Parmi les équipages qui ont répondu à l'enquête effectuée dans l'une des compagnies, la moitié a vécu des erreurs de paramètres ou de configuration de décollage, dont certaines sur la masse insérée dans le FMS.
- 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,
- La saisie de la masse utilisée dans le calcul des paramètres, quelle qu'en soit sa forme (par ACARS, dans un ordinateur, manuellement), est une des étapes déterminantes dans le processus de préparation du décollage. C'est elle, en agissant à la fois sur la poussée et les vitesses, qui conditionne la sécurité du décollage,
- La disponibilité effective de l'état de charge définitif peu de temps avant le départ impose à l'équipage d'effectuer un nombre important de tâches, de saisies et d'affichages de paramètres sous forte pression temporelle,
- 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 l'exactitude de la valeur elle-même,
- De même, le contrôle des données figurant sur plusieurs supports s'avère souvent inefficace. Il se limite généralement à des comparaisons élément par élément. Si l'élément est faux, le contrôle est exact mais insuffisant car il ne porte pas sur la cohérence globale. En particulier, il n'existe pas de comparaison entre les valeurs de masses au décollage figurant sur l'état de charge définitif, sur le carton de décollage ou son équivalent électronique, et dans le FMS,
- Certains FMS proposent des valeurs de vitesses de référence qui peuvent être modifiées facilement. Ils ne permettent pas de détecter systématiquement les erreurs de calcul commises antérieurement,
- Les FMS étudiés permettent l'insertion de valeurs de masses et de vitesses incohérentes ou en dehors des limitations opérationnelles des appareils concernés. Certains acceptent l'omission de la saisie des vitesses, sans en alerter l'équipage,
- Les valeurs de masses manipulées par les équipages avant le vol peuvent apparaître, suivant les documents ou les logiciels, sous diverses dénominations ou acronymes et dans unités et des formats différents pour une même donnée, ce qui rend leur mémorisation difficile,
- La pression du temps et les interruptions de tâches sont fréquemment citées comme facteurs contributifs aux erreurs. Les observations ont montré que la charge de travail de l'équipage augmentait au fur et à mesure que l'on approchait de l'heure de départ et que les actions

opérationnelles normales de l'équipage en étaient d'autant plus perturbées,

- Lors du roulement, la décision éventuelle d'interrompre le décollage par rapport à une V1 erronée ne garantit plus les éléments de sécurité,
- Sur les écrans de pilotage de type PFD, le marqueur représentant Vr n'est pas affiché à faible vitesse. D'autre part, il peut s'avérer difficile de le distinguer du marqueur représentant V1, surtout quand les deux valeurs sont proches.
- Dans plusieurs cas, les équipages ont perçu des comportements anormaux de l'avion au cours du décollage. Certains ont décollé « normalement ». D'autres ont pu adopter différentes stratégies : arrêt décollage, augmentation de la poussée, rotation différée.

Annexes :

- 1) Liste détaillée des occurrences prises en compte dans l'étude.
- 2) Recommandations de sécurité émises par le NTSB le 8 mars 2005 à la suite de l'incident grave du B 747-400 au décollage d'Auckland.

Annexe 1 : Liste détaillée des événements utilisés par le groupe de travail	
Date Lieu Aéronef Exploitant	Référence du rapport / Résumé / Analyse
16/01/1990 New York B757-200 N505UA United Airlines	<p>Référence : http://www.nts.gov/nts/brief.asp?ev_id=20001212X22410&key=1</p> <p>Incident : Toucher de fuselage dû à une rotation excessive par le PF (OPL). Poursuite du vol vers la destination malgré la perception d'une secousse.</p> <p>Utilisation erronée de la documentation par l'OPL (performances du 767 au lieu du 757). Pas de vérification du CDB V1 = 115 kt (-30 kt), Vr = 118 kt (-30 kt), V2 = 129 (-23 kt)</p> <p>Recommandations: Néant (rapport factuel du NTSB) Actions correctrices de l'exploitant non connues.</p>
24/08/1999 Copenhague B767-300 OY-KDN SAS	<p>Référence : http://www.hcl.dk/graphics/Synkron-Library/hcl/dokumenter/Redegorelser/1999/49-99-KDN-UK.pdf</p> <p>Incident grave : toucher du patin arrière fuselage à la rotation suivi d'un arrêt-décollage. Pneus et freins TPG endommagés.</p> <p>Entrée par l'OPL PF (en adaptation en ligne) de la ZFW au lieu de la TOW pour interrogation par ACARS du calcul des performances de décollage.</p> <p>CDB PNF. Le 3^e pilote constate une erreur de MAC entre le devis de masse et le résultat fourni par la station sol. Correction de la MAC puis nouvel ACARS pour calculs paramètres modifiés. Focalisés sur l'erreur de MAC (que l'OPL n'avait pas renseigné lors de la demande ACARS), personne n'a repéré les autres erreurs liées à la ZFW et TOW.</p> <p>La particularité du jour (TOW = MTOW) et la présentation des données de décollage, faisant apparaître la MTOW et la TOW l'une au dessus de l'autre, n'ont pas permis une identification facile de l'erreur de saisie.</p> <p>Décollage à poussée réduite avec T fictive = 57° Vitesses calculées inférieures de 33 kt aux vitesses attendues avec la TOW correcte. OPL précédemment sur MD80, prenant la ZFW comme paramètre d'entrée. Pression temporelle car vol en retard. Boeing 767 : Alarme FMS <u>uniquement</u> si TOW > MTOW Pas de contrôle des paramètres par le CDB <u>avant</u> l'interrogation ACARS.</p> <p>Recommandations :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ordre de grandeur des données du vol : temps de vol, masses (ZFW, trip fuel, TOW), et vitesses T/O et LDG. - Changement de présentation des données T/O pour éviter les erreurs de lecture et de saisie. <p>Actions correctrices :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Information des possibilités d'erreur lors du calcul des données T/O - Changement software : <u>alarme</u> si la TOW entrée diffère de +/- 8 t avec la <u>TOW moyenne</u> pour la route considérée (ici Copenhague -Tokyo)
28/12/2001 Anchorage B747-100F N3203Y Evergreen	<p>Référence : http://www.nts.gov/nts/GenPDF.asp?id=ANC02LA008&rpt=fa</p> <p>Incident : Toucher de fuselage et poursuite du vol (PEQ pas conscient du toucher)</p> <p>Utilisation des paramètres de l'atterrissage précédent. L'équipage a "oublié" de prendre en compte les 45.4 tonnes de fuel ajoutées lors de l'escale.</p> <p>Recommandations : Néant (rapport factuel NTSB).</p>

<p>14/06/2002 Francfort</p> <p>A330-300 C-GHLM Air Canada</p>	<p>Référence : http://www.tsb.gc.ca/fr/reports/air/2002/a02f0069/a02f0069.asp</p> <p>Incident grave : Toucher de fuselage suivi d'un QRF vol</p> <p>Spécificité de l'équipage : les 2 PNT sont qualifiés CDB A330 et TRE. Le CDB du vol (PF, place gauche) faisait subir un test à l'OPL (PNF, place droite) Pendant la préparation du vol, le PNF insère les données masses/Vref par ACARS (TOW prévue de 222.7t). Les données finales font état d'une masse au décollage de 221.2t. Pour cette faible variation, il n'est pas nécessaire de réintroduire les vitesses car celles-ci sont identiques aux vitesses saisies initialement. Malgré tout, ces vitesses sont réintroduites par le PNF lors du push en même temps que la masse. Le PNF saisit une V1 de 126 kt au lieu de 156 kt. Avant le T/O, le PF lit les vitesses sur le MCDU. Aucun des deux pilotes ne remarque l'anomalie. Au décollage, le PNF annonce V1 lorsque l'index apparaît, puis Vr immédiatement après, par habitude, soit environ Vr – 30 kt (Vr de 157 kt). On ne sait pas quand et comment la situation a été détectée et corrigée.</p> <p>Recommandations : néant</p> <p>Actions correctrices : pas d'information</p>
<p>11/03/2003 Johannesburg</p> <p>B747-300 ZS-SAJ S A A</p>	<p>Référence : http://www.caa.co.za/resource_center/accidents & incid/reports/2003/0263.pdf</p> <p>Incident grave : Toucher de fuselage à la rotation signalé par l'ATC. QRF après vidange carburant.</p> <p>Erreur de 121 t : ZFW au lieu de TOW inséré par l'OMN dans le laptop. Inscription des vitesses erronées sur le carton. Vitesse affichées par les pilotes et <u>vérifiées par rapport au carton</u> de décollage. EPR décollage = 1.44 (- 0.14). EPR montée = 1.42 (- 0.05) V1 = 123 kt (- 31 kt), Vr = 123 kt (- 41 kt), V2 = 142 kt (- 29 kt) « Nez lourd » ressenti à l'annonce « rotation ». Rotation différée de 15 kt soit Vr – 26 kt. Poussée augmentée jusqu'à EPR = 1.58, l'avion n'accélérait pas normalement. <u>Facteurs contributifs :</u> Distraction au poste, chaleur (APU INOP) + pression du temps (retard de 45 mn réduit à 30 mn)</p> <p>Recommandations : Meilleure connaissance des calculateurs embarqués + méthodes de contrôle des données. Procédures à mettre en place pour éviter les erreurs de distraction...</p>
<p>12/03/2003 Auckland</p> <p>B747-400 9V-SMT Singapour Airlines</p>	<p>Référence : http://www.taic.org.nz/</p> <p>Incident grave : Toucher de fuselage + QRF, atterrissage en surcharge. Dommages importants sur le fuselage arrière.</p> <p>Erreur de 100 t sur le carton de décollage : TOW : 247.4 tau lieu de 347.4 t. Erreur non détectée par le CDB (PF) qui a utilisé la ZFW du devis de masse pour vérifier les données à entrer dans le FMS. Le FMS a calculé des valeurs différentes (de 15 à 30 kt) de V1, VR, V2, qui ont été effacées et remplacées par le CDB par les valeurs erronées inscrites par l'OPL sur le carton. Le troisième pilote, occupé, n'a pas vérifié le carton comme il le fait habituellement. A noter que le carton ne contient pas de champ spécifique pour la ZFW et le FOB. EPR = 1.34 (- 0.07) iso 1.41, V1 = 123 kt (- 28 kt), Vr = 130 kt (- 33 kt), V2 = 143 kt (- 29 kt)</p> <p>Facteurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Non vérification de la TOW par le CDB <u>sur le carton</u>. Utilisation de la TOW erronée pour vérifier les calculs de vitesse. - Acceptation par le FMS de vitesses entrées par le CDB très différentes de celles que le système avait calculées. - Pas de questionnement du CDB sur ces différences de vitesses. - Le CDB a utilisé le <u>devis de masse</u> pour vérifier la TOW calculée par le FMS <u>plutôt que la TOW inscrite sur le carton par l'OPL</u>, et qui elle était fausse. Or c'est le carton qui a servi à corriger les

	<p>vitesses du FMS.</p> <p>- Le 3^e pilote n'a pas vérifié le carton ni les calculs car distrait (discussion avec le chef d'escale).</p> <p>Recommandations : pour Honeywell, via le NTSB (voir en annexe 2), Boeing et SIA (ce dernier ayant tout accepté et mis en œuvre) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Boeing réfléchit aux modifications à apporter au FMC mais n'a pas de solution pour des problèmes de saisie manuelle "par-dessus" des valeurs calculées automatiquement. - SIA a sensibilisé les équipages sur les contrôles croisés et a renforcé ces aspects lors des séances sur simulateur et a précisé le rôle du 3^{ème} pilote sur les vols concernés.
<p>04/09/2003 Oslo</p> <p>A321 OY-KBK SAS</p>	<p>Référence : Rapport en norvégien - conclusion en anglais</p> <p>Incident sans conséquence technique ni opérationnelle</p> <p>Pendant la préparation du vol, l'équipage constate que l'ACARS est inopérant. Il transmet les paramètres décollage par radio au bureau des opérations à Oslo qui les transmet par téléphone au bureau des opérations de Copenhague où sont effectués les calculs. On ne sait pas d'où provient l'erreur mais il semble qu'une TOW de 60t ait été transmise à Copenhague au lieu de 76.4t. La personne chargée des calculs à Copenhague déclare avoir demandé confirmation à Oslo quand il s'est rendu compte de ce TOW anormalement bas. Les vitesses calculées sont transmises à l'équipage par le cheminement inverse (fax + radio). Le CDB (PNF) collationne et le bureau des opérations confirme. L'équipage trouve la V1 anormalement basse (V1 = -33kt, VR = -29 kt, V2 = -28kt) mais reste confiant du fait que le collationnement a été confirmé. A la rotation, l'OPL (PF) ressent une lourdeur. Immédiatement après l'envol, l'équipage s'aperçoit que la V2 est inférieure à la VLS. Ils accélèrent à 250 kt.</p> <p>Recommandations : procédures et méthodes de formation du personnel des bureaux des opérations</p>
<p>14/07/2004 Paris-CDG</p> <p>A340-300 F-GLZR Air France</p>	<p>Référence : ITA n°4 : http://www.bea.aero/itp/events/ita4/ita4.pdf</p> <p>Incident grave : Toucher de fuselage suivi d'un QRF vol.</p> <p>Suite à une modification de la masse juste avant le départ, l'OPL édite un nouveau carton de décollage. Il insère une masse de décollage avec une erreur de 100t (note : la masse insérée est proche de la ZFW). Le CDB vérifie les paramètres mais ne détecte pas l'erreur car il lit par erreur la MTOW, qui apparaît sur le carton, à la place de la masse au décollage. (note : ces deux masses sont proches).</p> <p>V1 = 129 kt = VMCG (-14 kt), VR = 131 kt = VMCA (- 22 kt) V2 = 137 kt (- 24 kt)</p> <p>Le FMS ne propose pas de vitesses de décollage. L'information V_{LS} est inhibée au sol. Dès l'envol, le PF constate que la V_{LS} est supérieure à V₂. La poussée TOGA n'est pas utilisée. Vitesse verticale faible (700 ft/mn) pendant l'accélération.</p> <p>Recommandations : Sous forme d'<i>enseignements</i> dans le bulletin ITA</p> <p>Actions correctrices de l'exploitant : modifications des procédures pour fiabiliser les vérifications.</p>
<p>14/09/2004 Halifax</p> <p>B747-200F 9G-MKJ MK Airlines</p>	<p>Référence : http://www.tsb.gc.ca/fr/reports/air/2004/a04H0004/a04H0004.pdf</p> <p>Accident : Collision avec un obstacle au décollage : 7 membres d'équipage tués</p> <p>Utilisation récente du BLT sans approbation de l'administration. Pas de formation spécifique des PEQ.</p> <p>Procédure de «vérification des erreurs grossières» pour régler les curseurs de VR et V2 à partir d'un tableau en croisière haute altitude.</p> <p>Cause probable : Calculs du BLT: utilisation des valeurs (poussée + vitesses de décollage) à partir des données du décollage précédent qui apparaissent au lancement du BLT, soit – 113 t.</p> <p>Facteur contributif : Fatigue équipage ; Dépassement du TSV max de 24 h avec 2 équipages (le plus élevé de l'OACI...).</p>

	<p>Recommandation à Transports Canada en liaison avec OACI, FAA, AESA, pour instaurer une exigence d'équipement de surveillance des performances de décollage dans les avions de transport</p>
<p>24/08/2005 Shanghai Pudong</p> <p>A340-300 LN-RKF SAS</p>	<p>Référence : Rapport en chinois, traduit en anglais.</p> <p>Incident grave : Toucher de fuselage suivi d'une dépressurisation après le décollage. QRF vol après vidange carburant.</p> <p>Décollage au QFU 35. OPL PF. Insertion par l'OPL dans le FMS des vitesses correspondant au ZFW (179.3 t) au lieu du TOW (259.7 t). Pas de vérification par le CDB. V1 = 129 kt (- 14 kt), VR = 130 kt (- 25 kt), V2 = 139 kt (- 23 k) Poussée réajustée sur demande du CDB sentant « quelque chose d'anormal »...</p> <p>Recommandation : Utiliser les données actualisées du devis de masse et effectuer les vérifications</p>
<p>12/07/2006 Edmonton</p> <p>ERJ190 C-FHIU Air Canada</p>	<p>Référence : Enquête en cours.</p> <p>Incident sans conséquence technique ni opérationnelle</p> <p>EFB : saisie de la masse du carburant présent (avant les pleins) : 3.7t vs 10.2t. TOW : 41.7t soit -5.9t. Poussée FLEX de 84.9% vs 90%. Détection + correction du MCDU mais saisie manuelle des vitesses erronées. V1 = VR = 137 kt (-12 kt), V2 = 140kt (-11kt). A la rotation, l'équipage « ressent » des performances diminuées. <u>Facteurs contributifs</u> : - Charge de travail accrue suite à un problème technique nécessitant une mise hors tension de l'avion. - Plusieurs interruptions de tâches de l'équipage.</p>
<p>10/12/2006 Paris-Orly</p> <p>B747-400 F-HLOV Corsairfly</p>	<p>Référence : http://www.bea.aero/docspa/2006/f-ov061210/pdf/f-ov061210.pdf</p> <p>Incident grave : Toucher de fuselage à la rotation. QRF vol après vidange carburant.</p> <p>Utilisation prioritaire du BLT par rapport au FMS. Insertion dans le BLT : ZFW au lieu du TOW (- 99 t) EPR = 1.33 pour une Tf de + 58 °C soit - 0.07. V1 = 120 kt (- 27 kt), VR = 127 kt (- 32 kt), V2 = 140 kt (- 29 kt) Au décollage, rotation différée de + 5 kt soit VR – 27 kt. Avion ressenti « lourd » + déclenchement bref du vibreur de manche. Diminution d'assiette et réajustement de poussée (maxi décollage). Passage des 35 ft à V2 – 3 kt (166 kt).</p> <p>Recommandations : néant</p> <p>Actions correctrices de l'opérateur concernant les procédures et les méthodes de vérification des données.</p>

Annexe 2 : rappel des recommandations de sécurité du NTSB



National Transportation Safety Board

Washington, D.C. 20594

Safety Recommendation

Date: March 8, 2005

In reply refer to: A-05-03 through -07

Honorable Marion C. Blakey
Administrator
Federal Aviation Administration
Washington, D.C. 20591

On March 12, 2003, the tail of Singapore Airlines flight SQ286, a Boeing 747-412, struck the runway and incurred substantial damage during the takeoff rotation at Auckland International Airport in New Zealand. The airplane was fully loaded with fuel, 369 passengers, 17 cabin crewmembers and 3 flight crewmembers (a captain and 2 first officers) for an approximately 9-hour flight from Auckland to Singapore. The flight crew declared an emergency during the airplane's initial climb and returned the airplane to Auckland where an overweight landing was completed. No injuries to the passengers or crew were reported.

The New Zealand Transport Accident Investigation Commission (TAIC) investigated the accident¹ and concluded in its final report that the accident was caused by erroneously low takeoff reference speeds being entered into the airplane's Honeywell flight management system (FMS)² based on a takeoff weight transcription error committed by the flight crew. Before the flight, the captain reviewed the flight dispatch paperwork, which included the airplane's zero fuel weight³ and takeoff gross weight.⁴ As the captain read the airplane information from the dispatch paperwork, the first officer, who was responsible for crosschecking the flight dispatch

¹ In accordance with the provisions of Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation, the National Transportation Safety Board participated in this investigation as the U.S. accredited representative for the State of Manufacture.

² Honeywell also manufactures FMS computers installed on Boeing 717, 737, 757, 767, 777, MD-80, MD-90, MD-10, and MD-11 model airplanes.

³ Zero fuel weight is an airplane's total weight without fuel on board.

⁴ Airplane gross weight is the entire weight of the airplane, including fuel, passengers, and luggage. The airplane's takeoff gross weight is the gross weight at the beginning of takeoff and is used as the basis for determining takeoff reference speeds.

calculations, transcribed the information onto a reference card used by the airline for pertinent takeoff information for the flight. The captain read a takeoff gross weight of 347.4 tonnes⁵ from the flight dispatch paperwork. However, the first officer incorrectly wrote 247.4 tonnes, thus introducing a calculation error of 100 tonnes. The first officer then used an airport analysis chart to independently determine a takeoff rotation speed, or V_r ,⁶ of 130 knots based on the incorrect takeoff gross weight. At the airplane's actual takeoff gross weight of 347.4 tonnes, the takeoff rotation speed, as determined by the FMS, was 163 knots.

The first officer then wrote the takeoff speeds on the reference card and handed the card to the captain. The captain checked the fuel weight on the reference card against the fuel weight determined by the airplane's onboard fuel quantity system. The captain also confirmed the takeoff gross weight from the dispatch paperwork against the FMS-calculated takeoff gross weight but did not check the takeoff gross weight on the reference card against the takeoff gross weight from either the FMS or flight dispatch paperwork. The captain then entered the erroneous takeoff speeds from the reference card into the airplane's FMS computer, which did not challenge the validity of the new speeds. During the takeoff roll, the flight crew rotated the airplane at 130 knots, which was 33 knots less than the correct airplane rotation speed. (Table 1 shows actual and flight crew-calculated values for flight SQ286). Neither of the other flight crewmembers detected the first officer's transcription error.

Table 1. Actual and Flight Crew-Calculated Values for Singapore Airlines Flight SQ286

Item	Actual Value	Flight Crew-Calculated Value
Takeoff Gross Weight	347.4 tonnes	247.4 tonnes
Takeoff Rotation Speed (V_r)	163 knots	130 knots

A similar FMS-related accident occurred on November 11, 1998, involving Delta Air Lines flight 51, a McDonnell Douglas MD-11, N801DE, which experienced a tailstrike while landing on runway 10R at Portland International Airport, Portland, Oregon. Visual meteorological conditions prevailed for the 14 *Code of Federal Regulations* (CFR) Part 121 scheduled passenger flight, and an instrument flight plan had been filed. No injuries to the 11 crewmembers or 113 passengers were reported, but the aircraft sustained substantial damage.⁷

The Safety Board determined that the probable cause of this accident was “[t]he flight crew's entry of an incorrect weight figure in the [Honeywell] flight management system (FMS) computer, resulting in the approach being flown at an improper (low) V_{ref} speed and an excessively nose-high attitude through the landing flare.” Delta's flight dispatch paperwork

⁵ One tonne equals approximately 2,205 pounds.

⁶ V_r , the airplane rotation speed, is the airspeed at which the pilot flying starts to rotate the airplane.

⁷ The description of this accident, SEA99LA014, can be found on the National Transportation Safety Board's Web site at <<http://www.ntsb.gov>>.

listed the airplane's zero fuel weight as 359,659 pounds, a takeoff fuel weight of 103,000 pounds, a calculated fuel burn of 68,700 pounds, and a gross weight at landing of about 394,000 pounds; however, the airplane's flight data recorder (FDR) data showed that the FMS erroneously determined the gross weight at landing to be 295,000 pounds. The Board's investigation determined that this discrepancy likely occurred as a result of the flight crew either 1) entering the zero fuel weight in the FMS computer's gross weight field or 2) entering a zero fuel weight that was 100,000 pounds less than the airplane's actual weight. Despite the erroneous weight value entered into the FMS, the flight crew accomplished the takeoff using reference speeds related to the airplane's actual weight. This rotation airspeed correlated to the speed shown on the flight dispatch paperwork. The investigation determined that the flight crew most likely modified the FMS-derived reference speeds for takeoff.

Based on the incorrect landing weight, the FMS calculated an approach speed of 132 knots. The flight crew flew the approach at an airspeed of 136 knots,⁸ which was 15 knots lower than the approach speed needed for the actual gross weight at landing of 394,000 pounds. (Table 2 shows actual and FMS-calculated values based on the flight crew's data entry error for flight 51). To maintain the reduced airspeed, the flight crew flew the approach at an 8° aircraft-nose-up pitch attitude instead of a typical 3° to 4° pitch attitude. During the airplane's flare for landing, the FDR recorded a maximum pitch attitude of 10.9°. According to the operator, "tail clearance tolerances are minimal" while landing at this speed and attitude.

Table 2. Actual and FMS-Calculated Values for Delta Air Lines Flight 51

Item	Actual Value	FMS-Calculated Value
Aircraft Zero Fuel Weight	359,659 lbs	Not Recorded
Aircraft Total Fuel Weight at Takeoff	103,000 lbs	103,000 lbs
Aircraft Gross Weight at Takeoff	462,000 lbs	362,720 lbs
Aircraft Gross Weight at Landing	394,000 lbs	295,000 lbs
Landing Approach Reference Airspeed	151 knots	132 knots

In 2000, Boeing published two technical bulletins⁹ and one magazine article¹⁰ to alert operators about the hazards of incorrect FMS entries after several operators reported erroneous

⁸ The Safety Board's investigation also considered that the flight crew may have selected an approach reference speed by using flipcharts. Delta Air Lines reported that the minimum landing weight indicated in its MD-11 flipcharts was 320,000 pounds. At this landing weight and with 35° flaps, the MD-11 flipcharts indicated an approach reference speed of 132 knots.

⁹ On March 31, 2000, Boeing issued a flight operations technical bulletin for operators of the 737, 757, 767, 777, and 747-400 titled "Inadvertent Entry of Zero Fuel Weight (ZFW) into the Gross Weight (GW) Line of the FMC flight management computer." On June 8, 2000, Boeing issued a flight operations bulletin for all B-717, MD-90, MD-10, MD-11, and FMS-equipped MD-80 airplanes.

¹⁰ The July 2000 issue of *Boeing Airliner* magazine included the article "Erroneous Takeoff Reference Speeds."

takeoff reference speeds that were calculated from incorrect gross weights. The bulletins identified the type of FMS errors that had occurred and discussed FMS operation, airplane weights, and FMS-generated takeoff speeds. The bulletins also focused on the inadvertent entry of the zero fuel weight value into the gross weight field in the FMS. The information emphasized that the most effective solution would be for operators to adopt a policy that flight crews enter only the zero fuel weight into the FMS and permit the system to then compute takeoff gross weight by adding the fuel weight measured from the fuel quantity gauging system.

The accident involving Singapore Airlines flight SQ286 demonstrates that FMS-related events are continuing to occur despite Boeing's efforts to educate operators about the dangers of incorrect FMS entries. In its final report regarding this accident, the TAIC expressed concern that, because the FMS is not designed to detect and annunciate incorrect entries, it is incumbent on the flight crew to detect any such errors. In this case, the FMS allowed the takeoff reference speeds to be changed to values significantly lower than those it had derived even though the takeoff gross weight had not been changed correspondingly. The TAIC recommended in its report that, because takeoff gross weight is used as a basis for takeoff reference speeds, Boeing should "implement a[n] FMS software change on all various Boeing aircraft models that ensures any entries (such as V speeds and gross weight) that are mismatched by a small percentage are either challenged or prevented."

In a November 17, 2003, response to the TAIC, Boeing indicated that it would "continue to examine the safety recommendation in the context of the broader issue regarding incorrect takeoff speeds" and "will determine whether changes to existing FMS installation may be warranted." Boeing noted its belief that incorporating a change to the FMS to prevent significant changes of takeoff reference speeds would not prevent most accidents resulting from incorrect reference speeds because most of these accidents were the result of incorrect weight entries. Boeing also stated that an FMS warning based on differences in takeoff reference speed would result in nuisance warnings to the flight crew because, in some situations, manually calculated takeoff reference speeds may differ from FMS-calculated speeds by a large amount and yet still be correct. Boeing noted that the speeds calculated by the FMS do not take into account factors such as runway length, runway friction conditions, or improved-climb techniques, which may be considered when calculations are performed manually.¹¹ Therefore, manually calculated takeoff reference speeds can vary significantly from FMS-calculated values. Boeing, in its response to the TAIC, continued:

We are, however, exploring the possibility of checking that the manually entered [rotation reference speed, or V_r] is not significantly lower than the FMS-calculated value. It appears that narrowing the check in this manner [to monitor only V_r rather than all entries, as recommended by the TAIC] may produce the intended safety benefit while avoiding some of the problems mentioned above.¹²

¹¹ The FMS calculates speeds based on a balanced field length, which is the runway length that accommodates both the accelerate-go distance and the accelerate-stop distance.

¹² In June 2004, the Safety Board asked Boeing if there were any updates to the information contained in the November 2003 response to the TAIC. Boeing indicated that there were none.

The Safety Board does not believe that further study is necessary to incorporate changes to the FMS that would prevent changing a takeoff reference speed to a value that would impede the airplane's ability to safely take off. If such FMS logic were installed on flight SQ286, the FMS would have prevented the flight crew from altering the rotation speed to a value 33 knots below the correct value. The Board also disagrees that modifying the FMS software as suggested would result in nuisance alerts because, at the least, the alerts would prompt a flight crew to confirm an entry and, more importantly, would alert a crew to a potential problem. Because Honeywell manufactures FMSs that are installed on numerous airplane models and likely allow similar data entry errors, the Safety Board believes that the Federal Aviation Administration (FAA) should require Honeywell to modify its FMS software to annunciate warnings to the flight crew when a takeoff reference speed is changed by a value that would impede the airplane's ability to safely take off and require all operators of airplanes with Honeywell FMSs to incorporate this software modification.

The circumstances of the accident involving Delta Air Lines flight 51 demonstrate another deficiency with the Honeywell FMS. Although the system has provisions to flag gross weight or zero fuel weight values that are less than a minimum value and will also flag input weight values greater than the maximum takeoff gross weight, it has no method for checking the validity of input weight values that fall between these minimum and maximum values. For example, as was mentioned previously, the FMS determined an incorrect gross weight at landing of 295,000 pounds based on the flight crew's incorrect airplane weight entry before takeoff and a calculated fuel burn of 68,700 pounds during the flight. According to Delta's flight dispatch paperwork for flight 51, the airplane's operating empty weight¹³ was 295,875 pounds and its zero fuel weight was 359,659 pounds. Therefore, the FMS indicated a landing weight that was less than both the airplane's zero fuel weight and operating empty weight, which the system and the flight crew failed to recognize.

One method to verify the validity of weight inputs would be to compare the input gross weight to the airplane's operating empty weight, which airlines typically determine at regular intervals by weighing the airplane. This value may be used for months or even years because an airplane's empty weight does not change significantly over time. If the airplane's operating empty weight were entered and retained by the FMS at regular maintenance intervals, the FMS could perform rudimentary arithmetic error-checks of weight entries. Such a software modification would provide the added benefit that the FMS could not derive an approach reference airspeed based on landing weights that are less than the airplane's zero fuel weight or operating empty weight. Therefore, the Safety Board believes that the FAA should require Honeywell to modify its FMS software to prevent entry of airplane weights that would result in landing weights below zero fuel weight or operating empty weight, and require all operators of airplanes with Honeywell FMSs to incorporate this software modification.

¹³ Airplane operating empty weight is the weight of the airplane without fuel, passengers, cargo, and baggage and is used by the airlines for flight dispatch and aircraft performance calculations.

In the publications that Boeing issued to operators in 2000 informing them of methods to reduce the risk of erroneous takeoff reference speeds, Boeing offered an option that it had developed of using an uplink from the aircraft communications and reporting system to display takeoff weight data on the FMS rather than the flight crew typing in this information. Boeing also indicated that it was investigating an option to inhibit any entry into the gross weight field, which would eliminate the possibility of flight crews erroneously entering zero fuel weight into the gross weight field. The Safety Board considers either of these suggestions to be viable methods of ensuring the integrity of gross weight values. Therefore, the Board believes that the FAA should require Honeywell to modify its FMS software either to inhibit manual entries in the gross weight field or to allow the takeoff gross weight to be uplinked directly into the FMS, and require operators of airplanes with Honeywell FMSs to incorporate this software modification.

Because the investigations of both of the events discussed in this letter have identified error-checking deficiencies in Honeywell's FMS software, the Safety Board is concerned that additional methods for entry errors may exist that have not been detected. Airframe manufacturers, operators, and the FAA may have knowledge of additional FMS erroneous data entry scenarios that could result in unsafe operating conditions. Therefore, the Safety Board believes that the FAA should require Honeywell to conduct a study of its FMS computers to identify any additional improvements that may be necessary for error checking and confirming that the entered takeoff and landing performance information is correct and reasonable.

Finally, because FMSs manufactured by other companies have designs similar to those manufactured by Honeywell, the Safety Board is concerned that they may be susceptible to the same types of data entry errors. Therefore, the Board believes that the FAA should require companies other than Honeywell that manufacture FMSs that are installed on 14 CFR Part 25 airplanes to study their FMS computers to identify any improvements that may be necessary for error checking and confirming that the entered takeoff and landing performance information is correct and reasonable.

Therefore, the National Transportation Safety Board recommends that the Federal Aviation Administration:

Require Honeywell to modify its flight management system (FMS) software to annunciate warnings to the flight crew when a takeoff reference speed is changed by a value that would impede the airplane's ability to safely take off, and require all operators of airplanes with Honeywell FMS computers to incorporate this software modification. (A-05-03)

Require Honeywell to modify its flight management system (FMS) software to prevent entry of airplane weights that would result in landing weights below zero fuel weight or operating empty weight, and require all operators of airplanes with Honeywell FMS computers to incorporate this software modification. (A-05-04)

Require Honeywell to modify its flight management system (FMS) software either to inhibit manual entries in the gross weight field or to allow the takeoff gross weight to be uplinked directly into the FMS, and require operators of

airplanes with Honeywell FMSs to incorporate this software modification. (A-05-05)

Require Honeywell to conduct a study of its flight management system computers to identify any additional improvements that may be necessary for error checking and confirming that the entered takeoff and landing performance information is correct and reasonable. (A-05-06)

Require companies other than Honeywell that manufacture flight management systems (FMS) that are installed on 14 *Code of Federal Regulations* Part 25 airplanes to study their FMS computers to identify any improvements that may be necessary for error checking and confirming that the entered takeoff and landing performance information is correct and reasonable. (A-05-07)

Chairman ENGLEMAN CONNERS, Vice Chairman ROSENKER, and Members CARMODY, HEALING, and HERSMAN concurred with these recommendations.

Sincerely,

Original Signed

Ellen Engleman Connors
Chairman