

ANTHROPOLOGIE APPLIQUÉE

45, rue des Saints-Pères 75270 PARIS Cedex 06

Téléphone : 01 42 86 20 41 - 01 42 86 20 39 - Télécopie : 01 42 61 53 80

E.mail : laa@biomedicale.univ-paris5.fr

UTILISATION DE PARAMÈTRES ERRONÉS AU DÉCOLLAGE

AVERTISSEMENT

Le présent document constitue le rapport de synthèse de l'étude « Utilisation de paramètres erronés au décollage » commandée au LAA par le BEA et la DGAC, à laquelle ont participé les compagnies Air France et Corsairfly.

Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette étude :

- Les membres du groupe de travail (BEA, DGAC, AIR FRANCE, CORSAIRFLY, LAA) pour leur participation assidue et constructive,
- Les personnels d'organismes d'enquêtes étrangers pour les informations transmises,
- Les personnes invitées d'Air France pour leurs avis,
- Les personnes invitées d'Europe Airport pour leur démonstration de l'utilisation de l'ordinateur portable par leurs équipages,
- Les personnels au sol et les équipages d'Air France et de Corsairfly qui ont permis la bonne réalisation des inspections ergonomiques et des vols d'observations,
- Tous ceux qui ont apporté leur contribution à l'élaboration du rapport et à sa traduction en anglais.

SOMMAIRE

AVERTISSEMENT.....	2
GLOSSAIRE.....	4
INTRODUCTION.....	5
<u>1 Analyse bibliographique Facteurs Humains (FH)</u>	<u>7</u>
1.1 Démarche adoptée.....	7
1.2 Liste des articles sélectionnés.....	7
1.3 Définition du problème.....	8
1.4 Saisie dans le FMS.....	8
1.5 Mémorisation des paramètres.....	9
1.6 Le décollage / La détection d'une anomalie.....	11
<u>2 Analyse des procédures et inspection ergonomique.....</u>	<u>15</u>
2.1 Analyse comparative des procédures.....	15
2.2 Inspection ergonomique.....	18
<u>3 Analyse de rapports d'incidents.....</u>	<u>25</u>
3.1 Evènements étudiés.....	25
3.2 Démarche adoptée.....	26
3.3 Résultats des analyses.....	27
3.4 Synthèse des dysfonctionnements relevés.....	37
<u>4 Propositions d'améliorations.....</u>	<u>39</u>
4.1 Barrières physiques.....	39
4.2 Barrières fonctionnelles.....	39
4.3 Barrières symboliques.....	40
4.4 Barrières immatérielles.....	43
4.5 Tableaux détaillés des différentes barrières envisagées.....	44
<u>5 Etude des évolutions au stade de la conception.....</u>	<u>46</u>
<u>6 Enquête Corsairfly.....</u>	<u>47</u>
<u>7 Vols d'observations</u>	<u>50</u>
7.1 Méthode de recueil des données.....	50
7.2 Liste des observations effectuées.....	51
7.3 Observations complémentaires.....	52
7.4 Méthode d'analyse.....	52
7.5 Résultats.....	53
7.6 Synthèse des résultats des observations.....	67
CONCLUSION.....	68
BIBLIOGRAPHIE.....	70
ANNEXES.....	72
Liste détaillée des événements utilisés par le groupe de travail.....	73
Fiches de lecture des articles.....	77
Fiches de lecture des incidents.....	95
Définition des critères ergonomiques.....	108
Sondage Corsairfly.....	110
Questionnaire Concepteurs.....	118

GLOSSAIRE

ACARS	Arinc Communications Addressing and Reporting System
BLT	Boeing Laptop Tool
Carton	Support papier sur lequel figurent les paramètres du décollage
CdB	Commandant de Bord
Cross check	Contrôle mutuel
C/L	Check List
CRZ	Cruise (croisière)
EFB	Electronic Flight Bag
FH	Facteurs Humains
Flex TO	Décollage à poussée réduite
FMS/FMGS	Flight Management System/ Flight Management and Guidance System
FOB	Fuel On Board
FRAM	Functional Resonance Analysis Model
GRWT/GWT	Gross Weight (masse totale)
kt	Nœuds
Laptop	Ordinateur portable
Loadsheet	Etat de charge, devis de masse et de centrage
MAC	Mean Aerodynamic Chord
MCDU	Multipurpose Control and Display Unit
MTOW	Maximum Take Off Weight
ND	Navigation Display
OPL	Officier Pilote de Ligne
PF	Pilote en Fonction
PFD	Primary Flight Display
PLN	Plan de vol
PNF	Pilote Non en Fonction
QFU	Orientation magnétique de la piste
Tailstrike	Toucher de queue
TOW	Take Off Weight
V1	Vitesse de décision
V2	Vitesse de sécurité au décollage
Vr	Vitesse de début de rotation
ZFW	Zero Fuel Weight

INTRODUCTION

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 prématuées 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. Ces rapports sont consultables sur le site du BEA : www.bea.aero.

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.

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.
- 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.
- 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.
Le modèle FRAM (Functional Resonance Analysis Model) développé par Erik Hollnagel en 2004 a 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 de barrières physiques ou matérielles, 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 des retours des questionnaires de 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 présent rapport décrit l'ensemble de ces étapes.

1 Analyse bibliographique Facteurs Humains (FH)

1.1 Démarche adoptée

Il s'agit de faire un premier état de l'art concernant les publications FH traitant de cet aspect. L'objectif n'est pas de réaliser une revue exhaustive du sujet mais d'identifier des travaux susceptibles d'aider à la compréhension des erreurs de saisie, ces travaux pouvant se rapporter directement au sujet ou de façon plus générale à l'ergonomie des interactions avec le FMS. Cette revue a été effectuée à partir des bases de données de publications FH auxquelles le LAA a accès (Ergonomics Abstracts...).

1.2 Liste des articles sélectionnés

La recherche bibliographique a permis d'identifier deux types de documents :

Notes des constructeurs

Quelques documents constructeurs (Boeing, Airbus) traitent directement du sujet des « tailstrikes » et des erreurs de calcul des paramètres de décollage.

Deux documents ont été retenus dans le cadre de l'analyse bibliographique :

- Briefing Notes Airbus - Understanding takeoff speeds
- Document Boeing - Erroneous takeoff reference speeds

Ces documents ne sont cependant pas forcément axés sur les problématiques FH. Leur objectif est plutôt une information des compagnies et des pilotes, ils permettent d'avoir une connaissance générale du problème et constituent en ce sens une bonne base de départ d'analyse.

Articles scientifiques Facteurs Humains

La recherche bibliographique n'a pas permis d'identifier des publications FH portant directement sur le sujet.

Au total, huit articles ont été retenus. Ils portent sur les sujets suivants :

- Erreurs liées à l'utilisation du FMS (les études ne concernent pas directement des erreurs liées aux paramètres de décollage).
- Mémorisation des vitesses dans le cockpit (l'étude porte sur les vitesses d'approche).
- Décision de poursuivre ou non le décollage.

Ces articles, s'ils ne portent pas directement sur le sujet, apportent cependant quelques éléments qui peuvent être reliés au thème de l'étude et permettre ainsi de mieux comprendre certains de ses aspects et servir de base à d'éventuelles recommandations.

Le tableau suivant liste les articles sélectionnés, les fiches de lecture associées sont en Annexe.

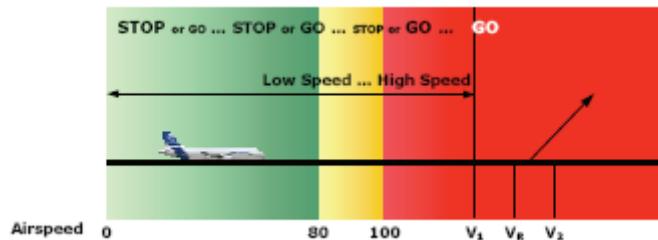
Titre	Auteur	Année
Understanding Takeoff speeds	AIRBUS	
Erroneous takeoff reference speeds	BOEING	
The effect of an advisory system on pilots' go/no-go decision during take-off	T. Bove	2002
Response Time to reject a takeoff	Harris	2003
Difficult access: the impact of Recall steps on Flight Management System errors	K.Fenell	2006
Skill Decay on takeoffs as a result of varying degrees of expectancy	S.M. Stevens	2007
Pilot Interaction with cockpit automation II: an experimental study of Pilots' Model and Awareness of the FMS	N.B. Sarter	1994
When does the MCDU interface work well	L. Sherry	2002
How a cockpit remembers its speeds	E. Hutchins	1995

Tableau 1 : Liste des articles sélectionnés

1.3 Définition du problème

Briefing Notes Airbus - Understanding takeoff speeds
Documents Boeing - Erroneous takeoff reference speeds

Airbus précise que les vitesses de décollage constituent un élément clé de sécurité pour le décollage qui permet de guider les décisions des pilotes dans cette situation très dynamique :



L'utilisation de valeurs erronées peut conduire à un tail strike, un arrêt décollage à haute vitesse ou une montée avec des performances dégradées. Concernant les facteurs humains mis en jeu, Airbus précise que les changements de dernière minute, la pression temporelle ou une charge de travail élevée peuvent être à l'origine d'erreurs dans le calcul des vitesses.

La charge de travail du PF pendant les phases de repoussage ou de roulage étant élevée, les cross checks peuvent être difficiles.

L'étude Boeing définit les différents types d'erreurs susceptibles de se produire en supposant que les valeurs en entrée sont exactes :

- Erreur de conversion de données
- Erreur de sélection de la masse sur l'état de charge
- Erreur de touches lors de la saisie (masse ou vitesse)
- Erreur de sélection de champs lors de la saisie (Perf Init ou TakeOff ref)
- Erreur de sélection du tableau en cas de calcul manuel
- Erreur en utilisant le tableau
- Erreur de sélection des volets hypersustentateurs

Au niveau des marges d'erreurs, Boeing précise que compte tenu des modèles installés dans les FMS, l'erreur est détectée si l'on entre une ZFW trop faible. Par contre, les marges sont telles que l'on peut entrer une ZFW à la place du GW.

1.4 Saisie dans le FMS

Parmi les articles retenus, deux concernent les erreurs de saisie dans le FMS : Fenell (2006) et SHERRY (2000).

Fenell (2006) a mené une expérimentation avec 22 pilotes C130 sur des tâches à effectuer au moyen du FMS. Les erreurs sont classées en quatre catégories :

- Format,
- Insertion,
- Vérification,
- Accès.

Les résultats font apparaître que la majorité des difficultés concerne l'accès à la bonne fonction (erreur d'accès). Les erreurs sont plus nombreuses lorsqu'il n'existe pas une réelle correspondance entre la tâche à effectuer et les fonctionnalités du FMS. Le pilote doit dans ce cas reformuler ce qu'il doit effectuer et faire appel à sa mémoire pour accéder à la bonne page initiale. Si le guidage est de plus insuffisant, les erreurs d'accès se multiplient.

Implications possibles

Les erreurs étudiées dans l'expérimentation de Fenell (2006) ne concernent pas des tâches relatives à la saisie des paramètres de décollage. Elles montrent cependant les erreurs liées aux tâches de saisie de plan de vol. Pendant la phase de préparation, les problèmes d'accès aux pages peuvent provoquer une augmentation de la charge de travail et laisser peu de place à la mémorisation d'autres éléments tels que par exemple les masses de l'avion.

L'étude précédente a montré que l'interface du MCDU est bien adaptée quand :

- La tâche du pilote est supportée directement par une fonction,
- L'accès aux pages et les formats de données sont guidés par des labels ou d'autres indications visuelles.

Sherry (2000) précise que l'interaction peut être décrite par 5 étapes :

1. Reformulation
2. Accès à la bonne interface
3. Formatage des données à entrer
4. Insertion des données
5. Vérification des données insérées

Chaque étape est effectuée soit par un rappel en mémoire à long-terme de l'action à effectuer soit par une reconnaissance de certaines indications de l'environnement. On peut distinguer ainsi les tâches de rappel des tâches de reconnaissance : une tâche est dite de rappel si elle ne possède pas de signaux visuels tels qu'un label saillant ou un message. Dans le cas contraire on parle d'une tâche de reconnaissance.

La reconnaissance est plus robuste et plus rapide. En particulier, la reconnaissance résiste mieux aux interruptions de tâches et à la surcharge de travail.

La conception des futurs systèmes doit en conséquence être guidée par deux grands principes :

- Etablir les tâches et sous-tâches de la mission qui sont supportées par les automates,
- Ajouter des labels, prompts et des feedback suffisants pour permettre aux pilotes de réaliser les 5 étapes décrites précédemment.

De plus, le recours à une interface graphique peut être utile :

- Pour les étapes de reformulation et de vérification. Une représentation graphique peut faciliter la représentation de la situation.
- Les autres étapes peuvent être facilitées grâce à l'utilisation de boîtes de dialogue ou de menus déroulants.

Implications possibles

Cette étude montre l'importance du guidage de l'interface et de l'adéquation de l'interface à la tâche. Ceci est particulièrement vrai pour les interactions liées à la phase de préparation du vol où les interruptions de tâche peuvent être nombreuses.

Si des recommandations de conception sont établies à la suite de l'étude, ces éléments devront être pris en compte. On peut citer par exemple les changements tardifs qui ne sont pas supportés par l'interface et qui demandent une reformulation importante de la part de l'équipage.

L'article suggère d'autre part l'intérêt de l'utilisation d'une interface graphique pour la représentation des données saisies concernant les aspects reformulation et vérification. Ceci pourrait s'appliquer aux données de masses et/ou de vitesses, une représentation graphique des données de masse pourrait en faciliter la vérification et éviter les erreurs de confusion entre ZFW et TOW par exemple (Voir chapitre sur les barrières symboliques).

1.5 Mémorisation des paramètres

Parmi les articles retenus, celui de **Hutchins (1995)** s'intéresse à la mémorisation des vitesses d'atterrissement. L'auteur décrit la façon dont ces vitesses d'atterrissement sont mémorisées dans le cockpit. La mémorisation des vitesses est décrite selon trois approches :

- Une approche procédurale
- Une description cognitive des représentations et processus externes aux pilotes
- Une description cognitive des représentations et processus internes aux pilotes

L'auteur décrit les différentes représentations des valeurs de vitesses en les distinguant selon leur permanence, des plus durables (ex : cartes de correspondances vitesses/Masses) aux plus éphémères comme les verbalisations.

Ces descriptions montrent que si ces vitesses sont mémorisées à l'échelle du cockpit (c'est-à-dire qu'elles sont « connues » par le système constitué de l'avion, des équipements, des documents et de l'équipage), elles ne le sont pas forcément par les pilotes, même en mémoire de travail.

Pour utiliser les résultats de cet article dans le contexte de l'étude, il est assez aisément de procéder à un parallèle entre les vitesses d'atterrissement et les paramètres de décollage :
Comment les masses et les vitesses sont-elles mémorisées dans le cockpit ?

Premier objectif : décoller avec les bonnes vitesses.

La vitesse de rotation V_r est annoncée au PF par le PNF. Le PNF a-t-il besoin pour cela de retenir cette vitesse? Non, la présence des speed bugs ou des indications sur le PFD transforme cette tâche de mémorisation en une tâche de rapprochement spatial pour V_r ou de reconnaissance auditive pour V_1 . Les différentes représentations de ces vitesses dans le cockpit sont liées au contexte précis d'un décollage et persistent donc peu de temps («carton», FMS, PFD). Ces représentations deviennent encore plus éphémères lorsque les valeurs sont annoncées (lors de l'insertion, lors de C/L).

Si l'on considère le cockpit dans son ensemble (FMS, «carton», laptop, équipage, PFD), on peut dire que ces vitesses sont mémorisées.

Chacune de ces représentations permet, mais ne demande pas au pilote de faire appel à sa mémoire. En effet, lorsque le pilote insère les vitesses dans le FMS, suivant la répartition des tâches prévue par la procédure, le pilote fait appel à une mémoire à très court terme ou à une mémoire de travail à court terme. Il ne compare pas forcément cette valeur aux valeurs qu'il pourrait stocker en mémoire à long terme (mémoire de travail à long terme). Ce qui peut expliquer que des erreurs grossières puissent ne pas être relevées.

Avec l'expérience il se peut que les pilotes développent des structures internes à rapprocher avec une structure prévisible de l'environnement (c'est ce que l'on pourra qualifier de connaissance des ordres de grandeur). Cependant la présence des différents supports n'exige pas du pilote qu'il garde ces vitesses en mémoire de travail.

Les représentations plus pérennes des valeurs sont moins vulnérables aux interruptions de tâche.

Objectif intermédiaire : Prendre en compte la bonne masse pour le calcul des vitesses.

Les vitesses de décollage (V_1 , V_r , V_2) sont calculées pour chaque vol prenant en compte :

- des aspects permanents pour l'avion tels que la masse à vide,
- des aspects spécifiques au vol tels que la charge et le nombre de passagers,
- des aspects contextuels tels que la longueur de la piste de décollage et la météo.

Sur les aspects spécifiques au vol les décisions des pilotes peuvent ou non avoir un impact (carburant vs charge). De la même façon que pour les vitesses, si l'on considère l'ensemble du système cockpit (état de charge, «carton», FMS, Laptop, pilotes), on peut dire que les masses sont mémorisées. La masse totale au décollage est un paramètre déterminant pour le calcul des vitesses. Cette masse est selon les modes opératoires, lue, calculée, écrite et/ou saisie. Elle est représentée dans l'avion sur différents supports ayant chacun une pérennité ou une durée de validité plus ou moins importante : état de charge préliminaire, état de charge définitif, «carton», dossier de vol, FMS.

A la différence des vitesses, ces données ont des niveaux de précision qui diffèrent selon les supports. Elles sont soit issues de l'extérieur, soit de calculs, soit d'une saisie, soit d'un calcul par le système. Les différences de précision, de validité, d'unités rendent une comparaison

immédiate sans interprétation quasi impossible. La vérification des ces valeurs passe donc obligatoirement par une manipulation, ce qui conduit les pilotes à stocker ces valeurs (pour une durée plus ou moins longue) dans leur mémoire de travail. Cependant, le nombre de valeurs différentes pour une même masse, le nombre de masses différentes manipulées peut surcharger cette mémoire de travail et rendre difficile voire impossible toute reconstruction interne de la situation à partir de ces différentes valeurs.

Implications possibles

La transposition des notions mises en évidence par l'article d'Hutchins montre que les représentations des masses et des vitesses permettent une mémorisation à l'échelle du cockpit («carton», état de charge, FMS, PFD, laptop) mais pas forcément à l'échelle du pilote :

La présence des différents supports fait que les équipages n'ont pas forcément besoin de stocker les vitesses de décollage en mémoire de travail. Il leur est ainsi difficile de développer une connaissance des ordres de grandeur.

Concernant les données de masse, celles-ci sont manipulées par les équipages (arrondis, transposition d'unités, comparaison de masses proches). Cependant, le nombre de valeurs manipulées est tel que la mémoire de travail peut être saturée en rendant toute comparaison avec des ordres de grandeur difficile.

1.6 Le décollage / La détection d'une anomalie

Parmi les articles retenus, trois s'intéressent plus particulièrement à l'interruption de décollage dans le cas de la détection d'une anomalie : Sarter (1994), Bove (2002), Stevens (2007).

Sarter (1994) a mené une étude avec 20 pilotes expérimentés en simulateur part-task (B737) dans le but d'étudier la compréhension des pilotes du fonctionnement du FMS.

L'une des tâches concerne l'interruption de décollage. Au cours de cette tâche, lorsque l'avion atteint 40 noeuds, on interroge les pilotes sur ce qu'ils feraient pour annuler le décollage. Le but étant d'étudier leur maîtrise du fonctionnement des auto - manettes.

Les résultats montrent que 80% se trompent dans leur réponse. Ceci révèle les manques existants dans les modèles mentaux des pilotes sur la structure fonctionnelle de l'automatisme dans les situations anormales sujettes à pression temporelle.

Ces résultats ainsi que ceux obtenus sur les autres tâches montrent que :

- Il existe des manques dans la compréhension des automatismes par les pilotes,
- l'interface ne facilite pas la compréhension de l'état du système par les pilotes,
- les pilotes ne sont pas forcément au courant de ces manques.

L'auteur souligne que les problèmes ne sont pas inhérents au système mais plus aux limitations dans la façon dont l'intégration des automatismes a été effectué et en particulier dans la répartition des tâches (et des connaissances) effectuées par le système et par les pilotes.

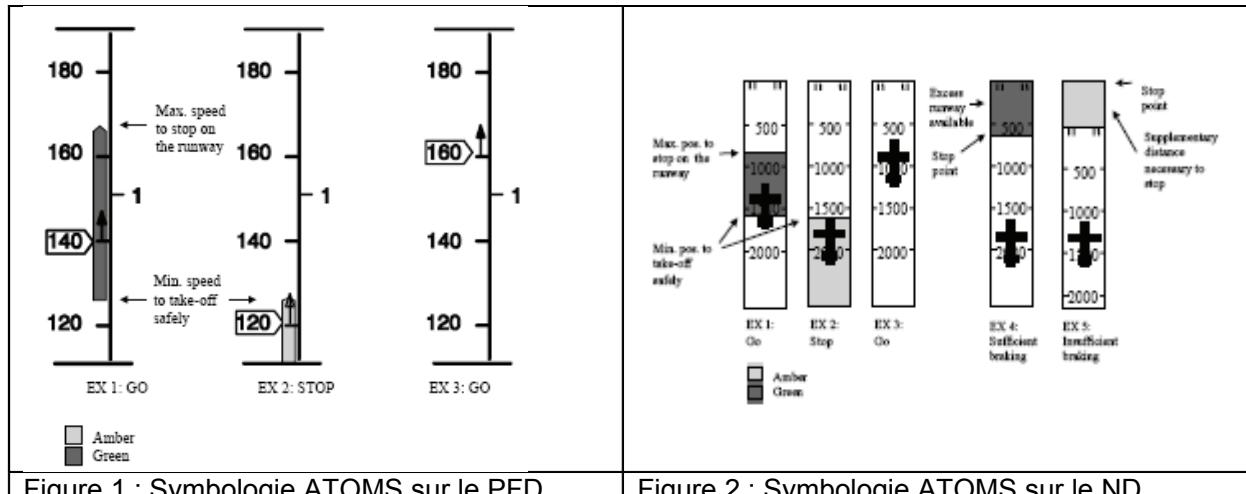
Implications possibles

L'élément le plus intéressant de l'article de Sarter est qu'il ne s'intéresse pas à la saisie des paramètres de décollage. L'étude n'a volontairement pas inclus l'initialisation des performances car "les observations lors de l'entraînement avaient montré que ces tâches ne mettaient pas à l'épreuve les pilotes. L'étude a préféré se concentrer sur les tâches en vol, les tâches au sol étant moins sujettes à la pression temporelle et aux tâches concurrentes ». Ceci montre la difficulté d'observer en simulateur le contexte de préparation des décollages et de reproduire l'ensemble des interactions afin d'avoir une approche vraiment écologique (qui reproduit l'environnement réel de travail) dans l'étude de cette phase. Ceci conforte le choix des observations en vol réel.

Bove (2002) a mené une étude en simulateur à base fixe sur l'apport d'un système (ATOMS : Advisory Take Off Monitoring System) d'aide à la prise de décision concernant la poursuite ou l'arrêt du décollage. Le principe de ce système repose sur une comparaison des performances théoriques de l'avion dans les conditions du jour avec les performances réelles de l'avion. Lors du décollage, des informations graphiques sont présentées sur l'indicateur de vitesse du PFD et sur le ND.

Sur le PFD (Figure 1), en cas de comportement nominal un secteur vert apparaît indiquant la vitesse minimum pour décoller et la vitesse maximum pour s'arrêter. Si l'accélération est inférieure à celle prévue théoriquement, le secteur est ambre et présente la vitesse minimum à atteindre pour décoller.

Sur le ND (Figure 2), un graphique représente la piste. En phase d'accélération, un secteur vert indique l'emplacement minimum à atteindre pour décoller et l'emplacement maximum pour pouvoir stopper l'avion. En cas d'accélération inférieure à celle calculée théoriquement, le secteur est ambre et indique l'emplacement minimum à atteindre. En cas de rejet de décollage, un secteur vert indique que la décélération est suffisante pour arrêter l'avion ; dans le cas contraire le secteur est ambre.



Au total 20 pilotes Airbus A320/330/340 ont participé à cette étude. Chacun a été confronté à 6 différents scénarios avec et sans ATOMS (ou inversement) :

- A. Situation nominale
- B. Problème de freinage
- C. Feu moteur
- D. Problème moteur + Feu
- E. Masse erronée et faible accélération mais qui reste dans les marges de sécurité prédéfinies.
- F. Alerte ATC

Les résultats montrent que la présence du système ATOMS n'a pas eu d'influence significative pour les scénarios A, B, E et F. Pour le scénario B, le système ATOMS a permis aux équipages de détecter le problème de freinage et d'interrompre le décollage. Pour le scénario D, l'apport d'ATOMS a été significatif au niveau de la vitesse à laquelle la décision d'interrompre le décollage a été prise. Le scénario E qui se rapporte directement à notre étude est celui où une masse erronée a été insérée. Le scénario débute cependant alors que les données de masse et vitesses sont déjà entrées dans le FMS. Au cours de ce scénario, les marges de sécurité diminuent (le secteur reste vert mais diminue). Il s'agit donc de déterminer si la présence du système dans un cas où les marges de sécurité diminuent peut avoir un effet secondaire et influencer l'équipage dans le sens d'un abandon de décollage, ce qui n'a pas été le cas pour les 10 équipages participants.

Implications possibles des résultats

Les résultats de cette expérimentation ont montré l'intérêt du système ATOMS pour la détection de certaines anomalies. Si le décollage est entamé avec une V1, Vr erronées ou une poussée inadéquate, le système peut permettre de détecter un comportement non nominal de l'avion.

Il faut cependant noter que les résultats doivent être considérés avec prudence, l'utilisation d'un simulateur fixe pour la phase de décollage limite en effet les facteurs pouvant influencer la prise de décision des pilotes. Il serait intéressant d'interroger les constructeurs pour savoir si d'autres expérimentations ont été menées (sans être publiées) et/ou si d'autres systèmes similaires sont

à l'étude. Un système approprié pourrait constituer une ultime barrière en cas de non détection préalable d'erreurs dans les paramètres de décollage.

D'autre part, l'article est particulièrement intéressant dans l'approche que l'auteur adopte pour décrire les facteurs pouvant influencer la décision de poursuivre ou d'arrêter le décollage.

Les premières parties sont en effet consacrées à une description des aspects principaux de la phase de décollage puis aux problèmes de traitement de l'information et d'évaluation des risques sur les décisions de continuer ou d'interrompre le décollage.

L'auteur met en relief le fait que la décision doit être prise sous pression temporelle alors qu'elle implique des risques élevés. Elle doit être basée sur des informations incomplètes, complexes et changeant dynamiquement.

L'auteur distingue trois phases conduisant au rejet ou non du décollage :

1) le diagnostic

Il se fait à partir :

- d'événements discrets
- de signaux continus :
 - l' "écoulement" visuel en dehors du cockpit
 - Les petites secousses au roulage (ou plutôt écarts entre les secousses)
 - Le système vestibulaire
 - L'indicateur de vitesse : la différence entre la vitesse actuelle et la vitesse dans 10 secondes est une mesure de l'accélération instantanée
 - Le taux d'accroissement de la poussée moteur

Les pilotes peuvent avoir des difficultés à interpréter ces signaux car d'autres facteurs viennent influencer le temps nécessaire au décollage (masse, température, altitude...)

2) le pronostic

Il s'agit d'être capable de faire des inférences fiables, par exemple projeter que l'accélération actuelle est suffisante. Il peut s'avérer difficile de voir ou d'estimer la fin de la piste (les pilotes n'appliquent pas forcément la bonne force de freinage), on note un effet de surestimation ou sous estimation en fonction de la visibilité des côtés de la piste.

3) la prise de décision.

Le diagnostic et le pronostic vont conduire à la prise de décision : rejeter ou continuer le décollage.

Les facteurs qui peuvent influencer la décision au profit d'une poursuite du décollage sont :

- V1 donc on peut décoller avec un seul moteur,
- Possibilité d'augmenter la poussée,
- Incertitude possible sur le calcul de V1,

Implications possibles

L'article a mis en évidence les difficultés associées à la détection d'une anomalie et à la prise de décision lors du décollage. En particulier, l'auteur souligne que V1 est considérée comme la référence dans la prise de décision, alors que si l'un des éléments ayant servi au calcul des vitesses est inexact (par exemple si les moteurs ne délivrent pas la poussée adéquate), V1 calculée ne correspondra pas à une interruption de décollage effectuée en toute sécurité.

Ces éléments pourraient être utilisés dans le cadre d'une sensibilisation des pilotes à ces problèmes prodiguée au cours de leur formation.

Harris (2003) a mené une étude sur un Aerosoft 200 flight trainer (747-200). Au total, 8 scénarios ont été testés par 16 pilotes avec des appels à interrompre le décollage aux vitesses suivantes 60, 80, 90, 100, 120, 130, 135 ou 141 kts (la V1 étant dans tous les cas égale à 141 kts). Les participants ne connaissent pas la vitesse à laquelle a lieu l'appel à interrompre le décollage.

Le calcul des distances d'accélération et d'arrêt pour les aspects certification du FAR/JAR 25 est central pour déterminer les marges de sécurité au décollage.

Dans le calcul de V1, on doit prendre en compte le temps de réaction de l'équipage, le temps d'application des freins, le temps d'activation des inverseurs de poussée et le temps de déploiement des spoilers. Pour mener à bien l'action, plusieurs étapes sont nécessaires :

- 1) Identification du problème
- 2) Analyse et décision
- 3) Appel à rejeter le décollage
- 4) Perception de l'appel
- 5) Cross check avec V1
- 6) Décision
- 7) Action

Sur 114 essais, on dénombre 9 cas où le décollage a été poursuivi. Les résultats montrent que les temps de réponse diminuent avec la vitesse au sol mais augmentent une nouvelle fois à l'approche de V1. Les réponses moyennes correspondent bien à ce qui peut être écrit pour la certification mais lorsqu'on se rapproche de V1, l'écart type augmente.

Implications possibles

Les résultats de l'étude montrent qu'à l'approche de V1, les temps de réaction sont plus longs et qu'en moyenne ils correspondent à ce qui est décrit dans la certification. Cependant lorsqu'on se rapproche de V1, l'écart type augmente, ce qui signifie que des valeurs extrêmes (c'est-à-dire des temps de réaction élevés) peuvent être observées.

Stevens (2007) a mené, en utilisant un simulateur PC, une étude destinée à montrer l'influence du degré de prévisibilité dans les performances pour l'arrêt du décollage. Des étudiants (147) et des pilotes (12) ont participé à l'étude. Les performances ont été analysées en fonction du temps de réaction et de la déviation par rapport à une ligne centrale.

Dans les deux cas les performances se dégradent lorsque les participants ne s'attendent pas à la survenue de l'évènement :

- pour les temps de réponse pour les 2 types de participants
- pour la déviation pour les étudiants

Implications possibles

Ces résultats mettent en relief les difficultés à former les équipages à la phase de préparation du vol et notamment à la prise de décision d'arrêt ou de poursuite du décollage.

Les résultats de cette étude soulignent le peu de données existantes qui concernent la validité du transfert entre les compétences acquises en simulateur lors de situations attendues et leurs applications aux situations d'urgence inattendues.

2 Analyse des procédures et inspection ergonomique

2.1 Analyse comparative des procédures

2.1.1 Description des différentes procédures

AIR FRANCE B777

Les éléments relatifs à la saisie et à la vérification des données de performance au décollage se trouvent dans les documents suivants :

- Procédures normales phases de vol :
 - Préparation préliminaire du poste,
 - Initialisation FMS,
 - Avant mise en route,
 - Avant décollage.
- Procédures normales systèmes :
 - Ces procédures décrivent plus spécifiquement les insertions dans le FMS :
 - FMS - Préparation du poste,
 - FMS - Avant mise en route.

Des éléments relatifs à la vérification des paramètres se trouvent également dans le briefing avant décollage.

En s'appuyant sur ces procédures, l'insertion des données de masse et de vitesses se fait en deux temps dans le FMS :

1. Lors de la phase "Initialisation du FMS", le PF insère les données et le PNF vérifie les insertions. Le PF insère notamment le ZFW prévisionnel. Il sélectionne également la poussée décollage désirée soit par l'intermédiaire de la température fictive soit en choisissant la pleine poussée. Les vitesses de référence calculées par le FMS sont affichées. Et dès que l'état du plein le permet, il est demandé à l'équipage de vérifier le GRWT ainsi que les vitesses de référence.
2. Lors de la phase "Mise en route", l'insertion des données définitives du devis de masse doit être faite par l'OPL en cross check avec le CdB.
Lors de la réception de l'état de charge définitif, celui-ci est vérifié conjointement par le CdB et l'OPL. L'OPL reporte la masse décollage sur le «carton» en la comparant à celle du «carton». L'OPL insère la masse sans carburant (ZFW) dans le FMS et compare le GRWT avec l'état de charge.
Le CdB annonce les paramètres de décollage et l'OPL confirme ou modifie les vitesses de référence.

Cette phase se termine par la "Before start C/L" au cours de laquelle les données FMS relatives au décollage (V1, Vr, V2 et N1) sont annoncées.

Au cours du briefing avant décollage, il est fait un rappel par le PF des paramètres de décollage. Il est précisé que ce briefing est l'occasion de valider les conditions (niveau de poussée, température, état de la piste) prises en compte lors de l'établissement du carton de décollage.

D'autre part, il est recommandé que pendant la phase de vol « décollage », l'affichage MCDU du PF soit *TAKEOFF REF ½* et celle du PNF, *LEGS*.

AIR FRANCE A340

Les éléments relatifs à la saisie et à la vérification des données de performance au décollage se trouvent dans les documents suivants :

- Procédures normales phases de vol :
 - Préparation préliminaire du poste,
 - Départ,
 - Avant Mise en route,
 - Avant décollage.
- Procédures normales système :
 - Ces procédures décrivent plus spécifiquement les insertions dans le FMGS :
 - FMGS - Préparation du poste,
 - FMGS – départ,
 - FMGS - avant mise en route.

Des éléments relatifs à la vérification des paramètres se trouvent également dans le briefing avant décollage.

En s'appuyant sur ces procédures, l'insertion des données de masse et vitesses se fait lors de la phase "départ" :

LE PF insère le ZFW. Il est précisé que tant que le devis de masse définitif n'est pas disponible, l'équipage peut insérer le ZFW pour obtenir les estimations du délestage carburant, du temps de vol et de l'altitude optimum du vol.

Les vitesses V1, Vr, V2 sont également insérées au cours de cette phase.

Les insertions doivent être vérifiées par le PNF.

Lors du briefing départ, la masse au décollage et les vitesses sont rappelées par le PF en s'aidant des pages MCDU.

Lors de la phase "Mise en route", l'état de charge est vérifié et signé par le CdB.

Le carton de décollage est complété et vérifié par le CdB (inscrire la masse de l'état de charge sur le «carton» et la comparer avec la masse prévue du «carton»)

Les données de masse sont actualisées par le CdB.

La ZFW est insérée, les vitesses V1, Vr, V2 sont vérifiées.

Les performances sont complétées par l'OPL.

Cette phase se termine par la "BEFORE START C/L" au cours de laquelle il est vérifié que les performances ont été insérées.

Au cours du briefing avant décollage, il est fait un rappel par le PF des paramètres de décollage. Il est précisé que ce briefing est l'occasion de valider les conditions (niveau de poussée, température, état de la piste) prises en compte lors de l'établissement du carton de décollage.

Il est précisé que si un changement de QFU intervient au cours du roulage, les données V1, Vr et V2 doivent être actualisées après contrôle mutuel.

D'autre part, pendant la phase de vol « décollage », l'affichage MCDU du PF doit être *PERF TO* et celle du PNF *F-PLN*.

AIR FRANCE B747

Les éléments relatifs à la saisie et à la vérification des données de performance au décollage se trouvent dans les documents suivants :

- Procédures normales phases de vol :
 - Préparation préliminaire du poste,
 - Initialisation FMS,
 - Avant Mise en route,

Avant décollage.

- Procédures normales système :

Ces procédures décrivent plus spécifiquement les insertions dans le FMS :

FMS - Préparation du poste,

FMS - avant mise en route,

Des éléments relatifs à la vérification des paramètres se trouvent également dans le briefing avant décollage.

Suivant ces procédures, l'insertion des données de masse et vitesses se fait en deux temps dans le FMS.

Lors de la phase "Initialisation du FMS", le CdB insère les données et l'OPL vérifie les insertions. Les vitesses de référence calculées par le FMS sont affichées. Et dès que l'état du plein le permet, il est demandé à l'équipage de vérifier le GRWT ainsi que les vitesses de référence.

Lors de la phase "Mise en route", l'insertion des données définitives du devis de masse doit être faite par l'OPL en cross check avec le CdB.

Lors de la réception de l'état de charge définitif, celui-ci est vérifié conjointement par le CdB et l'OPL. L'OPL reporte la masse décollage sur le «carton» en la comparant à celle du «carton».

L'OPL insère la masse sans carburant (ZFW) dans le FMS et compare le GRWT avec l'état de charge.

Le CdB annonce les paramètres de décollage et l'OPL confirme ou modifie les vitesses de référence.

Cette phase se termine par la check list "Avant mise en route" au cours de laquelle les données FMS associées au décollage (V1, Vr, V2 et N1) sont annoncées.

Au cours du briefing avant décollage, il est fait un rappel par le PF des paramètres de décollage. Il est précisé que ce briefing est l'occasion de valider les conditions (niveau de poussée, température, état de la piste) prises en compte lors de l'établissement du carton de décollage.

D'autre part, pendant la phase de vol « décollage », l'affichage MCDU du PF doit être *PERF TO* et celle du PNF *F-PLN*.

CORSAIRFLY B747

Les éléments relatifs à la saisie et à la vérification des données de performance au décollage se trouvent dans les documents suivants :

- Procédures normales développées :

CDU - Preflight Procedure,

Preflight Procedure,

Before start Procedure,

Taxi and Before TakeOff procedure.

- Procédures normales supplémentaires

Calcul des performances VIA BLT et réglage du CDU.

Chaque pilote complète son PLN technique à partir de la loadsheet. Le CdB annonce "ZFW_ ", "GRWT_ ", "TOW_ ".

Le CdB insère le ZFW, l'équipage vérifie alors la cohérence du GRWT.

Les données de performance sont ensuite calculées à l'aide du BLT : L'OPL insère la TOW dans le Planned Weight, active la touche CALCULATE et transmet le BLT au CdB.

Le CdB lit à haute voix les données insérées dans le BLT.

L'insertion des vitesses dans la page TAKEOFF REFERENCE est effectuée par le CdB de la façon suivante :

"V1 calculée __(BLT), V1 proposée __(FMS) et insère la V1(BLT) après comparaison idem pour Vr et V2.

L'OPL vérifie et annonce CHECK.

Lors du briefing décollage, le PF annonce "V1__", et "V2__", qu'il lit sur le PFD.

2.1.2 Comparaison des différentes procédures

	CORSAIRFLY 747				AIR FRANCE 747				AIR FRANCE 777				AIR FRANCE 340			
	PF	PNF	CdB	OPL	PF	PNF	CdB	OPL	PF	PNF	CdB	OPL	PF	PNF	CdB	OPL
Départ Initialisation FMS							Saisie ZFW prév.		Saisie ZFW prév.				Saisie ZFW V1,Vr, V2	Vérif ZFW V1,Vr, V2		
Briefing départ													Rappel TOW et vitesses			
Avant mise en route			Saisie ZFW V1,Vr, V2	Vérif ZFW V1,Vr, V2			Vérif ZFW V1,Vr, V2	Saisie ZFW V1,Vr, V2			Vérif ZFW V1,Vr, V2	Saisie ZFW V1,Vr, V2			Actuation ZFW V1, Vr, V2	
Before start C/L					V1, Vr, V2 annoncées par ?				V1, Vr, V2 annoncées par ?				Verif insertion (valeurs ?)			
Before TakeOff																
Briefing décollage					Rappel				Rappel				Rappel			

2.2 Inspection ergonomique

L'évaluation qui a été réalisée sur les interfaces homme-machine du FMS a consisté en une inspection ergonomique sur son utilisation. Elle regroupe un ensemble d'approches faisant appel au jugement d'évaluateurs. Bien que toutes ces méthodes aient des objectifs différents, elles visent généralement à la détection des aspects des interfaces pouvant entraîner des difficultés d'utilisation ou alourdir le travail des utilisateurs. Les méthodes d'inspection se distinguent les unes des autres par la façon dont les jugements des évaluateurs sont dérivés et par les critères d'évaluation à la base de leurs jugements.

Parmi les méthodes d'inspection, celles qui sont les plus utilisées sont : l'analyse de la conformité à un ensemble de recommandations, l'analyse de la conformité à des normes, l'utilisation d'heuristiques et l'utilisation de critères.

Dans le cadre de la présente étude, l'inspection s'est essentiellement basée sur les **Critères Ergonomiques**. Les Critères ergonomiques représentent les dimensions ergonomiques majeures selon lesquelles un logiciel interactif peut être spécifié ou évalué. Une définition de chaque critère est disponible en annexe.

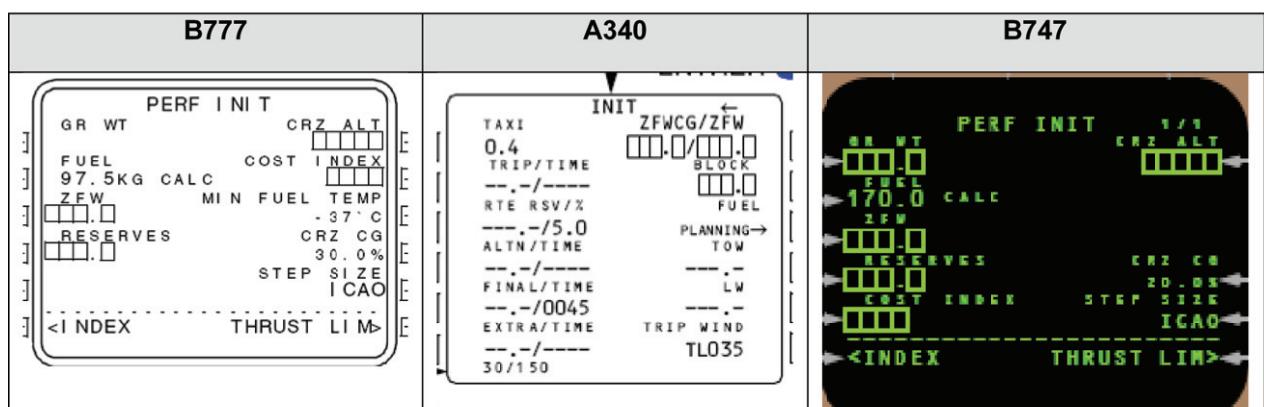
1. Guidage <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Incitation 1.2 Groupement / Distinction entre items <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1 Gr / Dist par la localisation 1.2.2 Gr / Dist par le format 1.3 Feed-back immédiat 1.4 Lisibilité (Non étudiée) 	2. Charge de Travail <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Brièveté <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Concision 2.1.2 Actions minimales 2.2 Densité informationnelle 	3. Contrôle explicite <ul style="list-style-type: none"> Actions explicites Contrôle utilisateur 	4. Adaptabilité <ul style="list-style-type: none"> 4.1 Flexibilité 4.2 Prise en compte de l'expérience de l'utilisateur 	5. Gestion des erreurs <ul style="list-style-type: none"> 5.1 Protection contre les erreurs 5.2 Qualité des messages 5.3 Correction des erreurs 	6. Homogénéité / Cohérence	7. Significance des codes et dénominations	8. Compatibilité
---	---	--	---	--	----------------------------	--	------------------

L'analyse comparative des procédures a mis en évidence 3 écrans principaux concernés par la saisie des données de masse, de vitesse et de performance relatives au décollage. L'inspection ergonomique a porté sur ces trois écrans.

B777	B747	A340
Perf Init	Perf Init	INIT
Thrust Lim	Thrust Lim	
TakeOff ref	TakeOff ref	TakeOff

2.2.1 PERF INIT

Les écrans PERF INIT et/ou INIT contiennent notamment des données relatives à la masse de l'avion (chargé), au centrage et au carburant (ZFW, RESERVES) nécessaires au calcul des performances



Regroupement / Distinction des éléments par le format

Les zones de saisie sont mises en relief à l'aide d'un format de présentation spécifique. Les champs à renseigner sont indiqués par des cases correspondant au nombre maximal de caractères pouvant être saisis.

Pour le B777 :

Doivent être saisis sur cette page le ZFW et les réserves d'une part et d'autre part le COST INDEX et la CRZ ALT et le CRZ CG.

Pour l'A340 :

Doivent notamment être saisis sur cette page le ZFW d'une part, le ZFWCG d'autre part.

Les cases sont de couleur ambre indiquant qu'il s'agit de données obligatoires.

La TOW est indiquée en petits caractères verts, indiquant qu'il s'agit d'une valeur calculée non modifiable.

Pour le B747 :

Comme pour le B777, doivent notamment être saisis sur cette page le ZFW et les réserves d'une part et d'autre part le COST INDEX et la CRZ ALT.

Une ambiguïté demeure sur la possibilité de saisir ou non le GRWT. Comme pour les autres zones de saisie, des cases indiquent le nombre maximal de caractères à saisir. Il conviendrait de vérifier si cette possibilité de saisie n'est pas désactivée en fonction des compagnies.

La procédure CORSAIRFLY précise par exemple :

Do Not Enter the ZFW into the GRWT boxes. The FMC will calculate performance data with significant errors.

Regroupement / Distinction par la localisation

L'agencement en colonne des éléments rentrant en compte dans le calcul de la masse de l'avion facilite les sommes et les comparaisons :

Sur les écrans du Boeing 777 et du Boeing 747, le GRWT calculé par le système est indiqué au dessus du carburant mesuré et du ZFW.

Sur l'écran A340, le TOW est indiqué sous le ZFW et le Block. Cependant pour obtenir le TOW il faut soustraire le taxi qui lui se trouve sur l'autre colonne.

Incitation

Aucune indication n'est disponible dans les trois écrans sur le statut des données : ZFW prévisionnel ou définitif et GRWT/FUEL en évolution lors du plein carburant.

Protection contre les erreurs

Pour le B777 et le B747 :

Le champ ZFW possède des limites hautes et basses ; il n'est pas possible d'insérer des valeurs à l'extérieur de ces limites.

Pour l'A340 :

La plage de valeurs possibles pour le ZFW s'étend de 35.0 à 350t

Aucune protection supplémentaire n'est apparemment mise en place.

Compatibilité

Les documents servant à la saisie du ZFW sont le dossier de vol (les appellations peuvent varier suivant les compagnies : suivi octave, PLN technique) et l'état de charge.

Il est à noter que ces valeurs peuvent sur certains documents être exprimées en kilogrammes alors que la saisie dans le FMS s'effectue en milliers de kilogrammes.

D'autre part, l'ordre des données n'est pas forcément identique. En effet, sur les documents de travail, on trouvera généralement la TOW, somme du ZFW et du carburant, sous ces données.

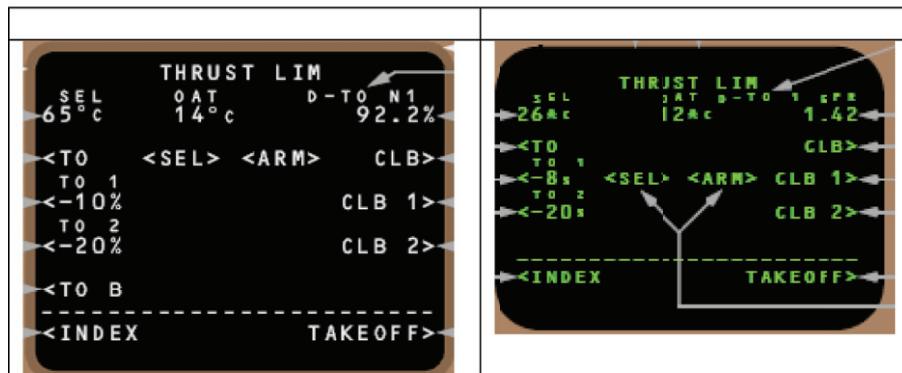
Dossier	FMS
ZFW	GRWT
Carbu TOW	Carbu
TOW	ZFW

Sur les écrans du B747 et du B777, la TOW n'est pas indiquée. Seul le GRWT apparaît. Lorsque l'équipage doit vérifier la cohérence du GRWT, il doit effectuer un calcul pour pouvoir le comparer approximativement à la TOW.

Tous ces éléments induisent des conversions, des calculs, des manipulations de la part des pilotes. Bien qu'individuellement aisées, ces opérations constituent des éléments contributifs de la charge de travail associée à cette phase de préparation et peuvent donc être à l'origine d'erreurs.

2.2.2 THRUST LIMIT

Les écrans THRUST LIM (B777 et B747) vont permettre aux équipages de saisir la température fictive qui permettra d'obtenir une poussée pleine ou réduite pour le décollage.



L'intitulé de la température fictive est SEL.

Si la température fictive sélectionnée est supérieure à celle au sol (OAT) un D est indiqué devant -TO pour préciser que l'on choisit un décollage à poussée réduite.

L'appui sur TO sélectionne une pleine poussée au décollage

Les éléments TO1, TO2 sont non utilisés ou non saisissables par les équipages sur certains modèles ; ces éléments participent cependant à la charge informationnelle.

2.2.3 TAKEOFF

Les pages TAKE OFF (ou TAKE OFF REF) indiquent les paramètres de décollage, notamment les vitesses V1, Vr, V2, les flaps, la température fictive.

B777	A340	B747																																																																																																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">TAKEOFF REF</td> <td>1/2</td> </tr> <tr> <td>FLAPS</td> <td>REF</td> <td>V1</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>135</td> <td>133</td> </tr> <tr> <td>THRUST</td> <td></td> <td>V R</td> </tr> <tr> <td>54 °C D-TO</td> <td>140</td> <td>141</td> </tr> <tr> <td>CG TRIM</td> <td></td> <td>V2</td> </tr> <tr> <td>22 % 6.25</td> <td>148</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>R WY/POS</td> <td>GR WT</td> <td>TOGW</td> </tr> <tr> <td>13R / ---</td> <td>230.4</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td></td> <td>REF SPDS</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>OFF <> ON ></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><INDEX</td> <td>THRUST LIM</td> </tr> </table>	TAKEOFF REF		1/2	FLAPS	REF	V1	15	135	133	THRUST		V R	54 °C D-TO	140	141	CG TRIM		V2	22 % 6.25	148	150	R WY/POS	GR WT	TOGW	13R / ---	230.4	---		REF SPDS			OFF <> ON >		<INDEX		THRUST LIM	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">TAKE OFF</td> </tr> <tr> <td>V1</td> <td>FLP RETR</td> <td>RWY</td> </tr> <tr> <td>VR</td> <td>SLT RETR</td> <td>TO SHIFT</td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>S=185</td> <td>(M)/[]*</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CLEAN</td> <td>FLAPS/THS</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0=200</td> <td>[]/[]</td> </tr> <tr> <td>TRANS ALT</td> <td>FLEX TO TEMP</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4000</td> <td>[]°</td> <td></td> </tr> <tr> <td>THR RED/ACC</td> <td>ENG OUT ACC</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1990/1990</td> <td>1990</td> <td>NEXT</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>PHASE></td> </tr> </table>	TAKE OFF			V1	FLP RETR	RWY	VR	SLT RETR	TO SHIFT	V2	S=185	(M)/[]*		CLEAN	FLAPS/THS		0=200	[]/[]	TRANS ALT	FLEX TO TEMP		4000	[]°		THR RED/ACC	ENG OUT ACC		1990/1990	1990	NEXT			PHASE>	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">TAKEOFF REF</td> </tr> <tr> <td>FLAP/ACCEL RT</td> <td>REF</td> <td>V1</td> </tr> <tr> <td>E/O ACCEL RT</td> <td>REF</td> <td>VR</td> </tr> <tr> <td>1000FT</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>THR EXECUTION</td> <td>REF</td> <td>V2</td> </tr> <tr> <td>FLAPS 5 CLB 1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>WIND/SLOPE</td> <td>TRIM</td> <td>ES</td> </tr> <tr> <td>HOB/HOB.0</td> <td></td> <td>--%</td> </tr> <tr> <td>POD SHIFT</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RW31L 0 DOOR</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>RE-FLT</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3"><INDEX</td> </tr> <tr> <td colspan="3">POS INIT></td> </tr> </table>	TAKEOFF REF			FLAP/ACCEL RT	REF	V1	E/O ACCEL RT	REF	VR	1000FT			THR EXECUTION	REF	V2	FLAPS 5 CLB 1			WIND/SLOPE	TRIM	ES	HOB/HOB.0		--%	POD SHIFT			RW31L 0 DOOR			RE-FLT			<INDEX			POS INIT>		
TAKEOFF REF		1/2																																																																																																												
FLAPS	REF	V1																																																																																																												
15	135	133																																																																																																												
THRUST		V R																																																																																																												
54 °C D-TO	140	141																																																																																																												
CG TRIM		V2																																																																																																												
22 % 6.25	148	150																																																																																																												
R WY/POS	GR WT	TOGW																																																																																																												
13R / ---	230.4	---																																																																																																												
	REF SPDS																																																																																																													
	OFF <> ON >																																																																																																													
<INDEX		THRUST LIM																																																																																																												
TAKE OFF																																																																																																														
V1	FLP RETR	RWY																																																																																																												
VR	SLT RETR	TO SHIFT																																																																																																												
V2	S=185	(M)/[]*																																																																																																												
	CLEAN	FLAPS/THS																																																																																																												
	0=200	[]/[]																																																																																																												
TRANS ALT	FLEX TO TEMP																																																																																																													
4000	[]°																																																																																																													
THR RED/ACC	ENG OUT ACC																																																																																																													
1990/1990	1990	NEXT																																																																																																												
		PHASE>																																																																																																												
TAKEOFF REF																																																																																																														
FLAP/ACCEL RT	REF	V1																																																																																																												
E/O ACCEL RT	REF	VR																																																																																																												
1000FT																																																																																																														
THR EXECUTION	REF	V2																																																																																																												
FLAPS 5 CLB 1																																																																																																														
WIND/SLOPE	TRIM	ES																																																																																																												
HOB/HOB.0		--%																																																																																																												
POD SHIFT																																																																																																														
RW31L 0 DOOR																																																																																																														
RE-FLT																																																																																																														
<INDEX																																																																																																														
POS INIT>																																																																																																														

Regroupement/Distinction par le format

Les zones de saisie sont mises en relief à l'aide d'un format de présentation spécifique. Les champs à renseigner sont indiqués soit par des cases soit par des tirets correspondant au nombre maximal de caractères pouvant être saisis.

Pour le B777 :

Les champs de saisie font clairement apparaître les distinctions entre les données requises et celles qui seront calculées et éventuellement modifiées par la suite (Cases Vs tirets).

En ce qui concerne les vitesses de référence calculées par l'avion, le fonctionnement est le suivant : Lorsque les paramètres nécessaires au calcul n'ont pas été entrés, des tirets sont présents aux emplacements des valeurs à saisir.

Les vitesses calculées apparaissent en petits caractères; lorsqu'elles ont été validées ou modifiées par l'utilisateur elles apparaissent alors en grands caractères.

La température fictive entrée précédemment est indiquée en grands caractères et peut être modifiée.

Pour le B747 :

Les champs de saisie font clairement apparaître les distinctions entre les données requises et celles qui seront calculées et éventuellement modifiées par la suite (Cases Vs tirets).

En ce qui concerne les vitesses de référence calculées par l'avion, le fonctionnement est le suivant : Les vitesses calculées apparaissent en petits caractères; lorsqu'elles ont été validées ou modifiées par l'utilisateur elles apparaissent alors en grands caractères et l'annotation REF qui précédait chaque valeur est supprimée.

Pour l'A340 :

Les vitesses à saisir sont indiquées par des cases ambres tant qu'une valeur n'est pas insérée.

La température FLEX TO TEMP est saisie dans cet écran

Regroupement/Distinction par la localisation

Pour le B777 :

La présence des valeurs de référence non validées à droite de l'écran peut induire l'équipage en erreur dans le sens où il n'apparaît pas clairement que le système ne possède pas de valeurs validées (possibilité pour l'équipage de décoller sans vitesses de décollage saisies dans le système).

Lorsque les vitesses de décollage font l'objet d'un calcul autre que celui proposé par le FMS, les valeurs de référence pourraient être affichées par défaut au centre de l'écran tandis que les champs des valeurs de vitesse à saisir pourraient rester vierges tant que les valeurs calculées par l'équipage n'ont pas été saisies.

Le GWT apparaît sur l'écran PERF INIT et sur l'écran TAKEOFF REF. Dans les deux cas il est calculé par le système et non saisissable. L'affichage de cet élément au même emplacement sur les deux écrans pourrait permettre de diminuer la charge perceptive.

Sur l'écran TAKEOFF REF, la localisation au centre de l'écran est un indice supplémentaire pour le différencier des champs accessibles à la modification.

Protection contre les erreurs :

B777

Les plages de valeurs des vitesses sont de 100 à 300 kt. Aucun contrôle supplémentaire des valeurs n'est effectué, en particulier aucun contrôle sur l'ordre des valeurs entre elles ($V1 < Vr < V2$).

De même aucune alerte du système n'est disponible pour alerter l'équipage sur un écart important entre les vitesses qu'il a saisies et les vitesses de référence qui ont été calculées par le système.

A340

Les plages de valeurs acceptées pour V1, Vr, V2 sont de 100 kt à VMO.

Les zones de saisie (FLAPS, CG) sont distinguées à l'aide d'un format de présentation différent des zones. Les champs à renseigner sont indiqués par des cases correspondant au nombre maximal de caractères pouvant être saisis.

Incitation

Étant donnée la disponibilité des données, la saisie des données de performance dans le FMS ne se fait pas forcément de façon linéaire mais peut passer par une étape préalable où des données hétérogènes (prévisionnelles et/ou définitives) sont saisies. Lors de la saisie définitive des données, l'enchaînement des écrans prévu dans le FMS (PerflInit / thrustLim / TakeOFF ref) n'est alors plus nécessairement en adéquation avec les tâches à effectuer.

Lorsque le pilote n'est plus guidé par l'interface, il doit alors faire appel à sa mémoire dans le choix des pages à afficher et ainsi ne pas suivre l'enchaînement prévu par le système. Ceci peut les conduire à omettre certaines vérifications de relations de dépendance entre les données saisies

⇒ *Ces éléments seront particulièrement étudiés lors des observations.*

Charge de travail / Actions minimales

Une particularité de l'écran du B777 est qu'il comporte une donnée relative à la masse : le GRWT. Cet affichage peut permettre une vérification jusqu'au décollage, cette page étant normalement affichée par le PF. Cependant, et c'est également le cas pour le B747 et l'A340, la totalité des informations à saisir ou à vérifier lors de l'obtention des données de masses définitives n'est pas rassemblée sur un même écran. Ceci peut engendrer des erreurs d'omission ou de non vérification de cohérence entre les données saisies. En particulier, la possibilité de saisir le ZFW sur l'écran TAKEOFF DATA pourrait être étudiée.

Actions explicites

L'effacement des vitesses de décollage par le système n'est pas forcément explicite pour l'utilisateur :

Pour l'A340 :

Cases ambres tant qu'une valeur n'est pas insérée.

Chaque insertion peut être modifiée tant que la phase takeoff n'est pas active.

Si la piste de décollage a changé, le scratchpad du MCDU affiche CHECK TAKEOFF DATA et les vitesses redeviennent ambres.

Pour le B777 :

La modification de la valeur de la température fictive (SEL) entraîne l'affichage du message "TAKEOFF SPEEDS DELETED" qui signifie que les vitesses de décollage (V1, Vr, V2) ont été effacées. L'écran qui permet la saisie de nouvelles valeurs est "TAKEOFF REF". Bien que l'écran THRUST LIM permette à l'équipage d'afficher la page TAKEOFF REF (6R), l'équipage peut très bien, au moyen de la touche 6L ou des touches du clavier, afficher un autre écran et ne pas mettre à jour les vitesses.

Page laissée intentionnellement blanche

3 Analyse de rapports d'incidents

Il s'agit à partir de la lecture des rapports d'incidents d'identifier les problématiques FH associées à ces erreurs de saisie (pression temporelle, ergonomie des interfaces, interruption de tâches...).

3.1 Evènements étudiés

3.1.1 Critères retenus

Les évènements étudiés sont des éléments notifiés dont une des causes identifiées est liée à l'utilisation de paramètres de décollage inadaptés.

3.1.2 Liste

Le tableau suivant reprend l'ensemble des évènements identifiés et les références associées.

N°	Immatriculation	Année	Document
1	B757-200 N505UA	1990	http://www.ntsb.gov/ntsb/brief.asp?ev_id=20001212X22410&key=1
2	B767-300 OY-KDN	1999	http://www.hcl.dk/graphics/Synkron-Library/hcl/dokumenter/Redegorelser/1999/49-99-KDN-UK.pdf
3	B747-100F N3203Y	2001	http://www.ntsb.gov/ntsb/GenPDF.asp?id=ANC02LA008&rpt=fa
4	B747-300 ZS-SAJ	2003	http://www.caa.co.za/resource%20center/accidents%20&%20incid/reports/2003/0263.pdf
5	B747-400 9V-SMT	2003	http://www.taic.org.nz/aviation/03-003.pdf
6	B747-200F 9G-MKJ	2004	http://www.tsb.gc.ca/fr/reports/air/2004/a04H0004/a04H0004.pdf
7	B747-400 F-HLOV	2006	http://www.bea-fr.org/docspa/2006/f-ov061210/pdf/f-ov061210.pdf
8	A330-300 C-GHLM	2002	http://www.tsb.gc.ca/fr/reports/air/2002/a02f0069/a02f0069.asp
9	A321 OY- KBK	2003	Rapport en norvégien- demande de résumé/conclusion en anglais
10	A340-300 F-GLZR	2004	ITA n°4 : http://www.bea-fr.org/francais/rapports/rap.htm
11	A340-300 LN-RKF	2005	Rapport chinois traduit en anglais
12	ERJ190 C-FHIU	2006	Non publié

Tableau 2 : Liste des incidents étudiés

Pour chaque événement, il a été établi un résumé comportant une description succincte de l'événement, des causes identifiées et des recommandations associées. Ces éléments sont reportés en Annexe.

Les évènements 11 et 12 n'ont pas été analysés dans le détail, par manque d'information au moment où l'étude a été effectuée.

3.1.3 Analyse descriptive

Au total, 10 évènements survenus entre 1990 et 2006 ont été étudiés. Ils concernent des avions Airbus (1x321, 1x330, 1x340) et Boeing (1x757, 1x767, 5x747). Les conséquences de ces évènements sont les suivantes :

- 1 avion détruit, 7 membres d'équipages décédés,
- 8 touchers du fuselage, dont :
 - 5 QRF,
 - 1 arrêt décollage,
 - 2 poursuites du vol à destination.
- 1 sans conséquences.

Les équipements des aéronefs utilisés pour le calcul des paramètres de décollage sont les suivants :

- 6 avions équipés de FMS,
 - 4 interrogations ACARS,
 - 1 calcul manuel,
 - 1 laptop.
- 4 avions non équipés de FMS,
 - 2 calculs manuels,
 - 2 laptops.

Cette première description met en évidence la non spécificité des aéronefs impliqués, des équipements utilisés ou des procédures employées. Ceci souligne l'importance d'une étude synthétique pour tenter de mettre en évidence les fragilités du système concernant la saisie des paramètres de décollage indépendamment du type d'appareil, de l'équipement utilisé et de la compagnie exploitante.

3.2 Démarche adoptée

L'objectif de l'étude est de faire ressortir des facteurs communs à l'ensemble des incidents permettant d'expliquer comment ils peuvent se produire et comment il est éventuellement possible d'y remédier. C'est pourquoi, il ne s'agit en aucun cas de refaire l'analyse de chaque incident. L'étude est donc fondée sur les résultats des analyses publiées et ne cherche pas à investiguer plus en profondeur les incidents. Il a pour cela été choisi d'utiliser une approche fonctionnelle dans le but de mettre en évidence les grandes fonctions impliquées dans la saisie des paramètres de décollage.

Le modèle FRAM développé par Erik Hollnagel en 2004 a servi de support à cette étude. Le modèle n'a pas été utilisé dans le but d'analyser les incidents de façon précise, ni de prédire les risques associés à un contexte particulier mais ce sont davantage les principes décrits dans l'approche fonctionnelle qui ont été adaptés. Le modèle s'appuie sur une décomposition du système en fonctions élémentaires.

Pour chacune de ces fonctions, six attributs sont décrits (Figure 3) :

- I : Input ou données d'entrée, ce qui est utilisé ou transformé pour produire le résultat (output),
- O : Output ou données de sortie, ce qui est produit par cette fonction. Constitue le lien avec les fonctions ultérieures,
- P : Pré-condition, c'est-à-dire les conditions requises pour cette fonction soit réalisée,
- C : Contrôle, ce qui supervise ou adapte la fonction,
- T : Temps disponible pour réaliser la fonction,
- R : Ressources, ce qui est nécessaire ou consommé pour traiter la donnée d'entrée (input).

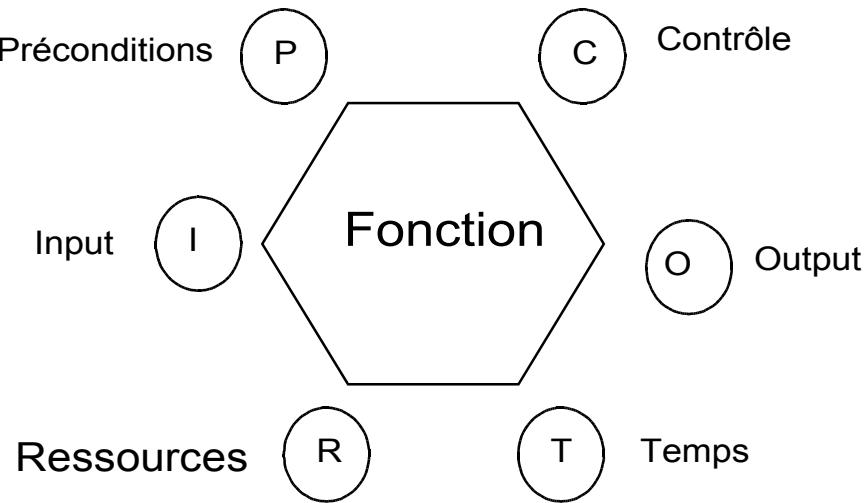


Figure 3 : Fonction FRAM générique

Le concept sous-jacent est que chaque fonction est susceptible d'être soumise à une variabilité. C'est cette variabilité qui engendre une certaine souplesse et permet au système de fonctionner. C'est aussi cette variabilité qui en entrant en résonance avec la variabilité d'autres fonctions peut conduire à la propagation de dysfonctionnements responsables d'incidents ou d'accidents. Pour limiter ces dysfonctionnements, le principe de la méthode est de déterminer les mesures permettant de contrôler et de gérer la variabilité des différentes fonctions (on parlera de barrières).

Dans le cadre de cette étude, la démarche adoptée a été la suivante :

1. Lecture de l'ensemble des rapports d'incidents,
2. Rédaction d'une fiche de lecture dans le but de faire ressortir :
 - Les fonctions mises en jeu,
 - Les dysfonctionnements constatés,
 - Les récupérations ou non récupérations des dysfonctionnements,
 - Les facteurs contextuels.
3. Représentation schématique et synthétique des fonctions et des dysfonctionnements associés,
4. Étude des barrières possibles permettant la non propagation des dysfonctionnements.

3.3 Résultats des analyses

3.3.1 Fiches de lecture

Les fiches de lecture réalisées pour chaque incident sont reportées en Annexe.

3.3.2 Liste des fonctions identifiées

Les fonctions identifiées concernent l'ensemble de la chaîne d'obtention, de saisie et de vérification des données nécessaires au décollage.

Même si les modalités diffèrent suivant les avions, les équipements et procédures, toutes les fonctions peuvent être classées en quatre grandes catégories :

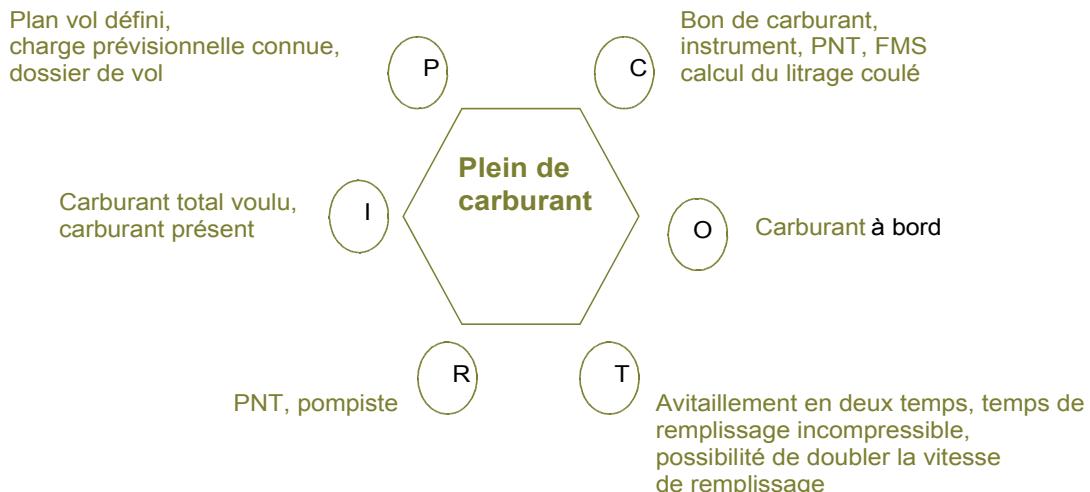
- Obtention des données de masse (*schémas en kaki dans le document*),
- Calcul des vitesses de décollage (*schémas en bleu dans le document*),
- Saisie des paramètres dans le FMS quand il existe (*schémas en violet dans le document*),
- Affichage des vitesses (*schémas en bleu foncé dans le document*),
- Décollage (*schémas en vert dans le document*).

Les fonctions identifiées dans chacune des catégories sont détaillées dans le tableau reporté en annexe.

3.3.3 Obtention des données de masse

On distingue d'une part le plein de carburant et d'autre part l'obtention de l'état de charge (ou loadsheet).

Plein de carburant :



C'est l'équipage qui va déterminer le carburant total dont il a besoin. D'un point de vue purement théorique, il a besoin de son dossier de vol (notamment son plan de vol) ainsi que de la charge de l'avion.

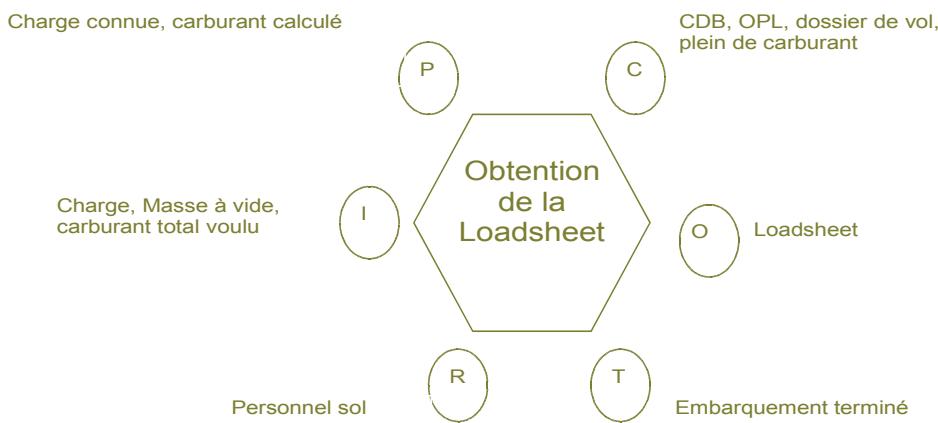
Cependant, le temps de remplissage étant incompressible, il n'est pas envisageable de procéder au plein de carburant une fois la charge connue (c'est-à-dire une fois l'embarquement terminé). Les équipages peuvent adopter la stratégie suivante pour faire face à cette variabilité dans l'heure de disponibilité des données de charge : des estimations peuvent être effectuées sur des données de charge prévisionnelle et le plein de carburant est effectué en partie. Les dernières tonnes sont "coulées" à la fin de l'embarquement lorsque la charge définitive est connue.

Un des autres éléments de variabilité de cette fonction réside dans la communication entre les personnes au sol et l'équipage. Selon les escales, les procédures adoptées ne sont pas identiques et les informations ne circulent pas toujours de façon optimale.

Un contrôle efficace (même si tardif) de la valeur du carburant à bord est obtenu grâce aux équipements de l'avion : la valeur du carburant à bord (indiquée par le FMS ou une jauge) évolue en temps réel en fonction de l'avancement du plein et éventuellement de la consommation de l'APU. Un contrôle peut également être effectué sur la quantité de carburant coulée ; en effet le degré de précision des jauge est plus élevé lorsque les réservoirs contiennent peu de carburant. Le carburant à bord peut ainsi être estimé plus précisément en ajoutant le carburant restant à la quantité coulée.

L'efficacité de ce contrôle fait que le problème ne résidera pas dans cette fonction mais plus dans le lien qui doit exister entre cette fonction et l'obtention de l'état de charge (Voir ci-après).

Obtention de l'état de charge :



La loadsheet ou état de charge est le document de référence nécessaire à l'équipage pour connaître les masses et le centrage de l'avion.

Les données nécessaires sont notamment la masse de base, la charge et le carburant :

- Le carburant n'est pas directement obtenu à partir du carburant à bord, il s'agit du carburant décidé par l'équipage. C'est un des facteurs de variabilité de la fonction, la concordance entre le carburant considéré et celui réellement à bord fait donc partie des éléments à vérifier (Voir Figure 4).
- La charge ne peut être connue qu'une fois l'embarquement terminé et c'est là un des facteurs de la pression temporelle.

L'heure de disponibilité de l'état de charge est un des principaux facteurs de variabilité. Plusieurs versions de ce document peuvent se succéder ; l'état prévisionnel parfois utilisé pour la décision en carburant est finalement remplacé par une version définitive communiquée à l'équipage après la fin de l'embarquement.

Le commandant de bord est responsable de la validation de l'état de charge. Cependant, ce dernier n'est pas nécessairement présent dans le cockpit lorsque celle-ci est reçue (électroniquement ou sous format papier). L'état de charge peut ainsi être pris en compte par un seul membre d'équipage lors de la réception puis vérifié ultérieurement.

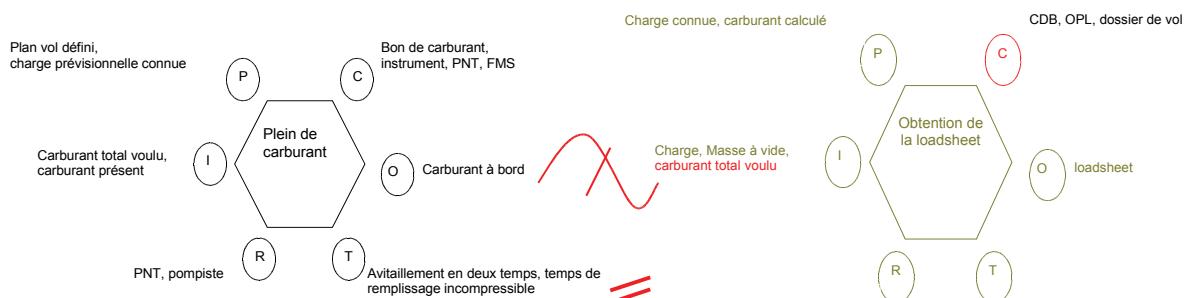
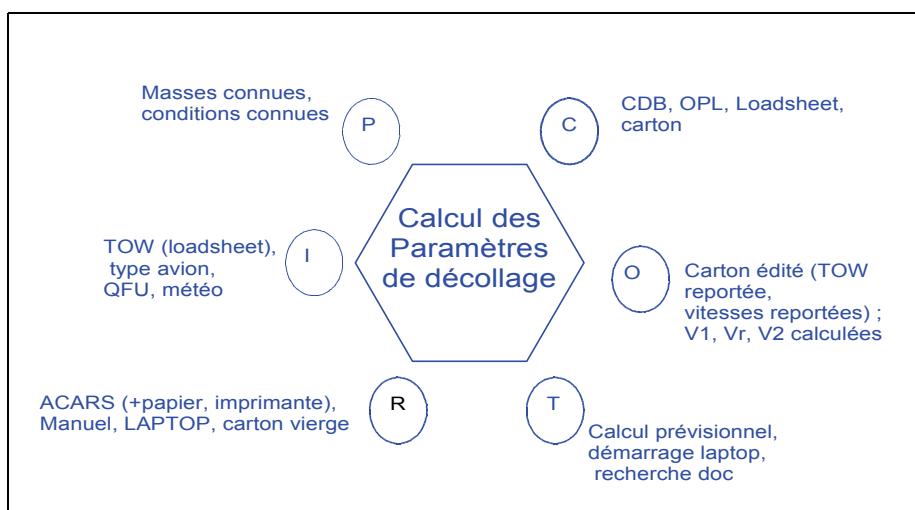


Figure 4 : Lien erroné entre plein de carburant et obtention de l'état de charge

3.3.4 Calcul des paramètres de décollage

Plusieurs modes opératoires existent : le calcul des vitesses peut être manuel ou informatique, il peut être effectué par les équipages (documentation, laptop) ou de façon déportée (transmission ACARS par exemple).



L'un des éléments entrant dans le calcul des paramètres de décollage est la masse au décollage. Celle-ci, comme indiqué précédemment, n'étant connue que tardivement les équipages travaillent parfois avec des données prévisionnelles.

En fonction des équipements à bord et des procédures, cette masse utilisée dans le calcul des paramètres est saisie soit dans ACARS, soit dans un Laptop, soit reportée manuellement. Il s'agit d'une des étapes déterminantes pour l'ensemble du processus de calcul et de saisie des paramètres de décollage comme nous le verrons par la suite dans les dysfonctionnements constatés.

D'autres éléments entrent en compte dans le calcul des paramètres et concernent les conditions externes à l'avion. Ces conditions (notamment la piste utilisée ou la météo) sont susceptibles de changer pratiquement jusqu'au décollage, ce qui implique alors une forte pression temporelle dans le calcul des paramètres. Cela peut affecter l'efficacité des procédures prévoyant des contrôles croisés entre les membres d'équipage.

Divers équipements peuvent servir de support à ces calculs. L'indisponibilité de l'un d'eux peut amener à changer les modes opératoires et induire une variabilité importante dans l'exécution de cette fonction :

- ACARS inopérant,
- Batterie d'un laptop déchargée ou inopérante...

De la même façon, le degré d'expérience de l'équipage dans l'utilisation d'un équipement apparaît comme un autre facteur de variabilité (par exemple la non maîtrise des paramètres conservés par défaut).

En sortie de cette fonction, on trouvera dans la majorité des cas le carton de décollage (rempli manuellement ou imprimé à partir d'ACARS ou du laptop). Sur ce «carton», on retrouvera les éléments ayant normalement servi au calcul ainsi que les vitesses obtenues.

Parmi les 10 événements étudiés, 9 sont concernés par un dysfonctionnement majeur s'étant produit lors de la réalisation de cette fonction.

- Dans 2 cas, les dysfonctionnements sont liés au vol précédent :
 - Utilisation des paramètres de masse de l'atterrissement,
 - Utilisation des paramètres de masse du décollage précédent dans le laptop.
- Dans un cas, le manuel utilisé pour le calcul des vitesses ne correspondait pas au type avion.

- Dans 6 cas, la masse utilisée pour le calcul est erronée :
 - Saisie de la ZFW à la place de la TOW dans ACARS,
 - Saisie de la ZFW à la place de la TOW dans le laptop,
 - Saisie de la ZFW à la place de la TOW dans le laptop,
 - Saisie (et utilisation) d'une TOW erronée sur le «carton»,
 - Saisie (et utilisation) d'une TOW erronée pour interrogation ACARS,
 - Calcul déporté avec une TOW erronée transmise.

Ces dysfonctionnements mettent en évidence l'inefficacité des contrôles de cette fonction.

Comment le contrôle de cette fonction est-il effectué?

Un premier contrôle (simple cross check sur la valeur saisie) est potentiellement effectué lors de la saisie des données de masse (dans ACARS, dans le laptop) ou lors du report de la masse sur le «carton» (en cas de calcul manuel). Le principal élément de variabilité concerne ici la disponibilité des deux membres d'équipage lors de cette saisie. La tâche sera éventuellement effectuée par l'OPL seul.

Même une saisie en cross check ne garantit pas l'absence d'erreur, comme le montre l'un des incidents étudiés : le commandant de bord annonce la valeur à insérer et vérifie l'insertion effectuée par l'OPL. Cependant, le commandant de bord ne lit pas la bonne valeur, annonce donc une valeur erronée et la vérification de la saisie est inefficace.

La saisie de la ZFW à la place de la TOW peut être due à deux types d'erreur différents :

- Le pilote sait qu'il doit saisir la TOW et prend la valeur de la ZFW,
- Le pilote pense qu'il doit saisir la ZFW et saisit la ZFW. Il s'agit dans ce cas d'une interprétation erronée des attentes du système et l'intitulé du champ ("Planned TOW", ...) s'il est un guide pour le pilote, ne constitue pas une barrière suffisante.

Un double calcul (ou une vérification du calcul a posteriori) peut aussi être utilisé en particulier lorsque le calcul est manuel ou lorsqu'un laptop est utilisé. Ce double calcul peut cependant être perturbé par différents éléments contextuels (indisponibilité d'un équipement, changement tardif, pression temporelle). Enfin pour que ce contrôle soit efficace, ce n'est pas seulement le calcul qui doit être fait en double mais également la sélection des données en entrée : dans l'un des incidents étudiés, le commandant de bord effectue le contrôle du calcul sans vérification de la TOW et utilise donc la TOW erronée pour vérifier les vitesses et trouve ainsi les mêmes valeurs (fausses) que le copilote.

L'analyse des vitesses obtenues constitue également un des éléments de contrôle de la fonction. Cependant, les équipages ne possèdent pas forcément d'éléments de comparaisons leur permettant de détecter des valeurs inadaptées à l'avion, au vol et aux conditions du jour. D'autre part, les éléments entrant dans le calcul des vitesses peuvent avoir des valeurs inhabituelles qui vont rendre difficile la détection par l'équipage de valeurs de vitesses non compatibles avec les conditions du jour :

- Altitude et température élevées,
- QNH élevé, températures basses.

En cas de présence d'un «carton», les éléments en entrée de la fonction de calcul peuvent être vérifiés a posteriori (concordance avec l'état de charge et/ou le FMS).

Certains éléments contextuels peuvent venir perturber la fonction de vérification.

Dans 2 événements, la TOW est proche de la MTOW. Il est possible que ceci ait joué un rôle lors de la vérification des données provenant d'ACARS, la MTOW étant présentée juste au dessus de la TOW. Lorsque l'équipage (ou l'un des membres d'équipage) compare la TOW saisie dans le FMS (ou la TOW de l'état de charge) avec celle prise en compte dans le calcul des vitesses, il peut se «tromper» de ligne et lire la valeur de la MTOW (proche de la TOW) à la place de la TOW (erronée). L'équipage peut ainsi "trouver" la valeur qu'il cherchait même si celle-ci n'est pas au bon emplacement. La figure suivante présente un exemple d'impression ACARS où la TOW et la MTOW sont à des emplacements proches.

DRY RUNWAY MTOW=166,000 KG		STRUCT
FLAPS	-	85
MAX TOW	-	166-5
ACT TOW	-	163-5
ACT %MAC	-	19-1
FIELD CLIMB	-	230-3
OBSTACLE IMP CLIMB	-	195-5
IMP CLIMB	-	194-9
 FULL THRUST:		 29
MIN-MAX ALT STD	=	166-7FT
ACCL ALT	-	-
ASSUME T=57C:	-	-
VR	-	133
MIN-MAX ALT STD	=	139-1FT
ACCL ALT STD	=	168-13FT

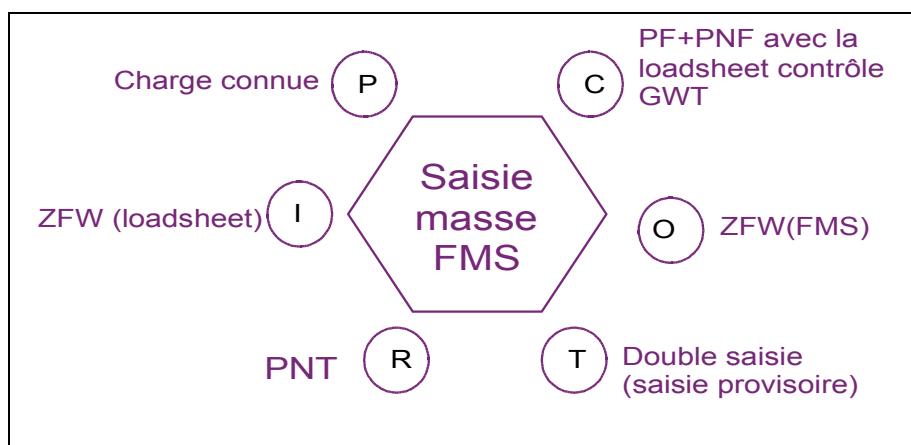
Figure 5 : Exemple d'impression ACARS

3.3.5 Saisie des données FMS

Lorsque l'avion est équipé d'un FMS, on distingue d'une part la saisie de la masse sans carburant (ZFW) et d'autre part la saisie des vitesses (V1, Vr, V2).

La fonction "automatique" de calcul des vitesses de référence est disponible sur certains FMS.

Saisie des données de masse



La saisie de la masse dans le FMS concerne la masse sans carburant.

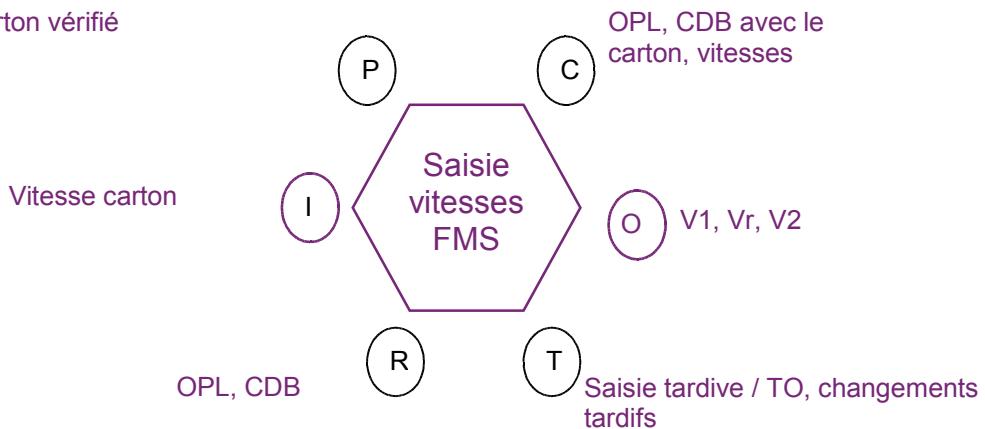
Celle-ci, suivant la disponibilité des données (connaissance de la charge finale en particulier) peut être faite en deux temps en se basant au départ sur des données prévisionnelles. La charge ne peut être connue qu'une fois l'embarquement terminé et c'est là un des facteurs de la pression temporelle.

Plusieurs éléments peuvent permettre la bonne exécution de cette fonction. Un contrôle de cohérence est possible lorsque les pleins de carburant sont effectués. Le GWT peut alors être rapporté au TOW. Un contrôle pourra être effectué à partir de l'état de charge lors de la validation de celui-ci.

Une fois l'état de charge validé, la valeur de la masse à vide n'est normalement plus sujette à variation et ne doit pas donner lieu à une nouvelle saisie (contrairement aux valeurs de vitesse, comme indiqué ci-après). Des changements de dernière minute peuvent cependant intervenir et la nouvelle saisie d'une masse dans le FMS peut avoir des implications sur d'autres fonctions comme celle de saisie des vitesses dans le FMS (les vitesses peuvent dans certains cas être remises à zéro).

Saisie des vitesses dans le FMS

Carton vérifié



Les vitesses saisies dans le FMS proviennent de la fonction « Calcul des paramètres ». Ces vitesses proviennent soit du carton de décollage lorsqu'il existe soit directement de l'écran d'un laptop.

Comme nous l'avons vu dans la description de la fonction de calcul, la disponibilité tardive des éléments de masse d'une part et d'autre part la possibilité de changement tardif des conditions externes à l'avion sont susceptibles d'induire une forte pression temporelle pour la saisie de ces éléments. Dans un des incidents étudiés, suite à un changement de masse, les données de vitesse sont introduites par le PNF pendant le roulage.

La vérification de la bonne exécution de cette fonction peut être possible grâce à une vérification directe avec les valeurs présentées sur le «carton» (égalité stricte, mêmes unités utilisées).

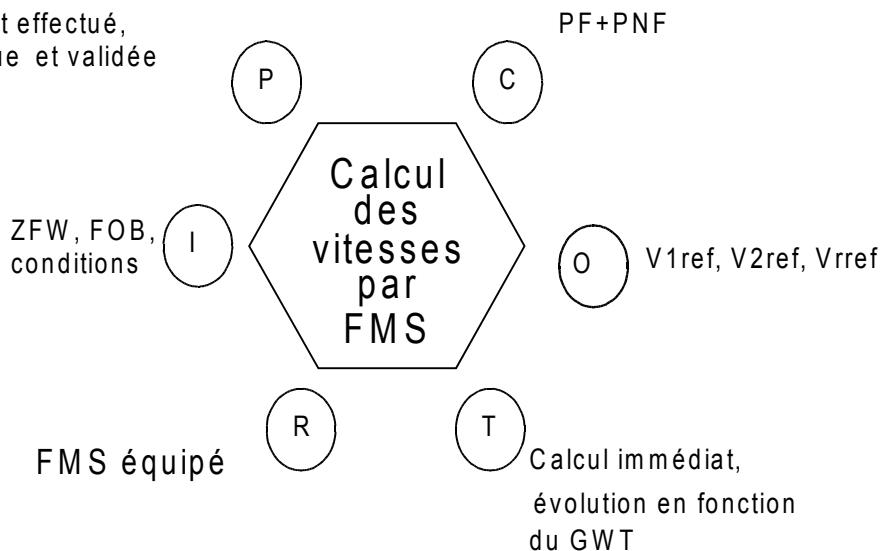
Dysfonctionnements identifiés.

Dans 6 des 10 événements étudiés, l'avion est équipé d'un FMS. Dans un de ces 6 cas, le dysfonctionnement majeur est associé à cette fonction. L'erreur porte sur V1 : il s'agit d'une faute de frappe associée à un changement tardif effectué sans cross check.

Dans les 5 autres cas, les valeurs de vitesses saisies sont erronées. L'erreur provient de la fonction de calcul des paramètres. Comme lors de la vérification du calcul, la saisie de ces valeurs constitue une des étapes où l'incohérence des valeurs avec la charge de l'avion et les conditions du décollage pourrait être détectée. Cependant, la vérification simple de concordance des éléments saisis avec les éléments présentés sur le «carton» ne permet pas de détecter l'erreur.

Calcul des vitesses dans le FMS

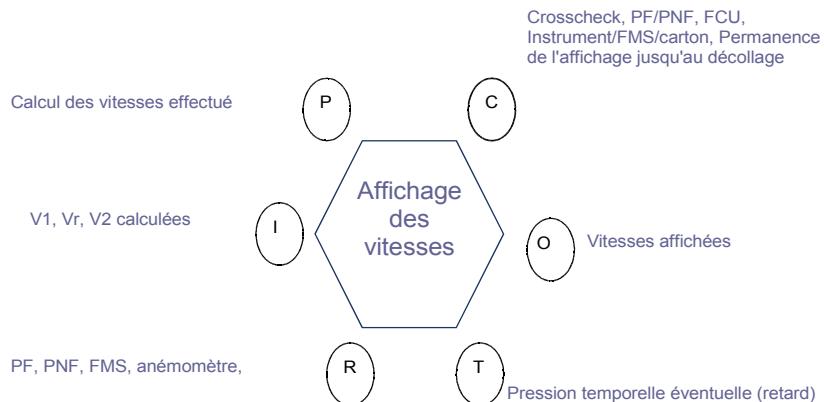
Plein de carburant effectué,
Loadsheet obtenue et validée



Certains FMS peuvent calculer des vitesses de référence V1, Vr, V2. Même si le calcul ne prend pas en compte l'ensemble des paramètres (comme la condition, sèche ou mouillée, de la piste), même si ces vitesses ne sont pas certifiées, leurs valeurs peuvent néanmoins être affichées et utilisées lors du contrôle de la fonction de saisie des vitesses.

Il apparaît cependant que cette fonctionnalité était disponible dans deux des événements étudiés mais qu'elle n'a pas permis à l'équipage de détecter les erreurs dans le calcul des vitesses.

3.3.6 Affichage des vitesses



Lorsque l'avion n'est pas équipé d'un FMS, les vitesses sont reportées au moyen d'index sur l'anémomètre.

Comme dans le cas de l'utilisation d'un FMS, les vitesses affichées proviennent de la fonction calcul des paramètres. Ces vitesses proviennent soit du carton de décollage lorsqu'il existe, soit directement de l'écran d'un laptop. Comme dans le cas de la fonction de calcul, la disponibilité tardive des éléments de masse d'une part et d'autre part la possibilité de changement tardif des conditions externes à l'avion induisent une forte pression temporelle pour la saisie de ces éléments.

La vérification de la bonne exécution de cette fonction peut être possible grâce à une vérification directe avec les valeurs présentées sur le «carton» (égalité stricte, mêmes unités utilisées). La position relative des index de vitesses ainsi que la redondance des affichages constituent également des aides au contrôle des valeurs.

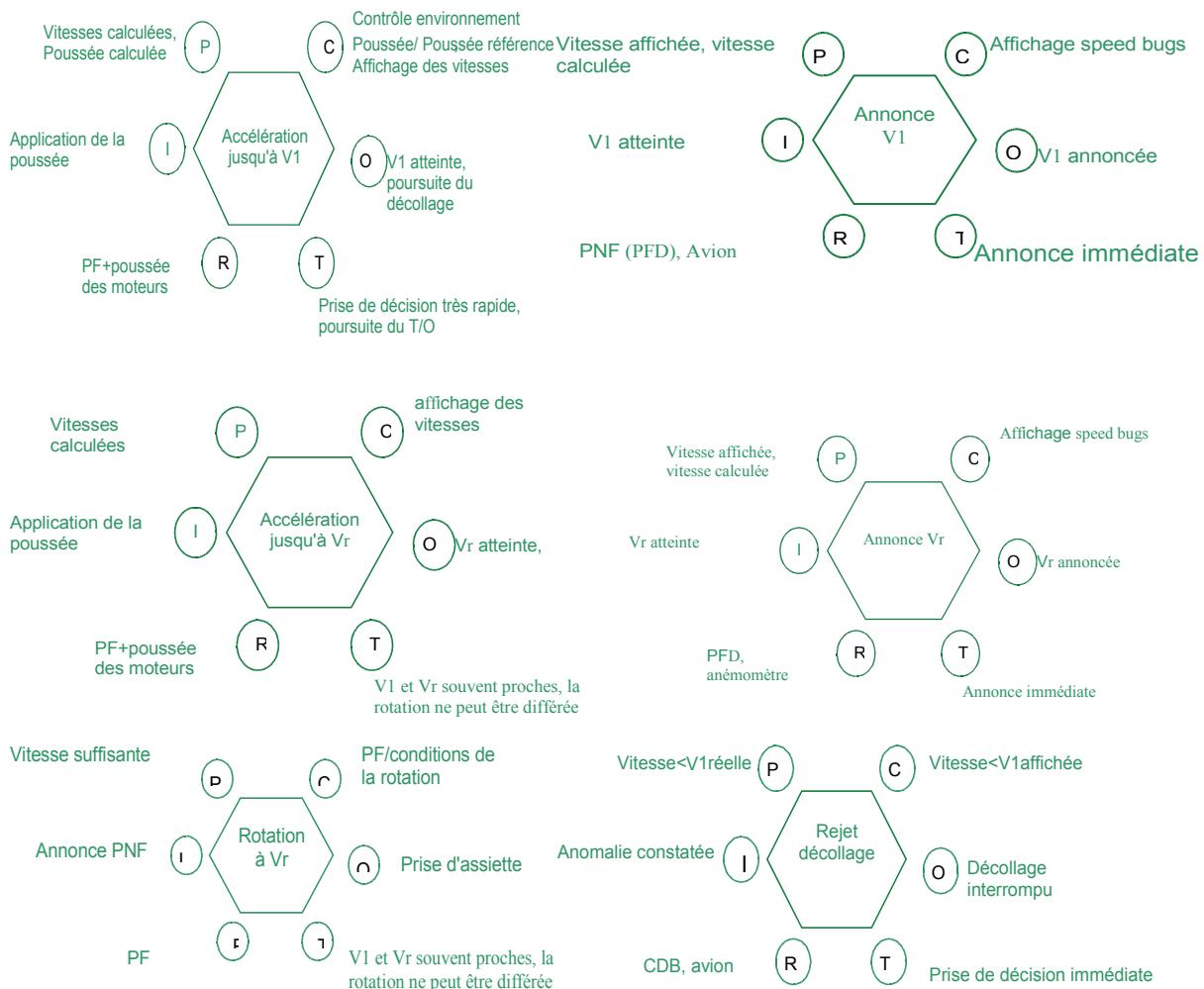
Dans les 4 cas étudiés où l'avion n'était pas équipé de FMS, ces éléments n'ont cependant pas permis de détecter les erreurs provenant en amont de la fonction de calcul des paramètres.

3.3.7 Décollage

La phase de décollage est composée des étapes suivantes :

1. Accélération jusqu'à V1,
2. Annonce de V1,
3. Accélération à Vr,
4. Annonce Vr,
5. Rotation à Vr.

La détection d'une anomalie avant V1 peut amener le commandant de bord à interrompre le décollage.



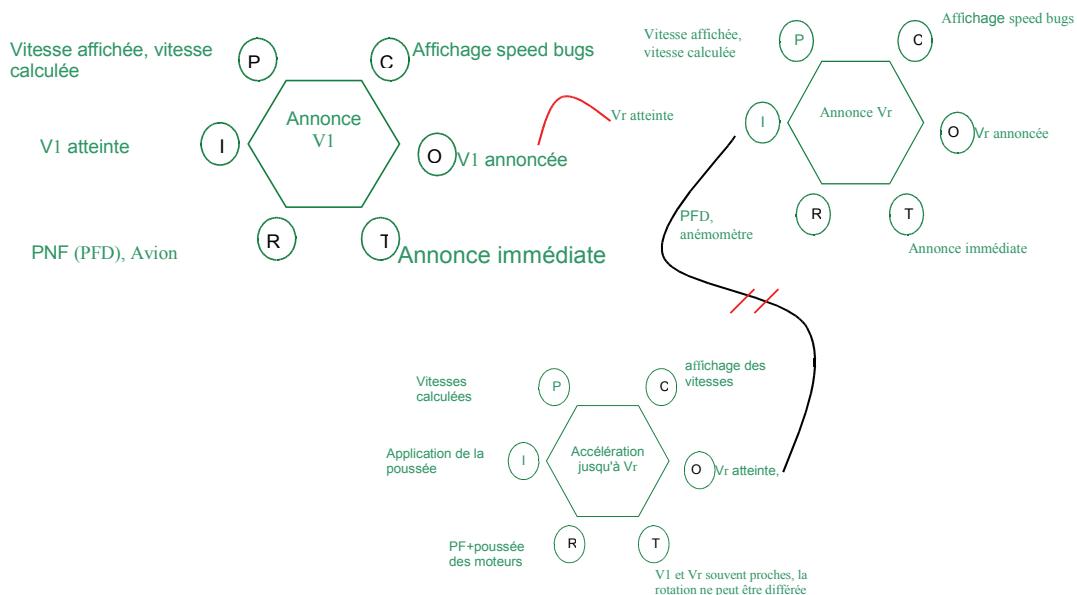
Lors de l'accélération jusqu'à V1, l'équipage dispose de plusieurs éléments lui permettant de détecter une anomalie (Voir revue des aspects Facteurs Humains dans le chapitre précédent). V1 constitue une référence dans la décision de poursuivre ou d'interrompre le décollage. Cependant cette référence provient d'une valeur calculée et en cas de valeur erronée, les éléments de sécurité (soit un arrêt possible avant la fin de la piste soit une poursuite avec un moteur en panne) ne sont plus garantis.

Des éléments contextuels tels qu'un rolling takeoff peuvent rendre plus difficile la détection d'un comportement inhabituel de l'avion.

L'annonce de V1 peut, selon les avions, être effectuée par le PNF (grâce à la lecture de l'indication sur le PFD ou l'anémomètre) ou par l'avion lui-même.

Dans un des incidents étudiés, l'équipage a perçu un comportement inhabituel de l'avion et a pris la décision d'interrompre le décollage après la V1 affichée mais avant la V1 réelle.

L'annonce de Vr est effectuée par le PNF (grâce à la lecture de l'indication sur le PFD ou l'anémomètre). L'annonce ne peut être différée et dépend uniquement de la vigilance de celui-ci. Dans un des incidents étudiés, le PNF a annoncé Vr juste après V1 alors que dans ce cas V1 était erronée et Vr exacte. V1 et Vr étant « habituellement » très proches, le PNF peut avoir l'habitude d'effectuer l'annonce juste après l'atteinte de V1. Le dysfonctionnement provient ici du lien erroné fait par le PNF entre l'atteinte de V1 et l'atteinte de Vr. Ceci souligne la pression temporelle exercée sur le PNF dès qu'il détecte le signal signifiant que Vr est atteinte ainsi que l'insuffisance du contrôle sur cette fonction. Le contrôle est basé sur l'affichage des marqueurs sur le PFD. Le marqueur de Vr n'est pas visible au départ et peut être difficile à distinguer du marqueur représentant V1.



3.4 Synthèse des dysfonctionnements relevés

L'analyse précédente a mis en évidence les dysfonctionnements observés lors des incidents étudiés. Contrairement aux premières hypothèses émises lors du commencement de l'étude, ils ne correspondent pas à des « erreurs de saisie de masse dans le FMS » ; ils ne sont en effet pas associés directement à la fonction « Saisie masse FMS » mais aux fonctions « Calcul des paramètres de décollage » et « Saisie des vitesses dans le FMS ».

Le tableau suivant illustre ce constat en distinguant pour chaque incident les données de masses et vitesses exactes (en noir) et celles erronées (en rouge) :

	État	Carton	Accars	Laptop	Ordi	FMS	FMS ref	Anémo
N505UAZFW	ZFW	ZFW						
TOW	TOW	TOW						
V1		V1					V1	
Vr		VR					VR	
V2		V2					V2	
OYKDN ZFW	ZFW		MTOW			ZFW		
TOW	TOW	TOW	TOW	TOW	TOW			
V1		V1	V1		V1	V1		
Vr		VR	VR		VR	VR		
V2		V2	V2		V2	V2		
N3203Y ZFW	ZFW	ZFW						
TOW	TOW	TOW						
V1		V1					V1	
Vr		VR					VR	
V2		V2					V2	
ZSSAJ ZFW	ZFW							
TOW	TOW	TOW	TOW					
V1		V1	V1				V1	
Vr		VR	VR				VR	
V2		V2	V2				V2	
9VSMY ZFW	ZFW	ZFW				ZFW		
TOW	TOW	TOW				TOW		
V1		V1				V1	V1	
Vr		VR				VR	VR	
V2		V2				V2	V2	
9GMKJ ZFW	ZFW	ZFW						
TOW	TOW	TOW				TOW		
V1		V1				V1	V1	
Vr		VR				VR	VR	
V2		V2				V2	V2	
FHLOV ZFW	ZFW					ZFW		
TOW	TOW	TOW				TOW		
V1		V1				V1	V1	
Vr		VR				VR	VR	
V2		V2				V2	V2	
CGHLM ZFW	ZFW	ZFW				ZFW		
TOW	TOW	TOW	TOW			TOW		
V1		V1	V1			V1	V1	
Vr		VR	VR			VR	VR	
V2		V2	V2			V2	V2	
OYKBK ZFW	ZFW	ZFW				ZFW		
TOW	TOW	TOW				TOW		
V1		V1				V1	V1	
Vr		VR				VR	VR	
V2		V2				V2	V2	
FGLZR ZFW	ZFW	ZFW				ZFW		
TOW	TOW	TOW	TOW	TOW	TOW			
V1		V1	V1	V1	V1	V1	V1	
Vr		VR				VR	VR	
V2		V2				V2	V2	

Tableau 3 : Synthèse des données exactes et erronées

Points clés

Les éléments clés qui ressortent de cette description détaillée sont :

- La pression temporelle relative à l'obtention des données de masse¹,
- Les changements tardifs,
- La disponibilité des ressources matérielles ou humaines,
- L'insuffisance de la connaissance des ordres de grandeur permettant de lever le doute sur des valeurs de vitesses inadaptées à l'avion et aux conditions du jour,
- Les fonctions de contrôle.

L'étude des incidents met en évidence l'inefficacité des fonctions de contrôle. Les contrôles sont souvent des comparaisons élément par élément. Or "un élément faux = un élément faux" est un contrôle exact mais insuffisant. Il n'existe pas en effet de contrôle de cohérence globale.

¹ En effet, ces données ne peuvent être connues avec exactitude qu'au dernier moment (embarquement effectué, plein terminé). Or ces fonctions apparaissent comme des préconditions des fonctions relatives au calcul des vitesses et à la saisie des données dans le FMS.

Cette situation peut conduire les équipages à adopter des stratégies (suivant leur procédure), comme d'effectuer des calculs préliminaires et saisir des données prévisionnelles.

4 Propositions d'améliorations

L'analyse des incidents a mis en évidence les différentes fonctions mises en jeu, la variabilité de ces fonctions ainsi que les contrôles existants (plus ou moins efficaces) permettant une bonne exécution de ces fonctions. L'analyse fonctionnelle a permis de montrer comment la variabilité de certaines fonctions ainsi que les dépendances entre les différentes fonctions peuvent permettre la survenue d'erreur et leur propagation jusqu'au décollage.

Dans le contexte de la préparation du vol, l'objectif des barrières que nous allons étudier est d'éviter les incidents au décollage dus à des paramètres de décollage erronés : Il s'agit soit d'avoir des paramètres exacts, soit de détecter l'anomalie avant V1 (ou même avant 100kts), ou en dernier recours d'éviter le toucher de queue si le décollage a lieu avant Vr.

Différents systèmes permettent de mettre en place ces barrières. On distinguera :

- Les barrières physiques,
- Les barrières fonctionnelles (contrôle lors de la saisie d'un élément),
- Les barrières symboliques (procédures, guidage) qui requièrent un acte d'interprétation pour accomplir leur propos,
- Les barrières immatérielles (politique de sécurité, connaissances de l'utilisateur).

Il ne s'agit en rien de mettre en place l'intégralité de ces barrières possibles :

- Certaines peuvent se trouver redondantes.
- La mise en place de l'ensemble des barrières en particulier les barrières symboliques procédurales alourdirait de façon trop importante la phase de préparation. Or une charge de travail trop importante peut nuire à l'efficacité des barrières symboliques et immatérielles.
- La faisabilité de la mise en place d'une barrière doit être étudiée en tenant compte du contexte opérationnel réel. C'est pourquoi, un des objectifs des observations sera de décrire le contexte afin de tester la validité des différentes barrières.

Les barrières identifiées ont été définies fonction par fonction, elles concernent des barrières fonctionnelles, symboliques et immatérielles. Elles s'appuient sur l'analyse des incidents, sur l'analyse bibliographique et l'inspection ergonomique.

4.1 Barrières physiques

Une barrière physique empêche physiquement un évènement de se produire ou bloque physiquement les effets d'un évènement inattendu.

Certains avions sont équipés de sabot de queue qui pourrait jouer ce rôle de protection mécanique du fuselage. L'expérience a montré que ces systèmes présentaient plus d'inconvénients que d'avantages.

Aucune barrière physique supplémentaire n'a réellement été étudiée.

4.2 Barrières fonctionnelles

Les barrières fonctionnelles sont destinées à limiter les erreurs de saisie, à déléguer aux automatismes les contrôles basiques. Les barrières fonctionnelles sont très résistantes à la pression temporelle et aux interruptions de tâches puisqu'elles ne requièrent pas d'interprétation de la part de l'équipage.

Les barrières possibles concernent :

1. Les équipements où les valeurs de masse doivent être saisies (Laptop, ACARS).

Les contrôles logiciels pourraient être renforcés. La faisabilité des contrôles suivants pourrait être étudiée :

- Comparaison des valeurs avec des vols similaires. En cas de nouveau calcul pour un même vol, comparaison avec les valeurs précédemment calculées,
- Une autre piste de renforcement du contrôle serait la modification de la fonction de saisie. La possibilité d'une redondance dans la saisie pourrait être étudiée : il s'agirait par exemple de saisir la ZFW, la TOW et le FOB.

2. Le FMS.

Un renforcement des contrôles (Voir contrôles existants dans l'inspection ergonomique) pourrait être envisagé :

- Il s'agirait par exemple de vérifier la cohérence entre les 3 vitesses saisies.
- D'autres contrôles basés sur la masse du jour et les conditions du jour pourraient également être étudiés (avec un calcul interne des ordres de grandeur des vitesses par exemple).

4.3 Barrières symboliques

4.3.1 Systèmes

En ce qui concerne les systèmes, les barrières symboliques pourraient être renforcées :

1. Par le calcul et la présentation de vitesses de référence dans le FMS.

Aujourd'hui seuls certains FMS sont équipés de cette fonction. La généralisation à tous les FMS pourrait être envisagée. Les incidents ont cependant montré que la simple présentation de vitesses de référence par le FMS ne constitue pas une barrière symbolique efficace. Un renforcement de cette barrière pourrait être envisagé en prévoyant un message d'alerte en cas d'écart importants, ou un affichage de ces écarts.

2. Par la mise en place d'un système autonome d'évaluation de la masse et du centrage de l'avion.

Certains avions sont d'ores et déjà équipés d'un tel système (type « Weight and Balance ») permettant d'évaluer de façon autonome la masse et le centrage de l'avion. Un premier niveau de barrière possible consiste en l'affichage de cette évaluation. Un deuxième niveau pourrait consister en l'interrogation par le FMS de cette valeur et une comparaison avec les valeurs de GRWT issues de la saisie de l'équipage et de l'évaluation du carburant.

4.3.2 Charge de travail

L'étude des incidents a montré la multiplicité des valeurs manipulées et la relative inefficacité des fonctions procédurales associées au contrôle de ces valeurs. Les différentes notions manipulées (GWT, TOW, MTOW, ZFW, charge, carburant coulé, FOB...), les unités associées (kilogrammes, milliers de kg, tonnes, litres...), les intitulés utilisés (TOW, Planned TOW, ...) rendent toutes les représentations trop nombreuses pour être stockées en mémoire de travail. Les valeurs manipulées perdent alors leur signification, empêchant toute comparaison avec des données utilisées dans un contexte équivalent et qui pourraient, suivant le niveau d'expérience des pilotes, avoir été stockées en mémoire à long terme.

Le renforcement des barrières symboliques ne doit pas être orienté vers un alourdissement des procédures de saisie et de contrôle. L'amélioration des barrières symboliques doit aller dans le sens d'une diminution de la charge de travail, en particulier la charge mnésique ainsi que dans le sens d'une uniformisation permettant de diminuer les erreurs de sélection ou de transposition.

Les améliorations pourraient porter sur :

- Une uniformisation des données manipulées dans les différents contextes (validation de l'état de charge, saisie dans ACARS, saisie dans le FMS) ainsi qu'une optimisation du nombre de valeurs affichées (on pourrait envisager par exemple de présenter certains écarts plutôt que l'ensemble des valeurs),
- Une homogénéisation de la représentation des données et des intitulés («carton», BLT, ACARS, état de charge, bon de carburant, FMS, TU),
- Une optimisation des dénominations (différenciation plus marquée MTOW/TOW),
- Une amélioration de la présentation de certaines données. L'article de SHERRYL (2000) suggère l'intérêt de l'utilisation d'une interface graphique pour la représentation de l'environnement. Ceci pourra concerter d'une part une représentation graphique de la piste avec des indicateurs de l'endroit où les vitesses sont atteintes ou encore une représentation graphique des données de masse (sous forme de barres graphiques superposées par exemple représentant la masse à vide, la charge, le carburant et la MTOW). Ceci pourrait être envisagé sur les interfaces du FMS, du «carton» et/ou du laptop.

L'étude des incidents a montré le peu de robustesse du système face aux changements tardifs. Or l'étude de Fenell (2006) a montré que l'interface du MCDU marche bien quand :

- La tâche du pilote est supportée directement par une fonction,
- L'accès aux pages et les formats de données sont guidés par des labels ou d'autres indications visuelles.

Cette étude montre l'importance du guidage de l'interface et de l'adéquation de l'interface à la tâche. Les systèmes futurs devront être construits en ce sens. L'adéquation aux changements tardifs pourrait être particulièrement étudiée. On peut citer par exemple le changement de piste au départ, qui ne semble pas être une tâche directement supportée par l'interface et qui demande alors une reformulation importante de la part de l'équipage.

4.3.3 Contrôle de cohérence globale

L'amélioration des barrières symboliques de contrôle ne doit pas aller dans le sens d'une augmentation du nombre de contrôles élémentaires. Les contrôles élémentaires sont utiles pour détecter rapidement des erreurs de saisie. Cependant, comme le montrent les analyses d'incidents, ces contrôles sont peu résistants à la variabilité de la disponibilité des ressources (en particulier du CdB) et peu résistants aux interruptions de tâche. Les procédures de contrôle doivent permettre d'aller vers un contrôle de cohérence globale :

- Un des points d'amélioration pourrait consister en une association systématique des données masses – vitesses,
- La persistance de certaines représentations (celles du «carton», de l'état de charge, du FMS), leur accessibilité, l'égalité stricte des valeurs des différentes représentations peut aussi laisser la possibilité à un contrôle mutuel permanent et relativement aisé : la vérification conjointe de ces trois représentations devrait permettre de détecter les erreurs liées à une masse inadéquate prise en compte dans le calcul des vitesses. Ceci pourrait s'apparenter à ce qui a été mis en place par certaines compagnies pour les valeurs des volets hypersustentateurs où un contrôle permet de comparer les différentes valeurs (valeur prise en compte pour les paramètres de décollage, valeur sélectionnée sur la « manette » des volets, valeur affichée par le système).

4.3.4 Roulement au décollage

Le contrôle des fonctions « annonce de V1 » et « annonce de Vr » pourrait être renforcé. La généralisation de la mise en place d'une annonce automatique pour V1 et la mise en place d'une annonce automatique pour Vr pourraient être étudiées. Il faut cependant être particulièrement vigilant car une telle mise en place n'est pas sans effets secondaires (impossibilité d'avoir une annonce différée par exemple).

Un système d'aide à la décision tel que proposé dans l'article de Bove (2002) peut également constituer une ultime barrière. Si le décollage est entamé avec une V1 ou Vr erronées ou une poussée inadéquate, le système peut permettre de détecter un comportement non nominal de l'avion. Comme pour tout système d'alerte, le compromis entre efficacité et nuisance peut être délicat à trouver. Le seuil de déclenchement doit être défini de façon à limiter le nombre de décollages avortés étant donnés les dérangements et risques associés.

4.4 Barrières immatérielles

La mise en place d'une barrière immatérielle peut être plus délicate, les résultats sont moins immédiats et plus difficiles à évaluer. Au vu de l'analyse bibliographique et de l'analyse des incidents, deux axes d'amélioration doivent cependant être étudiés.

4.4.1 Ordres de grandeur

Nous avons vu précédemment que l'absence de présence prolongée des paramètres de décollage en mémoire de travail ne permet pas au pilote de se créer une représentation interne des valeurs. Ce qui explique pourquoi les pilotes ne possèdent pas (ou plus) d'ordre de grandeur des vitesses, rendant ainsi difficile même en cas d'erreur "grossière", le lever de doute sur des valeurs incompatibles avec le vol.

L'un des objectifs des barrières symboliques proposées est de favoriser le stockage des valeurs en mémoire de travail et passage en mémoire à long terme. L'idée suivante est de favoriser chez l'équipage la formulation du problème suivant : A-t-on les bons paramètres de décollage? La résolution ne devrait alors pas être basée uniquement sur les routines et les règles mais aussi grâce à un accès à ses connaissances (Voir le modèle de Rasmussen, 1983). L'idéal serait bien sûr que l'équipage puisse formuler le problème en se basant sur ses connaissances en mémoire à long terme :

Nous avons l'avion de type X, la masse à vide est donc Y.

La charge annoncée est environ Z.

Nous avons décidé d'emporter W de carburant ...

Nous avons donc un total de V.

Que nous pouvons vérifier.

Les conditions du jour sont C1 et C2 donc nous devrions décoller avec des vitesses d'environ XXXX. Que nous pouvons vérifier.

Cette reformulation du problème pourrait au besoin faire appel à une représentation pérenne dans le cockpit de ces ordres de grandeur sous forme par exemple de tableau synthétique représentant une plage de V2 acceptable par rapport aux conditions du jour, même si celui-ci ne couvre pas l'ensemble des cas.

4.4.2 Formation aux situations d'urgence

Un renforcement des barrières opérationnelles peut passer par un renforcement des compétences des équipages. Or le peu d'études existantes sur les fonctions de préparation du vol ou le fait que dans les études existantes la saisie des paramètres de décollage ne soit pas considérée comme une situation critique ("les observations lors de l'entraînement avaient montré que ces tâches ne mettaient pas à l'épreuve les pilotes", Sarter, 1994) montrent la difficulté d'observer en simulateur le contexte de préparation des décollages et de reproduire l'ensemble des interactions afin d'avoir une approche vraiment écologique dans l'étude de cette phase. De plus, les résultats de l'étude de Stevens (2007) soulignent le peu de données concernant la validité du transfert entre les compétences acquises en simulateur lors de situations attendues et leurs applications aux situations d'urgence inattendues (telles que l'arrêt du décollage).

4.5 Tableaux détaillés des différentes barrières envisagées

Calcul des vitesses de décollage

		Efficacité	Renforcement
Barrières fonctionnelles	ACARS Laptop Contrôle logiciel sur l'amplitude des valeurs possibles		<i>Calcul déporté et calcul Laptop</i> Contrôle logiciel (comparaison avec des vols similaires par ex) Possibilité de redondance dans la saisie des paramètres pertinents (par ex ZFW+TOW+FOB) En cas de nouveau calcul, comparaison avec les données précédemment calculées Lien ACARS/FMS
Barrières symboliques	Manuel ACARS Laptop avec «carton» papier Laptop sans «carton» papier	Double calcul Vérification «carton» Cross check lors la saisie des paramètres d'entrée	Uniformisation des systèmes Uniformisation des intitulés Optimisation des dénominations (différenciation plus marquée MTOW/TOW) Uniformisation des données manipulées <i>Manuel</i> Suppression de la documentation relative à un autre appareil Amélioration de la documentation de bord relative au calcul des paramètres de décollage Redondance du calcul des paramètres de décollage Association systématique des données masses-vitesses Vérification conjointe FMS/«carton»/état de charge Amélioration de la présentation des données (masse en particulier, présentation graphique, optimisation du nombre de valeurs affichées ex écart MTOW/TOW) Renforcement de la chaîne de transmission des informations Impression d'un «carton» à partir du BLT Homogénéisation de la représentation des données («carton», BLT, etc.) Association systématique des données Masses - Vitesses (Report simultané sur le «carton»)
Barrières immatérielles	Connaissance des ordres de grandeur		Amélioration de la connaissance des ordres de grandeur Training

Saisie des paramètres dans le FMS

		Efficacité	Renforcement
Barrières fonctionnelles	Contrôle logiciel sur l'amplitude des valeurs possibles	Insuffisance	Renforcement du contrôle logiciel (ordre des valeurs, comparaison à des valeurs habituelles...)
Barrières symboliques	Contrôles croisés lors de la saisie Contrôle par autre PNT Contrôle lors du briefing décollage Comparaison avec les vitesses du «carton», celles fournies par le laptop et/ou par le FMS	Inefficacité en cas d'erreurs antérieures sur les vitesses et Inefficacité en raison de la variabilité dans la disponibilité des ressources et des changements tardifs	Proposition de vitesses par le FMS dans l'ensemble des cas avec message d'alerte en cas d'écart importants ou affichage de ces écarts Procédure de revalidation des paramètres en cas de changements tardifs Amélioration de la présentation des données (masse en particulier, présentation graphique, optimisation du nombre de valeurs affichées (ex. écart TOW, MTOW)) Uniformisation des affichages (compatibilité FMS/«carton») Réalisation conjointe des opérations de vérification Optimisation des dénominations (différenciation plus marquée MTOW/TOW) Vérification conjointe FMS/«carton»/état de charge
Barrières immatérielles	Connaissance des ordres de grandeur	Insuffisante	Amélioration de la connaissance des ordres de grandeur Connaissance de la source des écarts entre calcul par le FMS et autres modes de calcul.

Affichage des vitesses

		Efficacité	Renforcement
Barrières fonctionnelles	Position relative des index de vitesse		
Barrières symboliques	Redondance des affichages (CdB & OPL) Représentation graphique de l'emplacement des vitesses		Procédure de revalidation des paramètres en cas de changements tardifs
Barrières immatérielles	Connaissance des ordres de grandeur	Insuffisante	Amélioration de la connaissance des ordres de grandeur

Décollage

		Efficacité	Renforcement
Barrières fonctionnelles	Position relative des index de vitesse		
Barrières symboliques			Génération automatique de l'annonce par l'avion Fourniture du temps d'accélération à V1 et Vr et représentation graphique du décollage (avec V1 et VR notamment)
Barrières immatérielles		Insuffisante	Connaissance de la valeur de Vr

5 Etude des évolutions au stade de la conception

Afin d'optimiser les éventuelles recommandations sur la conception et la certification des systèmes, il s'avère important de connaître les futures orientations des constructeurs sur le sujet. Un questionnaire (voir en Annexe) a été rédigé et adressé aux différents acteurs concernés (Airbus, Boeing, Honeywell).

Airbus a apporté les éléments de réponses suivants :

A - Quelles sont les évolutions des FMS concernant les paramètres de décollage sur les futurs avions ?

Ci joints les différentes modifications envisagées :

Check des ZFW et ZFWCG inputs range.

Init in ZFW et non GW.

V1/V2/VR inputs check par rapport aux limitations VS1G/VMU, VMCA. Check pour les vitesses de décollage trop basses.

Consistance des V1/V2/VR.

Disponibilité des vitesses de décollage.

Vérification de la position avion par rapport à la piste entrée.

Des fonctions de monitoring et feedback vers l'équipage sont actuellement à l'étude et un dépôt de brevet est en cours sur ces sujets.

B – Enchaînement des pages FMS

Néant

C - Données de masse

C'est la saisie du ZFW qui est aujourd'hui implémentée, il ne sera plus possible d'entrer un GW.

Un contrôleur de range est déjà prévu.

Une étude de faisabilité concernant un système de mesure du GW et du CG est en cours.

D - Données de vitesse

La consistance des vitesses est aujourd'hui en développement ainsi que des limitations sont proposées dans les entrées pilotes. Les limitations viennent de la VS1G, VMU, VMC.

La disponibilité des vitesses sera aussi proposée, à savoir vérifier que des données ont été rentrées.

E – Conduite du vol et paramètres de performance au décollage

Un projet est aujourd'hui en cours et un dépôt de brevet est en cours.

Des études de faisabilité portent en ce moment sur la vérification de la distance de décollage par rapport à la longueur de piste. Un tel système pourrait être embarqué dans un FMS.

L'étude révèlera s'il est nécessaire d'avoir une représentation graphique, cela n'est pas décidé aujourd'hui.

Des fonctions de monitoring et feedback vers l'équipage sont actuellement à l'étude et un dépôt de brevet est en cours sur ces sujets.

F – Autres commentaires :

Néant

6 Enquête Corsairfly

Un questionnaire (Voir en Annexe) a été conçu et distribué à l'ensemble des pilotes de la compagnie Corsairfly. Un total de trente réponses a été obtenu; ce chapitre reprend l'ensemble des éléments synthétisés par la compagnie.

La synthèse porte sur 30 réponses provenant de :

11 OPL : 3 OPL A330
8 OPL B747

19 CdB : 7 CdB A330 dont un TRE
10 CdB B747 dont un TRI et trois TRE
1 CdB 737,
1 CdB TRI sur type d'avion non précisé.

Question 1 « au cours de votre carrière à Corsairfly, vous est-il arrivé de constater que le décollage a été ou aurait pu être effectué avec des marges de sécurité réduites en raison de paramètres erronés ? »

50 % des pilotes ont répondu oui avec les précisions suivantes :

Masses : 5 cas

- 1 erreur sur la masse de base détectée après l'envol lors d'une relecture de la loadsheet.
- 1 erreur d'insertion (B744) de la masse au décollage à la place du ZFW dans le FMS non détectée avant l'envol mais pendant la préparation de l'approche lors du calcul des vitesses.

Il s'agit d'une confusion entre ZFW (180t) et GW (200t) pour un B747 décollant à vide avec 20t de fuel à bord (il s'agit d'un type de vol rare pour un équipage long-courrier).

- 1 erreur d'insertion (A330) du ZFW dans le MCDU au lieu de la TOW détectée à la lecture des vitesses par l'OPL suite à désaccord avec le CdB.
- 1 erreur d'insertion (B744) du ZFW à la place du GW détectée avant le décollage à la relecture du FMS lors des procédures préparation poste.
- 1 erreur d'insertion (B744) dans le BLT (confusion masse atterrissage avec masse décollage) avant insertion dans le FMS détectée avant le décollage par la vérification conjointe du BLT.

Configuration : 2 cas

- 1 erreur (A330) détectée avant le décollage lors du briefing « before take-off »
- 1 erreur (A330) détectée lors des procédures vérification poste (avant le briefing départ).

Vitesses : 2 cas

- 1 erreur de calcul de V1, VR, V2 sur B747 classique détectée lors des procédures « Vérification poste » à l'aide d'une méthode de calcul mental basée sur une relation simple masse/vitesses (la masse de calcul étant juste). La provenance de l'erreur n'est pas précisée ;
- 1 absence d'affichage de la V2 (B744) au MCP (par conséquent non représentation de la V2 sur le PFD) détectée lors de la course au décollage.

Poussée : 1 cas

- 1 erreur (A330) d'affichage de la poussée consécutive à une mauvaise lecture du laptop Airbus : utilisation d'une poussée réduite au lieu d'une pleine poussée. (remarque : ce type d'erreur a conduit au calcul de vitesses erronées.)

En entrant la masse de décollage, les conditions du jour (configuration volets, piste, conditions météorologiques, etc.) le laptop Airbus va déterminer des valeurs de performances pour une poussée réduite. De ce calcul de température fictive (il s'agit de la température pour laquelle la masse de décollage serait la masse maximum autorisée) découlent un EPR ou N1 décollage réduit et des vitesses V1,Vr,V2 dont les valeurs sont sensiblement différentes de celles données pour une masse identique mais à pleine poussée. L'équipage a pris les valeurs de calculs du laptop Airbus alors qu'une raison (qui n'est pas indiquée dans le témoignage) obligeait l'équipage à faire un décollage pleine poussée.

Piste : 5 cas

- 1 erreur d'insertion (B744) de la piste en service dans le FMS détectée avant l'envol lors du briefing avant décollage.
- 1 erreur d'insertion (A330) de la piste dans le FMS détectée avant le décollage lors des procédures vérification poste.
- 1 erreur d'insertion (B737) de la piste liée à une erreur d'insertion de route compagnie (MLA/ORY au lieu de AGP/ORY) dans le FMS, MLA et AGP ayant les QFU 14/32. L'erreur a été détectée lors de la mise en poussée au décollage avec l'apparition de l'alarme « verify INS position » après avoir actionné le « switch TO/GA ».
- 1 erreur d'insertion (A330) de la piste en service détectée avant le décollage lors des procédures vérification poste.
- 1 erreur d'insertion (A330) de la piste liée à une erreur d'insertion de l'aérodrome de départ (TFFF au lieu de TFFR), détectée avant le décollage lors des procédures vérification poste.

Question 2 « quelles sont les principales contraintes auxquelles vous êtes confrontés de la préparation jusqu'au vol ? »

Les réponses sont les suivantes :

- 15 réponses concernant les contraintes temporelles.
- 12 réponses concernant la multiplicité des interventions extérieures lors des procédures préparation et vérification poste avant le départ du parking.
- 2 réponses concernant la connaissance tardive de l'état de charge définitif (présentation tardive de la loadsheet à bord).
- 1 réponse concernant l'incertitude sur le QFU en service.
- 1 réponse concernant la surcharge de travail pour les vols d'instruction.

Question 3 « quelles sont les principales stratégies que vous utilisez pour faire face à ces contraintes et vous assurer que les paramètres de décollages sont corrects »

Les réponses sont les suivantes :

- 1 réponse concernant l'insertion des paramètres estimés dans le laptop, au début de la préparation du poste.
- 2 réponses concernant le calcul des performances selon les éléments estimés lors de la préparation du vol aux opérations.
- 2 réponses concernant la validation de la loadsheet par les 2 pilotes (et non le seul CdB).
- 8 réponses concernant la vérification des calculs en ayant à l'esprit des ordres de grandeur et en utilisant une règle de calcul mental simple « masse/vitesses ».

- 4 réponses concernant le maintien d'un poste de pilotage hermétique lors des procédures de vérification poste.
- 2 réponses concernant l'écriture des valeurs calculées en complément de leur lecture dans le FMS/laptop.
- 4 réponses concernant le maintien d'une prédisposition mentale hermétique à la pression temporelle (« prendre son temps quelque soit l'urgence »).
- 1 réponse concernant la vérification des calculs BLT en les comparant avec les vitesses proposées par le FMS (à la V1 près) après avoir validé la route et la masse FMS par comparaison entre le délestage PV et FMS (page PROGRESS).

Question 4 « Avez-vous des remarques et/ou des suggestions ? »

Les réponses sont les suivantes :

- retour à un carton de décollage simplifié (1 réponse).
- Annonce de la piste lue sur le ND lors du briefing avant décollage (1 réponse).
- Utilisation des deux BLT (2 réponses).
- Mise en place d'une QRH changement de piste/déroulement (1 réponse).
- Limiter les insertions manuelles par les pilotes (1 réponse).
- Alternance CdB/OPL dans les calculs de performances pour ne pas tomber dans la routine d'exécution (1 réponse).

7 Vols d'observations

L'objectif des observations est de prendre en compte tous les aspects opérationnels liés au calcul et à la saisie des paramètres de décollage dans le FMS et de comprendre le contexte de la phase de préparation du vol et des facteurs pouvant se trouver à l'origine de survenue des erreurs. L'observation doit permettre d'analyser les éléments clés identifiés lors des étapes précédentes et de décrire la variabilité des modes opératoires, le flux des données, et les interruptions de tâche.

7.1 Méthode de recueil des données

Sur chaque observation, les données ont été recueillies par deux observateurs à l'aide de deux grilles d'observation distinctes. Une première grille est destinée à recueillir les données se rapportant plus au contexte opérationnel (nombre de personnes dans le cockpit, événements particuliers, phasage de la préparation) ainsi que l'ensemble des communications et verbalisations (Figure 6). La deuxième grille est consacrée à l'activité de l'équipage, elle permet de noter l'ensemble des interactions équipage-système notamment les saisies dans le FMS (Figure 7).

Phases de vol		Communications										Evenements imprévus						
		CDB OPL PNC ATC SOL Autres → CDB OPL PNC ATC SOL Autres																
Arrivée ds cockpit	Equage Observateurs	:	:											Délay passager	<input type="checkbox"/>			
Tour de l'avion	Premier Dernier	:	:											Changement de piste	<input type="checkbox"/>			
Arrivée passagers	Début Fin	:	:											Changement de carburant	<input type="checkbox"/>			
Plein de carbu	Début Fin	:	:											Changement de charge	<input type="checkbox"/>			
Mise en route											15:17 CDB OPL PNC ATC SOL Autres → CDB OPL PNC ATC SOL Autres		15:19 CDB OPL PNC ATC SOL Autres → CDB OPL PNC ATC SOL Autres					
Fermeture des portes											67/80 fu fuel - ce libra? oui, se libra		petit empouement.					
Fermeture porte cockpit													→ CDB → ATC →					
Tractage	Début Fin	:	:															
Taxi	début	:																
Décollage	B puis																	
Sorties équipage cockpit												15:20 CDB OPL PNC ATC SOL Autres → CDB OPL PNC ATC SOL Autres						
H sortie	Capt		H entrée	Capt												Méca: petit impact sur plancher CAB: je veux VSIN --		
:	Capt		:	Capt														
Entrées autres que équipage dans le cockpit																		
H entrée	PNC	Ch av	Méca	H sortie	Capt													
15:20			15:20															
Ki20	PNC	Ch av	Méca		:													
:	PNC	Ch av	Méca		:													

Figure 6 : Exemple d'une page de la grille d'observation « contexte, communications et verbalisations ».

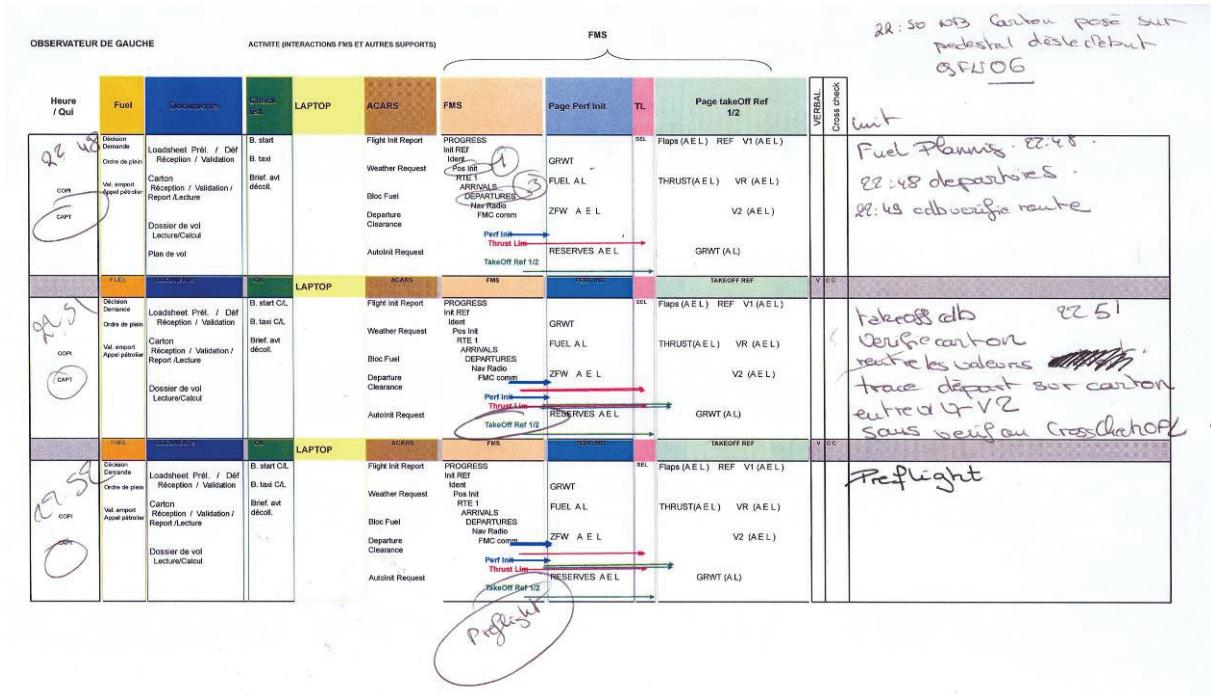


Figure 7 : Grille d'observation « activité, interactions équipage-systèmes ».

7.2 Liste des observations effectuées

Le tableau suivant liste l'ensemble des observations effectuées. Au total, les données ont été recueillies sur 7 rotations opérées en B777, A320, B747 et A330 comportant chacune 2 ou 3 étapes soit un total de 14 vols (Voir tableau ci-dessous).

Rotation	Type avion	Vol	Equipement	Notation
A	B777	CDG-BEY	FMS+ACARS	1-B777-CDG-BEY
	B777	BEY-CDG	FMS+ACARS	1-B777-BEY-CDG
B	B777	CDG-BEY	FMS+ACARS	2-B777-CDG-BEY
	B777	BEY-CDG	FMS+ACARS	2-B777-BEY-CDG
C	A320	CDG-AMS	FMS	4-A320-CDG-AMS
	A320	AMS-CDG	FMS	4-A320-AMS-CDG
D	B747	ORY-FDF	FMS+Laptop	5-B747-ORY-FDF
	B747	FDF-PTP	FMS+Laptop	5-B747-FDF-PTP
	B747	PTP-ORY	FMS+Laptop	5-B747-PTP-ORY
E	B747	ORY-SXM	FMS+Laptop	6-B747-ORY-SXM
	B747	SXM-FDF	FMS+Laptop	6-B747-SXM-FDF
	B747	FDF-ORY	FMS+Laptop	6-B747-FDF-ORY
F	A330	CDG-BKO	FMS+ACARS	7-A330-CDG-BKO
	A330	BKO-CDG	FMS+ACARS	7-A330-BKO-CDG

Tableau 4 : Liste des rotations effectuées.

7.3 Observations complémentaires

Une grille d'observation destinée aux TRE a été conçue pour la compagnie Air France (Annexe). La diffusion de cette grille a été reportée afin de lancer la campagne d'observation une fois que les nouveaux équipements (notamment le laptop) et les procédures associées seront déployés.

7.4 Méthode d'analyse

Pour chaque vol, l'ensemble des éléments reportés sur les deux grilles d'observations a été assemblé et retranscrit de façon à obtenir une vision chronologique complète de l'arrivée dans le cockpit (ou de l'arrivée à la préparation des vols le cas échéant) jusqu'au décollage. Le tableau suivant en présente un exemple.

1	A UTC	B H-mm prév.	C H-mm réel	D OBSERVATIONS	E FMS Gauche	F FMS Droit	G CDB	H OPL	I OBS	J Autres
					PERF INIT	RTE 1	oui	oui	oui	
148	10:08		0:27	Appel PNC pour CDB : manquent 2 passagers. CDB pas de loadsheet, PNC non plus						
149	10:09		0:26	OPL met à jour le QNH dans le BLT	PERF INIT	RTE 1	oui	oui	oui	
150	10:10		0:25	CDB fait annonce PAX pour retard	PERF INIT	RTE 1	oui	oui	oui	
				CDB fit annonce PAX pour retard						
				2 PAX manquants ne sont pas les OBS...						
151	10:11		0:24	Arrivée de la loadsheet finale et info sur déchargeement de 500 kg fret par rapport à ZFW donné par les OPS	PERF INIT	RTE 1	oui	oui	oui	veste orange
152	10:12		0:23	CDB met à jour ZFW dans FMS, saisit 247.5 T et vérifie le GRWT, confirmé par OPL sur le dossier de vol qui ajoute le CG à 19%	PERF INIT	RTE 1	oui	oui	oui	
				OPL donne le BLT à CDB						
				CDB regarde les paramètres et les vérifie de tête, puis les saisit dans FMS avec cross-check de l'OPL sur le FMS. CDB saisit la T ^r fictive et vérifie l'EPR associé						
153	10:13		0:22	OPL donne le BLT à CDB	THRUST LIM	RTE 1	oui	oui	oui	
				CDB regarde les paramètres et les vérifie de tête, puis les saisit dans FMS avec cross-check de l'OPL sur le FMS						
				Saisie des vitesses (147, 162, 172): "V1 FMS, le FMS propose 148, la différence n'est pas significative, j'insère 147..." idem pour Vr, V2.						
154	10:14		0:21	NB : OPL ne voit pas le BLT	T/O REF	RTE 1	oui	oui	oui	
155	10:15		0:20	CDB sauve les données et rend le BLT à OPL	T/O REF	RTE 1	oui	oui	oui	
156	10:16		0:19	PNC : on peut fermer ? CDB : et les 2 pax ? PNC : sont là. CDB : Ah !	T/O REF	RTE 1	oui	oui	oui	PNC
157	10:17		0:18	OK alors on ferme	T/O REF	RTE 1	oui	oui	oui	
158	10:18		0:17	Fermeture des portes	T/O REF	RTE 1	oui	oui	oui	
159	10:19		0:16	CDB appelle SOL pour être informé de la fermeture des portes	T/O REF	RTE 1	oui	oui	oui	
				Before start check-list : 247.5, puis interruption du SOL. CDB : STDBY au SOL						
				Suite C/L : V1, Vr, V2, regarde tous les deux dans le FMS						
160	10:20		0:15	NB : OPL fait sa analyse	T/O REF	RTE 1	oui	oui	oui	

Tableau 5 : Exemple de tableau chronologique d'une observation.

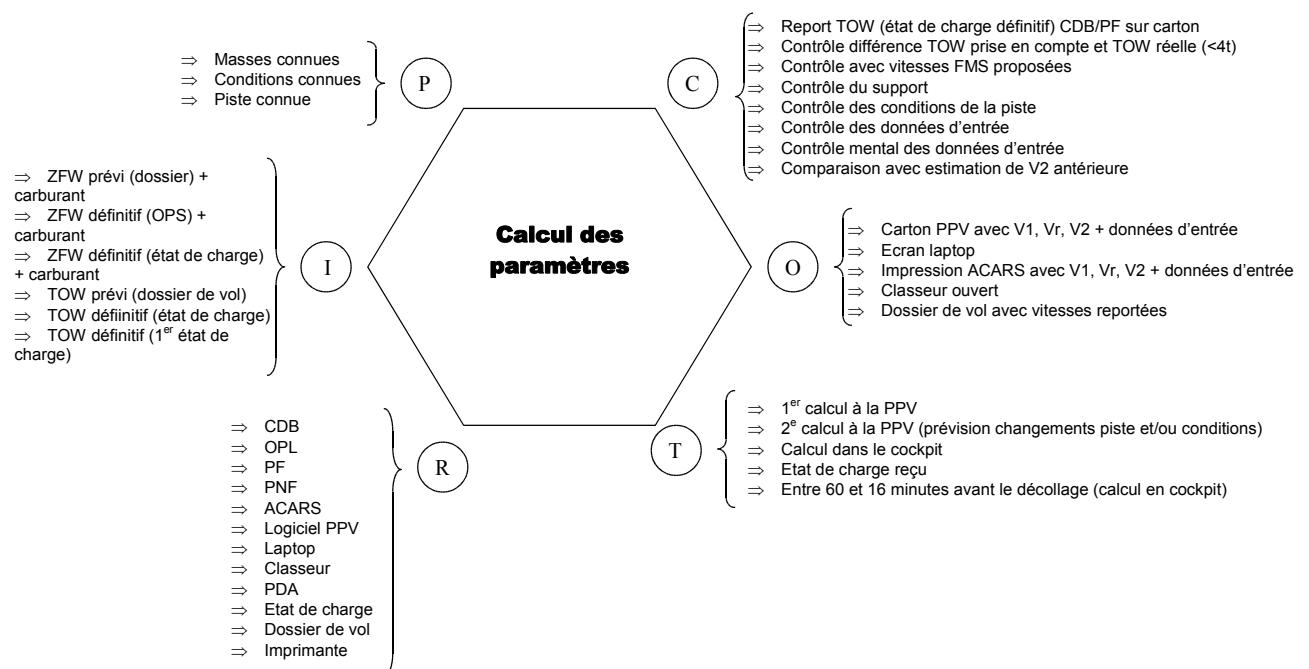
7.5 Résultats

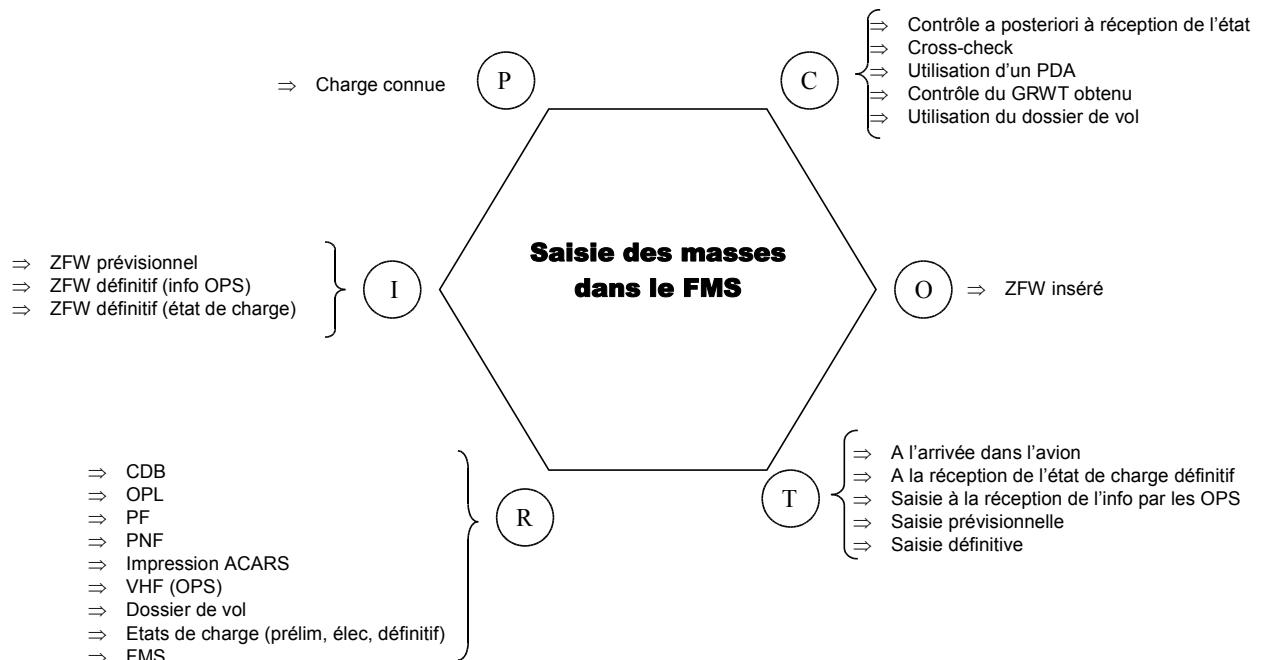
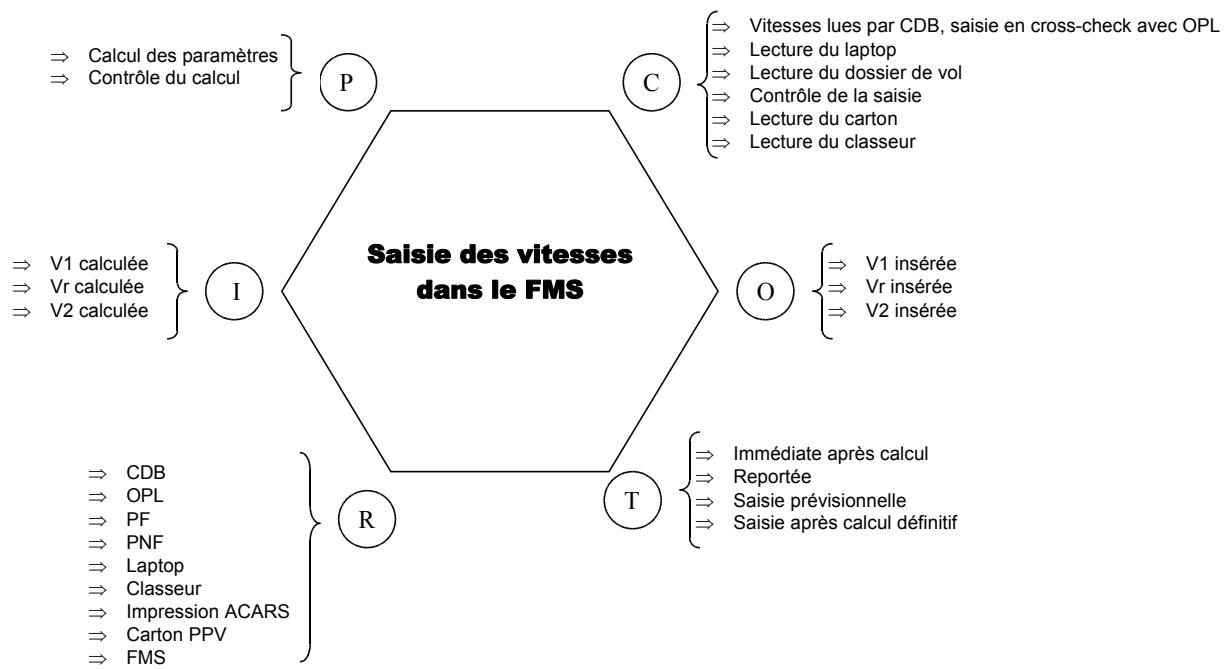
7.5.1 Variabilité des différents modes opératoires

7.5.1.1 Formalisme FRAM

Les données issues des observations concernant les fonctions « calcul des paramètres », « saisie de la masse dans le FMS » et « saisie des vitesses dans le FMS » ont été analysées suivant le formalisme FRAM.

Les figures suivantes regroupent l'ensemble des éléments qui ont été utilisés lors des vols d'observations.





Les éléments concernant les aspects temporels, les données en entrée et les contrôles sont apparus les plus intéressants à détailler pour mettre en avant la variabilité des différents modes opératoires.

7.5.1.2 Aspects temporels

Le graphique suivant décrit les éléments de base qui seront reportés sur les graphiques servant à l'analyse des aspects temporels. L'ensemble des données horaires est exprimé de façon relative à l'heure réelle de décollage. L'arrivée dans le cockpit s'échelonne de 1h à plus de 2h30 avant le décollage. En effet, pour certains vols l'équipage reste dans le cockpit lors de l'escale (c'est le cas à BEY et FDF avant l'étape FDF-ORY).

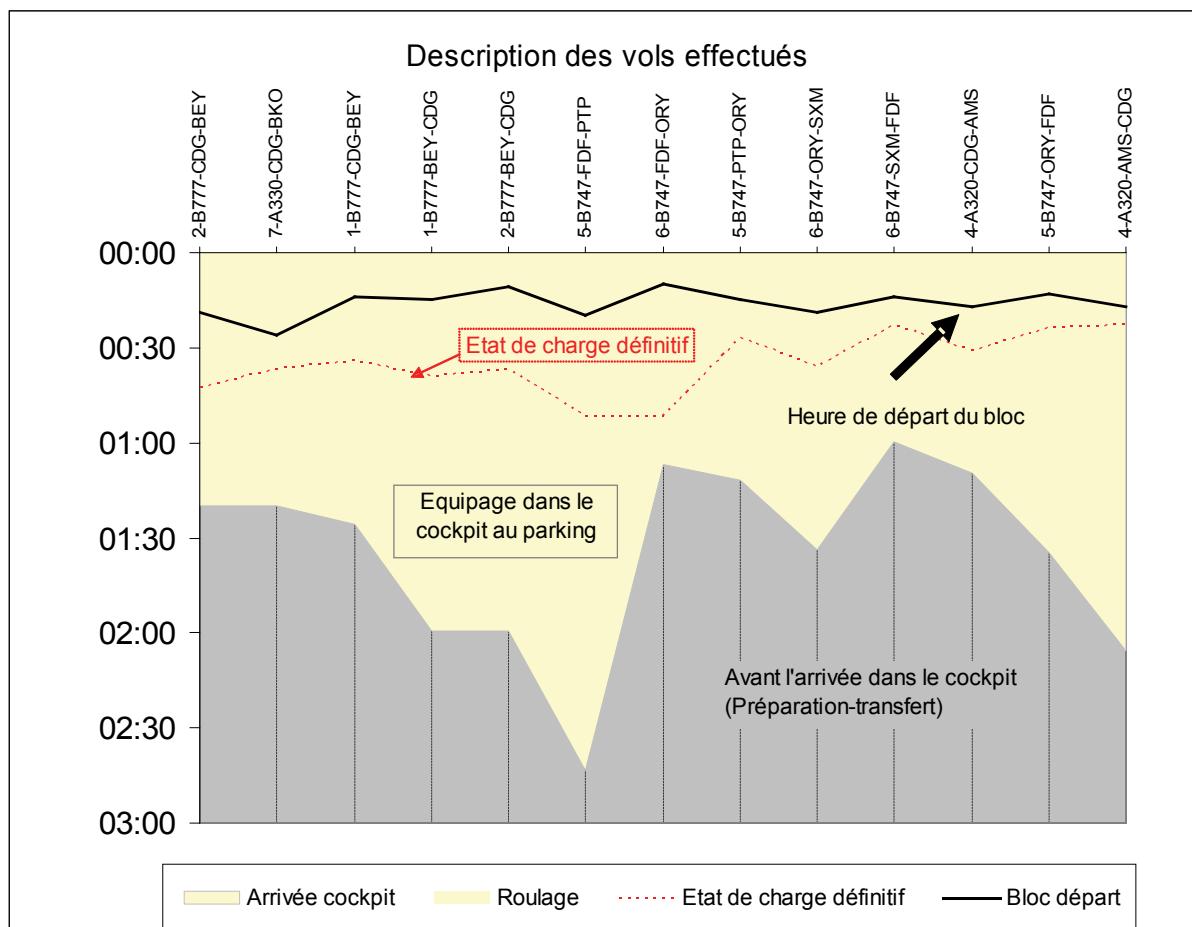


Figure 8 : Aspects temporels – éléments de base

L'analyse des incidents a montré que l'étape de calcul des paramètres constitue une phase critique. Les paramètres erronés saisis dans le FMS proviennent dans la majorité des cas d'erreurs commises précédemment dues à un calcul inadéquat.

Le graphique suivant décrit les aspects temporels pour l'ensemble des observations : Les symboles ■ indiquent le moment (rapporté à l'heure réelle de décollage) auquel ont été effectué le calcul des paramètres et éventuellement les calculs supplémentaires.

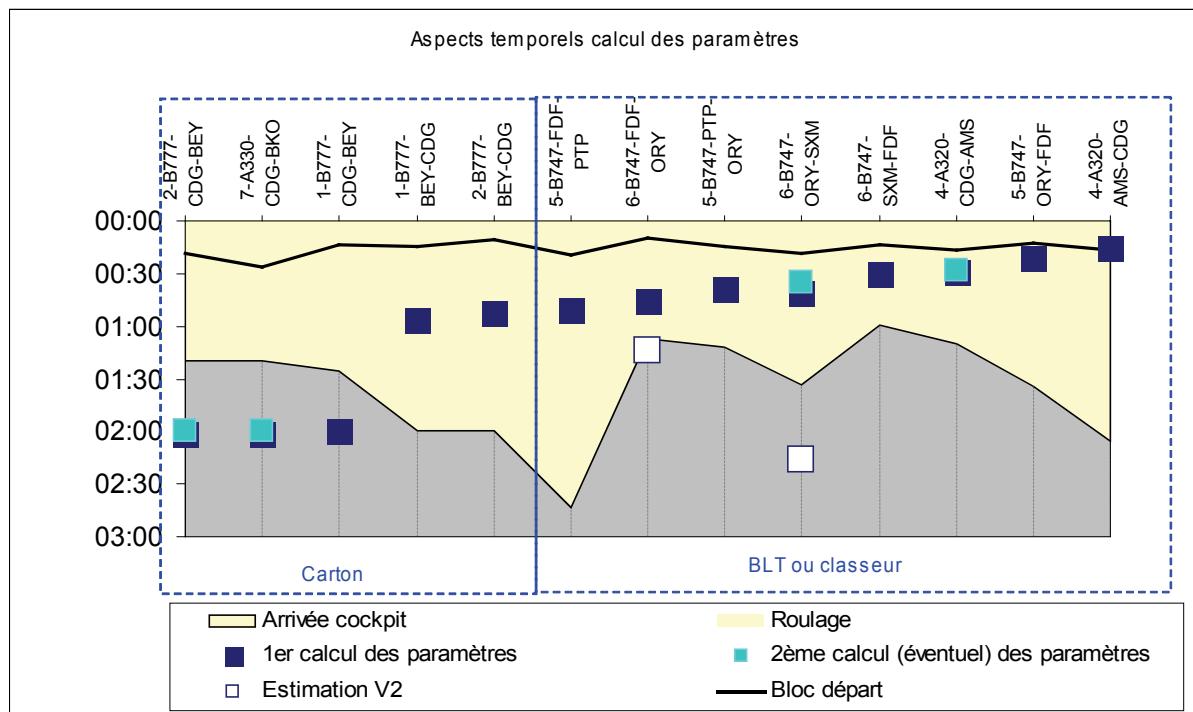


Figure 9 : Aspects temporels de la fonction calcul des paramètres

Ce graphique met en évidence la variabilité importante concernant le moment auquel est effectué le calcul des paramètres. On distingue les vols pour lesquels le calcul est effectué dès la préparation des vols avec dans deux cas un double calcul destiné à prévoir plusieurs hypothèses concernant soit les conditions (WET, DRY), soit la piste de décollage prévue.

Lorsque le calcul est effectué alors que l'équipage est dans le cockpit, le délai varie de 1h avant le décollage (vol moyen-courrier retour) à 16 min pour un des vols court-courrier.

Les deux calculs doubles effectués dans le cockpit correspondent à une demande de modification du premier calcul par le commandant de bord : prise en compte d'un vent arrière et choix d'une condition de piste mouillée plutôt que sèche.

Les estimations de V2 effectuées lors de la préparation correspondent à une stratégie personnelle d'un commandant de bord qui, par un calcul simple pour cet avion peut estimer la V2 à partir de la masse au décollage.

Plus que les procédures compagnie, la pérennité du support ayant servi au calcul et la pérennité de la représentation des données d'entrée vont influencer le moment auquel est effectué le calcul. Lorsque le résultat du calcul et les données d'entrée sont présentés sur un papier («carton» édité à la PPV ou édition ACARS), le calcul est effectué plus en amont que lorsque le résultat du calcul et les données d'entrée sont présentés de façon temporaire (classeur ouvert ou laptop allumé).

On retrouvera cette même distinction si l'on considère le délai entre le calcul des paramètres et la saisie des valeurs résultantes (V1, Vr, V2) dans le FMS (Figure 10). Lorsqu'il n'existe pas de support papier, le calcul des paramètres et leur saisie dans le FMS sont quasi simultanés.

Le contrôle du calcul des paramètres s'effectuera au même moment puisqu'il n'est plus possible d'avoir accès aux données d'entrée du calcul, une fois le laptop éteint ou le classeur fermé.

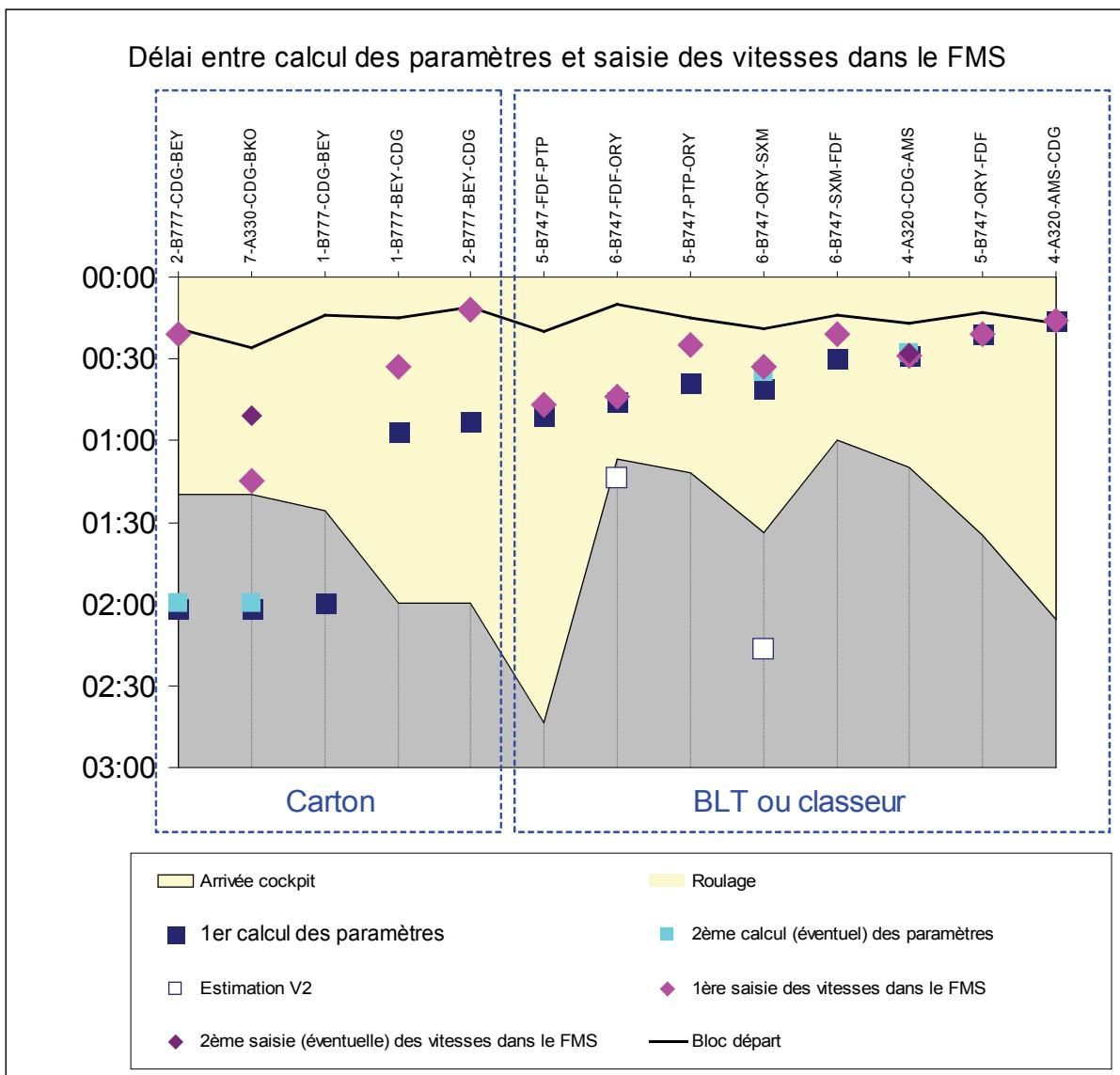


Figure 10 : Délai entre calcul des vitesses et saisie dans le FMS

La Figure 10 met également en évidence un vol où la saisie des vitesses dans le FMS n'a pas été effectuée. Lors de ce vol, les vitesses de référence ont été calculées par le FMS, un «carton» a été édité par l'équipage mais les vitesses n'ont pas été saisies dans le FMS. Lors du décollage, l'équipage a utilisé le carton de décollage pour annoncer V1 (qui aurait été annoncée par l'appareil si les vitesses avaient été saisies) et Vr. Cette omission met en avant le manque de robustesse du système qui permet d'effectuer un décollage sans vitesses saisies dans le FMS.

Concernant les données de masse, l'état de charge définitif est la référence quelque soit la compagnie et les équipements utilisés. Le graphique suivant représente pour l'ensemble des observations le moment où l'état de charge est réceptionné (ligne pointillée) et les moments où le ZFW est saisi dans le FMS (ronds ambre).

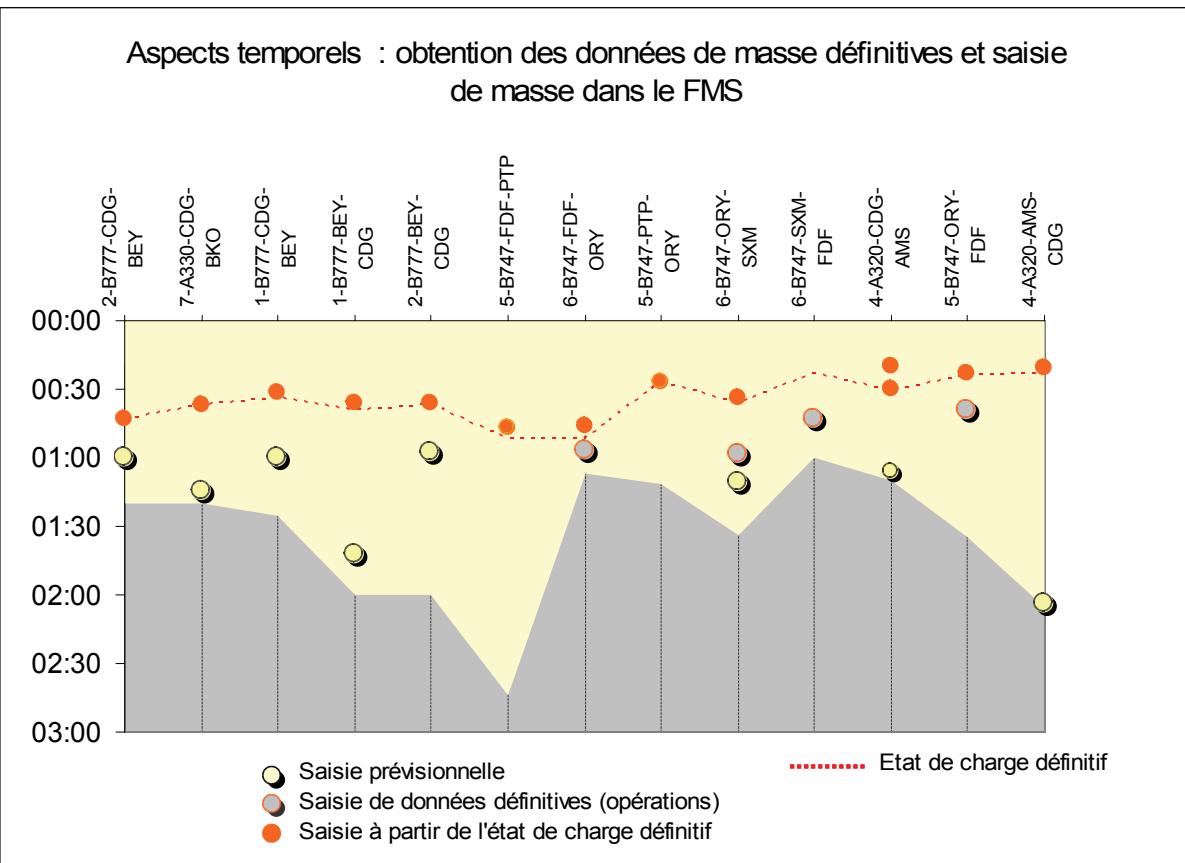


Figure 11 : Délai entre l'obtention des données de masse définitives et la saisie de la masse dans le FMS

Ce graphique fait apparaître les différentes stratégies concernant la saisie des données de masse dans le FMS :

Dans 11 cas sur 13, le ZFW a été saisi deux fois.

- Certains équipages saisissent un ZFW prévisionnel dès leur arrivée dans le cockpit et saisissent un ZFW définitif lors de la réception de l'état de charge. Cette première saisie peut soit être dictée par les procédures de la compagnie, soit par une stratégie personnelle permettant de vérifier le plan de vol en fonction du délestage calculé par le FMS.
- On observe pour plusieurs vols, une première saisie quelques minutes avant l'obtention de l'état de charge définitif. Il s'agit dans ce cas d'une saisie du ZFW définitif obtenu non pas à partir de l'état de charge mais communiqué (de façon orale) directement par les opérations. Une deuxième saisie (soit identique soit légèrement différente) est alors généralement effectuée lors de la réception de l'état de charge définitif.

Dans un cas, deux saisies de masse ont eu lieu à partir de l'état de charge définitif. L'équipage a en effet demandé une modification de l'état de charge, la masse de base n'étant pas exacte dans le premier cas. La deuxième saisie a eu lieu seulement 4 minutes avant le départ du bloc.

7.5.1.3 Variabilité des données d'entrée

D'un point de vue purement théorique, c'est la TOW définitive qui doit être utilisée pour le calcul des paramètres. Le calcul des paramètres doit dans ce cas nécessairement être effectué après réception de l'état de charge définitif. Or la Figure 12 montre que ce n'est le cas que dans 5 vols sur 14.

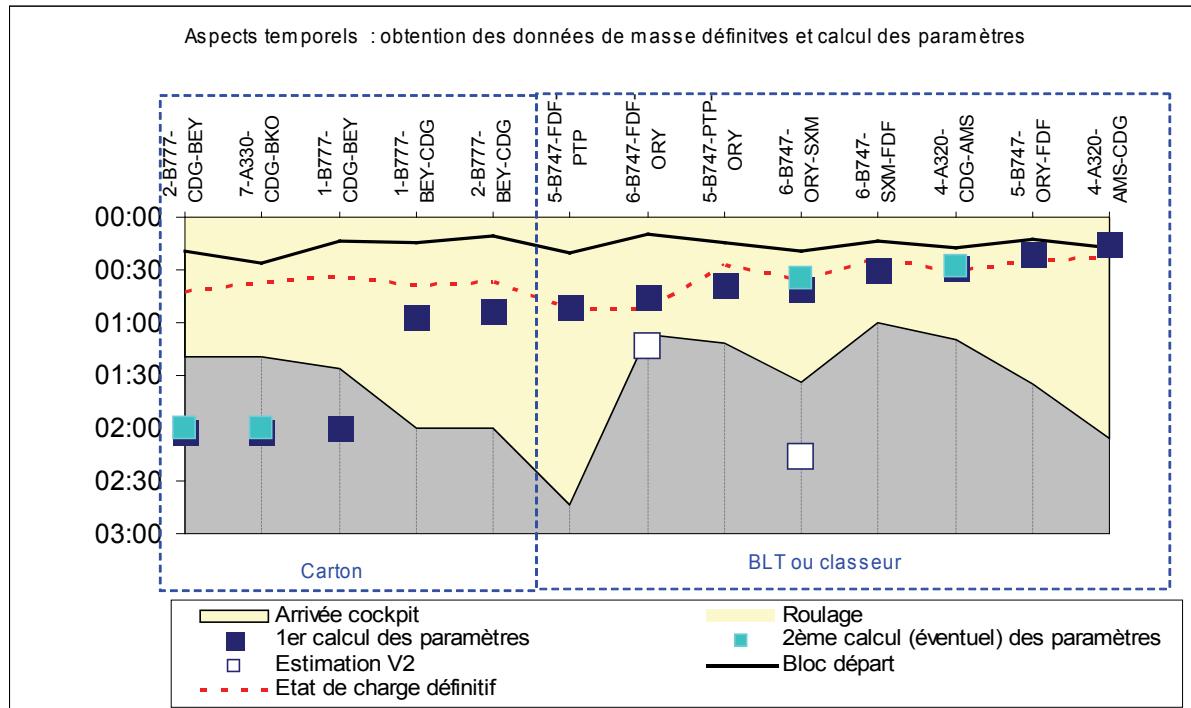


Figure 12 : Aspects temporels – Obtention des données de masse définitives et calcul des paramètres

Ceci conduit à étudier en détail les données d'entrée réellement utilisées dans le calcul des paramètres.

Les figures suivantes représentent les données d'entrée utilisées pour les fonctions calcul des paramètres et saisie de masse dans le FMS. Elles mettent en évidence la multiplicité des données de masse manipulées :

- Carburant
- ZFW prévisionnel
- ZFW définitif
- TOW prévisionnelle
- TOW définitive.

Elles soulignent également les différents modes opératoires et conduisent à examiner en détail les contrôles effectués sur ces fonctions.

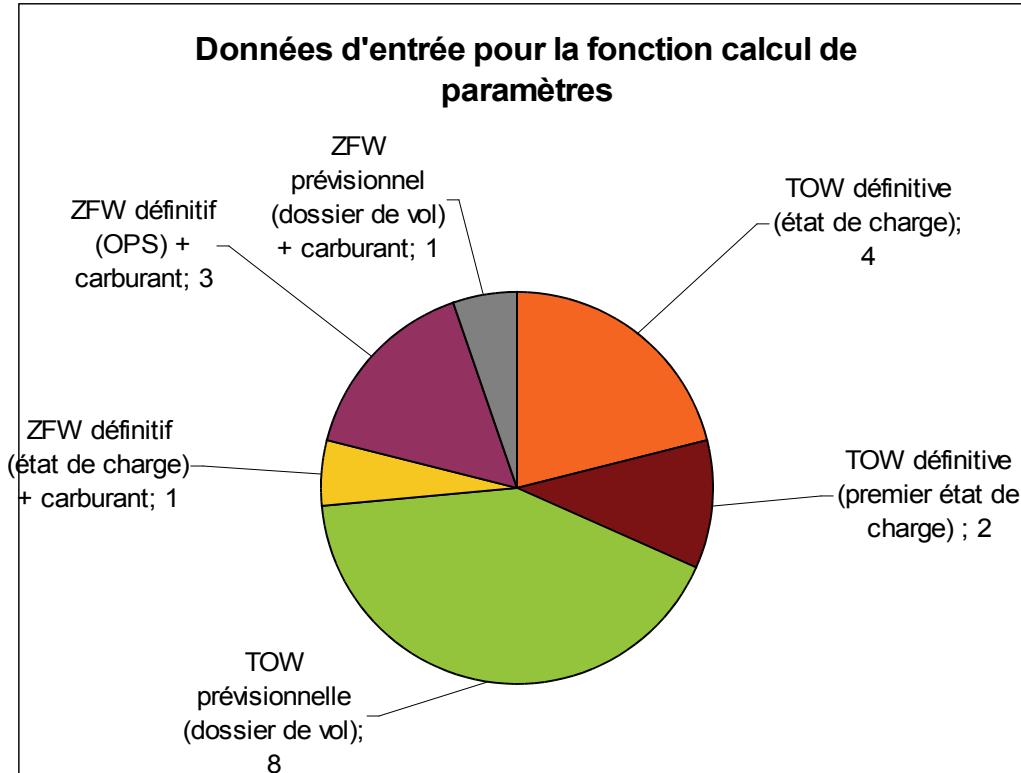


Figure 13 : Données d'entrée pour la fonction calcul de paramètres

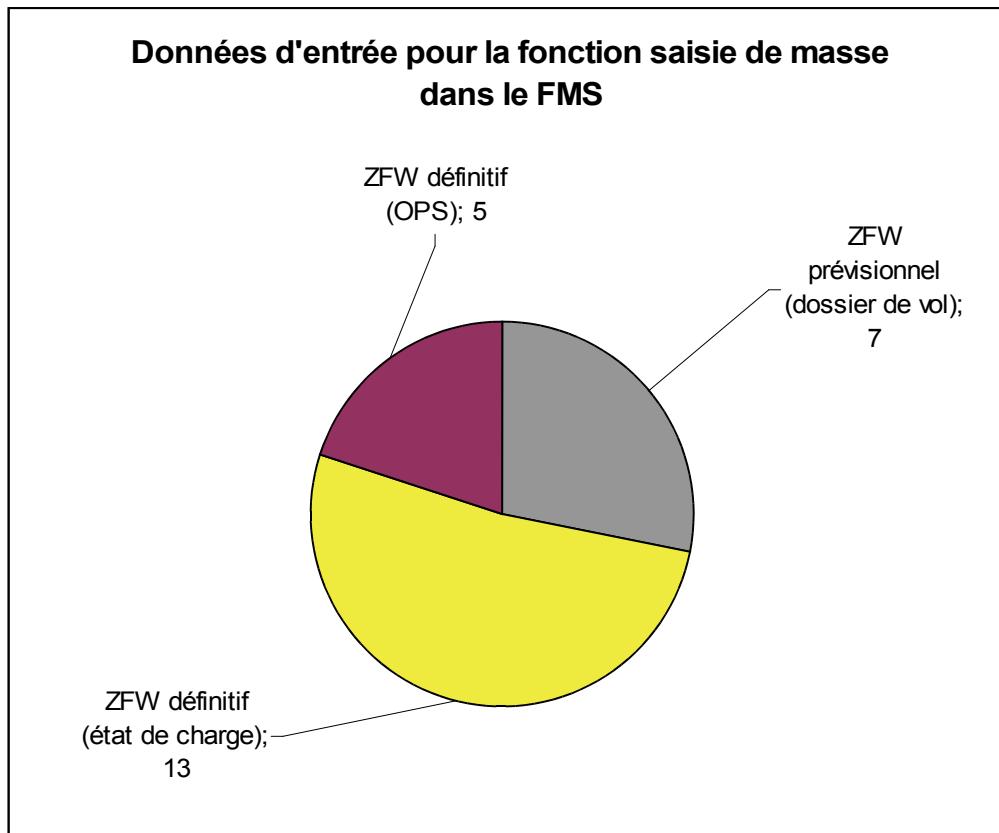


Figure 14 : Données d'entrée pour la fonction saisie de masse dans le FMS

7.5.1.4 Variabilité des contrôles

Calcul des paramètres

Le tableau suivant décrit pour l'ensemble des vols effectués, les éléments correspondant au contrôle de la fonction calcul des paramètres.

Vol	Contrôle
1-B777-BEY-CDG	Pas de comparaison avec valeurs FMS (très différentes)
1-B777-CDG-BEY	Report TOW (état de charge définitif) sur le «carton» Contrôle différence TOW prise en compte et TOW réelle (<4t) Pas de contrôle avec les vitesses FMS proposées Carton placé au milieu disponible (et utilisé) jusqu'au décollage
2-B777-BEY-CDG	Report TOW (état de charge définitif) Pas de contrôle avec les vitesses FMS proposées
2-B777-CDG-BEY	Carton rangé lors de la confirmation de piste ATC (ne correspond pas) Report TOW (état de charge définitif) Pas de contrôle avec les vitesses FMS proposées
4-A320-AMS-CDG	CdB
4-A320-CDG-AMS	CdB (avec le classeur) fait modifier le calcul pour prise en compte d'un vent arrière Pas de contrôle
5-B747-FDF-PTP	CdB : comparaison explicite avec les valeurs proposées par FMS
5-B747-ORY-FDF	CdB avec BLT (contrôle de tête des données d'entrée) et comparaison explicite avec les valeurs proposées par FMS
5-B747-PTP-ORY	CdB avec BLT (contrôle de tête des données d'entrée) et comparaison explicite avec les valeurs proposées par FMS
6-B747-FDF-ORY	CdB : comparaison explicite avec les valeurs proposées par FMS et comparaison avec estimation de V2
6-B747-ORY-SXM	CdB avec BLT (contrôle des données d'entrée, fait changer la condition « WET ») CdB : comparaison explicite avec les valeurs proposées par FMS et comparaison avec estimation de V2
6-B747-SXM-FDF	CdB avec BLT (contrôle des données d'entrée)
7-A330-CDG-BKO	CdB contrôle conditions (« WET »), «carton» rangé ne correspond pas CdB contrôle conditions (« DRY »)

Tableau 6 : Contrôle de la fonction calcul des paramètres

Le contrôle du calcul des paramètres se décompose en deux parties :

- le contrôle des données d'entrée,
- le contrôle de la cohérence des données de vitesse obtenues.

Les observations montrent que suivant les cas l'accent est mis sur l'un ou l'autre de ces aspects mais rarement sur les deux.

Lorsqu'un support papier est utilisé, le contrôle des paramètres d'entrée peut être effectué a posteriori. La TOW définitive peut notamment être reportée sur le support pour comparaison avec la TOW prise en compte dans le calcul des paramètres. Les observations ont cependant montré que ce n'était pas toujours le cas (1-B777-BEY-CDG et 7-A330-CDG-BKO). Dans le cas de l'utilisation d'un support papier, comme nous l'avons vu précédemment, un délai plus ou moins important peut s'écouler entre le calcul des paramètres et leur saisie dans le FMS. Lors des observations, pour les cas où un support papier (carton de décollage) était utilisé et où des vitesses étaient proposées par le FMS, le contrôle de cohérence entre les vitesses calculées et les vitesses proposées par le FMS n'a pas été effectué de façon explicite.

Lors de l'utilisation d'un laptop, les contrôles observés ont eu lieu juste avant la saisie des vitesses dans le FMS par le commandant de bord. L'accent est mis sur la comparaison des vitesses obtenues avec celles proposées par le FMS, les données d'entrée étant contrôlées de « tête ». En effet, l'organisation des tâches à effectuer par le commandant de bord à ce moment là est telle que la manipulation d'un troisième support (tel que l'état de charge définitif) apparaît difficile.

D'autre part, les observations ont montré que dans les deux cas où un paramètre d'entrée ne correspondait pas (prise en compte d'un vent arrière, condition « DRY » plutôt que « WET »), le contrôle des autres paramètres a été partiellement effectué :

- Pas de nouveau cross-check lors de la prise en compte d'un vent arrière,
- Pas de report de la TOW définitive sur le deuxième «carton» choisi.

Saisie des vitesses dans le FMS

Le tableau suivant décrit les contrôles effectués lors de la saisie des vitesses par l'un des membres d'équipage dans le FMS.

Vol	Contrôle
5-B747-ORY-FDF	Vitesses lues par CdB, saisie en crosscheck avec OPL, OPL ne voit pas le BLT
5-B747-FDF-PTP	Vitesses lues par CdB, saisie en crosscheck avec OPL, OPL ne voit pas le BLT
5-B747-PTP-ORY	Vitesses lues par CdB, saisie en crosscheck avec OPL, OPL ne voit pas le BLT
6-B747-ORY-SXM	Vitesses lues par CdB, saisie en crosscheck avec OPL, OPL a reporté les vitesses sur son dossier de vol
6-B747-SXM-FDF	Vitesses lues par CdB, saisie en crosscheck avec OPL, OPL a reporté les vitesses sur son dossier de vol
6-B747-FDF-ORY	Vitesses lues par CdB, saisie en crosscheck avec OPL, OPL a reporté les vitesses sur son dossier de vol
2-B777-CDG-BEY	CdB dicte les vitesses et vérifie la saisie de l'OPL avec le «carton»
2-B777-BEY-CDG	CdB dicte les vitesses et vérifie la saisie de l'OPL avec le «carton»
1-B777-CDG-BEY	Pas de saisie des vitesses
1-B777-BEY-CDG	CdB dicte les vitesses et vérifie la saisie de l'OPL avec le «carton»
7-A330-CDG-BKO	CdB lit le «carton» et saisit, l'OPL vérifie la saisie dans le FMS
4-A320-AMS-CDG	CdB saisit à partir du classeur, OPL vérifie la saisie dans le FMS
4-A320-CDG-AMS	OPL saisit les valeurs à partir du classeur, pas de contrôle du CdB
	CdB lit les valeurs du classeur et vérifie la saisie de l'OPL

Tableau 7 : Contrôle de la fonction saisie des vitesses dans le FMS

Le Tableau 7 met en évidence le fait que la saisie des vitesses dans le FMS est effectuée en cross check par l'équipage. Cependant, dans plusieurs cas ce contrôle se limite à vérifier que « ce qui est lu est bien saisi ». En effet, que ce soit avec un laptop ou un «carton» édité, il a été constaté que dans plusieurs cas le membre d'équipage chargé d'effectuer la vérification ne voit pas le support servant à la saisie. Ceci peut conduire certains pilotes à adopter leur propre stratégie pour pallier ce manque ; c'est le cas de l'OPL de la rotation 6 qui a reporté systématiquement les paramètres issus du BLT sur son dossier de vol.

7.5.2 Flux de données et utilisation des différents supports,

La figure suivante représente pour la totalité des observations, l'ensemble des communications relatives aux données de carburant, de masses et de vitesses.

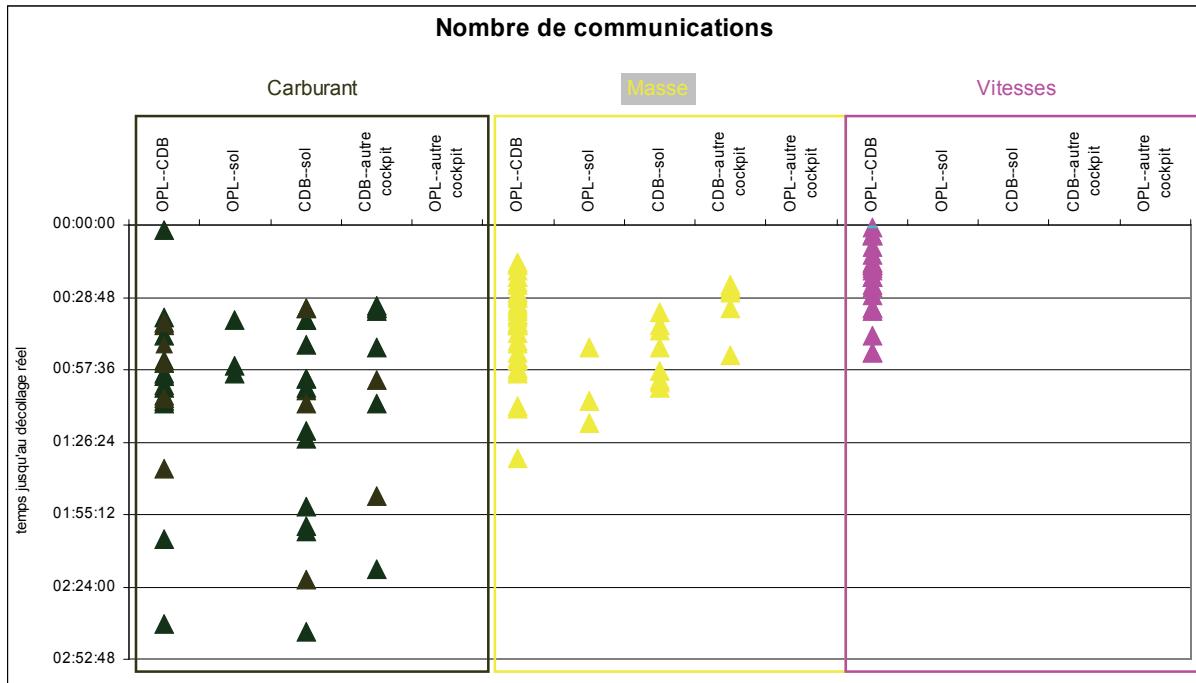


Figure 15 : Communications relatives aux données de carburant, de masse et de vitesse.

La Figure 15 montre que globalement les communications concernant le carburant précèdent celles concernant les données de masse qui elles-mêmes interviennent avant celles concernant les vitesses. Un autre élément notable concerne le nombre d'interlocuteurs. La figure montre que les interlocuteurs concernant le carburant sont nombreux, il s'agit des échanges :

- Entre les membres d'équipage,
- Avec la personne au sol chargée d'effectuer le plein de carburant,
- Avec les personnes des opérations souhaitant connaître la décision de l'équipage en emport de fuel,
- Avec la personne amenant le bon de carburant à signer dans le cockpit.

Les communications concernant les données de masse sont effectuées :

- Entre les membres d'équipage,
- Avec les personnes des opérations via la radio,
- Avec la personne qui amène l'état de charge à signer par le commandant de bord.

Les communications concernant les données de vitesse ont exclusivement lieu entre les membres d'équipage.

Le graphique suivant représente la manipulation (lecture à haute voix, écriture et insertion) des données de carburant, de masse et de vitesse.

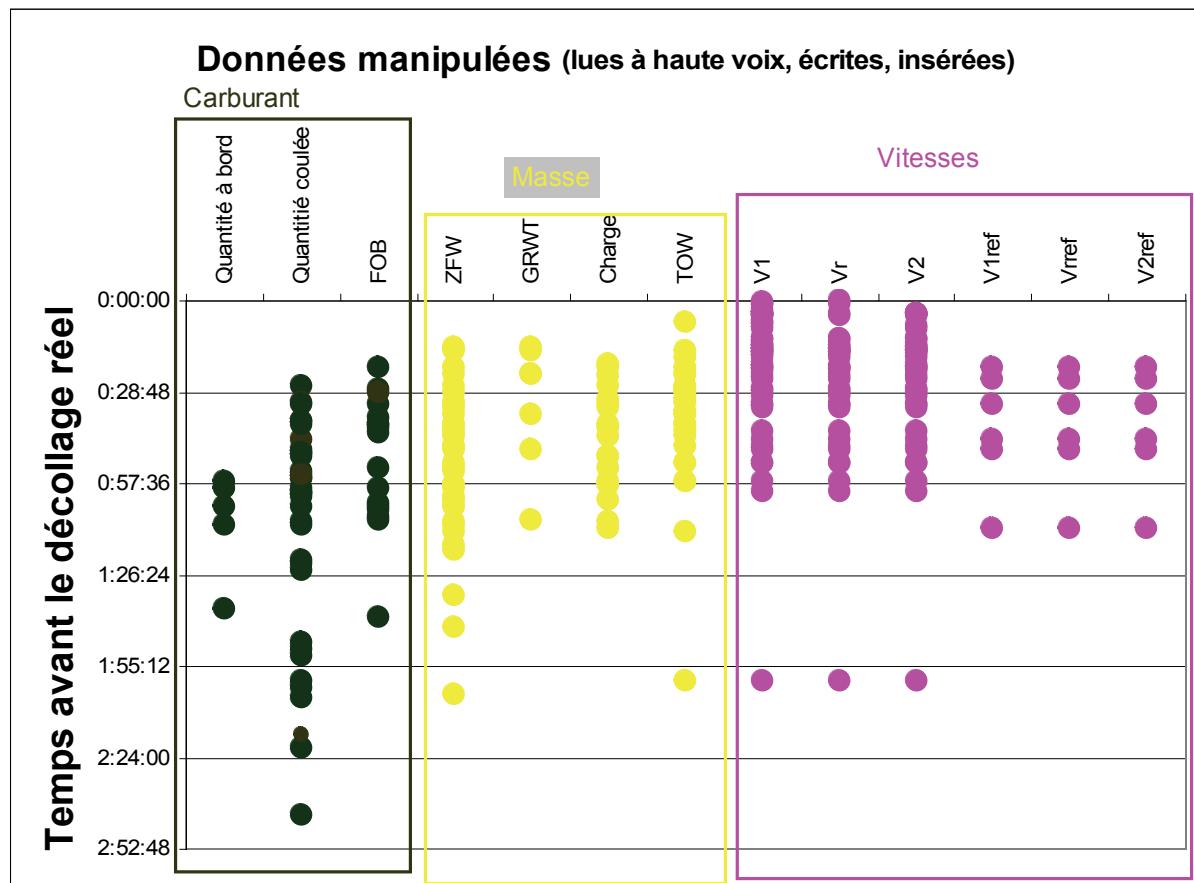


Figure 16 : Données manipulées

Cette figure met en évidence le fait que les données de vitesses manipulées concernent exclusivement V1, Vr et V2 et le cas échéant les vitesses proposées par le FMS (V1ref, Vrref et V2ref). Pour les données de masse, la figure montre que les équipages manipulent non seulement le ZFW et la TOW mais aussi le GRWT et la charge. Les données de carburant manipulées concernent la quantité initialement à bord, la quantité coulée et la quantité totale demandée.

Cette figure est à rapprocher du nombre de supports manipulés (Voir les deux figures suivantes).

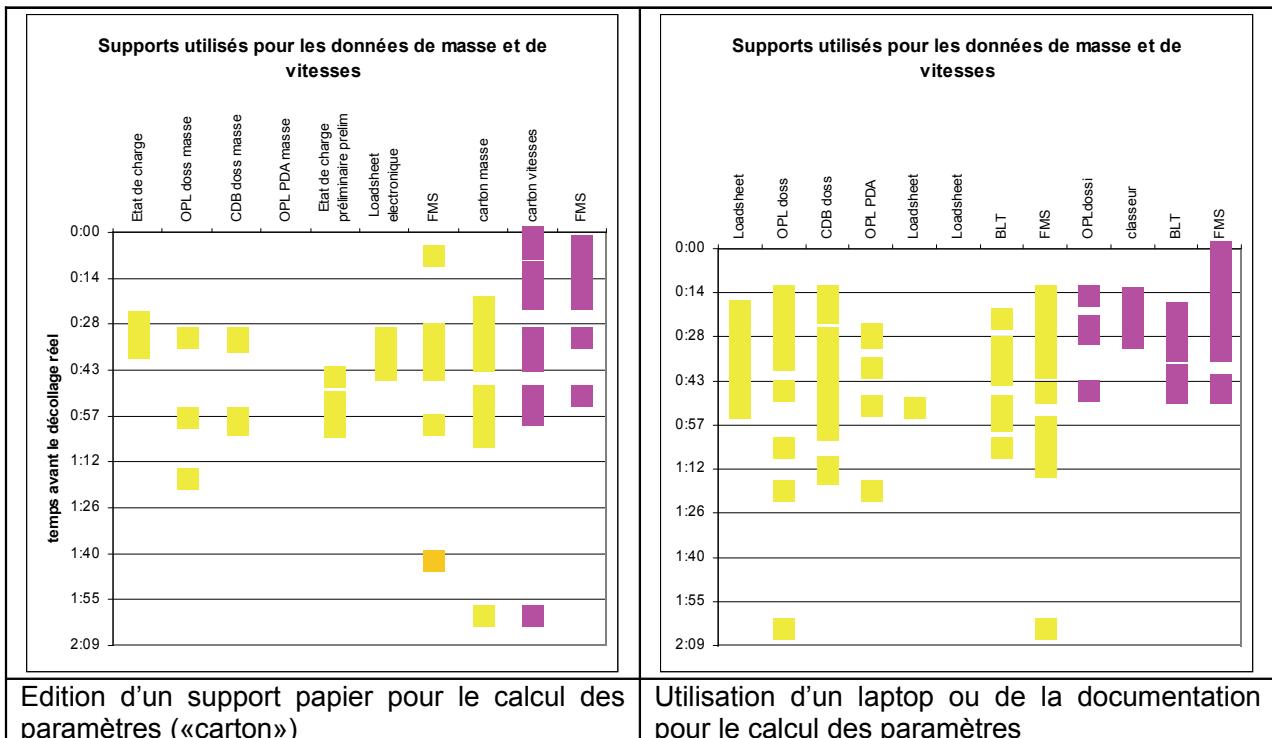


Figure 17 : Supports utilisés pour les données de masse et de vitesses.

Les observations concernant les données manipulées mettent en évidence la variété des données de masse utilisées, le niveau de précision, la validité et les formats utilisés. Ces variations dépendent de l'interlocuteur ou du support utilisé.

Les observations ont montré également que les communications concernant les vitesses sont nombreuses jusqu'au décollage alors que dans certains cas, un seul support (le FMS) est disponible pour ces valeurs. C'est pourquoi l'annonce de ces vitesses lors des dernières C/L ou briefings ne doit pas être considérée comme une ultime vérification mais seulement comme une mise en mémoire pour l'équipage.

Les observations ont montré (Figure 17) que certains équipages se réfèrent au «carton» de décollage pendant ces derniers briefings ou C/L.

Interruptions de tâches

Vol	Interruptions observées
1-B777-CDG-BEY	OPL passe l'état de charge final au CdB et effectue calculs sur son dossier de vol CdB va pour reporter la masse sur le «carton» et est interrompu par un appel sur portable pour le pb fuel mal saisi par ACARS
1-B777-BEY-CDG	Décollage-43min : OPL-->CdB on décollera en Vnav Lnav à la demande... interruption PNC (présentation PNC en mis en place) Décollage-2min : PNC-->CdB demande oxygène pour apx réponse CdB-->préparez vous pour décollage
4-A320-CDG-AMS	
4-A320-AMS-CDG	
5-B747-ORY-FDF	Briefing départ du CdB... interruption pour mise à jour FMS Décollage-15min : Before start check-list : 247.5 puis interruption du SOL. CdB : STDBY au SOL.
5-B747-FDF-PTP	"Pre-flight C/L OPL : "ah oui, on a l'ACARS spécial... je continue la C/L" CdB envoie par ACARS une ETD = 21h30
5-B747-PTP-ORY	SOL --> CdB : coulé 95200 litres, on peut déconnecter ? Pendant interrogation ACARS du CdB pour réception du F-PLN CdB --> SOL : Stand By je vous rappelle OPL commence briefing départ Le MECA attend la fin du briefing pour partir Pre-flight C/L OPL : "On n'a pas eu le devis de masse encore ?" CdB : "Non on fait la pre-flight" TOW = 228.2 + 87 = 315.2. OPL approuve OPL sort le BLT et dit : tu trouves quoi en TOW toi ? 315 tonnes 2. OPL passe le BLT au CdB qui le pose sur le piédestal car l'état de charge définitif arrive.
6-B747-ORY-SXM	1:16 CdB vérifie la route chargée 1:16 PNC -->CdB : interruption pour apporter la bouteille d'eau 1:15 OPL et CdB vérifient l'édition ATIS 1:15 CdB entre les départs 1:15 interruptions hôtesse bouteille 1:15 CdB : alors c'est bien la 26 1:01 CdB vérifie la route et détecte l'erreur piste 24/26; Erreur liée à l'interruption par PNC
6-B747-SXM-FDF	
6-B747-FDF-ORY	01:04 cdb interrompu par les ops 0:59 cdb demande départ à la Tour 0:59 cdb interrompu par OPL pour le carbu (89t740 à bord + 250l et on débranche)
2-B777-CDG-BEY	0:37 Chacun avec fiches jeppesen CdB-->J'ai supposé une 26 si jamais c'était la 27... 0:35 Les limitations je les ai vérifiées (interruption*2) 0:35 CdB : je recommence !
2-B777-BEY-CDG	0:53 PNC-> CdB OK pour embarquement 0:52 "CdB lecture «carton» (interruption PNC)
7-A330-CDG-BKO	

7.6 Synthèse des résultats des observations

Les tableaux précédents montrent que les tâches de l'équipage (communications, données et supports utilisés) relatives aux masses et aux vitesses augmentent lorsqu'on se rapproche du départ.

Les observations ont montré que l'état de charge définitif constitue effectivement la référence quelque soit la compagnie et les équipements utilisés. L'obtention de ce document est l'étape déterminante qui conditionne le calcul des paramètres de décollage et leur saisie dans le FMS. La mise à disposition plus ou moins tardive de ces données définitives génère un nombre important de tâches à effectuer dans un temps restreint et engendre une pression temporelle. Pour y faire face, les compagnies et les équipages adoptent différents modes opératoires.

Pour les données de masse, cela conduit dans la plupart des cas à une double saisie. La première saisie est effectuée à partir de données prévisionnelles ou supposées définitives communiquées par un media autre que l'état de charge définitif. Les observations mettent en évidence la multiplicité des données de masse utilisées, leur niveau de précision, la validité et les formats utilisés en fonction de l'interlocuteur concerné ou du support employé.

La variabilité la plus importante concerne le calcul des paramètres. Les observations ont montré la multiplicité de la provenance des données d'entrée utilisées (état de charge, ACARS, liaison radio).

Le support utilisé (papier ou non) a un impact sur le moment auquel sont effectués le calcul et la saisie des vitesses dans le FMS. Lorsqu'il n'existe pas de support papier, le calcul des paramètres et leur saisie dans le FMS sont quasi simultanés. Le contrôle des paramètres s'effectue au même moment puisqu'il n'est plus possible d'avoir accès aux données d'entrée du calcul, une fois le laptop éteint ou le classeur refermé.

Les observations ont mis en évidence certaines faiblesses des contrôles utilisés. Celui du calcul des paramètres se décompose en deux parties : contrôle des données d'entrée et contrôle de la cohérence des données de vitesses obtenues. Suivant les cas, l'accent est mis sur l'un ou l'autre de ces aspects mais rarement sur les deux. La saisie des vitesses dans le FMS est effectuée en cross check par l'équipage. Cependant, que ce soit avec un laptop ou un « carton » édité, dans plusieurs cas le membre d'équipage chargé d'effectuer la vérification ne voit pas le support servant à la saisie. Le contrôle se limite alors à vérifier que « ce qui est lu est bien saisi ».

Les observations ont montré qu'il n'existe pas de contrôle basé sur une comparaison des trois supports principaux : l'état de charge définitif, le carton de décollage ou le laptop, et le FMS.

CONCLUSION

En conclusion, l'étude a permis de constater 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 (Page 26),
- 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 (page 46),
- 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 » (page 37),
- Dans plusieurs cas, la ZFW a été saisie à la place de la TOW dans le calculateur de performances (page 31),
- 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. (page 46),
- 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 (page 47),
- 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 (page 30),
- 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 (page 34),
- 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 (page 38 et page 66),
- 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 (page 38). 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 (page 66),
- 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 (page 34 et page 60),
- Les FMS étudiés permettent l'insertion de valeurs de masses et de vitesses incohérentes ou en dehors des limitations opérationnelles des appareils concernés (pages 20 et 22). Certains acceptent l'omission de la saisie des vitesses, sans en alerter l'équipage (page 56),

- 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 des unités et des formats différents pour une même donnée, ce qui rend leur mémorisation difficile (pages 20 à 22 et page 64).
- 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 (page 66),
- Lors du roulement, la décision éventuelle d'interrompre le décollage par rapport à une V1 erronée ne garantit plus les éléments de sécurité (page 36),
- 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 (page 36),
- 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.

BIBLIOGRAPHIE

Notes constructeurs

Airbus

Understanding takeoff speeds

http://www.airbus.com/store/mm_repository/safety_library_items/att00003116/media_object_file_FLT_OPS-TOFF_DEP_SEQ07.pdf

Boeing

Erroneous takeoff reference speeds

http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_11/erroneous_story.html

Articles

Bove, T., & Andersen, H.B. (2002)., The effect of an advisory system on pilots' go/no-go decision during take-off *Reliability Engineering & System Safety Volume 75, Issue 2, February 2002, Pages 179-191*

Fennell, K., Sherry, L., Roberts, J., Feary, M., (2006). Difficult access: the impact of Recall steps on Flight Management System errors. *Journal of Aviation Psychology, 16*(2), 175–196.

Harris (2003). Response Time to reject a takeoff. *Human Factors and Aerospace safety, ()*, - .

Hutchins E (1995). How a cockpit remembers its speed. *Cognitive Science, 19*(2), 65-88.

Sarter, N., Woods, D.D. (1994). Difficult access: the impact of Recall steps on Flight Management System errors. *Journal of Aviation Psychology, 4*(1), 1–28.

Sherry, L., Polson, P., Feary, M., Palmer E. (2002). MCDU interaction: When does the MCDU interface work well. In S. Chatty, J. Hansman, & G. Boy (Eds.), *Proceedings of HCI-Aero-2002, ()*. Menlo Park, CA: AAAI.

Stevens, S.M., Goldsmith, T.E. Johnson, P.J., Moulton, J.B. (2007) *Skill Decay on takeoffs as a result of varying degrees of expectancy*. Paper presented at the symposium on Aviation Psychology, Dayton, OH.

Rapports d'incidents

N505UA NTSB 1990

http://www.ntsb.gov/ntsb/brief.asp?ev_id=20001212X22410&key=1

OY-KDN Acc. Invest. Brd Denmark 1999

<http://www.hcl.dk/graphics/Synkron-Library/hcl/dokumenter/Redegorelser/1999/49-99-KDN-UK.pdf>

N3203Y NTSB 2001

<http://www.ntsb.gov/ntsb/GenPDF.asp?id=ANC02LA008&rpt=fa>

C-GHLM TSB 2002

<http://www.tsb.gc.ca/fr/reports/air/2002/a02f0069/a02f0069.asp>

ZS-SAJ SOUTH AFRICAN CAA 2003.

<http://www.caa.co.za/resource%20center/accidents%20&%20incid/reports/2003/0263.pdf>

9V-SMT T A I C NEW ZELAND 2003

Utilisation de paramètres erronés au décollage
05/05/2008

<http://www.taic.org.nz>

9G-MKJ TSB 2004
<http://www.tsb.gc.ca/fr/reports/air/2004/a04H0004/a04H0004.pdf>

F-GLZR BEA 2004
ITA n°4 : <http://www.bea.aero/itp/events/ita4/ita4.pdf>

F-HLOV BEA 2006
<http://www.bea.aero/docspa/2006/f-ov061210/pdf/f-ov061210.pdf>

Inspection ergonomique

Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (2004). La conception de logiciels interactifs centrée sur l'utilisateur : étapes et méthodes. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 451-462). Paris: PUF.

ANNEXES

- Liste détaillée des événements utilisés par le groupe de travail.....
- Fiches de lecture des articles.....
- Fiches de lecture des incidents.....
- Définition des critères ergonomiques.....
- Sondage Corsairfly.....
- Grille d'observation TRE.....
- Questionnaire Concepteurs.....

Liste détaillée des événements utilisés par le groupe de travail

LISTE DETAILLEE DES EVENEMENTS UTILISES 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.ntsb.gov/ntsb/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 suivie d'un arrêt-décollage. Pneus et freins TPG endommagés. 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. 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 : - 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> <p>Actions correctrices : - 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)</p>
28/12/2001 Anchorage B747-100F	<p>Référence : http://www.ntsb.gov/ntsb/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'atterrissement précédent.</p>

N3203Y Evergreen	L'équipage a "oublié" de prendre en compte les 45.4 tonnes de fuel ajoutées lors de l'escale. Recommandations : Néant (rapport factuel NTSB).
14/06/2002 Francfort A330-300 C-GHLM Air Canada	Référence : http://www.tsb.gc.ca/fr/reports/air/2002/a02f0069/a02f0069.asp Incident grave : Toucher de fuselage suivi d'un QRF vol 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 détecté et corrigée. Recommandations : néant Actions correctrices : pas d'information
11/03/2003 Johannesburg B747-300 ZS-SAJ SAA	Référence : http://www.caa.co.za/resource%20center/accidents%20&%20incid/reports/2003/0263.pdf Incident grave : Toucher de fuselage à la rotation signalé par l'ATC. QRF après vidange carburant. Erreur de 121 t : ZFW au lieu de TOW inséré par l'OMN dans le laptop. Inscription des vitesses erronées sur le carton. Vitesses 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), <u>Vr = 123 kt (- 41 kt)</u> , 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'accélérant pas normalement. <u>Facteurs contributifs</u> : Distraction au poste, chaleur (APU INOP) + pression du temps (retard de 45 mn réduit à 30 mn) Recommandations : Meilleure connaissance des calculateurs embarqués + méthodes de contrôle des données. Procédures à mettre en place pour éviter les erreurs de distraction...
12/03/2003 Auckland B747-400 9V-SMT Singapour Airlines	Référence : http://www.taic.org.nz Incident grave : Toucher de fuselage + QRF, atterrissage en surcharge. Dommages importants sur le fuselage arrière. 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), <u>Vr = 130 kt (- 33 kt)</u> , V2 = 143 kt (- 29 kt) Facteurs identifiés : - 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.

	<ul style="list-style-type: none"> - 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 <u>fausse</u>. Or c'est le carton qui a servi à corriger les vitesses du FMS. - Le 3^e pilote n'a pas vérifié le carton ni les calculs car distract (discussion avec le chef d'escale). <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.
04/09/2003 Oslo	<p>Référence : Rapport en norvégien - conclusion en anglais</p> <p>Incident sans conséquence technique ni opérationnelle</p>
A321 OY-KBK SAS	<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>
14/07/2004 Paris-CDG	<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>
A340-300 F-GLZR Air France	<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.</p> <p>Dès l'envol, le PF constate que la V_{LS} est supérieure à V_2. La poussée TOGA n'est pas utilisée.</p> <p>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>
14/09/2004 Halifax	<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. 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</p>

	<p>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>
24/08/2005 Shanghai Pudong	<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>
A340-300 LN-RKF SAS	<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 kt) 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>
12/07/2006 Edmonton	<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.</p> <p><u>Facteurs contributifs</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Charge de travail accrue suite à un problème technique nécessitant une mise hors tension de l'avion. - Plusieurs interruptions de tâches de l'équipage.

Fiches de lecture des articles

Title	understanding takeoff speeds			
Type	Briefing Notes	Interest for the study		***
First Author (s)	Airbus	Year		PDF
Reference	http://www.airbus.com/store/mm_repository/safety_library_items/att00003116/media_object_file_FLT_OPS-TOFF_DEP_SEQ07.pdf			
Key Words	Tailstrike, erreurs FMS			
Objective	Donner aux pilotes et aux compagnies des éléments pour comprendre les problèmes liés aux vitesses de décollage			
Results	<p>Concernant les facteurs humains mis en jeu, Airbus précise que les changements de dernière minute, la pression temporelle ou une charge de travail élevée peuvent être à l'origine d'erreurs dans le calcul des vitesses.</p> <p>La charge de travail du PF pendant les phases de taxi ou de pushback étant élevée, les crosschecks peuvent être difficiles.</p> <p>Airbus attire l'attention sur le fait que en cas de problème survenant avant V1, l'attention du PNF peut être focalisée sur le problème et lorsque l'avion n'est pas équipé d'un système d'annonce de V1 automatique, le PNF peut ne pas effectuer l'annonce.</p>			
Comments	Briefing note très générale			
Potential Implications of the results	Cette briefing note conforte ce qui a pu être identifié par ailleurs dans l'étude mais n'apporte pas réellement d'éléments nouveaux.			
Abstract				

Title	Erroneous takeoff reference speeds				
Type	Guidelines	Interest for the study			***
First Author (s)	Boeing	Year	2001?	PDF	
Reference	http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_11/erroneous_story.html				
Key Words	Tailstrike, erreurs FMS				
Objective	Donner un guide pratique pour limiter les erreurs de saisie des paramètres de décollage				
Results	<p>L'étude Boeing définit les différents types d'erreurs susceptibles de se produire en supposant que les valeurs en entrée sont exactes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - erreur de conversion de données - erreur de sélection de la masse sur l'état de charge - erreur de touches lors de la saisie (masse ou vitesse) - erreur de sélection de champs lors de la saisie (PerfInit ou takeOffref) - Erreur de sélection du tableau en cas de calcul manuel - Erreur en utilisant le tableau - Erreur de sélection des flaps <p>Au niveau de la magnitude des erreurs, Boeing précise que :</p> <p>Les FMS ont des modèles qui font que si l'on entre une ZFW trop faible, l'erreur est détectée. Par contre, les marges sont telles que l'on peut entrer une ZFW à la place du GW.</p> <p>Les conséquences des erreurs peuvent être un toucher de queue ou un arrêt décollage à trop haute vitesse. Il est à noter que d'autres effets passent inaperçus mais pourraient avoir des conséquences graves s'ils étaient couplés avec une panne moteur par exemple.</p> <p>Les pratiques recommandées sont les suivantes :</p> <p>Donner des valeurs de poids justes à la personne chargée de déterminer les vitesses de décollage</p> <p>Présenter les données de poids dans un format clair et non ambigu</p> <p>Etablir des procédures pour gérer la pression temporelle et les opérations hors séquence</p> <p>Toujours entrer ZFW dans les avions équipés de FMC</p> <p>Etablir des procédures fiables pour vérifier les opérations manuelles</p> <p>Etudier la possibilité d'un couplage ACARS/FMS (entrée des données par uplink)</p>				
Comments	Le document insiste sur les problèmes de saisie du GW qui est une				

	fonction qui peut être maintenant désactivée. Boeing a changé toutes ses procédures précisant que la procédure normale est de saisir le ZFW et non le GW.
Potential Implications of the results	Boeing propose un guide détaillé des bonnes et mauvaises pratiques concernant la saisie des masses et le calcul des paramètres de décollage. IL s'agit de principes généraux qui pourront servir lors de la validation des recommandations issues de l'étude.
Abstract	The occurrence of human error while establishing takeoff reference speed has caused tail strike, highspeed RTOs, and other instances of degraded performance. These errors can occur in a variety of ways. Operator procedures are the primary means for eliminating these errors. Establishing proper procedures can reduce these errors by helping flight crews avoid situations that make the initial error more probable. These procedures must also ensure that any error that does occur is caught and corrected before it can cause a problem during takeoff or initial climb. The primary method for eliminating error is to ensure that comprehensive, independent verification steps are accomplished at key points where a manual task is performed. Operators are encouraged to review each step of their process and make adjustments to address any deficiencies they may uncover. Boeing has developed a risk assessment checklist as a tool for this review. Operators should also consider two automation features that eliminate known points of error input. One is the ACARS/FMC communications feature, which is available on most current-production airplanes. The other feature is the option to disable FMC GW entry, which will become available with future FMC software updates

Titre	The effect of an advisory system on pilots' go/no-go decision during take-off				
Type	Etude en simulateur	Intérêt pour l'étude			* *
Auteur	BOVE	Année	2002	PDF	Oui
Référence	Journal paper/ Reliability Engineering & System Safety				

Mots clés	Go/no Go decision
------------------	-------------------

Objectif	Test du prototype d'un système d'alerte de monitoring du take off
-----------------	---

Taille et caractéristique de l'échantillon	20 pilotes 320/330/340
Facteurs	Décision de poursuivre ou d'arrêter le décollage
Méthode	<p>Fixed Based simulator!!!</p> <p>Système testé : ATOMS</p> <p>6 scénarios avec et sans ATOMS :</p> <ul style="list-style-type: none"> Situation nominale Problème de freinage Feu moteur Problème moteur + Feu Masse erronée faible accélération mais qui reste dans les marges de sécurité prédéfinies. Alerte ATC <p>NB : Le scénario débute alors que les données de masse et vitesses sont déjà entrées dans le FMS.</p>

Résultats	<p>Pour le scénario étudié, pas d'impact du système d'alerte sur la poursuite ou non du décollage. Il s'agissait de déterminer si la présence du système dans un cas où les marges de sécurité diminuaient pouvait avoir un effet de bord et influencer l'équipage dans le sens d'un abandon de décollage. Ce qui n'a pas été le cas pour les 10 équipages participants.</p> <p>Les autres résultats ne sont pas significatifs pour l'étude.</p> <p>A noter : Les résultats doivent être considérés avec prudence, l'utilisation d'un simulateur fixe pour la phase de décollage limitant les facteurs pouvant influencer la prise de décision des pilotes</p>
Commentaires	<p>Cet article est intéressant dans l'approche que l'auteur adopte pour décrire les facteurs pouvant influencer la décision de poursuivre ou d'arrêter le décollage.</p> <p>Les premières parties de l'article sont en effet consacrées à une description des aspects principaux de la phase de décollage puis aux problèmes de traitement de l'information et d'évaluation des risques sur les décisions de continuer ou</p>

	<p>d'interrompre le décollage.</p> <p>L'auteur met en relief le fait que la décision doit être prise sous pression temporelle alors qu'elle implique des risques élevés. Elle doit être basée sur des informations incomplètes, complexes et changeant dynamiquement.</p> <p>L'auteur distingue trois phases conduisant au rejet ou non du décollage :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) le diagnostic, <p>le diagnostic se fait à partir :</p> <ul style="list-style-type: none"> -d'événements discrets -de signaux continus -l' "écoulement" visuel en dehors du cockpit -Les petites secousses au roulage (ou plutôt écarts entre les secousses) -Le système vestibulaire -L'indicateur de vitesse : la différence entre la vitesse actuelle et la vitesse dans 10s est une mesure de l'accélération instantanée -Le taux d'accroissement de la puissance moteur <p>Les pilotes peuvent avoir des difficultés à interpréter ces signaux car d'autres facteurs viennent influencer le temps nécessaire au décollage (masse, température, altitude...)</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) le pronostic <p>Il s'agit d'être capable de faire des inférences fiables</p> <p>Par exemple projeter que l'accélération actuelle est suffisante</p> <p>Il peut être difficile de voir ou d'estimer la fin de la piste (les pilotes n'appliquent pas forcément la bonne force de freinage)</p> <p>Surestimation ou sous estimation en fonction de la visibilité des côtés</p> <ol style="list-style-type: none"> 3) la prise de décision. <p>Le diagnostic et le pronostic vont conduire à la prise de décision : rejeter ou continuer le décollage.</p> <p>Les facteurs qui peuvent influencer la décision au profit d'une poursuite du décollage sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> -V1 on peut décoller avec un seul moteur, -Possibilité d'augmenter la poussée, -Incertitude possible sur le calcul de V1, <p>En effet, V1 est considérée comme la référence dans la prise de décision : avant V1 on peut s'arrêter après non. Si un des éléments ayant servi au calcul de ces vitesses est inexact (par exemple si les moteurs ne délivrent pas la poussée adéquate), V1 calculée ne correspondra pas à une interruption de décollage effectuée en toute sécurité.</p>
Implications potentielles des résultats	<p>Ce type de système peut constituer une ultime barrière. Si le décollage est entamé avec une V1, Vr erronées ou une poussée inadéquate, le système peut permettre de détecter un comportement non nominal de l'avion.</p> <p>Comme pour tout système d'alerte, le compromis entre efficacité et nuisance peut être délicat à trouver. Le seuil de déclenchement doit être défini de façon à limiter le nombre de décollages avortés étant donnés les dérangements et risques associés.</p>

Résumé	Résumé original :
<p>The take-off phase of modern airliners is a relatively critical phase of flight. Thus, about 12% of all civil aviation accidents happen during take-off. In this paper we describe results of an experimental study of a prototype cockpit advisory take-off monitoring system designed to help pilots to make better and safer go/no-go decisions in the case of abnormal events during take-off. We describe, first, the basic aspects of the take-off task and, second, some of the information processing and risk assessment problems involved in making go/no-go decisions at high speeds during take-off. Third, we describe a prototype advisory take-off monitoring system (ATOMS), which as the result of a research project, has been designed to improve pilots' judgement of acceleration and deceleration during the take-off roll. Fourth, we report on results of an experimental study of this prototype system in a full-flight simulator — results that indicate that ATOMS has a promising potential to improve take-off safety. Finally, we discuss implications of the experimental results for systems support for pilots during take-off. © 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.</p>	

Title	Difficult Access: The Impact of Recall Steps on Flight Management System Errors						
Type	Expérimentation	Interest for the study		*			
First Author (s)	Fenell	Year	2006	PDF			
Reference	THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 16(2), 175–196						
Key Words	FMS, recall steps, access errors						
Objective							
Sample sizes and characterization	22 C130 pilotes (peu expérimentés sur le système)						
Factors	Format errors Insert errors Verify errors Access errors	Définition d'une tâche de rappel : la tâche ne possède pas de signaux visuels tels qu'un label saillant ou un message. Sinon on parle d'une tâche de reconnaissance. -					
Method	20 tâches liées au FMS (radio, navigation, plan de vol) analysées à partir d'un modèle cognitive enregistrement vidéo des actions instructions verbales						
Results	La majorité des difficultés concernent l'accès à la bonne fonction (erreur d'accès). Les erreurs sont plus nombreuses lorsqu'il n'existe pas un réel mapping entre la tâche à effectuer et les fonctionnalités du FMS. Le pilote doit dans ce cas reformuler ce qu'il doit effectuer et faire appel à sa mémoire pour accéder à la bonne page initiale. Si le guidage est de plus insuffisant, les erreurs d'accès se multiplient.						
Comments							
Potential Implications of the results	Les erreurs étudiées dans cette expérimentation ne concernent pas des tâches relatives à la saisie des paramètres de décollage. Elles montrent cependant les erreurs liées aux tâches de saisie de plan de vol. Pendant la phase de préparation, les problèmes d'accès aux pages peuvent provoquer une augmentation de la charge de travail et laisser peu de place à la mémorisation d'autres éléments tels que par exemple les masses de l'avion.						
Abstract	This study examines flight management system (FMS) tasks and errors by C-130 pilots who were recently qualified on a newly introduced advanced FMS. Twenty flight tasks supported by the FMS were analyzed using a cognitive stage model (Sherry, Polson, Feary,&Palmer, 2002) to identify steps with the potential for errors. If a step						

was found not to have visual cues such as labels or prompts for the required action sequence it was identified as a recall step and a potential source of difficulty. If the action was supported by salient labels and prompts it was identified as a recognition step. Actual pilots using an FMS were observed and performance and errors categorized into the related task step. The greatest amount of observed difficulty was accessing the correct function, labeled as an access error. This process was found to be particularly vulnerable to recall problems. Pilots had the likelihood of .74 for committing an access error on tasks with 2 recalled access steps. This is compared to .13 for 1 recalled access step and .06 for no recalled access steps. Errors associated with formatting, inserting, or verifying entries were less common than access errors; however, these errors primarily occurred on tasks in which recall steps were required for the related step. A total of 93% of the format errors, 80% of the insert errors, and 81% of the verify errors occurred on the tasks that did not have good recognition support for each associated step. On a positive note, experience with the new FMS in the preceding 6 months was correlated with a decrease in overall errors, $r(22) = -.42, p < .05$, and a decrease in errors associated with inadequate knowledge to accomplish a required step, $r(22) = -.61, p < .01$.

Titre	Response time to reject a takeoff				
Type	Etude en simulateur	Intérêt pour l'étude			* *
Auteur	Harris	Année	2003	PDF	
Référence	Human factors and aerospace safety				

Mots clés	Go/no Go decision, response time
------------------	----------------------------------

Objectif	
-----------------	--

Taille et caractéristique de l'échantillon	16 pilotes
Facteurs	Temps de réaction
Méthode	<p>Aerosoft 200 flight trainer (747-200)</p> <p>V1= 141 knots (dry conditions)</p> <p>Les participants étaient PF</p> <p>8 scénarios avec des appels à interrompre le décollage aux vitesses suivantes 60, 80, 90, 100, 120, 130, 135 ou 141 kts</p> <p>NB : les participants ne connaissent pas la vitesse à laquelle a lieu l'appel à interrompre le décollage.</p>

Résultats	<p>Sur 114 essais, 9 cas où le décollage a été poursuivi.</p> <p>Les temps de réponse diminuent avec la vitesse au sol mais augmentent une nouvelle fois à l'approche de V1.</p> <p>Les réponses moyennes correspondent bien à ce qui peut être écrit pour la certification mais lorsque l'on se rapproche de V1, l'écart type augmente. Attention donc aux cas extrêmes.</p>
Commentaires	<p>Le calcul des distances d'accélération et de stop pour les aspects certification du FAR/JAR 25 est central pour déterminer les marges de sécurité au décollage. Dans le calcul de V1, on doit prendre en compte le temps de réaction de l'équipage, le temps d'application des freins, le temps de fermeture des thrust levers et le temps de déploiement des spoilers.</p> <p>Pour mener à l'action, plusieurs étapes sont nécessaires :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Identification du problème, 2) Analyse et décision 3) Appel à rejeter le décollage 4) Perception de l'appel 5) Cross check avec V1

	<p>6) Décision</p> <p>7) Action</p> <p>Dans la certification, on parle des RTO en cas de panne moteur, mais les pannes moteur sont impliquées dans une minorité des RTO.</p> <p>Pour les actions simples, les temps de réaction se décomposent en 1. encodage de l'information, 2. sélection de l'action, 3. exécution.</p> <p>Pour les stimulus simples les temps de réaction sont de 140 à 160 ms pour l'auditif et de 180 à 200 ms pour le visuel.</p>
Implications potentielles des résultats	

Résumé	Résumé original :
	<p>Rejecting a takeoff at high speed in a airliner is a risky manoeuvre, however, if the decision is not made in a timely manner, at high speeds there is the strong possibility of overrunning the runway. The responses times to reject a takeoff were measured in a flight simulator at a variety of speeds using 16 professional pilots. It was observed that as speed on the runway increased, response times decreased, up until a point just before V1 ('the go/no go decision speed). At this point response times increased dramatically. The results are discussed within the context of the current aircraft certification parameters. Suggestions for further research are made, particularly with respect to extending this work to examine whole crew response time when rejecting a takeoff.</p>

Titre	How a cockpit remembers its speeds				
Type		Intérêt pour l'étude			***
Auteur	HUTCHINS	Année	1995	PDF	Oui
Référence	Cognitive science				

Mots clés	MEMORY
------------------	--------

Objectif	Etude de la mémorisation des vitesses d'atterrissement dans le cockpit : Appliquer l'approche classique de la science cognitive à une unité plus large qu'une personne.
-----------------	---

Taille et caractéristique de l'échantillon	N/A
Facteurs	N/A
Méthode	N/A

Résultats	N/A
Commentaires	<p>L'auteur s'intéresse à la façon dont les vitesses d'atterrissement sont mémorisées dans le cockpit.</p> <p>La mémorisation des vitesses est décrite selon trois approches :</p> <ul style="list-style-type: none"> Une approche procédurale Une description cognitive des représentations et process en dehors des pilotes Une description cognitive des représentations et process interne pilotes <p>Hutchins décrit les différentes représentations des valeurs de vitesses en les distinguant selon leur permanence, des plus durables (ex : cartes de correspondances vitesses/Masses) aux plus éphémères : Verbalisations...</p> <p>Ses descriptions montrent que si ces vitesses sont mémorisées à l'échelle du cockpit elles ne le sont pas forcément par les pilotes même en mémoire de travail.</p>
Implications potentielles des résultats	<p>Il est assez aisément de procéder à un parallèle entre les vitesses d'atterrissement et les paramètres de décollage. Les notions mises en évidence par l'article montrent que la présence des différents supports de représentation des vitesses permettent une mémorisation à l'échelle du cockpit mais pas forcément à l'échelle du pilote.</p> <p>Dans le cas des vitesses de décollage, les indications sur le PFD (ou les speed bugs sur l'anémomètre), le carton de décollage, les valeurs saisies dans le FMS sont autant de représentations qui permettent que les vitesses soient "connues" dans le cockpit. Suivant les stratégies et les modes opératoires choisis par les pilotes, la présence de ces représentations rend la mémorisation des vitesses (même à court terme) non nécessaire. Par exemple, l'annonce de la vitesse de rotation est plus basée sur une reconnaissance graphique que sur la mémorisation de la valeur.</p> <p>L'absence de présence prolongée de ces valeurs en mémoire de travail ne permet pas au pilote de se créer une représentation interne des valeurs et</p>

	diminue les possibilités de stockage en mémoire à long terme. Ce qui explique pourquoi les pilotes ne possèdent pas (ou plus) d'ordre de grandeur des vitesses, rendant ainsi difficile même en cas d'erreur "grossière", le lever de doute sur des valeurs incompatibles avec le vol.
--	--

Résumé	<p>Résumé original :</p> <p>"Cognitive science normally takes the individual agent as its unit of analysis. In many human endeavors, however, the outcomes of interest are not determined entirely by the information processing properties of individuals. Nor can they be inferred from the properties of the individual agents, alone, no matter how detailed the knowledge of the properties of those individuals may be. In commercial aviation, for example, the successful completion of a flight is produced by a system that typically includes two or more pilots interacting with each other and with a suite of technological devices. This article presents a theoretical framework that takes a distributed, socio-technical system rather than an individual mind as its primary unit of analysis. This framework is explicitly cognitive in that it is concerned with how information is represented and how representations are transformed and propagated in the performance of tasks. An analysis of a memory task in the cockpit of a commercial airliner shows how the cognitive properties of such distributed systems can differ radically from the cognitive properties of the individuals who inhabit them."</p>
--------	---

Title	Pilot Interaction with cockpit automation II : An experimental study of Pilots' Model and Situation Awareness of the Flight Management system					
Type	Expérimentation	Interest for the study				
First Author (s)	Nadine B. Sarter	Year	1994	PDF		
Reference	THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY, 4(1), 1-28					
Key Words						
Objective	Vol en simulateur qui contient plusieurs études destinées à réveiller les modèles mentaux des pilotes du FMS					
Sample sizes and characterization	20 pilotes expérimentés					
Factors	-		-			
Method	Simulateur Part-task Vol individuel (B737) Initialisation du FMS non incluse L'une des tâches concerne l'interruption de décollage.					
Results	<p>Sur la tâche concernant l'interruption de décollage, lorsque l'avion atteint 40 noeuds, on interroge les pilotes sur ce qu'ils feraient pour annuler le décollage. Le but étant d'étudier leur maîtrise du fonctionnement des auto - throttles.</p> <p>Les résultats montrent que 80% se trompent dans leur réponse. Ceci révèle les manques existants dans les modèles mentaux des pilotes sur la structure fonctionnelle de l'automatisme dans les situations anormales sujettes à pression temporelle.</p> <p>Ces résultats ainsi que ceux obtenus sur les autres tâches montrent que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il existe des manques dans la compréhension des pilotes des automatismes - l'interface ne facilite pas la compréhension du pilote de l'état du système - les pilotes ne sont pas forcément au courant de ces manques <p>L'auteur souligne que les problèmes ne sont pas inhérents au système mais plus aux limitations dans la façon dont les pilotes et l'automation sont plus ou moins bien intégrés dans un système cognitif distribué.</p>					
Comments	Il est intéressant de noter que l'étude n'a pas inclus volontairement l'initialisation des performances car "les observations lors de l'entraînement avaient montré que ces tâches ne mettaient pas à					

	<p><i>l'épreuve les pilotes. L'étude a préféré se concentrer sur les tâches en vol, les tâches au sol étant moins sujettes à la pression temporelle et aux tâches concurrentes."</i></p> <p>Ceci montre la difficulté d'observer en simulateur le contexte de préparation des décollages et de reproduire l'ensemble des interactions afin d'avoir une approche vraiment écologique dans l'étude de cette phase.</p>
Potential Implications of the results	-
Abstract	<p>Technological developments have made it possible to automate more and more functions on the commercial aviation flight deck and in other dynamic high-consequence domains. This increase in the degrees of freedom in design has shifted questions away from narrow technological feasibility. Many concerned groups, from designers and operators to regulators and researchers, have begun to ask questions about how we should use the possibilities afforded by technology skillfully to support and expand human performance. In this article, we report on an experimental study that addressed these questions by examining pilot interaction with the current generation of flight deck automation. Previous results on pilot–automation interaction derived from pilot surveys, incident reports, and training observations have produced a corpus of features and contexts in which human–machine coordination is likely to break down (e.g., automation surprises). We used these data to design a simulated flight scenario that contained a variety of probes designed to reveal pilots' mental model of one major component of flight deck automation: the Flight Management System (FMS). The events within the scenario were also designed to probe pilots' ability to apply their knowledge and understanding in specific flight contexts and to examine their ability to track the status and behavior of the automated system (mode awareness). Although pilots were able to "make the system work" in standard situations, the results reveal a variety of latent problems in pilot–FMS interaction that can affect pilot performance in nonnormal time critical situations.</p>

Title	When Does the MCDU Interface Work Well?				
Type	Modélisation	Interest for the study		*	
First Author (s)	SHERRY	Year	2000	PDF	
Reference	American Association for Artificial Intelligence (www.aaai.org)				
Key Words					
Objective	Ce papier propose un modèle des interactions qui pourrait être utilisé dans la conception des futures interfaces du cockpit.				
Results	<p>Une précédente étude a montré que l'interface du MCDU marche bien quand :</p> <p>La tâche du pilote est supportée directement par une fonction</p> <p>L'accès aux pages et les formats de données sont guidés par des labels ou d'autres indications visuelles.</p> <p>L'interaction peut être décrite par 5 étapes :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reformulation 2. Accès à la bonne interface 3. Formatage des données à entrer 4. Insertion des données 5. Vérification des données insérées <p>Chaque étape est effectuée soit par un rappel en mémoire à long-terme de l'action à effectuer soit par une reconnaissance de certaines indications de l'environnement.</p> <p>La reconnaissance est plus robuste et plus rapide.</p> <p>En particulier, la reconnaissance est plus robuste aux interruptions de tâches, à la surcharge de charge de travail.</p> <p>La conception des futurs systèmes doit être guidé par deux grands principes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Etablir les tâches et sous-tâches de la mission qui sont supportées par automation - Ajouter des labels, prompts et des feedback suffisants pour permettre aux pilotes de réaliser les 5 étapes décrites précédemment. <p>Le recours à une interface graphique peut être utile si :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour les étapes de reformulation et de vérification. Une représentation graphique peut faciliter la représentation de l'environnement. 				

	<ul style="list-style-type: none"> - Les autres étapes peuvent être facilitées grâce à l'utilisation de boîtes de dialogue ou de menus déroulants
Comments	Etude menée en collaboration avec Boeing et Honeywell.
Potential Implications of the results	<p>Cette étude montre l'importance du guidage de l'interface et de l'adéquation de l'interface à la tâche. Ceci est particulièrement vrai pour les interactions liées à la phase de préparation du vol où les interruptions de tâche peuvent être nombreuses.</p> <p>Si des recommandations de conception sont établies à la suite de l'étude, ces éléments devront être pris en compte.</p> <p>On peut citer par exemple le changement piste au départ qui n'est pas une tâche directement supportée par l'interface et qui demande une reformulation importante de la part de l'équipage.</p> <p>L'article suggère d'autre part l'intérêt de l'utilisation d'une interface graphique pour la représentation de l'environnement. Ceci pourra rejoindre des recommandations dans le sens d'une représentation graphique de la piste avec des indicateurs de l'endroit où les vitesses sont atteintes ou encore une représentation graphique des données de masse (sous forme de barres graphiques superposées par exemple représentant la masse à vide, la charge, le carburant et la MTOW)</p>
Abstract	<p>The Multi-function Control and Display Unit (MCDU) has been identified as a source of issues pilots have transitioning to glass cockpits. Several aircraft manufacturers and avionics vendors have committed to replace the MCDU with graphical user-interfaces in the next generation of commercial aircraft.</p> <p>A cognitive task analysis of pilot-MCDU interaction, described in this paper, has identified that pilot failure to complete mission tasks using the MCDU is not a sole consequence of the physical dimensions or layout of the device.</p> <p>Instead, the MCDU interface works adequately when a given pilot task: (1) is supported directly by a function provided by the automation, and (2) the access of MCDU pages, and format and entry of data, are prompted by labels and other visual cues (and not by memorized actions sequences). Pilot tasks not supported directly by automation, and/or pilots tasks that rely on memorized action sequences are difficult to learn and likely not to be used effectively in the field.</p>

Title	SKILL DECAY ON TAKEOFFS AS A RESULT OF VARYING DEGREES OF EXPECTANCY						
Type	Expérimentation	Interest for the study		*			
First Author (s)	Stevens	Year	2007	PDF			
Reference							
Key Words	Expectancy, rejected takeoff.						
Objective	Estimer si les compétences acquises en simulateur sur des évènements attendus (tels que des arrêts décollage) sont bien transférées en situation réelle lorsque les évènements sont inattendus.						
Sample sizes and characterization	147 étudiants 14 pilotes						
Factors	Temps de reaction Déviation par rapport à la ligne centrale	Prévisibilité manipulée					
Method	PC based-simulator						
Results	Dans les deux études les performances se dégradent lorsque les participants ne s'attendent pas à la survenue de l'évènement : - pour les temps de réponse pour les 2 types de participants - pour la déviation pour les étudiants						
Comments							
Potential Implications of the results	Les résultats de cette étude soulignent le peu de données existant concernant la validité du transfert entre les compétences acquises en simulateur lors de situations attendues et leurs applications aux situations d'urgence inattendues. Ceci met en relief les difficultés à former les équipages à la phase de préparation du vol et notamment à la prise de décision d'arrêt oude poursuivre le décollage.						
Abstract	It is generally assumed that skills trained and assessed in a simulator will transfer to the line. However, there is a class of maneuvers that demand an immediate response to an unexpected event (e.g., rejected takeoffs) for which such transfer can be questioned and for which there is little or no empirical data to support a transfer assumption. Thus, we have completed a series of studies aimed at investigating the effects of expectancy on performance for unanticipated events in a laboratory situation with undergraduate college students and experienced pilots. Our participants were trained on both normal and rejected takeoffs and the expectancy for a rejected takeoff was manipulated in each study. There were two primary measures of performance on rejected takeoff trials: the amount of time it took the participant to close down the throttle after engine failure and the maximum deviation from center line achieved while bringing the aircraft to a stop. T-tests indicated that there was a significant degradation in throttle performance for both studies (all $p < .05$) and in maximum deviation from center line performance for one of						

the studies ($p<.001$). Thus, it is questionable whether the assumption that performance on events that occur in high expectancy conditions will transfer to low expectancy conditions is valid.

Fiches de lecture des incidents

OY-KBK : A321, 04/09/2003 à Oslo.

1. Questions :

- Dans quel(s) cas V1 et Vr sont elles significativement différentes ?

2. Types d'erreurs :

Erreur de calcul des vitesses :

- Transmission des paramètres de décollage entre l'avion, Oslo et Copenhague. **Erreur de 16 tonnes sur la TOW parvenue à Copenhague.** Détection par Copenhague d'une valeur anormalement faible de la TOW, mais confirmation par Oslo.
- Calcul des vitesses. **Calcul avec une TOW erronée.** Fourniture de vitesses incohérentes avec l'avion / le vol.
- Saisie de vitesses dans le FMS. **Collationnement de vitesses erronées.** Absence de lever de doute sur les vitesses anormalement basses.

3. Eléments contextuels :

- ACARS INOP. **Utilisation de procédures détournées (radio + fax).** Risque d'erreur lié aux transmissions successives des données.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Lourdeur à la rotation.
- $V_2 < V_{LS}$
- Accélération à 250 kt.

5. Conséquences :

- Sans Objet.

C-GHLM : A330-300, 14/06/2002 à Francfort

1. Questions :

- Les vitesses saisies sur le FMS 330/340 disparaissent-elles lorsque l'on change d'autres paramètres (CG, TOW, ZFW...) ?
- Existence d'un carton décollage papier (affichage de l'impression ACARS) ?
- Sur quelle vitesse porte l'alarme MCDU <100 kt (V1, Vr) ?

2. Types d'erreurs :

Erreur de saisie (touche) sur la V1 :

- Saisie des paramètres du décollage dans le FMS. **Erreur de 20 kt sur V1.** Non détection par l'équipage de la masse erronée.
- Annonce de Vr. **Annonce prématurée.** Non détection de l'écart entre V1 et Vr. Non observation de l'absence du symbole de représentation de Vr.

3. Eléments contextuels :

- Qualification de l'équipage. **2 TRE, l'un contrôlant l'autre.** Modification possible des comportements lors des vérifications croisées.
- Changement tardif de la masse au décollage. **Nouvelle saisie des paramètres.** Erreur de saisie de V1.
- Proximité habituelle des vitesses V1 et Vr. **Ecart significatif entre V1 et Vr.** Non détection de l'erreur de vitesse.
- Utilisation de la documentation disponible. **Utilisation de références provenant de sources multiples.** Non vérification d'une cohérence globale.
- Superposition habituelle de V1 et Vr sur le PFD. **Association erronée des deux vitesses.** **Annonce de Vr à la suite de celle de V1.**
- Alerte FMS si et seulement si V1<100 kt.
- Valeurs V1, Vr, V2, proposées par le FMS.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Non détection par l'équipage. Info par PNC et ATC.

5. Conséquences :

- Toucher du fuselage arrière.
- QRF après attente.

1. Questions :

- Rôle / fonction du PNT de renfort pendant la préparation du vol ?

2. Types d'erreurs :

Erreur de saisie de la TOW pour le calcul des vitesses.

- Saisie de la TOW pour interrogation ACARS. **Erreur de 100 tonnes sur la TOW. Absence de vérification par l'équipage.**
- Calcul des vitesses par l'ordinateur central. **Calcul avec une TOW erronée. Fourniture de vitesses incohérentes avec l'avion / le vol.**
- Saisie de vitesses dans le FMS. **Saisie de vitesses erronées. Non détection par le FO de valeurs de vitesses incohérentes avec l'avion / le vol et vérification par le CdB des vitesses insérées à partir de la valeur de masse erronée du carton erroné.**
- Briefing avant décollage. **Lecture de la MTOW à la place de la TOW sur le carton. Non détection de l'écart entre la TOW mesurée et affichée sur le SD et celle prise en compte dans le calcul des vitesses par acars.**

3. Eléments contextuels :

- Ecart de 5 tonnes par rapport à la masse prévisionnelle. **Edition d'un nouveau carton par ACARS. Erreur de saisie sur la TOW lors de l'interrogation ACARS.**
- Présentation des informations de masse sur l'impression ACARS et valeurs de MTOW et TOW proches. **Association erronée des deux masses. Vérification de la MTOW au lieu de TOW.**
- Valeurs V1, VR, V2, non proposées par le FMS.
- Expérience de l'équipage. **Expérience faible sur l'avion et sur le système FMGS. Lecture inappropriée du carton décollage.**
- Présence d'un 3^e PNT sans fonction définie à bord.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Sensation d'accélération lente.
- Comportement anormal de l'avion perçu par PF : lourdeur. Action sur le manche amplifiée.
- Bruit sans choc et raclement perçu par PNC.

5. Conséquences :

- Fuselage éraflé.
- QRF après vidange 1 heure.

9V-SMT : B 747-400, 12/03/2003 à Auckland

1. Questions :

Sans Objet

2. Types d'erreurs :

Erreur sur la TOW.

- Réalisation du carton décollage. **Erreur de 100 tonnes sur la TOW.** Non détection par le FO de la masse erronée.
- Calcul des paramètres à l'aide de la documentation. **Utilisation d'une TOW erronée.** Détermination des vitesses incohérentes avec l'avion / le vol.
- Report des vitesses sur le carton décollage. **Report de vitesses erronées.** Non détection par le FO des vitesses incohérentes avec l'avion / le vol.
- Vérification du «carton». **Absence de vérification de la TOW et utilisation d'une TOW erronée pour vérifier les vitesses.** Non détection par le CdB. de paramètres de décollage (V + TOW) incompatibles avec l'avion / le vol.
- Saisie des vitesses dans le FMS. **Saisie de vitesses erronées.** Non détection par la CdB des écarts entre les vitesses proposées par le FMS et celles du «carton». Non détection par le FMS de valeurs de vitesses significativement différentes de celles calculées par le FMS.

3. Eléments contextuels :

- Retard du vol. **Pression temporelle.** Précipitation des actions et vérifications pendant la préparation du décollage
- Landing weight proche de TOW-100. **Valeur erronée de la TOW proche de celle du landing weight.** Confusion possible du TOW erroné et du landing weight.
- Procédure personnelle du FO. **Mise en œuvre inefficace (erreur de calcul possible).** Non détection par le FO d'erreurs sur la TOW.
- Copilote de renfort en jump seat pendant la préparation du vol avec une fonction définie. **Tâche non effectuée.** Non détection des erreurs de masses et vitesses.
- Utilisation de la documentation disponible. **Utilisation de références provenant de sources multiples.** Non vérification d'une cohérence globale.
- Valeurs V1, Vr, V2, proposées par le FMS.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Stick shaker à la rotation. Maintien de l'assiette jusqu'au décollage. Non détection du tail strike par les 3 PNT. Alarme feu APU après décollage.

5. Conséquences :

- Toucher du fuselage arrière.

- QRF après vidange carburant. Atterrissage en surcharge.

1. Questions :

Procédure PROCEDURES NORMALES SUPPLEMENTAIRES / BOEING LAPTOP TOOL (B-02b-17-2)

« l'équipage vérifie la cohérence du GRWT. »

- En quoi consiste la vérification de la cohérence : où est lu le GRWT, comment est il vérifié ?
- Annonce VR par le Capt. PNF ? Rotation « spontanée » de l'OPL ?

6. Types d'erreurs :

Confusion, lors du 2^e calcul des paramètres du décollage, ZFW / TOW (ZFW annoncée au lieu de la TOW) → ZFW saisie dans BLT dans le champ *Planned Weight* (TOW). → V1 (-27), Vr (-32), V2 (-29) BLT sont erronées. Valeurs FMS écrasées :

- Lecture du TOW par Capt. (**lecture ZFW à la place**) Non détection par l'équipage de l'écart des valeurs par rapport à celles (correctes) annoncées lors de la première saisie.
- Saisie du TOW dans BLT par FO (**saisie de ZFW à la place de TOW**). Non détection de l'écart par le FO des valeurs par rapport à celles (correctes) annoncées lors de la première saisie. Acceptation par le système BLT d'une valeur significativement différente de la valeur précédemment entrée, et incohérente avec le vol.
- Calcul des vitesses par BLT (**calcul des vitesses avec le ZFW comme TOW**). Fourniture des vitesses par le BLT incohérentes avec l'avion / le vol.
- Saisie des vitesses dans le FMS (**saisie des vitesses erronées**). Non détection par le Capt. des écarts entre les vitesses proposées par le FMS et le BLT. Non détection par le FMS de valeurs de vitesses significativement différentes de celles calculées par le FMS.

7. Eléments contextuels :

- Batterie d'un BLT HS. **Utilisation d'un seul BLT**. Vérification croisée des données entrées impossible.
- Mise en veille. **Perte des données entrées**. Répétition de toute la procédure de calcul des paramètres du décollage.
- Message de panne hydraulique. **Traitements par Capt. pendant la saisie des données dans le BLT par le FO**. Possible impact sur la séquence de préparation / vérification du décollage.
- QNH élevé et T° basse. **Interprétation erronée de la différence des T° fictives BLT / FMS**. Non détection des erreurs sur les paramètres de décollage.
- Rolling take-off. **Effet de masque sur les performances d'accélération de l'avion**. Non détection de la faible accélération.

- Valeurs V1, Vr, V2 proposées par le FMS.

8. Détection / Récupération de l'erreur :

Longueur de piste restante à V1 jugée anormalement importante par le Capt et doute sur les vitesses de décollage. Annonce différée de la rotation.

Sensation de lourdeur de l'avion par l'OPL. Augmentation de l'assiette. Déclenchement du vibreur de manche. Pleine poussée par l'OPL.

Non détection du toucher de queue.

Observation de fumée par un véhicule de piste.

9. Conséquences :

Toucher de queue à la rotation

Poursuite du décollage

QRF

Dommages sur fuselage

1. Questions :

- La masse de l'avion dépendait-elle seule du ravitaillement en fuel ?

2. Types d'erreurs :

Erreur sur la masse de carburant.

- Réalisation du carton décollage. **Report des données figurant sur le carton atterrissage.** **Non prise en compte de la masse de carburant ajoutée**
 - Calcul des vitesses au décollage. **Calcul des vitesses avec une masse erronée.** **Non détection par l'équipage des vitesses incohérentes avec l'avion / le vol.**

3. Eléments contextuels :

- Equipage à trois.
- Vol cargo. **Variabilité des masses en fonction des vols.** **Ordres de grandeurs des vitesses au décollage variables.**
- Absence de FMS.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Tailstrike non ressenti ni détecté jusqu'à l'arrivée à destination.

5. Conséquences :

- « Substantial Damages »

9G-MKJ : B747-200F, 14/09/2004 à Halifax.

1. Questions :

2. Types d'erreurs :

Erreur de calcul des vitesses associées au décollage

- Calcul des vitesses dans le BLT. **Utilisation des paramètres de masse du décollage précédent.** Fourniture de vitesses par le BLT incompatibles avec l'avion / le vol.
- Remplissage du carton décollage. **Report de vitesses erronées.** Non détection de l'écart entre la masse utilisée pour le calcul du BLT et la masse au décollage.
- Affichage des vitesses sur l'anémomètre. **Utilisation de vitesses erronées.** Non détection par l'équipage du positionnement inadéquat pour ce vol / cet avion.

3. Eléments contextuels :

- Utilisation du BLT. **Prise en compte de données par défaut non maîtrisé.** Calcul de vitesses avec une masse entrée pour un vol précédent.
- Vol par étapes.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Sans Objet

5. Conséquences :

- Perte de contrôle en vol, collision avec le relief en bout de piste.

1. Questions :

Sans Objet

2. Types d'erreurs :

Confusion ZFW / TOW : utilisation de laptop pour le calcul des vitesses. Saisie du ZFW au lieu de TOW. Report des vitesses erronées sur le «carton» puis mauvais placement des index de vitesses.

- Saisie de la TOW dans le laptop. **Utilisation de la ZFW.** Non détection par l'OMN de la masse erronée.
- Calcul des paramètres par le laptop. **Calcul avec la ZFW au lieu de la TOW.** Fourniture de vitesses par le laptop incohérentes avec l'avion / le vol.
- Report des vitesses sur le carton décollage. **Report de vitesses erronées.** Vérification par le CdB à la place du FO. Non détection par le CdB et l'OMN de vitesses incohérentes avec l'avion / le vol.
- Affichage des index de vitesse sur l'anémomètre. **Choix Report de vitesses erronées.** Non détection par l'équipage du positionnement inadéquat pour ce vol / cet avion.

3. Eléments contextuels :

- Service ATC perturbé. **Pression temporelle.** Précipitation des actions et vérifications pendant la préparation du décollage
- APU INOP. **Chaleur dans le poste et distractions de l'équipage.** Répartition des tâches perturbée et conditions de préparation du décollage dégradées.
- Altitude et température élevées. **Absence de prise en compte.** Non détection par l'équipage des vitesses de décollage incohérentes.
- Equipage à trois.
- Pas d'utilisation du FMS.
- 5+15+137 POB.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Perception d'un comportement inhabituel de l'avion au cours de la rotation. Décision de différer la rotation de 15 kt.

5. Conséquences :

- Toucher du fuselage arrière.
- QRF après vidange carburant.

1. Questions :

Sans Objet

2. Types d'erreurs :

Erreur de calcul des vitesses.

- Utilisation du manuel. **Utilisation des performances d'un autre avion.** Non détection par le FO des écarts de performance entre l'avion concerné (B757) et les références utilisées (B767).
- Confirmation de la détermination des vitesses. **Non effectué.** Non détection par le Capt. de l'erreur de calcul.
- Affichage des index de vitesse sur l'anémomètre. **Choix des vitesses erroné.** Non détection par l'équipage du positionnement inadéquat pour ce vol / cet avion.

3. Eléments contextuels :

Inconnus...

- Pas d'informations concernant l'expérience / la formation de l'équipage (change-t-il souvent d'avion, est-il bi-qualifié ?)

4. Détection / Récupération de l'erreur :

Rotation excessive. Perception d'une secousse au décollage

5. Conséquences :

Poursuite du décollage et du vol.

Dommages fuselage arrière et bouclier de pressurisation.

1. Questions :

Sans Objet

2. Types d'erreurs :

Confusion ZFW / TOW lors de l'interrogation ACARS du calcul des paramètres au décollage. Utilisation de ZFW dans le champ TOW. Retour Acars avec MAC différent de l'état de charge. Nouvelle interrogation comprenant la MAC (cette fois) et toujours ZFW au lieu de TOW. Retour ACARS avec MAC conforme à l'état de charge et V1 (-33), Vr (-33) et V2 (-33) toujours erronées :

- Saisie de la TOW pour interrogation ACARS. **Utilisation de la ZFW.** Compréhension erronée par le FO des attentes du système.
- Envoi des données par ACARS. **Utilisation de la ZFW à la place de la TOW.** Non contrôlé par le Capt.
- Calcul des paramètres par l'ordinateur central. **Calcul avec la ZFW au lieu de la TOW.** Fourniture de vitesses par l'ordinateur central incohérentes avec l'avion / le vol.
- Vérification des données ACARS. **Détection de l'erreur de MAC par le 3^e homme.** Absence de vérification par l'équipage des autres données.
- Saisie de la MAC pour interrogation ACARS. **Utilisation non modifiée de la ZFW à la place de la TOW.** Non détection par l'équipage de l'erreur de masse.
- Vérification des données ACARS. **Vérification inadéquate de la masse.** Confusion (possible ?) avec la MTOW.
- Saisie de vitesses dans le FMS **saisie de vitesses erronées** Non détection par le Capt et le FMS de vitesses incohérentes avec l'avion / le vol. Non vérification par l'équipage pendant le taxi.

3. Eléments contextuels :

- Retard du vol. **Pression temporelle.** Précipitation des actions et vérifications pendant la préparation du décollage
- Expérience du copilote. **Expérience préalable sur MD80, route training sur 767 et première utilisation complète du FMS.** Confusion TOW/ZFW
- Indisponibilité de l'état de charge lors de la préparation. **Interruption lors de la saisie des données ACARS.** Séquence de saisie perturbée (notamment absence de saisie de la MAC)

- Présentation des informations de masse sur l'impression ACARS et valeurs de MTOW et TOW proches. **Association erronée des deux masses.** **Vérification de la MTOW à la place de la TOW.**
- PNT de renfort en jump seat pendant la préparation du vol sans fonction définie. **Interruption de la séquence normale de préparation.** **Vérification des paramètres de décollage perturbée.**
- Valeurs V1, Vr, V2 non proposées par FMS
- Alerte FMS uniquement si TOW>MTOW.

4. Détection / Récupération de l'erreur :

- Perception d'un comportement inhabituel de l'avion au cours de la rotation. Décision d'interrompre le décollage après la V1 affichée (mais avant la V1 réelle)

5. Conséquences :

- Toucher du patin arrière
- Pneus et freins TPG endommagés

Définition des critères ergonomiques

Cohérence/homogénéité

Le critère *Homogénéité/Cohérence* concerne la façon avec laquelle les choix de conception de l'interface (codes, dénominations, formats, procédures, etc.) sont conservés pour des contextes identiques, et sont différents pour des contextes différents. Des interfaces cohérentes sont plus faciles à apprendre et à utiliser. À l'inverse, des interfaces « incohérentes » sont plus difficiles à utiliser et peuvent entraîner des erreurs de procédures.

Problème de guidage

Incitation

Le terme « *Incitation* » a ici une définition plus large que celle qu'on lui confère généralement. Ce critère concerne les moyens mis en œuvre pour amener les utilisateurs à effectuer des actions spécifiques, qu'il s'agisse d'entrée de données ou autre. Ce critère englobe aussi tous les mécanismes ou moyens faisant connaître aux utilisateurs les alternatives, lorsque plusieurs actions sont possibles, selon les états ou contextes dans lesquels ils se trouvent. L'*Incitation* concerne également les informations permettant aux utilisateurs de savoir où ils en sont, d'identifier l'état ou contexte dans lequel ils se trouvent, de même que les outils d'aide et leur accessibilité.

Concisions et actions minimales

Le critère *Actions Minimales* concerne la charge de travail quant aux actions nécessaires à l'atteinte d'un but, à l'accomplissement d'une tâche. Il s'agit ici de limiter autant que possible les étapes par lesquelles doivent passer les utilisateurs.

Lisibilité

Le critère *Lisibilité* concerne les caractéristiques de présentation des informations sur l'écran pouvant entraver ou faciliter la lecture de ces dernières (luminance des caractères, contraste caractères-fond, taille des lettres, espacement entre les mots, espacement entre les lignes, espacement entre les paragraphes, longueur des lignes, etc.).

Compatibilité

Le critère *Compatibilité* concerne l'accord pouvant exister entre les caractéristiques des utilisateurs (mémoire, perceptions, habitudes, compétences, âge, attentes, etc.) et des tâches, d'une part, et l'organisation des sorties, des entrées et du dialogue d'une application donnée, d'autre part. De plus, la *Compatibilité* concerne également le degré de similitude entre divers environnements ou applications.

Gestion des erreurs

Le critère *Gestion des Erreurs* concerne tous les moyens permettant d'une part d'éviter ou de réduire les erreurs, et d'autre part de les corriger lorsqu'elles surviennent. Les erreurs sont ici considérées comme des saisies de données incorrectes, des saisies dans des formats inadéquats, des saisies de commandes avec une syntaxe incorrecte, etc.

Trois sous-critères participent à la *Gestion des Erreurs* : Protection Contre les Erreurs, Qualité des Messages d'Erreurs et Correction des Erreurs.

Densité de l'information et groupement distinction des items

Le critère *Densité Informationnelle* concerne la charge de travail du point de vue perceptif et mnésique, pour des ensembles d'éléments et non pour des items.

Le critère Groupement/Distinction par le Format concerne plus particulièrement les caractéristiques graphiques (format, couleur, etc.) permettant de faire apparaître l'appartenance ou la non appartenance d'items à une même classe, ou encore permettant d'indiquer des distinctions entre classes ou bien encore des distinctions entre items d'une même classe.

Sondage Corsairfly



Plusieurs accidents et incidents se sont produits au décollage, en particulier sur des avions de nouvelle génération, à la suite d'insertion de données erronées dans les systèmes d'aide à la conduite du vol.

Compte tenu de la fréquence et de la gravité des événements, le BEA a engagé une étude afin de proposer des actions concrètes pour prévenir le renouvellement de telles erreurs.

L'étude menée en collaboration avec les compagnies Air France et Corsairfly est composée de 4 phases principales :

- Analyse des incidents et accidents,
- Entretiens/Questionnaires avec des équipages,
- Observations sur le terrain,
- Etude des évolutions au stade de la conception.

C'est dans ce cadre que nous vous proposons de répondre au questionnaire suivant.

Vous êtes	OPL	<input type="checkbox"/>	CdB	<input type="checkbox"/>	TRI	<input type="checkbox"/>	TRE	<input type="checkbox"/>
Type avion	B747	<input type="checkbox"/>	A330	<input type="checkbox"/>				
Ancienneté en tant que pilote (années)	<input type="text"/>							
Expérience Glass cockpit (années)	<input type="text"/>							





QUESTION 1 : Au cours de votre carrière à Corsairfly, vous est-il arrivé de constater que le décollage a été (ou aurait pu être) effectué avec des marges de sécurité réduites en raison de paramètres erronés ?

Si oui, quels paramètres étaient erronés ?

Masses
Vitesses
Poussée

Configuration
Piste
Bretelle d'alignement

Merci de préciser si vous étiez

CdB

OPL

PF

PM

et le type avion B737 B747 A330

Merci de décrire également les circonstances en précisant si l'erreur a été détectée avant, pendant ou après le décollage.

QUESTION 2 : quelles sont les principales contraintes auxquelles vous êtes confrontés de la préparation jusqu'au vol ?





QUESTION 3 : quelles sont les principales stratégies que vous utilisez pour faire face à ces contraintes et vous assurer que les paramètres de décollage sont corrects ?

QUESTION 4 : avez-vous des remarques et/ou des suggestions ?

Merci de remettre ce questionnaire dans le casier n°149
Wilfrid LEGAULT.



Grille d'observation TRE

Grille d'observation des paramètres de décollage

Date Jour Mois Année

Type avion

Type Vol

Composition de l'équipage CdB OPL1 OPL2 OPL3

Qui est PF au départ ? CdB OPL1 OPL2 OPL3

Edition informatique du carton de décollage													
Première édition						Deuxième édition							
Effectuée par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2		Effectuée par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2	
A quel moment	PPV	<input type="checkbox"/>	Préparation avion	<input type="checkbox"/>	Après mise en route	<input type="checkbox"/>	A quel moment	PPV	<input type="checkbox"/>	Préparation avion	<input type="checkbox"/>	Après mise en route	
Vérifiée/ validée	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2	<input type="checkbox"/>	Vérifiée/ validée	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2	
Plus tard			Simultanément	<input type="checkbox"/>			Plus tard			Simultanément	<input type="checkbox"/>		
Données vérifiées?	Conditions de calcul			Résultats			Données vérifiées?	Conditions de calcul			Résultats		
	Méto	<input type="checkbox"/>	Vitesse	<input type="checkbox"/>	Tt fictive	<input type="checkbox"/>		Méto	<input type="checkbox"/>	Piste Astartelle	<input type="checkbox"/>	N1	<input type="checkbox"/>
	Piste Astartelle	<input type="checkbox"/>	TOW	<input type="checkbox"/>	N1	<input type="checkbox"/>							
La charge prise en compte est-elle égale à	celle initialement prévue tendance affichée valeur actualisée par téléphone par le CLD autres (Précisez)						La charge prise en compte est-elle égale à	celle initialement prévue tendance affichée valeur actualisée par téléphone par le CLD autres (Précisez)					
Inscription manuscrite de la masse sur le carton													
Première saisie						Deuxième saisie							
Effectuée par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2		Effectuée par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2	
A partir de	Suivi Octave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	A partir de	Suivi Octave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	
	LMC	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	LMC	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	
Vérifiée ensuite par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2	<input type="checkbox"/>	Vérifiée ensuite par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL1	<input type="checkbox"/>	OPL2	
A partir de	Suivi Octave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	A partir de	Suivi Octave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	
	LMC	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	LMC	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	
	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>							

Annonce n° 1 dans un total de 1

Préparation FMS											
Donnée de Masse : ZFW											
Première saisie						Modification					
Insérée par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>		Insérée par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>	
en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>	
A partir de	Suivi Odave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	A partir de	Suivi Odave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>
	LMC	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	LMC	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Non
Quand	Préparation préliminaire poste	<input type="checkbox"/>	Réception loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Réception loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	Quand	Préparation préliminaire poste	<input type="checkbox"/>	Réception loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>
	LMC	<input type="checkbox"/>	Autre	<input type="checkbox"/>	Autre	<input type="checkbox"/>	LMC	<input type="checkbox"/>	Réception loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	
	Autre	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Autre (Précisez)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Valeur vérifiée ensuite ?											
Par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>		Par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>	
en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>	
A partir de	Suivi Odave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	A partir de	Suivi Odave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>
	LMC	<input type="checkbox"/>	Announce CDB	<input type="checkbox"/>	Announce CDB	<input type="checkbox"/>	LMC	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	
	Autre	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Autre	<input type="checkbox"/>	Announce CDB	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Valeur vérifiée ensuite ?											
Par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>		Par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>	
en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>	
A partir de	Suivi Odave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	A partir de	Suivi Odave	<input type="checkbox"/>	Loadsheet préliminaire	<input type="checkbox"/>
	LMC	<input type="checkbox"/>	Announce CDB	<input type="checkbox"/>	Announce CDB	<input type="checkbox"/>	LMC	<input type="checkbox"/>	Loadsheet définitive	<input type="checkbox"/>	
	Autre	<input type="checkbox"/>	annoncée à voix haute	<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Autre	<input type="checkbox"/>	Announce CDB	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
Données de vitesses : V1, VR, V2											
Première saisie						Modification					
Insérées par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>		Insérées par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>	
en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>		en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>	
A partir de	Carton	<input type="checkbox"/>	Autres (Précisez)	<input type="checkbox"/>		A partir de	Carton	<input type="checkbox"/>	Autres (Précisez)	<input type="checkbox"/>	

Données de vitesses : V1, VR, V2

Première saisie				Modification			
Insérées par	CDB	OPL		Insérées par	CDB	OPL	
en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>	en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>
A partir de	Carton			A partir de	Carton		
	Autres (Précisez)	<input type="checkbox"/>			Autres (Précisez)	<input type="checkbox"/>	
annoncée à voix haute Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>				annoncée à voix haute Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>			
Valeurs vérifiées ensuite							
Insérées par	CDB	<input type="checkbox"/>	OPL	<input type="checkbox"/>	Insérées par	CDB	<input type="checkbox"/>
en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>	en cross check	Oui	<input type="checkbox"/>
A partir de	Carton			A partir de	Carton		
	Autres (Précisez)	<input type="checkbox"/>			Autres (Précisez)	<input type="checkbox"/>	
annoncée à voix haute Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>				annoncée à voix haute Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>			

Briefing avant décollage**Rappel par le PF des paramètres de décollage**Effectué oui non **Données abordées par le PF, vérifiées par le PNF en se basant sur**

Volets	Tempé fictive	V1, VR, V2
PF PNF	PF PNF	PF PNF
—	—	—
FMS	RMS	RMS
carton	carton	carton
Ladsheet	Ladsheet	Ladsheet
Octave	Octave	Octave
PFD	PFD	PFD
de mémoire	de mémoire	de mémoire
ne sais pas	—	—
ZFW	TOW	Fuel
PF PNF	PF PNF	PF PNF
—	—	—
FMS	RMS	RMS
carton	carton	carton
Ladsheet	Ladsheet	Ladsheet
Octave	Octave	Octave
PFD	PFD	PFD
de mémoire	de mémoire	de mémoire
ne sais pas	—	—

Rappel par le CDB de V1 dans son briefing sécurité

Avez-vous noté des événements particuliers/imprévus lors de la préparation du vol?

Comment qualifiez-vous la pression temporelle lors de la préparation relativement à un vol moyen/normal?

Très faible	Relativement Faible	Normal	Relativement Elevé	Très Elevé
-------------	---------------------	--------	--------------------	------------

Comment qualifiez-vous la charge de travail du CDB pour les "opérations annexes" à la préparation du vol relativement à un vol moyen/normal??

Très faible	Relativement Faible	Normal	Relativement Elevé	Très Elevé
-------------	---------------------	--------	--------------------	------------

Comment qualifiez-vous le nombre d'interruptions dues à des entrées dans le cockpit ou à des communications avec le sol comparativement à un vol moyen/normal?

Très faible	Relativement Faible	Normal	Relativement Elevé	Très Elevé
-------------	---------------------	--------	--------------------	------------

Questionnaire Concepteurs

ANTHROPOLOGIE APPLIQUEE

45, rue des Saints-Pères 75270 PARIS Cedex 06
Téléphone : 01 42 86 20 41 - 01 42 86 20 39 - Télécopie : 01 42 61 53 80
E.mail : laa@biomedicale.univ-paris5.fr

1 - Contexte de l'étude

Depuis quelques années plusieurs accidents et incidents graves se sont produits au décollage, en particulier sur des avions de nouvelle génération, à la suite d'erreurs d'insertion de données dans les systèmes d'aide à la conduite du vol.

Compte tenu de la fréquence et de la gravité des événements, le BEA a engagé un processus de réflexion avec les parties concernées afin de proposer des actions concrètes pour prévenir le renouvellement de telles erreurs.

Dans ce contexte, le BEA et la DGAC coordonnent un groupe de travail auquel collaborent les compagnies Air France et Corsair. Le Laboratoire d'Anthropologie Appliquée (LAA) est chargé de mener l'étude Facteurs Humains. Cette étude s'appuie pour une large part sur l'analyse d'événements, des observations en vol et des entretiens. Dans le cadre de cette étude, nous souhaiterions appréhender la problématique sous l'angle de la conception au travers d'un questionnaire diffusé auprès des experts concernés.

2 - Questionnaire

Nom : Société/département : Fonction occupée :

A - Quelles sont les évolutions des FMS concernant les paramètres de décollage sur les futurs avions ?

B – Enchaînement des pages FMS

Voyez-vous des raisons de faire évoluer la logique d'enchaînement des pages de saisie et de consultation des données de masses et de vitesses ?

C - Données de masse

Parmi les possibilités de saisie de masse suivantes quelles sont celles qui seront implémentées ? Pourquoi ?

Saisie du ZFW

Saisie du TOW

Saisie du GRWT

Quelles sont celles que vous préconiserez ? Pourquoi ?

Les systèmes comporteront-ils des contrôles des valeurs (min, max) des masses saisies ?

Un système de mesure autonome du GROSS WEIGHT de type Weight and Balance est-il prévu ?

D - Données de vitesse

Les systèmes comporteront-ils des contrôles des valeurs (min, max) des vitesses saisies ?
D'autres contrôles sont-ils envisagés ? Par exemple contrôle de cohérence entre les vitesses ($V1 \leq Vr < V2 \dots$)
Un calcul des vitesses par le système est-il envisagé ?
Dans l'affirmative, une alerte est-elle envisagée sur les différences entre vitesses de référence proposées par l'avion et vitesses saisies par l'équipage?

E – Conduite du vol et paramètres de performance au décollage

Quel type d'information est-il envisagé pour informer l'équipage des conséquences sur la conduite du vol des paramètres de décollage qu'il a saisis ? Quels seraient les systèmes concernés ?

L'utilisation d'une représentation graphique est-elle envisagée ?
Des systèmes d'aide à la décision lors du décollage sont-ils étudiés ?

F – Autres commentaires :

Merci de renvoyer ce questionnaire à : fanny.rome@univ-paris5.fr
ou par fax au : 0142615380

Eventuellement, seriez-vous d'accord pour que nous vous contactions pour compléter ces réponses ? Oui Non

Si oui à quel numéro peut-on vous joindre ?

ANTHROPOLOGIE APPLIQUEE

45, rue des Saints-Pères 75270 PARIS Cedex 06
Tel 01 42 86 20 41 - 01 42 86 20 39 - Fax: 01 42 61 53 80
E.mail : laa@biomedicale.univ-paris5.fr

January 2008

1 – Context of the study

For several years, accidents and severe incidents have occurred during the takeoff, particularly with new generation aircraft, due to the insertion of erroneous data.

Because of the frequency and the severity of these events, the BEA has initiated a think-thank with the impacted actors in order to propose practical actions to prevent the occurrence of such erroneous actions.

In this context, the BEA and the DGAC coordinate a working group for which collaborate two French Airlines: Air France and Corsairfly. The Laboratory of Applied Anthropology (LAA) is in charge of the Human Factors aspects. The study is based on events analysis, line observations and interviews. As part of the study, we wish to integrate the design aspects by the means of a questionnaire addressed to the involved experts.

2 - Questionnaire

Name :

Company :

Role :

A – What are the main FMS evolutions related to the takeoff parameters in the future aircraft?

B – Sequence of FMS screens

Do you think that the sequence of FMS screens referred to the insert and reading of weight and speeds data has to be changed? Why?

C – Weight data

Between these different possibilities of weight data input, which of them will be implemented?
Why?

Input of ZFW

Input of TOW

Input of GRWT

Which of them will you recommend? Why?

Will systems integrate controls of the input values (min, max)?

Is an autonomous system enabled to evaluate the GROSS WEIGHT such as the Weight and Balance planned?

D – Speed data

Will systems integrate controls of the input speed values (min, max)?

Are other controls planned? e.g. coherence control among the speeds ($V1 \leq Vr < V2 \dots$)

Is an automatic calculation planned? If so, is it planned to inform the crew to the eventual differences between the reference speeds proposed by the aircraft and the input of the crew?

E – Managing of flight and performance takeoff parameters

Which kind of information is planned to notify to the crew the impacts of the inserted takeoff data on the Flight Managing? Which systems would be affected?

Is it planned to use a graphical interface?

Are Decision aid systems considered?

F – Additional remarks?

Thanks to send back this questionnaire to: fanny.rome@univ-paris5.fr

fax:+33142615380

Would you agree to be eventually contacted to complete your answers?

Yes No

If so, may you let us your phone number: