

REPUBLIQUE ALGERIENNE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

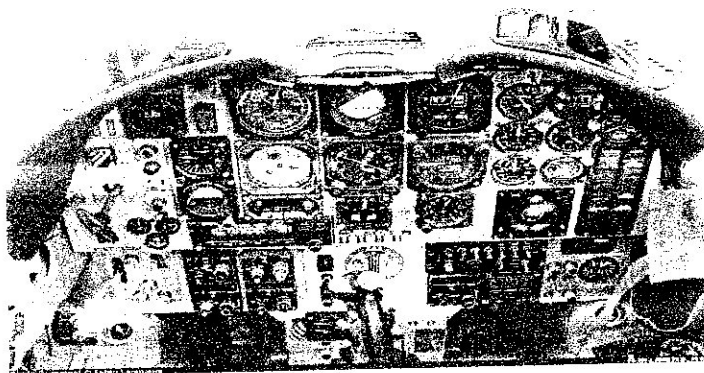
UNIVERSITE AAD FELKE
USDE
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département : Aéronautique

095/200
EX3

Mémoire pour l'obtention
d'un diplôme d'ingénieur d'état en Aéronautique
Option : opérations aériennes

THEME

*L'utilisation des procédures écrites dans un avion
de nouvelle génération : les situations anormales
et d'urgences*



PRESENTE PAR :

M^r: BOUDANI Abdelkader

ENCADRER PAR :

M^r: GUESSOUM
M^r: REZOUG

ANNEE UNIVERSITAIRE 200 /200

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- Ma mère;
- Mon père;
- Mes frères;
- Mes soeurs;
- Mes oncles et mes tantes;
- Mes cousins et mes cousines;
- Ma grande - mère "mama chérifa" et mon grand père "El -abass"
- A toute la famille BOUDANI; BOUNACHADA et DAOUDI;
- Mon promoteur M^r : GUESSOUM;
- Mon co-promoteur M^r : REZOUG;
- Mes enseignants de l' DAB;
- Mes amis : Mourade B ; Abdelkader B; Rachid B ; Lakhdar A; Said B; Kamel A; Majer; Ali A; Karim ; Hicheme K; Rachid M; Abdul rahman A Soufiane K; Abdennour DJ; Samir; Ismail.....
- A tous mes amis de l'université
- A tout la promotion "Opérations Aériennes 2006"

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force de mener à bien ce travail.

Nous souhaiterons à remercier particulièrement mon promoteur Mr GUESSOUM et le co promoteur Mr REZOUG pour l'aide précieuse fournie pour la réalisation de cette étude. Nous la remercions aussi pour ses précieux conseils et son soutien et sa sympathie.

Nous remercions aussi nos parents pour leur soutien moral durant toute cette période.

Nous tenons aussi à remercier et à exprimer nos profondes gratitudees à DJALLAL le responsable de la salle de navigation pour son aide durant les jours de la rédaction de cette mémoire.

Merci aussi à toutes les personnes qui ont contribuer plus ou moins à la réussite de cette étude.

Sommaire

Chapitre I : Les avions de nouvelle génération

I-1 la course vers l'automatisation.....	01
I-2 le processus de conception des procédures.....	02
I-2-1 la priorité des pannes à traiter.....	05
I-2-2 la priorité des actions.....	05
I-2-3 le choix des termes.....	06
I-3- la documentation opérationnelle embarquée.....	06
I-3-1 en absence d'anomalie.....	06
I-3-2 en situation anormale et d'urgence.....	07
I-3-2-1 le FCOM (Flight Crew Operating Manuel).....	08
I-3-2-2 L'ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitoring).....	11
I-3-2-2-1 Description de L'ECAM.....	12
I-3-2-2-2 Un code couleur adaptée.....	15
I-3-2-2-3 Classification des pannes.....	16
I-4 Application attendue des procédures écrites.....	17
I-4-1 la préparation à l'action	18
I-4-2 L'exécution.....	19
I-5-Conditions opérationnelles d'un vol.....	20
I-5-1 Conditions et contraintes générales	20
I-5-2 Moyens utilisables.....	21
I-5-3 Conditions spécifiques aux phases de vol.....	21
I-5-3-1 Préparation avant mise en route.....	21
I-5-3-2 Mise en route et départ de l'aire de stationnement	22
I-5-3-3 Roulage au sol.....	22
I-5-3-4 Décollage.....	23
I-5-3-5 Monté initiale avec panne ou sans panne	24
I-5-3-6 Monté, croisière, descente.....	25
I-5-3-7 Approche et atterrissage.....	26
I-5-3-8 roulage au sol jusqu'au parking.....	28

Chapitre II : Méthodologies utilisées

Introduction	29
II-1 Entretien semi-directifs	29
II-2 Analyse de l'activité.....	30
II-3 Le questionnaire	33
II-4 Analyse des questionnaires	34
II-5-les observations en simulateur de vol.....	38

Chapitre III : Analyse opérationnelles des procédures

III-1 Introduction des checklists.....	40
III-2 L'apparition des situations anormales et d'urgences.....	41
III-2-1 Assurer la sécurité immédiate.....	41
III-2-2 Le partage des taches avant l'exécution des checklists.....	42
III-2-3 Elaboration d'un diagnostic.....	43
III-2-4 Le choix de la checklist.....	43
III-2-5 Déclenchement des checklists.....	45
III-3 la gestion du temps.....	46
III-3-1 sélection d'items.....	46
III-3-2 Regroupement d'items.....	47
III-3-3 Utilisation de mémoire.....	48
III-4 la maîtrise de la situation.....	49
III-4-1 Une vue d'ensemble.....	49
III-4-2 Difficulté de compréhension.....	51
III-4-2-1 présentation des informations.....	52
III-4-2-2 manques d'informations.....	53
III-4-2-3 manque de clarté des termes utilisés.....	54
III-4-2-4 logique de hiérarchisation de L'ECAM.....	54
III-4-3 Stratégie d'utilisation.....	55
III-4-4 les conséquences sue le reste de vol.....	57
III-5 coordinations équipage.....	57
III-6 comparaison checklist ECAM et checklist papier.....	60

Chapitre IV : Perspectives et Recommandations

IV-1 Introduction.....	62
IV-2 Recommandations pour les situations normales de vol.....	63
IV-3 Recommandations pour les situations anormales et d'urgences.....	65
IV-3-1 Amélioration du traitement des procédures.....	65
IV-3-2 Amélioration de la fiabilité et de la cohérence des checklists.....	68
IV-3-3 Amélioration des mises à jours et des révisions.....	70
IV-3-4 Equilibre entre documentation papier et électronique.....	71
IV-3-5 Amélioration de la présentation des checklists trop longues.....	73
IV-3-6 Amélioration du suivi des systèmes en panne.....	74
IV-3-7 Amélioration de la formation.....	75
IV-3-8 Amélioration de l'efficacité de coopération Concepteurs/ utilisateurs.....	76

Les abreviations

ADF: Automatic Direction Finder

AP: Auto Pilot

APU: Auxiliary Power Unit

ATA: Air Transport Association

ATC: Air Traffic Control

CLR: Clear

CRM: Crew Ressource Management

DH: Decision Height

E/WD: Engine and Warning Display

ECAM: Electronic Centralized Aircraft Monitoring

ELS: Electronic Library System

F/CTL: Flight control

FCOM: Flight Crew Operating Manual

FCTM: Flight Crew Training Manual

FMGC: Flight Management and Guidance Computer

FMGS: Flight Management and Guidance System

FMS: Flight Management System

FWC: Flight Warning Computer

GPWS: Ground Proximity Warning system

HF: High Frequency

ILS: Instrument Landing System

Inop syst: Inoperative Systems

KT: Knots

LAND ASAP: Landing As Soon As Possible

LOFT: Line Oriented Flight Training

MDA: Minimum Decision Altitude

MEL: Minimum Equipment List

ND: Navigation Display

OEB: Operating Engineering Bulletins

OPS DATA: Operations Data

PF: Pilot Flying

PFD: Primary Flight Display

PNF: Pilot Not Flying

QRH: Quick Reference Handbook

SD: System Display

STS: Status

UHF: Ultra High Frequency

VACBI: Visual Audio Computer-Based Instruction

VHF: Very High Frequency

VOR VHF: Omnidirectional Range

Résumé

Notre étude présente une synthèse des résultats sur l'utilisation de la documentation opérationnelle embarquée " Anormale et d'urgence" d'un avion de nouvelle génération. La documentation embarquée est disponible à la fois sous les deux formes papier (le QRH) et électronique (ECAM). Les procédures et checklists sont analysées en prenant en compte le modèle chronologique suivant:

- La présentation de l'action
- l'exécution
- et l'évaluation des résultats.

Dans les situations anormales et d'urgence les checklists sont conçues pour assurer la sécurité immédiate, pour faciliter le travail coopératif dans le cockpit et pour aider à diagnostiquer les pannes.

ملخص

تقدم هذه الدراسة مجموعة من النتائج حول استعمال المستندات العملية للحالات غير العادية و المستعجلة لطائرة من الجيل الجديد. إن المستندات متوفرة ثمة على شكلين أوراق (QRH) و الكتروني (ECAM) إن الإجراءات وقائمة التحقيق محللة تأخذ بعين الاعتبار النموذج الزمني التالي:

- تقديم الفعل
- التنفيذ
- تقييم النتائج

في الحالات غير العادية والمستعجلة قائمة التحقيق تنشأ لضمان الأمن الفوري؛ وتسهل العمل الجماعي فداخل غرفة القيادة وتساعد على تشخيص الإعطاب

Abstract

Our study presents a synthesis of results on the use of operational documentation "abnormal and of emergency" new generation planes.

The documentation is available at the moment under the 02 forms paper (QRH) and electronic (ECAM). The procedures and checklists are analysed by taking into account the following chronological model:

- The actions presentation.
- The execution.
- The assessment of results.

In the abnormal situations and emergency the checklists are found to assure the immediate security to facilitate the cooperative work in the cockpit and to help diagnose the break down.

INTRODUCTION GENERALE :

L'évolution actuelle de la technologie amène l'ingénieur à réaliser des projets dans plusieurs domaines et soumise à des contraintes de sécurité plus sévères. Parmi ces domaines on trouve le transport aérien.

Le transport aérien a connu une progression très importante pendant les dernières décennies. Les nombres de données à traiter augmentera encore avec la mise en place de nouveaux moyens de communication et de visualisation entre le sol et l'avion (Data-Link, ECAM). Parallèlement les avions de nouvelle génération s'équipent les moyens sophistiqués de navigation (FMS, GPS) permettant des tenues plus précision de trajectoire.

En vue des exigences actuelle de l'OACI de survoler sur le territoire européen ou américain, pour garantir la sécurité aérienne.

Les situations anormales et d'urgences sont considérées comme une situation plus critique durant une opération aérienne; Car c'est durant la quelle le pilote remédier son apprail à la configuration normale ce qui nécessite l'élaboration des procédures (des actions) afin de diminuer la charge de travail du pilot sûr et économique car le temps de vol coûte cher et quant a l'espace aérien il est souvent réduit;

L'opérateur humain est actuellement le goulot d'étranglement du système de contrôle. On peut certes espérer améliorer ses capacités des traitements en améliorant la présentation des informations;

Il faudra déléguer au moins partiellement les taches de résolution et de surveillance à la machine on peut également alimenté les discours dans le sens une automatisation complète est irréaliste dans le contexte actuel pour tout un ensemble des raisons : certains ont un caractère politique ou social: la transition d'un contrôle où homme a une responsabilité complète a un contrôle ou il n'aurait qu'une activité de supervision pose de sérieux problèmes éthiques. D'autre part il n'existe pour l'instant aucun système capable de résoudre l'ensemble des problèmes technique qui se posent dans les 02 situations (anormale et d'urgence).

Le volume des développement nous a conduit a présente ce travail en 04 chapitres :

Chapitre 01: les aviens de nouvelles générations

Chapitre 02: méthodologies utilisées

Chapitre 03: analyse opérationnelles des procédures

Chapitre04: recommandations et perspectives

Conclusion générale.



CHAPITRE: 01

LES AVIONS DE NOUVELLE GENERATION

I-1- La course vers l'automatisation :

Dès le début des années 30, les cockpits d'avion possédèrent des systèmes rudimentaires d'automatisation, notamment des pilotes automatiques qui permettaient de maintenir l'avion sur un cap et à une altitude donnés, mais ne pouvaient faire plus. Durant la seconde guerre mondiale, les progrès furent lents car les ingénieurs et les chercheurs se concentraient plutôt sur le développement de la structure, des moteurs et de l'armement, délaissant momentanément le cockpit. Le développement de l'avionique permit l'introduction de différents systèmes d'aide à la navigation comme l'ADF (*Automatic Direction Finder*) et l'ILS (*Instrument Landing System*). Suivirent ensuite les systèmes VOR qui permirent d'améliorer la précision et la fiabilité des instruments. Tous ces systèmes n'étaient cependant que des aides au pilotage manuel jusqu'à ce que les pilotes automatiques puissent directement acquérir la route et le niveau de vol depuis le système de navigation.

Après la seconde guerre mondiale l'automatisation des postes de pilotage s'accéléra avec la mise en place de pilotes automatiques plus performants. Mais, la véritable transformation des postes de pilotage commença dans les années 70 avec l'introduction de puces électroniques à bord qui devenaient suffisamment légères et fiables pour être adoptées. A cette époque les systèmes intégrés de pilotage remplacèrent beaucoup d'instruments, alors isolés, dans le cockpit. Enfin, des systèmes de plus en plus perfectionnés d'alerte et de surveillance furent installés dans les avions.

Dans les années 80, avec l'Airbus A310 et le Boeing 767, le concept de "glass cockpit" (cockpit de verre ou poste de pilotage à écrans cathodiques) fit son apparition et envahit rapidement l'aviation commerciale. Les postes de pilotage déjà caractérisés par la capacité de l'avion à naviguer suivant différents modes

verticaux et horizontaux et à réguler sa vitesse avec une grande précision, ont alors bénéficié d'une meilleure intégration de ces fonctions.

L'instrumentation traditionnelle laissa la place à des écrans cathodiques présentant des informations graphiques et du texte en couleur provenant du calcul d'un ordinateur. Les équipages ont alors à leur disposition une quantité d'information beaucoup plus grande et mieux adaptée à leur tâche. Si cet ensemble produit un sentiment global de simplicité (les boutons et écrans sont moins nombreux) leur utilisation apparaît plus complexe. Parallèlement, l'apparition du *Flight Management and Guidance System* (FMGS) a profondément modifié la nature même du métier de pilote. Soulagés dans les tâches de pilotage proprement dit et de navigation, le métier de pilote voit l'émergence de la fonction importante de gestion du système complexe qu'est l'avion. Le pilotage a évolué de l'action musculaire vers le traitement de l'information. Le travail du pilote consiste, à partir d'un grand nombre d'informations, à se faire une idée de la situation (*situation awareness*) dans laquelle se trouve l'avion et à réagir en conséquence.

I-2- Le processus de conception des procédures :

Dans le cockpit, les pilotes ont à leur disposition un certain nombre de documents qui constituent en quelque sorte la notice d'utilisation de l'avion. Pour les avions Airbus, ces documents sont mis au point par le service Opérations d'Airbus industrie, mais certains peuvent être modifiés par la compagnie qui achète l'avion. Cette "documentation opérationnelle embarquée" comprend entre autres, des manuels techniques sur les performances de l'avion, des cartes de vol, les procédures de vol, les checklists. Pour présenter cette documentation, nous baserons sur celle produite par Airbus.

Le support de présentation des checklists ainsi que leur condition d'utilisation permettent de caractériser les différents types de procédures. On trouve notamment le **FCOM** (*Flight Crew Operating Manual*), le **QRH** (*Quick Référence Handbook*),

le Manuel de Vol,...etc. Ces documents donnent les informations nécessaires aux pilotes pour préparer et effectuer le vol compte tenu des performances de l'avion. Les pilotes ont à leur disposition des informations sur les systèmes de l'avion, sur ses performances, mais aussi sur la façon de l'utiliser au mieux compte tenu de ses caractéristiques. Cette façon de l'utiliser est prescrite dans les procédures écrites et dans les checklists. Il faut noter que seul le Manuel de Vol est certifié. Le FCOM ne l'est pas, sauf les parties extraites du Manuel de Vol qui y sont reproduites : les limitations, les procédures anormales et d'urgence et quelques parties des performances, qui en conséquence ne peuvent pas être modifiées par les compagnies. Cependant, ce document sert de référence quasi-officielle à l'utilisation opérationnelle de l'avion.

Certaines parties peuvent être modifiées par les compagnies, comme par exemple les procédures normales, avec l'accord des autorités de certification de chaque compagnie. Il convient ici de savoir ce qu'est une procédure : une aide, une consigne, une méthodologie, une prescription, Le mot procédure peut renvoyer à chacun de ces termes selon le contexte d'utilisation. Dans les cockpits d'Airbus de nouvelle génération, les procédures écrites représenteraient un outil de prescription des actions nécessaires mais il faut vérifier que tous les prescripteurs (constructeurs, concepteurs, instructeurs) ont la même vision de cet aspect de définition. Après avoir décrit l'ensemble des procédures et checklists qui existent, La lecture des différents documents d'Airbus et des entretiens avec des instructeurs nous ont permis de mieux cerner ce qui est sous-entendu derrière les termes de "procédures", "checklists" : la procédure contient une série d'actions à exécuter dans un ordre défini ; la checklist est un condensé des principales actions des procédures.

Le terme checklist a plusieurs significations suivant le type de procédure à laquelle une checklist s'applique. Pour une checklist normale, il s'agit bien de la vérification a posteriori d'actions déjà effectuées par l'équipage. Cependant, pour une checklist anormale ou d'urgence, il s'agit en fait d'une "*do-list*" suivant laquelle l'équipage effectue pas à pas les actions lues dans la checklist. Le terme checklist est donc un terme générique qui regroupe les checklists normales ainsi que les checklists utilisées en situations anormales et d'urgence. A toute procédure ne correspond pas une checklist, mais chaque checklist dépend d'une procédure (par exemple le cas des checklists normales). Pour les concepteurs, les checklists ont deux fonctions principales : obliger l'équipage à agir correctement tout en leur facilitant la tâche. Pour ce faire, elles doivent répondre à deux impératifs :

- avant tout un impératif technique : conçues de manière à permettre au pilote de communiquer au bon moment les informations dont l'avion a besoin pour rétablir la situation,
- mais aussi un impératif ergonomique, un ordre d'actions compatibles avec un souci d'économie physique de l'opérateur.

Le principal objectif des concepteurs en matière de procédures écrites n'est pas de rendre accessible la complexité des systèmes aux pilotes mais de leur donner un outil qui leur permette d'utiliser l'avion de façon sûre, rapide et efficace sans avoir la nécessité de posséder la connaissance parfaite du fonctionnement de la machine.

Pour les procédures anormales et d'urgence, les choix en matière de conception sont donc situés à trois niveaux principaux :

I-2-1- La priorité des pannes à traiter :

Pour la déterminer, les concepteurs prennent en compte les effets de la panne et sa probabilité d'occurrence. Par "effets de la panne" on entend ses conséquences sur la contrôlabilité de l'avion et de ses systèmes et sur la possibilité de maîtriser le vol.

I-2-2 La priorité des actions :

L'ordre des actions dépend avant tout de la recherche de la sécurité maximale. Il dépend aussi, de la contrôlabilité de l'avion et de la protection des équipements. Les concepteurs essaient de regrouper certains types d'actions susceptibles d'apparaître en contiguïté afin que les pilotes puissent retrouver des d'actions dans plusieurs procédures.

I-2-3 Le choix des termes (*wording*) :

Les termes des panneaux du cockpit sont repris dans les checklists. Pour que l'information passe, il faut que le "*wording*" et le séquençement des actions soient clairs.

Les critères importants sont :

- l'utilisation d'un anglais international,
- l'utilisation de phrases courtes,
- l'utilisation d'un vocabulaire simple.

L'écriture des procédures et checklists se déroule selon un double processus en fonction du support : papier ou écran électronique. Ces deux fonctionnements en parallèle posent des problèmes de cohérence entre ce que les pilotes peuvent lire sur les écrans électroniques et ce qu'ils voient sur papier. Ce type d'incohérence peut être accentué par l'hétérogénéité de la présentation liée aux différents supports, mais aussi par les modalités de modifications qui autorisent des changements partiels.

Au niveau de la présentation, les deux supports ont des caractéristiques propres qui méritent d'être exploitées mais qui conduisent aussi à des problèmes de cohérence. En effet la présentation sur écran informatique permet l'utilisation de codes couleur en fonction de l'urgence de la situation, les informations sont plus souples et adaptées à la situation de l'avion, un "*feed-back*" permet aux pilotes d'avoir des repères sur ce qu'ils font, et l'appel à d'autres documents est géré automatiquement ("*status*", pages systèmes,...).

Par contre la place laissée aux instructions est nettement plus limitée sur les écrans que sur le papier. Ainsi, les procédures informatisées devront être composées d'instructions très courtes qui exigent un grand nombre d'abréviations et la suppression de certaines formes textuelles comme, par exemple, les verbes. De plus, n'y sont mentionnés que les procédures concernant l'état des systèmes qui sont électroniquement reliés. Ainsi, en ce qui concerne le pilotage des avions Airbus de nouvelle génération, il existe plusieurs types de procédures qui se différencient par leur support matériel et par la situation conditionnant leur utilisation. Elles se présentent sous des formes diverses selon leur support : papier ou informatique, et selon la situation : (en situation normale), anormale et d'urgence (en situation incidente qui requiert un temps de réaction plus ou moins court).

I-3 La documentation opérationnelle embarquée:

I-3-1- En absence d'anomalie :

Dans les conditions normales de vol, les pilotes ont à leur disposition des "*checklists*" (littéralement "liste de vérification ou de contrôle") . L'utilisation de ces checklists, a pour but d'assurer des conditions de vol satisfaisantes lorsque tous les systèmes de l'avion fonctionnent en condition correcte. Pour atteindre ce but, les pilotes doivent contrôler, à chaque phase de vol, s'ils sont bien dans une configuration normale. Ces checklists se découpent en neuf phases principales selon le moment du vol :

- 1- Avant le démarrage des moteurs;
- 2- Après le démarrage;
- 3- Avant le décollage;
- 4- Après le décollage,
- 5- Pendant la montée;
- 6- En phase d'approche;
- 7- d'atterrissage;
- 8- Après l'atterrissage;
- 9- Pendant le stationnement et enfin, après l'arrêt des moteurs, de façon à conserver une sécurité optimale de l'avion.

A chacune de ces phases, correspond une checklist appropriée. Elles sont répertoriées sur la couverture arrière du QRH. Le reste du document est constitué de procédures anormales et d'urgence et d'informations qui sont classées par types de situations (les procédures d'urgence, les procédures anormales, les procédures normales, les performances en vol, les OPS DATA et enfin les OEB (*Operating Engineering Bulletins*)). par exemple Le QRH de l'A340 comprend toutes les check-lists normales, 24 procédures anormales et 8 procédures d'urgence.

I-3-2- En situation anormale et d'urgence :

Les situations anormales et d'urgence se différencient par le degré de gravité de la situation. En situation anormale, la sécurité de l'appareil et des personnes à son bord n'est pas immédiatement mise en jeu : les pilotes doivent tenir compte de la situation et exécuter les actions prescrites dans les checklists pour la rétablir le plus rapidement possible au moment jugé opportun ; les actions à effectuer ne requièrent aucune urgence.

Par contre, en situation d'urgence, la panne doit être immédiatement résolue sous peine de dégradation du système, de perte de contrôle.

Les pannes sont hiérarchisées en trois catégories :

- 1- **Pannes indépendantes** : Défaillance de l'item d'un système, n'ayant pas de répercussion sur les autres systèmes de l'avion.
- 2- **Pannes primaires** : Défaillance d'un item, entraînant la perte d'items d'un autre système.
- 3- **Pannes secondaires** : Perte d'un item, due a une panne primaire dans un autre système.

A chaque type de panne correspond une procédure. Ces procédures anormales et d'urgence, se caractérisent par leur faible fréquence d'utilisation et par leur nombre important. Les checklists correspondantes sont plutôt des "do-lists" (liste d'actions à faire). Elles ont deux supports de présentation : papier dans le QRH et dans le FCOM et écran cathodique : "*Electronic Centralized Aircraft Monitoring*"(ECAM).

Certains éléments de ces procédures sont des aides à l'orientation du type : "si ceci est la conséquence de cela, alors exécuter telle action", d'autres sont des aides à l'action. La plupart sont informatisées. Celles qui ne le sont pas, concernent les systèmes et les parties de l'avion n'étant pas ou ne pouvant pas être directement reliées électroniquement à l'ECAM.

I-3-2-1- Le FCOM (Flight Crew Operating Manual):

Le FCOM est le manuel de référence en exploitation, en particulier au cours du vol. Les pilotes le découvrent lors de leur formation initiale sur un type d'avion donné, dans les centres de formation et ils s'y réfèrent dès que le besoin s'en fait sentir. Il est embarqué dans l'avion et souvent les pilotes en ont un exemplaire personnel. En tout état de cause ils ont en permanence accès à ce manuel.

Contenu du FCOM

Le FCOM d'Airbus Industrie est composé de 4 classeurs format A5 dont 2 sont consacrés aux systèmes, et 2 aux procédures où elles sont toutes reprises et explicitées :

Tome 1: Présentation des systèmes

Ce classeur reprend la classification ATA 100 et décrit les différents systèmes de l'avion. Il donne des descriptions fonctionnelles et structurelles de l'avion et comporte de nombreux diagrammes et autres schémas. par exemple y trouver les conditions d'alimentation électrique de chaque système lors des différentes phases.

Tome 2: Calculs des performances

Ce classeur aide les pilotes à calculer les différentes performances de l'avion, comme le chargement, les performances au décollage, celles à l'atterrissage dans tous les cas de configurations envisageables. On trouve dans ce volume les tables et procédures de calculs nécessaires à ces opérations.

Tome 3: Procédures normales, anormales et d'urgences

Ce classeur contient beaucoup d'informations. Tout d'abord les limitations générales de l'avion comme l'altitude, la vitesse, l'accélération, la masse, etc.. ou particulières à chaque système (électrique, fuel, circuit hydraulique..).

Tome 4: La totalité de ce classeur est dédiée au FMGS. et présente les procédures associées.

Utilisation du FCOM:

Pendant le vol, le FCOM est le manuel de référence, le seul à fournir des informations sur les systèmes ou les procédures à suivre. Il doit donc contenir beaucoup d'informations devant être rapidement accessibles.

L'utilisation du FCOM est toujours une recherche d'information, du moins en vol. La connaissance préalable que les pilotes en ont est une condition importante

de son utilisation. La conception de la version électronique doit en tenir compte. L'attente des pilotes en terme de connaissances est grande ; les documentations doivent évoluer pour répondre à cette exigence.

Les systèmes de révision:

Une documentation est caractérisée par une perpétuelle évolution pour suivre le produit qu'elle décrit et explique. Cette possibilité d'évolution doit être prévue à l'avance et judicieusement étudiée car la vie de la documentation dépend de cette capacité. Dans le cas du FCOM différents systèmes de révision ont été mis en place par Airbus.

Les révisions normales : sont publiées régulièrement pour couvrir les corrections urgentes. Elles sont accompagnées d'instructions pour le remplacement et d'une liste des pages effectives.

Les révisions temporaires : sont imprimées sur papier jaune et couvrent les sujets urgents qui ne peuvent attendre entre deux révisions normales. Une page jaune reprenant la liste de toutes les révisions temporaires est insérée en début de chaque volume.

Le FCOM dans les relations constructeurs/compagnies/pilotes:

Tout d'abord le FCOM est initialement un produit d'Airbus Industrie qui le commercialise comme tout autre ouvrage et vend également des prestations de mises à jour.

D'autre part, les compagnies aériennes le réécrivent souvent pour au moins faire figurer leur logo sur les pages, et au plus pour réécrire certaines procédures ou pour modifier l'organisation générale et l'enchaînement des chapitres et bien sûr le traduire.

Actuellement, face à l'augmentation incessante de la quantité d'information à fournir, Airbus Industrie projette de changer le support de son manuel et de le vendre sous forme électronique grâce à un CD-ROM. Cela facilitera les révisions et

évitera à la compagnie aérienne de ressaisir les informations du manuel (avec toutes les erreurs que l'on imagine).

I-3-2-2- L'ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitoring):

Dans le cockpit, se trouvent 6 écrans de visualisation surmontés d'un panneau frontal, un socle central entre les deux sièges des pilotes et un panneau supérieur incliné au-dessus de leur tête. Au centre du tableau de bord, commun aux deux pilotes, se trouve l'ECAM qui est constitué de deux écrans, le **E/WD (Engine/Warning Display)** et le **SD (System Display)**, ainsi que d'un tableau de commandes (ECAM control panel).

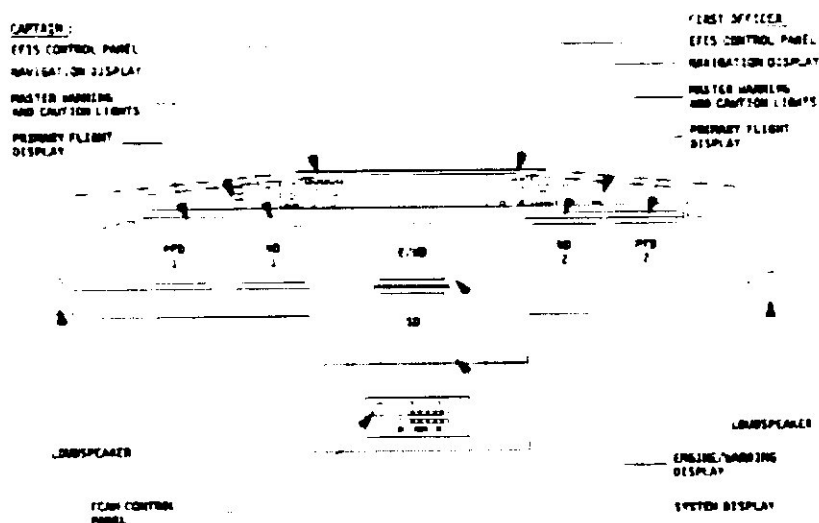


Schéma 1 : Organisation du tableau de bord

I-3-2-2-1-Description de l'ECAM:

L'ECAM est le système qui gère les alarmes ainsi que les procédures. C'est une interface qui est apparue dans les avions du type Glass-Cockpit et plus particulièrement avec l'A310.

Cette interface est un lien essentiel entre les pilotes et les systèmes de l'avion. Elle présente entre autres, les checklists à effectuer en *do-lists* en cas de panne. L'ECAM offre l'avantage de réagir en temps réel : dès qu'une panne est détectée, la checklist adéquate s'inscrit sur l'écran supérieur.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'ECAM se compose de deux unités, l'E/WD et le SD.

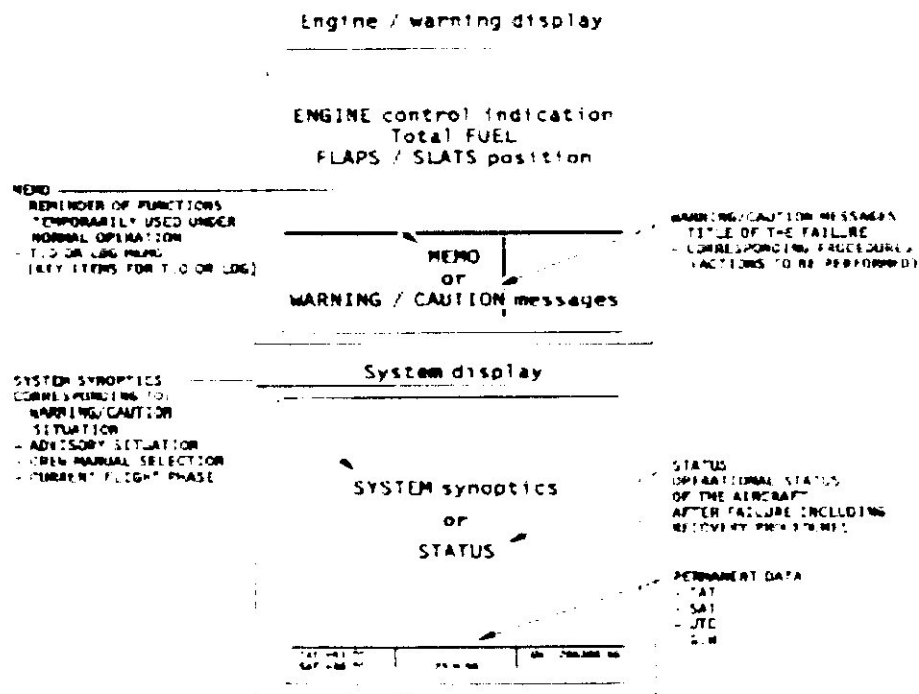


Schéma 2: l'Electronic Centralized Aircraft Monitoring

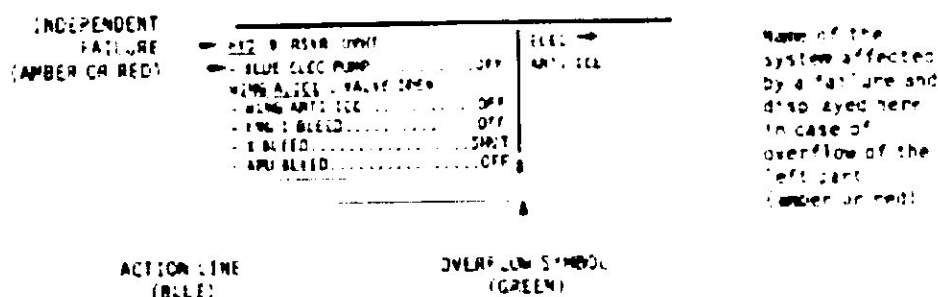


Schéma 4 : Présentation d'une panne indépendante sur l'E/WD

Le SD présente un synoptique des principaux systèmes de l'avion (hydrauliques, électriques ...), soit un total de douze pages sur les systèmes de l'avion (schématisés). Il permet aussi de visualiser le "status" qui présente l'état de l'avion après défaillances, avec la liste des points opérationnels importants. Ainsi, lors de phases de vols importantes et surchargées comme l'atterrissage, les pilotes peuvent se préparer à l'action grâce à une liste d'instructions qui vont des simples informations sur l'état de l'avion, aux actions à effectuer. Le "status" doit impérativement être lu par les deux pilotes à la fin de chaque procédure anormale ou d'urgence, et peut être rappelé autant de fois que nécessaire.

En résumé, on peut dire que l'écran du haut présente les paramètres moteurs et la configuration des becs et volets, ainsi que des checklists à utiliser en cas de panne. Et que l'écran du bas présente les schémas synoptiques des systèmes de l'avion.

I-3-2-2-2-Un code couleur adaptée :

Un code couleur est utilisé sur les deux écrans de l'ECAM. Ce code indique la nature des informations présentées.

- le **vert** est utilisé pour les opérations normales, mais aussi pour les opérations à effectuer à long terme ;
- le **bleu** (cyan) concerne une action qui devra être entreprise mais aussi indique une opération temporaire ;
- le **blanc** indique une désactivation anormale du système sélectionné. Sur les panneaux de commandes et sur l'ECAM, le blanc est, en général utilisé pour les titres ;
- le **rose** (magenta) : concerne les messages particuliers ;
- l'**ambre** indique une situation anormale attirant l'attention sans pour autant nécessiter une action immédiate Il est utilisé dans des configurations ou incidents requérant une *attention immédiate*. A ce voyant est associé un signal lumineux clignotant orange : le "Master Caut" (c'est à dire *Master Caution*) ainsi qu'un signal sonore bref ;
- le **rouge** indique une urgence nécessitant une *action immédiate*. Cette couleur indique aux pilotes que l'avion est soit dans une configuration dangereuse, soit dans une situation limite de vol (*limit flight configuration*), ou qu'une défaillance de système peut nuire à la sécurité de l'avion. Dans le cockpit, un signal lumineux clignotant rouge, le "Master Warn" (c'est à dire *Master Warning*) ainsi qu'un signal sonore long et répétitif attirera l'attention du pilote sur l'urgence de la situation à régler immédiate.

Les couleurs ont un rôle déterminant dans l'utilisation de l'ECAM, les pilotes s'y réfèrent constamment pour juger ce qui leur est présenté.

I-3-2-2-3-Classification des pannes :

Dans l'ECAM, deux types de pannes peuvent apparaître. Les pannes type *caution*, qui ne nécessitent pas d'action immédiate (associées à la couleur ambre) et les pannes type *warning* qui nécessitent une action immédiate (associées à la couleur rouge).

Les *warning/caution* sont classés par ordre de priorité. En effet, si deux défaillances apparaissent en même temps, le système effectue une hiérarchisation automatique en fonction des priorités.

Pour cela, trois niveaux ont été établis : niveaux 1, 2 et 3. Un niveau 3 *warning* a priorité sur un niveau 2 *caution*, qui a priorité sur un niveau 1 *caution*. A ordre de priorité égal, le choix préétabli par le FWC (Flight Warning Computer) est respecté. Sur l'E/WD, si plusieurs pannes se produisent ensemble, leur apparition sur l'ECAM dépend des priorités de celles-ci.

L'ECAM control panel.

L'ECAM control panel permet aux pilotes d'appeler les pages systèmes de l'ECAM dès qu'ils le désirent. Par ailleurs, lors d'une procédure anormale ou d'urgence, les boutons CLR (*clear*) ou STS (*status*) s'illuminent lorsque le pilote doit/peut les presser.

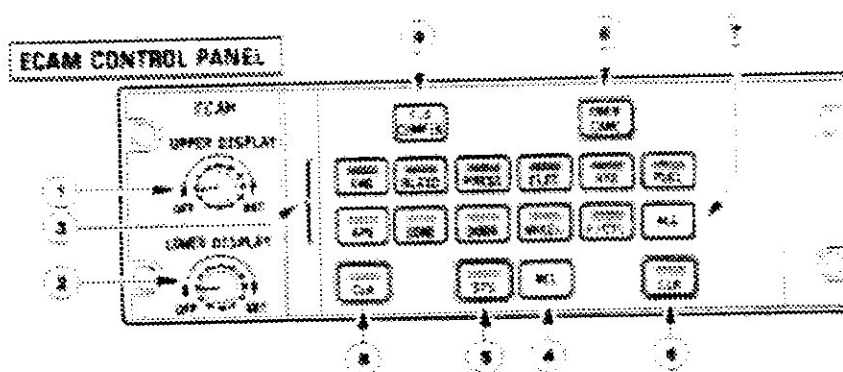


Schéma 5: L'ECAM control panel

- ① ② OFF/BTR, permet d'ajuster la brillance des écrans ECAM.
- ③ Permet d'appeler des pages systèmes. Il s'illumine après une sélection manuelle ou automatiquement quand le pilote doit l'utiliser.
- ④ RCL, permet le rappel d'une page qui vient d'être effacée par l'utilisation du bouton CLR.
- ⑤ STS, permet d'appeler la page status ou affiche l'indication "normal" pendant 3 secondes. La page status s'efface en appuyant sur les boutons CLR ou STS.
- ⑥ CLR, permet d'effacer la page ECAM présente. Est illuminé tant qu'un message *warning/caution* est présent, ou quand la page status est affichée.
- ⑦ ALL, permet, quand ce bouton est pressé et maintenu, de faire défiler toutes les pages systèmes avec 1 seconde d'intervalle.
- ⑧ EMER CANC, quand ce bouton est pressé:
1. *warning* :
 - Les alarmes sonores sont supprimées tout au long de la panne.
 - L'alarme visuelle MASTER WARNING s'éteint.
 2. *caution*: Toutes les alarmes présentes sont supprimées, y compris les messages ECAM, pour le reste du vol. La page status est appelée automatiquement.
- ⑨ TO CONFIG, permet de s'assurer que l'avion est en bonne configuration pour le décollage. Si tel est le cas, le message T.O CONFIG NORMAL apparaît sur l'E/WD .

I-4- Application attendue des procédures écrites :

La description de la conception des procédures écrites et des supports de présentation associés nous a amené à conclure que les procédures permettaient de répondre à une nécessité liée à l'évolution de l'avion, mais aussi à nous poser des questions quant à la réelle possibilité pour les pilotes d'utiliser ce type de

prescription. Ce chapitre va nous permettre de montrer ce que concepteurs et instructeurs attendent des pilotes en ce qui concerne l'utilisation des procédures écrites.

Selon les concepteurs, les pilotes ont, dans le FCOM toutes les informations nécessaires pour utiliser les procédures et les checklists comme il se doit. Cependant, en regardant ces informations, il est certainement possible de décrire l'utilisation prescrite des checklists normales mais en aucun cas celle des anormales et d'urgence.

Cependant, ni dans les checklists anormales et d'urgence, ni dans celles normales, le contexte n'a été pris en compte. De plus, seules les checklists normales ont le droit d'être modifiées. En revanche, la répartition des tâches n'est que recommandée dans l'exécution de toutes les checklists. IL faut donc distinguer:

- les actions prescrites légalement ou non
- leur séquence prescrite ou recommandée.
- la répartition des tâches prescrites ou recommandées.
- le moment des actions.

I-4-1-La préparation à l'action :

Le premier traitement à effectuer est de **prendre connaissance du problème**. Pour ce faire, le premier qui détecte le message, le lit. Le plus souvent, c'est le PNF car le PF est occupé à piloter l'avion. Une fois que le commandant de bord (PF ou PNF) a pris connaissance du titre de la procédure, il peut décider de redistribuer les rôles. Si la procédure à mettre en oeuvre est sur support papier, le PNF doit y accéder et se tenir prêt à débiter l'exécution initiée à la demande du PF. Une différence entre les procédures anormales et les procédures d'urgence apparaît. Dans une situation d'urgence, le PF doit demander l'exécution immédiate de la procédure en tenant compte de la situation de vol de l'avion, c'est à dire de la sécurité immédiate de trajectoire et de l'intégrité de l'avion. Pour les procédures

anormales, l'exécution peut être différée mais l'équipage a la responsabilité du moment de l'exécution.

Cette phase permet à l'équipage de se préparer à exécuter le plan d'action proposé par la procédure. C'est à dire : chacun des deux pilotes doit savoir si l'autre est prêt à passer à l'exécution et s'il est d'accord sur le plan d'action à mettre en oeuvre. Une fois que les deux pilotes se sont entendus sur ce qu'ils devaient faire et sur le déroulement des actions, ils passent à la phase d'exécution. Cet échange peut-être très bref. Il doit être en situation d'urgence.

I-4-2-L'exécution :

L'exécution est la phase de l'action. C'est là que toutes les instructions de la procédure doivent être effectuées. Très peu de place est accordée à la communication entre pilotes : c'est le PNF qui lit les items et exécute les instructions. Pendant ce temps, le PF doit se concentrer sur le bon déroulement du vol. Cependant, chaque situation ayant ses caractéristiques propres, il existe des garde-fous vitaux :

- **Si l'action incombe à la responsabilité du PF**, le PNF doit lui demander de l'exécuter.
- **Si l'action prescrite dans la procédure est irréversible**, le PF doit vérifier que le PNF exécute bien l'action prescrite et l'empêcher de faire une erreur de manipulation. De plus, la responsabilité du Commandant de bord est engagée, c'est à dire que quel que soit le PF ou le PNF, le Commandant de bord doit donner son accord avant l'exécution d'une telle action. En dehors de ces conditions particulières, le PNF doit lire et exécuter tous les items, les uns après les autres et dans l'ordre prescrit par la procédure.

I-5- Conditions opérationnelles d'un vol :

Le modèle global de pilotage peut se décomposer selon trois dimensions.

- **la tâche prescrite**, décrite selon les phases de vol,
- **l'activité**, qui rend compte de l'organisation temporelle et des contraintes s'exerçant sur la tâche,
- **le dialogue**, qui comprend notamment les flux d'informations PF/PNF/ systèmes. Selon ce découpage, plusieurs types de tâches sont à distinguer:
 - **Les tâches permanentes** : elles se déroulent de façon continue pour une période ou une étape donnée (par exemple les tâches de surveillance).
 - **Les tâches ponctuelles liées à la conduite de l'avion en fonction des phases de vol** : en général, suivant les procédures normales.
 - **Les tâches ponctuelles attendues mais non programmées** : en général dépendant de l'environnement (communication ATC, actions dégivrage...)
 - **Les tâches liées à des événements imprévus internes à l'avion** : conséquences des pannes ou de détérioration d'état.
 - **Les tâches liées à des événements extérieurs imprévus** : anti-collision, cisaillements.
 - **Les tâches alternatives** seront ou non effectuées selon la disponibilité ou les préférences de l'équipage (augmenter la température dans le cockpit).

Dans le cadre de notre étude, nous ne nous intéressons uniquement aux tâches ponctuelles et celles liées à des événements imprévus. En effet, c'est seulement dans ces deux situations que les pilotes ont à utiliser les différentes procédures mises à leur disposition.

I-5-1- Conditions et contraintes générales :

- Du décollage à l'atterrissage, impossibilité d'arrêter l'avion pour quelque motif.
- Autonomie limitée avec, au-delà, arrêt de la propulsion.
- Pas de maintien du vol sans cette propulsion

- Maintien du vol dans un domaine limité en vitesse, nombre de Mach, altitude, incidence, facteur de charge, centrage.
- Maintien des systèmes à bord de l'avion dans leurs limites normales de fonctionnement.
- Maintien de la navigation suivant des règles prescrites, pour la trajectoire horizontale et pour la gestion de l'altitude.
- Evitement des obstacles naturels et des autres aéronefs.
- Coordination avec le contrôle au sol, aujourd'hui principalement grâce à la radiophonie.

I-5-2- Moyens utilisables :

- Evidemment toutes les informations et commandes se trouvant dans le poste d'équipage et provenant des équipements et des organes de l'avion.
- Visualisation vers l'extérieur.
- Nombreuses procédures et règles dont l'ensemble non homogène des prescriptions, linéaires en général, oblige à des regroupements, interruptions pouvant mener à des oublis ou à des erreurs. Ces procédures et règles sont fournies soit sur les écrans ND et ECAM (procédures anormales et d'urgence) soit dans des documents stockés dans le poste d'équipage (FCOM, QRH, documents de navigation, plan de vol, document de centrage, consignes).
- Liaisons radio (VHF, UHF, HF) en phonie, avec le sol et les autres aéronefs.

I-5-3- Conditions spécifiques aux phases de vol :

I-5-3-1- Préparation avant mise en route :

Cette phase est relativement calme en général. Cependant la découverte d'une panne de système oblige souvent à consulter des documents tels que les FCOM, OEB et surtout la MEL (Minimum Equipment List) définissant les conditions d'utilisation de l'avion avec certaines pannes constatées. Ceci amène à prendre en compte la panne dans l'ensemble du déroulement prévu du vol, donc à le modifier en conséquence si nécessaire. Mentalement il s'agit de

l'introduction d'une préoccupation. Des conditions météorologiques inhabituelles ou délicates (pluie, verglas, orage, etc.) ont le même effet mental. Les retards sur l'horaire prévu diminuent le temps disponible pour la suite du vol et introduisent un début de stress, surtout si ces retards sont consécutifs à la consultation de documents concernant les pannes et/ou à leur résolution.

I-5-3-2- Mise en route et départ de l'aire de stationnement :

Les problèmes éventuels sont dus :

- au stress consécutif à un retard d'horaire ou à une panne,
- à l'encombrement autour de l'avion,
- à un relâchement de vigilance,
- à une mauvaise compréhension entre équipage et mécanicien sol.

I-5-3-3- Roulage au sol :

A partir de cette phase les pilotes gèrent leur temps de façon "à ne pas en perdre," surtout s'il y a retard sur l'horaire prévu.

Toute panne survenant alors, bien qu'a priori sans conséquence grave sauf panne de freinage ou feu à bord par exemple, fait l'objet d'une estimation rapide des conséquences sur le vol. La consultation de documents et parfois un contact radio avec la compagnie, est souvent nécessaire, perturbant la conduite. Le contact radio permanent et parfois dense avec le contrôle perturbe la recherche d'un diagnostic dont dépendra la décision importante de continuer ou d'interrompre la mission.

Les difficultés de roulage, encombrements, passages difficiles, mauvais état de la surface de roulement, signalisation ambiguë, ajoutent au stress.

Dans cette phase se situent deux actions importantes. Les aléas mentionnés ci-dessus peuvent y provoquer des erreurs ou des oublis préjudiciables à la sécurité : d'abord la checklist de préparation au décollage et ensuite le briefing avant décollage mené par le commandant de bord ou le PF.

Ce briefing a pour objet de conserver en mémoire (à moyen terme) les actions essentielles

- au décollage et au contrôle de la trajectoire initiale (navigation, contraintes, procédure)
- et en cas de panne pendant cette partie du vol.

Un changement de piste pendant le roulage amène une perturbation obligeant à modifier les données au FMS, à changer les conditions de navigation initiale, à contrôler les nouvelles valeurs des vitesses de décollage.

Les conditions météorologiques peuvent amener l'équipage lui-même à demander un changement de piste, à différer le décollage, et de toute façon à exécuter les actions déjà mentionnées en y ajoutant un briefing spécifique.

I-5-3-4- Décollage :

C'est l'une des phases les plus délicates où tout varie rapidement, ce qui nécessite une préparation mentale préalable. Cette dernière permet, en avance de phase, de réagir avec un délai minimum à toute circonstance prévue ou imprévue afin soit de s'arrêter si nécessaire avant la fin de la piste, soit de décoller en toute sécurité.

Les paramètres d'environnement sont reconnus et diagnostiqués avant la mise en puissance : état de la piste, vent (arrière ou de travers) , givrage, cisaillement de vent, turbulence, présence d'autres aéronefs, etc.

Il en est de même de l'état de l'avion, sachant que jusqu'à une certaine vitesse (80 ou 100 KT) toute panne survenant peut conduire à un arrêt sans problème. Encore faut-il alors faire un rapide diagnostic de cette panne car toutes ne nécessitent pas un arrêt sur la piste. Au-delà de cette vitesse les alarmes sont inhibées de façon à ne signaler que celles nécessitant pour la sécurité soit une action de freinage maximum avant V1 pour rester sur la piste, soit après V1 des actions immédiates pour assurer un décollage sûr et une montée initiale contrôlée.

Sur des aéroports à trafic important les décollages et atterrissages s'intercalent à des fréquences élevées amenant les équipages à s'aligner et à décoller rapidement, parfois au détriment d'une checklist bâclée, source d'oubli et d'erreur.

Depuis le lâcher des freins jusqu'à la rentrée du train, et surtout pendant la phase de roulage, les deux pilotes sont concentrés sur le pilotage et son contrôle. Toute conversation avec l'extérieur est une perturbation.

I-5-3-5- Montée initiale avec panne ou sans panne :

Elle va par exemple de la rentrée du train à la sortie de la zone terminale de l'aéroport. Cette phase peut être interrompue en cas d'urgence nécessitant un atterrissage immédiat soit sur le terrain de départ soit sur un terrain de dégagement par très mauvais temps. Dans ce cas le PF se concentre sur le contrôle de la trajectoire, la navigation et l'évitement des obstacles, et le PNF s'occupe de la gestion de la panne, de la sélection des aides à la navigation et du trafic radio. On essaie de se servir des aides au pilotage. Si ceci est possible le PF assure alors le contrôle de la trajectoire, de la navigation, du trafic radio et contrôle le suivi de la gestion de la panne, le PNF se concentrant sur cette gestion. A cette occasion le commandant de bord peut demander une inversion des rôles de PF et PNF.

L'atterrissage immédiat étant prioritaire il faut gérer au mieux le traitement de l'urgence (panne de moteur, feu, panne électrique) et la navigation vers la piste d'accueil. Le partage des tâches et l'aide mutuelle sont primordiaux. Le trafic radio est prioritaire vis-à-vis de l'avion en difficulté (messages " May Day " ou " Panne "), ce qui réduit la charge de communication. Fréquemment il est nécessaire de réduire la masse en dessous de celle maximum autorisée pour l'atterrissage, par évacuation de carburant.

I-5-3-6- Montée, Croisière, Descente :

Ces phases sont relativement calmes, avec du temps disponible, sauf dans des cas d'urgence tels que " feu " et " dépressurisation rapide " nécessitant des actions et des décisions immédiates d'inflexion de trajectoire.

Les problèmes de navigation vers le terrain de déroutement et ceux d'évitement d'obstacles amènent alors un surcroît de travail. Celui de l'autonomie restante est aussi à traiter rapidement lorsqu'on est loin de tout terrain d'accueil.

Le traitement des conditions " anormales " se fait dans une atmosphère relativement calme. Cependant les pannes amenant soit une diminution de l'autonomie, soit des prévisions de difficulté à l'atterrissage sont traitées avec beaucoup d'attention car pouvant influencer sur des décisions de déroutement, surtout lorsqu'elles se combinent avec des prévisions météo critiques.

De façon normale les préoccupations majeures pouvant se faire jour concernent principalement :

- une prévision de réserve de carburant diminuée par une consommation accrue (vent défavorable, altitude non optimale, chargement plus important que prévu, conditionnement d'air défectueux, givrage etc.)
- des prévisions météorologiques défavorables à l'arrivée, augmentant les chances d'un atterrissage délicat, d'une remise de gaz, d'un déroutement.

Ces préoccupations augmentent en intensité lorsqu'on s'approche de l'arrivée.

Lorsque la descente est amorcée, ou un peu avant, l'équipage prépare au mieux l'avion et la documentation (navigation) en fonction des prévisions d'atterrissage. Le commandant de bord mène un briefing précisant les points essentiels et délicats de la phase finale d'approche et d'atterrissage. Tout comme dans la préparation au décollage, on essaie de se préparer, de s'orienter mentalement, de prendre une " avance de phase " vis-à-vis d'une période a priori chargée et délicate.

I-5-3-7- Approche et Atterrissage :

Sans condition anormale les contraintes et préoccupations principales sont :

- l'insertion dans le circuit final, avec le suivi de la navigation, l'évitement des reliefs. Eventuellement la modification de la navigation suite à la demande du contrôle sol ;
- l'estimation des conditions d'atterrissage (visibilité, plafond, vent, état de la piste, givrage) ;
- la compréhension des instructions du contrôle au sol (langue, rattachement des consignes verbales aux références de navigation) ;
- l'estimation de sa propre position au sein d'un trafic général grâce aux conversations radio;
- la préparation de l'avion ;
- si les conditions météo sont marginales, la préparation au circuit de remise de gaz ou à la navigation de déroutement, avec le calcul correspondant des réserves de carburant.

Lorsqu'une panne survient alors, son traitement se surimpose aux tâches et préoccupations normales. Si elle est sérieuse et implique un atterrissage d'urgence, l'équipage a la possibilité d'obtenir une priorité auprès du contrôle sol et des autres avions en émettant un message d'urgence (" May Day " ou " Panne ") ce qui simplifie les problèmes de navigation et de communication.

En revanche le cas de conditions " anormales " non urgentes peut amener des surcroîts de tâches mentales et physiques compliquant l'ensemble sans avoir la possibilité de simplifier quoi que ce soit.

La manipulation des FMS actuels, pour insérer les changements de navigation, exige l'attention complète d'un pilote pendant plusieurs dizaines de seconde sinon plusieurs minutes, Ceci peut devenir un handicap vis-à-vis de la sécurité et certaines compagnies interdisent en phase d'approche les modifications de données de navigation au travers du FMS, les pilotes introduisant par affichage direct les données élémentaires (cap, altitude, aides radio, etc.) au tableau des aides de pilotage.

Si le FMS n'est pas utilisé il est nécessaire de calculer alors les temps de vol entre repères manuellement ou le plus souvent mentalement.

En règle générale le suivi de la navigation horizontale et de l'évolution des altitudes est vital, et la contre-vérification des informations utilisant toutes les aides disponibles, FMS et balises radio classiques, est imposée, ce qui n'est pas toujours aisé avec l'adoption générale de trajectoires inertielles comme références prescrites sur les documents de navigation.

Tout ceci montre, au plan de la charge mentale des pilotes, la grande différence entre les vols avec ou sans FMS.

Une vérification normale et relativement simple est celle de la longueur de piste nécessaire à l'atterrissage, en fonction des conditions de masse, de vent et d'état de surface, par utilisation de tables de valeurs ou de courbes.

En cas de panne (hydraulique, volets, freins etc.) ce calcul devient mentalement compliqué surtout si le temps vient à manquer par surcharge de travail, car les distances sont données en général en facteurs augmentant la distance normale d'atterrissage, obligeant ainsi à des calculs mentaux ou toute multiplication devient un calcul compliqué. Dans les conditions de panne ou de givrage amenant des baisses de performance de poussée ou des augmentations de traînée, le maintien des vitesses prescrites et des configurations adéquates peut devenir un problème sérieux. Il est important pour les pilotes, en cas de panne de systèmes, de connaître ce qu'ils pourraient et surtout ce qu'ils ne pourraient pas utiliser (commandes de vol, de train freins, reverses, orientation de roue avant, phares etc.) afin de se préparer au pilotage dégradé correspondant.

On se prépare aussi à une décision importante : celle d'atterrir. Elle intervient vraiment en deux phases :

Lorsqu'on obtient la vision de la piste ou de ses balises au dessus de ou exactement à :

- soit l'altitude prescrite (*Minimum Decision Altitude* : MDA) pour les approches dites de "non précision",

- soit la hauteur prescrite (*Decision Height* : DH) donnée par un radio altimètre pour les approches de précision (catégories I, II et III). Si à cette altitude ou à cette hauteur on n'a pas vu la piste ou son balisage, la remise des gaz est obligatoire. Cette phase de vol impose donc un partage des tâches rigoureux et une grande concentration.

- si l'on a décidé de continuer, il faut bien se positionner pour toucher le sol dans de bonnes conditions à la fois immédiates et concernant la décélération s'en suivant. Sinon, il faut là aussi remettre les gaz.

I-5-3-8- Roulage au sol jusqu'au parking :

La piste dégagée, le stress décroît brutalement. Il y a encore beaucoup d'attention à porter pour se conformer aux instructions du contrôle, éviter les collisions et le franchissement de pistes en service, suivre les chemins de roulement corrects surtout si la visibilité est faible et/ou le sol est glissant. Mais on est au sol et désormais on peut s'arrêter s'il y a nécessité. Au parking le stress s'élimine. Parfois une partie subsiste lorsqu'il faut justifier les choix et décisions prises dans les conditions anormales et d'urgence rencontrées mais sa nature est différente de celle plus " temporelle " du stress en vol

CHAPITRE : 02

METHODOLOGIES UTILISEES

INTRODUCTION :

Pour mener à bien notre étude, il convient de mettre en oeuvre une méthodologie qui nous permettra de faire le tour de la question en écartant toute subjectivité. Plusieurs méthodes sont adéquates à une analyse de la tâche, si complexe soit-elle, mais toutes présentent des limites. Seule la multiplicité des méthodes envisagées permet de réduire ces limites.

II-1- Entretiens semi-directifs :

Afin de mettre en correspondance la représentation des concepteurs et celle des pilotes, nous avons mené des entretiens semi-directifs avec des concepteurs cockpit, des concepteurs systèmes, des pilotes mais aussi avec des instructeurs. Nous avons mené des entretiens semi-directifs, c'est à dire qu'ils ont été préparés suivant un certain nombre de points à aborder et se sont déroulés librement au départ puis de façon un peu plus directive en fonction des points n'ayant pas été évoqués au cours de la discussion.

A) Les entretiens avec les concepteurs : Rendre compte de la conception des procédures est un moyen de voir la façon dont les procédures écrites peuvent assumer les fonctions justifiant leur nécessité, mais aussi de dégager l'utilisation attendue des procédures.

Ces entretiens nous ont permis de comprendre le déroulement du processus de conception, d'en dégager les limites, mais aussi de prendre connaissance des contraintes que s'imposent ces concepteurs et de voir la tendance de leurs attentes en matière d'utilisation des procédures écrites.

B) Les entretiens avec des pilotes : durant ces interviews, nous leur avons demandé de décrire leur façon de procéder avec les procédures. Cette méthode permet d'explorer un problème, mais ne peut pas remplacer une réelle analyse de l'activité.

En effet, les pilotes évacuent dans leur récit un ensemble de contraintes spécifiques de chaque situation rencontrée,

C) Les entretiens avec les instructeurs : Les entretiens avec les instructeurs ne se limitent pas à des discussions concernant les problèmes d'utilisation des check-lists. Certains instructeurs n'hésitent pas à expliquer le fonctionnement de certains systèmes, la philosophie d'utilisation de l'appareil, les erreurs à ne pas commettre en fonction des équipages mais aussi les problèmes rencontrés personnellement lors d'un vol. Les entretiens avec les instructeurs nous ont aussi permis de mettre en place et de préparer, le plus finement possible, les séances d'observation en simulateur.

II-2- Analyse de l'activité :

Le contenu des checklists permet de connaître les actions qui doivent être exécutées. Mais il existe aussi un ensemble de prescriptions sur la façon d'exécuter ces actions. La plupart du temps, explicitées sur les checklists. C'est le cas par de documents officiels, notamment du FCOM d'Airbus Industrie. A partir de ces prescriptions, il est possible de définir un ensemble de déviations possibles. Une telle démarche conduit cependant à définir des déviations non pertinentes dans le cadre de notre étude. Certaines de ces déviations sont d'ailleurs apparues non pertinentes à la suite d'entretiens avec des instructeurs et des pilotes. Par exemple, une répétition d'un item n'est pas une déviation qui nous intéressera, car elle n'a aucune conséquence importante. Ces déviations non pertinentes ont donc été supprimées de notre liste de déviations possibles. La prescription pour l'utilisation des *do-lists* est relativement complexe. Les situations pouvant être très différentes les unes des autres, leur traitement serait presque à envisager au cas par cas. Aucun des documents mis à notre disposition ne présentait clairement la distribution des rôles entre PF et PNF.

Les situations incidentes peuvent survenir à tout moment et sont régulées grâce à l'utilisation de *do-lists* qui imposent aux pilotes le suivi pas à pas de la procédure adéquate puis l'exécution des items présentés; elles sont du type "lire et faire" (*read and do*). Les équipages doivent les réaliser scrupuleusement comme prévu : la sécurité de l'appareil en dépend.

La caractéristique principale de ces procédures anormales réside dans le suivi pas à pas des instructions telles qu'elles sont prescrites : le déroulement logique en est donc :

- 1- lecture (item par item, dans l'ordre prescrit, en respectant la terminologie);
- 2- puis exécution de l'item correspondant (item par item) ;
- 3- et enfin, vérification (globale).

Le PNF demande l'autorisation au PF avant de commencer la lecture des instructions ou d'effectuer toute action. Le PNF est tenu de mentionner toutes les actions qui incombent à la responsabilité du PF afin que celui-ci puisse les exécuter. Si l'action à effectuer est irréversible (couper un moteur par exemple), le PF doit surveiller le PNF pendant qu'il l'effectue et tout mettre en oeuvre afin d'éviter toute erreur d'exécution (en mettant la main sur le sélecteur du moteur 1 si l'action à effectuer concerne le moteur 2 par exemple).

A partir de cette analyse, nous avons élaboré un organigramme présentant la séquence des activités prescrites, et qui définit pour chacune de ces activités certaines contraintes.

La figure 1 présente le résultat de l'analyse de la tâche, avec en parallèle, l'ensemble des déviations possibles. Soulignons que, dans le cas des situations anormales et d'urgence, des déviations au prescrit sont tolérées dans certaines situations, et sous certaines conditions : "La coordination implique un suivi strict des procédures normales et anormales ou d'urgence. Toute déviation de ces procédures devrait être évitée. Si l'on estime qu'une déviation est nécessaire compte

tenu de circonstances particulières, on doit l'annoncer à l'avance. Si le temps le permet, un briefing spécifique doit être effectué afin que chacun des deux pilotes soit informé de ce qui est prévu." (Tiré du FCOM de l'A340).

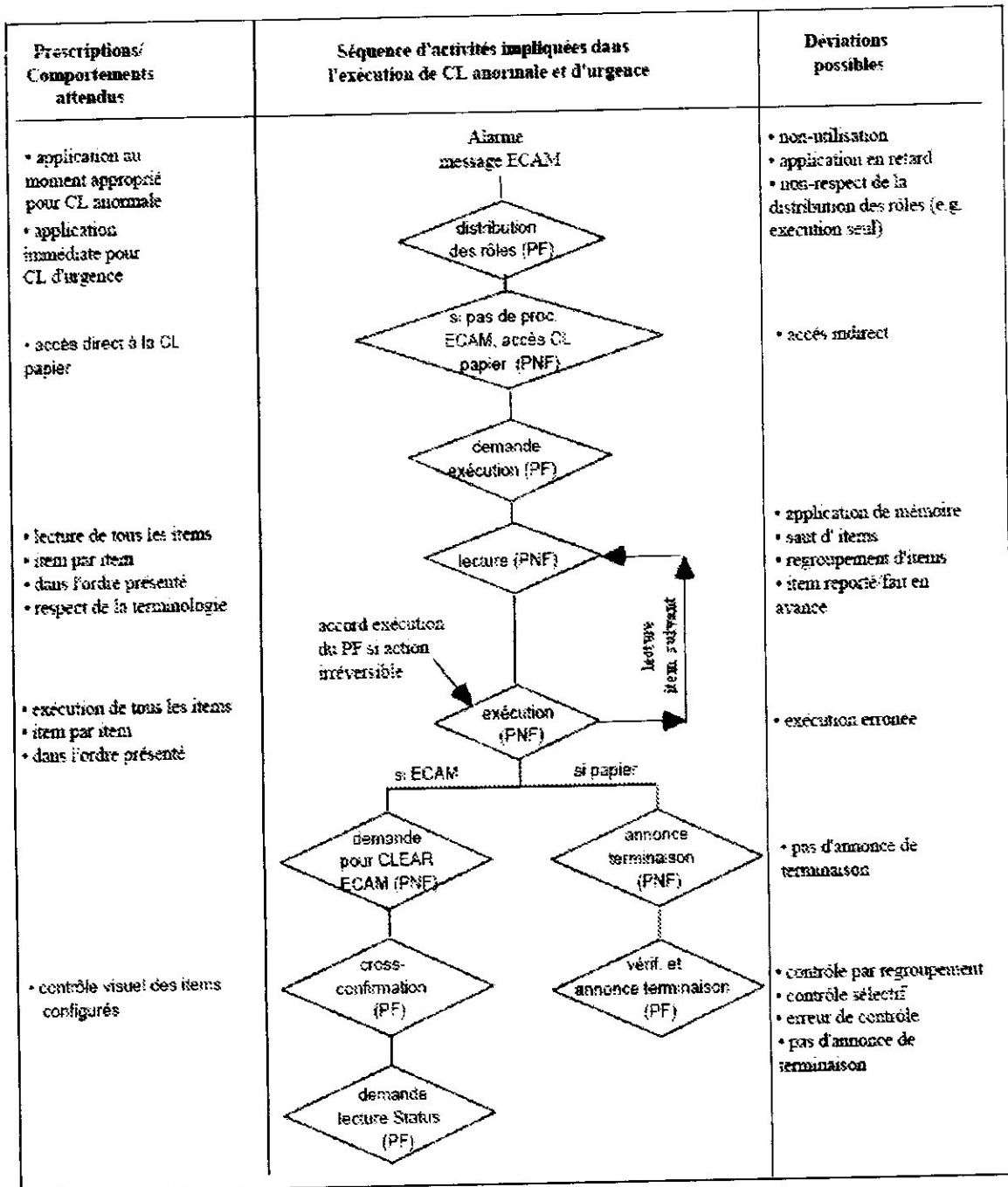


Figure 1 : Utilisation attendue des procédures anormales et d'urgence (cas général)

Outre ce partage des tâches lié à l'utilisation des CL, les pilotes ont des responsabilités attitrées :

***Le PF** ("Pilot flying" ou pilote qui est aux commandes de l'avion) est responsable:

- de la trajectoire de l'avion
- de la conduite de la vitesse.
- de la configuration de l'avion.
- de la navigation.
- des communications avec la tour de contrôle

***Le PNF** ("Pilot Non Flying" ou pilote qui n'est pas aux commandes) est responsable :

- de la lecture des checklists papier et/ou ECAM
- de l'exécution des actions requises (il peut aussi requérir du PF l'exécution de certaines actions dont les commandes sont hors de sa portée).
- des actions sur l'*overhead panel*" (panneau de commande au dessus de la tête des pilotes).
- de la maîtrise des réacteurs (contrôlé par le PF).

II-3- Le questionnaire :

Lors de notre étude, nous avons élaboré un questionnaire. Son intérêt réside dans la quantité de données qu'il a permis d'obtenir, seul moyen de réaliser des analyses des tâches parfois nécessaires pour définir une action donnée. Un autre intérêt du questionnaire réside dans le fait qu'il donne accès à un très grand nombre d'opinions et de témoignages particuliers. En outre, le fait que le questionnaire puisse rester anonyme permet généralement d'obtenir des témoignages plus critiques qu'avec les méthodes d'interview. Il permet non seulement de caractériser cette une action donnée du point de vue de l'utilisation des checklists.

Ce questionnaire a pour objectif de décrire les pratiques, de faire une analyse statistique concernant l'occurrence des déviations, de faire une analyse des raisons de ces déviations (un exemplaire de ce questionnaire se trouve dans les annexes).

En général, ces opinions sont nécessaires pour tenter d'expliquer certains comportements décrits grâce à d'autres questions.

La structure du questionnaire pour les situations anormales et d'urgence est composée des parties suivantes :

- Questions sur l'utilisation des checklists anormales et d'urgence.
- Questions d'opinions sur les checklists informatisées.
- Questions sur les pratiques de personnalisation des checklists.
- Question sur les solutions envisagées par les pilotes.

II-4- Analyse des questionnaires :

Nous avons présenté les résultats statistiques issus du questionnaire. qui présentait une analyse à la fois quantitative et qualitative des idées exprimées par les pilotes dans le questionnaires pour les situations normales.

Notre étude s'est plus particulièrement centrée sur l'utilisation des checklists pour les situations anormales et d'urgence. Les commentaires associés aux questions posées, bien que difficiles à exploiter, nous sont apparus, pour les situations anormales et d'urgence,

La liste donnée dans le tableau 1 ci-après, donne un aperçu de la grande diversité des idées exprimées. Une des difficultés pour traiter ces idées réside dans le fait que parfois, des opinions totalement opposées sont exprimées sous une même question, obligeant à une analyse approfondie s'écartant des seules apparences.

Question 01 : De manière générale, quelle est votre opinion sur les procédures anormales et d'urgence que vous utilisez actuellement ? **A332**

- 1- Trop d'informations inutiles.
- 2- Utilisent trop d'abréviations ✓
- 3- Difficiles à exécuter
- 4- Difficiles à comprendre
- 5- Trop compliquées, trop longues,

Question 02 : Dans quelle mesure respectez-vous la distribution des rôles définie par votre compagnie pour l'utilisation des procédures anormales et d'urgence ? (ex. : PNF lit et exécute, PF contrôle et répond)

- 1- En fonction des logiques d'action.
- 2- En fonction des compétences.
- 3- Tout dépend de la disponibilité des pilotes.
- 4- De façon à toujours rester dans la boucle.

Question 03 : Quand vous êtes le PNF, qu'est-ce qui vous permet de commencer à exécuter une procédure anormale ou d'urgence ?

- 1- Sur ordre du PF.
- 2- Tout dépend de la situation.
- 3- Sur ordre du commandant de bord.
- 4- Tout est fonction de l'altitude.
- 5- Discussion entre pilotes.

Question 04 : S'il vous arrive de regrouper des items, quels critères utilisez vous pour ce regroupement ?

- 1- Pour réduire la charge de travail.
- 2- Pour les actions réversibles.
- 3- S'il y a d'autres pannes en cours.

Question 05 : S'il vous arrive de reporter l'exécution de certains items, expliquez pourquoi :

- 1- A cause de la charge de travail.
- 2- Si les items ne sont pas importants.
- 3- Pour assurer la stabilité de l'aéronef.
- 4- Pour assurer la trajectoire.
- 5- Car les actions à effectuer ne sont pas prioritaires.

Question 06 : S'il vous arrive de sauter des items, expliquez pourquoi :

- 1- Pour réduire la charge de travail.
- 2- Pour garder le contrôle de la situation.

3- S'il y a des répétitions.

Question 07 : Quand vous êtes le PF, comment appliquez vous la procédure dans une situation anormale ou d'urgence ?

- 1- Tout dépend de la charge de travail.
- 2- Je suis strictement la prescription.
- 3- Je confirme avant d'exécuter d'une action.
- 4- Je confirme après d'exécuter d'une action.

Question 08 : Avez-vous déjà rencontré des problèmes pour comprendre le contenu d'une procédure anormale ou d'urgence ?

- 1- La procédure présentée est trop longue.
- 2- La procédure est mal présentée.
- 3- La procédure présentée est incomplète.
- 4- Les termes utilisés ne sont pas assez clairs.
- 5- Les termes utilisés sont parfois ambigus.

Question 09 : Avez-vous déjà eu besoin d'informations non mentionnées dans les procédures anormales ou d'urgence ?

- 1- Problème des OEB.
- 2- Les do-lists sont mal présentées.
- 3- Les do-lists ECAM sont incomplètes.

Question 10 : Quel comportement adoptez vous lorsque vous rencontrez de telles difficultés ?

- 1- Je respecte l'ECAM.
- 2- Je respecte les règles de base.
- 3- J'analyse la situation.

Question 11 : Dans une situation anormale ou d'urgence, utilisez-vous les informations présentées sur le "system display" (SD) ?

- 1- Il faut bien comprendre la situation.
- 2- Bonne représentation des systèmes.
- 3- Les do-lists papier sont meilleures.
- 4- Donne des informations complémentaires.

Question 12 : Pensez-vous qu'il serait utile d'étendre l'informatisation des procédures

- 1- Le passage ECAM / papier est difficile.
- 2- Pas de diagnostic possible avec l'informatisation.
- 3- Les do-lists papier ne tombent jamais en panne.

4- Les do-lists papier sont meilleures.
<i>Question 13</i> : À quel(s) moment(s) annotez-vous vos procédures papiers ?
1- En fonction de l'expérience des personnes. 2- Avec les mises à jour compagnie. 3- Après un incident. 4- En fonction de la situation vécue.
<i>Question 14</i> : Utilisez-vous une check-list personnelle ?
1- Je utilise une checkliste personnel de dernière minute. 2-oui. 3- non. 4-lorsque les personnes sont plus compliquées.
<i>Question 16</i> : Pour vous, une meilleure adéquation entre les procédures en général et l'équipage doit passer par :
<i>Question 15</i> : Pour vous, une meilleure adéquation entre les procédures en général et l'équipage doit passer par :
1- Une formation moins superficielle. 2- Une documentation plus complète. 3- Une coopération pilotes / ingénieurs. 4- Amélioration des informations présentées.

Tableau 1 : Idées générales exprimées par les pilotes à chaque question

Pour les situations anormales et d'urgences.

II-5- Les observations en simulateur de vol :

Pour décrire l'activité réelle des pilotes de ligne dans leur utilisation des procédures, l'observation en vol aurait été la méthode la plus appropriée. Mais, compte tenu de la difficulté d'obtenir l'accord, nous avons effectué des observations en simulateur de vol au centre de formation à El koba auprès de pilotes. Ces séances de *recurrent training* sont organisées une à deux fois par an, Pour chaque pilote. Elles sont élaborées autour d'une structure LOFT (*Line Oriented Flight Training*), ce qui leur confère une crédibilité opérationnelle suffisante. Les observations effectuées en simulateur de vol, ne visent pas à mettre en évidence la globalité de l'activité réelle des pilotes dans le cockpit, l'objectif est de mettre en évidence l'utilisation effective des *do-lists* utilisées dans les situations anormales et d'urgence. Par conséquent, nous n'avons pas étudié l'interaction des pilotes avec la globalité des interfaces, mais seulement avec l'ECAM (qui est l'interface essentielle pour les procédures).

Afin de recueillir le maximum d'informations possible, compte tenu de la difficulté à obtenir des enregistrements vidéos de l'activité dans un cockpit, et reprend les processus observables de ce schéma (décision d'utiliser la checklists, accès, lecture, vérification, réponse).a pour caractéristique de permettre de noter les déviations au travail prescrit, que nous avons identifié au contenu des procédures plus un certain nombre de règles non explicitées mais apprises (concernant notamment la répartition des rôles). Pour cela, on inscrit au préalable tous les items des checklists qui vont devoir être utilisés, ce qui nécessite, pour les situations anormales et d'urgence, une préparation avec les instructeurs des compagnies,

Une séance de simulateur est en général composée de trois phases :

- (1) un briefing d'une heure environ, durant lequel les pilotes et un instructeur préparent le déroulement du vol,
- (2) la séance de simulateur qui dure entre trois et quatre heures,
- (3) un debriefing d'une heure au minimum durant lequel on discute de certaines pannes survenues et de certains comportements des pilotes. Une séance

complète dure donc en général entre cinq et six heures, et peut se dérouler à n'importe quelle heure du jour et de la nuit.

Une préparation minutieuse de la séance (en moyenne 2 heures), afin de compléter au préalable les différentes colonnes, est donc essentielle. Afin de réguler les pannes, les pilotes ont à leur disposition :

- ❖ le **QRH** où sont répertoriées les principales checklists utilisées en cas de situation anormale ou d'urgence. [Le QRH est un des éléments essentiels utilisés par les pilotes car il permet, entre autre, de pallier une panne de l'ECAM (possible en cas de panne du système électrique).]
- ❖ le ***Flight Crew Training Manual*** (FCTM) où sont présentés des briefings correspondant aux séances sur simulateur de vol, pour les situations normales que pour les situations anormales et d'urgence ainsi que les séances de formation continue (LOFT et *recurrent training*).
- ❖ le **FCOM** comportant 3 volumes : description des systèmes, préparation du vol et opérations en vol. Le volume 3 nous intéresse particulièrement car y sont référencées toutes les checklists (y compris celles présentées sur ECAM) ainsi que des notes explicatives permettant de les comprendre.
- ❖ l'**ECAM** où apparaissent automatiquement les pannes.

CHAPITRE : 03

ANALYSE OPERATIONNELLE DES PROCEDURES

III-1-Importance des checklists :

La première question concernant les situations anormales et d'urgence porte sur le nombre de fois où les pilotes les ont rencontrées. Nous n'avons exploité que les réponses mentionnant une opinion quantifiée. Les tableaux suivants donnent le résultat en nombre de situations réelles rencontrées en vol par les pilotes depuis le début de leurs vols sur la génération d'avions dite "glass cockpit".

Nombres de cas	Nombres de pilotes
0	1 %
1 à 10,	62 %/
11 à 50	28 %
51 à 100	6 %
101 à 200	2 %
Plus de 200	1 %

*Air Air J
Type A330*

Tableau 2 : situation relevant des procédures anormales.

Nombres de cas	Nombres de pilotes
0	65 %
1 à 5	31 %
6 à 10	3 %
Plus de 10	1%

Tableau 3 : situation relevant des procédures d'urgences.

L'importance des checklists et des procédures paraît incontestable, notamment pour les situations d'urgence et les pour les situations anormales des pilotes interrogés les classent comme très importantes, tous les sujets les situant comme plutôt importantes. la satisfaction liée aux procédures, les résultats sont beaucoup plus mitigés. Comme le montre le tableau 4 ci dessous, concernant le contenu, la compréhension, la présentation, la taille, l'adéquation à l'environnement opérationnel ou la facilité d'accès, les pilotes à être très satisfaits pour les situations anormales par contre pour les situations d'urgence.

	Procédures anormales très satisfaisantes	Procédures d'urgence très satisfaisantes
Contenu	37 %	43.8 %
Compréhensibilité	28.8 %	33.8 %
Présentation	32.7 %	34.4 %
Taille	36.6 %	38.1 %
Adéquation au cockpit	50.3 %	55.5 %
Facilité d'accès	30.1 %	36.6 %

Tableau 4 : Satisfaction des pilotes sur les procédures
Anormales et d'urgence

III-2- A l'apparition des situations anormales et d'urgences :

Une situation anormale ou d'urgence peut survenir à n'importe quel moment du vol, de façon imprévue. Cette situation interfère avec la conduite normale du vol en s'y superposant, donc en augmentant la charge de travail jusqu'à alors normale.

Lorsqu'une situation anormale ou d'urgence survient, les pilotes doivent en premier lieu, appliquer en toutes circonstances les règles d'or préconisées par le constructeur. Elles sont au nombre de trois :

1. voler ;
2. définir les responsabilités clairement ;
3. exécuter les procédures ECAM.

III-2-1- Assurer la sécurité immédiate :

Les pilotes pensent en effet que le plus important est d'assurer la sécurité de l'avion avant même de commencer toute checklists, quel que soit son degré d'urgence. Ce point est donc très clairement mentionné comme une des raisons essentielles du report d'exécution immédiate. Assurer la sécurité immédiate de l'avion revient à dire qu'un des pilotes (généralement le commandant de bord) prend la responsabilité totale du contrôle de la trajectoire, c'est à dire : maîtrise des vitesses, cap, altitude de sécurité, tangage et roulis, navigation, au travers des

commandes de vol et de la poussée (*Primary Flight Display*, instruments moteurs sur ECAM, *Navigation Display*), évitement des obstacles. Les pilotes vont jusqu'à souligner qu'il serait ennuyeux de prendre le risque d'un accident à trop vouloir suivre une checklist alors que la trajectoire normale de l'avion n'est pas garantie ou se dégrade. Ainsi, dans les cas délicats, et lorsque c'est possible, le PF essaiera de se simplifier la tâche : soit en stabilisant une trajectoire rectiligne à altitude constante, soit en engageant le pilote automatique (PA). Le PF essaie alors de se rendre le plus disponible possible pour participer à l'exécution des procédures.

III-2-2- Le partage des tâches avant exécution des checklists :

La sécurité immédiate étant respectée, les priorités doivent alors s'établir rapidement, dans le calme (même si cela n'est pas toujours aisé en situation de stress) et les pilotes doivent s'organiser. Cette organisation tient compte d'une répartition des tâches dictées par un ensemble de considérations parfois antagonistes. Ainsi, des pilotes (en situation d'urgence et en situation anormale) disent toujours respecter la répartition prescrite ou recommandée par le constructeur ou la compagnie (commandant de bord devient PF). Or, l'analyse des questionnaires a montré que cette organisation était plutôt liée au niveau de complexité des procédures et à la recherche d'une utilisation optimale des ressources. Même si, en règle générale, le commandant de bord prend l'initiative de l'organisation entre pilotes, cette répartition pourra changer selon les compétences reconnues de chacun en fonction de la nature de la panne ou de son degré de gravité. L'expérience personnelle, celle sur la machine, la confiance mutuelle jouent un rôle essentiel.

III-2-3- Elaboration d'un diagnostic :

La décision d'action repose sur la représentation que les pilotes ont de la situation mais aussi sur leurs objectifs de vol. il est apparu que 75% des pilotes en situation anormale et 72% en situation d'urgence, cherchaient en premier lieu à diagnostiquer correctement la situation avant d'engager toute action. Ces résultats montrent que même si les pilotes ont à leur disposition des procédures "prêtes à l'emploi", ils mettent tout de même en oeuvre une activité de diagnostic pour agir. L'utilisation de ces procédures implique pour le pilote une activité de comparaison entre son propre plan d'action et celui qui lui est présenté. Les pilotes cherchent à comprendre le type exact de la panne, son origine et cherchent des références avec des cas connus ou appris en formation.

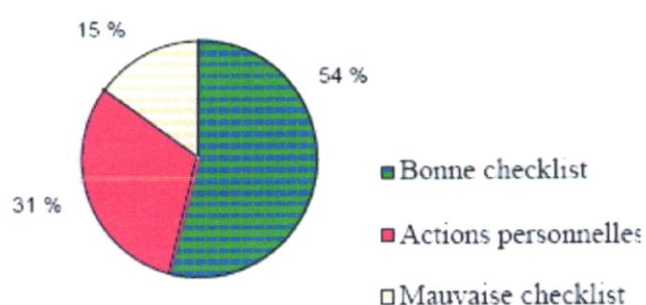
- certaines situations d'urgence qui ne permettent pas aux pilotes de passer un temps précieux à comprendre la situation ni à juger de la pertinence des actions prescrites. C'est le cas par exemple lors d'un feu, d'une décompression très rapide, d'un pompage moteur

- lorsqu'ILS ne disposent pas des connaissances leur permettant de faire ce diagnostic correctement; ils exécutent la procédure et essaient de comprendre la situation en prélevant au fur et à mesure, les informations contenues dans la procédure. Ce processus peut s'avérer très difficile par l'exécution d'actions compliquées et nombreuses.

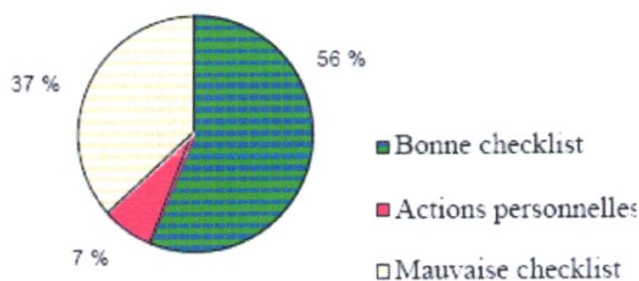
III-2-4- Choix de la checklist :

Le support de présentation mais aussi l'accessibilité aux différentes checklists est un des principaux déterminants du déclenchement d'actions adaptées à la résolution de la panne. Lorsque l'ECAM est directement relié au système défaillant, cela ne pose pas de problème. La checklist apparaît automatiquement à l'écran. Les pilotes reconnaissent que cette apparition automatique des checklists

est le point fort de l'ECAM ; les pilotes n'ont pas à rechercher la checklist adéquate à la situation. Mais, le problème se pose lorsque cette checklist n'est pas prévue par l'ECAM ou lorsque la checklist ECAM fait référence à une checklist papier. L'utilisation simultanée de l'ECAM et du papier est jugée source d'augmentation de difficulté. Comme le montre le graphe 1 présenté ci-dessous, ces résultats ont aussi été observés lors des séances de simulateur :



Graphique 1 : Choix des checklists qui n'existent pas sur ECAM



Graphique 2 : Choix des checklists référencées par l'ECAM

En simulateur, les pilotes ont rarement l'occasion d'apprécier les conséquences liées au choix d'une mauvaise procédure. Les instructeurs interviennent rapidement afin de leur montrer soit les critères qu'il fallait prendre

pour trouver une checklist adaptée à la situation soit comment se repérer dans le FCOM ou le QRH pour choisir la bonne checklist.

Ces différents résultats nous montrent donc les difficultés que rencontrent par les pilotes pour trouver les checklists qui n'apparaissent pas automatiquement sur l'ECAM. C'est le cas par exemple des checklists complémentaires de rallumage des moteurs, de la descente d'urgence, des doubles pannes ... qui ont été le plus souvent citées par les pilotes.

Les principales raisons invoquées par les pilotes sont :

- ❖ l'effet du stress : les pilotes jugent qu'il est difficile de se concentrer sur une table des matières lorsqu'ils sont confrontés à une panne ;
- ❖ la qualité de la table des matières,
- ❖ particulièrement le cas de la checklist concernant un feu moteur (ENG FIRE). Dans le FCOM est-elle classée à ENG, à FIRE ou à EMERGENCIAS ;
- ❖ la faiblesse des indications permettant l'accès à la procédure ;
- ❖ les difficultés liées à la dispersion des informations sur plusieurs pages.

III-2-5- Déclenchement des checklists :

Après avoir trouvé les checklists adaptées à la situation, le déclenchement réel est soumis à plusieurs facteurs. Il est affecté par le stress, toujours présent en situation anormale ou d'urgence à des taux variant suivant la nature de la panne, la situation présente, et les individus. Ce stress se traduit par une difficulté à percevoir les informations disponibles, à réfléchir et peut ainsi influencer sur le temps de résolution de la panne, sur la probabilité d'occurrence d'erreurs de diagnostic et d'exécution, ou d'oublis.

Les raisons les plus fréquemment invoquées pour expliquer le début d'exécution d'une checklist sont les suivantes :

- La phase de vol est un des éléments influant sur le déclenchement des checklists utilisées en situation anormale et d'urgence. Par exemple au décollage, en cas d'urgence, le début d'exécution des checklists est clairement défini. Il faut veiller à respecter une altitude supérieure à 400 pieds et la configuration train d'atterrissage rentré;
- En fonction de la situation : afin de terminer une checklist normale, lorsque la panne en elle-même n'est pas une priorité, comme c'est le cas pour toute situation anormale. Les situations d'urgence sont différentes. Certaines demandent une réaction rapide (feu), d'autres demandent un long planning et une réaction lente comme par exemple la double panne hydraulique ;
- Pour permettre la coordination PF/PNF : avant de commencer la checklist, il faut que le PF et le PNF se mettent d'accord pour mener correctement le vol. Dès lors, si le PF est temporairement indisponible, on préfère reporter l'exécution de la checklist;
- En fonction de la charge de travail : quand il y a des choses plus importantes à faire, quand il y a trop de choses à faire en même temps lorsqu'une situation anormale apparaît alors que les pilotes sont occupés à traiter une situation d'urgence dans l'attente d'une phase de vol moins chargée.

III-3-La gestion du temps :

La préoccupation essentielle des pilotes, surtout en situation anormale et d'urgence est une bonne gestion du temps. Elle amène parfois à des divergences par rapport aux prescriptions et aux recommandations. Cependant cette gestion du temps peut parfois prendre des formes diverses, en général basées sur la simplification des situations.

III-3-1- Sélection d'items :

La sélection des items à effectuer parmi ceux présentés dans les checklists sont une des conséquences directes de la présentation des informations dans les

procédures. Les pilotes effectuent une sélection des items à traiter en priorité selon les critères suivants :

- **Utilité des items présentés** : des pilotes trouvent que parfois l'ECAM (ou le FCOM) présente des informations inutiles ou ne s'appliquant pas. L'exemple de la checklist en cas de panne moteur est une fois de plus citée ici (peut être parce que les pilotes la connaissent mieux que toute autre car c'est la panne la plus souvent effectuée en simulateur de vol).
- **Pertinence des items présentés** : des pilotes, il arrive "souvent" que les items qui s'inscrivent sur l'ECAM ne correspondent pas à la situation en cours. Ils éliminent donc les items sans action reconnue sur la résolution de la panne. Ceci est d'autant plus vrai pour les situations où les pilotes cherchent à aller le plus vite possible et à réduire la charge de travail.
- **Exécutabilité de certains items en fonction de la situation** : certains items sont considérés comme non prioritaires compte tenu des conditions dans lesquelles survient la panne. C'est surtout le cas pour les phases de vol surchargé. Si une panne dite anormale arrive lors de l'atterrissage, les pilotes n'effectuent que les items prioritaires afin de permettre au PF de piloter et au PNF de s'occuper à part entière de toutes les communications avec l'ATC.

III-3-2- Regroupements d'items :

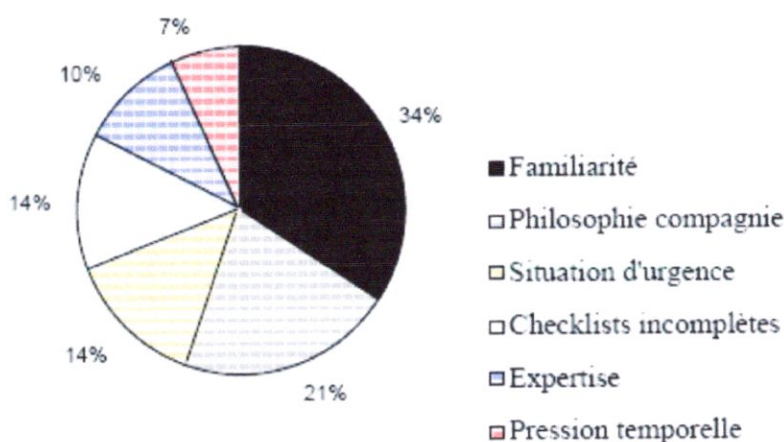
Le regroupement d'items est directement lié aux conditions opérationnelles. Dans le questionnaire, il y a des pilotes disent ne jamais (ou très exceptionnellement) regrouper les items d'une checklist en situation anormale ou d'urgence. L'analyse des questionnaires a montré que certains pilotes ayant répondu "jamais", les raisons pour lesquelles ils effectuaient parfois des regroupements. Les raisons les plus fréquemment sont :

- *l'optimisation du temps disponible* : en cas de situation d'urgence et plus particulièrement lors des phases de vol jugées délicates, les pilotes disent lire plusieurs items à la fois et les exécuter simultanément ;
- *la connaissance que les pilotes* ont de la checklist ou du système affecté par la panne. Les pilotes regroupent les items qui se réfèrent à la même chose, "selon une logique claire" ;
- *la possibilité de permettre* à l'autre pilote de revenir "dans la boucle" ou l'évitement de le surcharger : les pilotes regroupe toutes les actions réversibles dans l'attente de la disponibilité du PF afin de ne pas le surcharger avec des items mineurs.
- *l'effectuation d'actions réversibles* pour les procédures anormales, ou d'items jugés peu importants pour les procédures d'urgence.

III-3-3- Utilisation de la mémoire :

L'exécution d'une procédure anormale ou d'urgence de mémoire est une déviation particulièrement importante à considérer, même si elle n'est pratiquée que par un faible nombre de pilotes.

Les raisons les plus souvent mises en avant pour expliquer l'exécution de certaines checklists (ou de certains items de la checklist) de mémoire sont présentées dans le graphe 3 ci-dessous :



Graphe 3 : Raisons pour l'utilisation de la mémoire

III-4- La maîtrise de la situation :

Maîtrise la situation passe par plusieurs conditions :

- avoir une vue d'ensemble
- mettre en oeuvre une stratégie d'utilisation
- comprendre les actions prescrites
- connaître les conséquences sur le reste du vol.

Si ces conditions ne sont pas remplies, on éprouve des difficultés d'exécution, se traduisant par une perte de temps, des confusions, des erreurs et des oublis.

III-4-1- Une vue d'ensemble :

Une vue d'ensemble de la situation exacte est nécessaire aux pilotes pour estimer le temps nécessaire à l'exécution de la procédure. Mais, la conception même de l'ECAM empêche le pilote de se construire une représentation dont il a besoin pour comprendre la situation globale sur laquelle agir. En effet, la capacité limitée de présentation de l'ECAM (seules 7 lignes de la checklist apparaissent à la fois sur l'ECAM) ne lui permet pas de reconstruire l'état réel de l'avion. Il n'a donc à aucun moment un aperçu global de la checklist à effectuer sauf pour celles qui sont brèves. Les checklists trop longues et/ou trop complexes, avec de nombreux termes techniques (comme par exemple : *Avionic Smoke*, *Double Generator failure*, pannes électriques, etc.) font perdre conscience de l'ensemble des actions et de la situation. Les pilotes précisent même que certaines procédures sont tellement longues qu'elles éloignent les pilotes de la conscience de la situation à cause de la lecture excessive de l'ECAM.

Ce mode de présentation, chronologiquement partielle des informations à l'ECAM ne permet pas au pilote d'organiser les informations selon les besoins contextuels. L'utilisation du "*system display*" permet de compenser certains manques liés à la présentation des informations. Le SD offre une visualisation analogique, synthétique et rapide des pannes et de l'état des systèmes consécutif aux pannes et aux actions effectuées en vue de les résoudre. L'avantage de donner une bonne représentation du systèmes "SD".

- permet aux pilotes d'effectuer un bilan opérationnel rapide avant, pendant et après l'exécution de la checklist;
- permet de valider l'existence réelle de la panne et ainsi de contrôler si la procédure présentée à l'ECAM est adaptée ou si elle ne l'est pas. Il est considéré comme la confirmation des instructions de l'ECAM, même si l'ECAM affiche une procédure compte tenu des fausses alarmes que peut présenter l'ECAM comme par exemple avec la panne concernant une baisse de pression dans le système hydraulique. D'après les pilotes, cette panne est souvent une fausse alerte. Quand elle apparaît, il suffit de consulter le SD pour vérifier si la pression est correcte ;
- peut éventuellement permettre dans certains cas d'avoir une vue de la situation lorsque la checklist est trop compliquée ou qu'elle n'existe pas;
- permet aussi de se concentrer vraiment sur les événements en cours en contextualisant les systèmes en panne;
- donne des informations qui ne sont pas sur l'ECAM;
- donne les raisons, la nature de la panne mais aussi ses conséquences;
- est le complément indispensable du message d'alarme ECAM. Il permet de corréler l'alarme avec le système correspondant et de voir son état pour comprendre les actions ;
- informe mieux, les informations étaient présentées avec logique. Il présente aussi l'avantage d'être interactif, mieux organisé et plus facile à utiliser que le papier ou l'ECAM ;

- sert enfin de comparaison entre plusieurs références : signaux d'alarme, checklist ECAM, voyants dans le cockpit ... Le SD permet toujours la synthèse exacte des indications données aux pilotes.

III-4-2- Difficultés de compréhension :

En situation anormale standard (donc de résolution de panne assistée), la checklist guide l'action de manière très séquentielle, mais ne donne aucune indication sur le pourquoi, ni sur le comment faire. Le pilote "désapprend" quelles informations chercher, où les trouver, comment mettre en oeuvre ses capacités d'analyse et de réaction. Il n'a plus l'occasion de mobiliser ses compétences pour l'établissement de diagnostic et le choix de la checklist. Les indicateurs permettant de confirmer ou d'infirmer un diagnostic du pilote, ou de l'ECAM, sont multiples. De plus, l'ECAM présente la particularité de hiérarchiser automatiquement les pannes en fonction du risque associé à la dégradation du système affecté.

Les items s'effacent une fois effectuée, au fur et à mesure. Le fait de ne pouvoir intervenir sur le choix de présentation des informations ne permet pas au pilote de structurer les informations en fonction de ses besoins ; en d'autres termes, il faut que le pilote puisse construire en retour la structure (disposition, synthèse, choix des informations prioritaires ...) des informations dont il a besoin pour agir. La sélection des informations doit être directement liée aux besoins contextualisés des pilotes. Mais les pilotes, obligés et habitués à se reposer sur le guidage des procédures ECAM, ont du mal à les repérer, à les identifier comme pertinents pour la situation en cours ils ne peuvent donc plus mettre en oeuvre ni entretenir leurs compétences.

Dès lors, connaître le pourquoi d'actions non évidentes dans le contexte de l'exécution d'une checklist est une demande forte. Sans le pourquoi la logique des actions peut ne pas être perçue, ajoutant aux difficultés. Il s'en suit une recherche d'informations supplémentaires entraînant une perte de temps. Les pilotes estiment même que l'application des checklists et provoque une

"déqualification". En effet, les checklists indiquent ce qu'il faut faire, mais non pourquoi il faut le faire et parfois même non plus comment le faire.

La principale raison évoquée est une incompréhension des raisons de l'action. Cette incompréhension est liée à plusieurs problèmes :

- à la complexité de certaines procédures.
- à la présentation des informations.
- aux manques d'informations.
- à la pertinence de présentation des informations.
- à la logique de hiérarchisation de l'ECAM.
- au manque de clarté dans les termes utilisés.

III-4-2-1- Présentation des informations :

La présentation de l'information conduite bien souvent à une incompréhension de ce qu'il faut faire.

- Ils ont du mal à comprendre en particulier les checklists qui se séparent en plusieurs choix dépendant du résultat de ce qui précède. Sous l'effet du stress, la mauvaise disposition des paragraphes amène des confusions.
- Le problème de la présentation des informations a aussi été cité à de nombreuses reprises à propos du "*status*". Cette demande de justification du besoin est directement liée à la nécessité de comprendre ce qui se passe après avoir effectué une procédure en situation anormale ou d'urgence. Outre le fait que ce "*status*" ne présente pas toujours les limitations associées ni les distances d'atterrissage, les corrections pour les distances d'atterrissage après une panne sont présentées sous la forme "multiple". Les pilotes ont du mal à comprendre, alors que les ordinateurs placés dans l'avion sont si performants, pourquoi l'ECAM ne présente pas directement la valeur finale. Au lieu de ça, les pilotes doivent, sous effet de stress faire des calculs mentaux au risque de se tromper.
- Le manque de cohérence au niveau de la présentation des informations à l'ECAM et dans le FCOM amène aussi des problèmes de compréhension.

III-4-2-2- Manques d'informations.

Ces manques, cités par des pilotes, sont en rapport avec les informations concernant les systèmes, avec le contenu des checklists mais aussi avec la justification des actions à effectuer.

- **Concernant les systèmes** : les pilotes ont besoin de savoir quel système contrôle quoi et comment les systèmes interagissent entre eux. Ces informations sont considérées comme des informations de fond. Or, les pilotes ont du mal à les trouver (quand ils les trouvent !) rapidement. Certes, le SD les aide à combler ces manques mais, à leur sens, ce n'est pas suffisant, surtout en cas de pannes multiples.
- **Concernant le contenu des checklists** : certaines procédures ne contiennent pas les informations permettant de résoudre les pannes. Ainsi par exemple, certaines requièrent un "reset" qui n'est jamais mentionné sur l'ECAM. De même, quand il y a un problème de becs ou de volets, l'ECAM dit « utilisez la configuration 3 ». Est-ce que les pilotes doivent changer les instructions FMGC ou pas ? Les exigences sont différentes, si le système d'extinction fonctionne ou non, mais ce n'est pas précisé. De plus, l'ECAM ne couvre pas toutes les pannes anormales ou d'urgence
- **Concernant la justification des actions à effectuer** : les pilotes ont besoin de comprendre pourquoi ils doivent exécuter telle procédure indiquée. Cette question du pourquoi est une demande forte soulignée par des pilotes. Ils désirent par exemple savoir pourquoi certains systèmes sont inopérants après une panne, ce qui se passe si l'on appuie sur le "clear bouton". Les pilotes n'ont pas une conscience immédiate des conséquences qu'entraîne la panne de certains systèmes. Le manque de précision rend certaines procédures incompréhensibles. L'une des procédures présentant le plus de problème est celle à utiliser en cas d'une

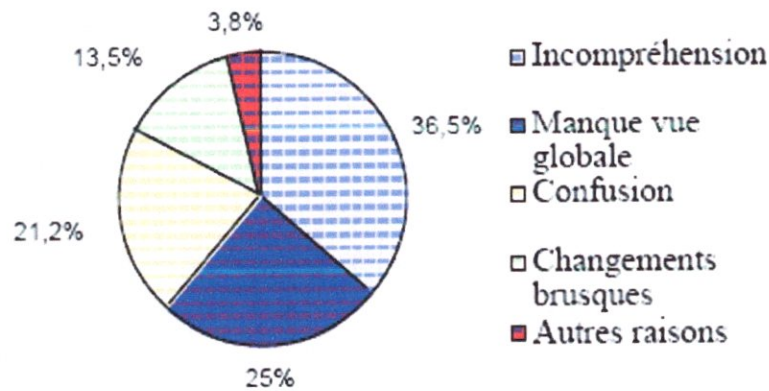
panne moteur. Le système détecte la panne et inscrit automatiquement sur l'ECAM la checklist à effectuer.

III-4-2-3- Manque de clarté dans les termes utilisés;

Ce manque de clarté est lié à l'utilisation des abréviations qui les obligent, dans les situations d'urgence à avoir des "*logical thinking*". Les mélanges d'anglais et de français empêchent aussi une compréhension immédiate des informations présentées. Les pilotes parlent d'un pauvre *french-english*, aussi bien en ce qui concerne l'ECAM qu'en ce qui concerne le FCOM. En fait, il n'y a pas un mélange de français et d'anglais dans les procédures mais ces dernières ont été écrites en anglais par des Européens (Français, Anglais, Allemands), amenant un problème d'acceptation par tous, les Américains en particulier. Ce problème est universel et très loin d'être résolu.

III-4-2-4- Logique de hiérarchisation de l'ECAM :

L'ECAM hiérarchise automatiquement les pannes en fonction de leur degré de gravité. Ainsi, si les pilotes sont en train d'effectuer une checklist pour résoudre une panne alors qu'une autre panne ayant des conséquences plus graves est détecté par le système, la checklist initiale disparaît pour laisser la place à la seconde checklist. Or, la hiérarchisation automatique des pannes, avec changement brutal des checklists en fonction des pannes rencontrées, empêche le pilote de se construire une représentation dont il a besoin pour comprendre la situation globale sur laquelle agir. Le pilote ne peut reconstruire l'état réel de l'avion. Les pilotes ont du mal à comprendre la logique des actions affichées. Ils jugent donc la checklist présentée incorrecte, partiellement fausse, remettent en question les priorités. Les autres difficultés mentionnées relèvent plus d'un problème d'interface homme machine : les pilotes se sentent perdus dans le déroulement de la procédure du fait qu'ils n'en ont qu'une vision partielle.



Graphique 5 : Raisons des difficultés à comprendre la logique

Des actions affichées sur ECAM

III-4-3- Stratégies d'utilisation :

Afin d'optimiser les actions à effectuer en cas de situation anormale ou d'urgence, les pilotes adoptent des stratégies d'utilisation des checklist. Ces stratégies vont d'un suivi très rigoureux de la prescription à un simple contrôle de surface.

- Les pilotes reconnaissent qu'en suivant toujours les procédures prescrites, et en utilisant un peu de bon sens, ils parviennent à contrôler la situation.
- Le contrôle systématique item par item, est préconisé par les pilotes pour éviter une erreur de manipulation, pour rester "dans la boucle" et enfin pour éventuellement constater immédiatement la fin du problème ou de la panne après une action particulière.
- Cependant, en fonction de la charge de travail induite par la situation (nature de la panne et phase de vol). Ils précisent même que seuls les items mettant le vol en danger doivent être confirmés, les autres dépendent de la phase de vol et de la charge de travail. Contrôler uniquement à la fin permet d'avoir une vision claire de la situation, de l'analyser.

Les stratégies adoptées par les pilotes lorsqu'ils ne comprennent pas les actions prescrites, lorsqu'ils les trouvent incomplètes ... vont là aussi, d'un suivi très rigoureux de la prescription à une adaptation entière de la checklist.

- La majorité des pilotes essaient d'analyser la situation pour mettre en oeuvre une nouvelle logique d'application d'actions. Cette analyse s'effectue grâce aux connaissances, à l'expérience qu'ont les pilotes des différentes checklist, des systèmes.

Les pilotes vont immédiatement chercher la checklist papier correspondant à la défaillance. Les checklists du FCOM contiennent des indications importantes permettant de mieux comprendre la situation en particulier pour les checklists très longues. D'après eux, elles contiennent des informations n'existant pas sur ECAM, parfois parmi les plus importantes. Ainsi, par exemple en cas de surchauffe des PACK, l'ECAM termine avec PACK OFF. La checklist développée sur le papier permet de faire OFF/ON lorsque la surchauffe est terminée. De même, certaines pannes ne sont pas traitées par l'ECAM mais existent sur le FCOM.

- Enfin, il est à noter que des pilotes considère que choix et exécution incombent totalement au commandant de bord.
- La discussion entre pilotes a aussi été mise en avant à de nombreuses reprises.

Les activités méta fonctionnelles telles que la personnalisation des procédures permettent aussi de pallier les manques de certaines checklists. Cette personnalisation des checklists peut poser un problème pour les pilotes apportant à bord leur propre QRH ou FCOM. En effet, en interrogeant les pilotes et les instructeurs sur la possibilité d'apporter leurs checklists, nous avons obtenu deux versions :

- 1) Pour les uns, il est formellement interdit d'apporter à bord du cockpit sa documentation personnelle. Cet interdit est justifié pour des raisons de mise à jour qui s'effectuent assez régulièrement (quand une modification est effectuée sur l'ECAM et/ou sur le FCOM, elle doit l'être aussi sur les

checklists papier). La compagnie préparant avant chaque vol la documentation personnelle de l'avion, aucun oubli ne peut entraver le bon déroulement du vol.

- 2) Pour les autres, la documentation opérationnelle personnelle peut être embarquée par les pilotes. Certaines compagnies rencontrées à Airbus en *recurrent training* affirment emmener à bord leur propre documentation.

III-4-4- Les conséquences sur le reste du vol :

Après exécution de la checklist, apparaissent sur l'ECAM des informations spécifiques appelées "*status*" concernant les différents paramètres à prendre en compte pour la poursuite optimale du vol et en particulier pour l'atterrissage (vitesses d'approche, longueur de la piste ...). Il présente aussi la liste de tous les systèmes affectés par la panne (ou "*inop syst*"). Ce "*status*" regroupe donc les données à intégrer pour atterrir, compte-tenu de la panne venant de se produire. Certains pilotes (34%) mentionnent que le "*status*" est l'information la plus importante. Il sert à vérifier l'équipement qui reste, il aide à analyser la situation et planifier la prochaine étape.

Le problème souvent mentionné par les pilotes, est celui de l'obligation de calculer, mentalement, les distances d'atterrissages présentées en cas de panne de systèmes en coefficients d'allongement des distances normales sans panne, au lieu d'avoir directement la valeur elle-même. Les pilotes ne comprennent pas qu'un système aussi perfectionné que l'avion, avec tous ces calculateurs, leur présente les informations sous la forme : "*Ldg dist ... X1,6*" ("distance d'atterrissage ... multiplier par 1,6").

III-5- Coordination équipage :

S'il est admis de façon très générale que la sécurité exige la stricte application des checklists, on a dans certains cas et pour certains pilotes, cette application pouvait ne pas être stricte en cas de problème de compréhension, de pression temporelle. Le partage des tâches, la concertation entre pilotes entre

pilotes sont considérés utiles, et même nécessaires en cas de difficulté. La discussion entre pilotes peut parfois amener à trouver la solution ou à décider, en cas de pannes multiples, la priorité à donner à chacune des procédures. Elle permet aussi de vérifier si les conditions affichées existent réellement et de confirmer l'existence (ou non existence) de révisions temporaires avant d'exécuter la checklist.

L'exécution en équipage est normale et avoir les 2 pilotes "dans la boucle" est considéré comme une nécessité. Ceci peut impliquer :

- le retard dans l'exécution d'une checklist (ne nécessitant pas d'action immédiate) dans cette attente,
- une interruption temporaire des checklists en cas de surcharge passagère du PF,
- le contrôle mutuel vérifiant que l'autre est bien dans la procédure.

La distribution des rôles et des tâches définie dès le début du traitement des pannes peut être modifiée en cours d'exécution lorsque survient une difficulté. Cette redistribution, ordonnée par le commandant de bord, est en général dictée par :

- Une adaptation des meilleures compétences dans l'équipage aux circonstances immédiates. Les pilotes précisent, le respect de la répartition des tâches lors des procédures d'urgence est pour ainsi dire systématique. Le contact avec la réalité amène à davantage de latitude, la compétence de chacun et le bon sens de l'équipage devant prévaloir,
- Le désir du commandant de bord de mieux contrôler la situation, voire la sécurité immédiate,
- Une meilleure répartition des charges de travail entre les 2 pilotes. Cette répartition de la charge de travail entre pilotes peut amener le PNF à exécuter la checklist seul, à effectuer les items les moins importants dans l'attente de disponibilité du PF. Le PF peut alors devenir PNF et vice et versa. Ce changement des rôles est qualifié "de bon sens" et peut éviter les confusions, par exemple dans la compréhension du trafic radio avec le contrôle au sol.

On admet parfois les déviations suivantes, dictées par la nécessité :

- si le commandant de bord tarde à initier la checklist, le copilote, en général le PNF, le lui rappelle ;
- si le PF est trop occupé, le PNF peut prendre l'initiative des actions sauf pour les items majeurs où l'accord du PF est obligatoire, un exemple un feu au décollage.

Ainsi le PF doit faire confiance au PNF, ce point n'étant pas évident pour des équipages constitués à chaque vol d'individus différents.

La charge de travail aggravée par le stress induit une tendance à relâcher le suivi et le contrôle des actions de l'autre pilote. Les pilotes doivent donc s'efforcer.

- de vérifier l'état des systèmes avant de répondre à une demande d'action ou de contrôle. Si ce contrôle concerne des actions vitales, le PNF attend l'accord du PF afin de les exécuter à deux,
- pour le PNF de vérifier le degré correct d'attention du PF, surtout dans les procédures d'urgence.

Certains pilotes précisent même qu'il faut avoir confiance en son PNF et lui laisser faire les procédures afin de piloter correctement. Cependant il est nécessaire de toujours rester au courant.

Il est difficile de coordonner les tâches entre les pilotes pour les phases d'approche et d'atterrissage lorsqu'ils travaillent pour la première fois ensemble. Nous avons relevé une stratégie donnée par pilote qui nous semble intéressante. Ce pilote précise que dans de tels cas, il utilise l'acronyme suivant : AWARE qui veut dire : "A" : activation de l'approche (PNF);

"W": obtain the current landing weather and enter the data on the approach page of MCDU (PNF);

"A": Assemble the approach (select approach in use-PNF) ;

"R": représentation": review the approach (PF);

"E": Execute remain checklist (PNF).

III-6- Comparaison checklist ECAM et checklist papier :

Les avis des pilotes concernant l'ECAM sont partagés et soumis à certaines conditions. Lors de l'analyse des questionnaires, il y a des pilotes interrogés étaient favorables à l'extension de l'informatisation des procédures. Les raisons avancées justifient l'existence même de l'ECAM, à supposer qu'elle ait besoin d'être justifiée.

La qualité essentielle des procédures présentées à l'ECAM (malgré tout ce que nous vu auparavant lors de notre analyse) est d'alléger la charge de travail des pilotes, surtout dans les moments critiques et d'être plus sûres :

- les procédures apparaissent automatiquement, éliminant ainsi tout risque de choisir une mauvaise check-list ;
- les risques d'oublier une action sont diminués et les pilotes ont moins tendance à faire appel à leur mémoire pour effectuer les checklists ;
- elles peuvent donner une meilleure appréciation de la situation qu'une check-list papier. En effet, elles sont interactives et évolutives en fonction des situations rencontrées : le *status* permet d'avoir l'état de l'avion à tout moment ;
- elles peuvent être suivies par les deux pilotes en même temps, améliorant ainsi la coordination de l'équipage ;
- de plus, les pilotes ne risquent pas de les perdre comme cela peut arriver avec le papier, excepté en cas d'une panne exceptionnelle de l'ECAM ;

D'autre part une panne (peu probable mais possible) des ECAM efface toute possibilité d'utiliser leurs checklists. D'où nécessité d'avoir un autre support disponible, aujourd'hui les checklists papier ou QRH qui "ne tombent jamais en panne". Mais, le passage des checklists ECAM aux "papier" est jugé très difficile. Certaines pannes ne sont que partiellement ou pas du tout traitées par l'ECAM (dysfonctionnement des instruments de vol, toutes les doubles

pannes ...etc). Les pilotes doivent donc aller chercher la checklist correspondante dans la documentation papier (FCOM ou QRH). Or, ce passage est considéré comme difficile par des pilotes reconnaissant ne pas toujours arriver à retrouver rapidement la bonne checklist et estimant qu'il y a trop de confusions entre ces deux supports ne présentant pas toujours les mêmes informations. Les pilotes aiment consulter les checklists papier même lorsque cela n'est pas imposé par l'ECAM. En effet, cela permet de clarifier de façon pratique la procédure ECAM. Ils soulignent aussi que les checklists papier contiennent des informations complémentaires peuvent s'avérer utiles. Dès lors, de nombreux pilotes se réfèrent toujours aux checklists papier après avoir effectué celles de l'ECAM.

CHAPITRE: 04

PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

IV-1-INTRODUCTION :

Tous les constructeurs du monde définissent d'abord les missions d'un avion dont ils tirent la définition des systèmes. C'est à l'issue du développement de ces systèmes qu'en découlent les procédures d'utilisation. La formation appropriée est ensuite définie. Le cockpit et les procédures devraient être mieux intégrés. Cette intégration devrait être pensée et évaluée dès le début et tout au long du cycle de conception. La conception simultanée des procédures et du cockpit aurait pour conséquences une formation plus courte, une utilisation des systèmes plus efficace, et un nombre d'erreurs minimisé. Le principe l'utilisation des systèmes devrait relever de l'évidence et du bon-sens. La conception participative mettant en commun les compétences des concepteurs (bureaux d'études), des utilisateurs (pilotes), des formateurs, des services officiels et des équipes d'ingénierie cognitive devrait permettre d'améliorer de façon très importante l'utilisabilité des systèmes. Aujourd'hui, il est fréquent que les services de formation disent a posteriori que telle procédure sera aisément ou non assimilée ou qu'elle amènera ou non erreurs et oublis, ce qui est anormal et coûte cher car arrivant après la fabrication des équipements. Leur présente fonction se limite en général à former (adapter) le mieux possible les équipages aux matériels et procédures qui leur sont confiés. Leur plus forte implication dans la conception amont des matériels pourrait de façon certaine améliorer la situation.

Si un seul point de l'étude que nous avons menée à retenir, ce serait la façon dont les procédures et les checklists devraient être conçues : on devrait prendre encore plus en compte l'environnement opérationnel dans lequel les procédures sont utilisées. Il convient de préciser que trop peu d'études actuelles (et passées) et de méthodologies sont réellement centrées sur l'homme. Beaucoup plus d'efforts de recherche. La conception des systèmes et des procédures est traditionnellement

orientée vers les buts à atteindre et ne prennent en compte que très faiblement les caractéristiques de l'environnement dans lequel les opérateurs doivent effectuer leur travail. Il convient d'adopter une approche socio-technique (donc humaine et technique) de l'environnement qui intégrerait des catégorisations des événements tout en les associant à des fonctions. L'analyse des fonctions cognitives va dans ce sens. Il faut donc s'efforcer de mieux étudier des situations réelles (analyse de l'activité) en plus des scénarios idéaux (analyse de tâches) pour en déduire les meilleurs systèmes et procédures (les deux étant étudiés simultanément) répondant aux réactions socio-cognitives réelles des pilotes. Il est difficilement envisageable que la situation actuelle en matière de procédures et de checklists change de façon drastique dans un avenir proche. Cependant, même si nous considérons qu'il faudra du temps pour mettre en place de nouvelles méthodes de conception centrée sur l'homme et orientée événements, nous donnons ci-après des recommandations à court terme qui permettront d'apporter des améliorations sur les avions existants ainsi que des recommandations à long terme en vue de la conception de futurs avions.

IV-2- Recommandations pour les situations normales de vol:

L'utilisation des checklists lors des conditions normales de vol.

❖ En cas de surcharge ou de pression temporelle, les pilotes :

- anticipent ou reportent l'exécution des checklists ;
- les effectuent de mémoire ;
- sélectionnent ou regroupent certains items ;
- utilisent les checklists comme *do-list* ;
- oublient de les effectuer.

❖ En cas d'interruption lors de l'exécution de la checklist, les pilotes:

- oublient de la terminer ;
- ne respectent plus la distribution prescrite des rôles ;
- oublient certains items.

Afin de pallier ces différents problèmes, notre proposition principale consiste à informatiser entièrement toutes les checklists normales. Nous donnons les recommandations suivantes:

- Ces checklists devraient apparaître automatiquement lors des phases de vol correspondantes (en fonction de l'altitude, de l'état et de la configuration de l'avion...) sur l'E/WD. Les pilotes doivent aussi pouvoir les appeler et les consulter à la demande afin d'anticiper une phase de vol surchargée (atterrissage) ou en tant que rappel des actions déjà effectuées.
- Le PNF devrait pouvoir afficher la checklist présentée sur l'E/WD, en redondance sur le ND afin de la lire plus facilement tout en conservant la possibilité de coopérer en équipage autour d'une checklist commune.
- La présentation à l'écran devrait être exactement la même que celle du QRH.
- Les checklists ne devraient pas présenter d'abréviations ni d'acronymes, et être évidentes à utiliser.
- Les compagnies devraient avoir la possibilité, à la livraison de sa flotte, de particulariser à la fois les checklists papier et ECAM afin d'assurer la cohérence entre les deux.
- Un code couleur devrait être adopté pour différencier les actions déjà effectuées de celles qui ne le sont pas.
- Les checklists devraient être tolérantes aux interruptions, c'est à dire qu'en cas d'interruption liée à une panne ou à un aléa opérationnel, un indicateur situé par exemple au dessus des *"inop syst"* ou des *status* devrait indiquer aux pilotes que la checklist en cours avant la panne n'est pas terminée.

La prescription liée aux checklists normales serait entièrement modifiée. Ces checklists resteraient un aide-mémoire permettant aux pilotes de vérifier d'un seul coup d'oeil si la configuration de l'avion est bien celle souhaitée. La configuration

optimale serait alors "all green" (tout vert) pour tous les items de la checklist qui ont été effectués (ceux qui ne le sont pas encore s'inscrivant en bleu).

IV-3- Recommandations pour les situations anormales et d'urgence:

IV-3-1- Amélioration du traitement des procédures:

Comme nous avons mentionné tout au long de cette étude, les problèmes liés aux perturbations apportées par l'environnement opérationnel dans le suivi des checklists conduit les pilotes à adapter ces dernières selon leurs besoins.

Les checklists et procédures concernent essentiellement la mise en conformité de l'avion et de ses systèmes, et ne précisent que très peu les relations opérationnelles entre le vol réel à un moment donné et l'état correspondant de l'avion, sauf quelques événements extérieurs au cockpit généralement nécessaires à la poursuite des procédures (*ATC clearance, cabin report*). Les pilotes doivent donc obligatoirement gérer une situation opérationnelle le plus souvent différente de la situation envisagée en conception. En particulier, les propriétés situationnelles suivantes devraient être prises en compte pour une utilisation plus adaptée des checklists :

- tâches en parallèle ;
- pression temporelle ;
- interruptions ;
- buts contradictoires ;
- accès difficile aux checklists ;
- difficultés de compréhension des actions prescrites ;
- conditions d'action non satisfaites.

Ainsi le suivi de checklists en situation opérationnelle réelle demande une bonne compréhension de la part des pilotes de ce qu'elles leur demandent de faire. Dire que les pilotes désirent comprendre revient à dire :

- qu'ils désirent comprendre la situation dans laquelle ils se trouvent (*situation awareness*), ce qui ne signifie pas qu'on doive leur donner des informations de détail difficiles à synthétiser ;
- qu'ils désirent comprendre le pourquoi des actions leur étant demandées ;
- qu'en général ils manquent de temps dans les phases critiques ;
- qu'appliquer des procédures est probablement nécessaire mais n'est pas suffisant.

Lorsque les pilotes savent "pourquoi, comment, quand" une procédure doit être suivie, son exécution est plus rapide et efficace, en particulier pour les procédures anormales et d'urgence. Ce besoin de comprendre est lié à trois types de processus cognitifs :

- une évaluation de l'intérêt de l'action prescrite ;
- une évaluation de ses conséquences ;
- une évaluation de son adéquation.

La complexité de fonctionnement des systèmes est trop grande, et le nombre d'informations qu'il faudrait assimiler est trop important. Il n'est pas nécessaire d'explicitier toutes les actions car la plupart relèvent de l'expertise normale des pilotes. L'analyse correspondante devrait, pour chaque action, tenir compte de cette expertise en vue de l'utilisation des avions. Elle porterait sur les relations, pas forcément évidentes, entre l'action prescrite et l'idée que s'en font les pilotes d'après leurs connaissances antérieures. Il semble donc nécessaire de s'attaquer à la rédaction même des checklists pour optimiser leur présentation en fonction de ce que les pilotes veulent mais aussi doivent comprendre. Il faut donner les moyens de comprendre avant, pendant et après l'action comme suite :

- ❖ ***Pour comprendre avant d'agir*** : La *formation* a un rôle primordial : il s'agit de donner aux pilotes les connaissances nécessaires pour comprendre rapidement ce qui se passe en cas de panne et ce que cela implique. On peut toutefois douter de l'applicabilité d'une telle recommandation dans le contexte actuel, puisque la tendance est à la réduction du temps de formation initial. Il est par contre possible d'imaginer que cette recommandation soit suivie dans les programmes de *recurrent training*, ou dans un autre type de formation qui prendrait place après la formation initiale. La formation n'est pas le seul élément nécessaire : *l'interface homme-machine* joue aussi un rôle important, devant permettre aux pilotes de maintenir à jour leur représentation de l'état des système (*system awareness*), quelle que soit la situation.
- ❖ ***Pour comprendre pendant l'action***: Ce mode de compréhension repose de manière essentielle sur le *feed-back* des premières actions exécutées. Mais il ne s'agit pas d'un simple *feed-back* informant que l'action a bien été réalisée ou non : le pilote attend de ce *feed-back* de mieux comprendre ce qui se passe et d'obtenir une vision plus globale de l'état de l'avion ; il faut donc un *feed-back* plus informatif, portant sur les conséquences de l'action à plusieurs niveaux.
- ❖ ***Pour comprendre après l'action***: Ce mode de compréhension a normalement l'avantage de laisser plus de temps au pilote. On peut donc envisager une consultation d'un plus grand nombre d'informations. Les développements actuels de l'ELS (Electronic Library System) pourraient avoir un intérêt tout particulier par rapport à ce besoin. Etant donné la possibilité d'utiliser ces trois moments (avant, pendant, après l'action), une question essentielle consistera à déterminer quelle information doit être acquise rapidement et quelle information peut rester momentanément inconnue sans entraîner de dégradation dans la performance des pilotes.

IV-3-2- Amélioration de la fiabilité et de la cohérence des checklists:

L'augmentation de la fiabilité des procédures ECAM pose trois types de problèmes.

- ***La pertinence des informations présentées:*** les pilotes ont du mal à comprendre le sens mais aussi la justification de certaines actions. Dès lors, cette question de fiabilité est ici centrale : comment se fier à des choses que l'on ne comprend pas ? Difficile à accepter. Remettre en causes les compétences d'autrui (en l'occurrence des concepteurs des procédures et checklists) est tellement plus simple que remettre en cause ses propres compétences. Afin de remédier à ce sentiment d'incompréhension des actions demandées, la solution optimale serait l'explication et la justification de ces actions. A partir du moment où l'on comprend le pourquoi, on comprend la checklist mais aussi la configuration future de l'avion.
- ***La fiabilité même du système:*** Les débuts de l'informatisation sur A320 ont connu quelques problèmes de fausses alarmes se déclenchant intempestivement. Dès lors, les pilotes ayant connu le début d'exploitation de ces avions éprouvaient certaines réticences à se fier à la fois aux alarmes et aux procédures lorsqu'elles apparaissaient. Dans la mesure où ce problème existerait encore, la consultation du SD devrait permettre de lever le doute.
- ***L'existence de trop nombreuses révisions:***

La cohérence des checklists doit être étudiée selon plusieurs points de vue. En effet, concevoir de bonnes checklists revient à parler de standardisation donc de cohérence lexicale, de présentation, sémantique et syntaxique:

- **La cohérence lexicale:** concerne plus particulièrement la terminologie utilisée dans les différentes checklists. Elle doit être identique quelle que soit la checklist et quel que soit le support de présentation. Il faut que les pilotes retrouvent exactement les mêmes termes sur l'ECAM, dans le QRH et le FCOM. En effet, si l'on regarde de près certaines procédures, on peut remarquer que par exemple la référence aux banques de données de navigation apparaît au minimum sous trois formats différents : on peut trouver "NAV DATA BASE" ou "NDB" ou tout simplement "database". Des incohérences lexicales apparaissent aussi dans le *status* au moment de l'approche. Après certaines pannes, les volets doivent être positionnés en position 3. Sur l'ECAM apparaît la mention "Flaps 3" alors que sur le FCOM est mentionné "Conf 3". De même, concernant le calcul des vitesses, le *status* indique qu'il faut utiliser la vitesse de référence à laquelle il convient d'ajouter une certaine valeur. Sur l'ECAM apparaît VREF +, alors qu'aucun des documents papier à bord de l'A320 n'utilisent cette abréviation. Compte tenu de ces différents problèmes, nous ne pouvons que recommander aux concepteurs d'adopter une terminologie unique dès le début de la conception. Il faudrait aussi étendre cette uniformisation aux différents constructeurs afin que les pilotes appartenant à une compagnie possédant plusieurs types d'avions ne soient pas confrontés à des problèmes de compréhension lorsqu'ils passent d'un avion à l'autre.
- **La cohérence de présentation:** concerne, par exemple, certaines actions n'ayant pas de "feed-back" sur l'ECAM (c'est le cas par exemple pour les items "thrust lever idle", "pack flow"...). De plus, certains items s'effacent de l'ECAM, d'autres non, d'autres reviennent après exécution. De la même façon, certains items gardent la même couleur même après exécution de l'action. Cette inconsistance dans la présentation des différentes checklists les rend difficiles à lire et ne permet pas aux pilotes de toujours savoir à quel moment de la procédure ils se trouvent. Les concepteurs devraient donc adopter une stratégie

unique de conception et de présentation des informations. Compte tenu du fonctionnement actuel de l'ECAM, elle pourrait être l'effacement de tous les items déjà effectués. Mais, en vue d'une amélioration en profondeur de l'ECAM, nous proposons plutôt d'y laisser l'intégralité de la checklist, de positionner devant chaque item un pointeur indiquant aux pilotes l'action à effectuer.

- **La cohérence sémantique:** concerne tout particulièrement l'utilisation des abréviations. Le souci des concepteurs a été de contenir l'intégralité des checklists dans un espace très réduit. Afin d'y parvenir, de nombreuses abréviations ont été utilisées. Mais, l'usage intempestif d'abréviations finit par rendre les checklists incompréhensibles. De la même façon, nous avons remarqué lors de notre analyse les problèmes de compréhension. Afin d'être compris de tous et en vue d'une utilisation optimale, les termes employés dans la rédaction des procédures et checklists doivent être simples, clairs et explicites.
- **La cohérence syntaxique:** doit aussi être respectée. En effet, de nombreuses présentations différentes pour un même item, ont été relevées à l'ECAM. Ainsi, par exemple nous avons pu remarquer que la recommandation d'utilisation de l'équilibrage longitudinal pouvait apparaître sous la forme : PITCH TRIM USE ; sous la forme USE PITCH TRIM etc. C'est donc une fois de plus une recommandation d'homogénéité dans la conception des checklists qui est soulignée.

IV-3.3. Amélioration des mises à jour et des révisions:

Le problème des mises à jour est majeur car, sans lui, la cohabitation jugée inutile par la plupart des pilotes entre les deux types de checklists, ECAM et papier, n'existerait pas. Or, ce problème est l'un des plus difficiles à gérer par les pilotes. En effet, ils doivent se remémorer si, pour la panne présentée à l'écran, il existe une révision temporaire ou définitive ou s'il n'en existe pas. L'intégration de ces révisions dans la documentation papier créé parfois un décalage entre les

informations présentées sur les différents supports. Il semble donc indispensable de créer un ECAM évolutif qui intégrerait au fur et à mesure les différentes révisions. Concernant ces problèmes de mise à jour, une des dernières transformations apportée au niveau de l'ECAM par Airbus consiste à remplacer la checklist erronée par un message du type : "*refer to OEB* ou *refer to QRH*". Bien entendu, cette formule permet aux pilotes de se rappeler que la procédure correspondante se trouve dans les OEB. Le problème n'est qu'à moitié résolu. En effet, aucune indication ne concerne l'endroit où se trouve cette checklist.

Nous proposons les recommandations suivantes.

- Pour améliorer le système actuel, il convient de mentionner à l'ECAM le numéro de la checklist à rechercher.
- Pour la conception d'avions futurs, il convient de prévoir un système ECAM plus flexible. On pourrait imaginer par exemple la mise en place d'un système qui fonctionnerait à l'aide d'un outil de transfert de données (disquettes, ordinateur...). Il suffirait aux ingénieurs de programmer régulièrement les révisions pour l'ECAM en simultané avec les révisions papier.

IV-3.4. Equilibre entre documentation papier et électronique:

Certains efforts doivent être faits dès maintenant, avant même de penser à étendre l'informatisation des checklists : ils concernent plus particulièrement le passage des checklists ECAM aux checklists papier. Certaines pannes ne sont que partiellement ou pas du tout traitées par l'ECAM (rallumage des moteurs, démarrage de l'APU, dysfonctionnement des commandes de vol, toutes les doubles pannes...). Les pilotes doivent donc aller chercher la checklist correspondante dans la documentation papier (FCOM ou QRH). Comme nous l'avons dit lors de notre analyse, ce passage de l'ECAM au papier est jugé difficile. Afin de le faciliter, le

but à atteindre serait bien entendu d'informatiser toutes les checklists tout en conservant une redondance avec les checklists papier.

Dans le cas des pannes dont le système concerné n'est pas directement relié à l'ECAM, ou dans les cas nécessitant du recul, il doit donner la référence exacte de la checklist à consulter dans le FCOM ou QRH. Ainsi, par exemple, la checklist suivante, à utiliser en cas de panne moteur en vol, apparaît sur l'ECAM :

ENG 1 FAIL	
■ In flight	
- ENG START SEL	IGN
- THR LEVER 1	IDLE
: IF NO ENG RELIGHT :	
- ENG MASTER 1	OFF
: IF DAMAGE :	
- ENG FIRE P/B 1	PUSH
- AGENT 1 A& 10s	DISCH
- L(R) ENR TK	SPLIT
: IF NO DAMAGE :	
- ENG 1 RELIGHT	INITIATE
- etc.	

Figure 2 : Extrait de la checklist à effectuer en cas de panne moteur en vol.

La référence à la checklist papier concerne la dernière ligne : si le rallumage ne se produit pas et si le moteur n'est pas endommagé. Les pilotes doivent alors utiliser la checklist papier se trouvant à la fois dans le QRH et le FCOM. Afin de faciliter cette recherche, nous proposons de donner directement le numéro de page du FCOM ou du QRH quand elle existe sur QRH. Ainsi, la procédures deviendrait:

ENG 1 FAIL	
■ In flight	
- ENG START SEL	IGN
- THR LEVER 1	IDLE
IF NO ENG RELIGHT :	
- ENG MASTER 1	OFF
IF DAMAGE :	
- ENG FIRE P/B 1	PUSH
- AGENT 1 A# 10s	DISCH
- L(R) INR TK	SPLIT
IF NO DAMAGE :	
- ENG 1 RELIGHT	Refer to QRH N° 2/16
- etc.	

Figure 3 : Proposition d'amélioration pour la checklist à effectuer en cas de panne moteur en vol.

A l'aide de cette référence exacte à la checklist papier correspondante, les pilotes n'auraient plus le risque de se tromper dans la recherche de la bonne checklist et gagneraient ainsi un temps considérable.

IV-3-5- Amélioration de la présentation des checklists trop longues:

L'exécution des longues checklists est jugée difficile par les pilotes qui n'ont à aucun moment une vue globale de la checklist ni de la situation : ils n'en ont sur l'écran qu'une vue très partielle, et les items s'effacent au fur et à mesure de leur réalisation., un des plus grands inconvénients de ce type de checklist, est de les "sortir de la boucle" de pilotage. Une solution pour remédier à ce problème est de proposer les checklists longues à la fois sur l'E/WD et sur le SD. Un indicateur à la fin de chaque écran permettrait aux pilotes de savoir le nombre exact de pages à effectuer. Il faut aussi laisser l'intégralité de la checklist au lieu d'effacer les items effectués. Il suffirait alors de mettre une surbrillance sur l'item à effectuer, la

couleur verte sur ceux restant à effectuer et de griser les items réalisés (après qu'ils soient devenus bleus). Bien entendu, le pilote aurait le choix concernant le SD : soit il affiche l'intégralité de la procédure soit il affiche le synoptique du système affecté par la panne. En effet, il est important de conserver ce mode de présentation qui permet aux pilotes de mieux comprendre la situation en cours et de voir l'évolution des systèmes. On pourrait aussi donner aux pilotes la possibilité de basculer le SD sur le ND du PNF. Les écrans centraux de l'ECAM permettraient et faciliteraient toujours la coopération des pilotes autour des checklists mais le PNF pourrait lire plus facilement les actions à effectuer.

IV-3-6- Amélioration du suivi des systèmes en panne:

Lorsque survient une panne alors qu'une précédente est en cours de traitement, ou lorsqu'une checklist normale est interrompue par cette panne, les pilotes ont besoin d'une mémorisation de l'interruption, de l'état de l'avion et/ou de la position des items interrompus. Ceci devrait être clairement indiqué sur l'ECAM avec un rappel sur les écrans de pilotage, PFD ou ND.

Pour faciliter le suivi de l'état des systèmes, en particulier pour "réaliser" ceux ayant cessé de fonctionner, la liste de ces derniers, "*inoperative systems*", doit faire contraster ceux :

- importants pour la sécurité ou la poursuite du vol ;
- intéressant la phase de vol en cours.

Ainsi, il faudrait par exemple ne présenter que les items pertinents en fonction des phases de vol car certains paramètres sont à prendre en compte à certaines phases mais pas à d'autres et hiérarchiser d'un point de vue opérationnel la liste des "*inop systemes*". En effet, savoir que la sortie normale du train d'atterrissage ne fonctionne pas n'est pertinent pendant la phase de croisière qu'à titre d'information. Par contre, au moment de l'atterrissage, cette indication est capitale. Il convient donc de hiérarchiser cette liste en fonction de l'impact que peut

avoir le non-fonctionnement d'un système sur la sécurité et faire apparaître en surbrillance les systèmes à prendre en compte en fonction des phases de vol.

De plus, les conséquences opérationnelles, "*status*", devraient mentionner directement les valeurs numériques correspondant à la dégradation des performances et non les facteurs multiplicateurs obligeant à un calcul, mental ou autre. Les mentions correspondant à des phases de vol particulières (exemple "*Landing*") devraient réapparaître automatiquement au début de ces phases.

Le status devrait aussi donner ce qui se passe réellement après avoir effectué les différentes checklists afin de permettre aux pilotes d'avoir un "*feed-back*" sur les actions effectuées.

IV-3-7- Amélioration de la formation:

Parmi les problèmes fondamentaux mis en lumière par l'étude, certains proviennent des procédures n'ayant pas été étudiées dans un environnement d'aléas opérationnels, d'autres concernent l'attitude des pilotes ayant besoin de comprendre ce qu'ils font. Vis à vis de l'enseignement des procédures on ne peut qu'essayer de pallier les déficiences constatées. Les scénarios de type LOFT, où l'on combine l'usage des procédures et les aléas opérationnels, sont à privilégier dans l'enseignement de cas où cette combinaison pose le double problème de l'exécution de la procédure et de la conduite du vol.

Il faut insister sur le travail correct en équipage, devant se rapprocher le plus possible de ce qui est recommandé. Et surtout les situations créées doivent surprendre les pilotes, impliquant qu'elles ne soient ni traitées en briefing préalable ni précisées dans les programmes. Ceci dans le but de faire acquérir par les pilotes une habileté mentale, une expertise, permettant de traiter des problèmes difficiles de diagnostic, de choix, de coopération, de suivi de l'exécution et de poursuite du vol. Ces séances LOFT incluant une formation de type CRM sont probablement à préférer aux séances classiques.

Le travail coopératif augmente la sécurité car la coopération atténue les effets des déviations, notamment en diminuant oublis et erreurs. Notre étude montre clairement comment CRM et LOFT permettent aux deux pilotes de gérer au mieux l'ensemble des règles et procédures à appliquer en fonction des situations opérationnelles réelles. L'effort est à continuer dans ce sens. Cependant, il est à prolonger en amont vers la formation "*ab initio*" où il est nécessaire dorénavant d'enseigner aux pilotes de travailler en équipage coordonné.

Une remarque essentielle s'impose : une conduite du vol et des procédures "évidentes" simplifieraient la formation. Nous recommandons que la conception d'un nouvel avion intègre la coopération concepteurs - utilisateurs - formateurs, amenant d'emblée à des réalisations utilisables de façon simple dans un contexte opérationnel réel. Quels que soit le résultat, et ceci est évidemment valable pour les avions actuels, la formation de l'expertise du pilote débute par son éducation dans les écoles. Ces dernières devraient privilégier le travail sur des configurations d'avions modernes dans des situations opérationnelles réalistes. L'utilisation de l'ECAM est à y inclure, avec l'éducation de l'expertise associée.

IV-3-8- Amélioration de l'efficacité de coopération concepteurs/ utilisateurs:

Nous avons vu que l'expertise requise dans l'application des procédures revêt de multiples aspects. L'un des éléments de facilitation de son acquisition et de son maintien est la standardisation par exemple :

- du positionnement des instruments et des procédures ;
- du traitement des procédures ;
- de la terminologie et des abréviations ;
- de l'indexation des références.

En matière de procédures les deux principaux constructeurs Airbus Industrie et Boeing ont introduit des innovations allant vers l'amélioration considérable du traitement cognitif des situations. Il est probable que les utilisateurs de leurs avions,

souvent les mêmes, leur "suggéreront" de prendre en compte les avantages offerts par chacune des solutions qu'elles viennent de l'un ou l'autre. La mise en place d'un retour d'expérience bien conçu est primordiale.

Conclusion :

La modernisation et l'intégrité des systèmes de visualisation (ECAM) permet de survoler avec exactitude, précision et de garantir la sécurité aérienne. En plus il permet de minimiser les coûts d'exploitation et de réduire la charge de l'équipage.

Le principal objectif est d'étudier la dualité entre l'interface homme machine (le cockpit) et les exigences d'interaction (procédures). Plus l'interface sera transparente aux utilisateurs, moins ils auront à utiliser des procédures, et plus ils auront une meilleure compréhension (conscience) de la situation.

Finalement en souhaitant que notre projet fera l'objet d'un support pédagogique et technique pour le future les étudiants.

Bibliographie

- [01]- Universel Avionics révisé en 1999.
- [02]-Avionics systems ENAC edition CEP ADEUES 1996.
- [03]-Annexe 06 : Exploitation technique des aéronefs.
1^{er} partie : Aviation de transport commercial international
2^{ème} partie : Aviation générale internationale
- [04]- Exploitation technique des aéronefs (Document 8168)
Volume I : Procédures de vol.
- [05]-Mémoire de fin d'étude (ingénieur)
Présentée par : CHERIGUI Fouad et TATA Athmane
Encadrée par M^r:BENOUARED A et M^r: ALLAOUA
Promotion 2002/2003
- [06]- Mémoire de fin d'étude (ingénieur)
Présentée par : LAIB Mohamed
Encadrée par M^r: DRIOUCHE M
Promotion : 2003
- [07]- Avionique formation pilote
- [08]- les documentations opérationnelles :
 - FCOM pour l'avion A340 ;
 - QRH
- [09]-les revues:
 - 01- AIR @ COSMOS N° : 1855 6 septembre 2002
www.Aerospacemedia.com
"Les nouveautés pour doper le marche".
 - 02- AIR @ COSMOS N°: 1865 15 November 2002
www.Aerospacemedia.com
"Les équipements font le billons de l'A380 ".

Les annexes

Question 01 : De manière générale, quelle est votre opinion sur les procédures anormales et d'urgence que vous utilisez actuellement ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 02 : Dans quelle mesure respectez-vous la distribution des rôles définie par votre compagnie pour l'utilisation des procédures anormales et d'urgence ? (ex. : PNF lit et exécute, PF contrôle et répond)

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 03 : Quand vous êtes le PNF, qu'est-ce qui vous permet de commencer à exécuter une procédure anormale ou d'urgence ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 04 : S'il vous arrive de regrouper des items, quels critères utilisez vous pour ce regroupement ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 05 : S'il vous arrive de reporter l'exécution de certains items, expliquez pourquoi :

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 06 : S'il vous arrive de sauter des items, expliquez pourquoi :

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....

Question 07 : Quand vous êtes le PF, comment appliquez vous la procédure dans une situation anormale ou d'urgence ?

Les annexes

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 08 : Avez-vous déjà rencontré des problèmes pour comprendre le contenu d'une procédure anormale ou d'urgence ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 09 : Avez-vous déjà eu besoin d'informations non mentionnées dans les procédures anormales ou d'urgence ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 10 : Quel comportement adoptez vous lorsque vous rencontrez de telles difficultés ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 11 : Dans une situation anormale ou d'urgence, utilisez-vous les informations présentées sur le "system display" (SD) ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 12 : Pensez-vous qu'il serait utile d'étendre l'informatisation des procédures.

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 13 : A quel(s) moment(s) annotez-vous vos procédures papiers ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....

Les annexes

4-.....
5-.....
Question 14 : Utilisez-vous une check-list personnelle ?
1-.....
2-.....
3-.....
4-.....
5-.....
Question 15: Pour vous, une meilleure adéquation entre les procédures en général et l'équipage doit passer par :
1-.....
2-.....
3-.....
4-.....
5-.....

Les annexes

Question 01 : De manière générale, quelle est votre opinion sur les procédures anormales et d'urgence que vous utilisez actuellement ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 02 : Dans quelle mesure respectez-vous la distribution des rôles définie par votre compagnie pour l'utilisation des procédures anormales et d'urgence ? (ex. : PNF lit et exécute, PF contrôle et répond)

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 03 : Quand vous êtes le PNF, qu'est-ce qui vous permet de commencer à exécuter une procédure anormale ou d'urgence ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 04 : S'il vous arrive de regrouper des items, quels critères utilisez vous pour ce regroupement ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 05 : S'il vous arrive de reporter l'exécution de certains items, expliquez pourquoi :

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 06 : S'il vous arrive de sauter des items, expliquez pourquoi :

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....

Question 07 : Quand vous êtes le PF, comment appliquez vous la procédure dans une situation anormale ou d'urgence ?

Les annexes

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 08 : Avez-vous déjà rencontré des problèmes pour comprendre le contenu d'une procédure anormale ou d'urgence ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 09 : Avez-vous déjà eu besoin d'informations non mentionnées dans les procédures anormales ou d'urgence ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 10 : Quel comportement adoptez vous lorsque vous rencontrez de telles difficultés ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 11 : Dans une situation anormale ou d'urgence, utilisez-vous les informations présentées sur le "system display" (SD) ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 12 : Pensez-vous qu'il serait utile d'étendre l'informatisation des procédures.

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 13 : A quel(s) moment(s) annotez-vous vos procédures papiers ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....

Les annexes

- 4-.....
- 5-.....

Question 14 : Utilisez-vous une check-list personnelle ?

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

Question 15: Pour vous, une meilleure adéquation entre les procédures en générale et l'équipage doit passer par :

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....