

Doc 9824
AN/450



Manuel de lignes directrices sur les facteurs humains en maintenance d'aéronefs

Approuvé par le Secrétaire général
et publié sous son autorité

Première édition — 2003

Organisation de l'aviation civile internationale

Doc 9824
AN/450



Manuel de lignes directrices sur les facteurs humains en maintenance d'aéronefs

Approuvé par le Secrétaire général
et publié sous son autorité

Première édition — 2003

Organisation de l'aviation civile internationale

Publié séparément en français, en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol et en russe par l'ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE
999, rue University, Montréal (Québec) H3C 5H7 Canada

Les formalités de commande et la liste complète des distributeurs officiels et des librairies dépositaires sont affichées sur le site web de l'OACI (www.icao.int).

Première édition, 2003

**Doc 9824, Manuel de lignes directrices sur les facteurs humains
en maintenance d'aéronefs**

N° de commande : 9824
ISBN 978-92-9231-716-4

© OACI 2011

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire, de stocker dans un système de recherche de données ou de transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, un passage quelconque de la présente publication, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'Organisation de l'aviation civile internationale.

PRÉFACE

Extrait d'une allocution prononcée par le Président du Conseil de l'OACI, M. Assad Kotaite, à la réunion plénière du Groupe d'étude de l'aviation au Collège Linacre, Université d'Oxford, Royaume-Uni, le 16 février 2001 :

« Je suis persuadé que c'est à travers la perspective organisationnelle que nous surmonterons l'actuelle impasse de sécurité dans laquelle nous nous trouvons. Je suis convaincu que la gestion des systèmes aéronautiques contribue de façon cruciale à rehausser la sécurité. Ce sont les réglementateurs et les dirigeants de compagnies aériennes qui définissent l'environnement dans lequel les individus exécutent leurs tâches. Ils définissent les politiques et procédures que les individus doivent suivre et respecter. Ils attribuent les ressources cruciales dont les individus ont besoin pour atteindre les objectifs de sécurité et de production du système. Enfin, lorsque le système est mis en échec, ils doivent investiguer cet échec en profondeur et prendre toutes les mesures correctives pour éviter qu'il se répète. En somme, les dirigeants jouent un rôle fondamental pour définir et soutenir la culture de sécurité de leurs organismes.

« Un aspect crucial de la culture de sécurité d'un organisme est l'aptitude à affronter l'erreur humaine. Dans la perspective organisationnelle, l'erreur humaine devrait devenir un drapeau avertisseur pour les réglementateurs et les dirigeants, un symptôme possible montrant que des travailleurs individuels ont été incapables d'atteindre les objectifs du système à cause d'environnements de travail difficiles, de failles dans les politiques et procédures, d'une mauvaise répartition des ressources ou d'autres défauts dans l'architecture du système. Il nous faut reconnaître qu'à cause de l'erreur humaine il se produira des dérogations aux normes, inintentionnelles et involontaires. Toutefois, par elles-mêmes et en elles-mêmes les dérogations ne sont pas le problème. Le danger réside non pas dans la constatation de dérogations opérationnelles, mais plutôt dans l'absence d'un processus adéquat pour gérer ces dérogations.

« Une gestion efficace des dérogations résulte d'un libre échange d'informations au sujet des erreurs opérationnelles qui conduisent à des dérogations. Il nous faut donc créer un environnement opérationnel dans lequel tout le monde se sentira en sécurité pour déclarer et échanger des informations au sujet des dérogations. En d'autres termes, il faut que les humains soient une partie de la solution et non une partie du problème. Il s'agit d'un environnement non punitif, qui néanmoins maintient la responsabilisation individuelle et organisationnelle. »

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Avant-propos	<i>XI</i>
Abréviations	<i>XIII</i>
Glossaire	<i>XV</i>
Introduction	<i>XVII</i>
Chapitre 1. Pourquoi les facteurs humains dans la maintenance d'aéronefs — Renseignements de base et justification	1-1
1.1 Évolution et introduction	1-1
1.2 Accidents et incidents de maintenance en relation avec d'autres causes	1-2
1.3 Le coût des erreurs de maintenance	1-3
1.4 Le coût des interventions en facteurs humains	1-5
1.5 La signification des facteurs humains — Concepts et définitions	1-8
1.6 Systèmes de qualité et facteurs humains	1-11
1.7 Formation du personnel technique et du personnel de maintenance d'aéronefs	1-11
1.8 Situation mondiale ou locale ?	1-12
1.9 Responsabilisation et gestion du risque	1-13
1.10 La nécessité de normes	1-13
Appendice A au Chapitre 1 — Accidents et incidents majeurs avec facteurs causals de facteurs humains en maintenance	1-A-1
Appendice B au Chapitre 1 — Références	1-B-1
Chapitre 2. Points cruciaux liés aux erreurs de maintenance	2-1
2.1 Introduction	2-1
2.2 Supervision réglementaire	2-1
2.3 Le rôle des cadres	2-3
2.4 Formation	2-6
2.5 Fiabilité de l'inspection humaine	2-6
2.6 Facteurs environnementaux	2-9
2.7 Ergonomie et facteurs humains	2-10
2.8 Communication et conception de la documentation	2-10
2.9 Fatigue du personnel de maintenance	2-11
Appendice A au Chapitre 2 — Évolution de la maintenance des aéronefs de transport commercial, 1970-1990	2-A-1
Appendice B au Chapitre 2 — Exemples de facteurs locaux et organisationnels	2-B-1

	<i>Page</i>
Appendice C au Chapitre 2 — Références	2-C-1
Chapitre 3. Contre-mesures à l'égard des erreurs de maintenance	3-1
3.1 Introduction.....	3-1
3.2 Programmes de gestion de l'erreur — Les aspects génériques	3-3
3.3 Mise en œuvre et organisation	3-5
3.4 Communication et gestion des ressources de maintenance	3-6
3.5 Inspection et systèmes de qualité	3-7
3.6 Gestion de l'erreur dans la maintenance d'aéronefs	3-8
3.7 Détection d'erreurs	3-11
3.8 Interventions en matière d'environnement.....	3-12
3.9 Interventions ergonomiques	3-14
3.10 Interventions en matière de documentation.....	3-15
3.11 Interventions en matière de fatigue	3-17
3.12 Quelques interventions simples.....	3-19
Appendice A au Chapitre 3 — Programmes de facteurs humains	3-A-1
Appendice B au Chapitre 3 — Roulement/transfert dans le travail posté.....	3-B-1
Appendice C au Chapitre 3 — Roulement/transfert de tâches.....	3-C-1
Appendice D au Chapitre 3 — Planification et registre de tâches de maintenance non programmées.....	3-D-1
Appendice E au Chapitre 3 — Facteurs environnementaux.....	3-E-1
Appendice F au Chapitre 3 — Le programme d'audit ergonomique (ERNAP) pour les organismes de maintenance agréés.....	3-F-1
Appendice G au Chapitre 3 — Conception des documents pour la maintenance d'aéronefs	3-G-1
Appendice H au Chapitre 3 — Interventions possibles pour gérer la fatigue	3-H-1
Appendice I au Chapitre 3 — Application — Planification du programme de maintenance	3-I-1
Appendice J au Chapitre 3 — Références	3-J-1
Chapitre 4. Comptes rendus, analyses et décisions	4-1
4.1 Introduction.....	4-1
4.2 Objectifs	4-1
4.3 Comptes rendus d'erreurs	4-2
4.4 Investigations, analyses et normes	4-5
4.5 Au bout de la boucle — Gestion des erreurs.....	4-6
Appendice A au Chapitre 4 — Réduction, élimination et prévention des erreurs	4-A-1
Appendice B au Chapitre 4 — Systèmes de gestion des erreurs de maintenance	4-B-1

	<i>Page</i>
Appendice C au Chapitre 4 — Déclarations d'immunité/de confidentialité	4-C-1
Appendice D au Chapitre 4 — Comptes rendus d'incidents — Sanctions : déclaration de politique.....	4-D-1
Appendice E au Chapitre 4 — Une revue de systèmes d'investigation et d'analyse d'erreurs de maintenance, à l'usage éventuel d'un organisme de maintenance, d'un exploitant ou d'un État	4-E-1
Appendice F au Chapitre 4 — Investigation des aspects de facteurs humains dans un possible incident d'erreur de maintenance	4-F-1
Supplément à l'Appendice F — Formulaire suggéré de compte rendu d'investigation de facteurs humains par un organisme de maintenance	4-F-5
Appendice G au Chapitre 4 — Références	4-G-1
Chapitre 5. Formation	5-1
5.1 Introduction.....	5-1
5.2 Contexte et responsabilités	5-1
5.3 Besoins en formation et objectifs.....	5-2
5.4 Mise en œuvre et élaboration du programme d'études	5-4
5.5 Techniques d'enseignement.....	5-5
5.6 Évaluation.....	5-5
5.7 Formation du réglementateur	5-6
Appendice A au Chapitre 5 — Différences de compétences et d'antécédents entre CRM et MRM.....	5-A-1
Appendice B au Chapitre 5 — Besoins et objectifs en matière de formation en facteurs humains	5-B-1
Appendice C au Chapitre 5 — Autres lectures et références	5-C-1
Chapitre 6. Politique, principes et solutions en matière de réglementation	6-1
6.1 Introduction.....	6-1
6.2 Politique et objectifs en matière de réglementation	6-1
6.3 Principes de réglementation	6-2
6.4 Conception du programme de maintenance.....	6-3
6.5 Application du programme de maintenance	6-5
6.6 Solutions possibles dans la réglementation.....	6-5
Appendice A au Chapitre 6 — Questionnaire suggéré pour l'industrie.....	6-A-1
Appendice B au Chapitre 6 — Textes de réglementation suggérés	6-B-1
Appendice C au Chapitre 6 — Références	6-C-1
Chapitre 7. Références additionnelles.....	7-1

AVANT-PROPOS

La sécurité de l'aviation civile est l'objectif majeur de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). De grands progrès ont été réalisés dans l'amélioration de la sécurité, mais des améliorations sont encore nécessaires et peuvent être réalisées. On sait depuis longtemps que la majorité des accidents et incidents d'aviation résultent d'une performance humaine inférieure à l'optimum, de sorte que tout progrès dans ce domaine devrait avoir un impact notable sur l'amélioration de la sécurité de l'aviation.

Cela a été reconnu par l'Assemblée de l'OACI qui a adopté en 1986 la Résolution A26-9 sur la sécurité des vols et les facteurs humains. Comme suite à la résolution de l'Assemblée, la Commission de navigation aérienne a formulé ainsi l'objectif de la tâche :

« Améliorer la sécurité de l'aviation en sensibilisant davantage les États à l'importance des facteurs humains dans les activités d'aviation civile par la diffusion de textes et mesures pratiques en matière de facteurs humains, élaborés sur la base de l'expérience dans les États, et en élaborant et recommandant des amendements appropriés aux textes existants des Annexes et d'autres documents concernant le rôle des facteurs humains dans les environnements opérationnels présents et futurs. L'accent sera mis spécialement sur les aspects de facteurs humains qui peuvent influencer sur la conception, la transition et l'utilisation en service des futurs systèmes CNS/ATM de l'OACI. »

L'une des méthodes choisies pour appliquer la Résolution A26-9 de l'Assemblée est la publication de textes d'orientation, notamment des manuels et une série d'études, traitant de divers aspects des facteurs humains et de leur impact sur la sécurité de l'aviation. Ces documents sont destinés essentiellement à être utilisés par les États pour mieux sensibiliser leur personnel à l'influence de la performance humaine sur la sécurité.

Les manuels et les études en matière de facteurs humains ciblent les dirigeants d'administrations de l'aviation civile et de compagnies aériennes (y compris ceux qui sont chargés de la sécurité, de la formation, de l'exploitation et de la maintenance), les organes de réglementation, les organismes de sécurité et d'investigation, les établissements de formation ainsi que les cadres supérieurs et intermédiaires de la maintenance et des services hors exploitation de compagnies aériennes.

Le présent manuel, qui accompagne le *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683), présente les informations les plus récentes dont dispose la communauté de l'aviation civile internationale au sujet de la gestion de l'erreur humaine et de l'élaboration de contre-mesures dans les environnements opérationnels. Il donne des indications pratiques et des renseignements de base afin d'aider les États contractants à instaurer des normes conformes aux récents amendements liés aux facteurs humains dans deux Annexes à la Convention relative à l'aviation civile internationale : Annexe 1 — *Licences du personnel* et Annexe 6 — *Exploitation technique des aéronefs*.

Le présent manuel est destiné à être un document vivant qui sera tenu à jour au moyen d'amendements périodiques. Des éditions ultérieures seront publiées à mesure que de nouvelles recherches augmenteront les connaissances en stratégies de facteurs humains et qu'une plus grande expérience en exploitation sera acquise au sujet de la détection et de la gestion de l'erreur humaine dans les environnements de maintenance d'aéronefs.

ABRÉVIATIONS

AAIB	Air Accidents Investigation Branch (R.-U.)
AAM	Office of Aviation Medicine (FAA)
AC	Advisory Circular (FAA)
ACJ	Advisory Circular Joint (JAA)
AD	Consigne de navigabilité (<i>Airworthiness Directive</i>)
ADAMS	Aircraft Dispatch and Maintenance Safety (Communauté européenne)
ADREP	Système de comptes rendus d'accident/incident (OACI) (<i>Accident/Incident Data Reporting</i>)
AMMS	Aurora Mishap Management System
ASAP	Aviation Safety Action Program (É.-U.)
ASRP	Aviation Safety Reporting Program (É.-U.)
ASRS	Aviation Safety Reporting System (É.-U.)
ATA	Air Transport Association of America
ATC	Contrôle de la circulation aérienne (<i>Air Traffic Control</i>)
ATM	Gestion du trafic aérien (<i>Air Traffic Management</i>)
BASIS	British Airways Safety Information System
CAA	Autorité de l'aviation civile (<i>Civil Aviation Authority</i>)
CAP	Civil Air Publication (R.-U.)
CASA	Civil Air Safety Agency (Australie)
CBT	Formation assistée par ordinateur (<i>Computer-Based Training</i>)
cd	Candela
CFR	Code of Federal Regulations (É.-U.)
CHIRP	Confidential Human Factors Incident Reporting Programme (R.-U.)
CITEXT	Texte interactif centralisé (<i>Centralized Interactive Text</i>)
CNS	Communications, navigation et surveillance (<i>Communications, Navigation and Surveillance</i>)
CRM	Gestion des ressources en équipe (<i>Crew Resource Management</i>)
CT	Certificat de type (d'aéronef ou de produit) (<i>Type Certificate [for an aircraft or product] [TC]</i>)
dBA	Décibel — pondération « A » (<i>Decibels — "A" weighted</i>)
DDA	Documentation Design Aid
ERNAP	Programme d'audit ergonomique (<i>ERgoNomic Audit Program</i>)
ETOPS	Vols à grande distance d'avions bimoteurs (<i>Extended Range Operations by Twin-engined Aeroplanes</i>)
É.-U.	États-Unis
FAA	Federal Aviation Administration (É.-U.)
FAR	Federal Aviation Regulation (É.-U.)
ft-c	Pied-bougies (<i>Foot-candles</i>)
GAIN	Réseau mondial d'information aéronautique (<i>Global Aviation Information Network</i>)
JAA	Autorités conjointes de l'aviation (<i>Joint Aviation Authorities</i>)
JAR	Joint Aviation Requirements (JAA)
lm	Lumen
LOFT	Entraînement type vol de ligne (<i>Line-Oriented Flight Training</i>)
lux	Lumens par mètre carré (<i>Lumens per square metre</i>)
MEDA	Maintenance Error Decision Aid (Boeing)
MEM	Maintenance Error Management
MEMS	Maintenance Error Management System(s)
MESH	Managing Engineering Safety Health
MOR	Mandatory Occurrence Report (R.-U.)
MOU	Mémoire d'entente (<i>Memorandum of Understanding</i>)

MRM	Gestion des ressources de maintenance (<i>Maintenance Resource Management</i>)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (É.-U.)
NTSB	National Transportation Safety Board (É.-U.)
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale (<i>International Civil Aviation Organization [ICAO]</i>)
OMA	Organisme de maintenance agréé (<i>Approved Maintenance Organization [AMO]</i>)
PC	Ordinateur personnel (<i>Personal Computer</i>)
R.-U.	Royaume-Uni
SARP	Normes et pratiques recommandées (<i>Standards and Recommended Practices</i>)
SB	Bulletin de service (<i>Service Bulletin</i>)
SHEL	Software/Hardware/Environment/Liveware
SL	Note de service (<i>Service Letter</i>)
S.O.	Sans objet
STAMINA	Safety Training for the Aircraft Maintenance Industry
TND	Tests non destructifs (<i>Non-Destructive Testing [NDT]</i>)
UKHFCAG	United Kingdom Human Factors Combined Action Group

GLOSSAIRE

Assurance : Affirmation d'une série de « droits » qui appartiennent à chaque employé. Certains de ces droits incluent le droit de dire « non », le droit d'exprimer des sentiments et des idées et le droit de demander de l'information.

Chef autoritaire : Décrète l'action et le parcours de l'équipe en ne laissant guère intervenir des membres de l'équipe.

Chef participatif : Encourage la participation des membres ainsi que des contributions aidant à orienter les activités de l'équipe.

Communication : Processus d'échange d'informations entre une partie et une autre.

Communication asynchrone : Communication dans laquelle il y a un délai entre les réponses. La communication asynchrone est caractérisée par une série particulière de caractéristiques, par exemple l'absence de signes non verbaux de communication (langage du corps, inflexions vocales, etc.). Des exemples de communication asynchrone incluent un message de courriel adressé par le superviseur de jour au superviseur de nuit, ou des mémorandums laissés entre équipes ou transmis entre l'atelier et le hangar.

Communication synchrone : Communication en temps réel dans laquelle il y a un délai minimum entre l'envoi du message et la réception du message. Exemples : conversation en face-à-face et communication par radio.

Conception de systèmes d'enseignement : Terme générique pour la méthodologie d'élaboration et de mise en œuvre d'un programme de formation.

Conscience de la situation : Maintien d'une image mentale complète des objets et événements environnants, ainsi que capacité d'interpréter ces événements pour une utilisation future. La conscience de la situation recouvre des concepts tels que l'éveil, l'attention et la vigilance.

Conscience de la situation dans l'équipe : Maintien d'une conscience collective, dans toute l'équipe, de conditions importantes liées au travail.

Culture de sécurité : Orientation qui se répand dans tout l'organisme pour faire de la sécurité le premier moteur de l'exécution du travail par les employés.

Défaillance active : Type d'erreur humaine dont les effets sont ressentis immédiatement dans un système.

Défaillance latente : Type d'erreur humaine dont les effets peuvent rester en stagnation jusqu'à ce qu'ils soient déclenchés plus tard, habituellement par d'autres facteurs atténuants.

Équipe : Groupe de personnes interdépendantes travaillant ensemble pour mener à bien une tâche donnée.

Excès de confiance : Dégradation de la vigilance dans une situation.

Facteur de stress : Événement ou objet qui cause du stress à une personne.

Facteurs humains : Étude scientifique de l'interaction entre humains, machines et les uns et les autres.

Gestion des ressources de maintenance : Processus général pour améliorer la communication, l'efficacité et la sécurité dans les opérations de maintenance de compagnies aériennes.

Gestion des ressources en équipe : Formation d'équipages de conduite en matière de facteurs humains, fondée sur l'esprit d'équipe.

Interéquipes : Ce qui se produit entre différentes équipes.

Intra-équipe : Ce qui se produit à l'intérieur d'une équipe.

Leadership : Capacité de diriger et coordonner les activités de membres d'un groupe et de les amener à travailler ensemble en équipe.

Maintenance : Exécution des tâches requises pour assurer le maintien de la navigabilité d'un aéronef, incluant un des éléments suivants ou une combinaison de ces éléments : révision, inspection, remplacement, rectification de défectuosité et exécution d'une modification ou d'une réparation.

Modèle mental : Façon dont un sous-système est représenté dans l'esprit d'une personne, c'est-à-dire comment elle pense qu'un système est assemblé et comment il fonctionne.

Normes (de comportement) : Règles de comportement attendues et cependant implicites, qui comprennent des règles fondamentales d'habillement, de parole et d'interaction.

Performance humaine : Capacités et limitations humaines qui ont une incidence sur la sécurité et l'efficacité de l'exploitation aérienne.

Principes de facteurs humains : Principes qui s'appliquent en aviation à la conception, la certification, la formation, l'exploitation technique et la maintenance et qui visent une interface sécuritaire entre l'être humain et les autres composantes du système en prenant bien en compte la performance humaine.

INTRODUCTION

1. En 1988, M. James Oberstar, membre du Congrès des États-Unis, déclarait [traduction OACI] :

« Comment surmonter le fait que l'inspection de rivets est un travail ennuyeux, assommant, sans initiative, susceptible à l'erreur humaine ? Comment faire en sorte que les moyens de communiquer les uns avec les autres soient réellement efficaces et que les informations voulues arrivent au bon moment et au bon endroit ? Comment savoir si la formation des inspecteurs et des mécaniciens est à la hauteur des attentes ? Et comment le garantir ? »

Les questions posées dans cette citation sont théoriques, mais elles sont aussi pratiques et importantes pour tous ceux qui interviennent dans la maintenance d'aéronefs. La citation identifie exactement certains mais pas la totalité des aspects de facteurs humains traités dans les récents amendements à l'Annexe 1 — *Licences du personnel* et à l'Annexe 6 — *Exploitation technique des aéronefs*.

2. Les aspects de facteurs humains peuvent être perçus comme difficiles à traiter parce qu'il s'agit d'êtres humains qui ne se comportent pas comme des modèles mathématiques. Cependant, il faut que ces aspects soient examinés par les réglementateurs, l'industrie de l'aviation et les individus avec la même vigueur qui a permis d'affronter les problèmes technologiques d'aéronefs anciens et nouveaux. Le présent manuel a pour objet de donner des indications sur la façon de s'attaquer avec succès à ces aspects de facteurs humains.

3. Les erreurs commises dans la maintenance d'aéronefs sont coûteuses non seulement en valeur monétaire mais dans certains cas en termes de blessures et de morts. En conséquence, au cours des quelques dernières décennies l'industrie (tant aéronautique que non aéronautique) et ses organismes commerciaux, des établissements d'enseignement et des personnes ont élaboré, mis en œuvre et publié une quantité considérable de textes sur les facteurs humains visant à maîtriser les erreurs.

4. Les erreurs de maintenance ne sont pas inhérentes à une personne, même si les connaissances traditionnelles en matière de sécurité tendraient à le faire croire dans la communauté de l'aviation. Les erreurs de maintenance se situent principalement de façon latente parmi des facteurs de travail et/ou de situation dans un contexte particulier, et elles émergent sous la forme de conséquences d'une mésalliance entre objectifs de production et objectifs de sécurité. Le compromis entre production et sécurité est un équilibre complexe et délicat, et les humains parviennent généralement à appliquer les mécanismes qui conviennent pour le réaliser avec succès, d'où le bilan extraordinaire de sécurité de l'aviation. Il arrive cependant que des humains gèrent mal une tâche et/ou une situation et ne parviennent pas à équilibrer le compromis, ce qui contribue à mettre la sécurité en échec.

5. Cependant, les bons compromis sont beaucoup plus nombreux que les mauvais compromis ; pour comprendre la performance humaine dans le contexte, il faut donc que l'industrie saisisse, grâce à des analyses systématiques, les mécanismes sur lesquels reposent les bons compromis lorsqu'on se trouve aux limites du système, plutôt que ceux qui ont échoué. Il y a lieu de penser que la compréhension de la contribution humaine aux succès et aux échecs dans l'aviation pourrait être mieux dégagée par un suivi des opérations normales plutôt que des accidents et incidents.

6. Des États contractants très actifs en aviation de transport commercial ont déjà mis en place des programmes de facteurs humains qui incluent l'élaboration et la publication de textes d'orientation et de formation ainsi que des moyens de rehausser la sensibilisation aux facteurs humains. Cette sensibilisation inclut non seulement l'industrie de la maintenance d'aéronefs mais aussi le personnel des autorités de l'aviation civile.

7. De plus, des amendements récents à l'Annexe 1 et à l'Annexe 6 prescrivent que les autorités de l'aviation civile de tous les États contractants doivent respecter des normes pour réduire les effets négatifs de carences de performance humaine dans la maintenance d'aéronefs. Le présent manuel est destiné à fournir aux autorités les outils nécessaires pour élaborer et mettre en œuvre des normes appropriées pour les activités aéronautiques de leur État. Le Tableau A présente des textes de normes et pratiques recommandées (SARP) en matière de facteurs humains, qui figurent dans les deux Annexes portant sur la maintenance d'aéronefs.

8. Le présent manuel est un document d'orientation fondé sur des textes publiés venant de nombreuses sources. Les textes sont cités, utilisés comme exemples, identifiés et/ou analysés comme il convient.

Tableau A. SARP de l'OACI concernant la maintenance d'aéronefs

<i>Annexe</i>	<i>Chapitre et section</i>	<i>Paragraphe et texte de norme ou pratique recommandée</i>
Annexe 1 — <i>Licences du personnel</i>	Chapitre 4. Licences et qualifications du personnel autre que les membres d'équipage de conduite 4.2 Licence (de technicien/mécanicien) de maintenance d'aéronef	4.2.1.2 Connaissances [...] Performances humaines e) Performances humaines applicables à la maintenance d'aéronef. [...]
Annexe 6 — <i>Exploitation technique des aéronefs</i> Partie 1 — <i>Aviation de transport commercial international — Avions</i>	Chapitre 8. Entretien des avions 8.3 Programme de maintenance	8.3.1 L'exploitant mettra à la disposition du personnel de maintenance et d'exploitation intéressé, pour le guider dans l'exercice de ses fonctions, un programme de maintenance approuvé par l'État d'immatriculation, qui contient les renseignements spécifiés au § 11.3. La conception du programme de maintenance de l'exploitant respectera les principes des facteurs humains. [...]
	8.7 Organisme de maintenance agréé	8.7.5.4 L'organisme de maintenance veillera à ce que tout le personnel de maintenance reçoive une formation initiale et une formation périodique qui conviennent aux tâches et aux responsabilités qui lui sont attribuées. Le programme de formation établi par l'organisme de maintenance comprendra une formation théorique et pratique sur les performances humaines, y compris la coordination avec les autres membres du personnel de maintenance et avec les équipages de conduite. [...]
Annexe 6 — <i>Exploitation technique des aéronefs</i> Partie 3 — <i>Vols internationaux d'hélicoptères</i> Section II — <i>Aviation de transport commercial international</i>	Chapitre 6. Entretien des hélicoptères 6.3 Programme de maintenance	6.3.1 L'exploitant mettra à la disposition du personnel de maintenance et d'exploitation intéressé, pour le guider dans l'exercice de ses fonctions, un programme de maintenance approuvé par l'État d'immatriculation, qui contient les renseignements spécifiés au § 9.3. La conception du programme de maintenance de l'exploitant respectera les principes des facteurs humains. [...]

9. Le présent manuel est conçu uniquement à l'appui des objectifs de sécurité et des spécifications de l'Annexe 1 et de l'Annexe 6. Certains textes de facteurs humains élaborés par d'autres organes incluent des informations destinées à rehausser la sécurité des travailleurs, l'efficacité dans l'industrie et/ou les perspectives de carrière. Ce sont des objectifs très louables, mais ils ne sont pas prescrits dans les Annexes et ne sont pas inclus dans le présent manuel, sauf dans les cas où ils influent sur la sécurité de l'aviation.

10. Le présent document est organisé de la façon suivante :

- Chapitre 1. Pourquoi les facteurs humains dans la maintenance d'aéronefs — Renseignements de base et justification. Ce chapitre donne des renseignements de base sur l'importance des connaissances en facteurs humains et la justification de leur application dans les organismes de maintenance, y compris les programmes de formation du personnel technique et des techniciens de maintenance d'aéronefs*.
- Chapitre 2. Points cruciaux liés aux erreurs de maintenance. Ce chapitre identifie certains des points cruciaux qui peuvent conduire à des erreurs de maintenance et contribuer à des incidents ou accidents en vol.
- Chapitre 3. Contre-mesures à l'égard des erreurs de maintenance. Ce chapitre identifie certains des traits génériques des changements qu'il faut apporter dans l'organisme de maintenance (y compris les installations et la formation) pour réduire les erreurs de maintenance. Il est fait référence à différents textes d'orientation qui sont disponibles.
- Chapitre 4. Comptes rendus, analyses et décisions. Ce chapitre examine l'évaluation et l'analyse d'erreurs, ainsi que les résultats d'erreurs, y compris la détermination de contre-mesures nouvelles ou modifiées destinées à « fermer la boucle ».
- Chapitre 5. Formation. Ce chapitre porte sur les objectifs et la portée nécessaires pour respecter les spécifications de l'Annexe 1 et de l'Annexe 6. Il s'y trouve des exemples de textes et moyens de formation actuellement disponibles.
- Chapitre 6. Politique, principes et solutions en matière de réglementation. Ce chapitre examine les options dont dispose l'organe national de réglementation de l'aviation pour élaborer ses propres normes en conformité des SARP de l'Annexe 1 et de l'Annexe 6.
- Chapitre 7. Références additionnelles. Ce chapitre indique les sources de textes actuellement disponibles sur les théories et sujets examinés dans le présent manuel.

* L'Annexe 1 offre la possibilité d'appeler ces personnes techniciens ou mécaniciens de maintenance d'aéronefs. Dans le présent manuel, ils seront appelés techniciens de maintenance d'aéronefs, sauf dans des textes cités employant un autre terme.

Chapitre 1

POURQUOI LES FACTEURS HUMAINS DANS LA MAINTENANCE D'AÉRONEFS — RENSEIGNEMENTS DE BASE ET JUSTIFICATION

1.1 ÉVOLUTION ET INTRODUCTION

1.1.1 Les erreurs de maintenance contribuent à un assez grand pourcentage des accidents et incidents d'aéronefs de transport commercial dans le monde, et cela est coûteux. Cependant, jusqu'à récemment on ne connaissait pas bien la nature des erreurs de maintenance et des facteurs qui y contribuent.

1.1.2 L'élément humain est la partie la plus souple, la plus adaptable et la plus précieuse du système aéronautique, mais c'est aussi la plus vulnérable à des influences qui peuvent compromettre sa performance. Étant donné que la majorité des accidents et incidents d'aéronefs résultent d'une performance humaine inférieure à la performance optimale, on a eu tendance à se contenter de les attribuer à l'erreur humaine. Cependant, le terme « erreur humaine » n'aide guère à prévenir les accidents ; il peut indiquer OÙ il y a eu une rupture dans le système, mais il ne donne aucune indication sur le POURQUOI.

1.1.3 De plus, le terme « erreur humaine » contribue à masquer les facteurs sous-jacents qu'il faut mettre en évidence pour prévenir les accidents. Par exemple, une erreur attribuée à des humains dans le système peut aussi bien être due à une conception inadéquate, à une formation inadéquate, à des procédures mal conçues et/ou à une mauvaise présentation de fiches de travail ou de manuels. Dans la conception contemporaine de la sécurité, l'erreur humaine est le point de départ plutôt que la ligne d'arrivée dans l'investigation et la prévention d'accidents. En fin de compte, tout audit de sécurité doit chercher à minimiser ou prévenir les erreurs humaines de tous genres qui risquent de compromettre la sécurité.

1.1.4 Les premières études de facteurs humains étaient axées sur les équipages de conduite et montraient le danger d'oublier la personne en tant que partie du système sociotechnique. Les erreurs humaines induites par le système, par exemple une mauvaise lecture d'altimètres ou une mauvaise sélection de commandes de cockpit, ont été réduites par de meilleures conceptions pour améliorer l'interface entre le pilote et le cockpit. La compréhension des aspects prévisibles des capacités et limitations humaines et l'application de cette compréhension dans les environnements opérationnels sont par conséquent l'objet principal des facteurs humains. D'autres soucis initiaux dans les facteurs humains étaient liés aux effets du bruit, des vibrations, de la chaleur, du froid et des forces d'accélération sur les humains.

1.1.5 La compréhension des facteurs humains en aviation a été progressivement affinée et développée pour inclure les activités de maintenance d'aéronefs. Elle est maintenant appuyée par une grande quantité de connaissances qui peuvent être utilisées pour que les exploitants et les organismes de maintenance réduisent les erreurs au cours des opérations de maintenance.

1.1.6 De nombreux facteurs qui risquent de compromettre la performance humaine peuvent aussi menacer la sécurité et le bien-être des employés dans l'aviation, particulièrement ceux qui exécutent des tâches de maintenance d'aéronefs. Les facteurs qui ont des incidences au-delà de la prévention des accidents d'aéronefs, par exemple des incidences dans la sécurité industrielle, sont largement cités dans le présent manuel. Cependant, malgré l'importance de pareilles questions de sécurité et de salubrité dans le travail à l'égard de l'efficacité du système aéronautique sur le long terme, le présent manuel est axé sur la compréhension de la façon dont ces questions de facteurs humains ont une incidence sur la sécurité des aéronefs.

1.1.7 La sécurité et la fiabilité des opérations de maintenance d'aéronefs dépendent tout autant des humains que des systèmes techniques des aéronefs, des pièces, des outils et des équipements. Néanmoins, les rapports d'accidents et incidents continuent de montrer que les techniciens de maintenance d'aéronefs commettent parfois des erreurs, que les organismes de maintenance d'aéronefs ne réussissent pas toujours à organiser et contrôler leur travail efficacement et que les carences peuvent avoir des conséquences désastreuses. De plus, même lorsque les choses ne tournent pas très mal, on peut constater que dans la routine quotidienne les systèmes qui devraient garantir que le travail est accompli selon les normes les plus élevées ne fonctionnent pas efficacement. Par suite de nouvelles réglementations qui forcent à prendre en compte les questions de facteurs humains dans les opérations de maintenance, de nombreux organismes mettent en œuvre des programmes de facteurs humains qui font intervenir la formation ou l'investigation d'incidents. Malheureusement, pour diverses raisons, ces programmes n'aboutissent pas toujours à de meilleures façons de procéder.

1.2 ACCIDENTS ET INCIDENTS DE MAINTENANCE EN RELATION AVEC D'AUTRES CAUSES

1.2.1 Les statistiques de sécurité aérienne tendent à sous-estimer l'importance de la maintenance comme facteur contribuant d'accidents et incidents. Par exemple, comme le montre la Figure 1-1, les chiffres de rapports d'accidents dans les services aériens du monde (collectés par le système ADREP de l'OACI de 1970 à 2000) indiquent la maintenance comme facteur causal dans 10 % seulement des accidents, alors que les actes des équipages de conduite sont indiqués comme facteurs causals dans plus de 60 % des accidents.

1.2.2 Une étude récente de la société Boeing concernant les avions à réaction de transport commercial dans le monde révèle une nette augmentation du taux d'accidents où la maintenance et l'inspection sont des facteurs primordiaux. La Figure 1-2 montre que dans les 10 années de 1990 à 1999, la moyenne annuelle a augmenté de plus de 100 % comparativement à la période de 1959 à 1989. Dans les deux mêmes périodes, le nombre des accidents causés principalement par des facteurs d'équipage de cockpit a diminué.

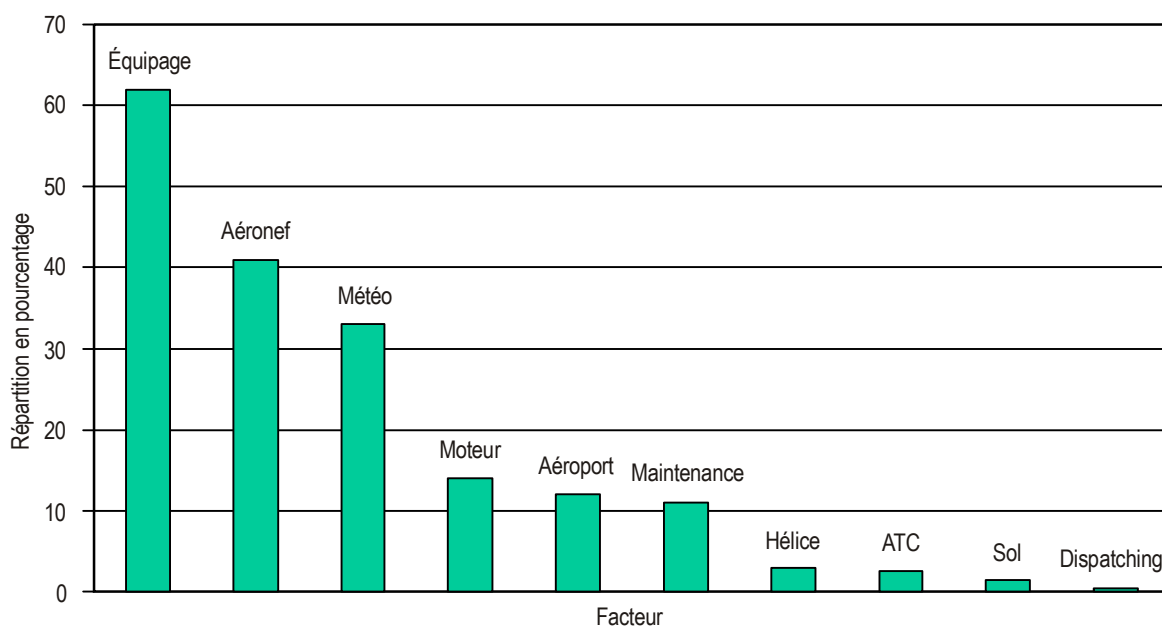


Figure 1-1. Répartition des facteurs de rapports d'accidents dans les services aériens du monde (selon données communiquées à l'OACI de 1970 à 2000)

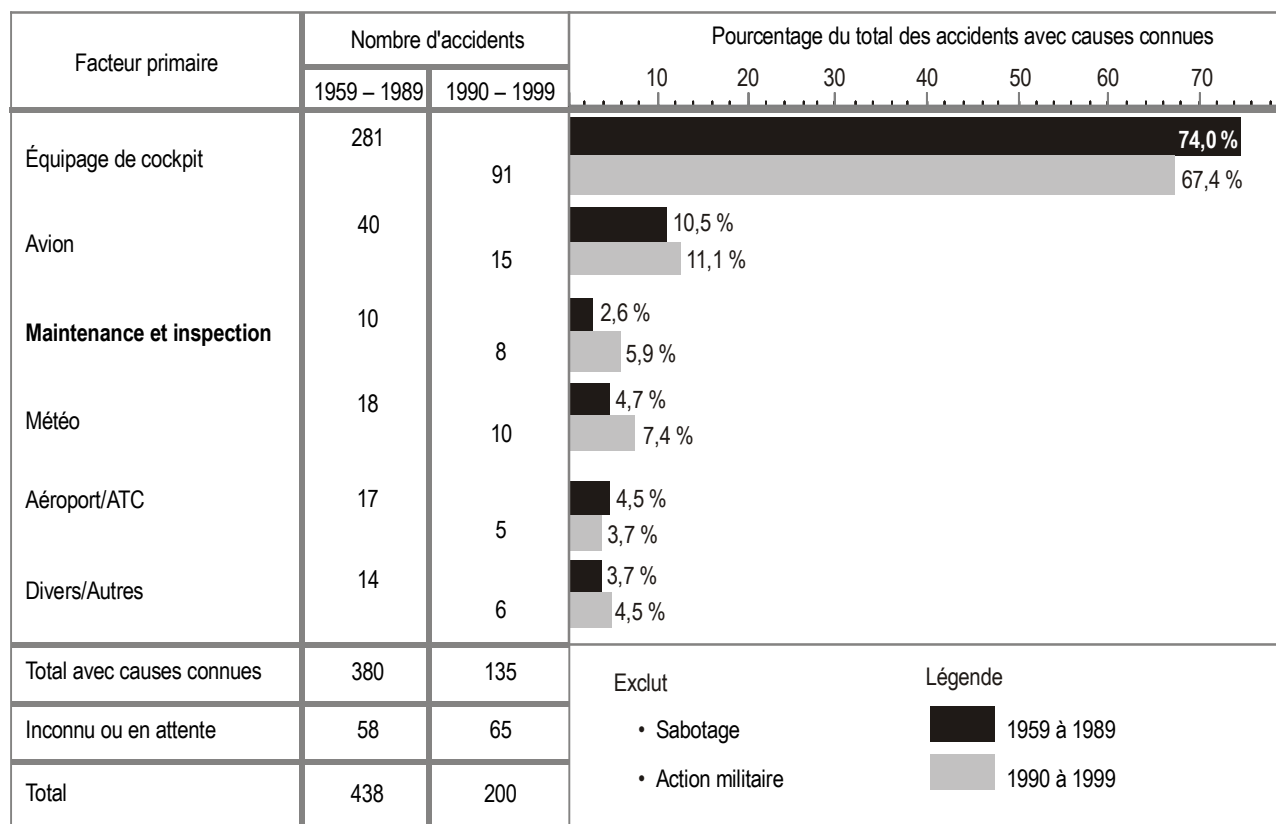


Figure 1-2. Erreur de maintenance comme cause primaire d'accidents avec destruction de coque — parc mondial d'avions à réaction de transport commercial (tableau Boeing)

1.2.3 Une communication de M^{me} H. Courtney à la conférence de la Royal Aeronautical Society à Londres (Royaume-Uni) en mai 2001, intitulée « Safety is No Accident », utilisait des renseignements de la base de données de rapports obligatoires d'incidents de l'Autorité de l'aviation civile (CAA) du Royaume-Uni pour montrer la tendance des événements avec erreur de maintenance par million de vols au cours de la période de 1990 à 2000. La tendance, représentée dans la Figure 1-3, montre une augmentation constante de ces cas, qui ont approximativement doublé sur la période de 10 ans.

1.2.4 Une liste de référence de certains des accidents et incidents notables dans le monde, dans lesquels la maintenance a été identifiée comme facteur contribuant, se trouve dans l'Appendice A au présent chapitre.

1.3 LE COÛT DES ERREURS DE MAINTENANCE

1.3.1 Non seulement les accidents et incidents de maintenance sont coûteux en termes de vies humaines et de biens, mais ils peuvent aussi entraîner des coûts élevés lorsque des vols sont retardés ou annulés. En 1989, la maintenance constituait 11,8 % des coûts d'exploitation des compagnies aériennes des États-Unis, soit plus de 8 milliards de dollars des États-Unis par an. Le coût annuel dans les services aériens d'Australie serait de l'ordre de plusieurs centaines de millions de dollars des États-Unis par an. On peut estimer que chaque avion retardé coûte à la compagnie aérienne en moyenne 10 000 US\$ par heure, alors que chaque annulation d'un vol coûterait approximativement 50 000 US\$. Si l'on prend en

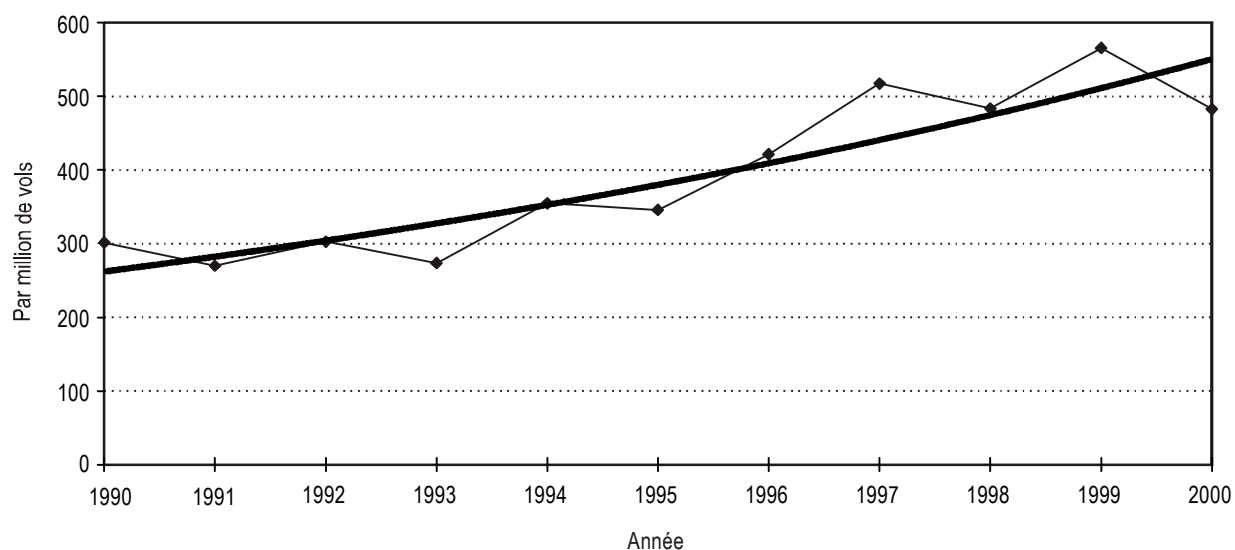


Figure 1-3. Rapports obligatoires de cas d'erreur de maintenance par million de vols, 1990 à 2000

compte ces coûts, il est évident que les compagnies aériennes pourraient largement bénéficier d'une réduction même faible de la fréquence des retards dus à la maintenance, particulièrement ceux qui se produisent le plus près des heures de départ prévues, au cours de la maintenance en ligne ou lorsqu'un aéronef est en préparation du départ.

1.3.2 Il n'existe pas beaucoup d'analyses détaillées des coûts d'erreurs de maintenance dans le domaine public, mais le coût d'un accident entraînant la destruction d'une coque, même sans les coûts humains, se chiffre évidemment par de nombreuses dizaines et peut-être centaines de millions de dollars des États-Unis. Les résultats d'un projet à petite échelle appelé « Installation Error Project » ont été communiqués à une conférence tenue à Londres (Royaume-Uni) en septembre 2000. Le projet concernait deux compagnies aériennes, un constructeur et une autorité de réglementation, et il étudiait les dommages au sol dans des incidents de remorquage et de levage en hangar au cours d'une année typique. Les résultats étaient les suivants :

- 16 incidents notables de remorquage par an, coût total 260 000 US\$;
- 30 incidents notables de levage en hangar par an, coût total 120 000 US\$.

Les mesures préventives ci-après ont alors été introduites :

- peinture de lignes de centre et de zone libre sur le sol, normalisation de l'éclairage de portes de hangars, modification des plates-formes de travail et formation du personnel, à un coût total de 52 000 US\$;
- réaménagement des commandes et rappel de sensibilisation aux vérifications de fonctionnement sur les équipements, sans coût supplémentaire.

Par voie de conséquence, les résultats ci-après ont été observés :

- réduction de 75 % des incidents de remorquage ; cela a permis d'économiser 143 000 US\$ par an ;
- réduction de 87 % du nombre des incidents de levage avec dommages ; cela a permis d'économiser 88 000 US\$ par an.

Ces économies, à elles seules, paraîtront peut-être insignifiantes si on les compare au coût total des activités de maintenance. Toutefois, si on les considère comme un échantillon de ce que l'on peut réaliser en dépensant relativement peu d'argent pour des mesures préventives, les résultats sont remarquables en termes de produit de l'investissement, peut-être même impressionnants, comme le montre ce qui suit :

- mesures dans le remorquage d'aéronefs : période de recouvrement 3,2 mois — produit de l'investissement 2,75 ;
- mesures dans le levage en hangar : période de recouvrement 1,8 mois — produit de l'investissement 5,5.

Les conclusions de cette étude peuvent se résumer comme suit :

- les organismes et leurs employés ont agi intuitivement plutôt que de compter les coûts des erreurs ;
- l'utilisation du produit de l'investissement pour identifier la priorité des interventions en facteurs humains en est encore à ses débuts.

Il ne faudrait pas utiliser le produit de l'investissement comme le seul critère pour les interventions en facteurs humains, mais il est clairement un outil potentiellement utile, particulièrement pour justifier des dépenses.

1.4 LE COÛT DES INTERVENTIONS EN FACTEURS HUMAINS

1.4.1 Une stratégie pour examiner les coûts d'intervention ou de non-intervention en facteurs humains a été décrite par l'OACI dans les *Lignes directrices sur les facteurs humains et les systèmes de gestion du trafic aérien (ATM)* (Doc 9758). Bien que le Doc 9758 concerne les systèmes de gestion du trafic aérien, son optique des interventions en facteurs humains est valable aussi pour les activités de maintenance d'aéronefs. Le Doc 9758 identifie les trois stratégies ci-après pour traiter des questions de facteurs humains, sur la base d'un document d'Eurocontrol intitulé *Human Factors Module — A Business Case for Human Factors Investment* :

1. *l'approche « ne rien faire »* : aucune initiative n'est prise pour affronter les problèmes de facteurs humains ; c'est seulement lorsque les problèmes se poseront que l'on s'en occupera ;
2. *l'approche « réactive »* : on laisse pour les derniers stades du processus de développement l'examen des problèmes de facteurs humains ;
3. *l'approche « proactive »* : on règle les problèmes de facteurs humains avant qu'ils ne surviennent.

1.4.2 Le document d'Eurocontrol donne les renseignements additionnels ci-après sur les stratégies [traduction OACI] :

« Les scénarios en matière de coût pour ces trois stratégies sont illustrés dans la Figure [1-4]. Pour la première approche ("ne rien faire"), on voit que les coûts liés aux questions de performance humaine augmenteront rapidement au cours du cycle de vie du système. Si l'on s'occupe quelque peu des questions de performance humaine aux stades finaux du processus de développement, le scénario évoluera d'une façon moins marquée, mais néanmoins croissante.

« Par contre, si une sensibilisation précoce aux questions de facteurs humains et de performance humaine est réalisée d'une façon proactive, les coûts évolueront d'une façon assez différente. La figure montre que le coût initial sera plus élevé par rapport aux autres approches du fait des investissements effectués à un

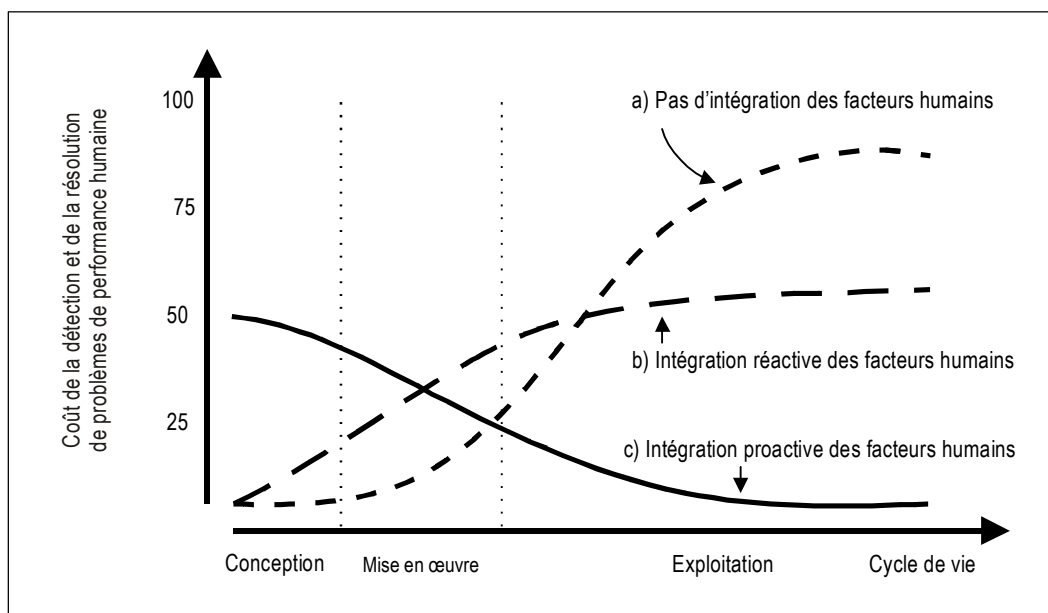


Figure 1-4. Scénarios de coûts de trois stratégies de cycle de vie

stade précoce du processus, mais elle montre aussi que cette anticipation éliminera des problèmes ultérieurs plus coûteux.

« La réticence à fournir les ressources nécessaires pour adopter une approche proactive s'explique probablement par l'idée qu'il est préférable d'attendre de voir quels problèmes se produiront, pour intervenir à ce moment. Si cette stratégie peut apparemment épargner un peu d'argent, surtout au stade du développement du système, l'expérience montre qu'il faudra régler la facture plus tard [...] avec les intérêts. »

1.4.3 En rapport avec l'Annexe 6, Partie 1, § 8.3.1, la phase identifiée comme « conception » dans la Figure 1-4 paraît correspondre à « la conception du programme de maintenance de l'exploitant », alors que les phases identifiées comme « mise en œuvre » et « exploitation » paraissent concerner « l'application du programme de maintenance de l'exploitant ».

1.4.4 Le *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683) donne les indications ci-après sous le titre « Pourquoi les instances de direction devraient promouvoir activement la sécurité » :

« Au moment d'envisager les arbitrages entre sécurité et production, il convient que la direction évalue les conséquences financières de la décision à prendre. Comme l'arbitrage comporte des risques, la direction doit s'intéresser au coût qu'impliquerait l'acceptation de ces risques, autrement dit à *ce qu'un accident coûterait à l'organisation*. Certains coûts assurés (ceux que couvrent les primes payées des assureurs) sont récupérables, mais il y a aussi des coûts non assurés qui ne le sont pas et qui représentent en général le double ou le triple des coûts assurés. Les coûts non assurés typiques d'un accident comprennent :

- les franchises des assurances ;

- le temps perdu et les heures supplémentaires ;
- les frais d'enquête ;
- les frais de recrutement et de formation de remplaçants ;
- la perte de productivité du personnel blessé ;
- les frais de remise en état ;
- la perte de jouissance de matériel ;
- le coût de location ou de prise à bail de matériel de remplacement ;
- les surcoûts d'utilisation du matériel restant ;
- la perte de pièces de rechange ou d'équipements spécialisés ;
- les amendes et citations à comparaître ;
- les frais et honoraires de justice auxquels donne lieu l'accident ;
- le relèvement des primes d'assurance ;
- les demandes d'indemnisation hors assurance ;
- la perte de clientèle et l'atteinte à l'image de la compagnie ;
- le coût des mesures correctives.

« Les personnes qui sont le mieux à même de prévenir les accidents en éliminant les risques inacceptables sont celles qui peuvent introduire des changements dans l'organisation, sa structure, sa culture d'entreprise, ses politiques, ses procédures, etc. Nul n'est mieux placé que les dirigeants pour introduire de tels changements. L'intérêt économique de la sécurité de l'aviation et la possibilité de produire des changements systémiques efficaces justifient donc que les instances de direction s'impliquent activement dans la promotion de la sécurité. »

1.4.5 L'Air Transport Association of America (ATA) appuie aussi une approche proactive dans un programme de facteurs humains, comme on peut le voir dans le paragraphe ci-après de sa spécification ATA 113 — *Maintenance Human Factors Program Guidelines* (lignes directrices d'un programme de facteurs humains en maintenance) [traduction OACI] :

« Un programme dynamique de facteurs humains en maintenance aéronautique fournira à l'organisme un cadre permettant de prévenir ou réduire la possibilité de pertes liées à des accidents, incidents, blessures et morts sur les lieux de travail. Il donnera aussi aux dirigeants le retour d'information nécessaire afin de positionner les travailleurs pour une croissance future et une meilleure performance. En identifiant les éléments relatifs à la performance humaine et les obstacles à l'amélioration, les dirigeants seront mieux armés pour la planification stratégique. De plus, lorsque les travailleurs reconnaîtront les efforts de l'organisme pour éliminer les risques, éduquer et valoriser la sécurité, il devrait y avoir une augmentation naturelle dans le professionnalisme, la performance et le moral. En outre, le public appréciera la contribution à l'industrie et la reconnaissance des initiatives de sécurité. »

1.5 LA SIGNIFICATION DES FACTEURS HUMAINS — CONCEPTS ET DÉFINITIONS

1.5.1 Il importe de définir clairement le terme « facteurs humains », parce que lorsqu'il est utilisé dans le langage ordinaire il est souvent appliqué à tout facteur concernant les humains. Une des définitions de facteurs humains qui est acceptée par l'OACI a été proposée par le professeur Elwyn Edwards : « Les facteurs humains visent à optimiser la relation entre les personnes et leurs activités, par l'application systématique de sciences humaines, intégrée dans le cadre de l'ingénierie des systèmes. » Ses objectifs résident dans l'efficacité du système, qui inclut la sécurité aussi bien que l'efficacité, et le bien-être de l'individu. Le professeur Edwards développe la définition qu'il propose en précisant que le mot « personne » inclut les deux sexes et que le terme « activités » indique un intérêt dans la communication entre individus et dans le comportement d'individus et de groupes. Plus récemment, cela a été développé pour inclure les interactions entre individus et groupes et les organismes auxquels ils appartiennent, ainsi que les interactions entre les organismes qui constituent le système aéronautique. Les sciences humaines étudient la structure et la nature des êtres humains, leurs aptitudes et leurs limitations, ainsi que leurs comportements tant individuellement que collectivement. La notion d'intégration dans l'ingénierie des systèmes se rapporte aux réflexions du praticien de facteurs humains qui cherche à comprendre les objectifs et méthodes ainsi que les difficultés et les contraintes dans le cadre desquelles ceux qui travaillent dans des secteurs interconnectés de l'ingénierie doivent prendre des décisions. Les facteurs humains utilisent ces informations sur la base de leur pertinence dans des problèmes d'ordre pratique.

1.5.2 Une définition plus simple et plus pratique a été publiée par le Health and Safety Executive du Royaume-Uni [traduction OACI] :

« Les facteurs humains se rapportent aux facteurs environnementaux, organisationnels et professionnels, et aux caractéristiques humaines et individuelles qui influent sur le comportement au travail d'une façon qui peut agir sur la santé et la sécurité. »

1.5.3 Les facteurs humains concernent donc les personnes dans leur vie et leur travail ; leurs relations avec des machines, avec des procédures et avec l'environnement qui les entoure ; et aussi leurs relations avec d'autres personnes. En aviation, les facteurs humains font intervenir une série de considérations personnelles, médicales et biologiques pour une situation optimale dans l'exploitation d'aéronefs, la maintenance d'aéronefs et le contrôle de la circulation aérienne.

1.5.4 Il pourrait être utile d'utiliser un modèle conceptuel pour faire mieux comprendre les facteurs humains. Un diagramme pratique pour illustrer ce modèle conceptuel utilise des blocs pour représenter les différents éléments des facteurs humains. Le modèle peut se construire un bloc à la fois, en donnant une représentation imagée de la nécessité de bien assortir les éléments.

1.5.5 Le *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683) utilise le modèle SHEL (appellation selon les lettres initiales de ses éléments : software, hardware, environment, liveware). Ce modèle, conçu par le professeur Edwards en 1972, est reproduit dans la Figure 1-5, avec un schéma modifié pour illustrer le modèle, conçu par Frank Hawkins en 1975. Les interprétations ci-après sont suggérées : liveware (être humain), hardware (matériel), software (procédures, symboles, etc.) et environnement (situation dans laquelle le système L-H-S doit fonctionner). Ce schéma ne recouvre pas les interfaces qui sont hors des facteurs humains (matériel-matériel ; matériel-environnement ; logiciel-matériel) et il est proposé seulement comme aide fondamentale pour comprendre les facteurs humains.

1.5.6 L'être humain (L). Au centre du modèle se trouve une personne, l'élément le plus critique du système tout en étant le plus souple. L'être humain est sujet à de considérables variations de ses performances et souffre de nombreuses limitations, dont la plupart sont maintenant prévisibles en termes généraux ; les bords de ce bloc ne sont pas simples et rectilignes ; il faudra veiller soigneusement à ce que les autres éléments du système leur soient soigneusement adaptés si l'on veut éviter des tensions dans le système, et à la longue une rupture.

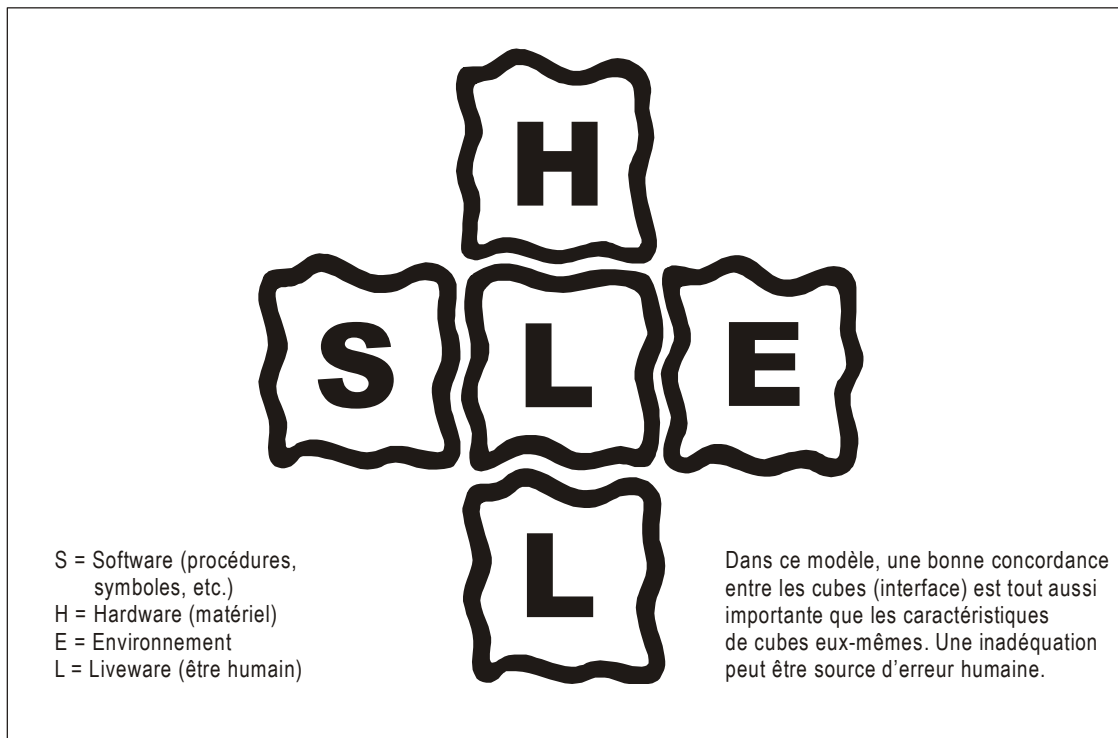


Figure 1-5. Le modèle SHEL modifié par Hawkins

1.5.7 Pour assurer cette harmonisation, il est indispensable de bien comprendre les caractéristiques de cet élément central. Certaines des plus importantes sont les suivantes :

- a) Mensurations et morphologie. Les mensurations et les mouvements du corps humain, qui varient selon l'âge, le groupe ethnique et le sexe, jouent un rôle capital dans la conception de tout poste de travail et de la plupart des équipements. Il faut prendre des décisions à un stade précoce du processus de conception et les fonder sur les données apportées par l'anthropométrie et la biomécanique.
- b) Besoins physiques. La physiologie et la biologie fournissent les indications nécessaires sur les besoins humains en aliments, en eau et en oxygène.
- c) Caractéristiques des intrants. Les humains sont dotés d'un système sensoriel qui recueille des renseignements sur le monde environnant, ce qui leur permet de réagir aux événements extérieurs et d'accomplir leurs tâches. Mais tous les sens sont sujets à des dégradations, pour des raisons diverses, et les sources de connaissances sont ici la physiologie, la psychologie et la biologie.
- d) Traitement de l'information. Dans ce domaine, les possibilités humaines ont des limites strictes. Si un instrument ou un système avertisseur n'est pas bien conçu, c'est souvent parce qu'il n'a pas été tenu compte des possibilités et des limites du système humain de traitement de l'information. La mémoire à court terme et la mémoire à long terme interviennent, ainsi que la motivation et le stress. La psychologie est ici la source des connaissances de base.

- e) Caractéristiques des extrants. Une fois l'information captée et traitée, des messages sont envoyés aux muscles pour que ceux-ci déclenchent la réaction voulue, que ce soit un mouvement physique de commande ou l'établissement d'une certaine forme de communication. Il faut avoir connaissance des forces de commande et de la direction du mouvement qui sont acceptables, connaissance que fournissent la biomécanique, la physiologie et la psychologie.
- f) Tolérances à l'environnement. La température, la pression, l'humidité, le bruit, l'heure de la journée, la lumière et l'obscurité peuvent avoir des effets sur les performances ainsi que sur le bien-être. On peut également s'attendre à ce que l'altitude, les lieux confinés, ou encore un milieu de travail ennuyeux ou stressant, influencent les performances. Les informations sont ici fournies par la physiologie, la biologie et la psychologie.

L'humain est au centre du modèle SHEL des facteurs humains. Les autres éléments devront être adaptés et harmonisés à cet élément central.

1.5.8 Humain-matériel (L-H). Cette interface est celle qui est le plus souvent envisagée lorsqu'on parle des systèmes homme-machine : conception de sièges adaptés aux caractéristiques du corps humain en position assise, d'affichages répondant aux caractéristiques sensorielles de l'utilisateur et à ses possibilités de traitement de l'information, de commandes bien étudiées en ce qui concerne les mouvements à faire, le codage et l'emplacement. L'utilisateur n'aura peut-être jamais conscience d'une déficience de l'interface L-H, même si elle aboutit à une catastrophe ; en effet, la caractéristique naturelle d'adaptabilité de l'être humain lui masquera une déficience à ce niveau, mais sans en supprimer l'existence. Il y a là un risque dont les concepteurs devraient être avertis. Avec l'avènement des ordinateurs et de systèmes automatisés évolués, cette interface s'est repositionnée à l'avant-plan des travaux sur les facteurs humains.

1.5.9 Humain-documentation (L-S). Il s'agit de l'interface entre l'humain et les aspects non physiques du système : procédures, présentation des manuels et des listes de vérification, symboles, logiciels. Les problèmes à cette interface sont mis en relief dans les comptes rendus d'accidents, mais ils sont souvent difficiles à observer et sont donc plus difficiles à résoudre (par exemple erreurs d'interprétation de listes de vérification ou de symboles, procédures non respectées, etc.).

1.5.10 Humain-environnement (L-E). En aviation, cette interface a été la première à retenir l'attention. À l'origine, les mesures prises visaient toutes à adapter l'être humain à l'environnement (casque, combinaison de vol, masque à oxygène, vêtements anti-G). Plus tard, on a eu tendance à inverser le processus et à adapter l'environnement pour répondre aux besoins humains (systèmes de pressurisation et de climatisation, insonorisation). De nos jours, il faut relever de nouveaux défis, notamment les risques liés à la concentration d'ozone et aux radiations dans les vols à haute altitude, ainsi que les problèmes liés aux perturbations des rythmes biologiques et du sommeil ou à la privation de sommeil résultant de voyages transméridiens de plus en plus rapides. Les illusions visuelles et la désorientation étant à l'origine de nombreux accidents d'aviation, il faut également tenir compte à cette interface des erreurs de perception induites par certaines conditions environnementales, par exemple les illusions visuelles dans les phases d'approche et d'atterrissage. Par ailleurs, le système aéronautique fonctionne dans un contexte de larges contraintes politiques et économiques et c'est à cette interface que se produisent les interactions avec ces autres aspects de l'environnement. Dans bien des cas, les praticiens des facteurs humains n'ont pas la possibilité de modifier ces influences, alors qu'elles jouent un rôle décisif ; il convient que les responsables qui ont la possibilité de le faire les examinent et s'en occupent comme il convient. Cette question est développée dans les Chapitres 2 et 3 du présent manuel.

1.5.11 Humain-humain (L-L). Il s'agit de l'interface entre les personnes. Dans le passé, la formation et les épreuves de compétence se sont traditionnellement adressées aux individus. Si chacun des membres d'une équipe était compétent, on supposait que l'équipe formée par ces individus serait tout aussi compétente et efficace. Or, il n'en est pas toujours ainsi et depuis plusieurs années on porte de plus en plus d'attention à l'analyse du travail en équipe. Les équipages de conduite, les contrôleurs de la circulation aérienne, les techniciens de maintenance et d'autres personnels d'exploitation ont une interaction de groupe, et les influences dans le groupe jouent un rôle déterminant dans le

comportement et la performance. À cette interface, nous nous intéressons au leadership, à la coopération au sein d'un équipage, au travail d'équipe et aux interactions des personnalités. Les relations entre le personnel et l'encadrement se situent également à cette interface, car la culture d'entreprise, le climat de l'entreprise et les pressions qu'exerce la compagnie sur l'exploitation peuvent avoir une influence considérable sur la performance humaine. Le Chapitre 5 du présent manuel décrit des approches actuelles de l'industrie de l'aviation en matière de programmes de formation sur les facteurs humains pour les personnels d'exploitation.

1.6 SYSTÈMES DE QUALITÉ ET FACTEURS HUMAINS

1.6.1 Dans tout organisme, un système de qualité peut servir à améliorer les processus, produits et services que l'organisme crée et livre. Dans les cas où les règlements aéronautiques prescrivent un système de qualité, ils demandent habituellement que le système soit « indépendant ». Ainsi, le système de qualité serait indépendant de tous programmes de facteurs humains, et vice versa. Un système d'assurance de qualité est une option à la place d'un « système d'inspection » pour « assurer que tous les travaux de maintenance ont été effectués convenablement » dans un organisme de maintenance agréé (voir Annexe 6, Partie 1, § 8.7.3.2).

1.6.2 Une étude effectuée dans le cadre du projet ADAMS (Aircraft Dispatch and Maintenance Safety) de la Communauté européenne indiquait qu'un système de qualité typique comprend deux parties — système de qualité et assurance de qualité — que l'on peut décrire comme suit [traduction OACI] :

« Le système de qualité assure le respect de toutes les prescriptions applicables de la compagnie aérienne et de l'autorité. En respectant ces prescriptions, en minimisant les non-conformités et ainsi en cherchant la précision dans tous les travaux exécutés, l'exploitation aérienne sera plus sécuritaire, plus efficace et plus rentable. [...] Un système de qualité doit être accompagné d'une assurance de qualité.

« L'assurance de qualité est fournie lorsqu'un organisme indépendant est établi, séparément, pour le monitoring et les comptes rendus, selon un programme d'assurance de qualité. En termes pratiques, l'assurance de qualité résulte d'une vérification systématique de l'application de tous les éléments du système de qualité. »

1.6.3 Dans le contexte des facteurs humains, une fonction importante d'un système de qualité pourrait consister à assurer le fonctionnement correct d'un programme de facteurs humains déjà en place dans l'organisme.

1.7 FORMATION DU PERSONNEL TECHNIQUE ET DU PERSONNEL DE MAINTENANCE D'AÉRONEFS

1.7.1 Dans la majorité des accidents d'aviation, la performance humaine est mise en cause. Si l'on veut que le taux d'accidents diminue, il est nécessaire de mieux comprendre le problème des facteurs humains en aviation et d'appliquer les connaissances en facteurs humains plus largement, d'une façon proactive. On entend par là que les connaissances en facteurs humains devraient être appliquées et intégrées aux stades de conception et de certification des systèmes, ainsi qu'au cours du processus de certification du personnel d'exploitation, avant que les systèmes et les gens deviennent opérationnels. Une plus large prise de conscience des facteurs humains est pour la communauté internationale de l'aviation la meilleure occasion de rendre l'aviation à la fois plus sûre et plus efficace.

1.7.2 La reconnaissance générale de la nécessité d'une éducation fondamentale sur les facteurs humains à tous les niveaux de l'industrie de l'aviation a conduit dans différents pays à différentes approches d'une instruction structurée dans ce domaine. Tragiquement renforcée par les enquêtes sur plusieurs accidents presque entièrement imputables à des carences dans l'application des facteurs humains, elle a conduit l'OACI à introduire des conditions de formation en

facteurs humains dans les spécifications de l'Annexe 1 (1989) et de l'Annexe 6 (1995) traitant de la formation et de la délivrance des licences.

1.7.3 La formation en facteurs humains a un rôle important à jouer dans la gestion de l'erreur en maintenance des aéronefs.

1.8 SITUATION MONDIALE OU LOCALE ?

En 1989, la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis a lancé le projet d'une équipe de recherche sur les facteurs humains dans la maintenance aéronautique, afin de focaliser une diversité d'aspects de facteurs humains liés aux techniciens de maintenance d'aéronefs et aux autres personnels appuyant les objectifs d'un système de maintenance. Une partie de cette recherche consistait à comparer les constatations sur le plan international. Le rapport de la FAA et de l'Office of Aviation Medicine, intitulé *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* (1998), phase IV du rapport d'avancement, Chapitre 9, résume comme suit les constatations internationales sous le titre « Reliability in Aircraft Inspection : UK and USA Perspectives » [traduction OACI] :

« En réponse à des soucis récents sur la fiabilité des procédures d'inspection et de maintenance d'aéronefs, la CAA [du Royaume-Uni] et la FAA ont investigué des aspects de facteurs humains. Deux investigateurs qui avaient séparément étudié les facteurs humains dans l'inspection d'aéronefs civils ont entrepris d'étudier réciproquement leurs domaines afin de comparer les techniques et problèmes aux États-Unis et au Royaume-Uni. Des sites d'inspection d'aéronefs ont été inspectés conjointement et séparément dans les deux pays, avec une analyse de l'ensemble du système d'inspection et de maintenance ainsi que d'activités plus générales dans des hangars.

« La conclusion générale a été que les similitudes étaient plus communes que les différences, à cause des spécifications techniques des tâches, des ressemblances dans les règlements ainsi que de l'habileté et de la motivation des inspecteurs. Des différences entre compagnies se superposaient à des différences juridictionnelles dans de nombreux secteurs, donnant à penser que l'on peut appliquer une politique commune pour améliorer des aspects tels que l'éclairage des inspections visuelles, les accès physiques aux secteurs inspectés et l'environnement de l'information.

« Les plus grandes différences ont été observées dans les domaines de l'organisation du travail et des tests non destructifs, où un échange de constatations dans les deux secteurs pourrait améliorer la fiabilité des inspections.

« Au Royaume-Uni, les inspecteurs et les techniciens de maintenance étaient très intégrés dans l'organisation formelle, les inspecteurs agissant souvent comme superviseurs d'une équipe de maintenance qui exécutait la réparation. Aux États-Unis, il y avait une division plus formelle entre inspection et maintenance, la coordination se faisant habituellement au niveau de la supervision. Les deux approches sont viables, mais dans les deux cas il faut un meilleur soutien pour l'intégration et les communications. Une formation est nécessaire en compétences de supervision, ainsi que des structures de gestion et une documentation permettant à tous les intéressés d'obtenir les informations nécessaires pour mener à bien la tâche.

« Dans les tests non destructifs (TND) il y avait une différence d'accent entre les deux pays, les États-Unis étant plus soucieux d'une performance basée sur une réglementation et le Royaume-Uni d'une performance basée sur des connaissances. De plus, les inspecteurs américains étaient moins souvent des spécialistes de TND, exécutant à la fois des TND et une inspection visuelle, mais cela est en train de changer. Dans les deux pays, les deux modes de fonctionnement sont prescrits à différents moments, mais cela n'est pas bien reconnu. Donc, il manque le soutien de formation et de documentation aux deux niveaux, ainsi qu'une indication claire d'échange de règles entre les deux.

« Vu le caractère de plus en plus international des activités de maintenance d'aéronefs, accentué par des événements notoires dus au vieillissement d'aéronefs, on peut s'attendre à ce que les différences disparaissent au fil du temps. Toutefois, cela devrait être un processus gradué menant à l'utilisation des meilleures caractéristiques des différentes juridictions, afin de continuer de tirer le meilleur parti des inspecteurs dans le système. »

1.9 RESPONSABILISATION ET GESTION DU RISQUE

1.9.1 La responsabilisation dans un organisme est décrite de façon concise dans le rapport du projet ADAMS de la Communauté européenne [traduction OACI] :

« Tous les organismes de maintenance d'aéronefs opèrent dans un cadre de responsabilisation en vertu de la législation. Cette responsabilisation de l'organisme vis-à-vis de l'autorité externe est reproduite dans un système interne de responsabilisation, dont une partie traduit directement les prescriptions légales externes (signer pour le travail effectué), une partie découle des règlements de la compagnie (notamment discipline, descriptions d'emplois, revues de performance et procédures de promotion). Directement et indirectement, ce système de responsabilisation est un facteur majeur de motivation dans le comportement des gens. La responsabilisation fournit la motivation parmi ceux qui ont la responsabilité de prendre des mesures (à quelque niveau que ce soit) afin de changer ce qu'il faut changer pour conduire à une performance plus efficace. Il faut que cette motivation surmonte la résistance de changer l'inertie née de pratiques établies, et la pression de dates limites immédiates. »

Le rapport continue en demandant comment les dirigeants sont responsabilisés pour la sécurité, et la réponse donnée est illustrée par différentes façons dont cette responsabilisation peut mal tourner. Le présent manuel examine le rôle des dirigeants dans le Chapitre 2, § 2.3, et les contre-mesures dans le Chapitre 3.

1.9.2 Gestion du risque. L'*Operator's Flight Safety Handbook* (Manuel de sécurité des vols pour les exploitants), élaboré par le Groupe de travail des pratiques de sécurité des exploitants aériens dans l'initiative du Réseau mondial d'information aéronautique (GAIN), définit comme suit la gestion du risque [traduction OACI] :

« L'identification, l'analyse et l'élimination économique, et/ou la maîtrise, à un niveau acceptable, des risques qui peuvent menacer les biens ou le rendement d'une entreprise. Dans le cas présent, une entreprise de transport aérien commercial. Le processus de gestion du risque vise à identifier, analyser, évaluer et maîtriser les risques encourus dans les services aériens, afin que puisse être réalisé le niveau le plus élevé de sécurité. »

(Voir aussi Chapitre 2, § 2.3, et Chapitre 3, § 3.3, du présent manuel.)

1.10 LA NÉCESSITÉ DE NORMES

1.10.1 Les normes et pratiques recommandées (SARP) de l'Annexe 1 et de l'Annexe 6 demandent aux organes de réglementation de l'aviation des États de prendre des mesures appropriées de réglementation. Le présent manuel a pour objet de donner des orientations et des informations pratiques à ces organes de réglementation afin qu'ils puissent élaborer et introduire des réglementations de facteurs humains et des lignes directrices conformément aux Annexes. La mise en œuvre par leurs exploitants et leurs organismes de maintenance devrait alors rehausser la navigabilité par la réduction des erreurs humaines.

1.10.2 Des initiatives de facteurs humains ont déjà été introduites dans plusieurs pays à la suite d'incidents ou d'accidents. Le rapport du projet ADAMS de la Communauté européenne donne l'aperçu ci-après de la situation générale des activités de maintenance à l'époque de l'étude [traduction OACI] :

« Les organismes de maintenance d'aéronefs évoluent rapidement. Ils sont nombreux à se réorganiser ou à réaménager techniquement leurs structures internes et leurs procédés. Certains se compriment, sont absorbés par d'autres compagnies ou absorbent d'autres compagnies. Ils deviennent souvent des filiales indépendantes de leurs organisations mères et on constate une multiplication des "ateliers de réparation". Les technologies de maintenance d'aéronefs se transforment elles aussi à travers de nouveaux systèmes de bord, de nouveaux outils de diagnostic et de nouvelles technologies de l'information. Ces changements s'accompagnent de nouveaux concepts de formation, de changements dans les systèmes d'apprentissage, de pénuries de personnels qualifiés et d'un développement de l'externalisation du travail. Tous ces changements ont un impact sur la façon dont les opérations de maintenance d'aéronefs sont organisées, gérées et exécutées. Pour s'adapter plus efficacement à ces changements, de nombreux organismes se tournent vers des programmes de "facteurs humains" en vue de mieux gérer leurs ressources humaines, afin d'assurer que les normes de sécurité, de fiabilité et de productivité seront maintenues et si possible rehaussées. »

1.10.3 Le rapport du projet ADAMS identifie ensuite les éléments ci-après comme importants pour l'introduction réussie d'un programme de facteurs humains dans un organisme :

- assurer le soutien total des dirigeants au programme de facteurs humains : éviter de marginaliser le programme dans un service qui n'a pas beaucoup d'influence lorsque les décisions sont prises ;
 - envisager plus d'une focalisation : par exemple, au lieu d'avoir une focalisation uniquement sur la formation, veiller aussi à ce que l'environnement du travail change pour s'aligner sur la formation ;
 - fixer des objectifs clairs pour le programme de facteurs humains ;
 - assurer le suivi des problèmes dont le diagnostic a mené à des solutions ;
 - gérer les êtres humains efficacement ;
 - évaluer les résultats pour mesurer l'efficacité du programme.
-

Appendice A au Chapitre 1

ACCIDENTS ET INCIDENTS MAJEURS AVEC FACTEURS CAUSALS DE FACTEURS HUMAINS EN MAINTENANCE

Un certain nombre d'accidents et incidents majeurs dans lesquels des facteurs humains en maintenance ont été identifiés comme importants facteurs causals sont résumés ci-après, à partir de rapports sur des accidents aériens et d'autres documents de l'AAIB (Air Accidents Investigation Branch) du Royaume-Uni et du NTSB (National Transportation Safety Board) des États-Unis :

McDonnell-Douglas DC-10-10, Chicago (États-Unis), 25 mai 1979 (Réf. NTSB/AAR 79/17)

Le 25 mai 1979, un avion McDonnell-Douglas DC-10-10 percute dans un champ à proximité d'un stationnement de roulottes à 4 600 pieds environ au nord-ouest de l'extrémité départ de la piste 32R à l'aéroport international Chicago-O'Hare (Illinois). Lors du cabrage au décollage, le moteur gauche et son pylône, ainsi qu'environ 3 pieds du bord d'attaque de l'aile gauche, se séparent de l'avion et tombent sur la piste. L'avion continue de monter jusqu'à environ 325 pieds au-dessus du sol et commence alors à s'incliner vers la gauche. L'avion continue vers la gauche jusqu'à ce que les ailes dépassent la position verticale, et le nez de l'avion s'incline alors au-dessous de l'horizon. L'avion percute dans un champ et l'épave s'éparpille dans le stationnement de roulottes. L'avion est détruit par le choc et l'incendie. Les 271 personnes à bord sont tuées. De plus, 2 personnes au sol sont tuées et 2 autres blessées. Le NTSB a déterminé que la cause probable résultait de dommages dus à la maintenance, ayant conduit à la séparation du moteur numéro 1 et de son pylône à un moment critique au cours du décollage. La séparation résultait de dommages dus à de mauvaises procédures de maintenance ayant conduit à la défaillance de la structure du pylône. Des facteurs contributifs ont été identifiés : la conception des points d'attache du pylône, qui étaient vulnérables à des dommages en maintenance ; la conception du système de becs du bord d'attaque qui étaient vulnérables à des dommages et qui ont entraîné une asymétrie et l'inclinaison latérale de l'avion. Ont aussi été observées des carences de supervision n'ayant pas permis de déceler et prévenir l'utilisation de mauvaises procédures de maintenance.

Lockheed L-1011, Miami (États-Unis), 5 mai 1983 (Réf. NTSB/AAR 84/04)

En cours de maintenance d'un Lockheed L-1011, les techniciens de maintenance ont omis de poser des anneaux de scellement sur les montures des détecteurs de fragments. Cela a provoqué une fuite d'huile et une défaillance de moteur en cours de vol entre Miami (États-Unis) et Nassau (Bahamas) le 5 mai 1983. Le commandant de bord a décidé de retourner à Miami et l'avion a atterri avec un seul moteur en fonctionnement. L'enquête a montré que les techniciens de maintenance avaient l'habitude de recevoir les détecteurs de fragments avec les anneaux de scellement déjà en place et que des procédures informelles étaient utilisées pour la pose des détecteurs de fragments. Ce problème s'était posé antérieurement, mais il n'avait pas été pris de mesures appropriées pour prévenir des répétitions.

Boeing 737-200, Hawaii (États-Unis), 28 avril 1988 (Réf. NTSB/AAR 89/03)

Dans cet accident en vol, le 28 avril 1988, 18 pieds de la structure supérieure du fuselage d'un Boeing 737-200 se sont arrachés brusquement par suite d'une défaillance de structure. Un membre du personnel de cabine fut éjecté lors de la

décompression, et 7 passagers et 1 membre du personnel de bord ont été gravement blessés. L'avion a effectué un atterrissage d'urgence à l'aéroport de Kahului sur l'île de Maui. Le Boeing 737-200 en question avait été antérieurement examiné, comme il était prévu, par deux inspecteurs d'ingénierie. Un des inspecteurs avait 22 ans d'expérience et l'autre, l'inspecteur en chef, avait 33 ans d'expérience. Ni l'un ni l'autre n'a constaté des fissures dans le revêtement de l'avion au cours de l'inspection. Toutefois, une analyse après l'accident a révélé qu'il y avait plus de 240 fissures au moment de l'inspection. L'enquête qui a suivi a permis d'identifier de nombreux problèmes de facteurs humains ayant mené à l'inspection fautive.

BAC 1-11, Didcot (Royaume-Uni), 10 juin 1990
(Réf. U.K. AAIB/AAR 1/92)

En juin 1990, un BAC 1-11 se trouvait en montée à 17 300 pieds au départ de l'aéroport international de Birmingham (Royaume-Uni) lorsque le pare-brise de gauche, qui avait été remplacé avant le vol, se détacha vers l'extérieur sous l'effet de la pression de cabine qui avait fait céder les vis de fixation. Sur un total de 90 vis, 84 étaient inférieures au diamètre spécifié. Le commandant de bord fut à moitié aspiré dans l'ouverture du pare-brise mais fut retenu par le personnel de cabine alors que le copilote restait aux commandes pour réussir l'atterrissage à l'aéroport de Southampton.

L'investigation a révélé que le chef de l'équipe d'entretien, à court de personnel en équipe de nuit, avait décidé d'effectuer lui-même le remplacement du pare-brise. Il avait consulté le manuel de maintenance et conclu que c'était un travail sans difficulté. Ayant déposé le pare-brise, il décida de remplacer les vis, et emportant avec lui une des vis, modèle 7D (le pare-brise aurait dû être fixé avec des 8D) dans le magasin de pièces de rechange, il chercha les vis de remplacement. Le superviseur du magasin lui dit qu'il fallait employer des 8D, mais le chef d'équipe décida d'employer des 7D car c'était le modèle qui était antérieurement en place. Comme il n'y avait pas assez de 7D en stock, le chef d'équipe se rendit à un endroit où il pourrait en trouver dans des carrousels au-dessous de la passerelle des vols internationaux. Cet endroit était mal éclairé et les étiquettes sur les carrousels étaient vieilles et décolorées. Le chef d'équipe choisit alors des vis au toucher. Toutefois, il choisit par erreur des 8C qui étaient d'un diamètre légèrement inférieur. Il prit aussi six 9D, pensant que la fixation sur le côté extérieur nécessiterait des vis plus longues. Lorsqu'il installa le pare-brise, il utilisa 84 des vis 8C venant du carrousel de la passerelle internationale, sans remarquer que la fraisure était plus profonde que la normale lorsque les vis étaient en position. Lorsqu'il arriva au coin extérieur, il se rendit compte que les vis 9D étaient trop longues, et il réemploya six des vieilles vis 7D qu'il avait enlevées (sans remarquer la différence de la force de torsion entre les vis anciennes et les nouvelles). Il acheva le travail lui-même et apposa sa signature (les procédures n'exigeant pas une vérification de pression de cabine ni une double vérification).

Plusieurs problèmes de facteurs humains ont contribué à cet incident, notamment des erreurs de perception commises par le chef d'équipe lorsqu'il identifia les vis de remplacement, le mauvais éclairage du magasin de pièces sous la passerelle internationale, l'absence du port de lunettes par l'employé, les effets circadiens, de mauvaises pratiques de travail et peut-être des facteurs d'organisation et de conception.

McDonnell Douglas DC-10-10, Sioux City (États-Unis), 19 juillet 1989
(Réf. NTSB/AAR 90/06)

En juillet 1989, il y eut une défaillance catastrophique du moteur numéro 2 (moteur de queue) d'un DC-10-10 en vol de croisière. La rupture, la fragmentation et la violente séparation de pièces de rotors étage 1 du moteur numéro 2 entraînèrent la perte des trois systèmes hydrauliques qui alimentaient les commandes de vol de l'avion. L'équipage de conduite eut de grandes difficultés à maîtriser l'avion, qui ensuite percuta au sol lors d'une tentative d'atterrissage à l'aéroport Sioux Gateway (Iowa). Il y avait à bord 285 passagers et 11 membres d'équipage. Un membre du personnel de cabine et 110 passagers furent mortellement blessés.

Le NTSB des États-Unis a déterminé que la cause probable de cet accident était une attention insuffisante aux limitations de facteurs humains dans l'inspection et les procédures de contrôle de qualité utilisées par les services de

révision de moteurs de United Airlines. C'est ainsi que ne fut pas détectée une fissure de fatigue due à une déféctuosité métallurgique précédemment non détectée, dans un point critique du disque de rotor étage 1, fabriqué par General Electric Aircraft Engines.

**Embraer 120, Eagle Lake (États-Unis), 11 septembre 1991
(Réf. NTSB/AAR 92/04)**

Le 11 septembre 1991, un avion Embraer 120 subit une rupture structurelle en vol et s'écrase au sol, sans aucun survivant, dans un champ de maïs près de Eagle Lake (Texas). L'accident est dû au fait que les vis de fixation sur la partie supérieure du bord d'attaque gauche du stabilisateur horizontal avaient été enlevées la veille au cours d'une maintenance régulière, laissant le bord d'attaque/dégivreur fixé au stabilisateur horizontal seulement par les vis de fixation de la partie inférieure.

Le rapport sur cet accident est particulièrement intéressant pour l'étude des facteurs humains. Le texte du rapport reproche aux techniciens de ne pas avoir fixé correctement les dégivreurs du stabilisateur horizontal. Une déclaration minoritaire de John Lauber, membre du NTSB des États-Unis, mentionne que la culture d'entreprise était particulièrement fautive, en plus des nombreux facteurs contribuant ayant conduit à une fixation incorrecte.

**Airbus A320, Gatwick (Royaume-Uni), 26 août 1993
(Réf. U.K. AAIB/Aircraft Incident Report 2/95)**

Cet incident s'est produit le 26 août 1993 sur un Airbus A320 au cours de son premier vol après un changement de surface de volet. L'avion se met en inclinaison latérale vers la droite non commandée au décollage, une situation qui persiste jusqu'à ce que l'avion atterrisse en sécurité 37 minutes plus tard à l'aéroport Gatwick de Londres. L'enquête a montré qu'au cours de la maintenance pour remplacer le volet extérieur droit, les spoilers de l'aile droite avaient été placés en mode de maintenance (afin de s'articuler librement) et mis en action selon une procédure incomplète. Plus précisément, les colliers et les étiquettes rouges n'étaient pas mis en place. L'objet des colliers et la façon dont les spoilers fonctionnent n'étaient pas entièrement compris par les techniciens. Ces défauts de compréhension étaient dus, en partie, au fait que les techniciens connaissaient bien d'autres avions (surtout 757) et ils ont contribué à un manque de briefing adéquat sur l'état des spoilers lors du changement d'équipes de travail. L'avion avait reçu l'autorisation de départ avec les activateurs encore en mode de maintenance. Le manque de fixation des spoilers ne fut pas détecté au cours des vérifications de fonctionnement par les pilotes.

**Boeing 747, Narita (Japon), 1^{er} mars 1994
(Réf. NTSB/SIR 94/02)**

Le 1^{er} mars 1994, un Boeing 747 atterrit au nouvel aéroport international de Tokyo à Narita (Japon), avec la partie avant du moteur numéro 1 touchant le sol. Un incendie se déclare mais il est rapidement éteint par les pompiers locaux et il n'y a pas de victimes. Au cours de la maintenance sur l'avion avant l'accident, la fixation primaire arrière du pylône numéro 1 avait été enlevée mais pas réinstallée. Le NTSB a constaté dans son investigation spéciale que :

- Le personnel de maintenance et d'inspection ayant travaillé sur l'avion n'était pas bien formé ni qualifié pour exécuter les fonctions requises de maintenance et d'inspection.
- L'inspecteur qui avait effectué l'inspection de tests non destructifs sur la fixation diagonale du pylône numéro 1 a bien effectué l'inspection, mais il a signé à tort les étapes suivantes de la fiche du système de texte interactif centralisé (CITEXT). Cela a peut-être conduit d'autres membres du personnel de maintenance et d'inspection à interpréter que les opérations sur les fixations du moteur numéro 1 avaient été achevées, alors qu'elles ne l'avaient pas été.

- L'inspection « OK pour fermer » du pylône fut gênée par un mauvais éclairage et le risque perçu de l'échafaudage.
- Le CITEXT utilisé par Northwest Airlines était inadéquat parce qu'il y manquait les informations pertinentes figurant dans le manuel de maintenance approuvé par la FAA, il n'était pas conforme à la politique GEMM de Northwest Airlines et il ne contenait pas d'instructions spécifiques pour les opérations, les composantes ou les systèmes qui étaient spécifiques au pylône de moteur numéro 1 du Boeing 747.
- Les techniciens de maintenance et les inspecteurs de Northwest Airlines ne comprenaient pas bien l'application du CITEXT et des systèmes « étiquette rouge » pour les éléments critiques de maintenance.
- Les superviseurs de maintenance et les cadres de Northwest Airlines n'ont pas veillé à ce que les pratiques de travail des techniciens et des inspecteurs soient conformes au manuel de maintenance approuvé.
- Le milieu de travail de la maintenance intense sur l'avion était inadéquat et a contribué à une situation de risque d'erreur pour les travailleurs.
- Le manque de stockage adéquat et organisé des pièces déposées a contribué à l'absence de réinstallation des fixations.
- La supervision par la FAA des services de maintenance de Northwest Airlines n'a pas permis de détecter des dérogations dans les procédures « étiquette rouge ».
- Les inspecteurs de la FAA n'ont pas appliqué les éléments de facteurs humains élaborés par la FAA et ont toléré l'existence d'un milieu de travail inadéquat dans le hangar.

Douglas DC-9-32, Atlanta (États-Unis), 8 juin 1995
(Réf. NTSB/AAR 96/03)

Le 8 juin 1995, alors que le vol régulier de transport intérieur de passagers de la compagnie ValuJet Airlines commençait son roulement au décollage, les occupants de l'avion et le personnel de contrôle de la circulation aérienne entendent un fort « bang ». Le voyant de feu de moteur droit est activé, l'équipage de l'avion qui est derrière signale à l'équipage de ValuJet Airlines que le moteur droit est en feu, et le décollage est interrompu. Des fragments du moteur droit pénètrent dans le fuselage et dans les conduits de carburant du moteur droit, et un incendie se déclare dans la cabine. L'avion s'arrête sur la piste et le commandant ordonne l'évacuation de l'avion.

Le NTSB a déterminé que la cause probable de cet accident était que le personnel de maintenance et d'inspection de Turk Hava Yollari n'avait pas effectué une inspection adéquate du septième étage de disque de compresseur. Une fissure détectable s'est alors propagée jusqu'à une longueur à laquelle le disque s'est rompu, dans les conditions normales d'exploitation, projetant des fragments de moteur dans le fuselage.

Boeing 737-400, Daventry (Royaume-Uni), 23 février 1995
(Réf. U.K. AAIB/Aircraft Incident Report 3/96)

Le 23 février 1995, après avoir décollé sur l'aéroport East Midlands (Royaume-Uni), en route vers l'aéroport Lanzarote des îles Canaries (Espagne), un Boeing 737-400 subit une perte de pression d'huile dans les deux moteurs. L'avion se dérouta et atterrit à l'aéroport de Luton. L'investigation a révélé que l'avion avait été soumis à des inspections des deux

moteurs la nuit précédente et que les couvercles de rotor haute pression (HP) n'avaient pas été réinstallés, ce qui a entraîné la perte de presque toute l'huile des deux moteurs en cours de vol.

Le technicien de maintenance en ligne allait initialement effectuer la tâche et a commencé à préparer un des moteurs pour l'inspection. Toutefois, pour diverses raisons, il a échangé le travail avec le contrôleur de maintenance de base et, en conséquence, lui a donné une indication orale de ce qui avait déjà été fait. La documentation de ce travail n'était pas bien connue du contrôleur de maintenance de base, car il s'agissait de papiers de maintenance de ligne, mais il n'a pas jugé nécessaire de recourir à des textes de référence additionnels. Le contrôleur de maintenance de base a choisi un monteur pour l'aider. Malgré de nombreuses interruptions, ils ont exécuté le travail mais ils n'ont pas réinstallé les couvercles de rotor. Des essais au sol de moteurs au ralenti (qui auraient révélé les fuites d'huile) ne furent pas effectués. Le travail fut signé comme achevé.

Boeing 747, Gatwick (Royaume-Uni), 2 novembre 1996
(Réf. U.K. AAIB Bulletin 5/97)

Immédiatement après le décollage d'un Boeing 747 le 2 novembre 1996, la poignée de porte 4L se met en position « ouverte » au cours de la montée. Le commandant décide de vidanger du carburant et de retourner à Gatwick. L'avion atterrit en sécurité. Une investigation a révélé que le tube de couple de la porte avait été incorrectement foré/ajusté. Le manuel de maintenance prévoyait l'utilisation d'un gabarit de forage pour l'installation du nouveau tube de couple non foré, mais aucun gabarit n'était disponible. Le technicien licencié de maintenance d'aéronefs et le technicien de liaison technique du parc aérien ont décidé de forer le tube dans l'atelier sans gabarit, à cause des contraintes de temps et du besoin opérationnel de l'avion. Le problème de la porte résultait d'une position incorrecte des trous de forage pour les fixations dans le tube de couple de la porte.

Airbus A320, Gatwick (Royaume-Uni), 20 janvier 2000
(Réf. U.K. AAIB Bulletin 7/2000)

Le 20 janvier 2000, alors qu'un Airbus A320 se cabre au décollage sur l'aéroport de Londres Gatwick, les deux trappes de capot se détachent du moteur numéro 1 et heurtent l'avion. Les trappes sont détruites et il y a des dommages localisés sur le moteur numéro 1 et son pylône, l'aile gauche, les volets et fentes de gauche, le fuselage et l'empennage vertical. Il est probable que les trappes avaient été fermées à la suite de la maintenance mais pas verrouillées avant l'accident. Lorsque les trappes sont fermées, il n'y a rien qui indique la situation de non verrouillage et il n'y a aucune indication dans le cockpit. Des incidents analogues se sont produits au moins sept autres fois dans le monde.

Appendice B au Chapitre 1

RÉFÉRENCES

- Air Transport Association of America. *ATA Specification 113: Maintenance Human Factors Program Guidelines*. [www.airlines.org/public/publications]
- Aircraft Dispatch and Maintenance Safety (ADAMS). *Human-Centred Management Guide for Aircraft Maintenance*. 2000, Chapitres 1, 4 et 5.
- Autorités conjointes de l'aviation. *Joint Aviation Requirement 66: Certifying Staff Maintenance*. 1998.
- Bureau of Air Safety Investigation — Australie. *Human Factors in Airline Maintenance: A Study of Incident Reports*. 1997, p. v et 1.
- CAA du Royaume-Uni. « CAA Paper 97011: JAR 145 Review Team Report ». 1997.
- CAA du Royaume-Uni. *Human Factors and Aircraft Maintenance Handbook*. 2000, Numéro 2, Partie 3, Chapitre 3.
- Courteney, H. « Safety is no Accident ». Communication à la Royal Aeronautical Society Conference, Londres, Royaume-Uni, 2 mai 2001.
- FAA. « Human Factors Defined ». Chapitre 1 du FAA/AAM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase I Progress Report*. 1991.
- FAA. « International Comparisons ». Chapitre 5 du FAA/AAM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase II Progress Report*. 1993.
- FAA. « Reliability in Aircraft Inspection: UK and USA Perspectives ». Chapitre 9 du FAA/AAM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase IV Progress Report*. 1995.
- Johnson, W.B. « Return on Investment in Maintenance Human Factors ». Communication à la SMi Conference on Aircraft Maintenance Human Factors, Londres, Royaume-Uni, 2000.
- National Transportation Safety Board. « Maintenance Accident Report Infobase ». Sur FAA CD-ROM *Human Factors in Aircraft Maintenance and Inspection: Ten Years of Research and Development*. 1998.
- OACI. *Lignes directrices sur les facteurs humains et les systèmes de gestion du trafic aérien (ATM)* (Doc 9758). Montréal, Canada, 2000.
- OACI. *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683). Montréal, Canada, 1998.
- Rankin, Bill. *Boeing Co. Study*. 2001.
- Réseau mondial d'information aéronautique (GAIN). *Operator's Flight Safety Handbook*. Juin 2000, Section 7. [www.gainweb.org]

Chapitre 2

POINTS CRUCIAUX LIÉS AUX ERREURS DE MAINTENANCE

2.1 INTRODUCTION

2.1.1 Les statistiques d'accidents/incidents peuvent fournir un bon aperçu de certains des types ordinaires d'erreurs de maintenance qui ont été signalés comme facteurs causals dans le passé. Par exemple, le Tableau 2-1 présente un résumé de constatations d'accidents/incidents liés à la maintenance dans trois États très actifs en aviation de transport commercial, avec des références aux sections du présent chapitre. Il y a de grandes variations dans les facteurs causals et il n'y a une concordance que dans 10 des 21 catégories. Cela peut s'expliquer par des différences culturelles, organisationnelles et réglementaires.

2.1.2 Étant donné qu'il y a de grandes variations dans les facteurs causals dans le cas des trois États du Tableau 2-1, il est probable qu'il existe aussi de grandes variations entre d'autres États. Cette conclusion donne à penser que chaque organe national de réglementation de l'aviation devrait adapter les réglementations et orientations à la situation de l'État dont il s'agit afin de produire des résultats optimaux en matière de sécurité aérienne.

2.1.3 Bien des textes sur les facteurs humains présument que les personnes (êtres humains) n'ont pas changé au cours des quelques dernières décennies. Alors que les caractéristiques physiques fondamentales des humains pourraient très bien être inchangées, il est probable que de nombreux aspects des travailleurs de hangar et de leurs supérieurs ont beaucoup changé. À la suite de recherches dans ce domaine, l'équipe de recherche en facteurs humains dans la maintenance aéronautique de l'Office of Aviation Medicine de la FAA a présenté en novembre 1991 son rapport d'avancement de phase I, qui décrit l'évolution des activités de maintenance aux États-Unis et de leur population depuis les années 1960 jusqu'à 1990. Il paraît raisonnable de supposer que des changements ont continué de se produire dans les années qui ont suivi ce rapport. Le rapport est examiné plus en détail dans l'Appendice A au présent chapitre.

2.1.4 Le présent chapitre utilise des extraits de textes élaborés par différents organismes pour expliquer certains des facteurs qui, comme les exemples du Tableau 2-1, sont connus comme augmentant la probabilité d'erreurs de maintenance.

2.2 SUPERVISION RÉGLEMENTAIRE

2.2.1 La citation ci-après de l'ouvrage du professeur James Reason intitulé *Managing the Risks of Organizational Accidents* traduit probablement la perception qu'ont de leur rôle de nombreux organes de réglementation en aviation [traduction OACI] :

« Les réglementateurs — comme les policiers — ne sont pas dans une situation agréable. Non seulement ceux qu'ils réglementent ne les aiment pas en général, mais aujourd'hui ils sont de plus en plus exposés à des critiques dans les cas d'accidents organisationnels. Au cours des 30 dernières années, la recherche des causes d'une catastrophe majeure s'est constamment élargie et a remonté dans le temps pour découvrir des contributions de plus en plus éloignées. Les décisions et les actes de l'autorité de réglementation sont souvent mis en lumière dans cette "chute" causale élargie. »

Tableau 2-1. Comparaison de causes d'accidents/incidents liés à la maintenance entre trois États, avec références aux sections du Chapitre 2

<i>Chapitre 2 Section n°</i>	<i>National Transportation Safety Board des États-Unis</i>	<i>Air Accidents Investigation Branch du Royaume-Uni</i>	<i>Transports Canada</i>
2.2	Supervision réglementaire inadéquate	Supervision réglementaire inadéquate	
2.3	Programme de maintenance inadéquat		
2.3	Supervision inadéquate par les cadres		
2.3	Pièces ou outils incorrects	Équipement ou pièces inadéquats	Ressources inadéquates
2.3		Préplanification inadéquate du travail	
2.3		Personnel insuffisant en nombre	
2.3 et 2.5		Pression de l'échéancier pour achever la tâche	Pression
2.4	Dérogations de procédures	Non-utilisation de procédures d'OMA ou MM	Normes ou habitudes
2.4	Connaissances/formation inadéquates		Connaissances inadéquates
2.4	Ressources disponibles non utilisées		
2.4 et 2.9	Limitations de performances humaines	Toutes les erreurs en travail de nuit	Fatigue, stress, manque d'assurance
2.5	Absence de réaction aux signes/avertissements		Manque d'attention ou excès de confiance
2.5	Manque de prévoyance quant aux effets		
2.5		Interruptions	Distractions dans le travail
2.5		Exécution de tâches par chefs de service	
2.5		Attitude « je peux le faire »	
2.5			Manque d'esprit d'équipe
2.5 et 2.8	Mauvaises communications	Changement d'équipe ou de tâche	Mauvaise communication
2.6	Milieu de maintenance inadéquat		
2.7	Conception fautive		
2.8	Informations promulguées inadéquates	Manuels manquant de clarté	

2.2.2 La conformité avec la réglementation est-elle l'objectif principal ? Comment l'industrie de la maintenance d'aéronefs perçoit-elle le rôle du réglementateur et des réglementations ? La citation ci-après du rapport du projet ADAMS de la Communauté européenne pourrait donner une réponse partielle à ces importantes questions [traduction OACI] :

« Lorsqu'on demande aux chefs de service : "Comment savez-vous que votre organisme est sécuritaire ?", ils répondent le plus souvent : "Parce que nous nous conformons à la réglementation." Cette réponse standard correspond à un retrait de responsabilité dans la performance de sécurité de la compagnie. Le cadre de la réglementation JAR 145 repose sur l'idée de donner l'approbation aux organismes de maintenance qui ont un système de gestion adéquat pour assurer la sécurité des opérations. Ainsi le réglementateur ne réglemente qu'indirectement la sécurité de l'opération — la responsabilité s'applique à la gestion du fonctionnement et de la qualité pour assurer la sécurité.

« Si les chefs de service considèrent la conformité avec les prescriptions réglementaires comme leur norme de sécurité, le système devient circulaire, sans norme indépendante de sécurité. La conformité avec les réglementations n'est que le premier pas dans la formulation d'une politique de sécurité efficace. »

2.2.3 L'expérience montre qu'il est nécessaire que l'industrie aille au-delà d'une simple conformité avec les réglementations pour réaliser des niveaux rehaussés de sécurité aérienne. Une deuxième étape possible est que les organismes établissent leurs propres normes internes de sécurité. Le rapport du projet ADAMS suggère que les critères comprennent ce qui suit :

- conformité avec des normes techniques et la meilleure pratique ;
- efficacité des procédures de gestion, c'est-à-dire un système de qualité efficace basé sur des éléments tels que l'organisation, des normes, des procédures, une documentation, un contrôle des ressources, la formation, l'évaluation et les systèmes de retour d'information ;
- constatation des résultats de sécurité, par exemple :
 - taux d'incidents et accidents, application des recommandations et évaluation de la mise en œuvre ;
 - mise en œuvre et évaluation des audits et recommandations ;
 - réception des rapports de divergences, prise de mesures et évaluations.

2.2.4 Bien entendu, l'État, de concert avec son organe de réglementation de l'aviation, a aussi la responsabilité, en vertu de la Convention de Chicago, de réglementer en conformité des normes et pratiques recommandées de l'OACI.

2.3 LE RÔLE DES CADRES

2.3.1 Dans les systèmes sociotechniques, les organismes doivent attribuer des ressources à deux objectifs distincts : production et sécurité. Sur le long terme, ce sont des objectifs évidemment compatibles ; cependant, comme les ressources ne sont pas illimitées, il y aura probablement de nombreuses occasions de conflit d'intérêt sur le court terme. Les ressources attribuées à la production (voir Figure 2-1) pourraient restreindre celles qui sont disponibles pour la sécurité, et vice versa. Devant ce dilemme, les organismes dont les structures sont inadéquates pourraient favoriser la gestion de la production plutôt que la sécurité ou la gestion du risque. Bien que cela soit une réaction parfaitement compréhensible, elle est à déconseiller et elle contribue à des carences additionnelles dans la sécurité.

2.3.2 Étant un système sociotechnique complexe, l'aviation a besoin d'une coordination précise d'un grand nombre d'éléments humains et d'éléments mécaniques pour son fonctionnement. Elle possède aussi de solides défenses de sécurité. Dans pareil système, les accidents sont le produit de la conjonction d'un certain nombre de facteurs habilitants, chacun étant nécessaire mais pas suffisant par lui-même pour franchir les défenses du système. Avec un progrès technologique constant, les défaillances majeures d'équipements ou les erreurs de personnel opérationnel sont rarement la cause profonde de ruptures des défenses de la sécurité du système. Ces ruptures sont plutôt la conséquence de défaillances humaines dans la prise de décisions, qui se produisent surtout dans les secteurs de la gestion.

2.3.3 L'analyse d'accidents majeurs dans des systèmes technologiques montre clairement que les préconditions de désastre peuvent être attribuées à des carences organisationnelles identifiables. Typiquement, on constate qu'un certain nombre d'événements indésirables, tous pouvant contribuer à un accident, définissent une « période d'incubation » qui se mesure souvent en termes d'années, jusqu'à ce qu'un déclencheur, par exemple une condition opérationnelle anormale, précipite un désastre. De plus, les activités de prévention d'accidents dans les systèmes socio-techniques reconnaissent que les problèmes majeurs de sécurité n'appartiennent pas exclusivement ni à l'élément humain ni à l'élément technique. Ils émergent plutôt d'interactions encore mal comprises entre les humains et la technologie. De plus, l'environnement dans lequel se situent ces interactions influe sur leur complexité.

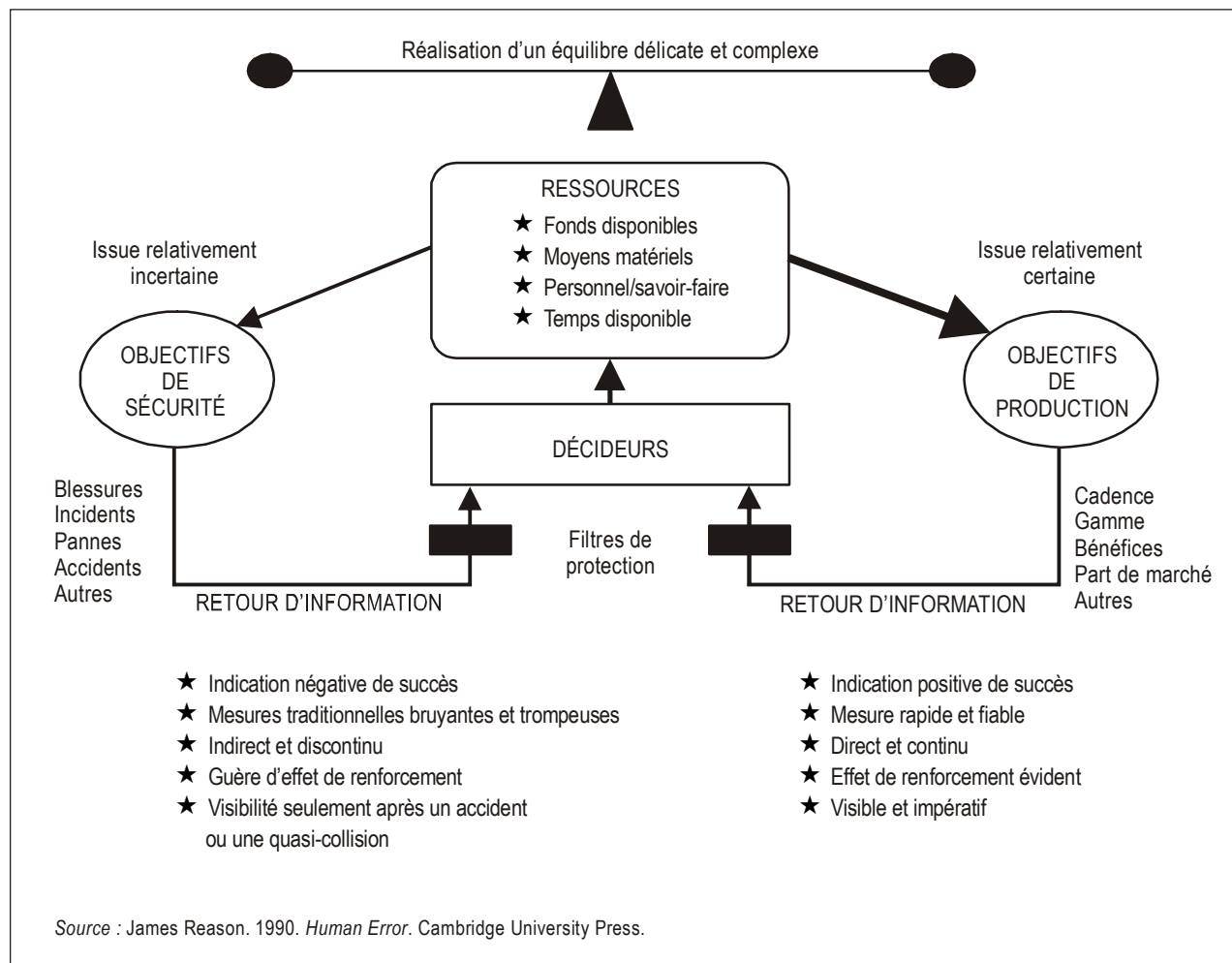


Figure 2-1. Résumé de certains des facteurs contributifs de décisions fautives à un niveau élevé

2.3.4 Une réaction superficielle des cadres à des erreurs de maintenance liées à l'organisation consiste à se demander pourquoi les procédures ne sont pas suivies. Taylor et Christensen, dans leur ouvrage intitulé *Airline Maintenance Resource Management*, donnent une brève réponse [traduction OACI] :

« Si le processus n'est pas respecté, considérer d'abord que c'est la conception du processus qui est fautive, et non pas l'individu. Les questions de compréhension et de conformité doivent être incluses dans la conception. Il ne faut pas blâmer les employés si le système rend difficile la compréhension et la conformité avec les attentes. Il faut améliorer la conception du processus. »

2.3.5 Les êtres humains sont la ressource la plus importante dans tout organisme de maintenance d'aéronefs ou d'équipements. La façon dont les cadres traitent les personnes influera nettement sur les résultats de l'organisme en termes de production et de normes. Le rapport du projet ADAMS résume cet aspect comme suit [traduction OACI] :

« Un organisme qui ne tient pas compte des rapports de qualité ou se sent menacé par eux, ou qui ne peut pas prendre des mesures efficaces à la suite d'incidents graves, qui réagit de façon punitive lorsque des personnes commettent des fautes bien intentionnées, ou qui a des exigences peu réalistes ou inappropriées, constatera que la compétence et le professionnalisme de ses employés glisseront vers l'autoprotection et non vers l'amélioration de l'organisme. »

Une culture « ouverte » qui encourage la communication vers le haut et réagit à des critiques constructives aura donc un effet positif sur l'organisme.

2.3.6 L'expérience, tant en Europe qu'aux États-Unis, a montré que les initiatives de facteurs humains ne sont pas toujours entièrement fructueuses. Le rapport du projet ADAMS de la Communauté européenne énumère les raisons ci-après comme les plus communes [traduction OACI] :

- « • *Marginalisation* : Les programmes de facteurs humains peuvent devenir marginalisés dans un service distinct ou un "champion" spécifique qui n'a guère d'influence lorsque les décisions sont prises. Un manque d'efficacité perçu conduit à l'affaiblissement et finalement la cessation du programme.
- « • *Unilatéralisme* : De nombreux programmes de facteurs humains ont une seule orientation, souvent sur la formation par exemple. Lorsque les gens retournent à leur milieu de travail précédent après une formation, il y a désillusion si ce milieu n'a pas changé et si les vieilles façons de travailler sont encore renforcées.
- « • *Focalisation sur le diagnostic et non le changement* : Les experts en facteurs humains ont des méthodes bien développées pour diagnostiquer ce qui a mal tourné. Il y a souvent trop peu de focalisation sur un changement de la situation pour prévenir une répétition.
- « • *Manque d'objectifs clairs* : Les programmes de facteurs humains ont souvent des objectifs qui ne sont pas facilement définis, par exemple : À quoi aboutira une meilleure sensibilisation ? Que veut dire la prévention de l'erreur ? Pareils programmes n'ont pas de lien clair entre la focalisation de l'intervention (habituellement attitudes ou comportement des personnes) et les aboutissements dont l'organisme a besoin.
- « • *Absence de volonté d'évaluation* : Les interventions en facteurs humains sont rarement accompagnées d'une évaluation systématique de leur efficacité. L'élaboration d'un programme efficace en facteurs humains nécessite un investissement notable. Il est approprié de mesurer l'efficacité de cet investissement. »

Les raisons ci-dessus d'un manque possible de succès peuvent être contrecarrées par un recours aux meilleurs principes de bonne gestion des humains. Les meilleurs principes devraient donc être incorporés à tous les aspects

du système de production et de gestion d'un organisme de maintenance d'aéronefs si l'on veut réduire les erreurs humaines.

2.4 FORMATION

2.4.1 Les réglementateurs qui cherchent à réduire les taux d'accidents et incidents dans l'aviation doivent prendre en compte les facteurs suivants : les aéronefs et leurs équipements sont complexes, les organismes de maintenance ont une forte charge de travail et la sécurité du public a un profil élevé. Ces facteurs se combinent pour justifier un niveau élevé de formation pour les techniciens de maintenance, leurs superviseurs et les cadres. Les mêmes facteurs justifient aussi un niveau élevé de formation pour les cadres et les inspecteurs dans les organes nationaux de réglementation de l'aviation.

2.4.2 Le technicien de maintenance d'aéronefs a besoin d'un haut niveau de capacité mécanique pratique et, dans la plupart des États, les réglementations prescrivent une formation formelle pour l'octroi d'une licence (de technicien/mécanicien) de maintenance d'aéronefs¹. L'Annexe 1 prescrit maintenant que cette formation doit inclure des connaissances en « performance humaine ».

2.4.3 Dans l'industrie, il y a une tendance à considérer la formation comme une activité distincte, bien délimitée, complètement séparée des autres tâches de gestion et de travail. Toutefois, un examen attentif des deux domaines — formation et gestion — révèle de nombreux parallèles dans les aptitudes et compétences requises. Une bonne formation et une bonne gestion nécessitent l'aptitude à évaluer les besoins des employés et les caractéristiques de personnalité, à élaborer des prescriptions de performance qui soient stimulantes mais pas au-delà des moyens de chaque personne, et à évaluer la performance. La formation devrait être considérée comme partie intégrante d'une bonne gestion de la maintenance en aviation.

2.4.4 Étant donné que les personnels de gestion et d'inspection d'un organe national de réglementation de l'aviation doivent élaborer et adopter des textes de réglementation et d'orientation et faire un suivi de la conformité avec ces textes dans l'industrie, leur niveau de formation en facteurs humains doit être plus approfondi et plus étendu que dans le cas des personnels de l'industrie. Il peut même être nécessaire que l'organe national de réglementation de l'aviation engage des spécialistes des facteurs humains (aussi appelés psychologues industriels).

2.5 FIABILITÉ DE L'INSPECTION HUMAINE

2.5.1 L'histoire montre que les humains sont prédisposés à commettre des erreurs. « L'erreur est humaine », selon le dicton. Dans sa communication à la conférence de la Royal Aeronautical Society en 1998, M. David Finch décrivait le vécu d'un technicien aéronautique très qualifié qui avait travaillé pendant de nombreuses années avec beaucoup d'inspecteurs différents dans des organismes de maintenance. Il expliquait que les inspecteurs sont sujets aux limitations humaines et sont faillibles. Faute de formation, d'expérience, de ressources, de soutien et pour toutes les raisons actuellement identifiées dans des programmes de facteurs humains, ils risquent d'oublier d'inspecter un certain secteur ou bien de ne pas voir ou reconnaître une défectuosité. Ayant vu et reconnu une défectuosité, ils peuvent encore être dans l'erreur, ou succomber à la persuasion, dans leur appréciation de son importance. Certains des principaux facteurs humains connus comme augmentant la probabilité d'erreur humaine sont identifiés dans le reste de la présente section.

1. L'Annexe 1 mentionne que les termes entre parenthèses peuvent être ajoutés au titre de la licence. Chaque État contractant pourra utiliser le terme qu'il préfère dans ses règlements.

2.5.2 La séquence normale des tâches exécutées dans la maintenance d'aéronefs peut génériquement se résumer comme suit :

PRÉPARATIFS — ACCÈS — DÉMONTAGE — TEST/RÉPARATION/RÉVISION (selon les besoins) —
INSTALLATION — TEST/AJUSTEMENT — FERMETURE.

La phase d'installation d'une tâche de maintenance a été identifiée dans de nombreuses études comme étant la plus susceptible d'aboutir à une erreur. Les genres d'erreurs de techniciens de maintenance qui ont été notés dans les études du professeur James Reason dans *Managing the Risks of Organizational Accidents* ont été combinés avec des données présentées par M. E.A. Ingham de la CAA du Royaume-Uni dans une communication à une conférence en 1996 et sont résumés ci-dessous dans l'ordre de fréquence d'occurrence (en commençant par les plus fréquents) :

- omissions, par exemple attaches non posées ou incomplètes, pièces non verrouillées (non réactivées), bouchons mal fixés ou manquants, pièces mal fixées ou déconnectées, pièces manquantes, objets flottants/outils non enlevés, manque de lubrification, panneaux, etc., non remis en place ;
- installation incorrecte de pièces ;
- installation de pièces inappropriées ;
- connexions croisées et autres fautes de câblage électrique ;
- mauvaise inspection de localisation de déféctuosité et/ou mauvais test fonctionnel.

2.5.3 Les facteurs connus comme agissant sur les personnes qui travaillent dans un organisme sont identifiés comme suit sur des affiches diffusées par Transports Canada :

- *manque de communication* : il ne faut jamais rien tenir pour acquis ;
- *excès de confiance* : une constante répétition peut entraîner des erreurs de jugement ;
- *manque de connaissances* : lorsqu'elle est couplée à une attitude « je peux le faire », l'erreur est plus probable ;
- *distraction ou interruption* : après une distraction ou une interruption, l'employé risque de se remettre au travail en pensant que la tâche a progressé plus que dans la réalité ;
- *manque de travail d'équipe* : si cela est lié à une mauvaise communication, des erreurs majeures peuvent survenir ;
- *fatigue* : avant qu'elle devienne extrême, il arrive souvent que la personne n'ait pas conscience d'être fatiguée ;
- *manque de ressources* : des décisions difficiles pour certifier ou ne pas certifier et une attitude « je peux le faire » peuvent causer des erreurs ;
- *pression* : les horaires de vol des exploitants peuvent être utilisés pour exercer une pression ;
- *manque d'assurance* : couplé à la pression, augmente la probabilité d'erreurs ;
- *stress* : fait partie de la vie à moins d'être excessif, et alors l'erreur devient plus probable ;

- *mauvaise prise de conscience* : manque de bon sens ou de perception des conséquences ;
- *normes ou habitudes* : les « normes » des pairs ne sont pas nécessairement les bonnes.

2.5.4 Une étude effectuée dans une grande compagnie aérienne, avec des techniques de remue-méninges auprès de 150 techniciens de maintenance, visait à déterminer pourquoi les techniciens commettent des erreurs. Les raisons les plus importantes sont énumérées dans la liste suivante :

- ennui ;
- manque de compréhension des instructions ;
- instructions non disponibles ;
- précipitation ;
- pression de superviseurs pour différer le travail ;
- fatigue ;
- distractions à un moment critique ;
- changement d'équipe de travail posté ;
- mauvaise communication ;
- utilisation de pièces incorrectes ;
- mauvais éclairage ;
- attaches non serrées ;
- opération de maintenance non autorisée.

La liste montre que les techniciens de maintenance eux-mêmes comprennent que la communication ou le manque de communication sont directement liés à des erreurs dans leur travail. À noter aussi que certains éléments de cette liste sont semblables à ceux du § 2.5.3 du présent chapitre.

2.5.5 Le Chapitre 14 du document de la FAA intitulé *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* résume des recherches en psychologie, basées sur les travaux du professeur James Reason, expliquant que les erreurs (c'est-à-dire non-exécution de mesures planifiées pour atteindre l'objectif souhaité) de techniciens de maintenance peuvent se ranger dans une de trois catégories, à savoir :

1. *Dérogations* : Le plan d'action est peut-être parfaitement adéquat, mais les actions ne se déroulent pas comme il est prévu — il y a une faute non souhaitée au cours de l'exécution de la tâche. Les dérogations peuvent être précisées comme *dérogations basées sur la règle* (les règles correctes sont suivies, mais pas adéquatement) ou *dérogations basées sur la compétence* (le niveau de compétence voulu n'est pas réalisé).
2. *Erreurs* : Les actions sont peut-être conformes au plan, mais le plan n'est pas adéquat pour réaliser l'aboutissement souhaité. Les erreurs peuvent se subdiviser en *erreurs basées sur la règle* (la règle suivie est incorrecte ou mauvaise pour la tâche) ou *erreurs basées sur les connaissances* (le bon trajet n'est pas choisi dans l'exécution d'une tâche pour laquelle il n'y a pas de règles préétablies, par exemple apprentissage par tâtonnements).

3. *Violations* : Alors que les dérogations et les erreurs ne sont pas intentionnelles, les violations sont délibérées dans la plupart des cas. Les gens envisagent généralement les actes non conformes, mais pas les mauvaises conséquences qui suivent parfois. Les violations peuvent se subdiviser en *violations de routine* (où l'on prend des raccourcis afin de suivre le trajet de moindre effort, ou on donne libre cours à des instincts agressifs) ou *violations nécessaires* (l'acte non conforme est commis simplement afin de réaliser le travail, c'est-à-dire lorsque les outils, équipements ou procédures sont inadéquats).

2.5.6 Le Chapitre 14 du *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA explique que les défaillances sont les conséquences d'erreurs humaines. La plupart des erreurs humaines n'ont pas de conséquences graves, mais un petit pourcentage peut aboutir ou contribuer à des défaillances dans la sécurité ou, dans les cas graves, à des incidents/accidents d'aéronefs. Les défaillances peuvent se répartir en deux catégories selon le temps qui s'écoule avant qu'il y ait un effet négatif sur la sécurité de l'aviation, à savoir :

1. *Défaillances actives* : Ces défaillances sont le résultat d'actes non sécuritaires (erreurs et violations) commis par ceux qui sont à l'interface entre l'humain et le système et dont les actes peuvent avoir et ont parfois des conséquences négatives immédiates, c'est-à-dire que l'aboutissement négatif est presque immédiat.
2. *Défaillances latentes* : Ces défaillances sont le résultat de décisions prises aux niveaux supérieurs de l'organisme. Leurs conséquences dommageables peuvent longtemps rester stagnantes, se manifestant seulement lorsqu'elles se combinent avec des facteurs déclencheurs locaux qui ouvrent une brèche dans les défenses du système.

2.5.7 Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA indique que dans une étude effectuée dans les installations techniques d'une grande compagnie aérienne mondiale, 12 facteurs locaux (liés aux activités de maintenance en ligne) et 8 facteurs organisationnels ont été identifiés comme ayant des effets négatifs sur les pratiques de travail dans les hangars. Les facteurs locaux variaient d'un lieu de travail à un autre (par exemple entre un hangar et un atelier) ; toutefois, les facteurs organisationnels en amont restaient les mêmes dans tout le système. Des renseignements plus détaillés sur les facteurs organisationnels locaux et en amont sont donnés dans l'Appendice B au présent chapitre.

2.6 FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

2.6.1 La maintenance d'aéronefs est généralement exécutée dans un des trois environnements suivants : a) l'atelier des pièces ; b) le hangar d'aéronefs entiers ; c) l'extérieur, sur l'aire de trafic pour la maintenance en ligne. Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA donne les raisons concises ci-après pour lesquelles la conception du hangar de maintenance est très importante [traduction OACI] :

« Le concept de facteurs humains le plus fondamental concernant la conception de l'installation est que l'installation doit être considérée comme un lieu où des travailleurs humains exécutent des tâches. Cela paraît simpliste et peut-être trop évident. Toutefois, il importe de se rendre compte que les installations de maintenance sont plus que des lieux de stationnement d'avions. Une étude attentive des tâches qui vont être exécutées dans une installation donne un bon aperçu des aires que doit posséder l'installation, où elles doivent être situées et comment chacune doit être en rapport avec toutes les autres. Une installation bien conçue aidera les travailleurs de maintenance à effectuer leur travail. Une installation mal conçue gêne les travailleurs. »

2.6.2 Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA introduit aussi le concept de « stress environnemental » causé par des éléments de l'environnement du travailleur. Des espaces exigus, un mauvais

éclairage, le bruit, la chaleur, le froid, l'humidité et le manque de circulation d'air peuvent tous causer une diminution de la performance. Lorsque plusieurs des effets environnementaux sont combinés, les niveaux de stress seront plus élevés que dans les cas de causes individuelles. Il importe d'observer que le stress environnemental peut aboutir à des handicaps physiques et mentaux. Par exemple, une chaleur excessive entraîne un manque de concentration ainsi que des symptômes plus évidents de souffrance physique.

2.6.3 Les techniciens de maintenance d'aéronefs qui travaillent à la maintenance en ligne sont chargés d'effectuer les vérifications régulières requises et de résoudre les défauts signalés par les équipages de conduite. Ils participent aussi souvent à des tâches additionnelles comme avitaillement, dispatching et remorquage. La plus grande partie du travail de maintenance en ligne s'effectue sur l'aire de trafic, qui est un environnement beaucoup plus animé que le hangar et qui est sujet à tous types de variations de l'atmosphère et de l'éclairage. Il y a sur l'aire de trafic de nombreuses activités d'avitaillement en carburant, de chargement des bagages et de services d'alimentation, etc., de sorte que l'accès est souvent difficile.

2.7 ERGONOMIE ET FACTEURS HUMAINS

2.7.1 Dans bien des États, le terme *ergonomie* est appliqué strictement à l'étude des aspects de conception du système humain-machine. Cependant, dans de nombreux pays les termes *ergonomie* et *facteurs humains* sont utilisés de façon interchangeable. Le *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683), Partie 1, Chapitre 4, définit la différence entre les deux comme une différence d'accent. Le terme *facteurs humains* a acquis une signification plus large, comprenant des aspects de la performance humaine et des interfaces du système qui ne sont pas généralement considérés comme l'aspect dominant de l'ergonomie.

2.7.2 Une étude des accidents et incidents dans l'Appendice A au Chapitre 1 montre clairement que dans bien des cas les tâches de maintenance, la technologie et les conditions de travail n'étaient pas bien en rapport avec les humains participant aux activités.

2.7.3 Le Chapitre 3, § 3.9, vise à fournir des solutions aux problèmes d'adaptation entre d'une part la technologie et les conditions de travail, d'autre part les êtres humains.

2.8 COMMUNICATION ET CONCEPTION DE LA DOCUMENTATION

2.8.1 Dans leur ouvrage intitulé *Airline Maintenance Resource Management*, Taylor et Christensen rendent compte d'une étude effectuée dans une grande compagnie aérienne pour examiner pourquoi les techniciens de maintenance font des erreurs dans la documentation et les écritures. L'étude portait sur 160 contremaîtres, premiers mécaniciens et techniciens de maintenance qui étudièrent en détail une liste d'erreurs et leurs causes. En résumé, une mauvaise communication, la pression et des distractions furent généralement considérées comme les causes les plus importantes. La liste détaillée est la suivante :

- mauvaise communication concernant les informations techniques, y compris mauvaises réponses de cadres à des questions en atelier au sujet des procédures de maintenance de la compagnie ;
- mauvaises pratiques d'information dans le système de maintenance, notamment documentation du système de contrôle de maintenance souvent incorrecte, perdue ou au mauvais endroit, et insatisfaction au sujet d'avis techniques ;
- problèmes d'information liés à une fusion de compagnies, par exemple mauvais choix à l'occasion d'une fusion et non-adoption de meilleurs systèmes de documentation à la suite d'une fusion ;

- temps insuffisant pour vérifications en transit de jour et documentation correspondante ;
- changements dans le registre de travaux sans intervention des mécaniciens utilisateurs, et nouvelle conception ayant causé des erreurs dans des données ;
- informations techniques (par exemple ordonnances techniques) et consignes de navigabilité trop compliquées et/ou redondantes, sans participation des utilisateurs dans la composition ;
- documentation trop compliquée et pas assez de temps prévu pour mener à bien ;
- manuels de politiques mal rédigés, difficiles d'accès et d'utilisation, aboutissant à des erreurs ;
- formation insuffisante en matière de documentation de la compagnie ;
- problèmes relatifs au type et à la situation de la technologie d'information en maintenance, notamment équipement d'accès aux données de maintenance peu satisfaisant, images sur microfilm déformées et/ou peu claires, et système informatique non convivial.

2.8.2 La conception de la documentation est clairement un facteur dans plusieurs des rubriques ci-dessus. Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance (Phase VII Progress Report)* de la FAA classe les aspects de conception de la documentation d'une façon générique comme suit :

- *Lisibilité de l'information* : C'est un aspect primordial dans la conception de la documentation, qui concerne les deux aspects suivants : présentation typographique et structure linguistique. Les deux aspects ont une forte influence sur la rapidité de lecture et la précision des textes.
- *Contenu de l'information* : Il s'agit ici des aspects tant textuels que graphiques. Il importe que les textes soient appropriés, à jour, exacts, complets, faciles à comprendre et sans ambiguïté.
- *Organisation de l'information* : Il s'agit ici de la façon dont l'information est organisée dans le document. Pour que l'information puisse être utilisée par des novices aussi bien que des experts, elle devrait être classifiée en catégories appropriées et structurée en termes de détails. Il faut aussi que les informations soient organisées dans une séquence logique.
- *Compatibilité physique* : Ceci concerne la manutention et l'usage d'un document. Dans la conception d'un document, il importe de prendre en compte sa compatibilité physique avec la tâche dont il s'agit. Une fiche de travail, soit sur papier soit en informatique, aura tendance à ne pas être utilisée si elle a été dégradée par les conditions atmosphériques ou des fluides d'aéronef, ou si elle est lourde, trop grande et/ou incompatible avec les niveaux d'éclairage, les outils utilisés ou la tâche dont il s'agit.

2.9 FATIGUE DU PERSONNEL DE MAINTENANCE

2.9.1 La fatigue est généralement associée à la lassitude après le travail ou l'effort soit physique, soit mental. Autres symptômes de fatigue : faiblesse, stress, dépression, problèmes de santé et tendance à commettre des erreurs. Des horaires de travail excessifs, une mauvaise planification, un personnel insuffisant, de mauvais horaires d'équipes de travail posté et un milieu de travail sans une bonne régulation de la température, de l'humidité ou du bruit contribuent tous à la fatigue dans l'environnement de maintenance en aviation.

2.9.2 La fatigue est illustrée dans une des 12 affiches de Transports Canada. Dans plusieurs des rapports sur des accidents et incidents mentionnés dans l'Appendice A au Chapitre 1, le travail de maintenance effectué de nuit par

des employés éventuellement touchés par la fatigue ou un manque de sommeil a été identifié comme facteur causal. Ces accidents et incidents ne sont pas les seuls exemples de fatigue chez les travailleurs. Par exemple, un exploitant possédant une flotte de 12 aéronefs a connu les incidents « non signalables » ci-après avant un vol :

- dommages structuraux importants sur un aéronef, à cause de procédures incorrectes de levage ;
- importants dommages structuraux sur deux aéronefs à cause d'une collision en remorquage ;
- un outil oublié dans un aéronef ;
- trois employés de maintenance gravement blessés à cause d'un accident d'automobile lors d'un retour au foyer après une longue équipe de travail posté.

2.9.3 Le sommeil est associé à la fatigue et peut être influencé tant par le style de vie et les habitudes hors du travail que par le roulement d'équipes dans l'organisme de maintenance. Il y a dans bien des industries beaucoup d'indices qui montrent que le travail posté peut aboutir à une plus grande fatigue et à une sécurité réduite. Des recherches ont montré aussi que les systèmes de travail posté peuvent être conçus de façon à minimiser l'accumulation de fatigue et la perturbation du sommeil.

2.9.4 Les humains ont des rythmes corporels, souvent appelés biorythmes. Le biorythme circadien, quotidien, est d'un intérêt particulier dans le travail posté car il y a des indices, dans les transports et d'autres industries, montrant que le risque d'accident est le plus élevé dans les toutes premières heures du matin, c'est-à-dire entre 2 h et 3 h. Il y a aussi des signes montrant que la période de moindre risque est en fin de matinée, c'est-à-dire entre 10 h et midi.

Appendice A au Chapitre 2

ÉVOLUTION DE LA MAINTENANCE DES AÉRONEFS DE TRANSPORT COMMERCIAL, 1970-1990

1. En novembre 1991, le groupe des facteurs humains en maintenance aéronautique de l'Office of Aviation Medicine de la FAA a présenté son rapport d'avancement de phase I sur une étude traitant de l'évolution de la maintenance des aéronefs de transport commercial de 1970 à 1990. Le sommaire du rapport indique qu'il s'agit d'un exposé combiné de la gestion de maintenance et du comportement organisationnel dans huit organismes de maintenance des États-Unis, comprenant des transporteurs aériens et des ateliers de réparation grands et petits. Bien que cette étude traduise l'expérience d'un seul État, les mêmes genres de changements (peut-être sur des périodes différentes) ont probablement été constatés par d'autres États ayant d'importants services aériens. Le texte ci-après est extrait du rapport [traduction OACI] :

« Évolution de la maintenance des aéronefs de transport commercial, 1970-1990

« Au cours de visites effectuées aux fins de la présente étude, un certain nombre de cadres et superviseurs de grande maintenance, qui avaient de longs états de service, ont exposé leurs vues sur l'industrie. Ce qui suit est le tableau remarquablement uniforme de ces entretiens, quant aux changements pendant les années 1960, 1970 et 1980 dans la maintenance de compagnies aériennes.

« Vers la fin des années 1960 et au début des années 1970, des avions modernes à réaction (Boeing 707 et Douglas DC-8 en particulier) étaient bien établis dans la flotte aérienne commerciale des États-Unis. Les Douglas DC-9 et Boeing 727 faisaient leur apparition, avec des charges moins lourdes et des distances plus courtes, mais encore très rapides et volant à haute altitude. À cette époque, l'organisation de la maintenance en hangar était guidée par les compétences et l'expérience de contremaîtres. Ils avaient sous leurs ordres des chefs d'équipe et des mécaniciens spécialisés formés principalement dans l'aviation militaire. Dès avant les années 1960, il y avait des programmeurs (ou chronométrateurs) qui contrôlaient les documents d'affectation des tâches, et des instructeurs pour améliorer et élargir la performance et les compétences des mécaniciens sur les avions plus nouveaux. La crise pétrolière de 1973 fit grimper les prix des carburants et des billets de passage, entraînant une réduction du nombre de passagers et amenant de nombreuses compagnies aériennes à mettre à pied les mécaniciens les moins anciens et les moins expérimentés.

« À la fin des années 1970 et au début des années 1980, les mécaniciens expérimentés et leurs superviseurs avaient atteint un haut niveau de compétence. Les fiches de travail pour les affectations s'étaient révélées efficaces et le processus de normalisation des activités dans la maintenance en hangar avait fait reconnaître la nécessité d'un rôle plus large pour le "planificateur des travaux". En 1979-1980, les pénuries de pétrole, les prix plus élevés des carburants, le ralentissement du travail des contrôleurs de la circulation aérienne et la déréglementation ont convergé pour forcer de nombreux transporteurs à réduire encore les coûts en face d'une concurrence plus intense. La maintenance des aéronefs étant techniquement bien en main avec un personnel ample et compétent, il y eut de nouvelles mises à pied de techniciens de maintenance d'aéronefs.

« Aujourd'hui, en 1990, il y a moins de mécaniciens et d'inspecteurs expérimentés en grande maintenance — résultant encore des mises à pied lors de la turbulence économique de 1979-1983, parallèlement à

l'exode de personnel expérimenté par suite de retraites, promotions et transferts interservices dans des ateliers de maintenance. À la suite de la récession et de la déréglementation, on peut constater énormément de signes d'une industrie consciente des coûts — les signes les plus évidents étant des stocks réduits de pièces de rechange et des niveaux réduits de personnel de maintenance. Enfin, comme nous le savons bien maintenant, la flotte d'aéronefs neufs en 1970 est devenue une flotte d'avions vieillissants. Ensemble, ces changements aboutissent typiquement en 1990 à une organisation de maintenance en hangar guidée par des chefs d'équipe et/ou des planificateurs. Ces derniers sont de plus en plus compétents en informatique et sont chargés de mettre en forme numérique les fiches de travail et le système de planification et de suivi des travaux. Avec l'engagement de nouveaux techniciens de maintenance et avec la complexité croissante de la maintenance des nouveaux avions, les services de formation et leurs instructeurs sont redevenus un aspect important de l'efficacité de la maintenance.

« Aujourd'hui, le personnel de maintenance en hangar a typiquement une répartition d'expérience bimodale de 30 années ou plus, et de 3 années ou moins. Il y a relativement peu de techniciens de grande maintenance ayant une ancienneté de compagnie entre ces deux crêtes. En raison de la multiplication de fuselages vieillissants et de consignes de navigabilité les concernant, la plus grande demande de nouveaux mécaniciens se situe dans la réparation de tôlerie. Ainsi la plupart des mécaniciens en tôlerie ont peu d'ancienneté et la plupart sont jeunes. Bien des mécaniciens de tôlerie sont titulaires d'une licence A&P (cellules et moteurs) mais sont nouveaux dans ce secteur, ayant fait précédemment d'autres travaux. Dans bien des cas ces nouveaux A&P n'ont pas d'expérience militaire, et s'ils en ont ils ne sont pas nécessairement qualifiés immédiatement pour du travail A&P sur des avions de transport commercial. Par exemple, le travail de chef d'équipe en aviation militaire donne une expérience limitée mais approfondie dans les aspects de charge et de centrage, et les réparations sur hélicoptères donnent une compréhension minimale des réparations de cabines pressurisées. Il y a aussi certains techniciens de maintenance qui viennent dans le travail de maintenance en compagnie aérienne après avoir passé quelque temps dans la construction d'aéronefs de défense et/ou de transport commercial. Ils ne savent généralement pas grand-chose en matière de réparations, bien qu'ils soient souvent très compétents dans le rivetage de tôlerie. Bien que certains d'entre eux ne sachent pas grand-chose dans le domaine de la réparation, il y a aujourd'hui beaucoup de techniciens de maintenance qui ne sont pas engagés comme experts en réparation d'aéronefs, mais pour être spécialisés seulement en travaux de tôlerie.

« En résumé : le rôle primordial des contremaîtres dans les années 1970, réduit au cours des années 1980, est réapparu dans les années 1990 pour gérer les nombreux techniciens de maintenance nouveaux dans la main-d'œuvre de grande maintenance. Il y a une complexité additionnelle : les systèmes de planification informatisés (planificateurs, programmeurs, coordonnateurs) opposent un défi à l'autorité traditionnelle du contremaître, et à l'"autorité des connaissances" détenue par le "maître ouvrier" dans cette industrie. »

2. Le rapport présente ensuite les autres résultats de l'étude, en commençant par les résultats non filtrés obtenus à partir du protocole formel élaboré pour les visites sur le terrain. Viennent ensuite les opinions, attitudes et sentiments (concernant surtout la culture, la mission ou les valeurs de la compagnie et du système de maintenance) exprimés par le personnel de maintenance d'aéronefs au cours des visites. Sont ensuite décrites les données du système technique portant sur les aéronefs et les éléments comprenant le « trajet critique » de la révision. Enfin sont présentées des données sociales du système résultant des analyses.

3. La section conclusions du rapport commence par le paragraphe suivant :

« Au nombre des causes acceptées de la qualité du travail il y a l'attitude de dévouement, le haut niveau de connaissances et l'état psychique positif des employés exécutant le travail. Inversement, des attitudes négatives, un manque de connaissances et un esprit inquiet sont en rapport avec une mauvaise qualité et une réduction de la sécurité et des aboutissements. L'étude a permis d'obtenir des indications sur la quantité de communication au sujet du travail et du soutien interpersonnel des niveaux de confiance, ainsi que sur le degré de frustration ou de satisfaction des besoins humains. On a pu constater des sources

importantes d'attitude et d'état d'esprit des employés dans la maintenance aéronautique. Les conclusions qui suivent visent à souligner ces aspects importants. »

Les conclusions traitent ensuite les sujets suivants :

- grandes subdivisions organisationnelles ;
- dévouement ;
- satisfaction dans le travail ;
- respect des collègues et des cadres ;
- gestion participative ;
- contrôle essentiel de variance ;
- esprit d'équipe ;
- limites du système de maintenance interne ;
- définition de la mission et constatations ;
- culture ;
- expérience du personnel de maintenance d'aéronefs ;
- contrôle des affectations.

4. Les recommandations du rapport, qui sont présentées sous la forme de propositions de changements et de lignes directrices pour les dirigeants, se résument comme suit :

- élaborer des lignes directrices sur les communications ;
- rehausser la compétence de la main-d'œuvre ;
- énoncer clairement la mission avec des objectifs bien définis ;
- développer un engagement à l'égard des valeurs humaines ;
- créer et soutenir l'esprit d'équipe ;
- diminuer l'accent sur l'individu en faveur d'un meilleur travail d'équipe dans le personnel de maintenance d'aéronefs ;
- promouvoir l'excellence dans la performance gestionnelle.

Appendice B au Chapitre 2

EXEMPLES DE FACTEURS LOCAUX ET ORGANISATIONNELS

1. INTRODUCTION

1.1 Les informations du présent appendice sont basées sur le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA.

1.2 Dans une étude effectuée dans les installations techniques d'une grande entreprise de transport aérien, 12 facteurs locaux et 8 facteurs organisationnels ont été identifiés comme ayant un effet négatif sur les pratiques de travail dans le hangar.

2. FACTEURS LOCAUX

Les 12 facteurs locaux identifiés sont les suivants :

1. *Connaissances, compétences et expérience* : manque de familiarité avec une défektivité ou un type d'aéronef, manque de compétences ou de formation spécifiques, expérience inadéquate pour une tâche, changements dans le type d'aéronef en contradiction avec des routines ou des attentes du passé, etc.
2. *Moral* : conflits de personnalités, frustration, mécontentement au sujet de la situation dans le travail, incitatifs inadéquats, consultations insuffisantes avec les travailleurs, etc.
3. *Outils, équipements et pièces* : problèmes en disponibilité, qualité, emplacement, livraison et/ou ramassage, identification, manutention de pièces lourdes ou difficiles à manier, etc.
4. *Soutien* : problèmes à l'égard du soutien venant d'autres secteurs, personnes non disponibles dans d'autres secteurs, personnel insuffisant dans des spécialités d'avionique ou autres, compagnies extérieures et leurs représentants locaux, etc.
5. *Fatigue* : problèmes de lassitude, de travail à une cadence trop lente, augmentations notables dans les erreurs, oublis et maladresses, sommeil perturbé lorsqu'il faut ajuster les rythmes de sommeil au début d'un nouvel horaire de travail posté (par exemple entre une série d'équipes de jour et une série d'équipes de nuit), mauvais équilibre entre le travail et le repos, etc.
6. *Pression* : problèmes à l'égard d'un lourd volume de travail, la main-d'œuvre étant trop éparpillée entre les tâches, nombreuses interruptions, tracasseries par des supérieurs ou des clients, trop peu de temps pour exécuter la tâche avec la plus haute qualité, etc.
7. *Temps* : problèmes en échelonnement des affectations en travail posté, heures de la journée ou de la nuit, proximité de la date limite, etc.

8. *Environnement* : problèmes à l'égard de conditions atmosphériques (pluie, neige, brouillard, etc.), température (trop élevée ou trop basse), niveaux élevés de bruit, mauvais éclairage, protection environnementale insuffisante, etc.
9. *Informatique* : manque de familiarité avec le type d'ordinateur ou le mode de fonctionnement, manque de convivialité des interfaces et du logiciel, introduction d'un nouveau système, terminaux insuffisants, certaines personnes « timides en informatique », etc.
10. *Écritures, manuels et procédures* : ceci inclut le manque de clarté d'inscriptions dans le registre technique, le manque de manuels ou procédures pertinents, des écritures mal effectuées, l'inconfort ou la difficulté de trouver les textes pertinents, etc.
11. *Inconfort* : ceci concerne la facilité (ou la difficulté) d'accès à la tâche, la cadence de travail aux alentours, l'encombrement autour de l'aéronef, le trafic sur les pistes, etc.
12. *Aspects de sécurité* : problèmes en avertissements de danger, qualité des équipements de sécurité, formation en sécurité et sensibilisation aux dangers, équipements personnels de protection, etc.

3. FACTEURS ORGANISATIONNELS

Alors que les facteurs locaux variaient d'un milieu de travail à un autre (par exemple entre un hangar et un atelier), les facteurs organisationnels en amont restaient les mêmes dans tout le système. Les huit facteurs organisationnels ci-après ont été choisis comme étant les influences latentes négatives les plus fortes :

1. *Structure organisationnelle* : ceci inclut des soucis au sujet d'une restructuration ou de compressions, des fonctions et responsabilités mal définies, trop de niveaux de cadres, tâches nécessaires non incluses dans la structure existante, etc.
2. *Gestion des employés* : manque de perception, au niveau supérieur, des problèmes qui se posent en première ligne, perspectives de carrière mal définies, mauvais équilibre entre incitatifs et mesures disciplinaires, travailleurs insuffisamment consultés, etc.
3. *Disponibilité et qualité d'outils et d'équipements* : manque de ressources et d'équipements adéquats dans le milieu de travail, équipements existants inadéquats pour de nouveaux types d'aéronefs, priorité à la réduction des coûts plutôt qu'aux nécessités de la tâche, installations périmées sur le lieu de travail, etc.
4. *Formation et sélection* : compétences mal adaptées aux besoins du présent, mauvais équilibre entre les spécialités d'avionique et de mécanique, incitatifs insuffisants pour l'obtention de licences, recrutement et sélection inaptes à trouver les genres voulus d'apprentis, etc.
5. *Pressions commerciales et opérationnelles* : conflits entre normes de qualité et pressions commerciales et opérationnelles, conflits entre normes de sécurité et pressions commerciales et opérationnelles, etc.
6. *Planification et organisation du travail* : mauvaise qualité de la planification et de l'organisation du travail, planificateurs trop éloignés de la réalité des tâches, conflits entre les plans stratégiques à long terme et les besoins immédiats des tâches du présent, plans et horaires manquant de clarté ou difficiles à appliquer, etc.

7. *Entretien des bâtiments et équipements* : entretien inadéquat des bâtiments et équipements, demandes de travaux ou d'améliorations nécessaires soit non suivies d'action, soit ajournées pour des raisons de coûts, etc.
8. *Communication* : travailleurs isolés des décideurs, communications de bas en haut ignorées, communications manquant de clarté ou ambiguës ou entraînant une attitude « eux et nous », etc.

Appendice C au Chapitre 2

RÉFÉRENCES

- Air Transport Association of America. *ATA Specification 113: Maintenance Human Factors Program Guidelines*. [www.airlines.org/public/publications]
- Aircraft Dispatch and Maintenance Safety (ADAMS). *Human-Centred Management Guide for Aircraft Maintenance*. 2000, Chapitres 2 et 5.
- Dupont, G. « The Dirty Dozen Errors in Maintenance ». Dans *Proceedings of the Twelfth FAA Meeting on Human Factors Issues in Maintenance and Inspection*. 1997.
- Evangelos, D. « Fatigue, A European Perspective ». Dans *Proceedings of the Working Hours and Fatigue in Aviation Maintenance Royal Aeronautical Society Conference*. Londres, Royaume-Uni, 2002.
- FAA. « Document Design ». *FAA/AAM Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase VII Progress Report*. 1998.
- FAA. « Human Error ». Chapitre 14 du *FAA/AAM Human Factors Guide for Aviation Maintenance*. 1998.
- FAA. « Human Factors Defined ». Chapitre 1 du *FAA/AAM Human Factors Guide for Aviation Maintenance*, Research Meeting 11. 1997.
- FAA. « The Effects of Crew Resource Management (CRM) Training in Maintenance: An Early Demonstration of Training Effects on Attitudes and Performance ». Chapitre 7 du *FAA/AAM Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase II Progress Report*. 1998.
- FAA. « The Maintenance Technician in Inspection ». Chapitre 3 du *FAA/AAM Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase I Progress Report*. 1991.
- Finch, D. « The Economic Maintenance of Ageing Aircraft Structures ». Communication à la Royal Aeronautical Society Conference. 1998.
- Folkard, S. « Transport Rhythm and Blues ». Dans *Proceedings of the Working Hours and Fatigue in Aviation Maintenance Royal Aeronautical Society Conference*. Londres, Royaume-Uni, 2002.
- Ingham, E.A. « Human Errors and their Avoidance in Maintenance ». Communication à une réunion conjointe de FSF, IFA et IATA, Dubaï, 1996.
- King, D. « Learning Lessons the (not quite so) Hard Way — Incidents, the Route to Human Factors in Engineering ». Dans *Proceedings of the Twelfth Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance*. Londres, Royaume-Uni, 1998.
- OACI. *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683). Montréal, Canada, 1998.

Reason, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Royaume-Uni : Ashgate Publishing Limited, 1997. ISBN 1-84014-105-0.

Simmons, A. « Three Decades of Human Factors ». Communication à la SMi Conference on Aircraft Maintenance Human Factors, Londres, Royaume-Uni, 2000.

Spencer, M. « Fatigue Theory ». Dans *Proceedings of the Working Hours and Fatigue in Aviation Maintenance Royal Aeronautical Society Conference*. Londres, Royaume-Uni, 2002.

Taylor, J.C. et T.D. Christensen. *Airline Maintenance Resource Management: Improving Communication*. États-Unis : Society of Automotive Engineers, Inc., 1998. ISBN 0-7680-0231-1.

Chapitre 3

CONTRE-MESURES À L'ÉGARD DES ERREURS DE MAINTENANCE

3.1 INTRODUCTION

3.1.1 Dans leur ouvrage intitulé *Beyond Aviation Human Factors*, Maurino, Reason, Johnston et Lee placent les solutions de facteurs humains dans le contexte d'autres contre-mesures existantes en sécurité de l'aviation, de la façon suivante [traduction OACI] :

« Au cours de presque 100 ans d'histoire, différentes périodes en aviation ont favorisé différentes approches sur la façon de maîtriser et éviter l'erreur humaine. Elles comprenaient des stratégies très diverses, allant d'incitations à des comportements professionnels jusqu'à la tentative d'écarter les humains du contrôle à travers de vastes applications d'automatisation et de technologies, avec de nombreuses combinaisons entre ces extrêmes. De plus, à chaque occasion l'approche préférée était accueillie par ses partisans comme la solution définitive de l'erreur humaine en aviation. Les facteurs humains eux-mêmes ne pouvaient pas échapper à pareilles simplifications erronées, ayant jadis — il y a quelque 20 ans — été proclamés comme la dernière frontière de la sécurité de l'aviation. Il est évident que ce n'est pas le cas. »

3.1.2 Le présent chapitre explique certaines des contre-mesures et interventions possibles, qui visent à réduire la probabilité d'accidents et incidents en aviation à cause d'erreurs humaines commises en cours de maintenance.

3.1.3 Le modèle proposé par le professeur James Reason, de l'Université de Manchester (Royaume-Uni), donne une idée de la façon dont l'erreur peut être générée au sein d'organismes et de ce que les organismes peuvent faire pour l'éviter (voir Figure 3-1).

Note.— Le Manuel d'instruction sur les facteurs humains (*Doc 9683*) analyse en détail le modèle de Reason.

3.1.4 Il ressort du modèle de Reason que les accidents ont rarement pour seule origine des erreurs du personnel opérationnel (opérateurs de première ligne) ou sont rarement le résultat de pannes majeures de l'équipement. Ils proviennent plutôt des interactions d'une série de failles ou de vices déjà présents dans le système. Beaucoup de ces failles ne sont pas immédiatement visibles et ont des conséquences à retardement.

3.1.5 Comme on l'a vu au Chapitre 2, les défaillances peuvent être de deux types, selon l'imminence de leurs conséquences. Une **défaillance active** est une erreur ou une violation qui a un effet négatif immédiat. De telles erreurs sont généralement commises par l'opérateur de première ligne. Une **défaillance latente** est le résultat d'une décision ou d'une action bien antérieure à un accident, dont les conséquences peuvent avoir été longtemps en stagnation. De telles défaillances ont généralement leur origine au niveau du décideur, de l'instance de réglementation ou de l'encadrement hiérarchique, c'est-à-dire de personnes qui sont éloignées dans le temps et l'espace de l'événement qui en est résultat. Elles peuvent être produites aussi à n'importe quel niveau du système par l'état de l'élément humain, par exemple une piètre motivation ou la fatigue.

3.1.6 Les interactions entre défaillances latentes, ayant pour origine les inévitables points faibles des décisions stratégiques, peuvent créer un « créneau d'opportunité » permettant qu'un pilote, un contrôleur aérien ou un mécanicien introduise une défaillance active qui franchira toutes les défenses du système et entraînera un accident. Les opérateurs de première ligne héritent ainsi des défauts d'un système. Ce sont eux qui feront face à une situation dans laquelle des

problèmes techniques, des conditions défavorables ou leurs propres actions activeront les défaillances latentes présentes dans le système. Dans un système bien protégé, les défaillances latentes et actives vont être en interaction, mais rarement au point de rompre les défenses.

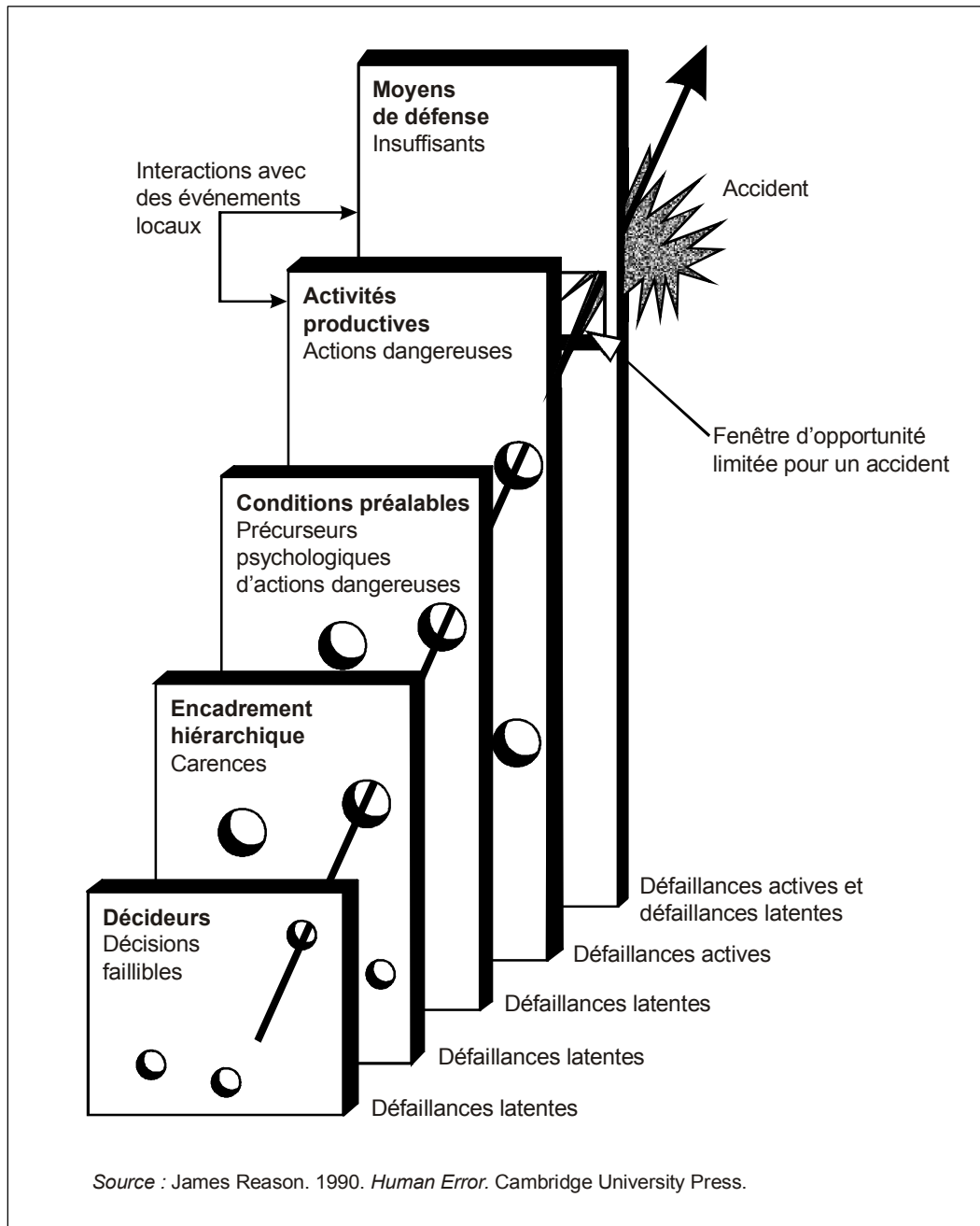


Figure 3-1. Version modifiée du modèle de causes d'accidents proposé par James Reason, montrant les différentes contributions humaines à la rupture d'un système complexe

3.1.7 Sur la base des travaux de Reason et d'autres chercheurs, les enquêteurs sur les incidents/accidents d'aviation en sont arrivés à se rendre compte que l'« erreur humaine » n'est pas la fin du processus d'enquête mais plutôt son point de départ. L'objectif des investigations consiste alors à trouver pourquoi ces erreurs se sont produites, comment elles ont pu dans un cas particulier conduire à une catastrophe et, par la suite, à formuler des recommandations qui viseront à optimiser la sécurité du système dans son ensemble.

3.1.8 Dans l'industrie aéronautique, les efforts sont désormais focalisés non plus sur l'élimination de l'erreur, mais sur sa *prévention* et sa *gestion*. L'erreur humaine est reconnue comme une composante inévitable de la performance humaine. Dans les systèmes sociotechnologiques complexes, cela devrait être pris en compte dès la conception. Les concepts de *tolérance à l'erreur* et de *résistance à l'erreur*, en conception technologique, sont les meilleurs exemples de cette nouvelle focalisation.

3.1.9 Le concept de tolérance à l'erreur peut être illustré par la comparaison entre une machine à écrire et un système de traitement de texte. La machine à écrire n'est pas résistante à l'erreur : une faute de frappe oblige à retaper tout le texte pour obtenir une page sans faute. Les modèles les plus récents de machines à écrire comprennent certes des dispositifs de correction qui aident à surmonter le problème dans une certaine mesure, mais les corrections sont encore visibles à l'œil exercé de lecteurs. Par contre, le traitement de texte informatisé est hautement tolérant à l'erreur : si l'on fait une faute de frappe, la touche retour fournit un moyen simple et efficace de remédier au problème. En séparant le stade de la composition de celui de l'impression, on a créé la possibilité de corriger une multitude d'erreurs.

3.1.10 Le concept de résistance à l'erreur peut lui aussi être illustré par l'exemple d'un ordinateur personnel. Beaucoup de commandes potentiellement destructrices déclencheront d'abord une « question » de l'ordinateur pour confirmer que l'utilisateur veut vraiment que le programme exécute cette commande ; il faudra souvent une seconde entrée de la part de l'utilisateur pour que le programme exécute l'action, par exemple supprimer un fichier, formater une disquette ou mettre fin à une application (programme) avant de préserver les travaux effectués. On peut donc considérer que, par leur conception, les ordinateurs personnels résistent aux erreurs potentielles de l'utilisateur qui annihileraient la valeur de leur utilisation.

3.2 PROGRAMMES DE GESTION DE L'ERREUR — LES ASPECTS GÉNÉRIQUES

3.2.1 L'objet ou le but d'un programme de gestion de l'erreur doit être agréé et doit être mesurable et réalisable. Par exemple, un objectif consistant à « rehausser la sensibilisation » aux facteurs humains serait réalisable mais il ne serait pas mesurable et par conséquent il ne correspondrait pas à l'intention des spécifications de facteurs humains dans l'Annexe 6.

3.2.2 La gestion de l'erreur est en deux volets : *réduction de l'erreur* et *endiguement de l'erreur*. La réduction de l'erreur comprend les mesures visant à limiter l'apparition de l'erreur. Comme cela ne serait jamais entièrement réussi, il est nécessaire aussi d'endiguer l'erreur — par des mesures conçues pour limiter les conséquences néfastes des erreurs qui continueront de se produire.

3.2.3 En aviation comme ailleurs, l'erreur humaine figure dans une liste de « causes » établie de longue date et utilisée par la presse et les enquêteurs. Or, elle est davantage une conséquence qu'une cause car elle est façonnée et provoquée par le lieu de travail et par des facteurs organisationnels en amont. Comme on l'a déjà vu, identifier une erreur n'est que le début de la recherche des causes, et non la fin. L'erreur, tout autant que la catastrophe qui peut la suivre, est quelque chose qui exige une explication. C'est seulement en comprenant le contexte ayant provoqué l'erreur que l'on peut avoir l'espoir d'éviter qu'elle ne se reproduise.

3.2.4 Il est essentiel de reconnaître comme fondements d'un programme de gestion de l'erreur les faits fondamentaux suivants sur la nature humaine et l'erreur humaine :

- Les actions humaines sont presque toujours soumises à des contraintes relevant de facteurs qui échappent au contrôle immédiat de l'individu.
- Il n'est pas facile aux humains d'éviter certaines actions non intentionnelles.
- Les erreurs ont des causes multiples : personnelles, liées aux tâches, situationnelles ou organisationnelles.
- Au sein d'un personnel compétent, expérimenté et essentiellement bien intentionné, les situations sont davantage que les gens susceptibles d'être améliorées.

3.2.5 Le comportement humain est régi par les interactions entre facteurs psychologiques et situationnels. Cela s'applique aux erreurs comme à toutes les autres actions humaines. Ces assertions posent une question cruciale à tous ceux qui s'occupent de réduire les erreurs potentiellement dangereuses : à quoi est-il le plus facile de remédier : à la personne ou à la situation ?

3.2.6 La pratique générale semble montrer du doigt la personne. Après tout, il est possible de recycler, de discipliner, de conseiller ou d'avertir les personnes, de façon qu'elles soient amenées à se comporter de façon plus appropriée dans l'avenir — du moins c'est ce que l'on croit en général. Cette opinion est particulièrement répandue dans les professions qui se flattent d'être prêtes à accepter une responsabilité personnelle, notamment chez les techniciens de maintenance d'aéronefs, les pilotes et les contrôleurs aériens. Par contre, les situations apparaissent comme des données — les gens semblent y être englués. La conséquence est que les erreurs en aviation sont souvent escamotées. S'il n'en est pas rendu compte, elles n'existent pas. Si les erreurs n'existent pas, il n'est ni nécessaire ni possible de les gérer.

3.2.7 Cependant, il se manifeste dans de nombreux secteurs de l'aviation une tendance à favoriser une approche situationnelle plutôt que personnelle de la gestion de l'erreur. Il y a plusieurs raisons de le faire :

- La faillibilité humaine peut être modérée jusqu'à un certain point, mais ne peut jamais être entièrement éliminée. C'est un élément fixe de la condition humaine, en partie parce que les erreurs, dans bien des contextes, ont une fonction utile (par exemple l'apprentissage par tâtonnements).
- Différents types d'erreurs, relevant de mécanismes psychologiques différents, se produisent dans différentes parties du système et exigent des méthodes de gestion différentes.
- Des erreurs critiques pour la sécurité se produisent à tous les niveaux du système, et pas seulement à l'extrémité opérationnelle.
- Les mesures qui impliquent sanctions, menaces, crainte et recours en appel n'ont qu'une efficacité fort limitée ; dans bien des cas, elles peuvent faire plus de mal — au moral, au respect de soi et au sentiment de justice — que de bien.
- Les erreurs sont le produit d'un enchaînement de causes dans lequel les facteurs psychologiques qui précipitent l'erreur — inattention momentanée, défaut de jugement, oubli, préoccupation — sont souvent le dernier maillon de la chaîne et le moins facile à gérer.
- Il ressort des indices provenant d'un grand nombre d'enquêtes sur des accidents et incidents que les événements malheureux sont plus souvent le résultat de situations ou d'activités propices à l'erreur que le fait de gens enclins à l'erreur.

La gestion de l'erreur doit donc viser la performance du système de l'organisme de maintenance plutôt que la performance individuelle de ceux qui y travaillent.

3.3 MISE EN ŒUVRE ET ORGANISATION

3.3.1 Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA explique le processus d'instauration d'un programme de facteurs humains, de la façon suivante [traduction OACI] :

« Différentes approches peuvent servir à introduire des méthodes et concepts de facteurs humains dans un organisme. Ces approches diffèrent quant au degré de continuité et d'intégration avec d'autres procédures organisationnelles. Par exemple, une façon d'introduire les facteurs humains consiste à traiter chaque problématique comme une tâche spécifique distincte. À mesure que chaque problématique nouvelle est identifiée, par quelque moyen que ce soit, elle est alors analysée et « résolue » par une équipe ad hoc constituée à cet effet.

« Une approche un peu plus intégrée pourrait consister à créer une focalisation sur les facteurs humains dans chaque service de maintenance. Cette personne ou ce groupe aurait alors la responsabilité d'appliquer une approche cohérente dans les questions de facteurs humains à l'intérieur du service. Au sommet de l'échelle d'intégration, les facteurs humains peuvent être programmés et intégrés dans l'organisme de maintenance tout entier.

« En tant que praticiens de facteurs humains, nous prenons la position que toute approche pour mettre en œuvre des méthodes de facteurs humains dans un organisme peut être bénéfique. Cependant, certaines approches sont plus efficaces que d'autres. Considérons la pratique opérationnelle courante d'introduire des changements techniques. Bien entendu, chaque changement technique pourrait être mis en œuvre au coup par coup. Cela aboutirait probablement à réinventer des procédures pour chaque changement. Toutefois, on a constaté qu'un processus cohérent de changement technique, mis en œuvre à l'échelle de la compagnie, est beaucoup plus efficace et facile à contrôler.

« Les facteurs humains doivent être considérés sous le même éclairage que d'autres initiatives qui influent sur les pratiques de travail fondamentales, par exemple la gestion totale de la qualité. Les facteurs humains réussissent beaucoup mieux s'ils sont complètement intégrés dans le milieu de travail. »

3.3.2 Le processus de mise en œuvre variera inévitablement entre les différents programmes de facteurs humains « tout prêts » qui ont été élaborés. Cependant, on reconnaît généralement que des mesures analogues à ce qui suit sont nécessaires pour la mise en œuvre fructueuse d'un programme de facteurs humains dans un organisme de maintenance :

- Réunir des renseignements appuyant la nécessité d'un programme de facteurs humains et/ou de gestion de l'erreur. Les renseignements pourraient inclure de nouveaux règlements nationaux adoptés par suite des spécifications de facteurs humains dans les Annexes de l'OACI, d'accidents ou incidents dans l'État ou ailleurs, et de résultats d'investissement probablement positifs.
- Utiliser les renseignements obtenus pour convaincre les cadres supérieurs de s'engager à améliorer la sensibilisation aux facteurs humains et la performance dans l'organisme. Il faut que les cadres montrent à tout le personnel que leur engagement porte sur le long terme. Il devrait être clair que la compagnie a la volonté de se comporter de cette façon à l'avenir.
- Procéder à une revue des installations, de la culture, des procédures, des systèmes et des pratiques de travail afin d'établir quels changements sont nécessaires. Il y a une large variété de méthodes disponibles pour cette revue, depuis les « consultations » interpersonnelles dans le milieu de travail jusqu'à des outils d'audit informatisé comme l'« ERGoNomic Audit Program » (ERNAP) (voir § 3.8 du présent chapitre) ou le recours à des consultants externes.

- Analyser les résultats de la revue selon la méthode de revue choisie. Il est conseillé de communiquer les résultats à tout le personnel. Cette information aux personnels servira à reconnaître leur soutien au cours de la collecte de renseignements et devrait les encourager à soutenir les propositions de changements.
- Utiliser l'analyse pour arrêter et mettre en œuvre un plan ou programme de changement qui nécessitera probablement les éléments suivants : nomination d'un coordonnateur (une personne ou un groupe), attribution des ressources, formation en facteurs humains et/ou en MRM, et communications.
- Suivre et évaluer les résultats du plan de changements tant durant la mise en œuvre que de façon continue par la suite. Agir comme il convient pour éliminer les tendances indésirables.

3.3.3 Le positionnement du programme de facteurs humains dans la structure de l'organisme relève évidemment d'une décision des cadres supérieurs. La responsabilité du programme, sa mise en œuvre et son fonctionnement doivent être fermement situés et identifiés à l'intérieur de l'organisme. Un sondage d'organismes de maintenance effectué par un grand avionneur des États-Unis a été publié dans la spécification 113 de l'ATA. Il a donné les résultats ci-après quant à l'endroit où la fonction de facteurs humains était placée dans les organismes de maintenance :

<i>Positionnement du programme de facteurs humains</i>	<i>Pourcentage des organismes</i>
Dans assurance/contrôle de qualité	58
Dans contrôle de maintenance	30
Dans d'autres services	12

3.3.4 On a tendance à percevoir contrôle de maintenance et assurance/contrôle de qualité comme des fonctions de soutien dans la plupart des organismes de maintenance d'aéronefs. L'avantage de placer un programme de facteurs humains dans un tel service de soutien, c'est qu'il peut servir dans un rôle consultatif auprès d'autres services sans être influencé par les cultures organisationnelles de ces services.

3.4 COMMUNICATION ET GESTION DES RESSOURCES DE MAINTENANCE

3.4.1 Un des membres du National Transportation Safety Board des États-Unis, John Goglia, un ancien technicien de maintenance d'aéronefs, exprime l'opinion ci-après sur l'individualisme, l'esprit d'équipe et la communication dans son introduction de l'ouvrage de J.C. Taylor et T.D. Christensen intitulé *Airline Maintenance Resource Management: Improving Communication* [traduction OAC] :

« L'individualisme, qui était une qualité dans le passé, peut devenir un problème dans l'actuel environnement de sécurité. Ceux qui travaillent dans la sécurité de l'aviation doivent apprendre à travailler en équipes, et ils doivent réformer leur style de communication linéaire. Cela est un obstacle particulièrement difficile pour les employés de la maintenance. Étant donné leur orientation technique, les cadres et techniciens de la maintenance possèdent des compétences hautement techniques, mais il leur manque souvent les compétences de communication nécessaires pour assurer la sécurité dans les opérations complexes d'aujourd'hui.

« Ce qu'il faut, c'est un meilleur équilibre entre les compétences techniques et les compétences sociales. Il faut améliorer la communication dans le milieu de travail pour que la tâche soit convenablement exécutée.

« Les superviseurs, les contremaîtres et le personnel doivent continuellement s'efforcer d'atteindre l'excellence dans la communication. De plus, il faut concevoir les nouveaux programmes de façon à répondre aux besoins des travailleurs et tirer parti de leurs qualités. »

3.4.2 Le *Maintenance Resource Management Handbook* de la FAA définit la gestion des ressources de maintenance (MRM) comme un processus général visant à améliorer la communication, l'efficacité et la sécurité dans les opérations de maintenance d'aéronefs. De la même façon que la gestion des ressources en équipe (CRM) a été conçue pour traiter les problèmes de sécurité et l'esprit d'équipe dans le cockpit, des chercheurs de la FAA, en conjonction avec des partenaires de l'industrie, ont élaboré la MRM pour traiter les carences d'esprit d'équipe dans l'environnement de la maintenance d'aéronefs. Ils espéraient ainsi que la MRM stimulerait une culture de sécurité dans toutes les opérations de maintenance d'aéronefs. Une importante différence entre MRM et CRM est que le public ciblé par la MRM est beaucoup plus vaste et plus divers et typiquement inclurait non seulement les techniciens de maintenance d'aéronefs mais aussi les inspecteurs, le personnel de soutien et les cadres.

3.4.3 La nature des opérations de maintenance d'aéronefs est nettement différente de celle des activités de cockpit. Par exemple, les équipes de maintenance sont souvent séparées l'une de l'autre dans le temps et dans l'espace (hangars, ateliers, travail posté, etc.). Le milieu de travail des techniciens de maintenance recouvre une grande variété de tâches dans différentes conditions, avec un grand nombre et une grande diversité de personnes. Ainsi, la focalisation de la formation des personnels de maintenance dépend de l'endroit où leurs actes se situent dans le contexte de l'activité totale de maintenance.

3.4.4 En résumé, la MRM est l'étape logique suivante dans l'évolution des comportements de sécurité basés sur l'équipe. Tout comme les compétences techniques à elles seules ne suffisent pas à permettre aux équipages de conduite de gérer des systèmes complexes, il convient de former les techniciens de maintenance dans des compétences qui leur permettent de travailler en sécurité dans un système complexe. La MRM enseigne plus que les seules compétences d'équipe ; elle enseigne et renforce une philosophie organisationnelle dans laquelle tous les membres de l'organisme sont orientés vers une performance exempte d'erreur. On peut réaliser cette orientation en enseignant aux cadres et techniciens de maintenance comment faire ce qui suit :

- demeurer conscients que les effets de leurs actes se répercutent dans tout l'organisme ;
- utiliser en sécurité et efficacement toutes les ressources dont ils disposent ;
- propager une culture de sécurité.

3.4.5 L'objectif global de la MRM est d'intégrer les compétences techniques du personnel de maintenance avec les compétences interpersonnelles et les connaissances fondamentales en facteurs humains afin d'améliorer la communication et l'efficacité. La promulgation d'une bonne culture de sécurité est au cœur même de la philosophie fondamentale de la MRM. La formation en MRM devrait encourager les individus à se sentir personnellement responsables de la sécurité et devrait leur fournir les outils pour progresser dans cette direction. Pour que la MRM soit efficace, il faut que le personnel des organismes de maintenance d'aéronefs soit encouragé à utiliser ces outils et qu'on lui montre que les outils comptent pour beaucoup.

3.5 INSPECTION ET SYSTÈMES DE QUALITÉ

3.5.1 L'Annexe 6, Partie 1, § 8.7.3.1, prescrit que l'organisme doit établir des procédures qui garantissent « de bonnes pratiques de maintenance ». Le § 8.7.3.2 présente ensuite les deux options ci-après pour la conformité avec le § 8.7.3.1 :

- mettre en place un système indépendant d'assurance de la qualité lui permettant de vérifier la conformité avec les procédures et le bien-fondé de celles-ci ;

- établir un système d'inspections lui permettant de vérifier que tous les travaux de maintenance sont effectués convenablement.

On sait que les prescriptions correspondantes des États spécifient l'une ou l'autre de ces options.

3.5.2 L'histoire de l'aviation a noté la nomination et l'approbation d'employés de compagnies en qualité d'inspecteurs en 1916, pour encadrer la construction intensive d'aéronefs militaires. Au début des années 1950, les acquisitions militaires, encore une fois, privilégiaient la qualité en remplacement des systèmes d'inspection. Les systèmes de qualité étaient — et continuent d'être — basés sur le principe que la qualité ne peut être insérée dans une tâche que par des moyens techniques et non par l'inspection.

3.5.3 Ainsi, le concept de système de qualité paraît offrir à l'organisme la solution de tous ses problèmes, y compris peut-être même la maîtrise de l'erreur humaine. Mais un organisme de maintenance peut-il compter totalement sur un système de qualité pour assurer un futur exempt d'erreurs ? Dans son ouvrage intitulé *Managing the Risks of Organizational Accidents*, le professeur Reason pose une question importante : De telles mesures d'assurance de la qualité sont-elles une garantie suffisante de la navigabilité d'un aéronef ? Il répond que les statistiques d'incidents montrent que ce n'est pas le cas.

3.5.4 La conclusion inévitable est qu'un organisme de maintenance doit avoir soit un système d'assurance de qualité, soit un système d'inspection, aussi bien qu'un programme de respect des principes de facteurs humains comme le prescrit l'exploitant. Un système d'assurance de qualité pourrait toutefois jouer un rôle précieux dans le suivi du fonctionnement et de l'efficacité d'un programme de facteurs humains dans un organisme de maintenance aéronautique.

3.5.5 Du point de vue de la mise en œuvre, un système de qualité a certaines caractéristiques en commun avec un programme de facteurs humains. Par exemple, un système de qualité exige le même engagement des dirigeants, le même genre de leadership, une formation pour tous les employés, des évaluations internes et des processus de mesures correctives. Bien que le § 3.3.4 du présent chapitre donne à penser que les deux initiatives peuvent bien fonctionner ensemble dans un service, il ne faut pas oublier qu'elles sont fondamentalement différentes — le système de qualité concerne essentiellement les processus et les produits, alors que les facteurs humains concernent les personnes et leur environnement.

3.6 GESTION DE L'ERREUR DANS LA MAINTENANCE D'AÉRONEFS

3.6.1 La plupart des tentatives de gestion de l'erreur dans le domaine de la maintenance d'aéronefs ont été morcelées plutôt que planifiées, réactives plutôt que proactives, conditionnées par les événements plutôt que par des principes. De plus, elles n'ont pas généralement pris en compte les importants développements intervenus dans la science du comportement, au cours des 20 à 30 dernières années, dans la compréhension de la nature, de la diversité et des causes de l'erreur humaine. En résumé, elles ont :

- traité la dernière erreur plutôt que présagé et prévenu la suivante ;
- focalisé les défaillances actives plutôt que les conditions latentes ;
- focalisé les contributions de personnes, plutôt que de la situation, à l'erreur ;
- fortement compté sur des avertissements et des sanctions disciplinaires contre des individus ;
- employé des termes de blâme, sans véritable signification, tels que « manque de soin », « mauvaise attitude » et « irresponsabilité » ;

- négligé de distinguer adéquatement entre facteurs causals d'erreur aléatoires et systématiques ;
- généralement été mal informées des connaissances récentes en facteurs humains au sujet des causes de l'erreur humaine, des accidents et des incidents.

3.6.2 Un programme de gestion des erreurs de maintenance dans un organisme de maintenance d'aéronefs (voir aussi Chapitre 4, § 4.3.6) devrait donc inclure des mesures pour :

- minimiser la probabilité d'erreur par l'individu ou l'équipe ;
- réduire la vulnérabilité à l'erreur de tâches particulières ou d'éléments de tâches ;
- déceler, évaluer puis éliminer les facteurs producteurs d'erreurs (et producteurs de violations¹) dans le milieu de travail ;
- diagnostiquer les facteurs organisationnels qui créent des facteurs producteurs d'erreurs dans l'individu, l'équipe, la tâche ou le milieu de travail ;
- identifier et améliorer les pratiques qui rehaussent la détection d'erreurs ;
- rehausser la tolérance à l'erreur dans le milieu de travail ou le système ;
- rendre les conditions latentes plus visibles pour ceux qui font fonctionner ou gèrent le système ;
- identifier et améliorer la résistance intrinsèque de l'organisme à l'erreur humaine.

3.6.3 L'expression « bonnes pratiques de maintenance » est utilisée dans l'Annexe 6 dans le cadre de ce qui est requis pour l'approbation d'un organisme de maintenance. Cette expression se trouve aussi dans la législation nationale d'approbation de certains États. L'organe de réglementation aéronautique d'un certain État considère qu'il faut l'interpréter comme suit :

- formation en sensibilisation aux facteurs humains ;
- procédures de contrôle des outils pour empêcher qu'ils soient oubliés à bord d'un aéronef ;
- feuilles et fiches de travail conviviales et efficaces ;
- autorisations pour des tâches telles que mise en marche de moteurs et circulation au sol ;
- relevés de tâches non programmées, par exemple sur goupilles d'engrenage ou mise en marche de moteurs ;
- mise en œuvre adéquate des enseignements d'accidents et incidents ;
- procédures efficaces de transfert entre équipes de travail ;
- inspections doublées ou inspections « prescrites ».

1. Selon le professeur Reason, les violations sont des dérogations à des procédures de fonctionnement, des normes ou des règles de sécurité. Ces dérogations peuvent être soit délibérées, soit erronées.

Cette liste a été établie à partir de plusieurs décennies d'analyses d'accidents et incidents d'aéronefs inscrits au registre de l'État en question et ne doit pas être considérée comme exhaustive. D'autres États pourraient très bien avoir des constatations différentes.

3.6.4 La maintenance d'aéronefs dépend beaucoup de procédures et de la documentation d'actes. Parfois, lorsqu'il semble que cette documentation ralentit l'achèvement de tâches, elle est décrite comme « paperasserie » car elle peut être perçue comme une nuisance par les cadres ou les équipages de conduite. Il faut toutefois se rappeler que cette documentation est essentielle et qu'elle a les quatre fonctions fondamentales suivantes :

- décrire le travail à exécuter ;
- transcrire les activités, les étapes d'achèvement et les actes accomplis ;
- permettre la continuité d'une équipe de travail posté à une autre et d'un lieu à un autre ;
- fournir une transcription légale et durable des actes accomplis.

3.6.5 De nombreux programmes de facteurs humains « tout prêts » sont disponibles et sont produits par différents organismes. Ils visent tous à réduire les erreurs dans la maintenance d'aéronefs. Ces programmes et les nombreux autres documents qui existent reconnaissent tous, en général, que les éléments fondamentaux nécessaires pour un bon programme de facteurs humains sont les suivants :

- énoncé de but ou d'objectif du programme ;
- mise en œuvre dans l'organisme ;
- formation des travailleurs à tous les niveaux ;
- gestion de l'erreur ;
- analyse ergonomique du milieu de travail.

Pour réussir, tous ces éléments nécessitent une collecte de données, une analyse ainsi que le soutien et l'action des cadres pour des améliorations. Les programmes disponibles à l'époque de la rédaction du présent manuel sont énumérés dans le Tableau 3-A-1 de l'Appendice A au présent chapitre. Tous les éléments de ces programmes qui répondent à l'objet des rubriques ci-dessus sont identifiés dans le Tableau 3-A-1.

3.6.6 Le transfert d'une équipe de travail posté à une autre est une phase critique dans le processus de maintenance et a été identifié comme cause contributive dans plusieurs accidents et incidents d'aéronefs. À l'intérieur d'un transfert d'une équipe à une autre, il y a habituellement des transferts de tâches individuelles. Ces transferts de tâches peuvent aussi s'effectuer à l'intérieur d'une équipe de travail, peut-être d'une personne à une autre par suite de pénurie de pièces ou d'autres raisons de logistique. Certains « outils » suggérés pour rendre plus efficaces et formaliser les processus de transfert entre équipes et tâches sont indiqués dans les Appendices B et C du présent chapitre. En résumé, les principales caractéristiques d'un bon transfert sont les suivantes :

- Un transfert efficace entre équipes de travail posté requiert les deux caractéristiques suivantes : « propriété » et « formalité ». Les personnes concernées doivent assumer la propriété et la responsabilité personnelles des tâches qu'elles accomplissent et doivent vouloir assurer que ces tâches soient menées à bien. La formalité se rapporte au niveau de reconnaissance donné à l'exécution du processus de transfert entre équipes. Le processus doit être défini et documenté.

- Un transfert efficace de tâches dépend des deux mêmes caractéristiques, c'est-à-dire propriété et formalité. Idéalement, le processus se déroulera en face-à-face. Lorsque cet idéal n'est pas possible, il faut compter entièrement sur une communication écrite. Si des fiches de travail sont utilisées, elles n'auront pas été conçues pour s'appliquer au transfert de contrôle entre tâches (ou équipes). Il sera donc nécessaire d'utiliser une feuille ou une fiche supplémentaire pour expliquer la situation véritable du travail, afin que le personnel qui reprend la responsabilité puisse utiliser la documentation combinée afin de savoir ce qui est nécessaire pour mener à bien la tâche.

3.6.7 Occasionnellement, des techniciens de maintenance ou leurs superviseurs auront à exécuter une tâche qui n'a pas été planifiée ou programmée. Il sera alors nécessaire d'établir une fiche de travail locale ou une feuille d'étapes. Des suggestions pour cette activité sont présentées dans l'Appendice D au présent chapitre.

3.7 DÉTECTION D'ERREURS

3.7.1 La détection ou la découverte d'erreurs avant qu'elles causent un accident ou incident d'aviation joue un rôle important dans le filet de sécurité de tout programme visant à réduire l'effet de l'erreur humaine dans la maintenance d'aéronefs. Il y a de nombreux mécanismes de détection d'erreurs, notamment vérifications de fonctionnement, recherche de fuites, inspection de tâches avant de signer pour un travail effectué par d'autres, inspections doublées indépendantes et vérifications avant le vol par les pilotes. Ces mécanismes sont bien connus et dans bien des cas ils se trouvent depuis de nombreuses décennies dans les règlements des États, sous une forme ou une autre. Ils sont brièvement décrits dans les paragraphes qui suivent.

3.7.2 De nombreuses investigations d'accidents et d'incidents ont révélé que l'on n'avait pas effectué les vérifications de fonctionnement ou fait tourner les moteurs au sol. La plupart des manuels de maintenance d'aéronefs prescrivent ces vérifications, car leurs avantages sont bien connus dans la prévention ou la détection des erreurs. Convenablement exécutées, les vérifications de fonctionnement et de fuites permettront de déterminer si quelque chose n'est pas installé, bien fixé ou ajusté correctement ou ne correspond pas aux critères spécifiés dans les manuels. C'est une partie intégrante (depuis très longtemps d'ailleurs) du processus de maintenance. Par exemple, dans la majorité des cas il est impossible d'effectuer une inspection doublée sur une composante ou un système de commandes de vol sans une vérification de fonctionnement, étant donné qu'il est impossible de déterminer d'une autre façon le degré de mouvement, les congés d'arrêts de commande, le frottement des systèmes de commande ou les charges.

3.7.3 Les inspections doublées sont des inspections où la tâche ou le processus est exécuté et vérifié par la même personne adéquatement qualifiée, puis vérifié indépendamment par une deuxième personne adéquatement qualifiée. Les premières et les deuxièmes vérifications doivent être minutieuses et, dans le cas des systèmes de commande, devraient comprendre des vérifications de fonctionnement quant à l'ampleur et la facilité de mouvement. Certains États ou organes de réglementation de l'aviation ont des prescriptions d'inspections doublées ou d'éléments requis dans l'inspection, mais d'autres n'en ont pas.

3.7.4 Il n'y a pas de liste universellement agréée de tâches ou de points où des inspections doublées devraient être effectuées. Cela traduit les perceptions différentes de la valeur des inspections doublées ou simplement une croyance culturelle, à tort ou à raison, que le processus normal d'inspection ne peut pas échouer. Voici une liste suggérée de considérations permettant de déterminer quelles tâches pourraient justifier des inspections doublées :

- le caractère critique de la tâche et des conséquences d'un échec ;
- la vulnérabilité de la tâche à l'erreur humaine (qui pourrait être déterminée selon des incidents précédents, une évaluation du risque, etc.) ;
- la présence ou l'absence d'autres vérifications (par exemple vérifications de fonctionnement).

Il ne faut pas supposer que, du simple fait que d'autres vérifications sont présentes dans les procédures ou systèmes de bord, elles seront efficaces. Il est généralement préférable d'avoir plusieurs mécaniciens pour la détection de l'erreur et de ne pas compter sur un seul ou relâcher les vérifications (par exemple inspection doublée) en supposant qu'un problème sera détecté par l'un ou l'autre des mécanismes de détection d'erreur (par exemple vérifications avant le vol par les pilotes). Il convient d'éviter un recours excessif à des inspections doublées. Un recours excessif, combiné à des ressources humaines insuffisantes, pourrait amener à lésiner dans les vérifications et réduire l'efficacité de l'inspection doublée comme mécanisme de détection d'erreurs. En résumé, une inspection indépendante par une autre personne sera probablement plus efficace qu'une deuxième inspection effectuée par la personne qui exécute la tâche. Les inspections doublées sont donc considérées comme un mécanisme efficace pour déceler les erreurs, mais il ne faudrait pas compter sur elles comme le seul mécanisme car elles ne réussissent pas toujours à 100 %.

3.7.5 Les vérifications avant le vol par les pilotes ne sont pas expressément conçues comme mécanisme pour déceler les erreurs de maintenance. Néanmoins, elles constituent une barrière de plus pour empêcher que pareilles erreurs aboutissent à un accident ou incident.

3.7.6 La conception technique pour résister à l'erreur sera une caractéristique importante des futurs modèles d'aéronefs, et l'Annexe 8 — *Navigabilité des aéronefs* a été amendée en 2001 pour prescrire que cet aspect soit pris en compte. Cependant, le présent manuel n'entrera pas dans les détails au sujet de la conception pour résister à l'erreur, car il n'est pas destiné aux concepteurs et aux aviateurs. Le personnel de maintenance devrait connaître les secteurs où des améliorations de conception pourraient être apportées, afin de pouvoir donner des indications aux personnes appropriées. Voici des exemples d'améliorations possibles dans la conception :

- élimination des interconnectabilités, par exemple en faisant en sorte qu'il soit matériellement impossible de fixer certaines pièces ;
- voyants dans le cockpit pour capots non verrouillés ;
- peintures et couleurs qui aident à détecter fissures et imperfections ;
- panneaux d'inspection accessibles où ils sont nécessaires ;
- indicateurs montrant que quelque chose est ouvert ou fermé ;
- utilisation et positionnement de panneaux ;
- protection de pièces mobiles ou d'endroits où des objets étrangers pourraient être laissés, ou bien où des choses pourraient s'accrocher ou frotter.

3.8 INTERVENTIONS EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT

3.8.1 L'Annexe 6, Partie 1, § 8.7.4.1, prescrit que l'environnement de travail de l'organisme de maintenance d'aéronefs doit convenir aux tâches à exécuter. Cela comporte deux aspects : premièrement, les besoins environnementaux de la tâche elle-même (par exemple qualité de l'air) et deuxièmement les effets de l'environnement sur les êtres humains qui accomplissent le travail.

3.8.2 L'environnement est généralement plus facile à maîtriser dans un atelier que dans un hangar. Si les composantes sont petites, un environnement « du genre bureau » conviendra dans la plupart des cas. Toutefois, dans certains cas la nature des composantes exigera un environnement qui soit contrôlé selon des paramètres spécifiques. Par exemple, des réparations de structures en matériaux composites nécessiteront sans doute une régulation de la température et de l'humidité alors que les instruments nécessiteront en outre un air très pur.

3.8.3 Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA identifie les aspects environnementaux ci-après qui sont importants pour l'organisme de maintenance d'aéronefs dans le contexte des facteurs humains :

- *Accès à l'aire de travail elle-même* : il peut être difficile s'il y a du désordre.
- *Magasinage* : il faut pouvoir accéder rapidement aux outils, appareillages, équipements d'essai, matériaux, pièces, plates-formes de travail portables, procédures et documentation technique.
- *Bruits* : de nombreux bruits sont indispensables pour la bonne exécution du travail, par exemple communications vocales ou signaux audibles des équipements ; il y a des bruits indésirables qui peuvent causer des distractions et du stress.
- *Plates-formes de travail* : de nombreuses parties des grands aéronefs de transport sont inaccessibles à des êtres humains debout au sol ; pour atteindre ces parties, il faut des plates-formes de différents types et dimensions.
- *Éclairage* : les humains ne sont pas très adeptes à exécuter un travail de précision avec de faibles niveaux d'éclairage ; les dimensions de la plupart des hangars présentent certains problèmes difficiles d'éclairage.
- *Température, humidité et circulation de l'air* : des conditions sortant d'une gamme assez étroite peuvent rapidement dégrader les aptitudes humaines, tant physiques que mentales.

Les règlements ou codes de sécurité et de médecine du travail appliqués dans de nombreux pays traitent d'une partie ou de la totalité de ces sujets. Toutefois, ils ne portent pas essentiellement et n'ont généralement pas d'incidence sur la performance humaine dans les installations de maintenance. Le présent manuel ne traite pas de ces aspects.

3.8.4 Un audit des installations de l'organisme de maintenance d'aéronefs est une façon de déterminer si l'environnement est conforme aux conditions fixées par l'État. Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA propose que, pour atteindre l'objectif d'un audit des installations, le personnel de l'organisme de maintenance d'aéronefs examine l'ensemble des installations pour déterminer si elles respectent certains critères objectifs et subjectifs. Un audit d'installations ne consiste pas à examiner telle ou telle tâche, mais plutôt à recueillir des types spécifiques d'informations. Le guide de la FAA recommande que l'audit des installations d'un organisme de maintenance d'aéronefs comprenne les activités suivantes :

- *Mesure directe de différents éléments* : éclairage, bruit, température, humidité relative, circulation de l'air, accès, etc.
- *Questionnaires/« Opinonnaires »* : ceux qui travaillent dans une installation peuvent y inscrire leurs idées sur les caractéristiques de l'installation et les façons de s'habiller et travailler ; l'analyse des réponses peut permettre d'identifier des hypothèses erronées et des problèmes potentiels.
- *Entrevues structurées* : une conversation souple, interactive, en face-à-face, peut faire ressortir des idées et des informations qui pourraient se perdre dans les réponses à un questionnaire.
- *Parcours de vérification* : cette activité consiste en un examen physique de l'installation par une personne qui emploie une liste de vérification structurée mais n'exclut pas la possibilité d'examiner d'autres aspects de l'installation ; le guide de la FAA présume que le parcours de vérification sera effectué par du personnel de l'organisme de maintenance d'aéronefs.

L'Appendice E au présent chapitre donne des indications sur différents facteurs environnementaux dans les installations de maintenance d'aéronefs. Il donne aussi des suggestions pour les listes de vérification et les entrevues relatives aux

facteurs environnementaux. Il faut aussi contrôler les changements dans les installations afin d'assurer qu'ils soient nécessaires et ne dégradent pas la fonctionnalité existante. Ils devraient être examinés par un processus analogue à celui des facteurs environnementaux.

3.8.5 Les audits d'installations des grands organismes de maintenance d'aéronefs demandent beaucoup de temps. La réglementation aéronautique de l'État devrait être claire et assurer que la « propriété » de ces audits et la résolution de problèmes incombent aux dirigeants de l'organisme de maintenance. Le parcours de reconnaissance exposé dans la section 8 de l'Appendice E au présent chapitre présente une liste de vérification qui peut être utilisée par un inspecteur de maintenance lorsque l'installation est déclarée satisfaisante par les dirigeants de l'organisme de maintenance. Il ne faut pas oublier que les résultats du parcours d'inspection varieront selon les conditions, par exemple de jour, de nuit, en été ou en hiver.

3.9 INTERVENTIONS ERGONOMIQUES

3.9.1 Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA déclare que [traduction OACI] :

« Les principes d'une bonne pratique en facteurs humains doivent être appliqués à des tâches individuelles si l'on veut retirer tous les avantages d'un programme de facteurs humains. »

L'ergonomie — la science de l'adaptation de la tâche à l'être humain — peut être un bon outil pour appliquer les facteurs humains à de nombreuses tâches de maintenance d'aéronefs.

3.9.2 Le concept d'ergonomie est applicable à un certain nombre d'interfaces entre les techniciens de maintenance et leur milieu de travail, par exemple leurs besoins en informations, l'environnement, les équipements et l'activité physique dans leur espace de travail. L'analyse de ces interfaces peut fournir des informations précieuses et importantes pour les interventions des cadres en vue d'améliorer. Une des façons de mener cette analyse dans un organisme consiste à effectuer un audit ergonomique.

3.9.3 Il est reconnu depuis longtemps qu'une bonne conception des tâches peut avoir des effets importants sur la productivité et les taux d'erreurs. Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA propose deux systèmes différents pour qu'un organisme de maintenance d'aéronefs exécute un audit et analyse l'interface entre techniciens et tâches, à savoir :

- *Le programme d'audit ergonomique (ERNAP)* : Il s'agit d'un programme expressément conçu pour l'analyse des activités de maintenance d'aéronefs. Il est basé sur le concept de listes de vérification pour collecter des données avant, durant et après la maintenance, soit sur papier, soit directement sur ordinateur portable (voir plus de détails dans l'Appendice F au présent chapitre).
- *Le processus de conception de systèmes organisationnels* : Ce programme commence par des définitions fondamentales des objectifs organisationnels et des intrants/extrants du système technique et social. Il traite ensuite des divergences (par exemple aéronef non réparé), attribue les fonctions, effectue la conception du milieu de travail et du système social avant de finalement proposer un système pour l'amélioration continue.

L'organisme de maintenance d'aéronefs doit alors analyser les résultats de l'audit et prendre des décisions appropriées au niveau des dirigeants pour changer le milieu du travail et ses équipements afin de rehausser l'interface des tâches avec le technicien de maintenance.

3.9.4 Les termes « milieu de travail » et « équipements » sont très généraux lorsqu'ils sont employés dans le contexte d'un audit ergonomique. Il importe donc de comprendre que l'objet primordial de la conception ou de la reconception du milieu de travail et de ses équipements consiste à :

- déterminer ce que le travailleur est appelé à faire ;
- identifier les informations, outils, contrôles et procédures qui sont nécessaires ;
- fournir ces éléments dans les dimensions, la forme et la présentation qui conviennent.

3.9.5 Le milieu de travail et les équipements qui sont fréquemment identifiés dans des audits ergonomiques comme nécessitant des changements sont les suivants (pas dans l'ordre d'importance) :

- établis et sièges ;
- aménagements, par exemple moyens d'accès ;
- outils et équipements d'essai ;
- éclairage des tâches ;
- interfaces d'informatique ;
- procédures et fiches de travail de la compagnie ;
- manuels d'instructions et spécifications techniques concernant les aéronefs ou les équipements.

3.10 INTERVENTIONS EN MATIÈRE DE DOCUMENTATION

3.10.1 De nombreuses recherches montrent que de nettes améliorations des taux d'erreurs peuvent être réalisées par l'application de principes de facteurs humains à la conception des documents utilisés dans les activités de maintenance d'aéronefs. Les détails de ces recherches sont présentés dans le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance (Phase IV Progress Report)* de la FAA.

3.10.2 Afin de permettre aux organismes de maintenance d'aéronefs et aux exploitants d'utiliser les résultats de ces recherches, la DDA (Documentation Design Aid) (aide pour la conception de documentation) a été élaborée à l'usage des ingénieurs et des rédacteurs techniques chargés du contenu technique des instructions de travail et du processus consistant à transformer le contenu en un document d'instructions de travail (fiches de travail, fiches de tâches, feuilles de progression, etc.). Voir des détails sur la DDA dans l'Appendice G au présent chapitre.

3.10.3 L'Annexe 6 (Partie 1, § 8.3.1, et Partie 3, Section II, § 6.3.1) prescrit que « la conception et l'application » du programme de maintenance de l'exploitant doivent respecter les principes de facteurs humains. Ainsi, il incombe à l'exploitant de veiller à ce que :

- la conception du programme respecte les principes de facteurs humains ;
- l'application du programme par l'organisme de maintenance d'aéronefs respecte les principes de facteurs humains.

3.10.4 Un programme de maintenance d'aéronefs qui respecte les principes de facteurs humains (et aussi prend en compte les recommandations des titulaires de certificat de type) devrait être conçu avec les caractéristiques suivantes :

- séquences de tâches ou de travaux qui soient aptes à réduire la probabilité ou l'effet d'erreurs dans leur application (par exemple dans la maintenance de moteurs avec équipes de travail différentes ou entre vols différents) ;
- ensembles de tâches qui conviennent précisément aux vols de l'exploitant (par exemple ensembles de tâches de nuit) ;
- fiches ou feuilles de tâches ou de travail à la hauteur d'une norme de bonne conception de documentation.

3.10.5 Pour appliquer un programme de maintenance d'aéronefs qui respecte les principes de facteurs humains, l'organisme de maintenance d'aéronefs devrait avoir les caractéristiques ci-après en fonction de sa taille et de sa portée :

- environnement et ergonomie satisfaisants ;
- documentation des procédures à la hauteur d'une norme de bonne conception de documentation ;
- cadres dotés de processus satisfaisants pour réaliser des améliorations dans la communication, l'efficacité et la sécurité dans leurs activités (par exemple ces processus pourraient inclure MRM et système de qualité) ;
- systèmes de gestion de l'erreur pour comptes rendus, investigations, analyses, mesures d'éléments et décisions correctives ;
- manuels de maintenance d'aéronefs (ou documentation équivalente) qui ont été évalués à la hauteur d'une norme de bonne conception de documentation.

3.10.6 Les normes largement acceptées depuis longtemps dans l'industrie pour les manuels techniques de maintenance d'aéronefs sont celles qu'a publiées l'Air Transport Association of America (jusqu'à 1999, ces normes se trouvaient dans les spécifications ATA 100 et ATA 2100 ; en 2000, ces deux documents furent incorporés dans la spécification ATA 2200). Ces normes sont peut-être connues surtout à travers les identificateurs numériques de zones ou de systèmes d'aéronefs qui sont instantanément reconnus par le personnel de maintenance. Les recommandations ATA sont généralement conformes aux principes de facteurs humains, avec les exceptions suivantes :

- le nombre maximal des subdivisions de paragraphes dépasse le maximum de trois qui est recommandé comme la meilleure pratique en facteurs humains ;
- des lettres majuscules sont recommandées pour les textes qui prescrivent « attention » ou « avertissement », plutôt que des lettres minuscules qui sont plus faciles à lire ;
- la recommandation de politique présumant que les utilisateurs ne connaissent pas bien l'aéronef peut entraîner trop de détails pour les utilisateurs expérimentés ;
- la seule recommandation de politique pour la rédaction prévoit qu'il faut écrire dans un style clair, logique, facile à lire. Comme objectif de politique, cela est idéal. La Documentation Design Aid de la FAA donne des renseignements plus détaillés sur la façon d'y parvenir.

Dans les cas où le manuel de maintenance d'aéronefs a été élaboré conformément aux spécifications ATA, les exploitants devront prendre en compte les points ci-dessus pour veiller à ce que l'application de leur programme de maintenance par les techniciens de maintenance respecte les principes de facteurs humains. À noter que l'Annexe 8 ne prescrit pas que les publications de maintien de la navigabilité respectent les principes de facteurs humains.

3.11 INTERVENTIONS EN MATIÈRE DE FATIGUE

3.11.1 Le bulletin de navigabilité n° 47 de la CAA du Royaume-Uni donne les conseils ci-dessous aux techniciens licenciés de maintenance d'aéronefs au sujet de la fatigue [traduction OACI] :

« La fatigue et la lassitude peuvent avoir des effets négatifs sur la performance. Des heures de travail excessives et le travail posté, particulièrement avec des périodes d'équipes multiples ou des heures supplémentaires, peuvent conduire à des problèmes. Il faut que chacun soit parfaitement conscient des dangers d'une dégradation de la performance à cause de ces facteurs, ainsi que des responsabilités individuelles quant à la qualité du travail. »

Il est évident que pour remédier à la fatigue il faut dormir — cela veut dire un long repos qui ne soit pas troublé par les effets de l'alcool ou de la caféine. Certains mécanismes de défense sont suggérés dans le Chapitre 4 du *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA. Au nombre des mesures suggérées, il y a l'aide des superviseurs locaux qui doivent reconnaître les effets de la fatigue et s'en occuper, et le concours des travailleurs individuels eux-mêmes qui doivent reconnaître les symptômes et s'en occuper comme dans le cas de toutes autres situations de stress dans la vie. Les changements ou roulements dans le personnel, la supervision et les tâches ou séquences de tâches se sont aussi avérés réduire les risques d'erreur due à la fatigue. Les paragraphes qui suivent suggèrent d'autres mesures qui peuvent aider à combattre la fatigue.

Travail posté

3.11.2 Le projet ADAMS reconnaît que l'aviation est une activité de 24 heures sur 24, avec de fortes pressions exercées par des échéanciers. Il suggère que les systèmes de travail posté soient conçus pour prendre en compte les principes ci-après afin de minimiser les effets de la fatigue mentale et physique :

- ménager des périodes régulières pour dormir suffisamment la nuit, afin de prévenir l'accumulation d'un déficit de sommeil ;
- organiser un système d'équipes prédictible, permettant aux travailleurs de planifier leurs horaires de repos et de sommeil afin de minimiser le manque de sommeil ; les systèmes d'équipes postées par roulement ne le permettent pas et devraient être évités ;
- prévoir au moins deux périodes successives de sommeil nocturne afin de permettre de se rétablir d'une fatigue accumulée et d'un déficit de sommeil ;
- prendre en compte l'aptitude physique et mentale réduite la nuit, en évitant la programmation de ce genre de travail avec des échéanciers très stricts ;
- rester souple afin de tenir compte de l'aptitude de l'individu à surmonter les perturbations du travail posté (par exemple âge et circonstances familiales) ;
- avoir les mêmes services de soutien disponibles de nuit comme de jour (par exemple administration, planification, qualité, cantine/caféteria et bien-être) ;
- donner aux individus l'opportunité de récupérer après avoir été exposés à des situations qui donnent lieu à la fatigue et un déficit de sommeil ;
- alors que les heures supplémentaires sont une option pour achever des tâches non terminées par une équipe, les heures supplémentaires répétées devraient être découragées car elles risquent de réduire

la motivation et la performance du personnel ; une autre option consiste à transférer la tâche à l'équipe suivante.

3.11.3 Le Chapitre 4 (intitulé « Shiftwork and Scheduling ») du *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA précise que la fatigue mentale et physique est directement liée à des taux d'erreurs plus élevés. Le guide de la FAA ajoute premièrement que le travail posté peut contribuer à la fatigue en perturbant les cycles normaux éveil/sommeil et deuxièmement qu'une grande partie du travail de maintenance d'aéronefs s'effectue la nuit. Le guide de la FAA recommande les processus ci-après pour mettre en place des contre-mesures possibles :

- évaluer les horaires de sortie pour déterminer si tel ou tel horaire a causé ou risque de causer des problèmes de performance ;
- élaborer des procédures efficaces et appropriées de roulement ou transfert entre équipes ;
- introduire des contre-mesures ;
- former individuellement les superviseurs et les travailleurs à des façons de s'accommoder de leurs horaires de travail posté.

Le guide de la FAA inclut des questionnaires d'évaluation et d'autres textes, ou y renvoie, pour permettre de déterminer des contre-mesures appropriées.

3.11.4 Le travail posté est défini dans un rapport du professeur Simon Folkard intitulé « Work Hours of Aircraft Maintenance Personnel » comme étant tout arrangement d'heures de travail journalier qui diffère des heures normales de travail de jour, c'est-à-dire de 7 h à 19 h environ. Le rapport examine la relation entre d'une part le travail posté, d'autre part la santé et la sécurité. De plus, il donne des recommandations de bonnes pratiques dans les régimes de travail posté.

3.11.5 L'objectif fondamental de toute série de lignes directrices pour les « bonnes pratiques » dans les régimes de travail posté doit évidemment consister à minimiser le risque d'erreur ou de faute. L'approche suggérée dans le rapport du professeur Folkard est fondée sur les tendances objectives dans les risques, complétées par les résultats d'études sur la fatigue ou la durée du sommeil dans les cas où des données objectives sur le risque ne sont pas disponibles. Les exemples d'approches fructueuses vont d'une série relativement simple de limitations des heures de travail de tel ou tel groupe professionnel, par exemple le programme de régulation des heures de travail des contrôleurs aériens de la CAA du Royaume-Uni, jusqu'à des programmes plus généraux, par exemple le programme de gestion de la fatigue dans l'ouest de l'Australie pour les chauffeurs de véhicules de transport commercial. Le rapport ajoute que les objectifs de lignes directrices de « bonnes pratiques » dans les régimes de travail posté devraient consister à :

- minimiser l'accumulation de fatigue sur des périodes de travail ;
- maximiser la dissipation de la fatigue sur des périodes de repos ;
- minimiser les problèmes de sommeil et de perturbation circadienne.

Un résumé de certaines des bonnes pratiques possibles pour déterminer et gérer les régimes de travail posté, recommandées dans le rapport, figure dans l'Appendice H au présent chapitre.

Pauses

3.11.6 Des recherches ont montré que de courtes pauses dans l'activité de la tâche améliorent la performance et réduisent les erreurs. Une pause d'environ 15 minutes toutes les 2 à 3 heures est très bénéfique dans la performance humaine.

3.11.7 Il y a une relation entre le sommeil et la fatigue, et il incombe à l'individu d'appliquer des habitudes raisonnables dans le sommeil et les périodes de repos ou les pauses entre périodes de travail. Les cadres et les superviseurs locaux ont toutefois la responsabilité de contrôler les équipes de travail, les pauses, les périodes de service et les heures supplémentaires afin de minimiser la fatigue.

Boissons

3.11.8 On sait qu'une consommation insuffisante d'eau contribue aux symptômes de fatigue. Le personnel de maintenance devrait avoir facilement accès à de l'eau potable propre. Dans le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA, Chapitre 4, le café est identifié comme le seul stimulant légal en vente libre, mais il faut être conscient qu'il peut avoir des effets secondaires indésirables.

Application d'un programme de maintenance

3.11.9 L'Annexe 6 prescrit que l'application d'un programme de maintenance doit respecter les principes de facteurs humains. La planification du processus, de l'emplacement, du personnel et des tâches peut avoir des effets notables sur la probabilité d'erreur humaine. Certains des aspects à prendre en compte dans le processus de planification sont résumés dans l'Appendice I au présent chapitre.

3.12 QUELQUES INTERVENTIONS SIMPLES

3.12.1 Bien des interventions suggérées dans les différents guides ou instructions sur les facteurs humains mentionnés dans le présent manuel font intervenir des audits approfondis de l'organisme de maintenance ou de l'exploitant et éventuellement de coûteux programmes de changements dans leurs organismes. Cependant, de nombreux organismes de maintenance et techniciens de maintenance ont, au fil des ans, adopté ou appris en service militaire certaines interventions simples pour éviter les erreurs. L'introduction de programmes de facteurs humains ou de gestion de l'erreur ne veut pas dire nécessairement que ces mesures traditionnelles ou coutumières pourraient ou devraient être abandonnées. Chacune devrait être examinée objectivement. Les genres de mesures qui ont été notés sont énumérés dans les paragraphes qui suivent. La liste n'est pas exhaustive.

Outils, équipements d'essai et pièces

3.12.2 Des outils, des équipements d'essai, des pièces, etc., oubliés à bord d'un aéronef après un travail d'entretien risquent d'entraver des commandes de vol ou d'avoir des effets sur d'autres systèmes cruciaux. Actuellement, les interventions et pratiques réglementaires nationales varient largement dans leurs tentatives d'éliminer ce risque très réel. Suivent des exemples d'arrangements durables qui, séparément ou en combinaison, peuvent permettre de bien maîtriser les problèmes :

- un panneau ou une boîte pour les outils manuels (clés, tournevis, etc.) avec des silhouettes en couleurs contrastantes pour donner une indication visuelle si un outil n'a pas été remis en place ;
- outils manuels qui sont marqués et sont la propriété personnelle du technicien de maintenance ;
- listes de vérification pour chaque boîte à outils de technicien de maintenance, avec contrôle avant la sortie de l'aéronef ;
- inspections de secteurs spécifiques pour déceler les objets étrangers avant la fermeture finale des panneaux ;

- contrôle des outils via un système de sortie de magasin, avec des contrôles personnels ou des contrôles avec carte électronique pour identifier la personne qui est en possession d'un outil.

Séparation des tâches

3.12.3 Certains règlements nationaux spécifient que des points cruciaux comme les systèmes de commandes de vol doivent être identifiés et nécessitent une deuxième vérification ou une inspection indépendante par une autre personne. L'idée est qu'un second regard permettra de détecter une erreur ou une dérogation. Une variation sur ce thème (habituellement pour les vols à grande distance d'avions bimoteurs [ETOPS]) consiste à séparer les tâches sur moteurs ou les équipes de maintenance de moteurs dans le cas des aéronefs multimoteurs. L'idée est que la séparation permettra d'éviter la même erreur sur tous les moteurs par une personne ou une équipe.

Interruptions

3.12.4 Les interruptions sont une cause bien connue d'erreurs de maintenance. Certaines compagnies utilisent diverses méthodes pour tenir l'aéronef aussi « stérile » que possible durant le travail de maintenance, tout en permettant un contrôle de l'accès par supervision locale dans le cas des personnes qui en ont vraiment besoin (par exemple planificateurs et inspecteurs de l'autorité de réglementation). Quelques exemples :

- recourir à des panneaux indicateurs ou d'autres méthodes pour veiller à ce que les visiteurs occasionnels de la compagnie soient exclus de l'aéronef et de l'aire qui l'entoure, sauf avec autorisation expresse d'une personne (par exemple contremaître et superviseur) ;
- faire en sorte que quelqu'un qui ne travaille pas physiquement sur l'aéronef réponde au téléphone.

Accès à l'extérieur pour les tests de fonctionnement

3.12.5 Il est parfois difficile de ménager un accès convenable et prompt à des aires extérieures pour faire tourner les moteurs, tester le radar météo et effectuer tous autres tests de fonctionnement qui doivent être exécutés à l'extérieur. Par exemple, de nombreux aéroports ont des couvre-feux pour le fonctionnement des moteurs au sol, qui peuvent rendre ce genre de test impossible lorsque la maintenance a été effectuée la nuit et que la fin de l'équipe de nuit se situe avant la fin du couvre-feu. Des solutions efficaces peuvent consister à :

- modifier l'horaire du travail pour lequel il faut faire tourner les moteurs ;
- conclure des arrangements permanents au niveau des dirigeants avec l'autorité compétente (contrôle de la circulation aérienne ou aéroport) pour permettre de faire tourner les moteurs (par exemple à une heure déterminée, à un emplacement désigné ou selon la direction du vent) ;
- construire une aire pour circonscrire le bruit ou des moyens fixes d'atténuation du bruit au sol ;
- modifier l'aéronef ou aménager les tâches en conjonction avec le titulaire du certificat de type, afin d'éliminer la nécessité du test.

Croisements de connexions

3.12.6 Il a souvent été signalé des connexions croisées dans des systèmes après des activités de maintenance. Cela a été constaté sur des circuits électriques et des conduits de liquides. Ce sont toutefois les connexions croisées de câblage qui sont les plus fréquentes. Dans la plupart des cas, des tests de fonctionnement auraient permis de déceler

l'erreur mais les manuels de maintenance ne l'exigent pas nécessairement dans tous les cas. Par suite d'incidents de connexions croisées, un État a diffusé les conseils ci-après comme « bonnes pratiques de maintenance » :

- les pièces enlevées ou déconnectées devraient être marquées par des étiquettes ou codées en couleurs, pour faciliter un réassemblage correct ;
- la politique, la formation et les procédures de la compagnie devraient faire ressortir l'importance de tests de fonctionnement lorsque des fils ou des conduits ont été dérangés, que ce soit ou non spécifié dans les recommandations du constructeur ;
- tous les cas de connexions croisées devraient être signalés à l'organe de réglementation compétent et au titulaire du certificat de type relatif au produit.

Appendice A au Chapitre 3

PROGRAMMES DE FACTEURS HUMAINS

Tableau 3-A-1. Comparaison des éléments fondamentaux des programmes de facteurs humains « tout prêts »

<i>Titre du programme</i>	<i>Cours de formation</i>	<i>Gestion de l'erreur</i>	<i>Ergonomie et environnement</i>	<i>Application</i>	<i>Objectifs</i>
Communauté européenne — Aircraft Dispatch and Maintenance Safety (ADAMS) — <i>Human-Centred Management Guide for Aircraft Maintenance</i>	Objectifs et suggestions de méthodes : Appendices 16 et 17. Résumé du programme « STAMINA » proposé par NLR aux Pays-Bas	Conseils et renvoi à JAR 145 : Chapitre 4	Conseils concis mais exhaustifs : Chapitre 3, Appendices 7 et 8	Pas de section expressément sur ce sujet mais inclusion partout en termes généraux	Exhaustif et concis : Chapitre 2
GAIN — <i>Operator's Flight Safety Handbook</i>	Non	Description seulement de comptes rendus avec immunité : § 3.5	Non, seulement dans le contexte des équipages de conduite	En partie : Section 3	Oui, mais seulement dans le contexte des équipages de conduite : Section 2
Boeing — <i>Maintenance Error Decision Aid (MEDA)</i>	Non	Processus très complet et exhaustif pour l'investigation d'erreurs	Non	Non	Non, seulement pour MEDA : « Introduction »
OACI — <i>Manuel d'instruction sur les facteurs humains</i> (Doc 9683)	Très bref : Partie 1, Chapitre 6, et Partie 2	Descriptions de problèmes et suggestions pour certaines interventions : Partie 1, Chapitre 6	Nombreux renseignements sur l'ergonomie : Partie 1, Chapitre 4	En partie : Partie 1, Chapitre 1	Pas de section expressément sur ce sujet mais inclusion partout en termes généraux
FAA — <i>Human Factors Guide for Aviation Maintenance</i>	Processus d'élaboration de cours seulement : Chapitre 7	Très complet et exhaustif : Chapitres 13, 14, 15 et 16	Très complet et exhaustif : Chapitres 5 et 6	Recommandations exhaustives sur le processus : Chapitre 2	Oui : Chapitre 1
FAA — <i>ERgoNomic Audit Program (ERNAP)</i>	Non	Non	Processus très complet et exhaustif pour les audits d'installations et de procédures	Non	Non

<i>Titre du programme</i>	<i>Cours de formation</i>	<i>Gestion de l'erreur</i>	<i>Ergonomie et environnement</i>	<i>Application</i>	<i>Objectifs</i>
Royaume-Uni — Human Factors Combined Action Group (UKHFCAG) — <i>People, Practices, Procedures</i>	Aperçu de cours MRM : Appendices C et D	Très concis mais exhaustif : Appendices A à G	Description concise : Étapes 2 et 3	Oui : Étapes 1 à 5	Pas de section expressément sur ce sujet mais inclusion partout en termes généraux
ATA Specification 113 — <i>Maintenance Human Factors Program Guidelines</i>	Processus d'élaboration de cours seulement : Chapitre 5	Description générale concise et exhaustive : Chapitres 4 et 6	Aperçu général : Chapitre 7	En partie : Chapitre 3	En partie : Chapitre 3
FAA/Galaxy Scientific Corporation — <i>Maintenance Resource Management Handbook</i>	Processus d'élaboration de cours MRM et modèle de programme d'études : Chapitre 5 et Appendice C	Pas de section expressément sur ce sujet mais inclusion partout en termes généraux	Description partielle : Chapitre 2	Mise en œuvre de la formation seulement : Chapitre 3	Paragraphe concis : « Objectifs »
CAA du Royaume-Uni — <i>Human Factors and Aircraft Maintenance Handbook</i>	Principes seulement : Partie 1. Aussi liste de fournisseurs	Description générale exhaustive : Partie 3	Description générale exhaustive : Partie 3	Description exhaustive : Partie 1	Brièvement, oui : « Avant-propos »
CAA du Royaume-Uni — CAP 455, Airworthiness Notice No. 71, <i>Maintenance Error Management Systems</i>	Non	Système de comptes rendus détaillés et mesures correctives pour un organisme de maintenance	Non	Exhaustif : § 3	Concis et clair : § 1

Appendice B au Chapitre 3

ROULEMENT/TRANSFERT DANS LE TRAVAIL POSTÉ

1. INTRODUCTION

1.1 Il est universellement reconnu qu'au moment de changer les équipes de travail posté il est extrêmement important d'avoir des communications efficaces entre le personnel sortant et le personnel arrivant dans la maintenance d'aéronefs. L'absence d'une bonne communication a été évidente dans de nombreux comptes rendus d'accidents dans différentes industries, pas seulement la maintenance d'aéronefs.

1.2 L'objectif, dans le roulement/transfert entre équipes de travail posté, est de communiquer de façon exacte et fiable les informations relatives à la tâche d'une équipe à une autre, pour assurer la continuité d'un travail sûr et efficace.

1.3 La teneur du présent appendice résume le CD-ROM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection* de la FAA.

2. CONCEPTS

2.1 Le roulement/transfert entre équipes peut théoriquement s'effectuer dans trois situations différentes : la première, la plus répandue, s'effectue lorsque les opérations sont exécutées entre plusieurs équipes et qu'une équipe finissante doit transférer le travail et la responsabilité des tâches à une équipe commençante. Dans la deuxième, on passe d'une situation sans personnel à une situation avec personnel. Par exemple, une installation de maintenance peut se trouver sans personnel pendant une période de temps chaque jour ou chaque semaine et ensuite une équipe de travailleurs vient assumer toutes les responsabilités lorsque l'installation reprend son activité. La dernière situation de roulement/transfert se produit lorsque les responsabilités d'un travailleur doivent être reprises par une autre personne avant la fin de la période de travail du premier travailleur. Cela arrive lorsqu'une indisposition en cours de travail, une urgence personnelle, etc., oblige un travailleur à quitter le travail avant la fin normale de son affectation en équipe.

2.2 Un important concept lié au roulement/transfert concerne le moment où il commence effectivement. La perception habituelle est que le roulement/transfert ne se produit qu'au moment de la transition entre les équipes. Certaines normes relatives au roulement/transfert affirment que le roulement/transfert devrait réellement commencer dès que la nouvelle équipe commence. Sur toute la durée d'une équipe, les travailleurs/superviseurs devraient constater et transcrire les informations qui devraient être incluses dans leur transfert aux travailleurs ou à l'équipe qui vont suivre.

2.3 Le présent appendice va être concentré sur la situation la plus habituelle de roulement/transfert entre équipes : une équipe commençante succédant à une équipe finissante. Toutefois, à l'exception des réunions de roulement/transfert, tous les éléments du processus de roulement/transfert dans le travail posté sont aussi applicables aux autres situations de roulement/transfert.

3. ÉLÉMENTS

L'efficacité d'un roulement/transfert entre équipes dépend de trois éléments fondamentaux :

- a) l'aptitude des travailleurs/superviseurs finissants de comprendre et communiquer les éléments importants du travail ou de la tâche à remettre aux personnes qui arrivent ;
- b) l'aptitude des travailleurs/superviseurs qui arrivent à comprendre et assimiler les informations remises par ceux qui partent ;
- c) un processus formalisé pour échanger les informations entre les sortants et les arrivants, et un lieu où les échanges s'effectueront.

4. CARACTÉRISTIQUES

4.1 Il faut que deux caractéristiques soient présentes pour qu'il y ait un roulement/transfert efficace entre équipes de travail posté : propriété et formalité. Il faut que les individus assument personnellement la propriété et la responsabilité des tâches qu'ils exécutent. Il faut qu'ils aient la volonté d'assurer que leurs tâches seront menées à bien correctement — même si ces tâches s'étendent sur plus d'une équipe et sont achevées par quelqu'un d'autre.

4.2 La formalité est le niveau de l'attention qui est donnée aux procédures de roulement/transfert entre équipes. Le processus de roulement/transfert devrait être défini dans le manuel de procédures de l'organisme de maintenance. Les cadres et les superviseurs devraient veiller à ce que les informations entre équipes soient efficacement documentées et communiquées. Un engagement visible à cet égard est important car les travailleurs perçoivent vite un manque d'engagement des cadres lorsqu'ils négligent de prévoir une durée suffisante de chevauchement entre équipes, des aides adéquates dans le travail et des installations dédiées dans lesquelles s'effectueront les transferts.

4.3 Un processus efficace de roulement/transfert dans le travail posté se compose d'au moins quatre éléments :

- réunions de roulement/transfert entre équipes ;
- parcours de reconnaissance ;
- listes de vérification de roulement/transfert ;
- indicateurs d'avancement du travail.

Des lignes directrices pour chacun de ces éléments sont données ci-dessous. Elles doivent toutes être incluses dans le processus de roulement/transfert.

5. AIDES

Des recherches ont montré que les processus, pratiques et compétences ci-après peuvent rendre la communication efficace dans le roulement/transfert entre équipes de travail posté :

- a) Les gens doivent transmettre matériellement les informations sous une forme écrite, parlée ou gestuelle (forme non verbale ou langage du corps). Si un seul moyen d'expression est utilisé, il y aura un risque de transmission erronée. Une redondance, par l'usage de plus d'une façon de communiquer, c'est-à-dire écrite, verbale ou non verbale, réduit nettement ce risque ; c'est pourquoi les informations devraient être répétées par plus d'un moyen, par exemple expression verbale et une autre méthode telle que schéma ou écriture, etc.

- b) La disponibilité d'un retour d'information pour permettre de vérifier la compréhension, etc., durant la communication, rehausse l'exactitude ; l'aptitude à la communication bilatérale est donc importante dans le roulement/transfert entre équipes.
- c) Une partie du processus de roulement/transfert entre équipes consiste à faciliter la formulation d'un modèle mental partagé du système de maintenance, de la configuration de l'aéronef, des tâches, etc. Il y a une probabilité maximale de malentendus lorsque les gens n'ont pas cette même « image » mentale de la situation. Cela est particulièrement vrai lorsque des dérogations aux procédures normales de travail se sont produites, par exemple avoir mis l'aéronef dans le mode de vol à un stade de la vérification de maintenance, alors que cela ne se fait pas normalement. Autres considérations : lorsque des personnes sont revenues après une longue absence (la situation pourrait avoir changé considérablement pendant ce temps) et lorsque des roulements/transferts sont effectués entre employés expérimentés et employés inexpérimentés (les expérimentés peuvent faire des suppositions au sujet de connaissances qui ne sont pas présentes chez les inexpérimentés). Dans tous ces cas, les roulements/transferts peuvent demander plus de temps et un délai supplémentaire devrait être prévu.
- d) La communication écrite est facilitée par la conception des documents, par exemple le registre de roulement/transfert, qui prend en compte les besoins en informations de ceux qui sont censés l'utiliser. En faisant participer ceux qui mènent les transferts entre équipes et en leur demandant quelles informations devraient être incluses, et sous quelle forme, on peut rendre les communications plus exactes. Leur participation contribue à l'utilisation et l'acceptation du processus.

6. OBSTACLES

Des recherches ont aussi montré que certaines pratiques, attitudes et limitations humaines peuvent faire obstacle à l'efficacité des communications dans les roulements/transferts entre équipes postées. Par exemple :

- a) Des informations cruciales peuvent être perdues si le message contient aussi des informations hors de propos, non souhaitées. Les gens ont une aptitude limitée à absorber et traiter ce qui leur est communiqué ; dans ces circonstances, il faut du temps et un certain effort pour interpréter ce qui est dit et extraire les informations importantes. Il importe donc que seules les informations cruciales soient présentées et que les informations non pertinentes soient exclues.
- b) Le langage que nous utilisons dans la vie quotidienne est intrinsèquement ambigu. Il faut donc s'efforcer de réduire l'ambiguïté en :
 - spécifiant soigneusement les informations à communiquer (par exemple en précisant la composante, les outils ou la documentation) ;
 - facilitant la communication bilatérale qui permet de clarifier toute ambiguïté (par exemple en posant des questions telles que : « S'agit-il du volet sur l'intérieur ou l'extérieur de l'aile ? ») ;
 - s'efforçant d'identifier, de minimiser et de corriger les malentendus (qui sont un aspect naturel et inévitable de la communication humaine) à mesure qu'ils surviennent ;
 - s'efforçant d'éviter l'excès de confiance. Les gens et les organismes peuvent dire que leurs communications sont sans problèmes, laissant entendre qu'une communication fructueuse est facile et sans effort ; cela conduit à l'excès de confiance et au contentement de soi. Les organismes peuvent y résister :

- en mettant en lumière le potentiel de mauvaise communication et les conséquences possibles ;
- en développant les compétences en communication des gens qui interviennent dans les roulements/transferts entre équipes.

7. LIGNES DIRECTRICES

7.1 Les lignes directrices ci-après s'appliquent aux activités effectuées en équipes multiples pour permettre une maintenance en continu 24 heures sur 24. Si les équipes ne recouvrent pas la totalité d'une période de 24 heures, par exemple équipes de jour et de soir sans équipe de nuit, il n'y a pas de communication en face-à-face lors du transfert. En pareil cas, il y a un risque inhérent et les organismes doivent être conscients que le risque de communications inefficaces est beaucoup plus élevé.

Réunions de roulement/transfert dans le travail posté

7.2 L'objectif principal du roulement/transfert entre équipes est d'assurer la communication exacte et fiable, entre les équipes, des informations concernant la tâche. Cependant, cela ne prend pas en compte les besoins des utilisateurs quant aux autres informations qui pourraient aussi être nécessaires pour former un modèle mental complet permettant la continuation sécuritaire et efficace du processus de maintenance. Exemples de ce genre d'informations : niveau des effectifs, autorisation ou licence, employés malades, heures de travail prolongées (heures supplémentaires), problèmes de personnel, etc.

7.3 Le processus de roulement/transfert entre équipes devrait comporter au moins deux réunions. Il commence par une réunion entre les cadres/superviseurs de l'équipe finissante et de l'équipe commençante. Cette réunion devrait se tenir dans un environnement exempt de pressions temporelles et de distractions.

7.4 Il faut que les cadres/superviseurs discutent et se mettent au courant des questions de tactique et de gestion concernant le fonctionnement continu et prompt du processus de maintenance. Cette réunion a donc pour objet de constater l'état général de l'installation et l'avancement du travail à prendre en mains. Les cadres/superviseurs sortants devraient résumer tous problèmes notables qu'ils ont constatés au cours de leur période de travail, particulièrement tous problèmes pour lesquels des solutions n'ont pas été trouvées ou ne sont pas encore achevées. Le Tableau 3-B-1 énumère les genres de sujets qui devraient être traités dans la réunion entre cadres/superviseurs au sujet du roulement/transfert.

Parcours de reconnaissance

7.5 Après la réunion entre les chefs d'équipe et les affectations à des tâches, il faut que les superviseurs et les personnels appelés à certifier se réunissent et échangent des renseignements détaillés relatifs aux différents travaux et aux différentes tâches. Pour l'efficacité maximale dans la communication de ces renseignements, les employés arrivants et sortants doivent analyser les aspects des tâches en examinant les travaux en cours dans le hangar ou sur le lieu de travail. Une inspection et une discussion mutuelles de ce genre constituent un « parcours de reconnaissance ». Le Tableau 3-B-2 énumère les genres de sujets qui devraient être traités par le personnel de supervision/certification dans la réunion relative au parcours de reconnaissance.

**Tableau 3-B-1. Sujets pour la réunion de roulement/transfert
entre cadres/superviseurs d'équipes**

État de l'installation postes de travail/accostage/équipements pour essais travaux de construction
Avancement du travail aéronefs objets d'un travail programmation d'aéronefs arrivants/sortants échancier situation des aéronefs par rapport à la planification
Effectifs autorisations/licences personnel appelé à certifier personnel non appelé à certifier identités des employés en heures supplémentaires identités de personnel contractuel maladies blessures formation autres questions de personnel
Problèmes en suspens/en cours de travail/situation résolus
Informations AC, AD, SL, etc. bulletins techniques de compagnie politique de compagnie ou bulletins de procédures

**Tableau 3-B-2. Sujets pour la réunion du personnel de supervision/certification
relative au parcours de reconnaissance**

Travaux/tâches en cours
Fiches de travail utilisées
Dernières étapes achevées
Problèmes constatés : en suspens/en cours de travail/état/résolus
Situations, occurrences, défauts ou fautes inhabituelles
Ressources requises/disponibles
Emplacement de pièces enlevées, d'outillage, etc.
Pièces et outils commandés et arrivée prévue, ou pénurie
Étapes suivantes envisagées
Communications avec planificateurs, services techniques, ateliers, cadres, etc.

Listes de vérification

7.6 L'échange d'informations dans le parcours de reconnaissance devrait être structuré avec une liste de vérification. Les informations de roulement/transfert entre équipes peuvent aussi être données verbalement aux travailleurs arrivants par les travailleurs sortants. Dans ce cas, les listes de vérification servent à structurer la conversation de roulement/transfert et à assurer que le travailleur sortant n'oublie pas de communiquer des renseignements importants. Ce mode de fonctionnement est analogue à différentes procédures de cockpit qui sont régies par des listes de vérification, par exemple décollage, atterrissage, redémarrage de moteurs en vol, etc.

7.7 La seule recherche objective concernant les communications de roulement/transfert entre équipes de travail posté dans le domaine de la maintenance en aviation portait sur les registres écrits d'inspection de roulement/transfert entre équipes. Les chercheurs ont souligné l'importance de transcrire les informations importantes. Ils ont conclu que les informations verbales, tout en étant plus commodes, risquent davantage d'être déformées et simplement oubliées.

7.8 Il semble que l'échange verbal d'informations de roulement/transfert selon une liste de vérification formelle sera probablement plus conforme à la façon dont les techniciens de maintenance travaillent typiquement. Plus la procédure est compatible, plus il est probable que les techniciens la respecteront.

7.9 Il est recommandé d'employer des listes de vérification de roulement/transfert portant sur tous les sujets du Tableau 3-B-2. Si tel ou tel type d'information non inclus dans le Tableau 3-B-2 est nécessaire pour certaines catégories de tâches, alors des listes de vérification spécialisées devraient être élaborées pour ces tâches. Les listes de vérification ne devraient pas dépasser une page et devraient être conformes aux conditions de présentation des fiches de travail.

Repères d'avancement du travail

7.10 Une grave erreur de roulement/transfert risque de se produire lorsqu'un travailleur arrivant présume que le travailleur sortant a achevé une tâche alors qu'en fait cette tâche n'a pas été achevée. Une façon très simple de prévenir cette erreur potentielle consiste à avoir des repères explicites d'avancement du travail, qui peuvent être apposés à l'endroit ou au voisinage d'un lieu de travail ou d'une composante en cours de réparation. Cela est dans le même ordre d'idée que d'attacher des rubans « enlever avant le vol » sur certaines composantes d'aéronef.

7.11 Des fiches codées par couleur, aspect ou forme indiquant « travail achevé » et « travail en cours » peuvent être attachées à chaque fiche de travail. Lorsque les techniciens de maintenance achèvent toutes les étapes d'une procédure de fiche de travail, ils placent la fiche « travail achevé » sur le module ou la structure dont il s'agit. Si une équipe se termine avant que le travail soit achevé, la fiche « travail en cours » est alors placée ou fixée temporairement sur le lieu du travail. Cette technique permet d'empêcher qu'un technicien arrivant présume que le travail sur un module est achevé alors qu'il est encore en cours. Bien entendu, cette information devrait être transmise au cours de la conversation sur le parcours de reconnaissance. Toutefois, l'idée est de prévoir plus qu'une seule barrière pour empêcher l'erreur humaine de se propager dans tout le système.

Appendice C au Chapitre 3

ROULEMENT/TRANSFERT DE TÂCHES

1. INTRODUCTION

1.1 La teneur du présent appendice résume un texte de l'Autorité de l'aviation civile (CAA) du Royaume-Uni intitulé *Aviation Maintenance Human Factors* (CAP 716).

1.2 Le transfert de tâches entre une personne et une autre ne se situe pas toujours au moment d'un changement d'équipe. Il est souvent nécessaire de transférer une tâche dans le courant d'une équipe de travail. Le présent appendice traite de deux situations courantes :

- une tâche non achevée est remise à quelqu'un qui est alors présent ;
- une tâche non achevée est laissée pour qu'une personne non identifiée la reprenne ultérieurement.

2. REMISE D'UNE TÂCHE DIRECTEMENT À UNE AUTRE PERSONNE

Lorsqu'une tâche est remise directement à quelqu'un qui est alors présent, le processus et les concepts sont les mêmes que dans le cas d'un parcours de reconnaissance (voir Appendice B au Chapitre 3). Le processus se déroule en face-à-face avec communication verbale et écrite. L'élément écrit vise normalement à assurer que les fiches de travail ou les fiches de processus non routiniers sont remplies exactement et clairement pour identifier l'étape jusqu'à laquelle le travail a progressé. Toutes dérogations par rapport aux pratiques ou procédures normales de travail doivent être clairement mises en lumière au cours du parcours de reconnaissance. Par exemple, si dans un changement de valve une attache qu'il n'était pas nécessaire d'enlever selon le manuel de maintenance a été dérangée pour faciliter l'enlèvement et l'installation de la valve, cela devrait être indiqué. Il se produit de nombreuses erreurs en pareilles circonstances parce que la personne qui reprend la tâche présuppose que tout a été exécuté selon le manuel de maintenance, les dessins, les procédures, etc. Du point de vue de l'efficacité de la communication, il est indispensable que la personne sortante transcrive la dérogation et qu'elle soit discutée dans le parcours de reconnaissance.

3. REMISE D'UNE TÂCHE POUR QUE QUELQU'UN L'ACHÈVE ULTÉRIEUREMENT

Il arrive qu'une tâche soit laissée inachevée durant une équipe de travail posté, par exemple dans le cas où quelqu'un est retiré d'une tâche pour s'occuper d'une tâche plus urgente sur un autre aéronef. En pareil cas, il arrive souvent que l'on ne sache pas qui reprendra le travail d'achèvement de la tâche et de certification pour la remise en service. Ce genre de situation présente un risque et un problème beaucoup plus sérieux pour la communication efficace de l'avancement de la tâche et de ce qui reste à faire pour achever le travail. La communication en face-à-face n'est pas possible. Tout repose sur la communication écrite. Il est impossible de vérifier la compréhension par la personne qui est appelée à achever la tâche.

4. CATÉGORIES DE TÂCHES

4.1 Les tâches confiées aux techniciens de maintenance d'aéronefs peuvent être classées comme :

- programmées (peut-être dans le cadre d'un programme de maintenance ou de modification qui a été préplanifié) ;
- non programmées (par exemple pour rectifier une défectuosité constatée en vol ou au sol).

Tâches programmées

4.2 Normalement, l'avionneur, l'organisme de maintenance ou l'exploitant de l'aéronef distribue des fiches de travail au début des instructions de maintenance pour les tâches programmées. Dans tous les cas, la fiche et la subdivision des tâches écrite sur cette fiche présumant qu'une même personne commencera et terminera le travail. La fiche de travail n'est pas conçue pour être utilisée comme document de roulement/transfert (bien que, selon les circonstances, il est possible qu'elle soit utilisée comme document de transfert ou en fasse partie). Les fiches de travail subdivisent les tâches en étapes spécifiques. Idéalement, les travaux devraient toujours être arrêtés à une des ces étapes afin que la dernière signature sur la fiche corresponde à l'étape exacte jusqu'à laquelle le travail a progressé. Dans ce cas, la fiche peut constituer le document de roulement/transfert. Toutefois, un travail peut être arrêté en un point situé entre les étapes inscrites sur la fiche, ou bien la séquence des étapes n'a pas été suivie ou diffère des procédures normales de travail (comme dans l'exemple où une attache additionnelle a été dérangée pour faciliter l'enlèvement et l'installation d'une valve). Lorsque cela se produit, il faut utiliser des renseignements écrits additionnels pour identifier clairement le point de sortie de la tâche et ce qui est nécessaire pour achever le travail et remettre en état de service. Des fiches ou feuilles non routinières devraient alors être utilisées pour la transcription et la transmission des renseignements pertinents nécessaires. On trouvera un exemple de fiche de travail dans le Tableau 3-C-1.

4.3 Dans le Tableau 3-C-1, la tâche a été entièrement réalisée jusqu'à l'étape d). Cependant, le système hydraulique a été dépressurisé, de sorte qu'une partie de l'étape e) a été réalisée. Une fiche ou feuille supplémentaire, ou feuille non routinière (la terminologie variera d'une compagnie à une autre) doit donc être établie pour communiquer le fait que la fiche de travail ne correspond pas à la situation véritable de l'aéronef. Dans ce cas, le texte pourrait être celui qui est indiqué dans le Tableau 3-C-2.

4.4 La combinaison de la fiche de travail et de la feuille non routinière devrait fournir des renseignements suffisants à la personne qui reprendra le travail afin qu'elle connaisse la situation présente du travail et ce qui est nécessaire pour l'achever ou le continuer.

Tâches non programmées

4.5 Toutes les tâches non programmées qui devront être exécutées sur l'aéronef ou ses composantes devraient être documentées de façon à définir le travail à accomplir. Cela est une bonne pratique de maintenance mais aussi facilitera l'émission d'une certification de maintenance lors de l'achèvement. Toute tâche qui est au-dessus du niveau « simple » devrait être subdivisée entre étapes spécifiques et documentées, de façon qu'une personne autorisée à cet effet puisse signer ou apposer un cachet lorsque chaque étape est achevée. Le document utilisé dans ce processus de contrôle est souvent appelé « feuille d'étapes ». La feuille d'étapes est particulièrement utile dans le cas de tâches complexes ou lorsqu'il y a un transfert à une autre personne ou une autre équipe. Elle précise aussi ce qui a été fait par qui, et quand. Les cadres et superviseurs des organismes de maintenance ont la responsabilité de veiller à ce qu'il y ait un imprimé, une procédure et un temps suffisant pour que le personnel de maintenance transcrive les étapes de cette façon.

Tableau 3-C-1. Exemple de fiche de travail

GO FAST AIRWAYS			
Type d'aéronef : B737 MP réf. : MS/B737/668			
Immatriculation de l'aéronef : G-OFST			
Commandes de vol			
Fiche de travail additionnelle établie : oui			
27-00-56	Mécanisme de synchronisation des volets	Mécanicien	Inspecteur
	a) Vérifier que les tensions de câbles sont correctes (mm 27-50-02).	Mick Spencer	¥ cachet
	b) Avec commande de volets en position rentrés, déconnecter le mécanisme d'un seul engrenage de transmission.	Mick Spencer	¥ cachet
	c) Pressuriser le système hydraulique et commander volets sortis.	Mick Spencer	¥ cachet
	d) Vérifier que les volets commencent à bouger et qu'ensuite le système cesse d'agir.	Mick Spencer	¥ cachet
	e) Dépressuriser le système hydraulique et connecter le mécanisme de transmission.		
	f) Pressuriser le système hydraulique et vérifier que les volets fonctionnent correctement.		

Tableau 3-C-2. Feuille de travail non routinière supplémentaire

GO FAST AIRWAYS			
Feuille de travail non routinière			
Défectuosité	Mesures prises	Mécanicien	Inspecteur
Fiche de référence 27-00-56. Fiche remplie entièrement jusqu'à l'étape d). Système hydraulique dépressurisé mais le mécanisme de transmission n'est pas reconnecté. Mécanisme de transmission à reconnecter avant d'exécuter l'étape f).			

Appendice D au Chapitre 3

PLANIFICATION ET REGISTRE DE TÂCHES DE MAINTENANCE NON PROGRAMMÉES

1. INTRODUCTION

1.1 Une documentation de maintenance inexacte, incomplète ou inexistante a été citée comme facteur contribuant de plusieurs accidents et incidents dus à des erreurs de maintenance.

1.2 Une partie de la teneur du présent appendice résume le document de la CAA du Royaume-Uni intitulé *Aviation Maintenance Human Factors* (CAP 716).

2. LA RÉGLEMENTATION

Des tâches de maintenance non programmées peuvent résulter d'inspections de maintenance programmées ou de défauts constatés sur des aéronefs en exploitation. Pour les tâches de maintenance tant programmées que non programmées, il faut qu'une fiche de maintenance soit émise lorsque toute la maintenance relative à la tâche ou aux tâches est achevée. Ainsi, les documents qui transcrivent une tâche de maintenance non programmée doivent donner suffisamment de détails pour que le technicien de maintenance appelé à certifier puisse déterminer que la tâche a été exécutée avec le niveau de qualité qui lui permettra d'émettre une certification de maintenance pour la remise en service.

3. LE MOYEN DE CONFORMITÉ

3.1 Les tâches de maintenance programmées sur des aéronefs varient beaucoup dans leur complexité. Normalement, le travail est confié par l'exploitant ou l'organisme de maintenance d'aéronefs sous la forme de fiches de travail (la terminologie peut varier d'une compagnie à une autre, par exemple cartes de travail, feuillets de travail et feuilles de processus) émises pour chaque tâche programmée. Afin de constituer un registre et d'aider à contrôler des tâches complexes exécutées par du personnel de maintenance au niveau de l'atelier, la présentation de la fiche de travail subdivise normalement chaque tâche en un certain nombre d'étapes simples et précises. La présentation de la fiche devrait aussi prévoir que la personne autorisée à cet effet apposera une signature ou un cachet lorsque chaque étape sera achevée.

3.2 De la même façon, les tâches de maintenance non programmées devraient être subdivisées en étapes pour fournir un registre détaillé de la maintenance qui doit être effectuée et certifiée à mesure de l'achèvement de chaque étape ou groupe d'étapes. Fréquemment, cette subdivision devra nécessairement être générée au niveau de l'atelier. Les procédures de l'organisme de maintenance devraient faciliter cela en fournissant les fiches de travail (parfois appelées feuilles d'étapes) nécessaires et les procédures à l'usage des techniciens de maintenance et des superviseurs (voir aussi dans l'Appendice C au Chapitre 3 des indications sur l'utilisation des feuilles d'étapes aux fins des transferts).

3.3 Les fiches de travail pour la maintenance programmée sont une documentation d'usage quotidien pour les techniciens de maintenance. Non seulement elles identifient le travail à exécuter, mais aussi elles subdivisent normalement les tâches en étapes pour permettre à des individus de signer ou certifier les différentes étapes. Les

raisons de la subdivision du travail en tâches spécifiques sont souvent perçues à tort comme la tenue d'un registre et l'identification de la personne qui a exécuté telle ou telle partie d'une tâche, de sorte que s'il y a un incident l'employeur ou le réglementateur pourra agir contre la personne. Il est vrai que cela instaure la responsabilisation pour la tâche, mais cela peut se faire par d'autres moyens. L'objet principal d'une fiche de travail est de simplifier et d'identifier la tâche à exécuter et de donner des conseils sur la séquence correcte d'exécution de la tâche. C'est une aide pour permettre au technicien de maintenance de planifier et mener à bien la tâche efficacement et complètement.

3.4 La subdivision des tâches en étapes est une bonne pratique de maintenance car elle permet au personnel de transcrire le travail à effectuer et fournit un registre de l'accomplissement du travail. Les études de facteurs humains en maintenance montrent de façon répétée que l'utilisation de feuilles d'étapes bien remplies lors de l'exécution des tâches réduit considérablement le risque d'erreur de maintenance.

4. ÉLABORATION DE FICHES DE TÂCHES NON ROUTINIÈRES

4.1 Le Tableau 3-D-1 a pour objet de guider l'exploitant, l'organisme de maintenance d'aéronefs ou le technicien de maintenance au sujet de la nécessité d'élaborer de nouvelles fiches de travail. Si une tâche comporte l'un quelconque des attributs de la colonne de gauche, l'exploitant ou l'organisme de maintenance doit alors élaborer des fiches de travail préimprimées si les étapes du travail sont particulièrement nombreuses ou longues. La colonne de droite donne les raisons et les objectifs à réaliser dans la documentation.

4.2 Si un technicien de maintenance d'aéronefs a la responsabilité d'un travail alors qu'il n'y a pas de fiche de travail préétablie et si le travail comporte des attributs semblables à ceux de la colonne de gauche du Tableau 3-D-1, le technicien devrait prendre l'initiative d'en établir une. L'organisme de maintenance devrait avoir des procédures et des formats pour permettre au technicien de maintenance de le faire, et la fiche ou feuille remplie doit alors faire partie du registre requis au sujet du travail exécuté.

Tableau 3-D-1. Détermination de la nécessité de subdiviser en étapes sur les fiches de travail

<i>Attributs de tâches</i>	<i>Raisons et objectifs</i>
Tâche complexe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Structurer la séquence des subdivisions de tâches. 2. Identifier les étapes importantes dans le processus. 3. Donner des signaux avertisseurs. 4. Aider à prévenir les erreurs d'omission parce que : <ul style="list-style-type: none"> • plus il y a d'informations dans une étape procédurale, plus il est probable que des éléments de l'étape seront omis ; • les étapes procédurales qui ne sont pas signalées de façon évidente par les mesures précédentes ou qui ne se suivent pas dans une séquence linéaire directe risquent davantage d'être omises.
Tâche dans laquelle interviennent de multiples disciplines professionnelles	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identifier quelle tâche nécessite des disciplines spécialisées. 2. Assurer que les tâches de spécialistes seront exécutées dans la séquence correcte. 3. Montrer que la tâche spécialisée a été exécutée.
Tâche qui peut s'étendre sur plus d'une équipe de travail posté	<ol style="list-style-type: none"> 1. Montrer clairement quelles tâches ont été exécutées et ce qui reste à faire. 2. Compléter le processus de transfert entre tâches ou équipes. 3. Aider à prévenir les erreurs par omission parce que plus le nombre de mesures spécifiques est élevé dans une séquence, plus il est probable qu'une, deux ou plusieurs seront omises.

<i>Attributs de tâches</i>	<i>Raisons et objectifs</i>
Tâches routinières ou souvent pratiquées, où la conséquence d'une erreur est nettement trop élevée (sécurité ou impact économique)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les tâches routinières ou souvent pratiquées sont sujettes à des fautes et des étourderies. Les erreurs par omission sont les plus répandues dans ces circonstances. Exemples : <ul style="list-style-type: none"> • Distraction ou interruption amenant la personne à oublier où elle en était après la reprise du travail. • Sortie prématurée. La dernière activité dans une tâche s'est avérée être celle qui est le plus fréquemment omise. Les humains sont particulièrement vulnérables à ce genre d'erreur lorsque le temps presse. Exemple : négliger de serrer une jonction de tuyaux, d'assujettir des fils ou de demander un démarrage de moteur pour vérifier qu'il n'y a pas de fuite. 2. Les feuillets écrits servent à éviter d'oublier une étape.
Tâche comportant l'inscription de mesures ou de calculs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les éléments qu'il faut mesurer seront plus probablement inscrits si l'imprimé nécessaire est disponible et facilement utilisable. 2. Rappeler que l'inscription de données est requise. 3. L'inscription des mesures et la disponibilité d'un endroit pour faire les calculs augmentent la capacité limitée de la mémoire active.
Nécessité d'identifier ou fournir des renseignements supplémentaires	<p>Pour l'exécution d'une tâche, il est fréquemment souhaitable et souvent nécessaire d'avoir des renseignements additionnels. Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • procédures de compagnie influencées par la tâche ; • normes de compagnie ou de client ; • processus alternatifs ; • outillage requis et acceptabilité d'un outillage alternatif ; • numéros de pièces, numéros SB ou SL.

Appendice E au Chapitre 3

FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

1. INTRODUCTION

1.1 Une bonne part de la maintenance en aviation s'effectue de nuit ; or les humains ne sont pas particulièrement aptes à effectuer un travail de précision avec un faible niveau d'éclairage. Pour les tâches d'inspection visuelle, qui constituent une grande proportion de la maintenance de routine sur des aéronefs, il importe que les travailleurs aient un niveau adéquat du type d'éclairage qui convient. La qualité de l'éclairage est peut-être le facteur environnemental le plus important dans la performance de maintenance.

1.2 Étant donné que la maintenance peut s'effectuer sur des établis, à des postes d'essai, sur des surfaces extérieures de l'aéronef, à l'intérieur du fuselage et au-dessous de l'aéronef ou des ailes, le niveau et la qualité de l'éclairage dans chaque situation peuvent être extrêmement variables. Des mesures directes de l'éclairage sont nécessaires dans la plupart des cas pour montrer exactement quel est l'éclairage et s'il est adéquat.

1.3 Le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA, Chapitre 5, donne beaucoup d'indications utiles sur la conception et la modification d'installations. Certaines de ces indications sont liées à la sécurité des travailleurs, mais le reste concerne la réduction de la probabilité d'erreurs de maintenance. Le présent appendice résume les indications du guide de la FAA que l'organisme de maintenance devrait normalement respecter.

2. ÉCLAIRAGE

2.1 Les problèmes potentiels liés à l'éclairage dans le milieu de travail de maintenance sont analysés ci-dessous.

Trop peu d'éclairage

2.2 Dans un certain nombre d'installations de maintenance de nuit examinées dans une recherche effectuée par C.G. Drury, il y avait une moyenne de 51 pied-bougies (ft-c) de lumière. Or, il est recommandé qu'un minimum de 75 ft-c soit requis pour les tâches normales. De plus, des situations d'inspections cruciales et très difficiles peuvent nécessiter un minimum de 95 ft-c ou un éclairage spécial (par exemple polarisé ou infrarouge).

2.3 Les besoins individuels en éclairage peuvent doubler avec l'âge. Alors que 50 ft-c pourraient suffire à un travailleur de 25 ans dans l'exécution d'une tâche, un travailleur de 55 ans pourra avoir besoin de 100 ft-c pour exécuter la même tâche.

2.4 Un audit de grands transporteurs effectué par la FAA a montré que pour les travaux effectués au-dessous des ailes, à l'intérieur du fuselage et dans les soutes, l'éclairage était médiocre. Les lumières étaient souvent placées trop loin du travail en cours d'exécution et n'étaient pas assez nombreuses. Il en résultait que les niveaux d'éclairage dans les zones d'ombre étaient parfois entre 1 et environ 14 ft-c. Comme on l'a vu plus haut, cela est nettement inférieur au niveau minimal de 75 ft-c qui est recommandé pour les tâches de réparation.

Éblouissement

2.5 L'éblouissement est dû à une lumière qui gêne dans l'accomplissement d'une tâche. L'éblouissement peut être direct (dans la ligne de vision) ou indirect (réfléchi par l'objet que l'on regarde). La meilleure façon de surmonter l'éblouissement direct est de masquer la source lumineuse ou de l'écartier de la ligne de vision. On peut réduire l'éblouissement indirect par des écrans ou des filtres. Il est parfois possible de réduire l'éblouissement en diminuant la quantité de lumière qui est produite.

Couleur

2.6 Un audit de grands transporteurs aériens effectué par la FAA a constaté qu'il y avait une diversité de moyens d'éclairage, notamment lumières à vapeur de mercure, halogène et sodium sous haute pression. Ces lumières diffèrent dans le rendement de couleurs, mais le principal problème concernait le niveau d'éclairage qui en résultait. Pour les travaux effectués en surfaces extérieures sur le haut et les côtés des aéronefs, les niveaux d'éclairage étaient jugés satisfaisants. Ces niveaux étaient en moyenne de 66 ft-c de jour et 51 ft-c pour le travail de maintenance de nuit. Cependant, l'éclairage a été jugé mauvais au-dessous des ailes, etc.

3. CHAUFFAGE, VENTILATION ET CLIMATISATION

3.1 Les humains travaillent particulièrement bien dans une gamme assez étroite de température, d'humidité et de circulation de l'air. Des conditions sortant de cette gamme dégradent rapidement les aptitudes physiques et mentales et finalement deviennent assez dangereuses. Cet aspect de la performance humaine a été étudié en profondeur au cours des dernières décennies et par suite il existe des données assez spécifiques sur les quantités et types de travail qui peuvent être exécutés dans divers environnements ambiants. Particulièrement dans les grands hangars ouverts, il est très difficile de réguler la température, l'humidité et la circulation de l'air. Par une combinaison d'aménagement des installations, du lieu de travail, de l'habillement et des procédures, il faut maintenir les travailleurs à l'intérieur d'une gamme sécuritaire de conditions ambiantes.

Température

3.2 De nombreuses tâches de maintenance d'aéronefs ont lieu dans de vastes hangars, souvent avec les portes ouvertes. Comme il est difficile de réguler précisément la température dans ce genre d'installation, il importe de comprendre les effets de la température sur la sécurité et la performance. Le tableau ci-dessous résume les effets généraux de la température ambiante sur la performance :

<i>Température</i>		<i>Effets sur la performance</i>
<i>°C</i>	<i>°F</i>	
32,2	90	Limite la plus haute pour la performance
26,7	80	Limite maximale acceptable
23,9	75	Optimum avec vêtements légers
21,1	70	Optimum avec vêtements et tâches typiques
18,3	65	Optimum avec vêtements d'hiver
15,6	60	La dextérité des mains et des doigts commence à se dégrader
12,8	55	La dextérité des mains est réduite de 50 %

Hautes températures

3.3 Afin de réduire la quantité de chaleur produite et transmise aux personnes, des modifications et limitations de processus sont suggérées :

- permettre aux travailleurs de dissiper de la chaleur par convection et évaporation ;
- ne pas forcer les travailleurs à porter des vêtements ou équipements non nécessaires et tenir leur effort physique à un bas niveau ;
- fournir des ventilateurs, des climatiseurs ou des vêtements personnels aptes à rafraîchir ;
- veiller à ce que les personnes soient en forme, appropriées et acclimatées à la chaleur ;
- prévoir des traitements d'urgence et des périodes de repos suffisantes dans un milieu plus frais.

Basses températures

3.4 Les basses températures peuvent produire autant de stress et de danger que les hautes températures. Les effets du froid peuvent être plus subtils et insidieux que ceux de la chaleur. Le stress dû au froid peut habituellement être traité efficacement par les éléments suivants :

- brise-vents ;
- sources de chaleur locales ;
- vêtements secs, coupe-vents, vêtements fourrés.

4. SONS ET BRUIT

4.1 Le bruit est un son indésirable. Le bruit peut causer des distractions et du stress, mais il peut aussi causer une dégradation permanente de l'ouïe. Dans la conception des installations de maintenance d'aéronefs, il faut s'efforcer de rendre certains sons faciles à entendre et d'isoler et de protéger les travailleurs contre le bruit.

4.2 Dans l'environnement de maintenance d'aéronefs, de nombreux sons sont souhaitables et en fait nécessaires pour la bonne exécution du travail. Ces sons comprennent des communications vocales de personne à personne, des communications téléphoniques, des messages sur haut-parleur et des signaux auditifs d'équipements d'essai ou de systèmes d'aéronefs. Il faut prendre cela en compte dans le contexte d'un environnement normal de travail. Les niveaux de bruit moyens dans les hangars, mesurés par une équipe d'audit de la FAA, se situaient typiquement dans la plage de 70 à 75 dBA. Cela est acceptable dans un environnement industriel et ne nécessite pas une protection de l'ouïe. Suit un résumé des effets généraux du bruit sur la performance :

- le bruit est un stimulus de fatigue, même à des niveaux inférieurs à 65 dBA ;
- les niveaux de bruit généralement acceptables vont de 70 à 75 dBA ;
- des niveaux occasionnels de 110 dBA sont inquiétants.

Lorsque des outils de rivetage ou d'autres outils pneumatiques étaient utilisés, des niveaux d'environ 90 dBA ont été constatés et des niveaux dépassant 110 dBA peuvent se produire. Il y a une corrélation directe entre le niveau de bruit moyen présent dans un travail et le taux d'accidents dans le travail.

4.3 Le bruit excessif est particulièrement préoccupant dans les compagnies aériennes qui utilisent surtout des aéronefs à hélices. Ces aéronefs fonctionnent à un haut niveau de décibels et peuvent augmenter la possibilité de dégradation de l'ouïe lorsque des activités de roulement au sol et de mise en route de moteurs s'effectuent régulièrement à proximité du hangar de maintenance.

5. QUALITÉ DE L'AIR

La qualité de l'air est traditionnellement considérée davantage comme une question d'hygiène industrielle plutôt que de facteurs humains. Cependant, la qualité de l'air peut agir directement sur certains niveaux de performance humaine. Il est possible que certaines toxines présentes dans l'air augmentent le risque de traumatismes cumulatifs en restreignant la circulation sanguine périphérique (dans les mains par exemple). Des niveaux élevés de monoxyde de carbone peuvent réduire la vigilance mentale, augmentant ainsi le risque d'accident ou d'erreur. Il est nécessaire de maintenir les niveaux d'oxygène autour de 20 % pour assurer une performance optimale. Un système efficace de chauffage, de ventilation et de climatisation est d'une importance capitale pour le maintien de niveaux appropriés d'humidité, de contenu de l'air et de circulation de l'air.

6. ACCÈS

Les gens ont besoin d'une bonne prise au sol pour les empêcher de glisser et de tomber, particulièrement lorsqu'ils portent, poussent ou tirent un objet. Il y a de sérieuses incidences dans le cas de mauvaises installations et du danger qu'elles peuvent entraîner. Trop de visiteurs et/ou de coups de téléphone peuvent perturber les travailleurs et conduire à des erreurs.

7. ENTREVUE STRUCTURÉE

Bien des facteurs environnementaux peuvent être matériellement mesurés et transcrits, par exemple la température et l'humidité. Il importe de déterminer comment les travailleurs se sentent dans l'environnement où ils travaillent. On peut le déterminer en procédant à des entrevues. Celles-ci peuvent être formelles ou informelles, structurées ou non structurées. Voici des suggestions pour une entrevue formelle, structurée :

- présentation de l'animateur et des participants ;
- détermination du but de l'entrevue et des « règles du jeu » ;
- description de l'installation à analyser ;
- inclusion des points suivants dans la discussion :
 - température, humidité et circulation de l'air ;
 - niveaux de bruit et aisance dans les communications ;

- éclairage ;
- escaliers, rampes et échelles ;
- plates-formes de travail ;
- allées, sorties et accès en général ;
- incidents survenus ;
- résumé.

8. LISTE DE VÉRIFICATION POUR UN PARCOURS DE RECONNAISSANCE STRUCTURÉ

Voici la teneur suggérée d'un parcours de reconnaissance structuré :

A. Observations générales

1. La superficie est-elle généralement propre et exempte de déchets, d'obstacles et de débris ?
2. Les allées et passages sont-ils clairement marqués et exempts d'obstacles ?
3. Les panneaux indicateurs sont-ils adéquats pour faire connaître l'emplacement ?
4. Les travailleurs ont-ils modifié certains des panneaux ou confectionné leurs propres panneaux ?
5. Les aires d'entreposage sont-elles utilisées comme il convient ?
6. Y a-t-il une sortie évidente et bien indiquée ?
7. Y a-t-il des aires de stationnement bien indiquées pour les chariots de levage et de remorquage, et les équipements y sont-ils stationnés ?

B. Éclairage

8. L'éclairage semble-t-il assez bien réparti dans la superficie, ou y a-t-il des points trop éclairés et trop sombres ?
9. Y a-t-il des vacillements visibles dans les appareils d'éclairage ?
10. Toutes les lumières de l'installation sont-elles en bon état de fonctionnement ?
11. Des travailleurs ont-ils modifié des appareils d'éclairage ?
12. Y a-t-il des lumières d'urgence alimentées par batterie près des sorties, escaliers et rampes ?
13. Les techniciens se penchent-ils sur leur travail pour mieux voir ?
14. Y a-t-il un éclairage complémentaire de tâches ? Pourquoi ?

15. Les lumières de l'installation sont-elles éblouissantes ? Où et de quel type ?
16. Les couleurs apparaissent-elles naturelles ou sont-elles bizarres ?
17. Les commandes d'éclairage sont-elles clairement marquées et faciles d'accès ?

C. Rampes, escaliers et échelles

18. Y a-t-il des balustrades sur la totalité des rampes, escaliers et échelles fixes ?
19. Les balustrades sont-elles de forme arrondie ? Si non, quelle forme ?
20. Les marches et les échelons sont-ils recouverts d'un matériau antidérapant ?
21. Les paliers sont-ils tous recouverts d'un matériau antidérapant ?
22. Les contremarches ouvertes et les échelles ont-elles derrière elles des protecteurs ?
23. Les échelles portables ont-elles toutes des pieds antidérapants ?

D. Sons et bruit

24. Pouvez-vous comprendre ce qui se dit sur les haut-parleurs ?
25. Des haut-parleurs ont-ils été modifiés par des travailleurs ?
26. Si une protection auditive est nécessaire, est-elle portée par tous dans la superficie ?
27. Pouvez-vous converser avec quelqu'un qui se trouve à 4 pieds (1,2 m) sans élever la voix ?
28. Y a-t-il des enclos d'équipements qui ont été enlevés ou laissés ouverts ?
29. Pouvez-vous converser au téléphone et comprendre la personne à laquelle vous téléphonez ?
30. Pouvez-vous converser par radio et comprendre la personne à qui vous parlez ?
31. Y a-t-il des travailleurs qui utilisent des équipements émettant des signaux audibles ?

E. Chauffage, ventilation et climatisation

32. Avez-vous chaud ou avez-vous froid ?
33. Pouvez-vous déceler une différence de température entre votre tête et vos pieds ?
34. Y a-t-il une circulation d'air détectable dans la superficie ? Y en a-t-il trop ?
35. Des ventilateurs supplémentaires sont-ils utilisés dans la superficie ?
36. Des radiateurs supplémentaires sont-ils utilisés dans la superficie ?
37. La superficie est-elle ouverte directement sur l'extérieur ?

38. Ressentez-vous de l'humidité dans la superficie ?

39. Pouvez-vous déceler des odeurs nocives ou chimiques dans la superficie ?

F. Divers

40. Des travailleurs se sont-ils plaints à vous au sujet de quelque chose de particulier dans la superficie de l'installation ?

Appendice F au Chapitre 3

LE PROGRAMME D'AUDIT ERGONOMIQUE (ERNAP) POUR LES ORGANISMES DE MAINTENANCE AGRÉÉS

1. INTRODUCTION

Un programme d'audit ergonomique devrait être un élément important de la stratégie de réduction des erreurs dans tout organisme de maintenance agréé. Les audits ergonomiques sont traités dans le Chapitre 2 du *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA. De plus, le programme d'audit ergonomique (ERNAP) est disponible sur le CD-ROM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection* de la FAA et sur le site web de la FAA : www.hfskyway.com. Le programme est conçu pour être utilisé sur ordinateur personnel mais la collecte de données peut aussi se faire avec des listes de vérification sur papier. Une description des listes de vérification est reproduite dans le présent appendice.

2. MODULE DE COLLECTE DE DONNÉES ERNAP

2.1 La collecte de données est en trois phases :

- prémaintenance ;
- maintenance ;
- postmaintenance.

Ces trois phases de collecte de données sont classifiées en quatre grands groupes de facteurs humains, comme le montre le Tableau 3-F-1.

Listes de vérification

2.2 Il y a 23 listes de vérification qui font partie d'ERNAP, une pour chaque sujet du Tableau 3-F-1. Une brève description de chaque liste est donnée ci-dessous, avec identification par une lettre qui correspond à un sujet dans le tableau. Par l'utilisation de listes de vérification et de modules distincts, ERNAP permet aux utilisateurs d'effectuer des audits partiels, spécifiques, ou complets et exhaustifs.

Phase prémaintenance

- a) Documentation : examen de la facilité de lecture des informations et de la teneur des informations : texte, graphiques et organisation de l'information.
- b) Communication : observation de la communication entre équipes de travail posté et de la disponibilité de premiers mécaniciens/superviseurs pour questions et soucis.
- c) Caractéristiques visuelles : analyse des caractéristiques générales de l'éclairage dans le hangar : éclairage de plafond, état de l'éclairage de plafond, éblouissement par lumière du jour.

Tableau 3-F-1. Classification ERNAP

<i>Groupes de facteurs humains</i>	<i>Phases de collecte de données</i>		
	<i>Phase prémaintenance</i>	<i>Phase maintenance</i>	<i>Phase postmaintenance</i>
Besoins en informations	a) Documentation b) Communication	f) Documentation g) Communication	w) Retour
Environnement	c) Caractéristiques visuelles	h) Éclairage des tâches i) Caractéristiques thermiques j) Perception par l'opérateur k) Caractéristiques auditives	
Équipements/moyens de travail	d) Conception des équipements e) Équipements d'accès	l) Disponibilité d'équipements m) Équipements d'accès	
Activité physique/espace de travail		n) Outils manuels o) Effort exercé p) Manutention manuelle de matériaux q) Vibrations r) Mouvements répétitifs s) Accès physique t) Posture u) Sécurité v) Matières dangereuses	

- d) Aspects de conception des équipements : évaluation des équipements dotés de commandes : facilité de maniement, caractère intuitif des commandes et marques de dénomination des commandes (cohérence et lisibilité).
- e) Équipements d'accès : évaluation des échelles et échafaudages (sécurité, disponibilité et fiabilité).

Phase maintenance

- f) Documentation : examen du maniement des documents ainsi que des conditions environnementales influant sur la lisibilité, c'est-à-dire conditions atmosphériques et lumière.
- g) Communication : observation des aspects de communications entre collègues et superviseurs, et du degré auquel les suggestions de techniciens de maintenance sont prises en compte.
- h) Éclairage des tâches : examen de l'éclairage général dont les techniciens disposent pour mener à bien la tâche ; évaluation d'aspects tels que niveaux d'éclairage, utilisation éventuelle d'éclairage personnel ou portatif, et gêne causée par l'éclairage dans le travail.
- i) Caractéristiques thermiques : examen des conditions thermiques présentes dans l'environnement où la tâche est exécutée.

- j) Perception par l'opérateur : examen des perceptions du milieu de travail au cours de la saison en cours et dans les trois autres saisons.
- k) Caractéristiques auditives : observation des niveaux sonores dans le milieu de travail pour déterminer s'ils causeront une dégradation de l'ouïe ou une gêne dans les tâches ou les communications orales.
- l) Équipements électriques/pneumatiques : examen de la disponibilité de tous équipements électriques/pneumatiques, du bon fonctionnement ou mauvais fonctionnement des équipements, et de la facilité d'utilisation des équipements dans le milieu de travail.
- m) Équipements d'accès : examen de la disponibilité d'échelles et d'échafaudages, du bon ou mauvais fonctionnement des équipements, et de la facilité d'utilisation des équipements dans le milieu de travail.
- n) Outils manuels : évaluation de l'utilisation d'outils manuels, d'une bonne ou une mauvaise conception des outils manuels pour prévenir la fatigue et les blessures, et de l'utilisation par droitiers et gauchers.
- o) Effort exercé : examen des efforts exercés par les techniciens de maintenance dans l'exécution d'une tâche de maintenance ; posture, position des mains et durée sont prises en compte.
- p) Manutention manuelle de matériaux : utilisation de l'équation NIOSH 1991 pour déterminer si le technicien de maintenance exerce des efforts supérieurs au poids de levage recommandé.
- q) Vibrations : vérification de la quantité de vibrations auxquelles un technicien de maintenance est exposé durant la tâche ; détermination d'effets nuisibles possibles sur le technicien.
- r) Mouvements répétitifs : examen du nombre et de la fréquence des angles de membres du corps à partir d'une position neutre, dans l'exécution de la tâche ; bras, poignet, épaule, cou et dos sont pris en compte.
- s) Accès : examen de l'accès physique au lieu de travail ; difficulté ou danger éventuel, ou conflit éventuel avec d'autres travaux exécutés en même temps.
- t) Posture : évaluation de différentes postures du corps entier du technicien dans l'exécution d'une tâche donnée.
- u) Sécurité : examen de la sécurité du milieu de travail et de ce que fait le technicien de maintenance pour le rendre plus sécuritaire, par exemple utilisation de moyens de protection personnels.
- v) Matières dangereuses : relevé des types de produits chimiques intervenant dans le processus de maintenance, de l'utilisation correcte ou non des produits chimiques, du respect des lignes directrices sur l'enlèvement, et du respect par la compagnie des spécifications sur les équipements de sécurité à l'égard des matières dangereuses.

Phase postmaintenance

- w) Retour : détermination du degré d'utilité du retour d'information pour le technicien de maintenance, en précisant si ce retour vient de la même personne qui a confié le travail.

Appendice G au Chapitre 3

CONCEPTION DES DOCUMENTS POUR LA MAINTENANCE D'AÉRONEFS

1. INTRODUCTION

La communication écrite se trouve au cœur même du travail des techniciens de maintenance d'aéronefs. Par conséquent, il importe de veiller à ce que les documents soient à la fois utilisables et effectivement utilisés pour assurer la réussite d'un programme de réduction des erreurs de maintenance.

Note.— Dans le présent appendice, on entend par « procédures » toute la documentation destinée à être utilisée dans le contrôle et/ou les comptes rendus du travail sur l'aéronef ou ses composantes, par exemple procédures de compagnie, manuels de maintenance d'aéronefs, feuilles de travail et fiches de travail.

2. CONTENU

2.1 L'investigation d'incidents liés à la maintenance a montré que de nombreuses procédures sont mal rédigées ou mal présentées. Il importe que les données des constructeurs soient exactement incorporées dans les procédures, mais ces informations peuvent être présentées bien ou mal, selon la compétence du rédacteur et la mesure dans laquelle la procédure est révisée en fonction de l'expérience et de la pratique.

2.2 Les lignes directrices ci-après, basées sur le document de la CAA du Royaume-Uni intitulé *Aviation Maintenance Human Factors* (CAP 716), sont destinées à aider les exploitants et les organismes de maintenance dans l'élaboration et l'amendement de procédures :

- veiller à ce que la conception des procédures et les changements fassent intervenir le personnel de maintenance qui a une bonne connaissance pratique des tâches ;
- valider toutes les procédures et les modifications de ces procédures, si possible, avant leur emploi ;
- veiller à ce que les procédures soient exactes, appropriées et utilisables, et qu'elles correspondent aux meilleures pratiques ;
- tenir compte du niveau de connaissances spécialisées et d'expérience de l'utilisateur ; s'il y a lieu, mettre une version abrégée de la procédure à la disposition des techniciens de maintenance expérimentés ;
- tenir compte de l'environnement dans lequel les procédures seront utilisées ;
- veiller à ce que toutes les informations cruciales soient incluses, sans rendre la procédure trop complexe ;
- s'il y a lieu, expliquer la raison de la procédure ;

- veiller à ce que l'ordre des tâches et des étapes corresponde aux meilleures pratiques, la procédure indiquant clairement là où la séquence des procédures est cruciale et là où elle est facultative ;
- si la séquence des étapes n'est pas déjà imposée, envisager d'ordonner les étapes selon la logique ou l'espace (par exemple travailler autour de l'aéronef de façon séquentielle, comme dans le cas d'une liste de vérification de pilote), plutôt que dans un ordre alphabétique ou par chapitre ;
- grouper les étapes en « blocs » et ménager des interruptions ; former le personnel à achever un « bloc » d'étapes avant de tolérer des interruptions, et concevoir la procédure afin qu'il puisse être inscrit quand et où se produit une interruption ;
- homogénéiser la conception des procédures et l'emploi des termes, abréviations, références, etc. ;
- si possible, s'efforcer de présenter une procédure complète ou un bloc d'informations en une seule page ; si une procédure occupe plus d'une page, le montrer clairement ;
- inclure des titres clairs en haut de chaque page et section de la procédure ; si la procédure a été modifiée, faire ressortir le changement s'il y a lieu (par un trait ou la lettre majuscule R en bordure de la page), et inscrire la date de la révision au bas de la page ;
- éviter si possible les renvois croisés ; cela pourra obliger à répéter des étapes en plusieurs endroits (note : l'inconvénient est que tous changements doivent aussi être apportés en plusieurs endroits) ;
- un flux logique doit être clair, avec au besoin un ordiogramme ; si les procédures comportent des options et des embranchements, il convient de veiller à ce que le parcours dans la procédure soit clair, particulièrement si l'utilisateur est tenu de retourner à un point antérieur de la procédure après avoir agi sur une série d'étapes ; cela peut être particulièrement important dans la localisation d'une déféctuosité ;
- grouper les étapes connexes sur la page ; séparer sur la page les étapes non connexes ; utiliser des espaces ou lignes en blanc comme il convient ;
- faire ressortir (par exemple italiques et caractères gras) de façon homogène ; éviter de trop utiliser des majuscules pour mettre en relief ; les minuscules sont plus faciles à lire ; éviter de trop utiliser les italiques, en les réservant pour des mots individuels ou des expressions courtes, ou pour des notes ; des cases sont utiles pour encadrer et distinguer entre des étapes ou aspects très importants et des étapes ou aspects moins importants ;
- un schéma ou une photographie peuvent être très utiles et peuvent communiquer efficacement de grandes quantités d'information ; il faut toutefois les utiliser avec soin, en assurant :
 - qu'ils sont corrects (un schéma d'un équipement analogue qui n'est pas exactement le même peut créer plus de confusion que d'assistance) ;
 - qu'ils produiront de bonnes photocopies (si des photocopies sont probables) ;
 - que les petits détails pourront être lus dans les conditions d'éclairage où ils seront utilisés ;
 - qu'ils soient orientés et désignés comme il convient ;
 - que le schéma ou la photographie soient clairement en rapport avec une procédure ou une étape ;
- insérer des mises en garde et des notes dans la procédure toutes les fois que c'est nécessaire, sans trop nuire à la clarté, pour assurer une performance sécuritaire et exacte ;

- envisager d'utiliser des avertissements, des mises en garde ou des notes pour faire ressortir des points importants et des étapes où des erreurs sont probables (les informations d'un programme interne de gestion de l'erreur devraient identifier les procédures et étapes sujettes à des erreurs) ;
- distinguer entre informations directrices, informations de référence, avertissements, mises en garde, notes, procédures et méthodes ;
- utiliser des mises en garde et des avertissements directement au-dessus du texte auquel ils se rapportent ou, si cela n'est pas approprié, relier clairement le texte avec l'avertissement ou la note ; placer les notes après le texte correspondant ;
- les mises en garde, avertissements et notes doivent être sur la même page que le texte auquel ils se rapportent ;
- si possible, insérer des cases à cocher dans la procédure pour habiliter et encourager l'utilisateur à marquer les étapes à mesure qu'elles sont achevées ;
- relier clairement la case à cocher et l'étape correspondante, par exemple par des pointillés ;
- laisser assez de place si des informations doivent être insérées ;
- souligner l'importance d'écrire lisiblement si les informations écrites doivent être remises à une autre personne ;
- veiller à ce que la qualité d'impression ou de copie soit bonne et qu'il y ait assez d'imprimantes, de copieurs, etc. ;
- donner une formation sur l'utilisation de technologie pour consulter et imprimer des procédures et des données de maintenance.

3. LISIBILITÉ DES INFORMATIONS

Les lignes directrices ci-dessous relatives à la lisibilité sont basées sur *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection* de la FAA/AAM, rapport d'avancement phase VII, 1997, Chapitre 4, Appendice B, intitulé « The Documentation Design Aid (DDA) Development » par C.G. Drury, A. Sarac et D.M. Driscoll. La version PC de la DDA complète est incluse dans le CD-ROM facteurs humains de la FAA (1998) et le site web : www.hfskyway.com.

Présentation typographique

Format des pages

- Utiliser un format standard. Au Canada et aux États-Unis, 8 1/2 x 11 pouces. Dans le reste du monde, format A4.

Mise en pages

- Employer une seule colonne car cela est plus facile pour les lecteurs de bas niveau et ne gêne pas les lecteurs plus expérimentés.

- Dans le cas du format 8 1/2 x 11 pouces, employer une marge de 1 1/2 pouce à gauche et prévoir au moins 1 pouce pour toutes les autres marges. La longueur idéale de ligne est de 10 à 12 mots, ou environ 6 à 7 pouces.
- Inscrire sur chaque page, en haut, un titre de sujet.
- Numéroté chaque page en plaçant les numéros dans le coin inférieur droit, à 1/2 pouce au-dessus du bas de la page, sans empiéter sur la marge de droite.
- Il n'est pas nécessaire de terminer chaque page au même endroit, c'est-à-dire que la dernière ligne peut varier de page en page.

Justification

- Employer une justification à gauche, c'est-à-dire aligner au bord gauche seulement. Une justification au centre et à droite est distrayante et peut ralentir la lecture.

Paragraphes et retraits

- Employer des retraits de deux espaces pour les subdivisions.
- Numéroté chaque titre et sous-titre en séquence, c'est-à-dire 1, 1.1, 1.1.1, etc.
- À l'intérieur d'un titre, limiter à une demi-page la longueur des paragraphes, pour faciliter la concentration du lecteur.
- Laisser une ligne en blanc entre les paragraphes.
- Ne pas employer un retrait au début de chaque paragraphe.

Espacement

- Employer un rapport d'espacement 1:2 entre espacement de phrases et espacement de paragraphes.
- Employer une ligne en blanc pour séparer tous les paragraphes et titres.
- Employer une espace après virgules, deux-points et points-virgules.
- Employer deux espaces après les points, points d'interrogation et points d'exclamation.

Caractères

- Employer des caractères qui ont une hauteur relativement grande, une largeur modérée, un aspect robuste plutôt que délicat, et une couleur plutôt uniforme, par exemple Times Roman, Century Series, New Gothic ou Helvetica. Les caractères Times Roman sont les plus répandus et les moins fatigants pour les correcteurs d'épreuves.
- Maintenir les caractères homogènes dans tout le document et entre documents.

Taille des caractères

- Employer des caractères de 9 à 12 points pour faciliter la lecture. La meilleure taille pour la plupart des usages est de 11 ou 12 points.

Mise en valeur

- Mettre en valeur de façon homogène dans tout le document et entre documents.
- Pour faire ressortir un seul mot, utiliser des caractères gras (de préférence), souligner, employer des italiques ou mettre tout en majuscules (le moins souhaitable).
- Pour faire ressortir un long passage, employer des caractères gras ou souligner. Éviter les MAJUSCULES ou les lettres italiques car elles ralentissent la lecture et réduisent la compréhension.
- Employer seulement une ou deux techniques pour mettre en valeur à l'intérieur d'un document, afin d'améliorer la compréhension. Caractères gras et soulignement sont de bons choix.
- Ne pas employer trop de techniques pour mettre en valeur, car cela cause de la confusion et réduit la compréhension.

Réponses

- S'il y a une case à cocher en regard d'une instruction, ne pas laisser un grand écart entre la case et l'instruction.
- Éviter d'employer une case avec « non requis » ou « XXXXX » si l'utilisateur du document n'est pas chargé d'accomplir l'instruction.
- Si possible, employer un modèle uniforme de case à cocher dans tout le document.
- Laisser assez de place si une réponse est attendue de l'utilisateur.

Couleur

- Éviter d'employer régulièrement des couleurs dans les illustrations. Au lieu de couleurs, employer des ombrés distinctifs à l'intérieur d'images délimitées en noir.
- Le papier de couleur ne se prête pas bien à la photocopie.
- L'encre noire sur papier blanc est recommandée.

Pagination

- Éviter des renvois à des textes précédents.
- Éviter autant que possible des renvois à d'autres sections du document. Les renvois inévitables doivent être précis et sans risque de confusion.

- La page devrait constituer un module d'information naturel, c'est-à-dire qu'il convient d'y inclure un nombre approprié de tâches et d'éviter le report d'une tâche entre une page et une autre.
- Chaque tâche qui commence sur une page devrait aussi se terminer sur cette page.
- Minimiser le trajet ; en d'autres termes, ne pas faire aller l'utilisateur de page en page car cela peut causer de graves défauts.

Lettres, nombres et mots

Lettres et nombres

- Employer des lettres minuscules au lieu de majuscules pour le texte car les minuscules sont beaucoup plus faciles à lire du fait qu'elles ont des formes plus faciles à distinguer (allant au-dessus et au-dessous des lignes). Les majuscules occupent plus de place (40 à 45 % de plus que les minuscules) et diminuent de 13 à 20 % la rapidité de lecture.
- Employer des titres et sous-titres avec majuscules et minuscules au lieu de tout en majuscules, pour améliorer la lisibilité.
- Éviter les traits d'union qui indiquent simplement la division d'un mot à la fin d'une ligne.
- Dans les séries de mots ou de textes qui présentent des choix mutuellement exclusifs, le fait de rendre le « ou » explicite dans toute la série améliore la compréhension.
- Éviter les chiffres romains car ils ne sont pas faciles à lire et peuvent causer des confusions.
- Employer des chiffres arabes suivis d'un point pour chaque élément d'une liste si des numéros sont utilisés. Dans le cas contraire, utiliser un point gras ou un tiret pour attirer l'attention de l'utilisateur.
- Ne pas mettre le numéro entre parenthèses.
- Employer des subdivisions conventionnelles avec numéros et tirets (style ATA) telles que chapitre-section-sujet-page (par exemple 26-09-01-02).

Mots

- Éviter d'employer des termes différents pour le même objet.
- Employer des mots précis, ordinaires et sans ambiguïté que l'utilisateur du document connaîtra bien, de façon homogène dans tout le document (AECMA Simplified English peut servir de guide).
- Ne pas employer de nombreuses prépositions ; elles peuvent amener l'utilisateur à lire lentement.

Abréviations

- N'employer que des sigles et noms propres bien connus.
- Éviter les abréviations. Si des abréviations sont nécessaires :

- les employer de façon homogène ;
- employer les quelques premières lettres pour rappeler le mot au lecteur.
- Fournir un glossaire si les utilisateurs en ont besoin.

Bonne rédaction

Considérations générales sur la rédaction

- Essayer de réaliser un équilibre entre la brièveté, le développement et la redondance des informations.
- Compléter les textes par des images appropriées.
- Adapter la présentation de l'instruction aux caractéristiques de la tâche dont il s'agit.
- Écrire des instructions claires, simples, précises et faciles à comprendre.
- Éviter autant que possible que les utilisateurs des documents soient forcés à écrire.
- Résumer les principales idées de longs passages dans une section précédant le texte, car cela facilite la compréhension du contexte.
- Donner des informations adéquates dans les étapes d'instructions.
- Écrire le texte selon une syntaxe normalisée et homogène.
- Le texte devrait être aussi bref et concis que possible.
- Employer une structure logique de phrases et de paragraphes car ils seront ainsi plus faciles à comprendre et mémoriser. Placer logiquement :
 - le général avant le spécifique ;
 - l'important avant le moins important ;
 - les dispositions fréquentes en premier ;
 - le permanent avant le temporaire.

Phrases

- Employer un langage simplifié (par exemple AECMA Simplified English) autant que possible.
- Employer des phrases courtes plutôt que longues, car les phrases courtes sont plus faciles à lire et comprendre.
- Employer des phrases précises et affirmatives dans le mode actif au lieu d'employer des formes verbales négatives et passives, car le mode actif facilite la compréhension.

- Employer des phrases avec des pronoms personnels car elles augmentent la compréhension et la motivation du lecteur.
- Les phrases comprenant beaucoup de propositions subordonnées sont difficiles à comprendre.
- Employer des verbes d'action car ils sont plus faciles à lire et comprendre.
- Ne pas employer de phrases avec une longue suite de noms, car elles sont difficiles à comprendre.
- Employer des phrases comprenant les mots « qui » et « que » nécessaires pour clarifier les propositions subordonnées. Cela évitera l'ambiguïté et facilitera la lecture.
- Employer la troisième personne dans les définitions, de la façon suivante :

« Le module de liaison en torsion transmet des charges de torsion entre l'axe et l'amortisseur. »
- N'employer la deuxième personne de l'impératif que dans des procédures opérationnelles, par exemple :

« Vérifiez le niveau d'huile. »
- Les idées exprimées en termes positifs sont plus faciles à comprendre.
- Exprimer directement ce qu'il faut dire sans trop de mots superflus, car les phrases incluant des mots superflus sont plus difficiles à comprendre et leur lecture demande plus de temps.

Listes et tableaux

- Les données et informations présentées dans des tableaux facilitent la compréhension et les comparaisons.
- Dans les listes et tableaux, ne pas laisser dans une ligne des blancs supérieurs à un demi-pouce ou cinq espaces.
- Grouper les lignes dans les listes et tableaux selon le contenu.
- Ne pas grouper ensemble plus de cinq lignes.
- Séparer par des espaces les groupes dans les listes et tableaux.
- Écrire la liste de rubriques en construction parallèle car cela est plus facile à lire et se rappeler.
- Présenter une série de rubriques, conditions, etc., en une liste plutôt qu'en une série avec séparation par des virgules.
- Éviter d'employer des questions et déclarations complexes.
- Minimiser autant que possible la question en relation logique.
- Construire les questions de façon à minimiser le recours à la mémoire de l'utilisateur du document.

Informations graphiques

- Placer l'élément visuel dans le texte d'un document à proximité de l'exposé auquel il se rapporte. Si ce n'est pas possible, placer l'élément visuel dans un appendice, lui donner un titre et y renvoyer.
- Employer un titre clair avec un chiffre ou numéro de tableau sur la ligne directement au-dessous de toutes les illustrations.
- Employer pour les illustrations le même titre que pour le texte correspondant.
- Employer soit un format horizontal (format paysage), le haut de l'illustration étant au bord du côté reliure, soit une disposition verticale, pour présenter des informations graphiques faciles à lire, et employer des renvois de façon homogène.
- Un texte adéquat doit figurer à l'appui des illustrations, et pas vice versa.
- Dessiner les illustrations dans un format et une épaisseur de ligne afin qu'elles puissent être utilisées sans être retravaillées en vue de projections sur écran dans un environnement de formation.
- Insérer relativement peu d'informations dans les illustrations afin d'éviter l'encombrement. La présentation devrait se passer d'explications.
- Employer des illustrations comme source primaire de communication d'informations.
- Donner toutes les informations spatiales en présentation graphique au lieu de texte.
- Donner à chaque tableau et figure un numéro en chiffres arabes, par exemple Tableau 1 et Figure 1.
- Employer des dessins en lignes simples, qui sont meilleurs dans la plupart des cas.
- Employer une présentation homogène pour les figures et leur numérotage.
- Employer des illustrations toutes les fois qu'elles simplifient, abrègent le texte ou en facilitent la compréhension.
- Ne pas employer de numéros de référence compliqués pour les figures, par exemple T07-40423-001.
- Éviter d'employer comme figures des dessins de pièces en perspective.
- Présenter les figures comme l'utilisateur les voit.
- Employer la terminologie normalisée et correcte des dessins techniques, par exemple éviter d'employer de façon interchangeable les termes « coupe » et « vue ».
- Renvoyer aux tableaux et figures dans le texte par les numéros.
- Utiliser des schémas à barres pour des comparaisons précises de données numériques toutes les fois que c'est possible.
- Les courbes (ou tracés) aident à comprendre les tendances et permettent une bonne comparaison entre deux ou plusieurs valeurs numériques.

Qualité d'impression et de copie

- Vérifier les encres régulièrement pour obtenir constamment une bonne qualité de copie.
- Vérifier qu'il n'y a pas d'importante dégradation de l'image dans la reproduction d'originaux.
- Employer du papier ayant une réflectance d'au moins 70 %.
- Employer une faible acuité visuelle et de grands caractères si l'utilisateur est appelé à utiliser le document dans des faibles niveaux d'éclairage.
- Les lecteurs préfèrent un papier mat à un papier moyen ou luisant.
- Un papier très opaque est préférable.
- Employer de l'encre noire sur papier blanc car cela est plus efficace que de l'encre blanche sur papier noir.
- Déterminer et appliquer des normes de remplacement des rubans, des encres, etc., pour assurer constamment une bonne qualité d'impression.

4. ASPECTS ORGANISATIONNELS

- Faire participer à la conception du document les utilisateurs prospectifs de fiches de travail.
 - Vérifier chaque instruction en la testant sur le terrain.
 - Si le document doit donner lieu à des copies multiples, la couleur peut aider dans le traitement.
 - Prévoir un système de retour d'information afin que les utilisateurs sachent comment corriger une inscription erronée.
-

Appendice H au Chapitre 3

INTERVENTIONS POSSIBLES POUR GÉRER LA FATIGUE

1. INTRODUCTION

1.1 Les interventions pour minimiser les effets de la fatigue peuvent être effectuées aussi bien par les individus eux-mêmes que par les cadres de l'organisme de maintenance.

1.2 Les individus, par exemple le personnel appelé à certifier dans un organisme de maintenance, ont une évidente responsabilité à l'égard de leur propre forme physique pour le travail. Cette forme peut être dégradée par différents facteurs tels que maladie, médicaments sur ordonnance, drogues sans ordonnance (légal ou non), vision, fatigue et sommeil. Certains États ont adopté une législation relative à ces aspects.

1.3 Les cadres et les superviseurs de l'organisme de maintenance ont aussi des responsabilités à l'égard de leurs personnels et du milieu dans lequel ils travaillent.

2. MESURES POUR MINIMISER LES EFFETS DE LA FATIGUE

Le document de l'Autorité de l'aviation civile du Royaume-Uni intitulé *Aviation Maintenance Human Factors* (CAP 716) suggère les mesures ci-après pour minimiser les effets de la fatigue sur le personnel dans le travail posté :

- éviter des heures de travail excessives ;
- permettre de dormir la nuit aussi régulièrement que possible ;
- minimiser les pénuries de sommeil ;
- donner la possibilité d'un repos prolongé lorsque le sommeil de nuit a été perturbé ;
- tenir compte de l'aptitude physique et mentale réduite la nuit ;
- tenir compte des circonstances individuelles ;
- fournir des services de soutien organisationnel ;
- ménager des périodes de récupération ;
- établir un roulement des équipes dans le sens de la journée biologique, c'est-à-dire programmer les équipes plus tard au lieu de plus tôt ;
- minimiser les équipes de nuit par une programmation créative ;
- ménager des périodes de repos continu plus longues lorsque la semaine comporte plus de deux équipes de nuit ;

- programmer les tâches les plus critiques dans les équipes de jour, lorsque les employés seront probablement plus alertes ;
- procéder à des vérifications appropriées (additionnelles) sur le travail effectué par une équipe de nuit ;
- subdiviser les longues tâches répétitives en tâches plus courtes, avec des pauses intermédiaires.

3. RECOMMANDATIONS DE « BONNES PRATIQUES »

3.1 Le rapport du professeur Simon Folkard intitulé « Work Hours of Aircraft Maintenance Personnel » (2002) présente des lignes directrices recommandées pour de « bonnes pratiques » dans les horaires de travail et les aspects de programmation d'un programme de gestion du risque. Les lignes directrices sont basées principalement sur une revue des études publiées relatives à l'impact des horaires de travail sur la santé et la sécurité. De plus, elles prennent en compte les résultats d'une vaste enquête sur des techniciens britanniques licenciés en maintenance qui travaillaient tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du Royaume-Uni. Les recommandations ont pour objectif de minimiser l'accumulation de fatigue sur des périodes de travail, de maximiser la dissipation de la fatigue dans des périodes de repos et de minimiser les problèmes de sommeil et de perturbation circadienne. Les recommandations sont résumées dans les paragraphes qui suivent.

Limites quotidiennes des heures de travail

3.2 Il est avéré que le risque augmente au cours d'une période de travail posté de façon approximativement exponentielle, les périodes de plus de 8 heures environ étant liées à un risque nettement plus élevé. Il est donc recommandé :

Recommandation n° 1 : qu'aucune période programmée de travail posté ne dépasse 12 heures.

Recommandation n° 2 : qu'aucune période de travail posté ne soit prolongée au-delà d'un total de 13 heures par des heures supplémentaires.

Recommandation n° 3 : qu'une période de repos minimale de 11 heures soit prévue entre la fin d'une période de travail posté et le commencement de la suivante, et que cela ne soit pas compromis par des heures supplémentaires.

Pauses

3.3 Il est avéré que la fatigue s'accumule sur une période de travail et que l'accumulation peut au moins partiellement être réduite par des pauses. Il semblerait donc prudent de recommander des limites à la durée du travail sans pause et une durée minimale des pauses. Il devrait être admis que les exigences du travail peuvent empêcher de prendre fréquemment des courtes pauses. De ce fait, et selon les constatations de l'étude sur les pauses, deux limites ont été recommandées, à savoir :

Recommandation n° 4 : un maximum de 4 heures de travail avant une pause.

Recommandation n° 5 : une pause minimale de 10 minutes plus 5 minutes pour chaque heure travaillée depuis le début de la période de travail ou depuis la pause précédente.

Limites hebdomadaires des heures de travail

3.4 La fatigue s'accumule sur des périodes de travail successives et il est donc nécessaire de limiter non seulement les heures de travail journalières, mais aussi la quantité de travail qui peut être entreprise sur de longues périodes de temps. Il s'agit de veiller à ce que toute accumulation de fatigue résiduelle soit maintenue dans des limites acceptables et puisse être dissipée sur une période de jours de repos. En conséquence, et vu les constatations de l'étude, il a été recommandé :

Recommandation n° 6 : que les heures de travail programmées ne dépassent pas 48 heures dans toute période de 7 jours successifs.

Recommandation n° 7 : que le total du travail, y compris les heures supplémentaires, ne dépasse pas 60 heures ou 7 journées de travail successives avant une période de jours de repos.

Recommandation n° 8 : qu'une période de journées de repos comprenne un minimum de 2 journées de repos successives en continuation des 11 heures non travaillées entre périodes de travail (c'est-à-dire un minimum de 59 heures non travaillées). Cette limite ne devrait pas être compromise par des heures supplémentaires.

Limites annuelles

3.5 Une fatigue résiduelle peut s'accumuler sur des semaines et des mois malgré les journées de repos ; des congés annuels sont donc importants. Il n'y a toutefois pas beaucoup de constatations pour indiquer ce qui pourrait être considéré comme un nombre idéal de jours de congés annuels. Il a donc été recommandé :

Recommandation n° 9 : que toutes les fois que c'est possible l'objectif devrait être un total de 28 jours de congés annuels. Cela ne devrait pas être réduit par des heures supplémentaires à moins de 21 jours de congés annuels.

Limites en équipes de nuit

3.6 Il est assez bien avéré objectivement que le risque est plus grand dans les équipes de nuit que dans les équipes de matin/jour. Il apparaît aussi que le risque augmente de façon à peu près linéaire sur au moins quatre équipes de nuit successives, de sorte qu'il est plus élevé dans la quatrième nuit que dans la première. Cependant, étant donné le risque plus grand dans les équipes de 12 heures que dans les équipes de 8 heures, il paraîtrait prudent de prendre en compte la durée des équipes de travail posté dans les recommandations visant à limiter un travail de nuit excessif. Il est vrai aussi qu'une seule nuit de sommeil à la suite d'une série d'équipes de nuit ne suffira peut-être pas à dissiper la fatigue accumulée sur une série d'équipes de nuit. Certaines constatations publiées montrent aussi que des heures plus tardives d'achèvement de l'équipe de nuit peuvent aboutir à des périodes de sommeil diurne plus courtes entre équipes de nuit successives. À la lumière de ces considérations et des constatations de l'étude, les recommandations ci-après ont été présentées :

Recommandation n° 10 : une série d'équipes de nuit successives comprenant 12 heures de travail ou plus devrait être limitée à 6 dans le cas des équipes durant jusqu'à 8 heures, 4 dans le cas des équipes d'une durée de 8 à 10 heures et 2 dans le cas des équipes d'une durée supérieure à 10 heures. Ces limites ne devraient pas être augmentées par des heures supplémentaires.

Recommandation n° 11 : une série d'équipes de nuit devrait être immédiatement suivie d'un minimum de 2 journées de repos successives en continuation des 11 heures non travaillées entre périodes de travail

(c'est-à-dire un minimum de 59 heures non travaillées) et cela devrait être porté à 3 journées de repos successives (c'est-à-dire 83 heures non travaillées) si la série précédente d'équipes de nuit dépasse 3 (ou 36 heures de travail). Ces limites ne devraient pas être compromises par des heures supplémentaires.

Recommandation n° 12 : l'heure d'achèvement de l'équipe de nuit ne devrait pas être plus tardive que 8 h.

Limites en équipes de matin/jour

3.7 Il est assez bien avéré objectivement que commencer tôt dans une équipe de matin/jour peut amener à réduire nettement la durée du sommeil. Le degré de réduction dépend de l'heure à laquelle la personne doit partir de chez elle, qui est elle-même en grande partie déterminée par l'heure de commencement de l'équipe. Il est vrai aussi qu'il faut réaliser un équilibre entre un commencement tardif d'équipes de matin/jour et une fin moins tardive d'équipes de nuit, afin de maximiser la durée du sommeil entre les deux types d'équipes. À la lumière de ces considérations et des constatations de l'étude, les recommandations ci-après ont été présentées :

Recommandation n° 13 : le commencement d'une équipe de matin/jour ne devrait pas être programmé avant 6 h et, toutes les fois que c'est possible, il devrait être retardé pour commencer entre 7 h et 8 h.

Recommandation n° 14 : une série d'équipes successives de matin/jour commençant avant 7 h devrait être limitée à 4, après quoi il devrait y avoir un minimum de 2 journées de repos successives en continuation des 11 heures non travaillées entre périodes de travail (c'est-à-dire un minimum de 59 heures non travaillées). Cette limite ne devrait pas être compromise par des heures supplémentaires.

Préavis des horaires

3.8 Il n'est pas avéré objectivement que le nombre de jours de préavis d'un horaire influe sur le risque ou la fatigue, mais il était perçu par les auteurs des réponses au sondage comme ayant un effet sur le risque. Il a donc été recommandé que :

Recommandation n° 15 : dans toute la mesure du possible, les techniciens de maintenance d'aéronefs reçoivent au moins 28 jours de préavis de leur horaire de travail.

Recommandations additionnelles

3.9 Le rapport Folkard présente ensuite les autres recommandations ci-après au sujet des « bonnes pratiques » qui devraient constituer une partie importante d'un programme complet de gestion du risque :

Recommandation n° 16 : les employeurs de personnels de maintenance d'aéronefs devraient envisager d'élaborer des systèmes de gestion du risque en relation avec la fatigue.

Recommandation n° 17 : il conviendrait d'élaborer des programmes d'éducation pour mieux sensibiliser les personnels de maintenance d'aéronefs aux problèmes liés au travail posté. En particulier, il importe d'appeler leur attention sur les tendances objectives dans les risques, en vue de rehausser leur vigilance dans les cas où le risque peut être élevé même si la fatigue ne l'est pas. Il importe aussi de donner des renseignements sur la façon de se préparer au travail en équipe de nuit ainsi que des indications sur les risques sanitaires qui paraissent accompagner le travail posté, particulièrement la nuit.

Recommandation n° 18 : les personnels de maintenance d'aéronefs devraient être tenus de se présenter bien reposés pour commencer le travail.

Recommandation n° 19 : les personnels de maintenance d'aéronefs devraient être découragés ou empêchés de travailler pour d'autres organismes commerciaux pendant leurs journées de repos et de dépasser ainsi les recommandations sur les horaires de travail malgré leur application par leur principal employeur.

Appendice I au Chapitre 3

APPLICATION — PLANIFICATION DU PROGRAMME DE MAINTENANCE

1. La planification est essentielle pour la réussite d'un programme de maintenance, non seulement du point de vue des facteurs humains mais aussi pour l'efficacité opérationnelle et économique. L'objectif principal devrait être d'assurer qu'il y ait assez de personnels bien qualifiés et alertes, d'outils, d'équipements, de matériaux, de données de maintenance et d'installations au bon endroit et au bon moment pour les tâches programmées (et autant que possible les tâches non programmées).

2. Le présent appendice a pour objet de faire ressortir certains des aspects de facteurs humains (mais pas nécessairement la totalité) dont il faut tenir compte dans le processus de planification, par exemple les limitations de la performance humaine dans les équipes de nuit et les longues périodes de travail. Le document de la CAA du Royaume-Uni intitulé *Aviation Maintenance Human Factors* (CAP 716) a été utilisé comme référence.

3. Selon la quantité et la complexité du travail généralement effectué par l'organisme de maintenance, le système de planification peut aller d'une procédure très simple à une organisation complexe incluant un service spécialisé en planification, à l'appui de la fonction de production. La planification a deux aspects : premièrement la planification logistique pour la disponibilité de pièces et de matériaux, deuxièmement la planification de la production qui comprend les deux éléments complémentaires suivants :

- programmer à l'avance le travail de maintenance pour assurer qu'il n'agira pas négativement sur d'autres travaux de maintenance pour ce qui est de la disponibilité de tout ce qui est nécessaire : personnel, outils, équipements, matériaux, données de maintenance et installations ;
- organiser les équipes de maintenance durant le travail de maintenance et fournir tout le soutien nécessaire pour assurer l'achèvement de la maintenance sans trop de pression d'échéancier.

4. Le système de planification et les procédures devraient prendre en compte, au minimum, les points suivants :

- logistique et contrôle des inventaires ;
- coordination avec les fournisseurs internes et externes, etc. ;
- mètres carrés de superficie d'ateliers et/ou de hangars ;
- disponibilité de hangars et/ou d'ateliers ;
- estimation des heures-personnes ;
- disponibilité des heures-personnes ;
- préparation du travail ;

- programmation des tâches critiques du point de vue de la sécurité dans les périodes où les employés seront probablement le plus alertes, en évitant les périodes où les employés seront moins alertes, par exemple tôt le matin en équipe de nuit.

5. Il apparaît que les meilleures pratiques pour un organisme de maintenance consistent à avoir un plan d'heures-personnes de maintenance indiquant qu'il y a assez de personnel pour planifier, exécuter, superviser, inspecter et vérifier la qualité dans l'organisme. De plus, il faut que l'organisme ait une procédure pour réévaluer le travail destiné à être exécuté alors que la disponibilité effective de personnel est inférieure au nombre planifié pour une équipe de travail posté ou une période de travail.

6. Il importe que les planificateurs aient reçu une formation en facteurs humains afin de mieux apprécier comment une bonne ou une mauvaise planification peut avoir des effets sur la performance humaine et en fin de compte sur la sécurité et la navigabilité.

Appendice J au Chapitre 3

RÉFÉRENCES

- Air Transport Association of America. *ATA Specification 100 (et 2100): Manufacturers Technical Data*. [www.airlines.org/public/publications]
- Air Transport Association of America. *ATA Specification 113: Maintenance Human Factors Program Guidelines*. [www.airlines.org/public/publications]
- Air Transport Association of America. *ATA Specification 2200: Information Standards for Aviation Maintenance*. 2000. [www.airlines.org/public/publications]
- Airbus Industrie. *Airbus Crew Resource Management (ACRM)*. 1996.
- Aircraft Dispatch and Maintenance Safety (ADAMS). *Human-Centred Management Guide for Aircraft Maintenance*. 2000, Chapitre 3.
- Association européenne de constructeurs de matériels aéronautiques. *Document PSC-85-16598: Simplified English*. [www.aecma.org]
- Boeing Co. *Maintenance Error Decision Aid (MEDA)*. 1995. [www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_08/human_textonly.html]
- Delfonso, M.A. *ISO 9000 Achieving Compliance*. Publié par John Wiley, 1990.
- Evangelos, D. « Fatigue, a European Perspective ». Dans *Proceedings of the Working Hours and Fatigue in Aviation Maintenance Royal Aeronautical Society Conference*. Londres, Royaume-Uni, 2002.
- FAA. « Documentation Design Aid ». Sur CD-ROM de la FAA *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection: Ten Years of Research and Development*. 1998.
- FAA. « Ergonomic Audit Program (ERNAP) ». Sur CD-ROM de la FAA *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection: Ten Years of Research and Development*.
- FAA. *Human Factors Guide for Aviation Maintenance*. 1998, Chapitres 2, 4, 5 et 6.
- FAA. *Maintenance Resource Management Handbook*. Galaxy Scientific Corporation pour FAA/AAM. 1999.
- Folkard, S. « Work Hours of Aircraft Maintenance Personnel ». Dans *Proceedings of the Working Hours and Fatigue in Aviation Maintenance Royal Aeronautical Society Conference*. Londres, Royaume-Uni. 2002.
- Ingham, E.A. « Human Errors and their Avoidance in Maintenance ». Communication à une réunion conjointe de FSF, IFA et IATA, Dubaï, 1996.
- Maurino, D.E., J. Reason, N. Johnston et R.B. Lee. *Beyond Aviation Human Factors*. Angleterre : Ashgate Publishing Limited, 1995, Préface. ISBN 0-291-39822-7.

OACI. *Lignes directrices sur les facteurs humains et les systèmes de gestion du trafic aérien (ATM)* (Doc 9758). Montréal, Canada, 2000, Chapitre 2.

OACI. *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683). Montréal, Canada, 1998.

Reason, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Angleterre : Ashgate Publishing Limited, 1997. ISBN 1-84014-105-0.

Réseau mondial d'information aéronautique (GAIN). *Operator's Flight Safety Handbook*. Juin 2000.

Royaume-Uni. CAA. « CAA Paper 97011: JAR 145 Review Team Report ». 1997, Appendice A.

Royaume-Uni. CAA. *CAP 455, Airworthiness Notice No. 71: Maintenance Error Management Systems*. Mars 2000.

Royaume-Uni. CAA. *CAP 716: Aviation Maintenance Human Factors*. 2001.

Royaume-Uni. CAA. *Human Factors and Aircraft Maintenance Handbook*. 2000, Numéro 2, Partie 3, Chapitre 3.

Royaume-Uni. Human Factors Combined Action Group. *People, Practices and Procedures in Aviation Engineering and Maintenance: A Practical Guide to Human Factors in the Workplace*. UKHFCAG, 1999. [www.raes.org.uk]

Spencer, M. « Fatigue Theory ». Dans *Proceedings of the Working Hours and Fatigue in Aviation Maintenance Royal Aeronautical Society Conference*. Londres, Royaume-Uni. 2002.

Stahlwille Tools Limited. Brochure « Tool Control System ». 2000. [www.stahlwille.co.uk]

Taylor, J.C. et T.D. Christensen. *Airline Maintenance Resource Management: Improving Communication*. États-Unis : Society of Automotive Engineers, Inc., 1998. ISBN 0-7680-0231-1.

Chapitre 4

COMPTES RENDUS, ANALYSES ET DÉCISIONS

4.1 INTRODUCTION

4.1.1 Le rapport du projet ADAMS examinait comment les organismes peuvent apprendre à améliorer la sécurité et la fiabilité, et il mentionnait ce qui suit [traduction OACI] :

« Des organismes sont fréquemment condamnés pour commettre les mêmes erreurs de façon répétitive. Plus sérieusement, il arrive souvent que plusieurs incidents graves doivent se produire avant que des mesures préventives efficaces soient prises. Comment un organisme peut-il apprendre à réduire le risque de répétition d'incidents similaires ? »

En réponse à sa propre question hypothétique, le rapport continuait comme suit [traduction OACI] :

« Il y a un certain nombre de préconditions qu'il faut établir pour pouvoir apprendre efficacement :

- un objectif commun pour maximiser les enseignements à retirer — de problèmes, d'erreurs et d'échecs ;
- responsabilisation pour la mise en pratique des enseignements obtenus ;
- utilisation des informations de sécurité pour l'efficacité maximale ;
- parcours complet depuis l'audit ou investigation jusqu'à la mise en œuvre et la revue des recommandations. »

4.1.2 En résumé, le rapport ADAMS recommande la collecte, l'analyse et l'utilisation de constatations. Il importe que les comptes rendus englobent les événements qui ont des conséquences graves, mais ceux-ci sont relativement peu fréquents. Pour que les comptes rendus soient plus efficaces, il faudrait qu'ils portent aussi sur les événements qui ont des conséquences mineures et qui se produisent plus souvent.

4.2 OBJECTIFS

Il faut que les objectifs d'un système de comptes rendus soient clairement définis. Suivent des lignes directrices suggérées pour les organismes de maintenance et les exploitants qui ont un système de gestion des erreurs :

- investiguer ouvertement les erreurs de maintenance afin de pouvoir identifier les facteurs contributifs et les causes profondes, et faire en sorte que le système organisationnel soit résistant à des erreurs similaires ;
- instaurer un environnement dans lequel les erreurs de maintenance pourront être investiguées ouvertement sans crainte de mesures punitives (voir § 4.3.7 du présent chapitre) ;

- faire en sorte que le ou les systèmes de comptes rendus complètent mais ne supplantent pas tout système national de comptes rendus d'accidents ou d'incidents destiné à assurer la conformité avec l'Annexe 13 — *Enquêtes sur les accidents et incidents d'aviation* ;
- utiliser la définition ci-après de l'erreur de maintenance dans le contexte du système de comptes rendus : une situation dans laquelle le système de maintenance, y compris l'élément humain, d'un organisme de maintenance d'aéronefs ou d'un exploitant n'est pas opérant comme il était prévu pour atteindre ses objectifs de sécurité ; l'investigation basée sur cette définition nécessite l'examen des échecs du système (dans l'organisme de maintenance et/ou chez l'exploitant) aussi bien que de l'erreur commise par la personne.

4.3 COMPTES RENDUS D'ERREURS

4.3.1 En application de l'Annexe 13, tous les États sont tenus d'avoir une législation prescrivant des comptes rendus d'accidents et d'incidents. De plus, l'Annexe 6 prescrit que la législation doit astreindre les exploitants à signaler les difficultés de service à l'État d'immatriculation. De plus, il y a certaines situations inévitables ayant des incidences opérationnelles (par exemple retards techniques, annulations et arrêts de moteurs en vol) qui légalement ne doivent pas nécessairement être signalées à l'extérieur ; toutefois, l'organisme de maintenance ou l'exploitant concerné procède fréquemment à une investigation, bien que ce soit le plus souvent seulement pour attribuer la responsabilité. À un niveau encore plus bas, il y a des événements sans effets opérationnels qui ne sont que rarement signalés ou investigués, par exemple l'omission d'un bouchon de réservoir d'huile qui est remarquée et rectifiée par hasard avant le vol. Pour mieux comprendre les problèmes et facteurs qui contribuent aux erreurs, ces événements moins importants devraient être investigués soit par l'organisme de maintenance soit par l'exploitant avant qu'un événement similaire contribue à un accident ou incident.

4.3.2 Il est clair qu'il faut examiner non seulement ce qui s'est produit et a causé ces événements de bas niveau, mais aussi pourquoi c'est arrivé, afin de déterminer les causes profondes. Dans son ouvrage intitulé *Managing the Risks of Organizational Accidents*, le professeur James Reason appelle ces événements de bas niveau « incidents évités de justesse ». Il les définit comme étant tout événement qui pourrait avoir eu de mauvaises conséquences, mais n'en a pas eu. Il explique que ces événements peuvent aller d'une pénétration partielle des défenses, qui peut fournir des renseignements proactifs utiles au sujet de la résilience des systèmes organisationnels, jusqu'à des événements qui ont été à un cheveu d'être catastrophiques et pourraient fournir des renseignements rétroactifs utiles.

4.3.3 L'aptitude de l'organisme de maintenance ou de l'exploitant à réunir des informations sur les incidents évités de justesse dépend de l'empressement des personnes concernées à soumettre officiellement un compte rendu. Toutefois, même si elles sont disposées à le faire, il se peut qu'elles ne soient pas en mesure de fournir un compte rendu utile et détaillé sur les facteurs contribuant, faute de connaissances sur les processus en amont ou de compréhension des facteurs du milieu de travail local. Par exemple, elles peuvent être habituées à travailler avec des équipements de qualité insuffisante et par conséquent elles ne considèrent pas cela comme un facteur. De la même façon, si la tâche sujette à un compte rendu n'était pas régulièrement supervisée alors qu'elle aurait dû l'être, le manque de supervision au moment de l'événement ne sera peut-être pas considéré comme étant le problème.

4.3.4 Alors que les difficultés de compte rendu exposées dans le paragraphe qui précède sont réelles, les avantages le sont aussi. Le professeur Reason considère les comptes rendus d'incidents évités de justesse comme des enseignements gratuits et il énumère certains de leurs avantages, dont voici un résumé :

- une bonne analyse et des mesures appropriées peuvent améliorer les défenses du système et aider à prévenir des événements plus graves dans le futur ;

- les comptes rendus montrent comment de petites carences défensives peuvent s'aligner et ainsi donner lieu à des événements plus graves ;
- les événements sans gravité se produisent plus fréquemment et peuvent ainsi fournir les nombres nécessaires pour des analyses statistiques plus approfondies ;
- une large diffusion des événements et des statistiques peut constituer un rappel, à tous les niveaux de l'organisme, des dangers auxquels le système est exposé.

4.3.5 Il n'est pas facile de persuader les gens de signaler ou d'avouer des événements qui comportent leurs propres erreurs. Les personnes impliquées ont un désir naturel d'oublier que l'incident se soit même produit. Leur premier souci sera probablement l'éventualité de complications désagréables pour elles-mêmes ou leurs collègues. De plus, il se peut qu'elles ne voient pas la valeur du compte rendu et qu'elles doutent qu'il en résultera des mesures correctives au niveau des cadres. Malgré ces effets dissuasifs, il existe plusieurs programmes très fructueux. Le professeur Reason identifie comme suit les facteurs clés du succès de ces programmes :

- exemption de procédures disciplinaires — autant que possible ;
- confidentialité ou non-identification ;
- séparation entre l'organe collecteur et l'organe qui a l'autorité d'appliquer des procédures ou sanctions disciplinaires ;
- retour d'information rapide, utile, accessible et intelligible vers les auteurs de comptes rendus ;
- facilité d'accomplissement du compte rendu.

Il indique ensuite que les trois premiers éléments sont, bien entendu, conçus pour favoriser une atmosphère de confiance. Il déclare aussi que l'idée de tout système de comptes rendus est qu'un retour d'information valable sur les facteurs locaux et organisationnels de nature à occasionner des erreurs est beaucoup plus important que des reproches à des individus.

4.3.6 Il importe que l'organe national de réglementation de l'aviation encourage le développement d'une culture de sécurité dans l'organisme de maintenance et les services de l'exploitant. Cette culture de sécurité devrait encourager la confiance et ouvrir des lignes de communication entre les cadres et les travailleurs. Un concept fondamental qui peut aider à réaliser cette culture réside dans un système interne, basé sur l'immunité, de comptes rendus et d'investigation des erreurs de maintenance. Pareil système devrait être non punitif et devrait comporter l'investigation d'événements et la diffusion d'informations uniquement aux fins du maintien de la sécurité des vols. Un exemple de système de comptes rendus internes dans l'industrie est le système MEDA de Boeing. Ce système de comptes rendus est brièvement décrit dans l'Appendice A au présent chapitre. Un État a officiellement encouragé les organismes de maintenance à adopter un concept qu'il appelle « Maintenance Error Management System » (MEMS) et un autre État a élaboré des lignes directrices pour l'instauration de ce qu'il appelle un « Aviation Safety Action Program » (ASAP). Des informations sur les programmes de ces deux États se trouvent dans l'Appendice B au présent chapitre.

4.3.7 Des systèmes de comptes rendus d'erreurs humaines confidentiels, indépendants, non punitifs ont été mis en place par certains États au cours des deux dernières décennies, tant pour les navigants que pour les personnels au sol. Les résultats de ces systèmes ont été généralement favorables, mais ils sont un complément et non le remplacement de bons systèmes de comptes rendus gérés par l'organisme de maintenance, l'exploitant et l'organe national de réglementation de l'aviation. Cependant, ces systèmes confidentiels peuvent fournir beaucoup de renseignements précieux utilisables dans les programmes de formation et de sensibilisation, et permettre d'identifier promptement et atténuer les risques. Des exemples de deux déclarations d'immunité émises par des États sont donnés dans l'Appendice C au présent chapitre.

4.3.8 Dans certains cas une erreur de maintenance peut causer un événement, un incident ou un accident qui se situe dans la catégorie des faits qui doivent légalement faire l'objet d'un compte rendu. Si l'investigation ultérieure révèle une violation des règlements, l'organe national de réglementation de l'aviation devrait avoir une politique relative aux poursuites ou sanctions contre les personnes ou organismes qui ont commis la violation. Dans certains États, par exemple, il existe une obligation statutaire de poursuivre les auteurs de violations. Dans d'autres États qui ont un pouvoir discrétionnaire en ce qui concerne les poursuites, il y a un éventail de sanctions qui peuvent être adaptées aux circonstances. Dans certains États, la tradition de l'organe de réglementation de l'aviation consiste à encourager la conformité par l'organisme de maintenance et l'exploitant en recourant à l'influence ou à des tentatives d'influence. Cette influence peut comporter une échelle graduée de sanctions qui sont brandies et/ou appliquées, par exemple la suspension totale ou partielle de licences ou certificats. Afin que les responsabilités des organismes et individus en matière de comptes rendus ne soient pas entravées par l'éventualité de mesures punitives, certains États ont promulgué leur politique en matière d'immunité et de confidentialité. Un exemple de ce genre de déclaration par un État se trouve dans l'Appendice D au présent chapitre.

4.3.9 Des cadres d'organismes de maintenance croient parfois que l'organe national de réglementation de l'aviation attend d'eux qu'ils prennent une position disciplinaire vis-à-vis de leurs employés qui commettent des violations. Toutefois, dans bien des cas cette perception est implicite et peut être mal fondée. Le rapport du projet ADAMS explique que les systèmes disciplinaires peuvent être plus efficaces s'ils exercent une influence sur le climat général de comportement acceptable, plutôt que de changer l'individu. Pour que cette influence réussisse, il faut que le système disciplinaire de l'organisme de maintenance ou de l'exploitant soit perçu comme :

- indépendant, transparent et équitable ;
- appliqué régulièrement et universellement ;
- ayant des processus adéquats et une proportionnalité dans les sanctions, prenant en compte les circonstances atténuantes.

L'ultime sanction de l'employeur consiste à congédier quelqu'un qui est perçu comme étant un employé « inadéquat ». Toutefois, cette mesure amène à se demander pourquoi la personne a été nommée au poste dont il s'agit, ce qui fait douter de décisions antérieures des dirigeants de l'organisme de maintenance ou de l'exploitant lorsqu'ils ont engagé la personne ou ont continué de l'employer.

4.3.10 L'organe national de réglementation de l'aviation ne devrait donc pas attendre que des mesures punitives soient prises contre des employés individuels lorsque l'investigation révèle que l'erreur n'était pas préméditée ou était commise par inadvertance. Cependant, l'organisme peut très bien estimer que les mesures sont justifiées si, par exemple, les personnes concernées :

- cherchaient à causer délibérément du mal ou des dommages ;
- ont consciemment violé des procédures qui étaient aisément disponibles, réalisables, intelligibles et correctes ;
- avaient précédemment été impliquées dans des défaillances similaires ;
- avaient essayé de cacher leur défaillance ou leur rôle dans l'événement ;
- ont agi avec un net mépris de la sécurité aérienne.

4.3.11 Toute investigation doit être axée sur le pourquoi de l'erreur. C'est une caractéristique commune à tous les « outils » en matière de facteurs humains. Les caractéristiques de certains des systèmes actuellement disponibles pour l'investigation et l'analyse ont été analysées dans le cadre d'une évaluation des rapports de recherche AAM de la FAA

figurant dans le CD-ROM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection* de la FAA. L'analyse est reproduite dans l'Appendice E au présent chapitre.

4.4 INVESTIGATIONS, ANALYSES ET NORMES

4.4.1 L'instauration de l'environnement de compte rendu n'est que la première étape vers un système répondant aux objectifs définis au § 4.2 du présent chapitre. Pour être efficaces, toutes les parties du système doivent être dirigées vers un objectif consistant à maximiser l'acquisition de connaissances pour améliorer la qualité et la fiabilité afin de réduire le risque d'erreur de maintenance.

4.4.2 L'investigation d'erreurs de maintenance par les organismes de maintenance et les exploitants doit rechercher les facteurs contribuant qu'ils peuvent gérer dans leurs services. Les mesures consistant à dire aux gens « faites mieux attention » n'ont qu'une efficacité limitée. L'erreur humaine ne peut être réduite que jusqu'à un certain point, et pas totalement éliminée. Le professeur Reason déclare que la difficulté est de distinguer entre les comportements véritablement mauvais et la grande majorité d'actes non sécuritaires où l'attribution d'un blâme n'est ni appropriée ni utile. Néanmoins, il y a une interface entre la discipline et les facteurs humains et cette interface doit être bien comprise par tous les intéressés afin que les investigations soient efficaces.

4.4.3 L'objectif principal de toute investigation d'erreur de maintenance par un organisme de maintenance ou un exploitant est de retirer de l'incident les enseignements qui peuvent servir à prévenir des incidents similaires dans l'avenir. Les investigations qui ne font que respecter une prescription réglementaire ou faire des reproches sont inappropriées et ne permettront pas à l'organisme de tirer des enseignements.

4.4.4 Il y a normalement cinq phases dans une investigation par un organisme de maintenance ou un exploitant au sujet de ce qui semble être un incident dû à une erreur de maintenance :

1. Que s'est-il produit ? — dégager les renseignements de base sur l'incident et ses conséquences ;
2. Que s'est-il produit ? — reconstruire la séquence des événements ;
3. Pourquoi cela s'est-il produit ? — identifier les erreurs et les défaillances ;
4. Pourquoi cela s'est-il produit ? — identifier les facteurs contributifs ;
5. Comment prévenir cela dans l'avenir ? — formuler des recommandations.

4.4.5 Les cinq phases du § 4.4.4 décrivent une progression logique dans le processus d'investigation en dégageant d'abord les faits de l'incident et la séquence des événements avant de tenter d'expliquer et de formuler des recommandations. La base de la phase « que s'est-il produit ? » de l'investigation devrait être la documentation de la tâche et les entrevues avec le personnel concerné et les témoins. La phase « pourquoi cela s'est-il produit ? » devrait d'abord porter sur la ou les erreurs et/ou défaillances et ensuite sur les facteurs contributifs. La phase « comment prévenir cela dans l'avenir ? » devrait être axée sur les recommandations. Le rapport final devrait comprendre diverses sections avec une narration et les données factuelles correspondantes.

4.4.6 Les investigateurs d'incidents dans les organismes de maintenance et les services d'exploitants devraient avoir des antécédents techniques en aviation avec des connaissances de l'aéronef, des moteurs ou des équipements en cause dans l'incident. Ces antécédents devraient leur permettre d'analyser les aspects techniques de l'événement, d'analyser et de classer les causes techniques et de recommander des mesures pour prévenir une répétition. Cependant, lorsqu'il s'agira d'investiguer des défaillances humaines ou organisationnelles, ils auront besoin d'autres compétences, par exemple un esprit curieux et de bonnes aptitudes interpersonnelles ainsi que d'un guide adéquat pour

mener cet aspect de l'investigation et de l'analyse. Il existe un certain nombre de guides adéquats venant de diverses sources dans l'industrie ou la réglementation. À titre d'exemple, le guide du rapport du projet ADAMS est reproduit dans l'Appendice F au présent chapitre.

4.5 AU BOUT DE LA BOUCLE — GESTION DES ERREURS

4.5.1 Retirer les enseignements organisationnels d'incidents est peut-être la tâche la plus difficile dans la gestion des erreurs. Il existe de nombreuses monographies qui peuvent aider et un examen de ces monographies révèle les caractéristiques suivantes :

- plusieurs tentatives et un certain temps peuvent être nécessaires pour réaliser une solution adéquate de changement ;
- la validation du changement est une étape critique dans le processus de changement et devrait faire intervenir ceux qui exécutent effectivement la tâche ;
- le monitoring et le suivi de l'efficacité des changements sont indispensables, en permanence.

4.5.2 La rédaction du rapport d'investigation, avec les recommandations correspondantes de changements, n'est que le point de départ d'un processus de gestion dans l'organisme afin de réduire la probabilité d'un autre événement similaire dans l'avenir. Pour que les changements soient efficaces, il faut :

- qu'ils soient mis en œuvre ;
- qu'ils visent à éliminer les facteurs identifiés comme étant la cause ;
- qu'ils soient exempts d'effets secondaires négatifs, qui donnent lieu à des problèmes additionnels ou compensatoires.

4.5.3 Investiguer, faire un compte rendu et mettre en œuvre des changements appropriés, cela ne suffit pas nécessairement à prévenir des incidents similaires. Il peut y avoir des faiblesses plus générales ou fondamentales dans les systèmes de l'organisme. C'est pourquoi il est important de collecter des données d'un certain nombre d'incidents, afin d'identifier tout scénario possible d'événements successifs. Il faut organiser les données de façon à faire ressortir les tendances, scénarios ou relations possibles entre différents types d'incidents ou d'événements. Cela devrait ensuite être utilisé dans le cadre d'un système proactif de gestion de l'erreur pour permettre d'identifier les secteurs qui sont vulnérables à l'erreur.

4.5.4 Les plans pour l'avenir devraient inclure l'exploitation des enseignements pour la sécurité à l'échelle de l'industrie, afin d'aider les organismes à s'instruire des erreurs des autres et éviter de commettre les mêmes erreurs. Idéalement, une base de données internationale (par exemple le Réseau mondial d'information aéronautique [GAIN]) devrait contenir suffisamment d'informations détaillées sur des incidents pour faciliter des interventions préventives à l'échelle mondiale dans les organismes de maintenance et les services des exploitants.

Appendice A au Chapitre 4

RÉDUCTION, ÉLIMINATION ET PRÉVENTION DES ERREURS

1. INTRODUCTION

L'aide MEDA (Maintenance Error Decision Aid) de Boeing est un des « outils » utiles en facteurs humains à l'usage des organismes de maintenance et des exploitants dans l'investigation d'erreurs. Le principal objectif de MEDA est de fournir un processus normalisé pour analyser les erreurs de maintenance et les facteurs ayant contribué à ces erreurs, et pour concevoir les mesures correctives possibles. MEDA identifie quatre grandes stratégies de prévention des erreurs :

- réduction/élimination des erreurs ;
- détection des erreurs ;
- tolérance à l'erreur ;
- programmes d'audit.

2. RÉDUCTION/ÉLIMINATION DES ERREURS

2.1 Les stratégies de prévention d'erreurs qui sont le plus souvent utilisées et aisément disponibles sont celles qui réduisent ou éliminent directement les facteurs qui contribuent à l'erreur. Deux exemples : améliorer l'éclairage pour rehausser la fiabilité des inspections, et utiliser l'anglais simplifié pour réduire le risque de mauvaises interprétations. Ces stratégies de prévention visent à améliorer la fiabilité dans les tâches en éliminant toutes conditions défavorables qui augmentent le risque d'erreur de maintenance.

2.2 Il arrive souvent que telle ou telle investigation d'erreur ne révèle pas de facteurs contributifs nettement liés à l'erreur en cours d'investigation. Parfois les effets de certains facteurs contributifs ne sont pas entièrement compris avant qu'un certain nombre d'événements aient été investigués avec le ou les mêmes facteurs contributifs en relation avec eux. La difficulté, pour le cadre de première ligne qui effectue une investigation, c'est la pression qui le pousse à agir à la suite de l'investigation d'un événement unique. Le dilemme, toutefois, c'est comment décider d'une stratégie de prévention alors qu'il n'y a pas de facteurs contributifs, clairement identifiables, ayant conduit à l'erreur. Et si l'erreur avait des incidences sur la sécurité ? D'une façon ou d'une autre, il faut affronter l'erreur. Deux types additionnels de stratégies de gestion de l'erreur sont disponibles pour affronter l'erreur.

3. DÉTECTION DES ERREURS

3.1 La détection des erreurs consiste en tâches qui sont exécutées expressément pour déceler une erreur commise dans une tâche de maintenance. Exemples : une inspection après la tâche, un test opérationnel ou fonctionnel, une étape de vérification ajoutée à la fin d'une longue procédure. La détection des erreurs est différente de la réduction

des erreurs en ceci qu'elle ne diminue pas directement l'erreur humaine. Par exemple, ajouter une vérification de fuite ne fait pas grand-chose pour réduire la probabilité d'installation incorrecte d'un détecteur de particules. Cela réduit toutefois la probabilité qu'un aéronef soit dispatché avec un détecteur de particules mal installé. C'est pourquoi la plupart des autorités de réglementation prescrivent une inspection ultérieure de toutes tâches de maintenance qui pourraient mettre en danger l'aéronef si elles étaient mal exécutées.

3.2 Alors que la détection des erreurs est une partie importante de la gestion des erreurs, de nouvelles observations semblent révéler un excès de confiance généralisé dans la stratégie de détection des erreurs pour gérer les erreurs de maintenance. En théorie, ajouter une inspection après la tâche entraînerait que deux erreurs humaines seraient nécessaires pour laisser subsister sur un vol payant une défectuosité induite par une erreur. Ces dernières années, toutefois, on a eu de plus en plus tendance à penser que l'inspection additionnelle pour garantir l'intégrité d'une installation agit négativement sur la fiabilité de la tâche fondamentale. Les humains, consciemment ou subconsciemment, relâchent leur attention lorsqu'ils savent qu'une tâche ultérieure a été prévue pour déceler toutes erreurs commises dans la tâche primaire. Il n'est pas rare que l'on entende un cadre de compagnie aérienne déclarer que l'addition d'une inspection n'a pas fait beaucoup pour réduire l'apparition de l'erreur en service.

4. TOLÉRANCE À L'ERREUR

4.1 La tolérance à l'erreur est la faculté d'un système de rester fonctionnel même après une erreur de maintenance. L'illustration classique est l'arrêt de chacun des trois moteurs sur un avion L-1011 d'Eastern Airlines en 1983 parce que des anneaux n'avaient pas été installés sur les détecteurs de particules. Dans une stratégie destinée à prévenir l'arrêt de moteurs multiples, la plupart des autorités de réglementation qui donnent leur approbation pour des vols à grande distance d'avions bimoteurs (ETOPS) interdisent l'application de la même tâche de maintenance sur les deux moteurs avant un même vol. La théorie est que même s'il y a une erreur humaine, elle sera limitée à un seul moteur. Il n'en était pas ainsi dans le cas de l'arrêt des trois moteurs sur le L-1011 d'Eastern Airlines. Un seul type d'erreur humaine — la même application incorrecte d'une tâche sur chacun des trois moteurs — a presque causé la perte de l'avion.

4.2 Autre exemple d'incorporation de la tolérance à l'erreur dans l'activité de maintenance : le programme régulier de maintenance des structures à tolérance de dommages (multiples occasions de déceler une fissure de fatigue avant qu'elle atteigne une longueur critique).

4.3 En tant que stratégie de prévention, la tolérance à l'erreur est souvent limitée à des secteurs extérieurs à l'activité du premier investigateur. Il est toutefois important que le superviseur de première ligne ou la personne qui mène l'entrevue ait connaissance de cette stratégie de prévention et la prenne en compte lorsqu'elle pourrait être la meilleure façon de traiter efficacement de l'erreur.

5. PROGRAMMES D'AUDIT

Les programmes d'audit constituent une approche qui effectivement choisit de ne pas affronter directement l'erreur. Autrement dit, en n'essayant pas directement de réduire/d'éliminer l'erreur ou de rehausser la tolérance à l'erreur, l'organisme choisit de faire quelque chose d'autre. Cela peut inclure une recherche au niveau élevé de l'organisme pour déterminer si quelque chose peut se faire pour servir de stratégie de prévention. Les programmes d'audit indépendant et une formation spéciale en investigation sont des exemples de ce genre de stratégie. Les compagnies aériennes mettent typiquement en œuvre des projets ou programmes d'audit comme solution rapide de problèmes d'erreur. Or ces programmes sont rarement efficaces sur le long terme dans la réduction des erreurs, parce que la perception des résultats sur le court terme s'atténue et l'organisme n'est pas en mesure de réaliser des changements sur le long terme.

6. LE PROCESSUS MEDA

L'ensemble du processus MEDA de Boeing se déroule comme suit :

- *Événement* : il se produit un événement, par exemple un retour à la passerelle ou un demi-tour en vol.
- *Décision* : après avoir rectifié le problème et remis l'aéronef en service, l'exploitant décide si le problème était lié à la maintenance — dans l'affirmative l'exploitant procède à une investigation MEDA.
- *Investigation* : l'exploitant utilise le formulaire de résultats MEDA pour effectuer l'investigation. Cela permet d'identifier le type d'erreur ayant causé l'événement, les facteurs ayant contribué à l'erreur et une liste de mesures correctives possibles.
- *Mesures correctives* : l'exploitant analyse, établit des priorités puis met en œuvre des mesures pour écarter ou diminuer la probabilité d'erreurs similaires dans l'avenir.
- *Retour d'information* : l'exploitant fournit un retour d'information aux travailleurs de la maintenance. Cela leur fait savoir que des changements ont été introduits dans le système de maintenance sur la base du processus MEDA.

7. RÉSUMÉ

Boeing déclare que le processus MEDA est mis à la disposition des compagnies aériennes clientes pour les aider à améliorer dans leurs services la gestion des événements liés à des erreurs de maintenance. De plus, Boeing affirme que les exploitants qui utilisent MEDA ont apporté dans leurs systèmes de maintenance des améliorations qui rehaussent l'efficacité économique et opérationnelle.

Appendice B au Chapitre 4

SYSTÈMES DE GESTION DES ERREURS DE MAINTENANCE

Des extraits de deux documents sont reproduits ci-après à titre d'exemples des pratiques actuelles d'organes nationaux de réglementation de l'aviation pour encourager les organismes de maintenance et les exploitants à instaurer des systèmes de comptes rendus internes ayant un niveau de protection reconnu par l'État ou l'organe de réglementation.

Exemple 1 : Extrait du bulletin de navigabilité n° 71, édition 1, de la CAA du Royaume-Uni, en date du 20 mars 2000, sur les systèmes MEMS (Maintenance Error Management Systems) [traduction OACI]

« Systèmes de gestion des erreurs de maintenance

« 1. INTRODUCTION

« 1.1 Étant donné la volonté de réduire dans le monde les taux d'accidents mortels, la CAA a entrepris, dans le cadre d'une de ses initiatives en facteurs humains, de réduire le nombre des erreurs de maintenance et d'atténuer les conséquences de celles qui subsisteront. La CAA cherche à ménager un environnement dans lequel les erreurs de ce genre pourront être ouvertement investiguées afin que les facteurs contributifs et les causes profondes des erreurs de maintenance puissent être traités à l'aide d'un système qui compléterait, sans les remplacer, les deux actuels systèmes de comptes rendus d'erreurs de maintenance (MOR et CHIRP).

« 1.2 Le programme MOR (Mandatory Occurrence Reporting) est déjà bien établi et il vise à porter les problèmes notables de sécurité à l'attention de la CAA. Cependant, le programme MOR n'est pas destiné à suivre et répertorier le courant normal quotidien de défauts/d'incidents, etc., qui, tout en restant une responsabilité de l'industrie (CAP 382, § 5.4.5), constitue une partie importante de la tâche globale de sécurité dans l'exploitation. Le présent bulletin concerne principalement les événements qui se situent au-dessous des critères MOR mais que l'organisme concerné doit néanmoins comprendre et maîtriser. Cependant, les principes décrits dans le présent bulletin peuvent aussi être appliqués par un organisme à ses propres investigations internes d'incidents conformes aux critères MOR (Note : les organismes seront encore tenus de rendre compte des MOR à la CAA).

« 1.3 Le programme CHIRP (Confidential Human Factors Incident Reporting Programme) est un autre mécanisme de compte rendu que des personnes peuvent utiliser pour signaler de façon confidentielle des problèmes et incidents de sécurité. Le programme CHIRP ne doit toutefois pas être considéré comme un remplacement possible de MEMS. MEMS et CHIRP remplissent des fonctions différentes même s'ils sont dirigés vers le même but ultime, c'est-à-dire améliorer la sécurité aérienne.

« 1.4 Les erreurs de maintenance qui ont des conséquences graves telles que des accidents ou incidents font régulièrement l'objet d'investigations par des organismes, la CAA ou le Service d'investigation des accidents aériens. Les événements relativement importants dans l'exploitation (par exemple retards techniques, annulations, arrêts de moteurs en vol, etc.) qui ne sont pas légalement

soumis à un compte rendu externe sont fréquemment investigués par des organismes, mais c'est trop souvent pour attribuer une responsabilité dans l'événement. Au-dessous de ces niveaux il y a des événements sans importance opérationnelle qui sont rarement investigués (par exemple l'omission d'un bouchon de réservoir d'huile qui est remarquée par hasard et rectifiée avant le vol). Afin de mieux comprendre les problèmes et facteurs qui contribuent aux erreurs, il est nécessaire de les investiguer, ainsi que les événements relativement importants dans l'exploitation, avant qu'ils risquent de causer un accident ou incident dans l'avenir.

« 1.5 Il importe d'examiner non seulement *ce qui s'est produit*, mais aussi *pourquoi*, afin de déterminer les problèmes et les causes profondes.

« 2. SYSTÈME DE GESTION DES ERREURS DE MAINTENANCE

« 2.1 En émettant le présent bulletin, la CAA déclare sa politique sur les systèmes MEMS (Maintenance Error Management Systems) afin que les organismes de maintenance, en particulier ceux qui effectuent la maintenance de grands aéronefs de transport commercial, soient encouragés à adopter le concept.

« 2.2 Les meilleures pratiques répandues dans l'industrie ont montré qu'un MEMS devrait comprendre les éléments suivants :

- buts et objectifs clairement identifiés ;
- engagement visible de l'entreprise, avec définition claire des responsabilités à l'égard du MEMS ;
- encouragement par l'entreprise de comptes rendus et d'une participation par les individus ;
- politiques et limites disciplinaires identifiées et publiées ;
- un processus d'investigation d'événement ;
- identification et divulgation des événements qui déclencheront des investigations d'erreurs ;
- sélection et formation d'investigateurs ;
- éducation en MEMS pour le personnel, et formation selon le besoin ;
- mesures appropriées basées sur les constatations d'investigations ;
- retour d'information aux travailleurs au sujet des résultats ;
- analyse des données collectives indiquant les tendances et fréquences de facteurs contribuant.

« 2.3 Le programme a pour objet d'identifier les facteurs qui contribuent à des incidents et de rendre le système résistant à des erreurs similaires. Bien que ce ne soit pas essentiel pour le succès de MEMS, il est recommandé que les grands organismes utilisent une base de données informatisée

pour le stockage et l'analyse des données MEMS. Cela permettra d'utiliser tout le potentiel du système dans la gestion des erreurs.

« 2.4 Aux fins du présent bulletin de navigabilité, une erreur de maintenance est réputée s'être produite lorsque le système de maintenance, y compris l'élément humain, n'agit pas de la façon attendue pour atteindre ses objectifs de sécurité. L'élément humain inclut techniciens, ingénieurs, planificateurs, cadres, magasiniers — en fait toute personne qui contribue au processus de maintenance. La définition qui précède diffère de celle de l'erreur humaine car elle nécessite l'analyse des carences du système (par exemple personnel insuffisant, facteurs organisationnels, disponibilité d'outils, manuels ambigus, etc.) aussi bien que de l'erreur commise par une personne.

« 3. ASSURANCES DE LA CAA

« 3.1 Il est reconnu que le succès d'un programme MEM dépend d'une investigation complète et libre, sans crainte d'action de la part de la CAA. En conséquence, la CAA donne les assurances suivantes :

« 3.1.1 La CAA n'approuvera pas un MEMS même s'il est inclus dans l'Exposition approuvée. Si un MEMS est inclus dans une Exposition, il ne sera pas sujet à un audit dans le cadre de la supervision réglementaire de l'organisme par la CAA. L'intérêt porté au MEMS d'un organisme réside seulement dans le désir de travailler avec l'industrie pour rehausser la sécurité.

« 3.1.2 La CAA n'obligera pas un organisme ou une personne à lui offrir tous comptes rendus particuliers soumis en application d'un MEMS, autres que les informations normalement communiquées à la CAA via le programme MOR.

« 3.1.3 Si dans l'intérêt de la sécurité un organisme choisit volontairement de communiquer à la CAA les détails d'un événement particulier signalé dans le cadre d'un MEMS, ou le résultat de son investigation, la CAA :

- a) s'abstiendra de révéler le nom de la personne qui soumet le compte rendu MEMS, ou d'une personne à laquelle il se rapporte, ou de transmettre un compte rendu MEMS à un tiers, à moins que la législation le prescrive ou que la ou les personnes concernées autorisent la divulgation ;
- b) prendra toutes les mesures raisonnables possibles pour éviter de révéler l'identité de l'auteur du compte rendu ou des personnes impliquées dans l'événement, si des mesures de suivi étaient prises à la suite d'un compte rendu MEMS ;
- c) aura pour politique de ne pas tenter de poursuites à l'égard de violations sans préméditation ou par inadvertance de la législation ou de prescriptions, qu'elle constaterait uniquement du fait qu'elles ont été signalées en application d'un programme MEMS, sauf dans les cas de manquement au devoir constituant une imprudence ou faute grave. Cette assurance est analogue à celle qui relève du programme MOR.

« 4. CODE DE PRATIQUE EN MEMS

« 4.1 La CAA encourage les organismes à adopter le code de pratique ci-après relatif à un MEMS :

« 4.1.1 Lorsqu'un événement signalé via un MEMS indique une défaillance sans préméditation ou par inadvertance de la part d'un employé, selon la description ci-après, la CAA souhaite que l'employeur agisse raisonnablement, en reconnaissant que le compte rendu libre et complet est le but principal afin d'établir *pourquoi* l'événement s'est produit en étudiant les facteurs contributifs ayant mené à l'incident, et que tous les efforts soient déployés pour éviter des mesures de nature à inhiber les comptes rendus.

« 4.1.2 Dans le contexte de la gestion des erreurs, il faut considérer qu'une défaillance sans préméditation ou par inadvertance ne devrait pas entraîner de mesures punitives, mais qu'un manquement de professionnalisme pourrait y aboutir. À titre de guide, des personnes ne devraient pas être soumises à des mesures punitives sauf :

- a) si l'acte était destiné à causer délibérément du mal ou des dommages ;
- b) si la personne concernée n'a pas une attitude constructive à l'égard du respect de procédures sécuritaires dans le travail ;
- c) si la personne concernée a consciemment violé des procédures qui étaient aisément disponibles, praticables, intelligibles et correctes ;
- d) si la personne concernée a eu précédemment des défaillances similaires ;
- e) si la personne concernée a tenté de dissimuler sa défaillance ou contribution à une mésaventure ;
- f) si l'acte était le résultat d'un net mépris de la sécurité.

"Net mépris", dans le présent contexte, signifie :

- dans le cas d'un titulaire d'autorisation de certification (par exemple technicien licencié ou agent de certification), que l'acte ou l'omission constituait une nette dérogation au degré de soin, jugement et responsabilité raisonnablement attendu de la personne en question ;
- dans le cas d'une personne n'ayant pas de responsabilité de certification en maintenance, que l'acte ou l'omission constituait une nette dérogation au degré de soin et de diligence attendu d'une personne raisonnable dans ces circonstances.

Le degré de culpabilité variera selon les circonstances atténuantes éventuellement constatées à la suite de l'investigation MEMS. Il s'ensuit que toute action de l'organisme serait graduée selon un barème allant de mesures correctives comme un recyclage, jusqu'au congédiement de la personne.

« 4.1.3 Dans le cas d'incidents investigués via un MEMS, que ces incidents aient ou non été portés à la connaissance de la CAA, la CAA s'attend à ce que l'organisme s'attaque aux problèmes qui ont contribué aux incidents. L'organisme devrait, si possible, appliquer des mesures appropriées pour prévenir une répétition du problème, ou bien faire un suivi des événements futurs, selon le degré de risque et la probabilité de répétition. Une base de données à l'appui est utile en pareilles circonstances, pour aider à évaluer la fréquence d'occurrences et toutes tendances connexes.

« 4.1.4 La CAA s'attend à une action sur les problèmes de sécurité constatés. Si la CAA apprend, par un moyen quelconque, qu'il existait un important problème de sécurité et qu'il n'y a pas été porté attention, elle se réserve le droit de prendre les mesures appropriées.

« **NOTE** : Si un organisme déclare qu'un incident est l'objet, ou a été l'objet, d'une investigation MEMS, sans qu'il soit fourni des renseignements additionnels pour expliquer pourquoi l'incident s'est produit, cela ne serait pas normalement une base adéquate pour une conclusion de MOR.

« 4.1.5 Les organismes sont encouragés à partager leurs résultats de MEMS avec la CAA et avec d'autres organismes de maintenance. Il y a lieu d'espérer que ce partage de données permettrait à la CAA et à l'industrie de produire conjointement une meilleure compréhension des causes d'erreurs de maintenance et d'élaborer des stratégies mieux axées sur les facteurs humains. Toutefois, il faut reconnaître que certaines informations d'un MEMS pourraient être jugées délicates pour l'organisme concerné et devraient éventuellement être désidentifiées avant d'être communiquées à d'autres organismes. [...] »

Exemple 2 : Extrait de l'Advisory Circular (AC) n° 120-66B de la FAA des États-Unis, en date du 15 novembre 2002, sur l'ASAP (Aviation Safety Action Program) [traduction OACI]

« ASAP (Aviation Safety Action Program)

« 1. OBJET

« La présente circulaire donne des indications pour l'instauration d'un programme ASAP (programme d'action pour la sécurité aéronautique) dans le transport aérien. L'ASAP a pour objet d'encourager les employés de transporteurs aériens et d'ateliers de réparation à communiquer volontairement les informations de sécurité qui pourraient être cruciales dans l'identification de précurseurs potentiels d'accidents. La FAA a déterminé que l'identification des précurseurs est essentielle pour réduire encore le taux d'accidents qui est déjà plutôt bas. En application d'un ASAP, les problèmes de sécurité sont résolus par des mesures correctives plutôt que par des mesures disciplinaires ou punitives. L'ASAP prescrit la collecte, l'analyse et l'archivage des données de sécurité qui sont obtenues. Les données de sécurité ASAP, qui pour la plupart ne pourraient pas être obtenues autrement, servent à concevoir des mesures correctives pour les problèmes de sécurité constatés, et à éduquer les services appropriés pour prévenir une répétition du même type de problème de sécurité. L'ASAP est fondé sur un partenariat de sécurité qui inclut la FAA et le titulaire du certificat, et il peut faire intervenir un tiers, par exemple le syndicat de l'employé. Pour encourager les employés à signaler volontairement les problèmes de sécurité, même si cela entraîne éventuellement le non-respect par l'employé du Titre 14 du Code of Federal Regulations (14 CFR), des incitatifs liés à l'exécution ont été incorporés au programme.

- a) Les informations obtenues à partir de ces programmes permettront aux participants à un ASAP d'identifier les risques réels ou potentiels dans toutes leurs activités. Après identification, les parties à un ASAP peuvent mettre en œuvre des mesures correctives en vue de réduire la possibilité de répétition d'accidents, incidents et autres événements concernant la sécurité. Afin de retirer le maximum possible d'avantages positifs d'un ASAP, il pourra être nécessaire que les titulaires de certificats élaborent des programmes avec des systèmes compatibles de collecte de données, d'analyse, d'archivage et d'extraction. Les informations et données collectées et analysées pourront servir à mesurer la sécurité du système aéronautique.
- b) Un ASAP procure un moyen par lequel les employés de transporteurs aériens participants et de titulaires de certificats d'ateliers de réparation peuvent identifier et signaler les problèmes de sécurité aux dirigeants et à la FAA, pour qu'ils soient résolus,

sans craindre que la FAA utilise les rapports acceptés en application du programme pour prendre contre eux des mesures d'action en droit, ou que des compagnies utilisent pareilles informations pour prendre des mesures disciplinaires. Ces programmes sont conçus pour encourager la participation de divers groupes d'employés, par exemple équipages de conduite, mécaniciens, agents de bord et dispatchers.

- c) Les éléments d'ASAP sont exposés dans un mémorandum d'entente (MOU) entre la FAA, les dirigeants du titulaire de certificat et un tiers approprié, par exemple un syndicat ou des représentants d'employés. [...] »

Note.— Voir dans AC n° 120-66B de la FAA le texte complet relatif à l'ASAP ainsi qu'un modèle de MOU et une liste de vérification de MOU d'ASAP.

Appendice C au Chapitre 4

DÉCLARATIONS D'IMMUNITÉ/DE CONFIDENTIALITÉ

À titre d'exemples de pratiques courantes d'organes nationaux de réglementation de l'aviation qui ont instauré des systèmes de comptes rendus confidentiels en facteurs humains, deux extraits de déclarations d'immunité/de confidentialité sont reproduits ci-dessous.

Exemple 1 : Programme ASRP (Aviation Safety Reporting Program) de la FAA des États-Unis

Le programme de la FAA pour les comptes rendus de sécurité en aviation est décrit dans l'Advisory Circular (AC) n° 00-46D de la FAA en date du 26 février 1997 ; il utilise la NASA (National Aeronautics and Space Administration) comme tierce partie pour la réception des comptes rendus. La circulaire comprend la section ci-après sur l'application, qui décrit comment le concept d'immunité s'applique aux pilotes, contrôleurs, agents de bord et personnels de maintenance qui effectuent des comptes rendus d'incidents [traduction OACI] :

« 9. POLITIQUE D'APPLICATION

- « a. L'Administrateur de la FAA s'acquittera de sa responsabilité en vertu du Titre 49, United States Code, sous-titre VII, et appliquera la réglementation et les FAR de façon à réduire ou éliminer la possibilité ou la répétition d'accidents d'aéronefs. Les procédures d'application par la FAA sont exposées dans la Partie 13 de la FAR (14 CFR Partie 13) et dans les manuels d'application par la FAA.

- « b. Dans la détermination du type et de l'ampleur des mesures d'application à prendre dans un cas déterminé, les facteurs ci-après sont pris en compte :
 - 1) nature de la violation ;
 - 2) caractère de la violation : par inadvertance ou délibérément ;
 - 3) niveau d'expérience et de responsabilité du titulaire du certificat ;
 - 4) attitude de l'auteur de la violation ;
 - 5) danger pour la sécurité d'autrui, qui aurait dû être pressenti ;
 - 6) mesures prises par l'employeur ou une autorité gouvernementale ;
 - 7) temps qui s'est écoulé depuis la violation ;
 - 8) utilisation du certificat par son titulaire ;
 - 9) nécessité de mesures dissuasives spéciales dans un secteur particulier de la réglementation, ou dans un secteur de la communauté de l'aviation ;

- 10) présence de tous facteurs concernant l'intérêt national, par exemple utilisation d'un aéronef à des fins criminelles.
- « c. Le dépôt d'un compte rendu auprès de la NASA au sujet d'un incident ou d'un événement comportant une violation de 49 USC sous-titre VII, ou de la FAR, est considéré par la FAA comme une indication d'attitude constructive. Pareille attitude aura tendance à prévenir des violations futures. En conséquence, même s'il y a une constatation de violation, ni une pénalisation au civil ni une suspension de certificat ne sera prononcée si :
- 1) la violation a été commise par inadvertance et non délibérément ;
 - 2) la violation ne comportait pas un délit, un accident ou une action relevant de 49 USC Section 44709, faisant ressortir un manque de qualification ou de compétence, qui est entièrement exclu de la présente politique ;
 - 3) la personne n'a pas été inculpée, dans une précédente mesure d'application par la FAA, d'avoir commis une violation de 49 USC sous-titre VII, ou d'un règlement qui y est promulgué, dans les cinq ans avant la date de l'événement ;
 - 4) la personne prouve que, dans les 10 jours postérieurs à la violation, elle a rédigé et remis ou envoyé un compte rendu écrit de l'incident ou de l'événement à la NASA, en vertu de ASRS. [...] »

Exemple 2 : Programme CHIRP (Confidential Human Factors Incident Reporting Programme) du Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, un organisme fiduciaire caritatif indépendant a la responsabilité du programme CHIRP. La déclaration ci-après est publiée par la CAA dans la circulaire d'information aéronautique n° 47/2001 en date du 31 mai 2001 [traduction OAC] :

« PROGRAMME DE COMPTES RENDUS CONFIDENTIELS D'INCIDENTS EN FACTEURS HUMAINS

« 1. Le programme CHIRP, appliqué depuis 1982, donne aux pilotes professionnels la possibilité de rendre compte de leurs constatations sur une base strictement confidentielle, de la même façon que dans le système ASRP des États-Unis. Le programme a été ultérieurement élargi pour inclure les contrôleurs aériens civils, les techniciens de maintenance, les organismes de maintenance agréés et les organismes agréés de conception et de production. En 1999 le programme a encore été élargi pour fournir un service similaire aux communautés de l'aviation générale au Royaume-Uni. Il est envisagé de mettre le programme à la disposition des personnels de cabine, à l'essai, à compter du 1^{er} juillet 2001.

« 2. Le programme a pour but principal de chercher à identifier les causes d'incidents en relation avec les facteurs humains, qui ne seraient pas signalés par d'autres systèmes mais qui pourraient, après analyse et comparaison avec des événements similaires, conduire à des changements dans les procédures ou la conception, ou bien permettre à autrui d'en tirer des enseignements.

« 3. Le terme "facteurs humains" recouvre la totalité des éléments humains dans les systèmes être humain-machine. Il n'est pas limité à la conception et l'utilité traditionnelles des équipements et des lieux de travail, mais il recouvre aussi les aspects de main-d'œuvre, d'organisation, de gestion, de communication, de compétences et de formation.

« 4. À la suite d'une revue indépendante de CHIRP en 1994, il a été conclu que le programme devrait être élargi pour traduire l'intérêt croissant qui est porté aux causes d'accidents d'aéronefs en rapport avec les facteurs humains. C'est pourquoi en 1996 un directeur à temps plein a été nommé et le programme a été établi sous la forme d'une société limitée par des garanties et inscrite comme organisme caritatif dénommé « The CHIRP Charitable Trust », subventionné par le Groupe de réglementation de la sécurité de la CAA, mais géré indépendamment par un conseil d'administration. [...]

« Cette structure garantit l'indépendance et la confidentialité du système.

« 5. Le programme CHIRP complète d'autres systèmes de comptes rendus, notamment le programme de comptes rendus obligatoires (MOR) de la CAA. La remise d'un compte rendu CHIRP ne satisfait pas aux obligations statutaires de compte rendu obligatoire en vertu de l'ordonnance de navigation aérienne. Lorsque la remise d'un MOR est prescrite, mais que la personne souhaite utiliser un système confidentiel, elle peut utiliser le programme MOR confidentiel, décrit en détail dans CAP 382. Toutefois, si le programme MOR ou d'autres moyens de compte rendu ne répondent pas aux besoins de la situation, alors un compte rendu à CHIRP devrait être envisagé.

« 6. Les comptes rendus CHIRP sont traités de façon strictement confidentielle, mais il est possible qu'un incident signalé à CHIRP fasse aussi l'objet d'un compte rendu indépendant par un tiers à la CAA. La CAA donne l'assurance que son souci principal est d'obtenir des comptes rendus libres et sans inhibition à travers CHIRP et elle a pour principe de ne pas tenter des poursuites dans les cas d'infractions sans préméditation ou par inadvertance, qui font l'objet d'un compte rendu CHIRP et qui sont portées à son attention dans un compte rendu de tiers, sauf dans les cas comportant un manquement au devoir qui constitue une faute grave.

« 7. Il est accusé réception de tous les comptes rendus reçus. Tous les détails personnels sont renvoyés à l'auteur dès que tous les détails pertinents du compte rendu ont été confirmés. Les comptes rendus sont alors répertoriés, analysés et conservés dans une base de données confidentielle. Avant que des informations soient mises à la disposition d'organismes tiers et d'autres programmes de comptes rendus de sécurité, les comptes rendus sont techniquement désidentifiés afin que l'identité de l'auteur ne puisse être décelée. Si un niveau approprié de désidentification technique n'est pas possible, les données du compte rendu ne sont pas révélées.

« 8. Des comptes rendus/extraits sélectionnés sont publiés chaque trimestre dans un bulletin intitulé FEEDBACK et distribués aux principaux groupes d'utilisateurs. Un autre bulletin intitulé GA FEEDBACK est aussi publié et distribué chaque trimestre aux pilotes d'aviation générale.

« 9. Dans les cas où un compte rendu à CHIRP paraît identifier un danger spécial, des mesures sont prises immédiatement pour résoudre le problème sans porter atteinte à la confidentialité des auteurs de comptes rendus.

« 10. Le succès continu du programme dépend entièrement de la qualité des comptes rendus qui sont communiqués. Tous les navigants, contrôleurs aériens et techniciens sont instamment priés de soutenir le programme.

« 11. Des formulaires de compte rendu sont distribués avec chaque numéro de FEEDBACK. [...] »

Appendice D au Chapitre 4

COMPTES RENDUS D'INCIDENTS — SANCTIONS : DÉCLARATION DE POLITIQUE

À titre d'exemple de la pratique courante d'organes nationaux de réglementation de l'aviation, dans les cas où des organismes et des personnes sont tenus de remettre un compte rendu sur un incident grave lié à la sécurité aérienne, le présent appendice reproduit ci-après une déclaration de politique relative à la confidentialité et aux sanctions :

Exemple : Publication d'aéronautique civile de la CAA du Royaume-Uni (CAP 382) intitulée « The Mandatory Occurrence Reporting Scheme » [traduction OACI]

« Déclaration du Président de la CAA

« Confidentialité des comptes rendus

« Il est fondamental, aux fins du programme, que le contenu des comptes rendus soit diffusé dans la mesure nécessaire, à des fins de sécurité des vols. Sans préjudice du bon exercice de ses responsabilités à cet égard, la CAA ne révélera pas le nom de l'auteur du compte rendu ou d'une personne à laquelle il se rapporte, à moins que ce soit nécessaire en application de la loi ou à moins que, dans l'un ou l'autre cas, la personne concernée autorise la divulgation.

« Si des mesures de suivi en matière de sécurité aérienne étaient nécessaires comme suite à un compte rendu, la CAA prendra toutes les mesures raisonnables pour éviter de divulguer l'identité de l'auteur du compte rendu ou des personnes en cause dans l'événement qui fait l'objet d'un compte rendu.

« Assurance en matière de poursuites

« La CAA donne l'assurance que son principal souci est d'obtenir des comptes rendus libres et sans inhibition et qu'elle n'a pas pour politique d'intenter des poursuites à l'égard d'infractions commises sans préméditation ou par inadvertance, dont elle a connaissance seulement parce qu'elles ont été signalées en application du programme, sauf dans les cas où il y a manquement au devoir constituant une faute grave.

« Mesures relatives aux licences

« Il incombe à la CAA de modifier, révoquer ou suspendre une licence comme il convient si elle cesse d'être convaincue que le titulaire de la licence est compétent, médicalement apte et capable d'exercer les privilèges de la licence. Si un compte rendu donne à penser que le titulaire ne remplit pas ces conditions, elle prendra les mesures appropriées à l'égard de la licence. Par exemple, si le compte rendu indique que le titulaire de la licence a besoin d'un complément de formation, elle peut

suspendre sa licence jusqu'à ce qu'il ait subi cette formation. Si un compte rendu indiquait que le titulaire de la licence n'est pas apte à exercer les privilèges de sa licence, le fait qu'il a rendu compte de l'événement sera pris en considération dans la détermination de son aptitude, et agira très fortement en sa faveur. La CAA reconnaît que dans la pratique les mesures relatives à des licences peuvent être considérées comme ayant un effet punitif, mais des mesures prises par la CAA sur une licence ne peuvent en aucun cas être considérées comme des mesures punitives. L'objet des mesures est uniquement d'assurer la sécurité et non de pénaliser le titulaire de la licence. Dans tous les cas de ce genre, lorsqu'il s'agit de déterminer quelles mesures prendre, la CAA prendra en compte toutes les informations pertinentes dont elle dispose au sujet des circonstances de l'événement et du titulaire de la licence.

« Mesures possibles par les employeurs

« Lorsqu'un compte rendu révèle une défaillance d'un employé, sans préméditation ou par inadvertance, la CAA attend de l'employeur qu'il agisse raisonnablement et qu'il souscrive à l'idée que des comptes rendus libres et complets sont le but principal et que tous les efforts devraient être déployés pour éviter des mesures de nature à inhiber les comptes rendus. En conséquence, la CAA avisera les employeurs que, sauf si des mesures sont nécessaires pour garantir la sécurité, et sauf dans des circonstances flagrantes comme celles qui sont décrites sous le titre « Poursuites » ci-dessus, elle attend d'eux qu'ils s'abstiennent de prendre des mesures disciplinaires ou punitives qui risqueraient de dissuader leurs employés de rendre compte comme il convient d'incidents dont ils pourraient avoir connaissance.

« Protection des intérêts du titulaire de licence

« Il est reconnu que lorsqu'un titulaire de licence est membre d'une association ou d'un syndicat il lui est loisible d'informer cette association ou ce syndicat de toutes poursuites ou mesures de la part de la CAA à l'égard de sa licence, et de solliciter leur assistance.

« Lors de toute audience menée par la CAA, à l'égard d'une licence détenue par un membre d'une association ou d'un syndicat, un représentant de cet organisme pourra accompagner le titulaire de la licence et s'adresser pour son compte à la CAA.

« Sir Roy McNulty
Président de la CAA
mars 2003 »

Appendice E au Chapitre 4

UNE REVUE DE SYSTÈMES D'INVESTIGATION ET D'ANALYSE D'ERREURS DE MAINTENANCE, À L'USAGE ÉVENTUEL D'UN ORGANISME DE MAINTENANCE, D'UN EXPLOITANT OU D'UN ÉTAT

Le Tableau 4-E-1 expose les caractéristiques de différents systèmes d'investigation et d'analyse d'erreurs, à l'usage éventuel d'un organisme de maintenance, d'un exploitant ou d'un État. Deux genres différents de systèmes sont examinés. Le premier repose sur des comptes rendus autogénérés et adressés à l'organe national de réglementation de l'aviation, et le deuxième prévoit que l'organisme de maintenance agréé investigate des événements connus. Par exemple, le système ASRS (Aviation Safety Reporting System) est un système dans lequel une personne prend l'initiative d'adresser un compte rendu à la FAA. Inversement, le système MEDA (Maintenance Error Decision Aid) est conçu comme outil à l'usage de l'organisme de maintenance pour investiguer des événements internes. Les informations sont extraites d'un tableau qui figure dans le *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA.

Tableau 4-E-1. Revue de systèmes d'investigation et d'analyse d'erreurs de maintenance

<i>Nom</i>	<i>Caractère</i>	<i>Propriétaire</i>	<i>Portée de l'investigation</i>	<i>Approche d'investigation</i>	<i>Analyse structurée de données</i>	<i>Élaboration d'une stratégie structurée de prévention</i>	<i>Monitoring et retour d'information structurés</i>
Aviation Safety Reporting System (ASRS)	Compte rendu d'événement, analyse et immunité	NASA et FAA	Violations de FAR [Federal Aviation Regulation] par inadvertance	Compte rendu autogénéré	Recherche graphique et narrative	Néant	Tendances des événements
Maintenance Error Decision Aid (MEDA)	Méthodologie d'investigation d'erreur	Boeing	Divergences dues à une erreur de maintenance sur aéronef	Investigateurs désignés	Néant	Néant	Néant
Tools for Error Analysis in Maintenance (TEAM)	Analyse d'erreur	Galaxy Scientific Corporation	Divergences dues à une erreur de maintenance sur aéronef	Investigateurs désignés	Recherche graphique et narrative	Néant	Tendances des événements
British Airways Safety Information System (BASIS)	Investigation d'erreur, analyse et suivi	British Airways	Divergences dues à une erreur de maintenance sur aéronef	Investigateurs désignés	Recherche graphique et narrative	Néant	Tendances des risques
Managing Engineering Safety Health (MESH)	Identification de précurseurs d'événement et analyse	Université de Manchester	Pas comme suite à un événement — intrants régulièrement programmés	Autogénération périodique de comptes rendus par techniciens et cadres	Analyse graphique	Néant	Tendances des précurseurs
Aurora Mishap Management System (AMMS)	Investigation d'événement, analyse et mesures correctives	Aurora	Déterminée par le client	Investigateur désigné	Recherche graphique et narrative d'événement unique	Élaboration d'une stratégie de prévention	Tendances d'événements et de coûts
Programme de divulgation volontaire (AC-120-56)	Mesures correctives d'événement/immunité	FAA	Violations de FAR extrêmement visibles	Autogénération de comptes rendus organisationnels	Focalisation sur événement unique	Néant	Néant
Aviation Safety Action Program (ASAP) (AC 120-66B)	Partenariat et immunité	FAA	Violations de FAR	Autogénération de compte rendu par navigant suivie d'investigation en groupe	Focalisation sur événement unique	Néant	Néant

Appendice F au Chapitre 4

INVESTIGATION DES ASPECTS DE FACTEURS HUMAINS DANS UN POSSIBLE INCIDENT D'ERREUR DE MAINTENANCE

1. INTRODUCTION

Le présent appendice donne des lignes directrices générales pour une investigation de ce qui semble être un incident d'erreur de maintenance. On présume que les aspects techniques des deux premières phases de l'investigation, portant sur ce qui est survenu, ont déjà été achevés. Le texte ci-après est fondé sur le rapport ADAMS, Appendices 13 et 14.

2. PHASES 3 ET 4 : POURQUOI L'INCIDENT EST-IL SURVENU ?

2.1 Ayant établi aussi systématiquement et profondément que possible ce qui est arrivé avant un incident, la tâche suivante consiste à expliquer pourquoi il est survenu. Elle devrait être divisée en deux étapes :

- identification et classification des erreurs et défaillances ;
- identification des facteurs contributifs.

Identification et classification des erreurs et défaillances

2.2 La meilleure façon d'identifier des erreurs et défaillances est d'examiner chaque événement dans la séquence d'événements et de décider s'il pourrait avoir contribué à l'incident à travers une erreur de maintenance, un manque de prévention d'une erreur ou un manque de détection de l'erreur avant l'incident. Une séquence d'événements est précieuse car elle permet d'examiner des erreurs et défaillances multiples à l'intérieur de chaque incident.

2.3 La classification des erreurs et défaillances peut aider à clarifier exactement comment un événement a contribué à un incident. Le fait de placer les types d'erreurs dans des catégories fournit aussi des renseignements utiles pour l'analyse d'incidents multiples dans une base de données. Il y a dans le rapport ADAMS un formulaire de compte rendu (décrit plus en détail dans le supplément au présent appendice) qui est conçu pour aider l'utilisateur dans cette tâche. En particulier, la section 2 du formulaire ADAMS présente un modèle de classification d'erreurs et de défaillances. La catégorie initiale est appelée « performance générale erronée », par exemple si une tâche a été omise ou exécutée sur une pièce qui n'était pas la bonne. Il y a ensuite la catégorie « performance spécifique erronée » qui donne le détail du type de maintenance qui était en cours d'exécution, par exemple câblage, installation et fixation, et de l'erreur spécifique, par exemple câblage incorrect et installation de pièces incorrectes.

2.4 La partie narrative dans le compte rendu de cette phase de l'investigation devrait identifier clairement quels événements dans la séquence sont considérés comme comportant des erreurs ou défaillances. Il arrive souvent qu'un seul événement se range dans cette catégorie. Le texte devrait indiquer de quel type d'erreur il s'agissait. Si plusieurs événements avec erreur sont survenus, un tableau de ces événements et de leurs types d'erreur correspondants pourrait être utile.

Identification des facteurs contributants

2.5 L'identification du type d'erreurs commises n'explique pas l'incident et n'indique pas comment on pourrait le prévenir. Il arrive souvent qu'il n'y ait guère beaucoup à faire au sujet d'une erreur, si ce n'est émettre des avertissements ou des mises en garde du genre suivant : « Prière de ne pas installer des pièces incorrectes. » On peut aboutir à des mesures plus utiles lorsque les facteurs qui ont contribué à l'erreur sont identifiés. Le formulaire du compte rendu ADAMS propose un système de classification qui recouvre un éventail de facteurs contributants externes et internes (respectivement dans les sections 3 et 4 du formulaire).

2.6 Cinq grands types de facteurs externes sont inclus : facteurs de tâche, soutien de tâche, facteurs environnementaux, facteurs socio-organisationnels et facteurs personnels. L'investigateur est ici appelé à déterminer quels aspects spécifiques de l'environnement physique, social ou organisationnel ou bien de l'état physique ou mental de la personne ont amené la personne à commettre une erreur. Les facteurs internes incluent des facteurs tels que « défaillance d'attention » et « défaillance d'interprétation ».

2.7 Parfois ces facteurs sont évidents et faciles à juger, par exemple si on a utilisé des pièces incorrectes à cause d'un magasinage erroné. D'autres facteurs demandent un certain jugement de la part de l'investigateur. La fatigue et le stress, par exemple, sont assez répandus dans les activités de maintenance. L'investigateur doit exercer un jugement pour déterminer si la fatigue ou le stress ont effectivement amené la personne à commettre l'erreur. Pour ce qui est des facteurs internes, l'investigateur doit compter largement sur les comptes rendus des personnes qui ont joué un rôle dans leur classification.

2.8 Les principes de classification des erreurs, par exemple ceux du formulaire de compte rendu ADAMS, ont tendance à être axés sur des erreurs du personnel de première ligne et sur les facteurs locaux ayant contribué à l'erreur. De nombreux facteurs contributants locaux ont leurs racines dans des échecs des cadres, mais il arrive souvent que ces échecs ne soient pas constatés parce qu'ils ne sont pas inclus dans les systèmes de classification.

2.9 Une investigation en profondeur devrait inclure une évaluation de possibles échecs des cadres. Un investigateur qui procède à ce genre d'évaluation devrait examiner chacun des facteurs contributants locaux, avec la question suivante : « Est-ce que l'influence de ce facteur résultait d'un échec de cadres ? », en utilisant la description d'erreur de cadres pour faire ressortir des liens possibles.

2.10 La partie narrative de cette section du compte rendu devrait décrire séparément les facteurs contributants pour chaque acte/événement dans la séquence. Il devrait aussi y avoir une liste sommaire des facteurs contributants dans l'ensemble de l'incident, avec numérotage des facteurs contributants, organisés dans un ordre de priorité. Les incidences de certains facteurs contributants sont évidentes et ne nécessitent pas une justification, par exemple lorsque des numéros erronés de pièces figuraient dans les procédures. D'autres facteurs contributants peuvent nécessiter une explication, par exemple lorsque le caractère ennuyeux ou banal d'une tâche est considéré comme ayant contribué à un manque d'attention.

2.11 Sur le plan conceptuel, il importe que la classification d'erreurs soit distincte de la classification de facteurs contributants. Toutefois, dans le texte proprement dit, il est souvent préférable de les décrire ensemble. Dans ce cas, la distinction peut être clarifiée par l'utilisation d'un tableau tel que le Tableau 4-F-1.

3. PHASE 5 : COMMENT PEUT-ON LE PRÉVENIR ? — RECOMMANDATIONS

3.1 La partie finale du rapport devrait décrire comment prévenir ce genre d'événement dans l'avenir. Il arrive souvent qu'un excellent travail d'investigation et d'identification de facteurs contributants soit gaspillé dans l'expression de recommandations vagues et générales sans désignation de personne responsable, sans échéancier de mise en

œuvre et sans système de retour d'information. Pour être efficace, une recommandation devrait avoir les caractéristiques suivantes :

- être spécifique et praticable. Cela veut dire qu'il devrait être possible de déterminer sans équivoque si la recommandation a été appliquée ou non ; ainsi, au lieu de recommander « un examen technique des procédures », il vaudrait mieux dire : « rédaction d'un rapport par les services techniques sur de possibles procédures alternatives d'inspection de nature à réduire la probabilité d'un manque d'observation de panneaux manquants » ;
- être adressée à une personne/section responsable ;
- comporter un système explicite de responsabilisation. La responsabilisation demande que dans un créneau de temps désigné une preuve ou un résultat d'action sur la recommandation soit fourni à une personne désignée ; il faut que chaque organisme détermine qui devrait être cette personne désignée ainsi que les sanctions dont elle devrait disposer si la recommandation n'est pas mise en œuvre ;
- être rattachée, répertoriée ou codée afin d'indiquer le compte rendu d'incident dont elle découle, le numéro de recommandation et la personne/section appelée à agir.

3.2 Un sujet important pour les compagnies : dans quelle mesure les recommandations doivent-elles prescrire ? Les investigateurs devraient-ils identifier des problèmes à résoudre par d'autres, ou devraient-ils prescrire des solutions à ces problèmes ? La réponse dépend clairement de la nature du problème ainsi que de la compétence relative et de la position organisationnelle de l'investigateur et de la personne/section responsable, mais il s'agit aussi d'une décision de politique de la compagnie quant au degré d'autorité à donner à la section qui effectue l'investigation d'incident. À côté des aspects de politique, au niveau pragmatique, les recommandations devraient se situer entre deux extrêmes : « déculpabiliser les gens » et présumer connaître le travail d'autres personnes mieux que celles-ci.

3.3 L'élaboration de recommandations consiste à traduire les facteurs contributifs identifiés en mesures préventives. À noter que ce sont les facteurs contributifs, et non les erreurs, qui sont pertinents. Il ne faut pas traduire les erreurs directement en recommandations, et il est dangereux d'essayer de le faire car on contournerait ainsi les raisons des erreurs. Typiquement, cela aboutirait à des recommandations rudimentaires et inefficaces, par exemple : « émettre un bulletin de sécurité prescrivant aux techniciens de ne pas oublier des outils à bord de l'aéronef ». Essayer de comprendre les facteurs contributifs pourrait mener à de meilleures procédures pour ranger les outils, à de nouveaux modèles de boîtes à outils faisant mieux repérer les outils qui sont manquants, etc.

Tableau 4-F-1. Modèle de tableau d'événements, d'erreurs et de facteurs contributifs (FC)

<i>Événements</i>	<i>Erreurs</i>	<i>Facteurs contributifs (FC)</i>
1. Remise en place de panneaux ; un panneau non mis en place	Pièce non installée	FC locaux : a) mauvaise communication entre équipes de travail posté b) pression du fait qu'il n'avait pas été prévu un temps suffisant pour la tâche Échecs de cadres : a) pas de temps prévu pour briefings de transfert entre équipes de travail posté
2. Vérification avant le vol ; panneau manquant non remarqué	Inspection inadéquate	FC locaux : a) accès visuel partiellement masqué b) distraction — interruption de tâche

3.4 Les « facteurs externes » sont en général ceux qui se prêtent le mieux à des recommandations — étant externes, il y a des façons plus évidentes et plus directes de les changer. Par exemple, si on a utilisé des boulons incorrects parce qu'ils n'étaient pas stockés au bon endroit (un problème de « soutien de tâche »), il peut être nécessaire de réviser les procédures de stockage et de vérification.

3.5 Les « facteurs internes » sont beaucoup plus « dans la tête » et ont souvent des signes moins évidents de solutions. En général, les mesures préventives consisteront à changer des facteurs externes pour rendre les défaillances internes moins probables. Par exemple, « manque d'attention » dans des vérifications avant le vol pourrait mener à une réorganisation des fonctions de mécaniciens de maintenance en ligne afin que les vérifications ne soient pas interrompues par d'autres fonctions.

3.6 Les défaillances organisationnelles et les erreurs de cadres sont particulièrement difficiles à traduire en recommandations parce que les investigateurs sont souvent peu disposés à paraître dire à leurs supérieurs comment ils doivent faire leur travail. De plus, les investigateurs très expérimentés en arrivent parfois à considérer que certains aspects des activités sont inchangeables et, en conséquence, pourraient même ne pas envisager une recommandation dans ce domaine.

3.7 Lorsque des recommandations appropriées ne sont pas évidentes, au lieu d'abandonner il vaut souvent la peine de procéder à un exercice créatif de résolution de problème. Un grand problème, en matière de créativité, est que les gens ont tendance à penser aux inconvénients des idées avant même de les avoir analysées. Le processus simple ci-après en deux étapes, qui peut être pratiqué individuellement ou en groupe, aide à contourner ce problème :

1. remue-méninges : penser au plus grand nombre possible de façons de résoudre le problème sans tenir compte de contraintes économiques, politiques ou opérationnelles ;
2. examiner comment ces solutions créatives pourraient être conciliées avec ces contraintes.

4. ACHÈVEMENT

Le compte rendu étant achevé, avec son analyse de la séquence des événements, des erreurs et des facteurs contributifs ainsi que ses recommandations, le rôle de l'investigateur est terminé. Il appartient alors aux cadres responsables du système d'information sur les incidents de veiller à ce que le bon travail ne soit pas gaspillé et que le compte rendu serve à lancer un processus d'enseignements organisationnels et de changement, au lieu de devenir simplement une archive historique dans un classeur.

Supplément à l'Appendice F

FORMULAIRE SUGGÉRÉ DE COMPTE RENDU D'INVESTIGATION DE FACTEURS HUMAINS PAR UN ORGANISME DE MAINTENANCE

(fondé sur le formulaire de compte rendu ADAMS)

1. L'organisme de maintenance agréé devrait utiliser un formulaire de compte rendu conçu pour aider l'utilisateur à identifier tous les facteurs qui concernent l'événement qui est survenu. L'utilisateur sera normalement un technicien de maintenance, un évaluateur de la qualité ou un investigateur d'accident. Certaines connaissances en facteurs humains sont nécessaires dans l'utilisation du formulaire et, bien entendu, des connaissances sur les aspects techniques de la maintenance seront probablement nécessaires pour une bonne appréciation des problèmes. Les paragraphes qui suivent suggèrent le genre et la séquence des informations qui devraient être incluses.

2. Le formulaire de compte rendu devrait porter sur tous les types d'événements de maintenance qui ont des conséquences opérationnelles, par exemple retards de vols, incidents et accidents. Les événements sont généralement dus à une chaîne de faits pouvant faire intervenir une diversité de personnes, d'heures et de lieux. Les faits sont réputés constituer une performance erronée de maintenance ayant contribué à l'événement.

3. Le formulaire sert à collecter des données sur les faits qui ont mené à l'événement et sur leurs facteurs contributifs, afin que des méthodes préventives puissent être appliquées pour éviter des événements similaires dans l'avenir. Il ne s'agit pas de critiquer une personne ou un groupe de personnes.

4. La présentation du compte rendu est structurée en six grandes sections :

- Section 1 : Renseignements généraux ;
- Section 2 : Performance erronée ;
- Section 3 : Facteurs externes qui influent sur la performance ;
- Section 4 : Facteurs internes qui influent sur la performance ;
- Section 5 : Description narrative ;
- Section 6 : Conclusions et recommandations.

Section 1 : Renseignements généraux

5. Cette section ne devrait contenir que des renseignements descriptifs et le contexte de l'événement et des faits qui ont contribué à l'événement proprement dit.

Partie A — Renseignements de base

6. Cette partie devrait être consacrée aux renseignements généraux relatifs à l'exploitant et à l'aéronef impliqués dans l'événement. Des numéros de référence sont donnés dans le compte rendu pour faciliter l'identification

s'il y a une base de données. L'analyste qui remplit le compte rendu est lui aussi identifié, afin de pouvoir être contacté en cas de complément d'analyse sur le même événement.

Partie B — L'événement

7. Cette partie devrait simplement définir quand et où l'incident s'est produit et quelles ont été les conséquences. Le contexte local et la séquence de l'événement dans le temps, les conséquences opérationnelles et la nature de la faute devraient être indiqués. Les conséquences devraient être décrites.

Partie C — Les faits

8. Cette partie devrait prendre en compte les différentes erreurs et les différents faits qui ont conduit à l'événement. Elle est particulièrement pertinente dans le domaine de la maintenance parce qu'il arrive souvent que les erreurs de maintenance ne soient pas identifiées au moment où l'erreur est commise. Cette partie devrait remonter dans le temps pour identifier les moments où les différents faits sont survenus. Il est probable qu'il y ait plus d'une personne en cause dans les faits et aussi qu'une série de faits ait causé l'événement proprement dit. Toutes les personnes qui pourraient être considérées comme en cause dans les différents faits devraient être énumérées ici, en regard de leur description d'emploi.

Section 2 : Performance erronée

9. Cette section devrait être axée sur la façon dont les faits se sont manifestés et devrait traiter des actes erronés qui sont intervenus dans les faits.

Partie A — Performance générale erronée

10. Cette partie devrait donner l'identification de l'erreur, sans tentative d'interpréter ses causes/facteurs contributifs. La focalisation est sur l'« erreur active » de chaque fait et non pas sur les causes. Ici encore, différentes erreurs peuvent avoir contribué à l'événement final, de sorte que deux ou plusieurs éléments peuvent être identifiés comme ayant causé le problème.

Partie B — Performance spécifique erronée : systèmes de bord et pièces

11. Cette partie devrait aussi inclure l'identification de l'erreur, mais elle devrait aller beaucoup plus en profondeur dans la description de l'erreur proprement dite.

Partie C — Performance spécifique erronée : documentation

12. Cette partie se rapporte à la performance erronée liée à l'information et la documentation. Comme précédemment, elle devrait décrire le fait/l'erreur tel qu'il s'est manifesté, sans tentative d'analyser pourquoi il s'est produit.

Section 3 : Facteurs externes qui influent sur la performance

13. La section 3 devrait inclure les facteurs qui ont contribué à la performance erronée. En particulier, elle devrait être axée sur les facteurs externes qui ont influé sur la performance. Ici, la ou les personnes impliquées dans les

causes initiales doivent fournir des informations pour cette section. Il est possible que d'autres personnes des services de soutien doivent être interrogées au sujet de leur implication dans les faits qui ont conduit à l'événement.

Partie A — Facteurs de tâche

14. Dans cette partie, il s'agit d'examiner l'exécution des tâches qui ont conduit à l'événement — degré de familiarité de la personne avec la tâche et caractéristiques de la tâche. Les aspects de la tâche qui ont influé négativement sur la performance et contribué à l'erreur devraient être indiqués. Par exemple, une tâche pourrait être caractérisée comme étant très répétitive ; dans certaines circonstances, la monotonie de la tâche pourrait contribuer à une erreur.

Partie B — Soutien de tâche

15. Dans cette partie, il s'agit d'examiner spécifiquement les outils de soutien de la tâche qui ont influé négativement sur la performance et contribué à l'erreur. Il convient d'étudier comment les outils étaient utilisés au moment des activités qui ont conduit à l'événement. Les catégories devraient être les suivantes : « outils et équipements », « documentation et procédures » et « technologie et pièces ». Si un facteur est pertinent, même s'il est présent dans la pratique quotidienne, il devrait être inclus dans l'évaluation.

Partie C — Facteurs environnementaux

16. Comme les deux parties précédentes (A et B), cette partie devrait aussi porter sur les facteurs qui ont influé négativement sur la performance et contribué à l'événement, mais elle devrait être axée sur les facteurs liés à l'environnement, par exemple « conditions atmosphériques » et « surface de sol/rampe », et devrait prendre en compte la position du corps humain nécessaire pour la tâche. Il devrait être indiqué si les effets semblent avoir agi sur la performance dans la tâche.

Partie D — Facteurs socio-organisationnels

17. Cette partie devrait porter sur les erreurs latentes au niveau des cadres (niveau socio-organisationnel) qui ont conduit ou contribué à l'événement. Elle devrait aussi aider à identifier de façon générale des mesures correctives possibles, par exemple formation (formation insuffisante ayant contribué à l'événement) et communication (mauvaises pratiques de communication, manque d'outils de communication, etc.).

Partie E — Facteurs personnels

18. Il s'agit ici des facteurs contributifs qui sont liés à la personne ou aux personnes impliquées dans l'événement, par exemple état physique et mental.

Section 4 : Facteurs internes qui influent sur la performance

19. Cette section concerne les facteurs internes qui influent sur la performance. Elle devrait porter surtout sur le « mécanisme d'erreur psychologique », c'est-à-dire le processus cognitif humain dans lequel l'erreur s'est située. Les facteurs devraient être examinés selon les rubriques suivantes :

- défaillance d'attention ;

- défaillance de détection/perception ;
- défaillance de mémoire ;
- défaillance d'interprétation ;
- défaillance de jugement ;
- présomption ;
- défaillance d'exécution ;
- violation de règle.

Il pourra être difficile d'évaluer ces facteurs et il s'agira de réfléchir rétroactivement à la façon dont les faits de l'événement se sont produits. Il se peut que les différents éléments ne soient pas tous pertinents dans un cas donné, mais il pourra être nécessaire d'analyser chaque facteur pour garantir une compréhension complète de chaque facteur énuméré. Les facteurs se rapportent à la réflexion fondamentale et à la façon dont les processus normaux de réflexion peuvent avoir agi sur la tâche.

Section 5 : Description narrative

20. Une description narrative est nécessaire dans cette section. Les données inscrites dans le formulaire seraient presque sans signification sans une description narrative faisant ressortir la séquence dans le temps et la relation logique entre les différents faits et facteurs intervenus dans l'événement. Tous commentaires peuvent être inscrits dans cette section, qu'ils aient ou non déjà été traités dans le formulaire. Il convient de donner ici le plus haut niveau de détail. Cette section donne l'occasion aux investigateurs d'expliquer les faits et les événements dans leurs propres termes.

Section 6 : Conclusions et recommandations

21. L'investigateur devrait retirer de l'investigation des conclusions logiques identifiant tant la cause que les raisons de l'incident. Les recommandations devraient identifier les mesures correctives nécessaires pour réduire la probabilité d'un incident résultant d'une cause similaire.

Appendice G au Chapitre 4

RÉFÉRENCES

- Aircraft Dispatch and Maintenance Safety (ADAMS). *Human-Centred Management Guide for Aircraft Maintenance*. 2000, Chapitres 3 et 4.
- Boeing Co. *Maintenance Error Decision Aid (MEDA)*. 1995. [www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_08/human_textonly.html]
- FAA. *Advisory Circular AC No. 00-46D: Aviation Safety Reporting Program*. 1997.
- FAA. *Advisory Circular AC No. 120-66B: Aviation Safety Action Program*. 2002.
- FAA. *Human Factors Guide for Aviation Maintenance*. 1998.
- Reason, J. *Human Error*. Cambridge University Press, 1990.
- Reason, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Angleterre : Ashgate Publishing Limited, 1997. ISBN 1-84014-105-0.
- Royaume-Uni. CAA. *Aeronautical Information Circular (AIC) No. 47/2001: Confidential Human Factors Incident Reporting Programme*. 2001.
- Royaume-Uni. CAA. *CAP 382: The Mandatory Occurrence Reporting Scheme*. 2003.
- Royaume-Uni. CAA. *CAP 455, Airworthiness Notice No. 71: Maintenance Error Management Systems*. Numéro 1. Mars 2000.
- Royaume-Uni. CAA. *CAP 716: Aviation Maintenance Human Factors*. Décembre 2001.
-

Chapitre 5

FORMATION

5.1 INTRODUCTION

5.1.1 La déclaration ci-après sur la nécessité d'une formation en facteurs humains se trouve dans le rapport du projet ADAMS [traduction OACI] :

« Développer des compétences en “facteurs humains” veut dire que, à tous les niveaux de l'organisme, la capacité de gérer les gens efficacement devient une seconde nature. Chaque aspect d'un système de gestion axé sur les humains nécessite une compétence en facteurs humains pour qu'il fonctionne bien. Une formation en facteurs humains devrait permettre de réaliser les objectifs d'un système autoréglementé, grâce à la planification, à l'organisation et à l'exécution effective des opérations et au cycle de suivi du retour d'information et des améliorations dans les opérations. »

La formation à tous les niveaux est par conséquent un facteur clé dans la réussite du programme d'un organisme pour réduire le taux d'erreurs humaines dans les activités de maintenance d'aéronefs. Elle est aussi requise par suite de l'Amendement 23 à l'Annexe 6, Partie 1, en 1998.

5.1.2 Certains des premiers programmes de formation en facteurs humains pour la maintenance d'aéronefs utilisaient comme modèle la formation en gestion des ressources en équipe (CRM). Toutefois, à ses débuts, la CRM n'était pas universellement acceptée par la population ciblée, c'est-à-dire les équipages de conduite, car elle était perçue comme mal en prise avec le monde réel du cockpit. La CRM a maintenant été développée de façon à être mieux intégrée avec les compétences normales de cockpit. Cette intégration permet aussi d'observer et d'évaluer les compétences en CRM dans le cadre des activités en ligne (tant réelles que simulées). Par voie de conséquence, l'acceptation de la CRM et la formation chez les navigants ont été rehaussées. Il faut en tirer les enseignements et reconnaître que la population ciblée est différente. Ainsi, il se peut que la CRM ne soit pas automatiquement un modèle approprié pour les techniciens de maintenance d'aéronefs et autres personnels de maintenance.

5.2 CONTEXTE ET RESPONSABILITÉS

Besoins en formation et portée

5.2.1 Les spécifications de l'Annexe 6 relatives à la formation en facteurs humains peuvent présenter certains problèmes pour les institutions d'enseignement, les exploitants et les organismes de maintenance d'aéronefs. Dans le cas de la formation technique du personnel de maintenance, il y a un large consensus international au sujet des besoins, méthodes, objectifs et programmes d'études. Toutefois, un consensus analogue commence seulement à se manifester au sujet de la focalisation appropriée pour la formation en facteurs humains dans la maintenance aéronautique.

5.2.2 Il y a à cet égard différentes perspectives. Un problème central pour de nombreux États concerne la différence de pratiques internationales dans l'application à la formation en physiologie, ergonomie et sciences sociales/comportementales. D'autres différences concernent l'importance relative donnée à l'acquisition de connaissances et de compétences. Les perspectives sur le contenu de la formation et les stratégies peuvent aussi être fortement influencées par des pratiques culturelles et sociales différentes.

5.2.3 En relation avec ces perspectives contrastantes, il y a différentes approches des problèmes de sécurité en aviation. Certains spécialistes favorisent une approche systématique large, recouvrant toute l'industrie, à l'égard de l'analyse et des mesures correctives, alors que d'autres préfèrent focaliser des secteurs problématiques spécifiques. Certaines autorités pensent que l'action la plus efficace se situe au niveau de la conception des aéronefs et des procédures, et elles estiment ainsi que toute action est mal placée si elle est au niveau du personnel opérationnel individuel. D'autres considèrent que les cadres du service en ligne dans l'industrie de l'aviation fournissent une focalisation appropriée pour la mise en œuvre de changements. Ainsi, il y a de très grandes variations, chez les exploitants de services aériens et les organismes de maintenance, dans l'importance pratique qu'ils attribuent aux aspects opérationnels des facteurs humains.

5.2.4 Dans bien des pays, d'autres problèmes résultent d'une pénurie de ressources adéquates, notamment physiologistes, psychologues, ergonomes, spécialistes de la maintenance d'aéronefs, cadres et législateurs suffisamment bien formés. De plus, certaines autorités nationales sont proactives dans l'accomplissement de leurs activités de réglementation, alors que d'autres ne le sont pas.

5.2.5 Cette brève revue des sources possibles de difficultés fait ressortir le potentiel de confusions et de malentendus tant sur le plan national que sur le plan international. L'incertitude qui en résulte et le manque de définition ont perpétué l'inaction dans ce domaine pendant de nombreuses années. Toutefois, étant donné la nécessité de respecter la spécification de l'Annexe 6 pour l'éducation en performance humaine dans le cas du personnel de maintenance, l'industrie doit maintenant avancer tout en gardant à l'esprit ces difficultés potentielles.

5.2.6 La responsabilité des normes d'un cours, afin de respecter les prescriptions de l'Annexe 6, incombe aux organismes de maintenance qui effectuent de la maintenance sur les aéronefs. Ces organismes peuvent choisir d'élaborer eux-mêmes un cours de formation adéquat ou de l'emprunter à un établissement de formation approprié qui peut atteindre le niveau dont ils ont besoin.

5.2.7 La responsabilité des normes d'un cours de formation pour respecter les prescriptions de l'Annexe 1 incombe normalement à l'organe national de réglementation de l'aviation et aux organismes de formation qui donnent la formation. Le présent manuel n'inclut pas de détails sur le programme d'études, les orientations et les normes de formation pour respecter les normes de l'Annexe 1.

5.3 BESOINS EN FORMATION ET OBJECTIFS

5.3.1 Pour déterminer les besoins et objectifs en formation, il faut commencer par définir la population à cibler. Certains estiment que les personnels d'organismes de maintenance n'ont pas tous besoin des mêmes connaissances ou compétences. Ils considèrent, par exemple, qu'une connaissance limitée des facteurs humains suffirait dans le cas des cadres supérieurs et que par conséquent ils recevraient seulement des renseignements de base. Les superviseurs et les techniciens de maintenance, d'autre part, seraient considérés comme ayant besoin de connaissances spécialisées. L'expérience à ce jour donne à penser que les mêmes genres de connaissances et de compétences sont nécessaires dans toutes les catégories de personnel d'organismes de maintenance, en particulier :

- personnel des cadres (cadres supérieurs et intermédiaires, superviseurs) ;
- investigateurs d'accidents/incidents ;
- personnels qui certifient des aéronefs et des composantes pour la remise en service ;
- instructeurs en facteurs humains et certains sujets techniques ;
- ingénieurs de planification et de programmes de maintenance ;

- techniciens et mécaniciens de maintenance d'aéronefs ;
- personnel affecté à la qualité (assurance de qualité et contrôle de qualité) ;
- magasiniers ;
- personnel du service des achats ;
- opérateurs d'équipements au sol ;
- personnel contractuel de toutes les catégories ci-dessus.

De plus, les formateurs en facteurs humains auront eux-mêmes besoin de connaissances plus approfondies, et des modules spécialisés pourront être nécessaires pour d'autres catégories de personnel déterminées. Certains organismes de formation ont obtenu de très bons résultats en formant en groupe un assortiment équilibré de ces catégories de personnel.

5.3.2 Pour être bien acceptée par les stagiaires et pour réussir, la formation en facteurs humains donnée aux personnels de maintenance doit être fondée sur des principes solides, pratiques et liés aux tâches. En particulier, la formation en facteurs humains pour les personnels de maintenance doit :

- être perçue comme enrichissante par la population ciblée, depuis les dirigeants jusqu'aux techniciens de maintenance ;
- pouvoir démontrer qu'elle a produit une différence réelle et mesurable ;
- être sensible au retour d'information venant des bénéficiaires, afin d'améliorer le programme d'études, les instructeurs et les techniques de formation ;
- traduire les différences de compétences et d'antécédents entre les navigants et les populations de techniciens de maintenance (voir Appendice A au présent chapitre).

5.3.3 Les compétences et les antécédents de la population ciblée devraient déterminer la direction philosophique de la formation. Cette direction influera sur la conception du didacticiel et sur la priorité donnée aux éléments de facteurs humains dans l'évaluation des activités et de la performance. Afin de concevoir une philosophie de formation appropriée, les sujets à examiner sont les suivants :

- les rôles à attribuer aux activités d'enseignement théoriques et pratiques, ou fondées sur l'expérience ; cela se révélera être une dichotomie très importante dans la pratique, de sorte que la clarté est essentielle ;
- l'intégration d'une formation fondée sur les connaissances dans les briefings, débriefings et exercices pratiques ;
- le rôle des activités de formation qui stimulent l'apprentissage fondé sur l'expérience, par exemple exercices en groupe tels que jeux de rôles ;
- les compétences, connaissances et attitudes requises.

5.3.4 Dans la détermination des objectifs, des techniques et des activités de formation, il est souvent utile de subdiviser la tâche d'apprentissage en catégories appropriées, par exemple « mémorisation », « compréhension », « exécution » et « attitudes » ainsi que d'identifier la compétence après formation, ou la maîtrise de la discipline,

attendue des stagiaires dans chaque catégorie. Ces quatre catégories ou domaines de compétences peuvent se caractériser comme suit :

1. *À base de connaissances (mémorisation)* : Ceci recouvre les connaissances factuelles et peut inclure la mémorisation d'informations appropriées sur les procédures. Des techniques adéquates d'enseignement et d'évaluation sont aujourd'hui utilisées dans la formation théorique et procédurale des personnels de maintenance. Cette catégorie déborde parfois sur d'autres catégories telles que la compréhension.
2. *À base de compréhension* : Ceci recouvre la compréhension des principes généraux et de la théorie. La compréhension est souvent indispensable pour réaliser la compétence. Cette catégorie déborde parfois sur d'autres catégories telles que les connaissances.
3. *À base de compétences/techniques (exécution)* : Ceci recouvre les compétences qui sont essentielles chez les personnels de maintenance. Ceux-ci sont toujours censés acquérir et maîtriser certaines compétences et techniques, qui doivent être exercées de façon adéquate, dans le contexte approprié et au bon moment. En aviation, les compétences psychomotrices et procédurales sont celles qui traditionnellement ont reçu la plus grande attention ; dans le cas de la formation en performance humaine, certaines compétences additionnelles sont nécessaires, par exemple des compétences appropriées en communication.
4. *À base d'attitudes* : Les attitudes jouent un rôle important dans la détermination de la performance globale. On peut examiner dans cette rubrique les aspects philosophiques relatifs aux pratiques opérationnelles, aux attributs professionnels souhaitables et à l'état d'esprit qui conduit à de bonnes qualités professionnelles. Le processus de socialisation et d'incorporation corporatives/professionnelles peut aussi être examiné dans cette rubrique lorsqu'il s'agit d'organismes appelés à former des personnels de maintenance d'aéronefs depuis l'élémentaire. Les attitudes ont été particulièrement mises en lumière par des spécialistes des facteurs humains qui ont constaté le rôle d'attitudes appropriées dans la mise en œuvre et le maintien de pratiques de maintenance sécuritaires et efficaces.

5.3.5 L'Appendice B au présent chapitre identifie les besoins en formation et les objectifs des disciplines, qu'il classe en connaissances, compétences et attitudes à prendre en compte dans la conception de programmes de formation en facteurs humains pour diverses catégories de personnel de maintenance. Des éléments spécialisés additionnels peuvent alors être ajoutés pour certaines catégories de personnel, par exemple un module sur la conception des documents à l'intention des ingénieurs de planification qui composent les fiches de travail.

5.4 MISE EN ŒUVRE ET ÉLABORATION DU PROGRAMME D'ÉTUDES

Sélection des formateurs

5.4.1 La sélection et l'éducation de ceux qui exécuteront les programmes de formation en performance humaine ont été un sujet préoccupant dans certains États. La raison en est peut-être l'idée — compréhensible — selon laquelle seuls les psychologues bien entraînés peuvent traiter de sujets liés au comportement humain. Cependant, dans leurs activités quotidiennes les instructeurs traitent et enseignent, par exemple, des sujets relatifs à l'aérodynamique sans être ingénieurs en aéronautique, à la météorologie sans être météorologues, aux groupes motopropulseurs sans être mécaniciens, etc. Il n'y a aucune raison de penser que cette logique ne peut pas être appliquée à l'enseignement de la performance humaine.

5.4.2 Les formateurs de techniciens de maintenance d'aéronefs sont au nombre des personnes qui sont évidemment capables d'enseigner la performance humaine aux diverses catégories de personnel dans une compagnie aérienne ou un organisme de maintenance. Si les instructeurs connaissent à fond la teneur du programme à appliquer, qu'ils aient eu une formation formelle ou qu'ils soient autodidactes, ils devraient être capables de réaliser les objectifs de

la formation. D'autre part, les spécialistes en facteurs humains seront en bonne position pour enseigner la performance humaine, mais seulement s'ils sont eux-mêmes capables de relier leurs connaissances d'une façon pratique à l'aviation et à l'environnement opérationnel de la maintenance d'aéronefs. L'Appendice B au présent chapitre présente une documentation que les instructeurs pourront trouver utile.

Élaboration du programme d'études

5.4.3 Des techniques traditionnelles de conception de systèmes d'enseignement pourront être utilisées dans l'élaboration de programmes d'études avec les objectifs exposés dans l'Appendice B au présent chapitre.

5.5 TECHNIQUES D'ENSEIGNEMENT

Aides, techniques et technologies d'enseignement

5.5.1 On peut distinguer entre le matériel électronique d'enseignement, les stratégies/techniques de formation et le didacticiel proprement dit. Normalement, les meilleurs cours de formation en facteurs humains font un usage créatif et inventif des ressources disponibles.

Stratégies et techniques d'enseignement

5.5.2 En parallèle avec les nouveaux matériels de formation, il y a de plus en plus de différenciation des méthodes de formation, dont beaucoup font appel à une technologie moderne d'enseignement. Par exemple, les mérites de médias interactifs et l'efficacité du retour d'information par vidéo dans la formation sont aujourd'hui largement reconnus. À l'autre extrême, des résultats valables d'enseignement en facteurs humains peuvent résulter d'exercices en groupe, par exemple des jeux de rôles, où les stagiaires travaillent sur des données d'incidents réels ou fictifs pour identifier les erreurs et les solutions possibles. Pareilles activités dépendent d'une préparation longue et attentive, mais elles ne sont pas coûteuses et peuvent être très efficaces.

Didacticiel d'enseignement

5.5.3 Le contenu du didacticiel d'enseignement dépendra évidemment des objectifs de la formation, de la durée, des équipements et des ressources disponibles. Le didacticiel devrait être élaboré de façon à inclure explicitement des aspects de facteurs humains qui seront examinés au cours des briefings et des débriefings. Alors que les spécifications de l'Annexe 6 sont axées sur l'acquisition de connaissances en facteurs humains, l'enseignement préféré aura les meilleurs résultats à cet égard si des compétences opérationnelles pratiques sont aussi prises en compte dans la conception et l'élaboration des moyens d'instruction. Les choix effectués lors de la conception du didacticiel aideront à définir les activités pertinentes entre instructeurs et stagiaires.

5.5.4 Il est recommandé de prévoir environ 15 à 30 heures pour présenter convenablement une formation en facteurs humains analogue à celle qui découle des objectifs d'enseignement exposés dans l'Appendice B au présent chapitre.

5.6 ÉVALUATION

5.6.1 L'évaluation des stagiaires de façon régulière fait partie intégrante des pratiques dans l'industrie de l'aviation et elle procure un moyen de déterminer l'efficacité de l'enseignement et de démontrer que les stagiaires

atteignent un niveau agréé. Les décisions quant aux moyens appropriés et productifs d'évaluation des personnels de maintenance auront une influence importante sur la conception du didacticiel. Alors que les méthodes traditionnelles d'évaluation ont une valeur indiscutable pour mesurer les connaissances factuelles et différents aspects de la compréhension, une autre forme d'évaluation de la performance est généralement considérée comme indispensable pour juger les résultats d'un apprentissage basé sur l'expérience.

5.6.2 Les activités de formation en groupes sont considérées comme des techniques de formation particulièrement bonnes parce qu'elles se concentrent sur les besoins des stagiaires en développement des compétences, tout en évitant les connotations négatives liées à l'environnement de vérifications/tests. Il n'y a pas de consensus international sur les meilleurs moyens de s'attaquer à la question difficile de l'évaluation de la formation en performance humaine (et de l'appréciation de la performance des stagiaires), mais il est clairement important que les aspects généraux analysés plus haut soient bien compris par les formateurs et les concepteurs de l'enseignement. Une bonne compréhension aidera à ne pas précipiter des évaluations et tests prématurés dans des circonstances où ils pourraient se révéler contre-productifs à l'égard des besoins d'apprentissage sur le long terme.

5.7 FORMATION DU RÉGLEMENTATEUR

5.7.1 En plus d'avoir une expérience générale et des qualifications adéquates, les inspecteurs de maintenance appartenant à l'organe national de réglementation de l'aviation devraient avoir une formation en facteurs humains jusqu'à un niveau au moins comparable à celui de leurs homologues dans l'industrie. Cela devrait assurer qu'ils seront bien armés pour auditer et apprécier la conformité avec les prescriptions nationales en application de l'Annexe 6.

5.7.2 Le programme de formation des inspecteurs de l'État dans le domaine de la maintenance devrait recouvrir au moins tous les éléments proposés dans les objectifs de formation qui figurent dans l'Appendice A au présent chapitre. Il est suggéré que les connaissances soient au moins au niveau 2 de l'Appendice B au présent chapitre.

5.7.3 Dans certains États, il pourra être décidé que l'organe de réglementation de l'aviation devrait donner la formation pour le compte de l'industrie. Dans ce cas, la formation des inspecteurs effectivement chargés d'enseigner devrait être au niveau 3.

Appendice A au Chapitre 5

DIFFÉRENCES DE COMPÉTENCES ET D'ANTÉCÉDENTS ENTRE CRM ET MRM

Certaines des différences qui existent entre la CRM (gestion des ressources en équipe) et la MRM (gestion des ressources de maintenance) sont énumérées dans le Tableau 5-A-1. Les styles et modes de formation devraient correspondre à ces différences (voir aussi Chapitre 5, § 5.3.2).

Tableau 5-A-1. Différences de compétences et d'antécédents entre CRM et MRM

<i>Sujet</i>	<i>CRM</i>	<i>MRM</i>
Erreur humaine	Les erreurs d'équipages de conduite sont souvent classées comme défaillances actives car les conséquences sont habituellement immédiates.	Les erreurs de techniciens de maintenance sont habituellement classées comme défaillances latentes lorsque la sécurité du public est prise en compte.
Formation en facteurs humains	La formation en CRM insiste sur les aspects psychomoteurs à cause des effets immédiats du volume de travail mental, du temps de réaction, etc.	La formation en MRM insiste sur la perspective des opérations de maintenance dans le système. Elle souligne les facteurs sociaux et organisationnels.
Communication	Les communications en cours de vol sont surtout « face-à-face » dans le cockpit et interactives dans l'immédiat avec l'ATC.	Les communications d'opérations de maintenance sont surtout « non face-à-face » via manuels techniques, fiches de travail, bulletins de service, annonces, etc. Ainsi, le technicien de maintenance est privé des indices non verbaux dont disposent les équipages de conduite.
Composition de l'équipe	Les équipages de conduite tendent à être homogènes. Les membres d'équipage ont en général une éducation et une expérience communes à chacun.	Les techniciens de maintenance ont tendance à être différents dans leur éducation et leur expérience antérieure, tant entre eux qu'avec les navigants. La formation en compétences d'équipe est donc plus difficile.
Travail d'équipe	L'équipe de conduite est petite et tous les membres se trouvent dans le même espace restreint. La CRM insiste donc sur les compétences en équipe à l'intérieur de l'équipage (intra-équipe).	Les techniciens de maintenance travaillent généralement en grandes équipes sur des tâches diversifiées dans une grande superficie de hangar. Il y a aussi une activité multi-équipes alors que chaque équipe a ses propres responsabilités. La MRM insiste donc sur les compétences d'équipe entre équipes (interéquipes).

<i>Sujet</i>	<i>CRM</i>	<i>MRM</i>
Conscience de la situation	L'environnement de vol change rapidement et fixe le scénario pour des défaillances actives. La CRM est donc façonnée pour éviter ces erreurs. Les simulations LOFT fournissent des indices simulés pour améliorer la sensibilisation à la situation future.	L'environnement de maintenance peut être très mouvementé, même s'il change lentement par comparaison avec le vol. Les techniciens de maintenance doivent avoir conscience de la situation pour extrapoler les conséquences d'erreurs sur des heures, des jours et des semaines. Les indices de sensibilisation MRM qui sont enseignés doivent donc être expressément adaptés à cet environnement.
Leadership	Comme dans le travail d'équipe, les compétences de leadership en CRM sont souvent axées sur des comportements intra-équipe (c'est-à-dire « comment mener l'équipe ») aussi bien que sur les compétences en subordination. L'interaction interéquipes est plutôt limitée en cours de vol.	Dans les organismes de maintenance, les superviseurs ou chefs d'équipe sont souvent des intermédiaires entre de nombreux points de contact dans différentes sections. Les chefs de file doivent donc avoir des compétences non seulement en comportements intra-équipe (pour leurs propres équipes) mais aussi dans les rapports avec des « étrangers » (personnel d'autres équipes de travail posté, sections ou groupes de travailleurs, etc.). Ces « étrangers » sont aussi très divers dans leur expérience, leurs manières, etc. Le programme MRM doit prendre en compte ces aspects.

Note.— Référence Maintenance Resource Management Handbook de la FAA, Chapitre 1.

Appendice B au Chapitre 5

BESOINS ET OBJECTIFS EN MATIÈRE DE FORMATION EN FACTEURS HUMAINS

1. INTRODUCTION

1.1 Le présent appendice donne des renseignements sur les besoins et objectifs en matière de formation des personnels d'organismes de maintenance, à l'intention des concepteurs de cours de formation. Les organismes de maintenance varient beaucoup dans leurs dimensions et leur portée ; ils doivent donc prendre des décisions sur l'attribution détaillée d'objectifs globaux à des emplois et sur le niveau de compétences ou de connaissances requis.

1.2 Certains des renseignements du présent appendice sont fondés sur le *Human-Centred Management Guide for Aircraft Maintenance* du projet ADAMS.

2. POPULATION CIBLÉE

2.1 Les différentes catégories de personnel de maintenance d'aéronefs chez des exploitants ou des organismes de maintenance qui ont besoin d'une formation en facteurs humains sont énumérées dans le Chapitre 5, § 5.3.1. De plus, les inspecteurs de maintenance qui travaillent pour l'organe national de réglementation de l'aviation ont besoin d'une formation en facteurs humains jusqu'à un niveau au moins égal à celui de leurs homologues dans l'industrie (voir Chapitre 5, § 5.7).

2.2 Les besoins et objectifs en matière de formation qui sont suggérés dans le présent appendice présupposent que les stagiaires ont une formation et une expérience dans leurs disciplines, de la façon suivante :

- les cadres et superviseurs sont expérimentés et ont eu une formation en leadership et en gestion ;
- les planificateurs et ingénieurs connaissent bien la documentation d'aéronefs ainsi que les conditions et milieux de travail des personnels qui exécutent des travaux de maintenance d'aéronefs ;
- les instructeurs et formateurs comprennent les techniques d'enseignement et ont une expérience dans le milieu de travail où le sujet sera appliqué ;
- les investigateurs et auditeurs ont une expérience et une formation pour identifier, reconnaître et analyser les problèmes ou facteurs causals liés aux facteurs humains ;
- les techniciens de maintenance ont une formation et une expérience sur les aéronefs ou composantes dont ils font la maintenance ;
- les inspecteurs de l'organe national de réglementation de l'aviation sont expérimentés dans leurs tâches d'inspection en réglementation et comprennent les conditions de travail, les personnels et l'environnement de l'organisme de maintenance et du travail de maintenance des aéronefs ou composantes dont il s'agit.

3. BESOINS EN FORMATION

3.1 L'objectif principal de la formation en facteurs humains est de faire acquérir par toutes les catégories de personnel ci-dessus une compréhension des raisons et de la façon d'éviter des erreurs dans le travail de maintenance. Chaque catégorie est exposée au risque d'erreur ou crée un potentiel de risque d'erreur. La formation en facteurs humains devrait donc être adaptée aux différentes catégories pour leur permettre d'identifier et d'éviter les risques d'erreur. Des objectifs de formation détaillés sont exposés dans le Tableau 5-B-1. Les besoins spécifiques en formation des diverses catégories mentionnées ci-dessus de la population ciblée sont énumérés dans les paragraphes qui suivent (§ 3.2 à 3.8).

3.2 Les cadres et superviseurs ont besoin de connaissances sur la façon dont les conditions de travail influent sur la performance des personnels qui planifient et exécutent du travail de maintenance sur des aéronefs et leurs composantes. Il faut qu'ils soient capables d'appliquer ces connaissances et qu'ils comprennent comment leurs décisions et leur comportement influent sur les attitudes des personnels de l'organisme et leur capacité à exécuter leur travail avec le minimum de risque d'erreur. Les aspects qui relèvent de responsabilités directes des dirigeants, par exemple investissements, budgets et comptabilité, peuvent sembler être distants de l'endroit où le travail est effectivement exécuté mais, en fait, ils ont un impact notable sur les effectifs et la compétence de la main-d'œuvre et son aptitude à exécuter un travail sécuritaire et fiable.

3.3 Il faut que les superviseurs aient conscience des facteurs locaux qui comportent le potentiel d'erreurs. Il faut qu'ils sachent comment les conditions de travail et la disponibilité d'outils et d'équipements adéquats peuvent influencer l'attitude des personnels de maintenance et leur façon de travailler. Les superviseurs devraient être capables de reconnaître et d'identifier les tendances qui indiquent des risques liés aux facteurs humains.

3.4 Les planificateurs et les ingénieurs ont un rôle clé à jouer pour éviter les erreurs liées aux facteurs humains. Ils doivent être capables d'écrire des documents d'instructions qui soient non seulement techniquement corrects mais aussi faciles à lire et à comprendre, sans ambiguïté ou latitude d'interprétation. Il faut qu'ils comprennent comment leurs décisions, instructions, documents et autres directives peuvent influencer la performance et les résultats du travail effectué sur les aéronefs ou leurs composantes dans des ateliers, des hangars ou des aires de trafic. Il importe donc qu'ils comprennent les aspects pratiques du travail des personnels de maintenance.

3.5 Les instructeurs et les formateurs devraient idéalement posséder une compréhension approfondie des éléments fondamentaux des facteurs humains ainsi que des connaissances et une expérience pour avoir travaillé dans l'environnement dont il s'agit (par exemple ateliers, hangars et aires de trafic). Ils doivent être capables d'expliquer les éléments fondamentaux de la théorie des facteurs humains et posséder des connaissances théoriques jusqu'à un niveau leur permettant d'illustrer par des exemples ainsi que de mener des discussions.

3.6 Il faut que les investigateurs et les auditeurs soient capables d'identifier, de reconnaître et d'analyser les problèmes ou facteurs causals liés aux facteurs humains. L'investigateur doit être capable d'identifier des facteurs humains contribuant lors de l'investigation d'incidents. Un auditeur doit être capable de reconnaître les risques potentiels liés aux facteurs humains et de signaler ces risques avant qu'ils causent un incident lié à une erreur et deviennent sujets à un travail de l'investigateur.

3.7 Les techniciens de maintenance sont le dernier maillon dans la chaîne de sécurité et leurs objectifs de formation consistent à comprendre pourquoi et comment ils peuvent par inadvertance créer une situation dangereuse lorsqu'ils exécutent des tâches de maintenance. Ils doivent être en mesure de détecter les situations où ils pourraient eux-mêmes commettre directement des erreurs. Il faut qu'ils soient aussi capables de détecter une erreur incorporée dans les instructions ou informations pour le travail et d'identifier les équipements défectueux. Ils doivent comprendre comment le milieu de travail et la situation personnelle de chacun influent sur la performance dans le travail.

3.8 Les inspecteurs de l'organe national de réglementation de l'aviation ont besoin d'un niveau de connaissances correspondant à celui des cadres et superviseurs.

4. OBJECTIFS ET NIVEAUX DE FORMATION

Le Tableau 5-B-1 énumère les objectifs de formation pour toutes les catégories de personnel d'organismes de maintenance. Les niveaux de compétences, de connaissances ou d'attitudes en facteurs humains devraient être les suivants (dans le cas des niveaux 2 et 3, il est présumé que les objectifs des niveaux précédents ont été atteints) :

Niveau 1 : Familiarisation avec les principaux éléments du sujet. À l'achèvement de la formation, le stagiaire devrait être capable d'atteindre les objectifs suivants :

- bien connaître les éléments fondamentaux du sujet ;
- être capable de donner une description simple de la totalité du sujet en employant des termes courants et des exemples ;
- être capable d'utiliser les termes typiques des facteurs humains.

Niveau 2 : Connaissance générale des aspects théoriques et pratiques du sujet. À l'achèvement de la formation, le stagiaire devrait être capable d'atteindre les objectifs suivants :

- comprendre les fondements théoriques du sujet et être capable de donner une description générale du sujet avec des exemples typiques ;
- lire et comprendre des textes décrivant le sujet ;
- avoir la volonté et la capacité d'appliquer les connaissances en facteurs humains d'une façon pratique.

Niveau 3 : Connaissance détaillée des aspects théoriques et pratiques du sujet. À l'achèvement de la formation, le stagiaire devrait être capable d'atteindre les objectifs suivants :

- connaître et comprendre la théorie du sujet et ses interrelations avec d'autres sujets appropriés ;
- être capable de donner des explications détaillées du sujet en utilisant des fondements théoriques et des exemples spécifiques ;
- avoir la volonté et la capacité de combiner et d'appliquer la connaissance du sujet d'une façon logique, complète et pratique ;
- être capable d'interpréter des résultats de diverses sources et d'appliquer des mesures correctives comme il convient.

Tableau 5-B-1. Objectifs du programme d'enseignement

Note.— Les objectifs du programme d'enseignement sont énumérés en 10 grandes rubriques. Chaque sujet est identifié comme suit :

- (H) = *Habilité*
- (C) = *Connaissances*
- (A) = *Attitude*

1. Introduction générale aux facteurs humains :

- Acquérir une compréhension fondamentale de la signification du terme « facteurs humains » (C).
- Reconnaître la contribution de facteurs humains à des accidents d'aéronefs (C).
- Comprendre l'objectif de la formation en facteurs humains (C).
- Percevoir la nécessité de comprendre et gérer les facteurs humains (A).
- Connaître assez bien certains des incidents notoires et certaines études de données d'incidents auxquels des facteurs humains ont contribué. Comprendre pourquoi ces incidents sont survenus (C).

2. Culture de sécurité et facteurs organisationnels :

- Acquérir une bonne compréhension du concept de « culture de sécurité » (C).
- Comprendre la signification d'« aspects organisationnels des facteurs humains » (C).
- Percevoir l'importance d'une bonne culture de sécurité (A).
- Identifier les éléments d'une bonne culture de sécurité (C).

3. Erreur humaine :

- Reconnaître que l'erreur humaine ne peut pas être totalement éliminée ; il faut la maîtriser (C).
- Comprendre les différents types d'erreurs et leurs incidences, et la façon de les éviter et les gérer (C).
- Reconnaître où l'individu est le plus exposé à l'erreur (C).
- Avoir une attitude propre à protéger contre l'erreur (A).
- Acquérir une connaissance pratique suffisante des principaux modèles et théories d'erreurs (C).
- Comprendre les principaux types d'erreurs et comment ils diffèrent de violations (C).
- Comprendre les différents types et causes de violations (C).
- Éviter de violer des procédures et des règles et chercher à éliminer les situations qui peuvent provoquer des violations (A).
- Acquérir une bonne compréhension d'incidents bien connus quant aux erreurs ayant conduit aux incidents (C).
- Percevoir que ce ne sont pas les erreurs elles-mêmes qui sont le problème, mais plutôt les conséquences des erreurs si elles ne sont pas détectées et corrigées (A).
- Comprendre les différentes façons de réduire les erreurs et d'atténuer leurs conséquences (C).
- Posséder une compréhension fondamentale des principaux concepts de facteurs humains et de la façon dont ils sont en rapport avec l'évaluation du risque. Note : Ceci s'applique aussi aux dirigeants (C).

4. Performance humaine :

- Reconnaître les effets de limitations physiques et de facteurs environnementaux sur la performance humaine (C).
- Percevoir que les humains ne sont pas infaillibles (A).

- Acquérir une connaissance de base des moments et lieux où les humains sont vulnérables à l'erreur (C).
- Reconnaître quand soi-même ou d'autres souffrent et veiller à ce que cela ne compromette pas la sécurité de l'aviation (A).
- Comprendre comment la vision et des limitations visuelles peuvent influencer sur le travail du stagiaire (C).
- Reconnaître la nécessité d'avoir une vision adéquate (corrigée) pour la tâche et les circonstances (C).
- Avoir connaissance des meilleures pratiques de salubrité et de sécurité concernant le bruit et l'ouïe (C).
- Percevoir qu'entendre n'est pas nécessairement comprendre (A).
- Acquérir une connaissance fondamentale des termes utilisés pour décrire le traitement des informations (c'est-à-dire perception, attention et mémoire) (C).
- Acquérir une compréhension fondamentale de la signification de l'attention et de la perception (C).
- Comprendre la dimension de la conscience de la situation (C).
- Développer des façons d'améliorer la conscience de la situation (H).
- Acquérir une compréhension fondamentale des différents types de mémoire (sensorielle, court terme, fonctionnelle, long terme) et comment ils peuvent avoir des incidences sur la personne au travail (C).
- Percevoir que la mémoire est faillible et que l'on ne peut pas s'y fier (A).
- Percevoir que la claustrophobie, le vertige, etc., peuvent influencer sur la performance de certaines personnes (A).
- Comprendre ce qui motive et dé motive les gens dans la maintenance (C).
- Percevoir la nécessité d'éviter une motivation mal dirigée (prendre des raccourcis) (A).
- Être disposé à reconnaître que l'on n'est pas en bonne forme et prendre des mesures pour que cela ne compromette pas la qualité du travail effectué (A).
- Reconnaître les concepts fondamentaux et les symptômes du stress (C).
- Adopter différentes techniques et des attitudes positives pour maîtriser le stress (H).
- Reconnaître la nécessité de gérer le volume de travail (C).
- Concevoir des méthodes pour gérer le volume de travail (H).
- Comprendre comment la fatigue peut influencer sur la performance, particulièrement dans le cas de longues heures ou de travail posté (C).
- Concevoir des façons de gérer la fatigue (H).
- Avoir l'honnêteté personnelle de ne pas travailler sur des tâches critiques de sécurité lorsqu'on est trop fatigué (A).
- Percevoir que l'alcool, les drogues et les médicaments peuvent influencer sur la performance (A).
- Comprendre les effets d'un travail physique soutenu sur la performance globale, particulièrement la performance cognitive en maintenance (C).
- Avoir connaissance d'exemples d'incidents dans lesquels des tâches répétitives et un excès de confiance étaient un facteur (C).
- Adopter des façons d'éviter l'excès de confiance (H).

5. Environnement :

- Acquérir une appréciation fondamentale de la façon dont l'environnement physique et social peut influencer sur la performance humaine (C).
- Percevoir l'importance de respecter les règles, même si d'autres ne le font pas (A).
- Percevoir l'importance de l'intégrité personnelle (A).
- Percevoir l'importance de ne pas exercer des pressions sur d'autres (A).
- Adopter un comportement ferme, approprié à la tâche (H).
- Acquérir une compréhension fondamentale des concepts du stress et des facteurs de stress en relation avec l'environnement de la maintenance (C).
- Reconnaître les dangers de prendre des raccourcis (C).
- Reconnaître les dangers d'appliquer des échéanciers inappropriés (C).
- Reconnaître les dangers de pressions de temps autogénérées ou imposées par des supérieurs (C).

- Comprendre les éléments fondamentaux qui contribuent à la charge de travail (C).
- Développer des habiletés de planification et d'organisation (H).
- Comprendre le concept fondamental de rythmes circadiens en relation avec le travail par équipes (C).
- Bien connaître la meilleure pratique concernant les heures de travail et le roulement d'équipes (C).
- Concevoir des stratégies pour gérer le travail posté (H).
- Être au courant des directives de salubrité et de sécurité concernant le bruit et les émanations gazeuses (C).
- Avoir connaissance des effets de l'éclairage sur la performance (C).
- Avoir connaissance des effets du climat et de la température sur la performance (C).
- Avoir connaissance des directives de salubrité et de sécurité concernant les mouvements et vibrations (C).
- Avoir connaissance des incidences de ses propres actions sur d'autres parties du système de maintenance (C).
- Avoir connaissance des directives de salubrité et de sécurité dans le lieu de travail (C).
- Comprendre comment prendre en compte la main-d'œuvre disponible dans les échéanciers, la planification et l'exécution d'une tâche (C).
- Concevoir des façons de gérer les distractions et interruptions (H).

6. Procédures, informations, outils et pratiques :

- Percevoir l'importance de disposer des outils et procédures appropriés (A).
- Percevoir l'importance d'utiliser les outils appropriés et de suivre les procédures (A).
- Percevoir l'importance de vérifier le travail avant de le certifier (A).
- Percevoir l'importance de signaler les irrégularités dans les procédures ou la documentation (A).
- Comprendre les facteurs qui influent sur les inspections visuelles (C).
- Développer l'habileté d'améliorer les inspections visuelles (H).
- Percevoir l'importance de tenir un registre correct du travail (A).
- Savoir qu'il existe des normes et qu'il peut être dangereux de les suivre (A).
- Avoir connaissance de cas où les procédures, pratiques ou normes ont été erronées (C).
- Percevoir l'importance d'avoir un bon niveau de documentation technique en termes d'accessibilité et de qualité (A).
- Apprendre comment rédiger de bonnes procédures correspondant aux meilleures pratiques (H).
- Apprendre comment valider des procédures (H).

7. Communication :

- Reconnaître la nécessité d'une communication efficace à tous les niveaux et dans tous les modes (C).
- Comprendre les principes fondamentaux de la communication (C).
- Développer l'habileté en communications verbales et écrites correctes en relation avec le travail et le contexte dans lequel il doit être effectué (H).
- Avoir une connaissance détaillée de certains incidents où un mauvais transfert a été un facteur contribuant (C).
- Percevoir l'importance d'un bon transfert (A).
- Apprendre comment effectuer un bon transfert (H).
- Percevoir l'importance de tenir les informations à jour et accessibles pour ceux qui ont besoin de les utiliser (A).
- Percevoir que des différences culturelles peuvent influencer sur la communication (A).

8. Travail en équipe :

- Comprendre les principes généraux du travail en équipe (C).
- Accepter les avantages du travail en équipe (A).
- Développer l'habileté à travailler efficacement en équipe (H).
- Être convaincu que les personnels de maintenance, de cockpit, de cabine, d'exploitation, de planification, etc., devraient travailler ensemble aussi efficacement que possible (A).
- Encourager un concept d'équipe, mais sans déléguer ou dégrader la responsabilité individuelle (A).
- Comprendre le rôle des dirigeants, superviseurs et chefs de file dans le travail en équipe (C).
- Développer l'habileté de gestion d'une équipe dans le cas du personnel approprié (H).
- Développer l'habileté décisionnelle sur la base d'une bonne appréciation de la situation et d'une consultation s'il y a lieu (H).

9. Professionnalisme et intégrité :

- Comprendre ce qui est attendu des individus en termes de professionnalisme, d'intégrité et de responsabilité personnelle (C).
- Comprendre la responsabilité personnelle de maintenir des normes élevées et de les mettre constamment en pratique (A).
- Accepter la responsabilité personnelle de se tenir à jour des connaissances et informations nécessaires (A).
- Acquérir une bonne compréhension de ce qui est un comportement sujet aux erreurs (C).
- Percevoir l'importance de ne pas adopter un comportement sujet aux erreurs (A).
- Percevoir l'importance d'être ferme (A).

10. Le propre programme de facteurs humains de l'organisme de maintenance :

- Acquérir une compréhension approfondie de la structure et des buts du propre programme de facteurs humains de la compagnie, par exemple :
 - le système d'erreurs de maintenance (C) ;
 - liens avec les systèmes de gestion de qualité et de sécurité (C) ;
 - rapports disciplinaires et une culture juste (C) ;
 - soutien par les dirigeants (C) ;
 - formation en facteurs humains pour tous les personnels de l'organisme de maintenance (C) ;
 - mesures pour affronter les problèmes (C) ;
 - bonne culture de sécurité (C).
- Percevoir l'importance de signaler incidents, erreurs et problèmes (A).
- Comprendre quels types de problèmes doivent être signalés (C).
- Comprendre les mécanismes de compte rendu (C).
- Comprendre la politique de l'organisme et les circonstances dans lesquelles des mesures disciplinaires peuvent être appropriées ou non appropriées (C).
- Percevoir que la personne ne sera pas pénalisée injustement pour avoir signalé ou facilité des investigations disciplinaires (A).
- Comprendre les mécanismes d'investigation d'incident (C).
- Comprendre les mécanismes des mesures destinées à traiter des erreurs (C).
- Comprendre les mécanismes de retour d'information (C).

Appendice C au Chapitre 5

AUTRES LECTURES ET RÉFÉRENCES

- Autorités conjointes de l'aviation. *Joint Aviation Requirement 145: Approved Maintenance Organisations*, Appendice 9. 2001.
- Chandler, T. « Training ». Chapitre 7 du *Human Factors Guide for Aviation Maintenance* de la FAA. 1998.
- Dupont, G. « Human Factors Training in the Training Schools ». Dans *Proceedings of the Twelfth Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection*. 1998.
- Goglia, J. Déclaration (non publiée) au 14^e Symposium annuel sur les facteurs humains liés à la maintenance d'aéronefs, Vancouver, 2000, et à l'Advances in Aviation Safety Conference, Daytona Beach, 2000.
- Goglia, J. « Maintenance Training — a View from the Floor ». Dans *Proceedings of the Third Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection*. 1990.
- Gramopadhye, A., D. Krause, P. Rao et D. Jebaraj. « Team Training for the Aircraft Maintenance Technician: The Aircraft Maintenance Team Training (AMTT) Software ». Dans *Proceedings of the Tenth Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection*. 1996.
- Gramopadhye, A., S. Ivaturi, R. Blackmon et D. Krause. « Teams and Teamwork: Implications for Team Training within the Aircraft Inspection and Maintenance Environment ». Chapitre 11 du *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase V Progress Report*. FAA/AAM. 1995.
- Lofaro, R. « MRM: it can't be CRM re-packaged ». Dans *Proceedings of the Eleventh Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection*. 1997.
- OACI. *Manuel d'instruction sur les facteurs humains* (Doc 9683). Montréal, Canada, 1998.
- Robertson, M. et M.R. Endsley. « Creation of Team Situation Awareness Training for Maintenance Technicians ». Chapitre 7 du *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase VII Progress Report*. FAA/AAM. 1997.
- Royaume-Uni. CAA. « An Introduction to Aircraft Maintenance Human Factors for JAR 66, CAP 715 ». 2002.
- Royaume-Uni. CAA. *CAP 716: Aviation Maintenance Human Factors*. 2001.
- Royaume-Uni. Human Factors Combined Action Group. *People, Practices and Procedures in Aviation Engineering and Maintenance: A Practical Guide to Human Factors in the Workplace*. UKHFCAG, 1999. [www.raes.org.uk]
- Sian, B. et M. Robertson. « Line-oriented Human Factors Training: MRM III ». Chapitre 3 du *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection Research Phase VIII Progress Report*. FAA/AAM. 1998.

Taggart, W. « Introducing CRM into Maintenance Training ». Dans *Proceedings of the Third Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection*. 1990.

Walter, D. et B. Kanki. « A Human Factors Approach to Aviation Maintenance and Inspection Training: The Task Analytic Training System ». Dans *Proceedings of the Tenth Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection*. 1996.

Chapitre 6

POLITIQUE, PRINCIPES ET SOLUTIONS EN MATIÈRE DE RÉGLEMENTATION

6.1 INTRODUCTION

6.1.1 Depuis de nombreuses années, l'Annexe 6 spécifie des conditions pour assurer que les équipages de conduite fassent voler les aéronefs conformément aux principes de facteurs humains, compte tenu de la performance humaine normale. En 1998, l'Amendement 23 à l'Annexe 6, Partie 1, a inclus des conditions de facteurs humains similaires pour les aspects ci-après des activités de maintenance d'aéronefs :

- la conception et l'application du programme de maintenance — § 8.3.1 ;
- la formation du personnel de maintenance dans un organisme de maintenance — § 8.7.5.4.

6.1.2 Les règlements des États devraient donc être amendés ou adoptés de façon à inclure ces conditions de facteurs humains pour les activités de maintenance. Le présent manuel donne des indications utiles aux États et à leurs organes de réglementation à cet égard.

6.2 POLITIQUE ET OBJECTIFS EN MATIÈRE DE RÉGLEMENTATION

6.2.1 L'objectif premier de l'adoption de règlements nationaux relatifs aux facteurs humains est de réduire les accidents et incidents d'aéronefs dus à des erreurs de maintenance. Il incombe aussi aux États, en qualité de signataires de la Convention de Chicago, de mettre en œuvre et faire exécuter des règlements conformément à l'Annexe 6.

6.2.2 L'organe national de réglementation de l'aviation devrait élaborer une politique de diffusion de textes de réglementation destinés à assurer que des interventions appropriées en facteurs humains dans la maintenance soient appliquées par tous ses exploitants et organismes correspondants de maintenance d'aéronefs.

6.2.3 La première considération de politique, et peut-être la plus importante, est le degré de détails et de prescriptions nécessaire dans les règlements afin de réaliser un niveau satisfaisant d'interventions en facteurs humains. Les auteurs de la politique devraient garder à l'esprit que dans les années récentes des programmes non prescriptifs ont été mis en place dans plusieurs États et ont réalisé une mise en œuvre avec succès dans un bon nombre de leurs exploitants et organismes de maintenance. Cependant, l'Annexe 6 doit être appliquée à cent pour cent et il est trop tôt pour déterminer si la persuasion est suffisante à elle seule pour remplir cette condition. Les États devraient examiner cet aspect avec attention et réaliser entre la réglementation détaillée et la persuasion l'équilibre qui convient le mieux dans leurs circonstances juridiques et culturelles nationales.

6.2.4 Une deuxième importante considération de politique est de déterminer quelle entité il convient de « cibler » pour les règlements de facteurs humains. Dans un État où tous les exploitants effectuent leur propre maintenance, la réponse est simple car il n'y a qu'une seule partie. Toutefois, dans bien des États les exploitants confient la maintenance à d'autres organismes, et une solution possible consisterait à adresser tous les règlements à l'exploitant, qui prescrirait alors la conformité par l'organisme de maintenance. Il incomberait alors à l'exploitant d'effectuer un audit de facteurs humains dans cet organisme de maintenance et d'imposer la conformité avant que le travail commence.

Une solution plus pratique et mieux équilibrée consisterait à adresser à l'organisme de maintenance les règlements concernant l'application pratique des facteurs humains. Les règlements de facteurs humains liés à la conception du programme de maintenance seraient alors adressés à l'exploitant.

6.2.5 Une troisième considération de politique est d'établir le niveau d'interventions en facteurs humains nécessaire pour produire un résultat satisfaisant. L'Annexe 6 ne donne pas de détails sur le niveau requis, mais il est suggéré que ce niveau dépende de facteurs tels que :

- la taille, la structure des cadres et les politiques de chaque organisme individuel dans l'industrie ;
- les niveaux d'expérience en facteurs humains, la formation et l'éducation dans la main-d'œuvre tant de l'industrie que de l'organe de réglementation de l'aviation ;
- l'actuel niveau de connaissances en facteurs humains et d'application dans l'industrie ;
- les accidents et incidents dans lesquels une erreur de maintenance est réputée être un facteur causal ;
- la culture nationale et le régime juridique.

6.2.6 La politique de réglementation devrait présupposer que les inspecteurs de maintenance de l'organe national de réglementation de l'aviation contrôleront normalement la conformité réalisée dans l'État par l'industrie de l'aviation, dans le cadre de leurs activités de supervision. Cette politique exigera que les inspecteurs aient une formation adéquate en facteurs humains. Ou encore, l'État pourra envisager de recourir à des inspecteurs spécialisés en facteurs humains, à condition qu'il soit satisfait de leur niveau d'expérience et de connaissances en maintenance dans l'aviation.

6.3 PRINCIPES DE RÉGLEMENTATION

6.3.1 Le statut juridique des réglementations et/ou autres orientations émises par l'organe national de réglementation de l'aviation pour l'application des facteurs humains devrait être clair et de préférence compatible avec les autres textes existants de l'État. Cette clarté aidera à produire une réglementation homogène parmi tous les organismes de l'industrie et guidera aussi les inspecteurs de maintenance de l'État dans leur approche à l'égard de la conformité dans le contrôle.

6.3.2 L'« esprit » des règlements doit être considéré comme tout aussi important que la conformité proprement dite avec ce qui est effectivement écrit. L'utilisation d'orientations hors réglementation et peut-être de briefings en face-à-face est recommandée pour rehausser et expliquer les facteurs humains, leurs écueils et leurs avantages potentiels.

6.3.3 Les règlements et les orientations devraient identifier clairement l'organe ou la personne responsable de la conformité et/ou des mesures à prendre. Par exemple, il est présupposé dans l'Annexe 6 que les responsabilités sont attribuées de la façon suivante :

- l'exploitant a la responsabilité d'élaborer le programme de maintenance de façon qu'il respecte les principes de facteurs humains ;
- l'organe national de réglementation de l'aviation a la responsabilité d'évaluer et, lorsqu'il est convaincu qu'il respecte les conditions appropriées, d'approuver le programme de maintenance soumis par l'exploitant ;
- l'exploitant a la responsabilité de veiller à ce que l'organisme de maintenance applique le programme de façon à respecter les facteurs humains (c'est-à-dire que les installations, le personnel et les procédures de l'organisme de maintenance respectent les principes de facteurs humains) ;

- l'organisme de maintenance a la responsabilité de la formation en facteurs humains qui est donnée à son personnel ;
- l'organe national de réglementation de l'aviation a la responsabilité d'évaluer l'organisme de maintenance et, lorsqu'il en est satisfait, de l'approuver en qualité d'organisme de maintenance agréé.

6.3.4 Les règlements de facteurs humains ne devraient pas faire obstacle à la pratique (pour des raisons commerciales ou pour plus de facilité) de confier par contrat certaines des tâches et activités de l'industrie entre les parties concernées. Par exemple, certains exploitants confient à l'organisme de maintenance la tâche d'élaborer et/ou entretenir le programme de maintenance. Bien entendu, l'État peut tacitement accepter ce genre d'arrangement à condition que l'exploitant puisse démontrer que le document final respecte les principes de facteurs humains.

6.3.5 L'Annexe 6 prescrit clairement que l'organisme de maintenance doit former son personnel dans les principes de facteurs humains, et des orientations appropriées figurent dans le Chapitre 5 du présent manuel.

6.3.6 La prescription de l'Annexe 6 relative au programme de maintenance de l'exploitant porte sur deux aspects : premièrement la conception du programme, deuxièmement l'application du programme. Dans la pratique, c'est l'exploitant qui effectue la conception du programme de maintenance à appliquer dans l'organisme de maintenance, et ainsi ses installations, procédures et instructions de travail doivent respecter les principes de facteurs humains. L'exploitant peut exercer un contrôle total sur la conception du programme de maintenance, mais il a beaucoup moins de contrôle direct sur les organismes de maintenance qui exécutent du travail de maintenance sur ses aéronefs ou composantes.

6.3.7 Quelle que soit la répartition des tâches et activités entre l'exploitant et l'organisme de maintenance, c'est l'exploitant qui demeure responsable de veiller à ce que ses aéronefs soient maintenus en état de navigabilité (voir Annexe 6, Partie 1, § 8.1.1). L'exploitant doit donc être confiant que l'organisme de maintenance respecte les principes de facteurs humains. L'exploitant devrait prendre en compte cet aspect et au besoin le vérifier, peut-être par un audit, tant avant que durant le contrat de maintenance.

6.4 CONCEPTION DU PROGRAMME DE MAINTENANCE

6.4.1 Les règlements de l'État (ou les changements aux règlements existants) sur l'inclusion des facteurs humains devraient reconnaître que certains documents qui sont utilisés par l'organisme de maintenance pour l'application du programme de maintenance n'observeront pas nécessairement les principes de facteurs humains. Par exemple, l'Annexe 8 ne prescrit pas expressément que les principes de facteurs humains doivent être observés dans les documents de maintien de la navigabilité émis par le titulaire du certificat de type (CT). Il se peut toutefois que des normes de l'industrie, par exemple celles de l'ATA, aboutissent à des documents satisfaisants. L'exploitant devrait donc déterminer s'il est nécessaire de procéder à des « vérifications de facteurs humains » sur les publications suivantes :

- le manuel de maintenance (c'est-à-dire les recommandations du titulaire du CT sur la façon d'exécuter les tâches) ;
- les informations diffusées sous la forme d'un bulletin de service ou d'une note de service (c'est-à-dire quels changements ou quelles inspections spéciales à effectuer en fonction de l'expérience en service) ;
- le manuel de contrôle de maintenance de l'organisme de maintenance à l'égard des sujets qui définissent les procédures régissant l'application du programme de maintenance.

Lorsque ces vérifications de facteurs humains ou systèmes de comptes rendus internes de la compagnie (post-événement) révèlent un texte qui ne respecte pas convenablement les principes de facteurs humains, l'exploitant devrait

le signaler à l'auteur et examiner la nécessité de le transcrire de façon qu'il respecte les principes de facteurs humains lorsqu'il sera appliqué par l'organisme de maintenance.

6.4.2 L'Annexe 6, Partie 1, § 11.3.1, prescrit que le programme de maintenance de l'exploitant doit comprendre les renseignements suivants :

« les tâches de maintenance et les intervalles auxquels elles doivent être effectuées, compte tenu de l'utilisation prévue de l'avion ».

Depuis la publication de l'Amendement 23 à l'Annexe 6, Partie 1, l'exploitant a la responsabilité additionnelle de concevoir un programme qui respecte les principes de facteurs humains et de fournir ce renseignement de telle façon qu'il puisse être appliqué par l'organisme de maintenance dans le respect des principes de facteurs humains.

6.4.3 La conception d'un programme de maintenance a deux aspects : premièrement la définition des tâches elles-mêmes, deuxièmement la conception et la présentation du document de programme proprement dit.

6.4.4 Les tâches et activités de maintenance définies dans le programme de maintenance devraient prendre en compte les facteurs suivants :

- a) le type d'exploitation : étapes courtes ou longues qui nécessitent une programmation différente des tâches, par exemple dans le cas de courtes étapes de vol les tâches pourront être subdivisées en « paquets » qui pourront être exécutés la nuit, alors que les vols sur longues étapes nécessitent un minimum de tâches programmées sur les journées ou semaines d'exploitation aérienne, suivies d'un « paquet » de travail de maintenance beaucoup plus vaste ;
- b) la région géographique des vols : par exemple des vols en latitudes élevées ou basses, avec de très courtes ou très longues heures de lumière du jour, pour lesquels en hiver il faudra programmer toutes les tâches dans un hangar afin de protéger le personnel du froid et de procurer un bon éclairage ;
- c) l'expérience de l'exploitant ou de l'organisme de maintenance dans l'exploitation ou l'entretien du type d'aéronef : par exemple des employés qui sont nouveaux sur un certain type d'aéronef auront probablement besoin de plus de temps, pour exécuter des tâches, que ceux qui ont une longue expérience ;
- d) la qualité de la formation sur le type d'aéronef qui est donnée aux personnels d'exploitation et de maintenance : par exemple des employés qui ont reçu un niveau minimal de formation sur le type d'aéronef auront probablement besoin de plus de temps, pour exécuter des tâches, que ceux qui ont reçu une formation plus complète ;
- e) le niveau de compétence de l'organisme de maintenance, ses procédures correspondantes et son système de qualité : par exemple la planification de la main-d'œuvre devrait être adaptée non seulement aux tâches effectives durant une équipe de travail posté, mais aussi à la main-d'œuvre effectivement disponible ;
- f) le niveau de compétence de l'organisme de l'exploitant et ses procédures correspondantes pour le fonctionnement du programme de fiabilité (s'il est appliqué au type d'aéronef) : par exemple, un exploitant doté d'un bon niveau de collecte de données, d'analyse et de structure organisationnelle sera probablement en mesure de prendre des mesures correctives plus vite et mieux. En conséquence le niveau de navigabilité de chaque aéronef sera probablement plus élevé.

6.4.5 La conception du document exposant le programme de maintenance de l'exploitant devrait respecter les principes de facteurs humains. Le Chapitre 3, § 3.10, du présent manuel donne des indications utiles à ce sujet.

6.5 APPLICATION DU PROGRAMME DE MAINTENANCE

Les règlements ou textes équivalents de l'État devraient être rédigés de telle sorte que l'application du programme de l'exploitant par l'organisme de maintenance produise les résultats suivants :

- instructions sur les tâches, figurant dans le programme de maintenance approuvé, qui puissent être soit aisément et précisément comprises directement par les techniciens de maintenance, soit aisément et précisément transcrites à leur intention ;
- environnement de hangars ou d'ateliers et d'installations qui respectent les principes de facteurs humains ;
- procédures, instructions et pratiques qui permettent aux techniciens de maintenance (et autres personnels de l'organisme de maintenance) d'appliquer le programme de maintenance systématiquement et correctement et de certifier un aéronef ou une composante qui corresponde à la conception de type et soit en bon état de vol ;
- tous les personnels de maintenance possédant des connaissances et compétences en facteurs humains appropriées pour les tâches et responsabilités qui leur sont confiées.

Note.— Tous les titulaires de licences de technicien de maintenance d'aéronefs conformes à l'Annexe 1, Amendement 161 (5 novembre 1998) ou ultérieur, devraient posséder des connaissances et compétences en facteurs humains appropriées à la catégorie et à la portée de la licence. Toutefois, cela ne sera peut-être pas toujours suffisant pour atteindre soit le niveau désiré selon l'Annexe 6, soit celui de l'organisme de maintenance dans des cas particuliers.

6.6 SOLUTIONS POSSIBLES DANS LA RÉGLEMENTATION

6.6.1 L'Annexe 6, Partie 1, prescrit que l'exploitant doit fournir un manuel de contrôle de maintenance acceptable pour l'État (§ 8.2.1) et employer une personne ou un groupe de personnes pour veiller à ce que tous les travaux de maintenance soient effectués conformément à ce manuel (§ 8.1.4). La teneur du manuel de contrôle de maintenance est spécifiée dans l'Annexe 6, Partie 1, § 11.2. Les règlements aéronautiques de l'État doivent donc spécifier cela comme un minimum. Toutefois, le § 11.2 ne fait pas mention des facteurs humains et les règlements de l'État devraient prescrire leur inclusion.

6.6.2 La spécification de l'Annexe 6 selon laquelle le personnel de l'organisme de maintenance doit être formé en performance humaine peut être satisfaite par une condition d'approbation d'un organisme de maintenance qui spécifie cette formation pour diverses catégories de techniciens de maintenance. Un programme d'études suggéré pour cette formation est présenté dans le Chapitre 5, Appendice A. La reconnaissance d'une licence ou d'un certificat de technicien de maintenance incluant une formation en facteurs humains ne sera pas nécessairement suffisante. Il incombe à l'organisme de maintenance et à l'organe national de réglementation de l'aviation de procéder à cette détermination.

6.6.3 Si l'organe national de réglementation de l'aviation considère que la situation réelle de l'industrie de l'aviation en matière de facteurs humains est satisfaisante dans l'État, il y a l'option de rédiger les règlements en fonction de la pratique effective. Un questionnaire suggéré pour déterminer le niveau présent de connaissances et d'application des facteurs humains dans la maintenance est présenté dans l'Appendice A au présent chapitre.

6.6.4 Dans le cas d'un secteur de l'industrie de l'aviation qui a une faiblesse connue ou constatée, l'État pourra décider de réglementer directement cet aspect. Par exemple, plutôt que de compter sur l'exploitant pour veiller à ce que l'organisme de maintenance applique son programme de façon à respecter les principes de facteurs humains, les conditions nationales d'approbation d'un organisme de maintenance pourraient inclure les sujets suivants :

- détermination et publication d'une politique de sécurité de l'aviation à l'échelle de la compagnie ;
- instauration dans l'organisme de maintenance d'un système de gestion des erreurs de maintenance comme un des éléments d'une « culture de sécurité » ;
- une procédure précise de transfert entre équipes qui corresponde à la « meilleure pratique » dans l'industrie ;
- planification de main-d'œuvre, pièces, outils et travail pour prendre en compte les effets de la fatigue et de la pression sur la performance humaine ;
- inspections requises, doubles ou spécifiques, sur des tests ou des points critiques ;
- interdiction d'inspection et de certification par du personnel non autorisé à l'achèvement de tâches ;
- procédures de compagnie rédigées et appliquées pour prendre en compte les principes de facteurs humains.

6.6.5 Le Chapitre 3 du présent manuel suggère plusieurs interventions de nature à être bénéfiques, et ces sujets pourraient servir de base à un programme réglementaire relatif aux aspects de facteurs humains. Par exemple :

- interventions organisationnelles ;
- communication et MRM ;
- systèmes d'inspection et de qualité ;
- gestion de l'erreur humaine ;
- détection des erreurs ;
- interventions environnementales ;
- interventions ergonomiques ;
- interventions en documentation ;
- interventions sur la fatigue ;
- certaines interventions simples.

Ces sujets devraient être introduits dans un endroit approprié des réglementations ou orientations existantes.

6.6.6 Un groupe d'États signataires a recueilli des constatations sur des programmes appliqués volontairement dans l'industrie. Ces renseignements montrent que les programmes de facteurs humains apportent une importante contribution à l'amélioration de la sécurité en aviation et à la diminution des erreurs de maintenance. Par suite, ces États ont pu identifier des raisons détaillées de modifier leurs réglementations conjointes relatives à l'approbation d'organismes de maintenance. Leurs raisons et certains exemples des modifications dans leurs réglementations sont résumés dans l'Appendice B au présent chapitre.

Appendice A au Chapitre 6

QUESTIONNAIRE SUGGÉRÉ POUR L'INDUSTRIE

Suit un questionnaire suggéré pour être envoyé à un organisme de maintenance ou un exploitant par l'organe national de réglementation de l'aviation, en vue d'obtenir des renseignements sélectionnés sur leur progrès en connaissances et application de facteurs humains dans la maintenance et l'inspection d'aéronefs. Ce questionnaire est une adaptation de celui du CD-ROM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection* de la FAA.

Section 1. Renseignements généraux

Date : _____ Nom : _____

Nom et adresse de l'organisme : _____

Type d'organisme (encercler un seul) :

Exploitant de services aériens, station de réparation, organisme de maintenance agréé

Années d'expérience en :

— Facteurs humains : _____

— Maintenance d'aéronefs : _____

Section 2. Objet du présent questionnaire

Le présent questionnaire a pour objet de permettre à l'organe national de réglementation de l'aviation d'évaluer ce qui suit :

- situation actuelle des programmes de facteurs humains en maintenance dans votre organisme ;
- votre connaissance de résultats de recherches et d'orientations en facteurs humains dans la maintenance aéronautique.

Section 3. Situation actuelle des programmes de maintenance en matière de facteurs humains dans votre organisme

PARTIE A

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Fortement en désaccord</i>	<i>En désaccord</i>	<i>Neutre</i>	<i>En accord</i>	<i>Fortement en accord</i>
a) Notre programme de facteurs humains en maintenance est appliqué et actif ;					
OU					
b) Nous préparons un programme de facteurs humains pour le personnel de maintenance.					
c) Nous avons un programme actif de formation en facteurs humains à l'usage du personnel de maintenance ;					
OU					
d) Nous préparons une formation en facteurs humains pour le personnel de maintenance.					
e) Notre organisme a au moins une personne affectée en permanence aux facteurs humains dans la maintenance.					
f) Notre organisme porte beaucoup d'intérêt aux facteurs humains en maintenance.					

PARTIE B

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Oui</i>	<i>Non</i>	<i>Pas sûr</i>
a) Nous utilisons des affiches telles que « La fâcheuse douzaine » quelque part dans notre organisme.			
b) Nous utilisons des renseignements de facteurs humains provenant des sources suivantes : — CD-ROM facteurs humains de la FAA — Manuel facteurs humains de la CAA — Rapports sur papier — Sites web — Conférences — Autres (prière d'identifier)			

PARTIE C

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Oui</i>	<i>Non</i>	<i>Pas sûr</i>
<p>a) Nous avons envoyé des gens à des cours spécialisés sur les facteurs humains.</p> <p>b) Nous avons fait venir des consultants pour donner des cours en facteurs humains.</p> <p>c) Nous avons un système formel de comptes rendus sur les erreurs de maintenance en matière de facteurs humains ;</p> <p>OU</p> <p>d) Nous préparons un système formel de comptes rendus d'erreurs de maintenance en matière de facteurs humains.</p> <p>e) Nous avons un système disciplinaire formel qui reconnaît l'importance des comptes rendus d'erreurs de maintenance.</p> <p>f) Nous possédons des données de notre système de comptes rendus d'erreurs de maintenance :</p> <ul style="list-style-type: none"> — montrant comment les erreurs liées aux facteurs humains augmentent les coûts — montrant comment les interventions en facteurs humains abaissent les coûts <p>g) Nous avons effectué un audit de facteurs humains dans notre organisme de maintenance.</p> <p>h) Nous prévoyons d'effectuer un audit de facteurs humains (prière d'indiquer l'échéancier).</p> <p>i) Nous prévoyons d'utiliser la DDA (Document Design Aid) de la FAA (prière d'indiquer l'échéancier).</p>			
<p>Explications, commentaires ou suggestions concernant la section 3 :</p>			

Section 4. Votre connaissance des informations et produits de recherche et développement en facteurs humains

PARTIE A

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Fortement en désaccord</i>	<i>En désaccord</i>	<i>Neutre</i>	<i>En accord</i>	<i>Fortement en accord</i>
a) Je connais les conditions de facteurs humains qui existaient il y a 10 ans.					
b) Je connais les conditions de facteurs humains qui existaient il y a 5 ans.					
c) Je connais les conditions de facteurs humains qui existent aujourd'hui.					

PARTIE B

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Oui</i>	<i>Non</i>	<i>Pas sûr</i>
a) J'ai reçu un CD-ROM de la FAA sur les facteurs humains dans la maintenance en aviation.			
b) J'ai reçu le manuel de la CAA du Royaume-Uni (<i>Human Factors in Aircraft Maintenance Handbook</i>) ou CAP 716. (Prière d'indiquer lequel.)			
c) J'ai reçu d'une autre source des informations sur les facteurs humains dans la maintenance d'aéronefs. (Prière d'identifier.)			
d) Un ou plusieurs représentants de mon organisme ont assisté à des conférences sur les facteurs humains dans la maintenance en aviation. Prière d'indiquer : de 0 à 3 fois 4 fois ou plus			

PARTIE C

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Oui</i>	<i>Non</i>	<i>Pas sûr</i>
Avez-vous mis en œuvre des interventions/produits de recherche sur les facteurs humains dans la maintenance en aviation ? (Prière de commenter.)			
Explications, commentaires ou suggestions concernant la section 4 :			

Section 5. La valeur de différents produits de recherche de la FAA en matière de facteurs humains

Prière de coter votre connaissance et la valeur des produits ci-après de recherches de la FAA en matière de facteurs humains :

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Faible</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Élevée</i>	<i>S.O.</i>
a) Aide pour la conception de documentation (DDA) — Connaissance — Valeur				
b) Logiciel pour audit d'ergonomie en maintenance (ERNAP) (1996) — Connaissance — Valeur				
c) <i>Human Factors Guide for Aviation Maintenance</i> (version site web) (1998) — Connaissance — Valeur				
d) Site web www.hfskyway.com (1996-1998) — Connaissance — Valeur				
e) Quelle est la valeur globale du programme de recherches de la FAA en matière de facteurs humains dans la maintenance ?				
Explications, commentaires ou suggestions concernant la section 5 :				

Section 6. Besoins perçus en produits de facteurs humains dans la maintenance aéronautique

Prière d'indiquer votre accord ou désaccord au sujet de ce qui suit :

<i>Prière d'ajouter des commentaires à la fin de la section</i>	<i>Fortement en désaccord</i>	<i>En désaccord</i>	<i>Neutre</i>	<i>En accord</i>	<i>Fortement en accord</i>
Mon organisme a besoin d'un soutien pour les facteurs humains en maintenance dans les secteurs suivants :					
<p>a) Moyens de formation :</p> <ul style="list-style-type: none"> — formation sur papier — formation assistée par ordinateur — formation fondée sur web <p>b) Aides dans le travail :</p> <ul style="list-style-type: none"> — nouveaux matériels de technologie informatisée pour l'environnement de la maintenance d'aéronefs — nouveaux logiciels technologiques pour l'environnement de la maintenance d'aéronefs (par exemple programmation, flux de travaux, automatisation de procédés et publications électroniques) — renseignements sur la façon de mener des audits internes en matière de facteurs humains <p>c) Informations :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Site web <i>Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection</i> — CD-ROM annuels <i>Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection</i> — Actualisation annuelle sur papier concernant <i>Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection</i> — Conférences — Circulaires consultatives (ou autres orientations) concernant les facteurs humains 					
Explications, commentaires ou suggestions concernant la section 6 :					

Appendice B au Chapitre 6

TEXTES DE RÉGLEMENTATION SUGGÉRÉS

1. INTRODUCTION

Le présent appendice résume certains des récents changements apportés par les Autorités conjointes de l'aviation (JAA) européennes aux réglementations relatives à l'approbation d'un organisme de maintenance. Ces changements sont réputés être fondés sur les meilleures pratiques de l'industrie et de solides recherches scientifiques. Ils visent à appliquer certains des bons principes de facteurs humains déjà reconnus dans les services aériens, le contrôle de la circulation aérienne et la maintenance des aéronefs. Les JAA ont précisé que la proposition vise la conformité avec l'Annexe 6, Partie 1, Amendement 23.

2. CHANGEMENTS AUX RÉGLEMENTATIONS

2.1 Les paragraphes qui suivent énumèrent les raisons des changements de règlements dans certains États et suggèrent certains textes de réglementation et d'orientation que les États pourraient envisager d'utiliser dans leurs propres réglementations. Ces paragraphes sont une adaptation des textes correspondants des JAA.

Interface conception/maintenance

2.2 *Raison* : Des inexactitudes, ambiguïtés, etc., dans les informations ou les instructions de navigabilité peuvent mener à des erreurs de maintenance ou encourager des dérogations. Indirectement, elles peuvent aussi encourager ou amener (avec de bonnes raisons selon eux) les personnels de maintenance à s'écarter de ces instructions.

2.3 Des réglementations de l'État, ainsi que des textes consultatifs et explicatifs, devraient être en place pour prescrire que des procédures, pratiques, informations ou instructions de maintenance inexactes, incomplètes et ambiguës, dans les données de maintenance utilisées par le personnel, soient signalées à l'attention de l'organisme responsable (habituellement le titulaire du certificat de type).

2.4 Les textes ci-après sont suggérés à l'usage des États :

Réglementation : L'organisme de maintenance agréé doit instaurer des procédures de façon à assurer que toutes procédures, pratiques, informations ou instructions de maintenance inexactes, incomplètes ou ambiguës dans les données de maintenance utilisées par les personnels de maintenance soient constatées et signalées au titulaire du certificat de type (CT) responsable des données.

Texte consultatif : Les procédures devraient assurer que lorsque le personnel de maintenance découvre des informations inexactes, incomplètes ou ambiguës dans les données de maintenance, il prenne bonne note des détails. Les procédures devraient alors prévoir que l'organisme de maintenance signale le problème sans tarder au titulaire du certificat de type (CT). L'organisme de maintenance devrait garder la trace de cette communication au titulaire du CT jusqu'à ce que ce dernier ait rectifié le problème, peut-être par un amendement aux données de maintenance.

Culture de sécurité

2.5 *Raison* : Une culture de sécurité dans un organisme apporte une contribution importante à la réduction des erreurs de maintenance. Tout en reconnaissant qu'il n'est guère pratique d'écrire une spécification exigeant une culture de sécurité, l'État devrait inclure des prescriptions et des orientations au sujet des éléments qui permettraient l'instauration d'une culture de sécurité.

2.6 Une réglementation de l'État devrait être en place pour prescrire :

- a) que l'organisme de maintenance instaure et publie la politique de sécurité de l'organisme ;
- b) l'identification du dirigeant responsable (ou directeur général) de l'organisme de maintenance comme étant la personne chargée d'instaurer et de promouvoir cette politique de sécurité ;
- c) un « système interne de comptes rendus d'événements » pour signaler, répertorier et investiguer, en circuit fermé, les événements et les menaces à la sécurité.

2.7 Les textes ci-après sont suggérés à l'usage des États :

Réglementation 1 : L'organisme de maintenance agréé doit instaurer une politique de sécurité et de qualité. Cette politique doit être incluse dans le manuel de procédures de l'organisme de maintenance.

Réglementation 2 : Il incombe au dirigeant responsable (ou directeur général) d'instaurer et de promouvoir la politique requise en matière de sécurité et de qualité.

Dérogations aux procédures

2.8 *Raison* : Le non-respect de bonnes procédures de maintenance est plutôt une question d'éducation, de culture de sécurité et de discipline. Cependant, les effets de l'obéissance à de mauvaises procédures peuvent être diminués par l'adoption d'un système qui assure que dans leur rédaction les procédures sont exactes, appropriées et en accord avec les meilleures pratiques.

2.9 Une réglementation révisée devrait être en place pour prescrire que les principes de facteurs humains soient pris en compte dans la rédaction de procédures. Des textes consultatifs et explicatifs devraient recommander notamment la participation des utilisateurs ultimes dans la rédaction des procédures, la vérification et la validation des procédures, et un mécanisme efficace pour signaler les erreurs et ambiguïtés et pour modifier et actualiser les procédures.

2.10 Le texte ci-après est suggéré à l'usage des États :

Réglementation : L'organisme de maintenance agréé doit instaurer des procédures acceptables pour l'État, prenant en compte les facteurs humains et la performance humaine, afin d'assurer de bonnes pratiques de maintenance et la conformité avec toutes les prescriptions pertinentes de la présente réglementation, qui doivent inclure une commande de travail ou un contrat bien clairs, afin que les aéronefs et les composantes d'aéronefs puissent être remis en service de façon sécuritaire et conformément aux réglementations.

Transfert de tâches dans le travail posté

2.11 *Raison* : Il s'agit d'une routine qui apparaît fréquemment comme facteur causal dans des comptes rendus d'accidents et d'incidents d'aéronefs.

2.12 Une spécification devrait être en place pour instaurer expressément une procédure de transfert entre équipes de travail posté et entre tâches, qui soit acceptable pour l'État. Des textes consultatifs et explicatifs devraient décrire la meilleure pratique sur la base des connaissances courantes et de recherches scientifiques.

2.13 Les textes ci-après sont suggérés à l'usage des États :

Réglementation : Lorsqu'il est nécessaire de transférer la continuation ou l'achèvement d'une activité de maintenance pour des raisons de changement d'équipe ou de personnel, les informations pertinentes doivent être adéquatement communiquées entre les personnels sortants et arrivants conformément à une procédure acceptable pour l'État.

Texte consultatif : L'objectif premier des informations de transfert est d'assurer une communication efficace au moment de transférer la continuation ou l'achèvement d'activités de maintenance. Un transfert efficace dans les tâches et le travail posté dépend de trois éléments fondamentaux :

- la capacité de la personne sortante à comprendre et communiquer les éléments importants du travail ou de la tâche qu'elle transfère à la personne qui arrive ;
- la capacité de la personne qui arrive à comprendre et assimiler les informations qui sont fournies par la personne sortante ;
- un processus formalisé pour les échanges d'informations entre les personnes sortantes et arrivantes et un endroit pour effectuer les échanges.

La procédure dont il s'agit devrait être spécifiée dans le manuel de procédures de l'organisme de maintenance.

Fatigue

2.14 *Raison* : L'effet négatif de la fatigue humaine dans les erreurs de maintenance est un fait bien établi.

2.15 Une réglementation devrait être en place pour prescrire que les procédures de planification de l'organisme prennent en compte les limitations de la performance humaine, en insistant sur l'aspect fatigue. Des textes consultatifs et explicatifs devraient inclure des orientations fondées sur les meilleures pratiques connues et les résultats de recherches.

2.16 Les textes ci-après sont suggérés à l'usage des États :

Réglementation : La planification des tâches de maintenance, y compris l'organisation du travail posté, doit prendre en compte les limitations de la performance humaine.

Texte consultatif : Les limitations de la performance humaine, dans le contexte de la planification de tâches liées à la sécurité, concernent les limites supérieures et inférieures et les variations de certains aspects de la performance humaine (rythme circadien/cycle corporel de 24 heures) dont les planificateurs devraient être conscients dans la planification du travail et des équipes.

Inspections doublées

2.17 *Raison* : La détection des erreurs est une partie importante du filet de sécurité dans l'organisme de maintenance agréé. Des inspections doublées peuvent être un moyen de détecter les erreurs de maintenance, mais pas nécessairement le seul moyen.

2.18 Une réglementation ou un texte consultatif devrait être en place pour recommander que des inspections doublées soient envisagées comme moyen possible de détecter les erreurs et pour fournir des indications additionnelles quant aux circonstances où cela peut être nécessaire.

2.19 Ce qui suit est suggéré à titre de réglementation ou de texte consultatif :

Réglementation ou texte consultatif : Des procédures devraient être instaurées pour permettre de détecter et rectifier les erreurs de maintenance qui pourraient, au minimum, aboutir à une défaillance, un mauvais fonctionnement ou une défectuosité de nature à compromettre la sécurité de l'aéronef. Les procédures devraient identifier la méthode de détection des erreurs ainsi que les processus ou tâches de maintenance dont il s'agit. Une procédure typique pourrait inclure des inspections doublées où la tâche ou le processus est exécuté par une personne bien qualifiée, et ensuite indépendamment vérifié par une deuxième personne bien qualifiée, ou l'inclusion d'une vérification additionnelle de fonctionnement ou de fuite.

Afin de déterminer le travail à examiner, les tâches de maintenance ci-après, en plus de toutes prescriptions nationales existantes pour la détection d'erreurs, devraient être l'objet d'une revue afin de déterminer si elles sont critiques ou vulnérables à l'erreur :

- installation, montage et ajustement de commandes de vol ;
- installation de moteurs, hélices et rotors d'aéronefs ;
- révision, étalonnage ou montage de composantes telles que moteurs, hélices, transmissions et engrenages ;
- constatations antérieures d'erreurs de maintenance, selon les conséquences de la défaillance ;
- informations provenant du système national de comptes rendus d'événements prescrit par l'Annexe 8.

Planification de tâches, d'équipements et de pièces de rechange

2.20 *Raison* : L'absence de planification efficace peut contribuer à augmenter la pression dans le travail. Cette pression peut elle-même conduire à des dérogations aux procédures. Ces dérogations sont bien connues comme facteurs contribuant de nombreux incidents d'aéronefs.

2.21 Une réglementation devrait être en place pour clarifier l'objectif d'une bonne planification. Des textes consultatifs et explicatifs devraient inclure des indications sur les éléments à prendre en compte dans l'instauration d'une procédure de planification.

2.22 Les textes ci-après sont suggérés à l'usage des États :

Réglementation : L'organisme de maintenance agréé doit avoir un système correspondant à la quantité et la complexité du travail pour planifier la disponibilité de tous les personnels, outils, équipements, matériaux, installations et données de maintenance afin d'assurer l'achèvement sécuritaire du travail de maintenance.

Texte consultatif :

- a) Selon la quantité et la complexité du travail généralement exécuté par l'organisme de maintenance, le système de planification peut aller d'une procédure très simple jusqu'à une organisation complexe, y compris une fonction dédiée à la planification pour soutenir la fonction de production.

- b) Aux fins de la conformité avec la réglementation nationale d'approbation des organismes de maintenance, la fonction de planification de la production devrait inclure deux éléments complémentaires :
- programmer le travail de maintenance à l'avance afin d'assurer qu'il ne dérangera pas d'autres travaux de maintenance en ce qui concerne la disponibilité de tous les personnels, outils, équipements, matériaux, installations et données de maintenance nécessaires ;
 - dans les travaux de maintenance, organiser les équipes de maintenance et fournir tout le soutien nécessaire pour assurer l'achèvement de la maintenance sans trop de pression d'échéancier.
- c) Dans l'instauration de la procédure de planification de la production, les éléments ci-après devraient être pris en compte :
- logistique ;
 - contrôle d'inventaires ;
 - mètres carrés de locaux ;
 - estimation de personnes-heures ;
 - disponibilité de personnes-heures ;
 - préparation du travail ;
 - disponibilité de hangar ;
 - coordination avec fournisseurs internes et externes, etc. ;
 - programmation de tâches critiques de sécurité dans les périodes où le personnel sera probablement le plus alerte.

Certification de tâches non regardées ou vérifiées

2.23 *Raison* : Des recherches récentes ont montré que beaucoup de tâches de maintenance sont certifiées sans avoir été regardées ou vérifiées par un personnel autorisé. Il y a là un potentiel de maintenance incomplète.

2.24 Une réglementation devrait être en place pour expliquer la signification de « certifié » et la nécessité d'autovérifier ou inspecter la tâche avant de la certifier.

2.25 Le texte ci-après est suggéré à l'usage des États :

Texte consultatif : L'indication « certifié » est une déclaration faite par la personne compétente qui exécute ou supervise le travail, indiquant que la tâche ou le groupe de tâches a été correctement exécuté. La certification se rapporte à une seule étape du processus de maintenance et diffère donc de l'autorisation de remise en service de l'aéronef. Afin de prévenir des omissions, chaque tâche ou groupe de tâches de maintenance devrait être certifié. Pour assurer que la tâche ou le groupe de tâches est achevé, il ne devrait être certifié qu'après l'achèvement. Le travail effectué par un personnel non compétent (c'est-à-dire personnel temporaire, stagiaires, etc.) devrait être vérifié par un personnel autorisé avant d'être certifié. Le groupement de tâches aux fins de la certification devrait être tel que les étapes critiques puissent être clairement identifiées. La ou les procédures de référence, s'il y a lieu, devraient être spécifiées dans le manuel de procédures de maintenance de l'organisme de maintenance agréé.

Compétence en facteurs humains

2.26 *Raison* : Afin d'assurer que les principes de facteurs humains soient efficacement appliqués dans l'organisme, le personnel de maintenance doit être compétent pour appliquer ces principes.

2.27 Une spécification devrait être en place pour établir la compétence du personnel de maintenance, y compris les cadres. La « compétence » devrait inclure la capacité d'appliquer les principes de facteurs humains. Les textes consultatifs et explicatifs devraient spécifier une formation initiale et continue comme moyen d'assurer et de maintenir cette « compétence ». (Voir Chapitre 5 du présent manuel.)

2.28 Les textes ci-après sont suggérés à l'usage des États :

Réglementation : La compétence du personnel qui participe à la gestion de la maintenance et/ou à des audits de qualité doit être établie et contrôlée conformément à une procédure et une norme acceptables pour l'État. En plus des connaissances spécialisées nécessaires en relation avec la fonction de travail, la compétence doit inclure une compréhension de l'application des facteurs humains et des aspects de performance humaine en relation avec la fonction de cette personne dans l'organisme.

Texte consultatif : En ce qui concerne la compréhension de l'application des facteurs humains et des aspects de performance humaine, les personnels de maintenance, de direction et d'audits de qualité devraient être évalués à l'égard de la nécessité de recevoir une formation initiale en facteurs humains, et dans tous les cas tous les personnels de maintenance, de direction et d'audits de qualité devraient recevoir une formation continue. Cela devrait concerner au minimum :

- les titulaires de postes de cadres ou de superviseurs ;
- les techniciens de maintenance, le personnel appelé à certifier, les spécialistes, mécaniciens et ingénieurs ;
- le personnel de soutien technique, par exemple planificateurs, ingénieurs et auteurs de comptes rendus techniques ;
- les personnels ayant des habiletés spéciales, par exemple en soudure et tests non destructifs ;
- le personnel de contrôle de qualité et d'assurance de qualité ;
- les formateurs en facteurs humains ;
- les formateurs techniques ;
- le personnel du service des achats ;
- les opérateurs d'équipements au sol ;
- le personnel contractuel dans les catégories ci-dessus.

Divers

2.29 *Raison* : Pour des raisons d'harmonisation, les définitions devraient être conformes aux normes internationales.

2.30 Les réglementations existantes de l'État devraient inclure les définitions de « principes de facteurs humains » et « performance humaine » reprises de l'Annexe 6.

Appendice C au Chapitre 6

RÉFÉRENCES

Autorités conjointes de l'aviation. *Human Factors in Maintenance Working Group Report*. 2001.

Autorités conjointes de l'aviation. *Joint Aviation Requirement 145: Approved Maintenance Organisations*. 2001.

CAA du Royaume-Uni. *CAP 716: Aviation Maintenance Human Factors (JAA JAR 145)*. 2001.

FAA. *Human Factors Guide for Aviation Maintenance*. (Aussi sur FAA CD-ROM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection: Ten Years of Research and Development*.) 1998.



Chapitre 7

RÉFÉRENCES ADDITIONNELLES

Le présent chapitre inclut des textes utilisés comme informations de base, en sus des références énumérées dans les appendices à chaque chapitre du présent manuel.

Anon. « When the Shift Hits the Fan ». *Flight Safety Australia*. Novembre-décembre 2000.

Australie — Bureau of Air Safety Investigation. *Human Factors in Airline Maintenance: A Study of Incident Reports*. Juin 1997.

Australie — Transport Safety Bureau. *ATSB Survey of Licensed Aircraft Maintenance Engineers in Australia*. Février 2001.

CAA du Royaume-Uni. « CAA Paper 94001: Reliability in Aircraft Inspection: UK and USA Perspectives ». Drury et Lock. Mars 1994.

CAA du Royaume-Uni. *Human Factors and Aircraft Maintenance Handbook*. Numéro 2, mars 1998.

CAA du Royaume-Uni. « Letter to Operators, LTO 1712 ». 1997.

CAA du Royaume-Uni. *Newslink* (communiqué aux mécaniciens de maintenance du Royaume-Uni), Numéro 3, juillet 2000.

Chaplin, A. « Aircraft Maintenance Personnel are Human Too ». Communication à la SMi Conference on Aircraft Maintenance Human Factors, Londres, Royaume-Uni, septembre 2000.

Exécutif santé et sécurité du Royaume-Uni. *Effective Shift Handover — A Literature Review*. Offshore Technology Report No. OTO 96003. Juin 1996.

FAA. « Strategic Program Plan ». Sur FAA CD-ROM *Human Factors in Aviation Maintenance and Inspection: Ten Years of Research and Development*. 1998.

Maurino, D.E. « L'éducation est la clé du programme des facteurs humains élaboré par l'OACI ». *Journal de l'OACI*. Octobre 1990.

OACI. *Facteurs humains. Étude n° 3 — Formation du personnel de l'exploitation en matière de facteurs humains* (Circulaire 227). Montréal, Canada, 1991.

Penny, S. « To Err is Human ». *Aerospace, Royal Aeronautical Society Journal*. Mars 1997.

Réseau mondial d'information aéronautique (GAIN). *Operator's Flight Safety Handbook*. Juin 2000.

Ruitenbergh et Hobbs. *Aviation Resource Management*. Vol. 2. Ashgate, 2000. ISBN 1-84014-974-4.

Saull, J.W. « Reducing Engineering and Maintenance Accidents ». Communication à la SMi Conference on Aircraft Maintenance Human Factors, Londres, Royaume-Uni, septembre 2000.

Saull, J.W. et R.B. Duffey. Aviation « Events Analysis ». Communication présentée au 53^e Annual International Air Safety Seminar, Flight Safety Foundation, International Federation of Airworthiness et International Air Transport Association, New Orleans, octobre 2000.

Saull, J.W. et R.B. Duffey. *Know the Risk*. Butterworth Heineman, 2003.

Tripp, E.G. « Human Factors in Maintenance ». *Business and Commercial Aviation*. Avril 1999.

Wootton, R. « Quality Management Systems in Aircraft Maintenance ». Communication présentée à la 12^e FAA/CAA/TC Human Factors in Maintenance Conference, Londres, Royaume-Uni, mars 1998.

— FIN —

ISBN 978-92-9231-716-4



9 7 8 9 2 9 2 3 1 7 1 6 4