

(2006/043)  
Ex 1

# REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

*Ministère de l'enseignement supérieur et de  
la recherche scientifique*

**Université de SAAD DAHLEB**

**BLIDA**

**Faculté des sciences de l'ingénieur**

**Département D'Aéronautique**



**Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du Diplôme  
D'ingénieur d'Etat en Aéronautique Option: Opérations  
aériennes**

Thème

## Exploitation des enregistreurs de paramètres

**Encadré par :**

**M<sup>r</sup> : DRIOUECHE MOULOU.**

**Présenté par :**

**MOULAY AHMED NABIL**

**BOULEGHALEGH SAADEDDINE**

**Promotion: 2005/2006**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ

الرَّحِيمِ

# **SOMMAIRE**

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Résumé**

**Abréviations**

**Introduction générale**

## **CHAPITRE I : EVOLUTIONS DES ENREGISTREURS DE PARAMETRES**

<b>I.1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2 L'évolution des enregistreurs de paramètres .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2.1 Enregistreurs à bandes magnétiques.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2.2 Boîtier d'acquisition.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2.3 Enregistreurs à mémoires statiques.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.4 Enregistreurs non protégés.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3 Chaînes d'acquisition de paramètres.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.1 Principe de fonctionnement du calculateur d'acquisition.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.2 Documents de décodage .....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.3 Décodage d'un paramètre .....</b>	<b>7</b>
<b>I.4 Vérification du fonctionnement du système d'enregistrement.....</b>	<b>8</b>
<b>I.4.1 Vérification des paramètres enregistrés .....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1.1 Objectif.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1.2 Méthode.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.2 Contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition.....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.2.1 Objectif.....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.2.2 Procédure de contrôle d'étalonnage.....</b>	<b>11</b>
<b>I.4.2.2.1 Génération des valeurs de référence .....</b>	<b>12</b>
<b>I.4.2.2.2 Contrôle de la valeur en sortie.....</b>	<b>12</b>
<b>I.4.2.2.3 Exemple.....</b>	<b>13</b>

## CHAPITRE II : REGLEMENTATION DES ENREGISTREURS DE PARAMETRES

<b>II.1 Introduction à la réglementation</b> .....	14
<b>II.2 REGLEMENTATION OACI (Annexe 6, première partie)</b> .....	14
<b>II.2.1 Introduction</b> .....	14
<b>II.2.2 Enregistreur de données de vol</b> .....	15
<b>II.2.2.1 Spécifications générales</b> .....	15
<b>II.2.2.2 Paramètres à enregistrer</b> .....	15
<b>II.2.2.2.1 Enregistreurs de données de vol Type I</b> .....	15
<b>II.2.2.2.2 Enregistreurs de données de vol Type II</b> .....	16
<b>II.2.2.2.3 Renseignements supplémentaires</b> .....	16
<b>II.2.3 Enregistreur de conversations de poste de pilotage</b> .....	16
<b>II.2.3.1 Spécifications générales</b> .....	16
<b>II.2.3.2 Spécifications de performances</b> .....	18
<b>II.2.3.3 Renseignements supplémentaires</b> .....	19
<b>II.2.4 Étalonage du système d'enregistrement des données de vol</b> .....	20
<b>II.3 JAR OPS 1 et OPS 1</b> .....	21
<b>II.3.1 Règles d'emport des enregistreurs et nature des données à enregistrer</b> .....	21
<b>II.3.2 Exploitation avec un enregistreur réglementaire hors service</b> .....	21
<b>II.3.3 Programme de sécurité des vols</b> .....	22
<b>II.3.4 Documentation de décodage des enregistreurs</b> .....	23
<b>II.4 La réglementation française</b> .....	23
<b>II.4.1 Fascicule P-44-41</b> .....	23
<b>II.4.2 Lettre du SFACT du 4 août 1989</b> .....	24
<b>II.4.3 Code l'Aviation Civile - Livre VI</b> .....	24
<b>II.5 La réglementation américaine</b> .....	24
<b>II.6-Comparatif des exigences réglementaires</b> .....	25
<b>II.6.1 Programme d'analyse des paramètres enregistrés</b> .....	25
<b>II.6.2 Inspection de l'enregistrement des paramètres</b> .....	26
<b>II.6.3 Contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition de l'enregistreur</b> .....	28
<b>II.6.4 Documentation dont l'exploitant est responsable</b> .....	29

## **CHAPITRE III : PROCEDURES D'INSTALLATION ET DE CALIBRAGE DES FDR**

<b>III.1 Définitions.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.1 Étalonnage.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.2 Corrélation.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.3 Données analogiques.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.4 Données numériques.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.5 Essai.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.6 Simulation.....</b>	<b>32</b>
<b>III.1.7 Stimulation.....</b>	<b>32</b>
<b>III.2 Essais de vérification de l'installation.....</b>	<b>32</b>
<b>III.2.1 Installation initiale du FDR.....</b>	<b>33</b>
<b>III.2.1.1 Essais au sol.....</b>	<b>33</b>
<b>III.2.1.2 Essais en vol.....</b>	<b>34</b>
<b>III.2.2. Installations subséquentes du FDR.....</b>	<b>36</b>
<b>III.2.2.1 Essais au sol.....</b>	<b>36</b>
<b>III.2.2.2 Essais en vol.....</b>	<b>36</b>
<b>III.3 Paramètres complémentaires ou signaux discrets ou les deux.....</b>	<b>36</b>
<b>III.4 Documentation.....</b>	<b>37</b>

## **CHAPITRE IV : ANALYSE DES VOLS À AIR ALGERIE**

<b>IV.1 Introduction .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.2 Équipements de lecture et d'analyse au sol .....</b>	<b>39</b>
<b>IV.3 L'équipe d'analyse des données de vol.....</b>	<b>40</b>
<b>IV.3.1 Chef d'équipe.....</b>	<b>40</b>
<b>IV.3.2 Interprète des données relatives aux opérations aériennes .....</b>	<b>41</b>
<b>IV.3.3 Interprète des données techniques .....</b>	<b>41</b>
<b>IV.3.4 Représentant des équipages de conduite .....</b>	<b>41</b>
<b>IV.3.5 Assistant d'ingénierie et de soutien technique .....</b>	<b>41</b>
<b>IV.3.6 Coordonnateur de la sécurité aérienne.....</b>	<b>42</b>
<b>IV.3.7 Agent chargé de la gestion et du fonctionnement du programme.....</b>	<b>42</b>

<b>IV.4</b> Etapes d'analyse des données de vol.....	42
<b>IV.4.1</b> Récupération des données.....	42
<b>IV.4.2</b> l'analyse automatique.....	42
<b>IV.4.3</b> l'analyse manuelle.....	43
<b>IV.5</b> Conditions d'efficacité des programmes d'analyse des données.....	46
<b>IV.5.1</b> Protection des renseignements FDA.....	46
<b>IV.5.2</b> La confiance : un élément essentiel.....	46
<b>IV.5.3</b> Nécessité d'une culture de la sécurité.....	47
<b>IV.6</b> Avantages des programmes d'analyses des données de vol.....	48
<b>IV.6.1</b> Vérification des enregistrements.....	48
<b>IV.6.2</b> Le suivi des performances des avions.....	49
<b>IV.6.3</b> La maintenance et le maintien de la navigabilité.....	52
<b>IV.6.3.1</b> La dégradation des moteurs.....	53
<b>IV.6.3.2</b> La dégradation des performances aérodynamiques de la cellule.....	53
<b>IV.6.4</b> Analyse intégrée de la sécurité.....	53
<b>IV.6.5</b> Enquêtes sur les incidents.....	54
<b>IV.6.4.1</b> Exemple.....	54
<b>IV.6.6</b> Statistiques et dérivés des données.....	58
<b>IV.6.7</b> Analyse des vols et retour d'expérience.....	59

**Conclusion générale**

**Liste des tables et figures**

**Les annexes**

**Bibliographie**

# **REMERCIEMENTS**

*Ce travail a été effectué au service d'analyse des vols à Air Algérie, sous la direction de notre promoteur Mr : **DRIOUCHE Mouloud**, qui nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance, pour l'attention et l'aide permanente qu'il a manifesté et pour la confiance qu'il a fait preuve à notre égard.*

*Notre profond respect et remerciements aux personnels du bureau de sécurité des vols à Air Algérie en particulier Mr : **K.Abdelnour** et Mr : **A.Hichem** et Mlle : **Zoubida**.*

*Nous adressons, également nos sincères remerciements à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin.*

*Enfin, nous présentons notre remerciement les plus distingués et nos salutations les plus chaleureuses à l'ensemble des enseignants de l'I.A.B, spécialement à ceux qui ont acceptés d'être membres de juré.*

# DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents qui m'ont encouragé le long de mes études et soutenu par leur amour et leur tendresse.*

*A mes frères.*

*A mes sœurs.*

*Et a toutes la famille BOULEGHALEGH.*

*A MON binôme Nabil.*

*A tous mes fidèles amis.*

*A tous ce que j'ai connu, et qui me mon soutenus et que me sont chers.*

*B.SAADEDDINE*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ma Très chère mère.*

*A mon très cher père.*

*A mes frères.*

*A ma sœur.*

*Et a toutes la famille MOULAY.*

*A MON cher binôme Saadeddine.*

*A tous mes fidèles amis.*

*A tous ce que j'ai connu, et qui me mon soutenus et que me sont chers.*

*M.AHMED NABIL*

## **Français**

**Résumé :** Ce travail consiste à présenter l'importance des enregistreurs de vols et l'analyse des données de vol, cette pratique relativement nouvelle mais très importante, d'une part pour la prévention des accidents, et d'autre part pour l'amélioration de la qualité des opérations aériennes.

## **Anglais**

**Abstract:** This work consists in presenting the importance of the flight recorders and the flights data analysis, this relatively new practice, but very significant on the one hand for the prevention of the accidents, and on the other hand for the improvement of the quality of the air operations.

## **Arabe**

ملخص هذا العمل موجه لتوضيح ضرورة استقلال مسجلات معطيات الطيران. هذا العمل جديد نسبيا ولكن له أهمية كبيرة من جهة في التحقيق والوقاية من الحوادث وتصميم العمليات الجوية من جهة أخرى.

## Les abréviations

<b>A/D</b>	Aérodrome.
<b>AESA</b>	Agence européenne de la sécurité aérienne
<b>AMC</b>	Moyens acceptables de conformité
<b>ARINC</b>	Aeronautical Radio Incorporated
<b>AGS</b>	Analysis ground station
<b>ATC</b>	Contrôle de la circulation aérienne
<b>ATS</b>	Services de la circulation aérienne
<b>ATIS</b>	Service automatique d'information de région terminale.
<b>BCD</b>	Binary Coded Decimal
<b>BEA</b>	Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile.
<b>CAA</b>	Civil Aviation Authority (Royaume-Uni)
<b>CASA</b>	Civil Aviation Safety Authority (Australie)
<b>CDN</b>	Certificat de navigabilité
<b>CVR</b>	Enregistreur phonique
<b>DAC</b>	Direction de l'Aviation Civile
<b>DAR</b>	Direct Access Recorder
<b>DFL</b>	Grille de décodage
<b>DGAC</b>	Direction Générale de l'Aviation Civile
<b>DMU</b>	Data Management Unit
<b>DME</b>	Distance measuring equipment.
<b>ED</b>	EUROCAE Document
<b>EGT</b>	Exhaust Gaz Temperature
<b>EMI</b>	Interférence électromagnétique
<b>EUROCAE</b>	European Organisation for Civil Aviation Equipment
<b>FAA</b>	Federal Aviation Administration (Etats-Unis)
<b>FAR</b>	Federal Aviation Regulations.
<b>FDA</b>	Flight data analysis.
<b>FDAU</b>	Calculateur d'acquisition de données
<b>FDR</b>	Enregistreur de paramètres
<b>FL</b>	Niveau de vol
<b>FQTY_TO</b>	Fuel quantity at take-off.
<b>FBURN</b>	Fuel burn.
<b>FQTY_LDG</b>	Fuel quantity at landing.
<b>GPWS</b>	Avertisseur de proximité du sol
<b>G</b>	La gravité.
<b>GW_TO</b>	Gross weight at take-off.
<b>IRS</b>	Inertial Reference System
<b>ILS</b>	Instrument landing system.
<b>JAA</b>	Joint Aviation Authorities
<b>JAR</b>	Joint Airworthiness Requirements

<b>KT</b>	Noeuds
<b>LOSA</b>	Audit de sécurité en service de ligne [Line Operations Safety Audit]
<b>LRU</b>	Line Replaceable Units.
<b>M</b>	Nombre de mach
<b>MOPS</b>	Minimum Operational Performance Specifications
<b>NTSB</b>	National Transportation Safety Board (Etats-Unis)
<b>OACI</b>	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
<b>PAPI</b>	Indicateur de trajectoire d'approche de précision.
<b>PCM CIA</b>	Personal Computer Memory Card International Association
<b>PNT</b>	Personnel navigant technique.
<b>PNC</b>	Personnel navigant commercial.
<b>QAR</b>	Enregistreur de maintenance
<b>SFACT</b>	Service de la Formation Aéronautique et du Contrôle Technique
<b>SOP</b>	Procédures d'exploitation normalisées [Standard Operating Procedures]
<b>SSCVR</b>	Solid State Cockpit Voice Recorder
<b>SSFDR</b>	Solid State Flight Data Recorder
<b>T</b>	Température
<b>VOR</b>	Visual omni range.

**INTRODUCTION**  
**GENERALE**

**INTRODUCTION :**

Les lectures d'enregistreurs de paramètres, qu'elles soient faites, mettent régulièrement en évidence différents problèmes (non possession de la documentation par l'exploitant, fourniture de documents incomplets, erronés ou périmés) qui retardent parfois significativement la validation des travaux.

Pourtant l'obtention rapide de données complètes et précises à la suite d'un accident ou d'un incident s'avère souvent critique pour l'enquête technique et, partant, pour la sécurité du transport aérien. Les données issues des enregistreurs de paramètres aident à l'identification des causes et à la détermination de mesures de prévention appropriées.

Il n'existe pas de guide ou de document unique relatif à la réglementation des enregistreurs. Plusieurs textes abordent ces aspects, pas toujours de façon cohérente.

L'objectif de notre étude est de présenter l'évolution, la réglementation concernant les enregistreurs des données de vols et l'analyse des données cette dernière pratique est relativement nouvelle mais elle a prouvé une très grande efficacité dans l'amélioration des procédures opérationnelle et la prévention des accidents et par conséquent accroître le niveau de sécurité.

Dans ce cadre général notre étude a porté sur les points suivants :

- Chapitre I : Dans ce premier chapitre on a étudié l'évolution des enregistreurs de paramètres. on a retracé dans un premier temps l'historique avec les anciens enregistreur et ses composants puis étude de la chaîne d'acquisition de paramètres et les documents de décodage, enfin le fonctionnement du système d'enregistrement.
- Chapitre II : Est consacré à la réglementation des enregistreurs de paramètres, concernant la réglementation d'OACI et la réglementation JAR et JAR OPS1 et OPS1 et la réglementation française et la réglementation américaine.

- Chapitre III : Dans ce chapitre on a parlé sur les procédures typiques d'installation de contrôles de système d'appareil d'enregistrement sur bande magnétique de vol.
- Chapitre IV : est consacré à l'analyse des données à air Algérie on a parlé des équipement nécessaire à la lecture des données puis l'équipe nécessaire pour l'analyse de vol, les étapes d'analyse, les conditions d'efficacité des programmes d'analyse des données et les avantages de l'analyse des données.

# Chapitre I

## Evolution des enregistreurs de paramètres

**I.1 Introduction :**

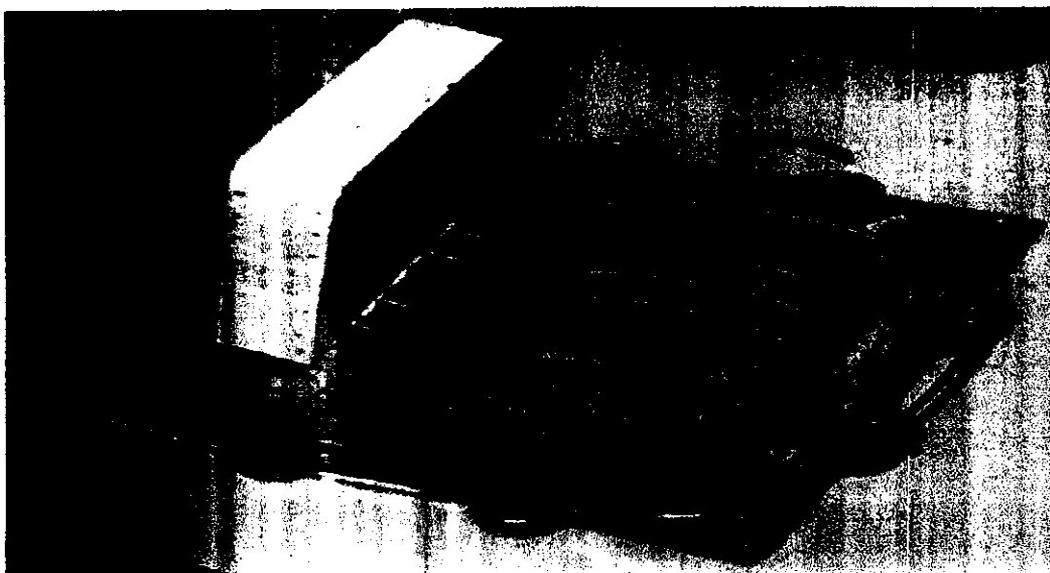
Les enregistreurs de vol, habituellement appelés « boîtes noires » par la presse, sont deux équipements permettant d'enregistrer des informations sur le vol. L'enregistreur de paramètres enregistre divers paramètres de vols, l'enregistreur phonique ou de conversations enregistre l'environnement sonore du poste de pilotage. Notre étude se limitera aux enregistreurs de paramètres.

**I.2 L'évolution des enregistreurs de paramètres :**

Les premiers efforts de la communauté aéronautique pour créer un équipement qui résiste aux accidents (impact et feu) remontent aux débuts de l'aviation civile commerciale. Mais ce n'est qu'en 1958 que les autorités mondiales de l'aviation civile ont imposé une spécification minimum pour un enregistreur de vol destiné aux enquêtes techniques.

Au début des années 60, les premiers avions commerciaux à réaction (Boeing 707, DC8, Caravelle) sont équipés d'un enregistreur de paramètres FDR (Figure II-1). Ces enregistreurs sont constitués de stylets mécaniques qui gravent une fine feuille métallique. L'enregistreur « métallique » élabore lui-même les paramètres en prenant comme données d'entrée les capteurs de base de l'avion (accéléromètres, pression pitot, etc.).

A peu près à la même époque, une technologie équivalente consiste à remplacer la feuille de métal par un film photosensible et les stylets par des rayons lumineux. C'est l'enregistreur photographique. Ces équipements n'enregistrent qu'un nombre limité de paramètres fondamentaux, cinq ou six en général (cap magnétique, vitesse, etc.).



**Figure I-5 : Intérieur d'un enregistreur « Solid State ».**

#### **I.2.4 Enregistreurs non protégés :**

La création du boîtier d'acquisition a également permis le développement de ce qui est communément appelé « analyse systématique des vols ». En effet, l'enregistreur de paramètres était jusqu'alors le seul calculateur à contenir des valeurs enregistrées, et il n'était généralement utilisé qu'en cas d'accident. Désormais, les données élaborées par le boîtier d'acquisition peuvent être dérivées vers d'autres enregistreurs.

Il s'agit d'enregistreurs non protégés, dont le support d'enregistrement (cassette magnétique, disque magnéto-optique ou carte mémoire) est prévu pour être retiré et remplacé rapidement. L'accès au support d'enregistrement est situé soit directement dans le poste de pilotage soit en soute électronique.

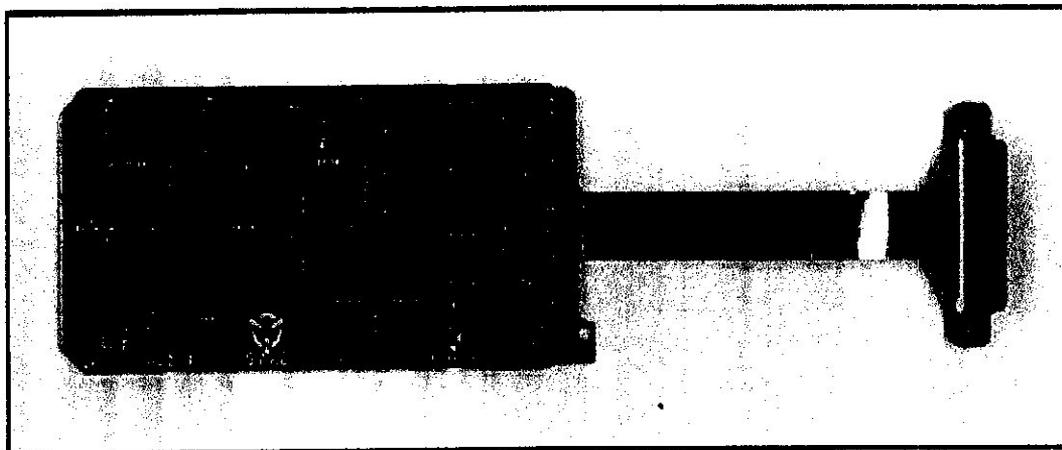
Le Quick Access Recorder (QAR) enregistre en général exactement les mêmes données que le FDR ; le calculateur d'acquisition alimente à la fois le FDR et le QAR. Néanmoins les modèles récents de QAR comportent en plus des entrées compatibles avec les bus avions standards (ARINC 429) et peuvent acquérir ainsi des paramètres supplémentaires.

**I.2.3 Enregistreurs à mémoires statiques :**

A partir de 1985 environ, l'évolution des technologies numériques amène le remplacement du support magnétique par une carte mémoire Figure(II-3), à base de mémoires non volatiles de type FLASH, d'où l'appellation de SSFDR pour « Solid State Flight Data Recorder ». L'enregistrement sur un support numérique apporte une fiabilité de restitution nettement supérieure à l'enregistrement sur bande magnétique.

La miniaturisation de la capacité mémoire a permis d'augmenter le nombre de paramètres enregistrés (plusieurs centaines), les fréquences d'échantillonnage ou la durée d'enregistrement (certains modèles offrent une capacité d'enregistrement de cinquante heures ou plus).

L'enregistreur phonique a bénéficié lui aussi de cette évolution technologique, avec non seulement l'enregistrement du son en format numérique mais aussi une durée d'enregistrement pouvant être portée à deux heures (contre une demi-heure pour les CVR à bande magnétique).



**Figure I-4 : Carte mémoire d'un enregistreur « Solid State »**



**Figure I-3 : Intérieur d'un enregistreur magnétique.**

### **I.2.2 Boîtier d'acquisition :**

Le besoin de disposer de plus en plus de paramètres ainsi que l'apparition des technologies numériques ont rendu progressivement obsolète le principe selon lequel l'enregistreur reçoit l'information des capteurs et calcule lui-même les valeurs des paramètres à enregistrer.

Un nouveau calculateur de bord a alors été chargé de la collecte des paramètres à enregistrer : c'est le calculateur d'acquisition de données appelé Flight Data Acquisition Unit (FDAU), Flight Data Interface Unit (FDIU) ou Flight Data Acquisition Card (FDAC). Ce calculateur ordonne les données ensuite envoyées à l'enregistreur de paramètres, qui se limite désormais à la fonction d'enregistrement.

**Remarque :** la programmation du FDAU peut être modifiée par l'exploitant.

Il faut cependant noter que le boîtier d'acquisition équipe principalement les gros avions de transport public. Pour les avions de masse plus faible, la fonction d'acquisition des données reste souvent réalisée par l'enregistreur de paramètres.

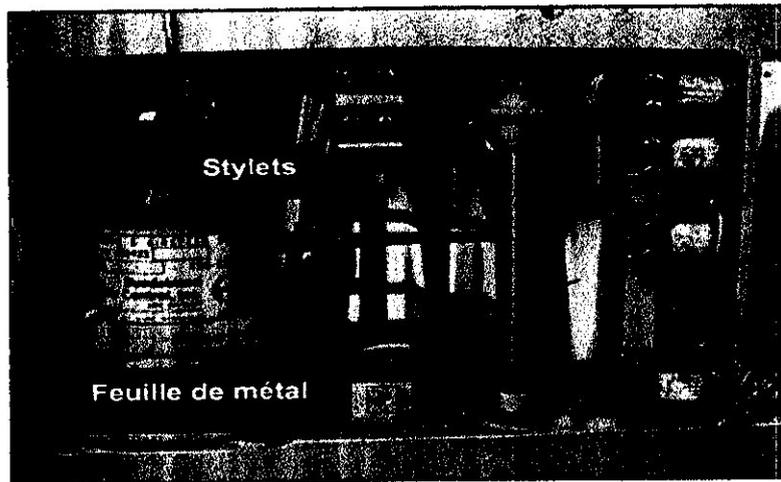


Figure I-1 : Enregistreur métallique.

### I.2.1 Enregistreurs à bandes magnétiques :

Dès 1965, l'enregistreur de type métallique ou photographique s'avère insuffisant pour les besoins des enquêtes et la technologie de l'enregistrement magnétique (Figure-I.2-) permet d'une part l'invention de l'enregistreur de conversation, d'autre part l'augmentation progressive du nombre de paramètres enregistrés par le FDR.

Sur les nouveaux FDR, les paramètres ne sont plus enregistrés en continu ; ils sont d'abord échantillonnés, numérisés et multiplexés à l'intérieur d'une trame numérique d'une seconde, puis cette trame numérique est enregistrée sur la bande magnétique sous forme de signaux élémentaires codant des 0 et des 1. D'où l'appellation de DFDR pour Digital Flight Data Recorder.

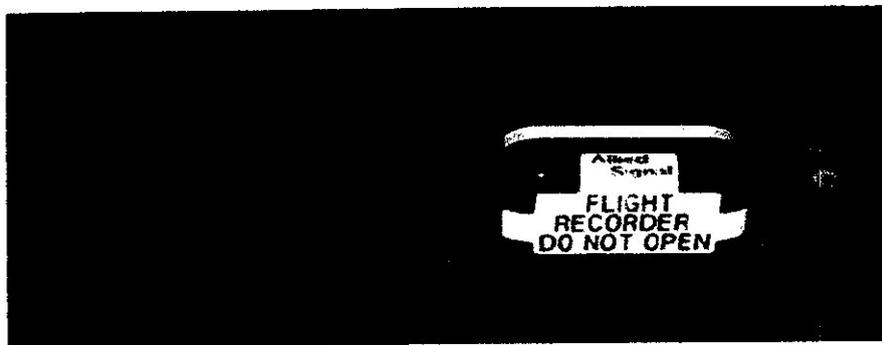


Figure I-2 : Vue d'extérieur d'un enregistreur de paramètres

Le Direct Access Recorder (DAR) reçoit ses données du Data Management Unit (DMU) qui peut être programmé à la fois pour les paramètres à enregistrer (sélection des paramètres et des fréquences d'échantillonnages) et pour son mode d'enregistrement (enregistrement périodique ou déclenché par certains événements, tels des dépassements de seuil).

Ces enregistreurs sont utilisés pour la maintenance, la recherche de pannes et l'analyse systématique des vols.

### **I.3 Chaînes d'acquisition de paramètres :**

#### **I.3.1 Principe de fonctionnement du calculateur d'acquisition :**

Le calculateur d'acquisition centralise et met en forme les informations issues des différents capteurs, instruments et calculateurs de bord puis les transmet à l'enregistreur de paramètres par une liaison numérique dédiée (liaison série ARINC 573 ou 717).

Le boîtier d'acquisition est programmé pour ordonner le flux continu de données vers l'enregistreur de paramètres. Il effectue le séquençage temporel des différents paramètres (position dans le flux de données) et leur codage numérique (conversion mathématique de la valeur physique du paramètre vers le format enregistré).

#### **I.3.2 Documents de décodage :**

Les documents de décodage (appelés aussi grilles de décodage) de l'enregistreur de paramètres sont liés au système d'enregistrement. Ils réunissent:

- La méthode de programmation du système d'acquisition (position des paramètres, nombre de bits sur lequel chaque paramètre est codé, type et méthode de codage) ;

- les fonctions de conversion applicables aux valeurs numériques enregistrées pour restituer la valeur physique mesurée ou calculée du paramètre. Pour chaque paramètre, la fonction de conversion est vérifiée par un étalonnage de sa chaîne de mesure et d'acquisition, comme détaillé plus loin.

Ces documents sont complétés par les comptes-rendus de contrôle d'étalonnage des paramètres réglementaires.

### **I.3.3 Décodage d'un paramètre :**

Le fichier mis en forme par le système d'acquisition est un fichier binaire séquencé en cycles de quatre secondes. Chaque cycle est lui-même divisé en quatre sous-cycles d'une seconde chacun.

Chaque sous cycle est divisé en fonction de la technologie de l'enregistreur en 64, 128, 256 ou 512 « mots » de douze bits chacun (le bit est l'unité de base binaire correspondant à un 0 ou un 1). (Figure I.6).



**I.4.1 Vérification des paramètres enregistrés :****I.4.1.1 Objectif :**

La vérification des paramètres dans l'enregistrement du FDR permet d'évaluer le fonctionnement général du système d'enregistrement, ainsi que la qualité des documents de décodage. La vérification est également appelée inspection dans certains textes réglementaires.

**I.4.1.2 Méthode :**

Pour être efficace, la vérification doit porter sur l'enregistrement du FDR à l'exclusion de tout autre support (QAR, DAR). L'ensemble des données enregistrées peut être copié pour analyse et être converti en unités techniques [Par unité technique (engineering unit), on entend l'unité dans laquelle on exprime la grandeur représentée par le paramètre (si par exemple ce paramètre est l'altitude pression, son unité technique est le pied)].

À l'aide d'un logiciel de décodage, ce dernier doit être programmé conformément aux documents de décodage.

La vérification peut inclure les étapes suivantes :

- vérification que l'enregistrement de chaque paramètre réglementaire se fait bien à l'emplacement indiqué par la grille de décodage.
- évaluation pour chaque paramètre réglementaire de la validité de sa fonction de conversion, en observant sa plage de valeur opérationnelle.
- évaluation de la cohérence de l'évolution des paramètres dans plusieurs phases du vol.
- vérification que l'enregistrement ne contient pas une zone longue ou cyclique de données illisibles ;
- vérification que la structure chronologique de l'enregistrement est correcte.

**I.4.2 Contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition :****I.4.2.1 Objectif :**

Afin de garantir la qualité d'enregistrement des données, évaluée en comparant la valeur du paramètre en entrée du capteur et la valeur enregistrée, il est impératif de procéder pour chaque paramètre à l'étalonnage de sa chaîne de mesure et d'acquisition. Ceci pour diverses raisons.

D'une part, les lois de conversion théoriques fournies par le constructeur résultent des essais réalisés sur le prototype et par conséquent ne correspondent pas nécessairement à un avion précis.

D'autre part, il existe plusieurs causes possibles de dérèglement de la chaîne de mesure :

- le vieillissement du capteur dans un environnement favorisant les dégradations (eau, variations de température et de pression, etc.) peut amener une dérive par rapport à l'étalonnage initial ;
- la dérivation d'une source analogique (potentiomètre, synchro transmetteur) vers un utilisateur supplémentaire peut modifier les caractéristiques électriques du signal transmis, en termes d'amplitude et de déphasage ;
- le démontage/remontage d'éléments mécaniques peut dérégler le calage de référence de certains capteurs, lors notamment de grandes visites de maintenance ou d'un retrofit du système FDR.

Enfin, le capteur source pour le système d'enregistrement peut être différent des capteurs alimentant les instruments de bord et les autres systèmes avion, si bien qu'une valeur enregistrée peut présenter des différences avec la valeur utilisée par le système de l'avion. Il en est de même pour les paramètres discrets qui signalent des problèmes inhabituels.

**Remarque :**

Ces problèmes concernent principalement les avions d'ancienne génération. Dans le cas des avions les plus récents, les paramètres sont généralement numérisés et

utilisés par plusieurs systèmes, dont l'unité d'acquisition de l'enregistreur, ce qui facilite la détection d'anomalies.

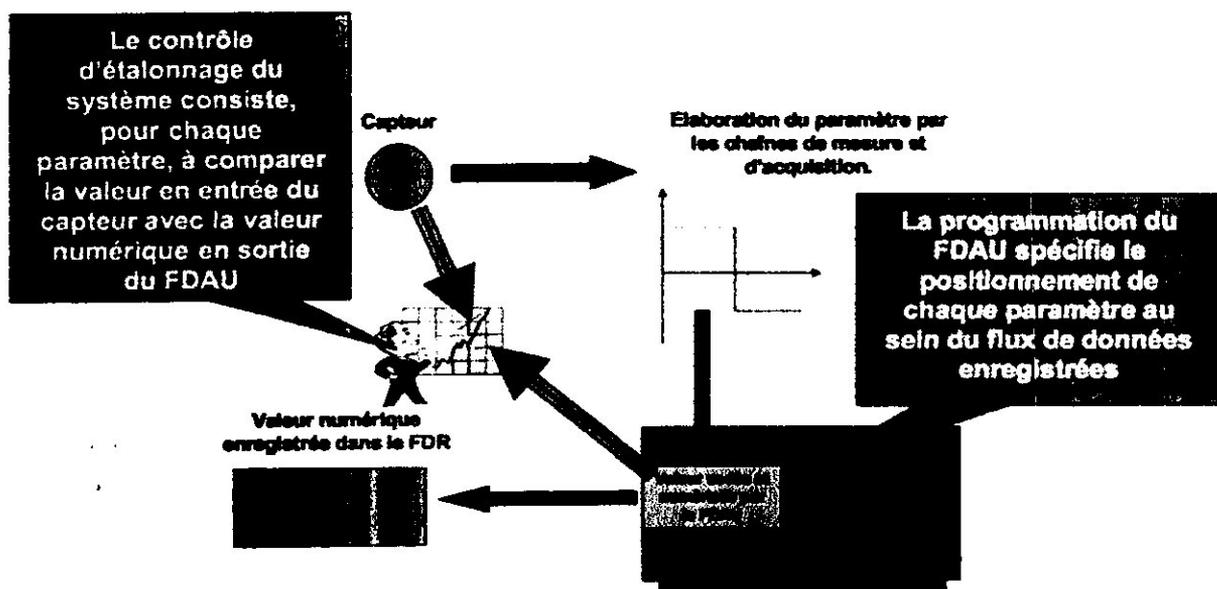
Lorsqu'un écart supérieur aux tolérances est relevé entre les valeurs nominales d'entrée et les valeurs enregistrées, deux actions sont possibles suivant la nature du problème :

- remplacement ou réparation de l'élément défaillant ;
- modification de la fonction de conversion dans le document de décodage.

Les paramètres discrets qui signalent une situation inhabituelle (GPWS Warning, Stick Shaker, Mach Warning, Engine Fire, etc.) ne sont pas actifs lors d'un vol normal et n'apparaissent pas sur l'enregistrement du FDR. L'inspection de l'enregistrement n'est donc pas suffisante, il faut tester spécifiquement le bon enregistrement de ces paramètres discrets. La procédure décrite ci-dessous semble la mieux adaptée dans ce cas.

**I.4.2.2 Procédure de contrôle d'étalonnage :**

L'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition de paramètres consiste à générer des valeurs de référence en entrée des capteurs et à relever les valeurs des paramètres correspondants en sortie du boîtier d'acquisition (ou directement sur l'enregistreur si celui-ci effectue lui-même l'acquisition des paramètres).



**Figure I-7 : Schéma de principe du contrôle d'étalonnage d'une chaîne de mesure.**

**I.4.2.2.1 Génération des valeurs de référence :**

La génération des valeurs de référence peut s'effectuer par l'une des méthodes suivantes :

- l'activation du capteur. On peut distinguer :

La « stimulation » d'un capteur qui consiste à lui appliquer des entrées physiques (exemple : application d'une pression calibrée sur la prise statique)

La « simulation » du capteur qui consiste à reproduire les signaux électriques en sortie du capteur. Cette méthode est utilisée lorsque la stimulation est trop complexe à mettre en œuvre (exemple : température moteur, alarme).

- L'utilisation de la fonction d'auto test qui existe sur certains systèmes comme les centrales à inertie (IRS). Cette fonction commande en interne l'alignement sur des valeurs de référence ;
- Lorsqu'il n'existe pas de test interne ou d'instrument étalon et que le capteur alimentant la chaîne d'enregistrement alimente également les indicateurs dans le poste de pilotage, l'utilisation des valeurs disponibles sur les instruments.

**I.4.2.2.2 Contrôle de la valeur en sortie :**

Pour contrôler les valeurs de chaîne d'acquisition, il suffit de connecter au boîtier un système de lecture compatible qui calcule en temps réel les valeurs des paramètres converties suivant la grille de décodage.

## 1.4.2.2.3 Exemple :

Contrôle d'étalonnage pour le paramètre « position gouverne de gauchissement ».

Position réelle calibrée avec un clinomètre (degrés)	Valeur brute en sortie du système d'acquisition	Valeur convertie suivant la grille de décodage standard (degrés)	Erreur de la chaîne d'acquisition (degrés)
+ 25,5 (butée droite)	2 880	+ 25,2	- 0,3
+ 15	2 545	+ 15,1	+ 0,1
0	2 065	0,5	+ 0,5
- 15	1 603	- 13,4	+ 1,6
- 25	1 246	- 24,3	+ 0,7
Erreur maximale acceptée : + / - 2° Source : annexe 1 à l'AMC OPS 1.720 1.725, Tableau A			Résultat : précision satisfaisante

Tableau I-1 : Exemple du contrôle d'étalonnage

L'étalonnage de l'ensemble des chaînes de mesure n'est pour l'instant effectué que par le constructeur avant la livraison de l'avion.

Chapitre II  
Règlementation des enregistreurs  
de paramètres

**II.1 Introduction à la réglementation :**

Les informations réglementaires portant sur les enregistreurs de paramètres et sur leurs documents de décodage sont dispersées dans différents textes. Au niveau de l'OACI, elles figurent principalement dans les Annexes 6 (huitième édition, juillet 2001) et 13, et pour les avions au niveau européen dans le JAR OPS 1, transposé dans l'arrêté du 12 mai 1997 (OPS 1).

L'EUROCAE produit également des documents relatifs aux enregistreurs auxquels différents textes réglementaires font référence.

**II.2 Réglementation OACI (Annexe 6, première partie) :**

L'Annexe 6 à la Convention relative à l'aviation civile internationale porte sur l'exploitation technique des aéronefs.

Ce document comprend trois parties. La première est consacrée aux avions effectuant du transport commercial international ; les dispositions relatives aux enregistreurs de bord figurent dans son supplément D.

**II.2.1 Introduction :**

Les dispositions du présent supplément s'appliquent aux enregistreurs de bord destinés à être installés sur des avions affectés à la navigation aérienne internationale. Il existe deux types d'enregistreurs de bord: les enregistreurs de données de vol et les enregistreurs de conversations de poste de pilotage.

Les enregistrements de données de vol sont du Type I ou du Type II, selon le nombre des paramètres à enregistrer.

**II.2.2 Enregistreur de données de vol :**

**II.2.2.1 Spécifications générales :**

- L'appareil doit enregistrer de manière continue pendant tout le «temps de vol».
- Le boîtier de l'enregistreur doit présenter les caractéristiques suivantes:
  - il doit être peint d'une couleur distinctive, orange ou jaune;
  - il doit porter des marques réfléchissantes destinées à faciliter son repérage;
  - il doit être doté d'un dispositif de repérage à déclenchement automatique sous l'eau, solidement attaché.
- L'installation de l'enregistreur doit répondre aux conditions ci-après:
  - le risque d'endommagement de l'enregistrement doit être le plus faible possible. Afin de satisfaire à cette condition, l'enregistreur devrait être installé le plus possible à l'arrière. Dans le cas d'un avion pressurisé, il devrait être placé au voisinage de la cloison étanche arrière;
  - l'alimentation électrique doit provenir d'une barre omnibus assurant à l'enregistreur la plus grande fiabilité de fonctionnement, sans compromettre l'alimentation de circuits essentiels ou de circuits de secours;
  - un dispositif sonore ou visuel permettra de vérifier avant le vol si l'enregistreur fonctionne correctement.

**II.2.2.2 Paramètres à enregistrer :**

**II.2.2.2.1 Enregistreurs de données de vol Type I :**

Ces enregistreurs devront pouvoir enregistrer, selon l'avion, au moins les trente-deux paramètres de l'annexe 1. Toutefois, d'autres paramètres peuvent être introduits, compte tenu du type de l'avion et des caractéristiques de l'équipement d'enregistrement.

**II.2.2.2 Enregistreurs de données de vol Type II :**

Ces enregistreurs devront pouvoir enregistrer, selon l'avion, au moins les 15 premiers paramètres de l'annexe 1. Toutefois, d'autres paramètres peuvent être introduits, compte tenu du type de l'avion et des caractéristiques de l'équipement d'enregistrement.

**II.2.2.2.3 Renseignements supplémentaires :**

La plage de mesure, l'intervalle d'enregistrement et la précision des paramètres sur l'équipement installé sont habituellement vérifiés au moyen de méthodes approuvées par l'autorité compétente en matière de certification.

Le constructeur fournit habituellement à l'autorité nationale en matière de certification les renseignements ci-après sur l'enregistreur de données de vol:

- mode d'emploi établi par le constructeur, limites d'emploi de l'équipement et procédures d'installation;

- origine ou source des paramètres et équations reliant les comptages aux unités de mesure;

- comptes rendus d'essais du constructeur.

L'exploitant fournit habituellement des courbes d'erreur de position pour les paramètres pitot-prise statique, à divers angles d'incidence et de dérapage, pour l'étalonnage et le dépouillement des enregistrements.

**II.2.3 Enregistreur de conversations de poste de pilotage :****II.2.3.1 Spécifications générales :**

L'enregistreur doit être conçu de manière à enregistrer au moins les éléments suivants:

- communications verbales émises ou reçues par radio à bord de l'avion;
- ambiance sonore du poste de pilotage;
- communications verbales échangées sur le système d'interphone de bord entre les membres de l'équipage de conduite, dans le poste de pilotage;

- signaux verbaux ou acoustiques identifiant une aide de navigation ou une aide d'approche et entendus dans l'écouteur de casque ou le haut-parleur;
- communications verbales des membres de l'équipage de conduite sur le système de sonorisation de bord, lorsqu'un tel système existe;
- communications numériques avec l'ATS, sauf si elles sont enregistrées sur l'enregistreur de données de vol.

Le boîtier de l'enregistreur doit présenter les caractéristiques suivantes:

- il doit être peint d'une couleur distinctive, orange ou jaune;
- il doit porter des marques réfléchissantes destinées à faciliter son repérage;
- il doit être doté d'un dispositif de repérage à déclenchement automatique sous l'eau, solidement assujetti

Afin d'aider à distinguer les voix et les bruits, les microphones installés dans le poste de pilotage doivent être placés dans la position optimale pour l'enregistrement des communications verbales émanant des postes pilote et copilote et des communications émanant d'autres membres de l'équipage dans l'habitacle, lorsqu'elles sont adressées aux postes précités. Cette condition peut être remplie au mieux en branchant des microphones suspendus de manière qu'ils enregistrent continuellement sur des voies distinctes.

L'installation de l'enregistreur doit répondre aux conditions ci-après:

- \* le risque d'endommagement de l'enregistrement doit être le plus faible possible. Afin de satisfaire à cette condition, l'enregistreur devrait être installé le plus possible à l'arrière. Dans le cas d'un avion pressurisé, il devrait être placé au voisinage de la cloison étanche arrière;
- \* l'alimentation électrique doit provenir d'une barre omnibus assurant à l'enregistreur la plus grande fiabilité de fonctionnement, sans compromettre l'alimentation de circuits essentiels ou de circuits de secours;
- \* un dispositif sonore ou visuel permettra de vérifier avant le vol si l'enregistreur fonctionne correctement;
- \* si l'enregistreur est muni d'un dispositif d'effacement en bloc, l'installation devrait être

conçue de manière à empêcher le fonctionnement du dispositif pendant le «temps de vol» ou en cas d'accident.

### **II.2.3.2 Spécifications de performances :**

L'équipement devra pouvoir enregistrer simultanément sur au moins quatre pistes. Afin d'assurer une synchronisation précise entre les pistes, l'enregistrement se fera selon une présentation en ligne. Si l'on utilise une configuration bidirectionnelle, la présentation en ligne et l'attribution des pistes devraient être conservées dans les deux directions.

L'attribution des pistes doit se faire de préférence comme suit:

**Piste 1** — écouteurs et microphone, ouvert et suspendu, du copilote.

**Piste 2** — écouteurs et microphone, ouvert et suspendu, du pilote.

**Piste 3** — microphone d'ambiance.

**Piste 4** — référence chronologique, écouteurs et microphone ouvert du troisième ou du quatrième membre d'équipage, s'il y a lieu.

**Note 1 :** La piste 1 est la plus proche de la base de la tête d'enregistrement.

**Note 2 :** L'attribution ci-dessus des pistes suppose que l'on utilise des mécanismes classiques actuels de transport de bande; elle est spécifiée parce que les bords de la bande risquent davantage de s'abîmer que la partie axiale. L'intention n'est pas de prévenir l'emploi d'autres supports d'enregistrement qui ne présentent pas le même inconvénient.

Des essais effectués selon des méthodes approuvées par l'autorité compétente en matière de certification devront démontrer que l'enregistreur donne des résultats satisfaisants dans les conditions extrêmes d'environnement pour lesquelles il a été conçu.

Des moyens seront prévus pour assurer une synchronisation précise entre l'enregistreur de données de vol et l'enregistreur de conversations de poste de pilotage.

**Note :** Ce résultat peut être obtenu en superposant le signal chronologique de l'enregistreur de données sur l'enregistreur de conversations.

**II.2.3.3 Renseignements supplémentaires :**

Le constructeur fournit habituellement à l'autorité nationale chargée de la certification les renseignements ci-après sur l'enregistreur de conversations de poste de pilotage:

- mode d'emploi du constructeur, limites d'emploi de l'équipement et procédures d'installation;
- comptes rendus d'essais du constructeur.

Inspections des systèmes d'enregistreurs de données de vol et d'enregistreurs de conversations de poste de pilotage.

Avant le premier vol de la journée, il convient de procéder à une inspection des éléments de test incorporés dans le poste de pilotage pour l'enregistreur de conversations du poste de pilotage, l'enregistreur de données de vol et l'unité d'acquisition de données de vol, lorsqu'ils sont installés.

Des inspections annuelles devraient être conduites comme suit:

- la lecture des données enregistrées tirées de l'enregistreur de données de vol et de l'enregistreur de conversations du poste de pilotage devrait garantir que ces enregistreurs ont bien fonctionné pour la durée nominale de l'enregistrement.

- l'analyse de l'enregistreur de données de vol devrait comporter une évaluation de la qualité des données enregistrées pour déterminer si le taux d'erreurs sur les bits est dans les limites acceptables et pour déterminer aussi la nature et la répartition des erreurs;

- les données d'un vol complet recueillies sur l'enregistreur de données de vol devraient être examinées sous forme d'unités techniques dans le but d'évaluer la validité de tous les paramètres enregistrés. Au cours de l'examen, il faudrait accorder une attention particulière aux paramètres mesurés par les capteurs reliés en exclusivité à l'enregistreur de données de vol.

II. n'est pas nécessaire d'examiner les paramètres concernant le système de barres omnibus électriques de l'avion si leur état peut être contrôlé au moyen d'autres systèmes de bord;

- l'unité de lecture devrait être dotée des logiciels nécessaires pour convertir de façon

précise les valeurs enregistrées en unités techniques et pour déterminer l'état des signaux discrets;

- un examen annuel du signal enregistré sur l'enregistreur de conversations du poste de pilotage devrait être effectué au moyen d'une relecture de l'enregistrement. Lorsqu'il est installé dans l'aéronef, l'enregistreur de conversations devrait enregistrer les signaux d'essai provenant de chaque source de l'aéronef et des sources extérieures pertinentes, pour s'assurer que tous les signaux nécessaires répondent aux normes d'intelligibilité;

- si possible, durant l'examen annuel, un échantillon des enregistrements en vol de l'enregistreur de conversations du poste de pilotage devrait être examiné pour s'assurer que l'intelligibilité du signal est acceptable.

Un système d'enregistreurs de bord devrait être considéré comme hors d'état de fonctionnement s'il y a une période significative de données de mauvaise qualité, ou si un ou plusieurs paramètres obligatoires ne sont pas enregistrés correctement.

Un rapport de l'inspection annuelle devrait être mis à la disposition de l'autorité nationale chargée de la réglementation, pour contrôle, lorsqu'elle fait la demande.

#### **II.2.4 Étalonnage du système d'enregistrement des données de vol:**

le système d'enregistrement des données de vol devrait être réétalonné tous les cinq ans au moins pour déterminer tout écart par rapport aux routines de conversion technique employées pour les paramètres obligatoires, et pour s'assurer que les paramètres sont enregistrés en respectant les tolérances d'étalonnage;

lorsque les paramètres d'altitude et de vitesse sont fournis par des capteurs servant uniquement au système d'enregistrement des données de vol, un réétalonnage devrait être effectué selon les recommandations du fabricant des capteurs, à intervalles n'excédant pas deux ans.

**II.3 JAR OPS 1 et OPS 1 :**

**II.3.1 Règles d'emport des enregistreurs et nature des données à enregistrer :**

Les paragraphes 1.715, 1.720 et 1.725 du JAR OPS, dont l'application dépend de la date du certificat de navigabilité individuel de l'avion, sont relatifs aux enregistreurs de paramètres et précisent les conditions d'emport de ces enregistreurs, la durée d'enregistrement et les paramètres à enregistrer. Pour ces paragraphes, l'arrêté du 12 mai 1997 reprend strictement le contenu du JAR.

Il est précisé que l'emport d'un enregistreur de paramètres est obligatoire pour tout avion de masse maximale certifiée au décollage supérieure à 5 700 kg. Cette exigence est étendue aux appareils multiturbines de configuration maximale approuvée en sièges passagers supérieure à neuf, lorsque leur certificat individuel de navigabilité a été délivré après le 1<sup>er</sup> avril 1998.

Les paramètres à enregistrer sont indiqués et il est précisé qu'une méthode d'extraction des données du support mémoire doit être disponible. Cependant, en fonction de la masse maximale certifiée au décollage et de la date de délivrance du certificat individuel de navigabilité, l'enregistrement de certains paramètres n'est pas requis.

Les exploitants doivent suivre, dans la mesure du possible, les spécifications opérationnelles d'échantillonnage, de précision et de résolution définies dans les règlements.

D'autre part, pour les avions relevant des paragraphes 1.725 ou 1.720, un enregistreur de paramètres doit être considéré comme hors service lorsque « les analyses des données enregistrées (...) ont démontré que plus de 5 % des paramètres [obligatoires] (...) ne sont pas correctement enregistrés ». Le règlement européen s'avère ainsi moins exigeant l'Annexe 6.

**II.3.2 Exploitation avec un enregistreur réglementaire hors service :**

Il est précisé, dans les paragraphes 1.715, 1.720 et 1.725 du JAR OPS 1 et de l'arrêté du 12 mai 1997, qu'un vol peut être entrepris avec un enregistreur de paramètres hors service si les conditions suivantes sont remplies :

- une réparation ou un remplacement ne peuvent pas être « raisonnablement » effectués avant le début du vol ;
- moins de huit vols et moins de soixante-douze heures de vol sont à compter depuis le constat de la panne ;
- L'enregistreur de conversation fonctionne (Dans le cas où les fonctions d'enregistrement FDR et CVR sont combinées dans un même équipement, la Temporary Guidance Leaflet n° 26 produite par les JAA recommande que l'une au moins de ces fonctions soit opérationnelle).

### **II.3.3 Programme de sécurité des vols:**

Le titre des paragraphes 1.037 du JAR OPS 1 et de l'arrêté du 12 mai 1997 est identique : « Programme de prévention des accidents et de sécurité des vols » mais leur contenu est différent.

Le paragraphe 1.037 de l'arrêté prévoit que « un exploitant doit adopter un programme de prévention des accidents et de sécurité des vols comprenant notamment un système d'analyse des vols basé sur l'exploitation des rapports relatifs à la sécurité des vols ou des enregistrements de paramètres de vol.» Cette exigence découle des recommandations consécutives à l'accident survenu le 20 janvier 1992 près du Mont Sainte-Odile, dans le rapport sur l'accident survenu le 20 janvier 1992 à l'Airbus A320 F-GGED près du Mont Sainte-Odile (Bas-Rhin), il est recommandé « qu'au plan national et international les autorités de l'aviation civile prennent, vis-à-vis des exploitants de transport aérien public relevant de leur autorité, des dispositions visant à :

- étendre la pratique d'une analyse systématique par l'exploitant des paramètres de vol enregistrés ;
- systématiser une analyse approfondie, notamment au plan opérationnel, par un service spécialisé de l'exploitant, des anomalies importantes ainsi détectées ;
- organiser sous des formes appropriées, en respectant notamment les contraintes de confidentialité des informations et d'anonymat, la communication des résultats de ces analyses aux autorités de tutelle, au constructeur et aux autres exploitants. ».

Dans le cas d'avions à turbines de masse maximale certifiée au décollage supérieure à 10 000 kg ou de configuration maximale approuvée en sièges passagers de vingt ou plus, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2000, le système doit exploiter à la fois les rapports relatifs à la sécurité des vols et les enregistrements de paramètres de vol.

Le paragraphe 1.037 européen, quant à lui, n'évoque pas l'exploitation des paramètres de vols enregistrés.

**Remarque :** il en va de même aux Etats-Unis où l'analyse systématique des vols n'est pas obligatoire, bien que la FAA encourage le développement de cette activité au travers du FOQA (Fight Operational Quality Assurance).

### **II.3.4 Documentation de décodage des enregistreurs :**

Les paragraphes 1.160 du JAR OPS 1 et de l'arrêté du 12 mai 1997 sont identiques et traitent de la « conservation, de la remise et de l'usage des enregistrements des enregistreurs de vol ». Il est spécifié qu'un document donnant les informations nécessaires à l'extraction et à la conversion des données enregistrées en unités techniques doit être gardé par l'exploitant.

## **II.4 La réglementation française :**

### **II.4.1 Fascicule P-44-41 :**

Le fascicule P-44-41 publié par le GSAC (Groupement pour la Sécurité de l'Aviation Civile) est un recueil des documents réglementaires concernant l'entretien de l'enregistreur phonique et de l'enregistreur de paramètres. Il reprend la lettre 98159 SFACT-E du 13 février 1998 qui définit les périodicités de vérification des paramètres à respecter en fonction de :

- la technologie de l'enregistreur : la présence d'une bande et de pièces mécaniques tournantes provoque un vieillissement mécanique des enregistreurs à bande. Ceci impose des inspections plus fréquentes que pour les enregistreurs à mémoire statique de nouvelle génération.
- l'existence d'un programme d'analyse des vols qui prend en compte la totalité des paramètres requis : un tel programme permet d'espacer les contrôles, à condition que

« la source de prélèvement des paramètres pour l'analyse soit identique à celle utilisée pour le DFDR ».

#### **II.4.2 Lettre du SFACT du 4 août 1989 :**

Dans sa lettre du 4 août 1989 dont l'objet concerne le décodage des enregistreurs de paramètres, le SFACT demande aux services et directions régionales de l'Aviation Civile que toute inscription d'un aéronef en liste de flotte soit subordonnée au dépôt par la compagnie exploitante :

- du type d'enregistreurs utilisés,
- de la grille de décodage et des étalonnages de l'enregistreur de paramètres. Il est précisé dans la lettre que l'enregistreur ne se conçoit pas sans les moyens de dépouillement.

#### **II.4.3 Code l'Aviation Civile - Livre VI :**

L'article R.711-2 du Code de l'Aviation Civile issu du décret n° 2001-1043 du 8 novembre 2001 précise que le Directeur du BEA propose au ministre « la réglementation relative à la préservation des éléments de l'enquête technique ainsi qu'à l'utilisation générale des enregistreurs de bord ». Ainsi le décret associe le BEA au pouvoir réglementaire régissant l'installation et l'utilisation des enregistreurs de bord.

#### **II.5 La réglementation américaine :**

Aux Etats-Unis, dans le règlement FAR 125 relatif à la certification et à l'exploitation des aéronefs ayant une masse maximale au décollage supérieure à six mille livres ou autorisés à transporter vingt passagers et plus, le paragraphe 125.226 concerne les enregistreurs de paramètres. Il est demandé à l'exploitant d'établir une méthode permettant d'effectuer la conversion des paramètres enregistrés et de conserver un document concernant cette conversion (grille de décodage). Néanmoins, l'exploitant est autorisé à posséder un document unique de décodage pour un groupe d'avions du même type, pour lesquels le système d'enregistrement et l'installation du système sont identiques.

En outre, le bulletin HBAW 97-13B de la FAA du 15 décembre 1997 donne des consignes aux Principal Avionics Inspectors (inspecteurs chargés du contrôle sur avion). Il

a demandé de vérifier que chaque exploitant met à jour le document de décodage après un retrofit du système d'enregistrement.

Ces inspecteurs sont également chargés de vérifier sur les enregistrements de chaque avion que les paramètres obligatoires sont enregistrés correctement.

Il existe aussi une circulaire (FAA AC 20-141) relative à la navigabilité et à l'approbation opérationnelle des systèmes d'enregistreurs de paramètres qui explique la réglementation, notamment pour ce qui concerne les opérations de maintenance de ces enregistreurs.

## **II.6 Comparatif des exigences réglementaires :**

### **II.6.1 Programme d'analyse des paramètres enregistrés :**

<b>Document</b>	<b>Exigences ou recommandations importantes</b>
Fascicule P-44-41 GSAC	(Pas de précision)
OPS 1	Pour tout avion à turbine de masse maximale certifiée au décollage supérieure à 10 000 kg ou de configuration approuvée en sièges passagers de vingt ou plus, une analyse des paramètres de vol enregistrés est requise.
OACI Annexe 6 partie	Pour tout avion de masse maximale certifiée au décollage supérieure à 27 000 kg, un programme d'analyse des données de vol est requis.
ED 55	(Pas de précision)
ED 112	(Pas de précision)

**Tableau II-1 : Comparaison des exigences relatives au Programme d'analyse des paramètres enregistrés.**

**Remarque :** Aucun de ces textes ne précise la documentation à produire ou à archiver

## II.6.2 Inspection de l'enregistrement des paramètres:

Document	Périodicité obligatoire ou recommandée	Exigences ou recommandations importantes	Documentation à produire ou à archiver
Fascicule P-44-41 GSAC	DFDR : 2 000 heures ou 12 mois (4 000 heures ou 2 ans si analyse des vols permettant de vérifier tous les paramètres FDR)	Lecture d'une phase de vol significative dans laquelle tous les paramètres évoluent. La source de prélèvement des paramètres pour l'analyse des vols doit être identique à celle utilisée pour le FDR.	(Pas de précision)
OPS 1	(Pas de précision)	Dans le cas du 1.720 et du 1.725 l'enregistreur est considéré hors service lorsque 5 % des paramètres obligatoires ne sont pas correctement enregistrés.	(Pas de précision)
OACI Annexe 6 partie 1	Annuelle	Lecture d'un vol complet et examen des paramètres exprimés en unités techniques (conversions en unités techniques effectuées automatiquement par logiciel). L'enregistreur est considéré hors service dès qu'un paramètre obligatoire n'est pas correctement enregistré. Attention particulière pour les paramètres mesurés par des capteurs reliés exclusivement à l'enregistreur.	Mettre un rapport d'inspection à la disposition de l'autorité de réglementation
ED 55	2 000 heures ou 12 mois	Lecture des 15 dernières minutes enregistrées en vol	(Pas de précision)
ED 112	3 000 heures ou 12 mois	Lecture d'un vol complet et examen des paramètres exprimés en unités techniques. La qualité de certains paramètres doit être vérifiée à différentes phases du vol. L'enregistreur est considéré hors service lorsqu'il y a une période significative de signaux inintelligibles ou lorsqu'un paramètre obligatoire n'est pas correctement enregistré. Attention	Archiver la copie d'enregistrement la plus récente

		particulière pour les paramètres qui ne sont surveillés par aucun système embarqué.	
--	--	---	--

**Tableau II-2 : Comparaison des exigences relatives à l'inspection de l'enregistrement des paramètres.**

Le **JAR OPS 1** n'impose pas de mettre en place un programme d'analyse des données de vol enregistrées, contrairement à l'arrêté du 12 mai 1997. Ainsi la réglementation européenne est insuffisante au regard des exigences de l'OACI.

L'Annexe 6 et l'ED 112 comportent deux exigences supplémentaires :

- l'analyse doit porter sur un vol complet et non sur une phase ou un intervalle de temps fixé. En effet certains paramètres doivent être scrutés à différentes phases de vol pour évaluer leur cohérence ;
- pour être pertinente, l'analyse doit porter sur des paramètres décodés, c'est-à-dire reconstitués après application des fonctions de conversion adaptées aux données brutes (c'est ce qu'il faut comprendre par « en unités techniques »).

Par ailleurs, l'Annexe 6 et l'ED 112 recommandent une attention spéciale pour les paramètres dont les sources n'alimentent pas d'autres systèmes de l'avion qui donneraient une indication sur la qualité des mesures. En effet, seule l'inspection de l'enregistrement peut permettre de détecter un mauvais fonctionnement des chaînes de mesure associées à ces paramètres.

Il est à noter que la huitième édition de l'Annexe 6 est plus exigeante que la réglementation nationale ou européenne en demandant une inspection annuelle.

## II.6.3 Contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition de l'enregistreur :

Document	Périodicité obligatoire ou recommandée	Exigences ou recommandations importantes	Documentation à produire ou à archiver
Fascicule P-44-41 GSAC	(Pas de précision)	(Pas de précision)	(Pas de précision)
OPS 1	(Pas de précision)	(Pas de précision)	(Pas de précision)
OACI Annexe 6 partie 1	Tous les 5 ans (tous les 2 ans pour les paramètres d'altitude et de vitesse lorsqu'ils sont mesurés par des capteurs ne servant qu'au système d'enregistrement).	Tous les paramètres obligatoires.	Tenir une Documentation relative à l'étalonnage périodique.
ED 55	(Déterminée par l'installateur)	Tous les paramètres obligatoires. Nécessité d'un équipement adapté pour simuler les grandeurs mesurées au niveau des capteurs.	Pour chaque paramètre testé, remplir une table présentant pour chaque point de mesure le résultat mesuré à l'entrée de l'enregistreur en regard de la plage de valeurs acceptables. Documents à archiver et à tenir à la disposition des autorités d'enquête.
ED 112	(Déterminée par l'installateur)	La vérification porte sur la chaîne d'acquisition et de mesure complète (du capteur à l'enregistreur).	Documents issus de la vérification à archiver et à tenir à la disposition des autorités d'enquête

**Tableau II-3 : Comparaison des exigences relatives au contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition de l'enregistreur.**

Le contrôle d'étalonnage des chaînes d'acquisition est absent de la réglementation française. Pourtant la huitième édition de l'Annexe 6 contient des recommandations sur cette tâche.

Il faut noter que la procédure de l'étalonnage n'est pas décrite en détail dans l'Annexe 6, aussi doit-on consulter l'ED 112 pour trouver des moyens de conformité.

L'Annexe 6 propose une périodicité minimale de cinq ans pour cette tâche tandis que l'ED 112 n'en fixe pas.

Il serait utile de l'effectuer systématiquement dès le début de l'exploitation d'un nouvel avion (sauf lorsqu'il vient d'être livré par le constructeur) et après chaque grande visite de maintenance, certaines tâches étant susceptibles d'engendrer un dérèglement de chaînes d'acquisition.

Il faut également noter que les documents de l'OACI et de l'EUROCAE recommandent un archivage des comptes-rendus de vérification d'étalonnage. Le contenu utile d'un compte-rendu est l'ensemble des tableaux indiquant pour chaque paramètre les valeurs calculées par l'unité d'acquisition en regard des valeurs simulées au niveau des capteurs. En effet, ces documents permettent de reconstituer la valeur réelle des paramètres enregistrés sur un avion donné avec plus de certitude que les conversions génériques fournies par la grille de décodage.

#### II.6.4 Documentation dont l'exploitant est responsable :

Document	Documentation à produire ou à archiver par l'exploitant
Fascicule P-44-41 GSAC	(Pas de précision) (Le GSAC approuve le manuel d'entretien de la compagnie)
OPS 1	Archiver le document permettant « l'extraction et la conversion des données en unités techniques ».
OACI Annexe 6 partie	« (...) tenir une documentation relative à l'attribution des paramètres, aux équations de conversion, à l'étalonnage périodique (...). La documentation doit être suffisante pour garantir que les autorités (...) disposeront des renseignements nécessaires pour la lecture des données sous forme d'unités techniques. » Mettre à la disposition de l'autorité nationale de réglementation, lorsqu'elle en fait la demande, un rapport de vérification de l'enregistrement. l'enregistreur.

ED 55	A chaque vérification d'étalonnage des chaînes de mesure de l'enregistreur, remplir pour chaque paramètre testé une table présentant pour chaque point de mesure le résultat mesuré à l'entrée de l'enregistreur en regard de la plage de valeurs acceptables. Documents à archiver et à mettre le cas échéant à la disposition des autorités d'enquête.
ED 112	Au cours des essais d'installation, l'installateur et l'exploitant remplissent un rapport contenant les comptes-rendus d'étalonnage et toute information nécessaire au décodage des paramètres et aux conversions en unités techniques. Documents à archiver par l'exploitant. Après chaque vérification de l'enregistrement, archiver la copie (ne garder que la plus récente). A chaque contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure de l'enregistreur, archiver les résultats et mettre le cas échéant à la disposition des autorités d'enquête.

**Tableau II-4: Comparaison des exigences relatives à la documentation dont l'exploitant est responsable.**

C'est pourquoi la huitième édition de l'Annexe 6 et l'ED 112 recommande en plus que l'exploitant documente et archive :

- la vérification périodique des paramètres enregistrés par le FDR,
- le contrôle périodique de l'étalonnage des chaînes d'acquisition de l'enregistreur.

Des précisions sur ces tâches sont données dans l'ED 112.

La région lyonnaise connaît un épisode pluvieux depuis la veille et l'état de la piste au moment de l'incident répond aux critères de « piste mouillée ».

Les conditions météorologiques rencontrées permettent à l'équipage d'apercevoir la piste environ une minute trente secondes avant l'atterrissage, à une hauteur de 1 300 pieds.

A l'issue du roulement après l'atterrissage, l'équipage ne parvient pas à arrêter l'avion avant l'extrémité de la piste. Celui-ci s'immobilise, embourbé mais sans dégâts, environ cinquante mètres au sud-ouest de la piste après que l'équipage a infléchi sa course vers la droite. L'examen visuel des pneumatiques n'a pas mis en évidence de traces caractéristiques d'hydroplanage.

- **Témoignages l'équipage de conduite :**

Les membres de l'équipage de conduite ont indiqué que c'était la première fois qu'ils volaient ensemble sur un avion de la compagnie. Lors de la préparation du vol, ils avaient noté les conditions météorologiques sur la région lyonnaise. A l'écoute de l'ATIS, ils ont appris que le glide et le DME de l'ILS 18L étaient inutilisables, mais les conditions météorologiques permettaient l'approche. Ils ont terminé celle-ci en utilisant les références visuelles complétées par les distances DME du VOR et les indications du localiser.

L'approche et l'atterrissage ont été effectués normalement. La visibilité était réduite. Il y avait beaucoup d'eau sur la piste. L'atterrissage est intervenu suffisamment tôt, peu après les bandes blanches situées dans la zone de posé mais, malgré un freinage énergique, l'avion est sorti de la piste. Le freinage avait été sélectionné sur la position automatique numéro 3.

Même complété par l'utilisation des inverseurs de poussée, il a semblé insuffisant et une action directe sur les freins a été entreprise. Bien que l'équipage ait constaté la présence de beaucoup d'eau sur la piste, ceci n'a engendré aucune déviation de la trajectoire au sol. La bretelle qu'il devait emprunter étant occupée par un autre avion, l'équipage a laissé le sien sortir de la piste sans hésitation.

- **Enregistreurs de bord :**

L'enregistreur de paramètres de vol (SSFDR) de marque Allied Signal, P/N 980-4700-042, S/N 6381 et l'enregistreur phonique (SSCVR) de marque Allied Signal, P/N 980-6022-001, S/N 2976, ont été dépouillés et exploités au BEA.

L'étude des données du SSFDR montre que :

- L'approche finale a été conduite en pilotage manuel ;
- Jusqu'à environ quatre milles marins en finale, l'approche a été effectuée à la vitesse sol moyenne de 160 kt, volets 25° ;
- Les paramètres moteurs et systèmes sont restés normaux ;
- l'avion était environ trois cents pieds au-dessus du plan théorique de descente basé l'approche LLZ à deux milles marins du seuil de piste, l'assiette à - 0,2°, la vitesse d'environ 155 kt, volets 30° ;
- à partir de cet instant, l'assiette a évolué entre - 0,2° et + 0,5° pendant treize secondes, puis après une remontée vers + 1,6°, elle a décliné à nouveau jusqu'à - 0,5° sur une durée de dix-sept secondes. Enfin, après deux nouvelles montées jusqu'à + 1,8°, la valeur s'est stabilisée autour de + 1°, jusqu'au passage du seuil de piste ;
- Le seuil de piste a été franchi à la hauteur de 79 pieds au radioaltimètre, à la vitesse sol de 157 kt, volets 30°, assiette + 1,6° en augmentation, N1 62 % et 62,4 %. Lors des 58 secondes précédant ce passage au seuil, l'altitude de l'avion a décliné de 1 022 pieds, soit un taux de descente moyen de 1 057 pieds/min ;
- La réduction de poussée a été déclenchée environ quatre secondes plus tard. L'avion était alors à 21 pieds, à 157 kt et l'assiette à + 3,2° ;
- Le toucher des roues du train principal est intervenu douze secondes plus tard à la vitesse de 142 kt et une assiette à + 3,7°. Le taux de descente moyen de l'avion vers la piste depuis la réduction de poussée est de deux pieds/seconde (120 pieds/min) ;
- Un freinage manuel et symétrique a été appliqué dès le toucher des roues alors que le mode de freinage automatique avait été sélectionné lors de l'approche. Les aérofreins se sont déployés et les inverseurs de poussée ont été utilisés. L'inflexion de la trajectoire en bout de piste a été entreprise à 70 kt, la sortie de piste est intervenue à 25 kt.

7T-VJL

Lyon Saint-Étienne le 17 mars 2001

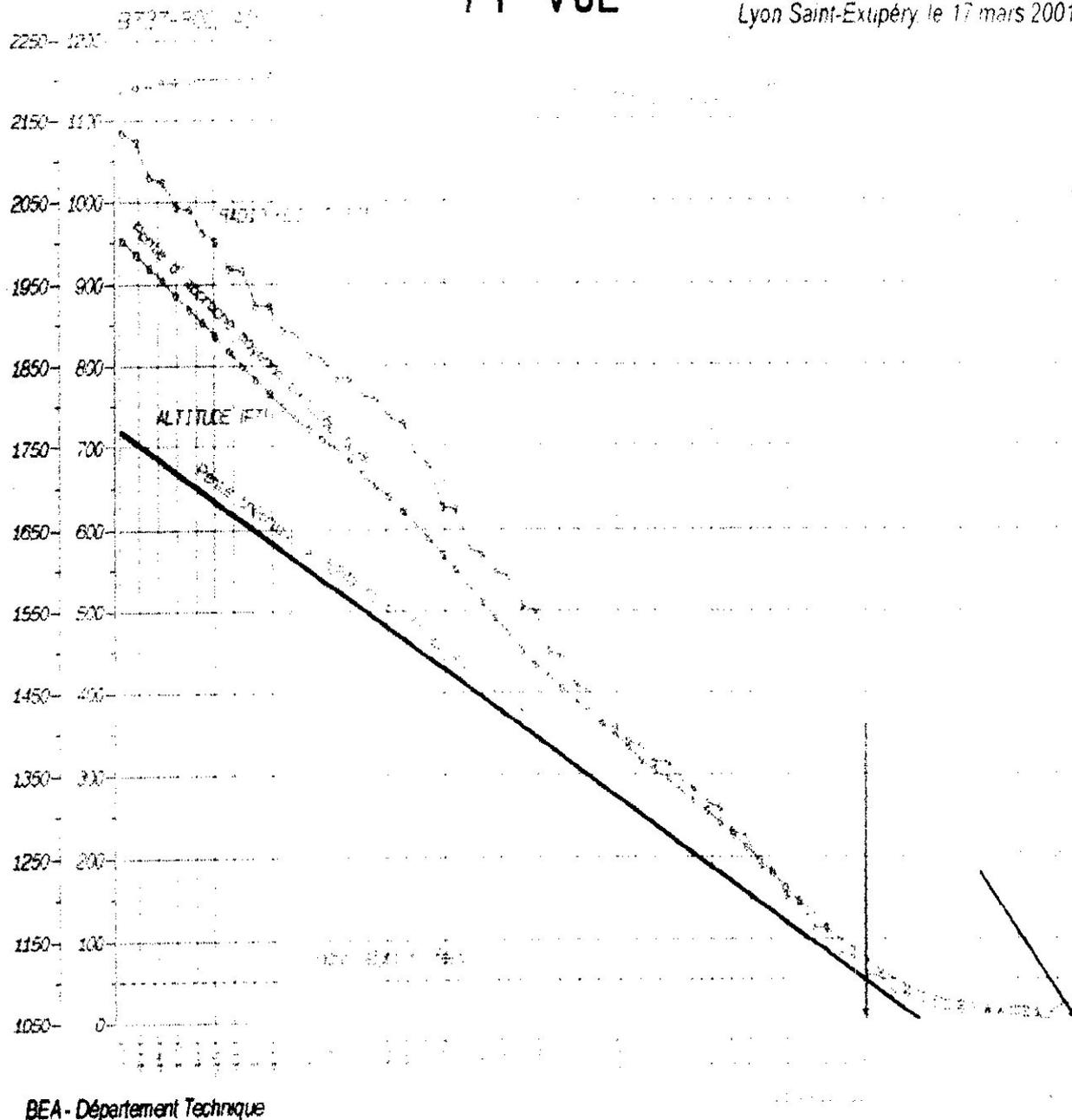


Figure IV-7 : Analyse graphique d'un incident.

- **Analyse de l'incident :**

L'approche semble s'être déroulée dans des conditions satisfaisantes jusqu'à environ deux milles marin du seuil de piste. La vitesse de passage au seuil était cependant supérieure de treize nœuds aux valeurs du manuel de vol dans les conditions du jour. L'adoption d'un taux de descente un peu faible et/ou un début de descente tardif ont amené l'avion à se trouver au-dessus du plan de descente dans la partie

finale du vol. Il faut noter que l'équipage n'a mentionné d'écart dans le plan vertical ni dans ses échanges en poste de pilotage ni dans ses témoignages.

L'altitude a été vérifiée par le commandant de bord à 3,7 NM de LVM, mais par la suite aucune autre vérification n'a été annoncée et aucune remarque, notamment par rapport au PAPI, n'a été faite.

La corrélation CVR/FDR permet de confirmer le moment du braquage des volets à 30°. Le taux de descente adopté dans les deux milles marins précédant la piste a été en moyenne de 1 057 pieds/minute, soit, pour une vitesse sol moyenne de 155 kt, une pente de 6,82 %. Pour suivre la pente d'approche nominale de 5,24 % à cette même vitesse, un taux de 812 pieds/minute était nécessaire. Alors qu'à deux milles marins en finale, l'avion se trouvait environ à trois cents pieds au-dessus du plan nominal, le passage au seuil s'est effectué à 79 pieds, soit seulement 29 pieds au-dessus du plan nominal. Il y a donc bien eu tentative de rattrapage de plan. Cette correction a été entreprise sans ajustement de la poussée. Il en est résulté un léger accroissement de la vitesse.

L'atterrissage long a été favorisé par :

- Une vitesse d'approche excessive ;
- Une réduction tardive de la poussée ;
- Un arrondi réalisé en souplesse qui a amené à l'avion à planer dans l'effet de sol ;
- L'absence de vent.

L'étude de ce rapport montre bien le rôle capital de l'analyse des données enregistrées pour clarifier les causes réelles d'un incident ou accident, et par la suite prendre les mesures nécessaires pour corriger les dysfonctionnements constatés.

#### **IV.6.6 Statistiques et dérivés des données :**

L'examen des dépassements spécifiques est complété par un archivage de tous les événements dans une base de données, qui est utilisée pour trier, valider et afficher les données dans des rapports de gestion faciles à comprendre. Au fil du temps, ces données archivées peuvent brosser un panorama des tendances et dangers émergents, Certaines erreurs se produisent plus fréquemment que d'autres, certains aéroports ou

activités présentent plus de problèmes que d'autres, certaines SOP sont ignorées ou modifiées et certaines manœuvres posent des difficultés spécifiques.

Ces tendances deviennent des objectifs d'améliorations. La compagnie aérienne élabore ensuite un plan d'action et met en œuvre les stratégies de changement appropriées en recourant aux experts disponibles au sein de la compagnie, Les suivie ultérieurs permettront de mesurer l'efficacité des changements.

#### **IV.6.7 Analyse des vols et retour d'expérience :**

Depuis plusieurs années, Air Algérie a mis un système de Retour d'Expérience, adapté à la culture d'entreprise et à la nature des risques encourus. Une démarche de Retour d'Expérience a donc été mise en place au sein du service de Sécurité des vols, la démarche conduit à identifier les événements et à les analyser, afin de réduire la probabilité d'accident en améliorant de manière continue les programmes de formation et d'entraînement, ainsi que les documents, les procédures opérationnelles et la conscience des risques chez les personnels de la compagnie.

Chaque événement est considéré comme une expérience, les équipages de conduite sont invités dans un contexte non punitif à citer leurs expériences les actions faites, les explications et les points de vue, ainsi l'expérience est partagée avec les autres.

CONCLUSION  
GENERALE

## Conclusion générale

Les programmes FDA sont souvent classés parmi les systèmes de sécurité les plus onéreux en termes d'investissement initial, de licences de logiciels et d'exigences en personnel. En réalité, ils peuvent épargner à la compagnie des frais énormes grâce à la réduction du risque d'accidents majeurs, à l'amélioration des normes opérationnelles, à l'identification de facteurs externes ayant une incidence sur l'exploitation et à l'amélioration des programmes de suivi technique.

A Air Algérie on a bien compris l'utilité des programmes FDA, le matériel et le personnel nécessaire sont mis en place, reste à instaurer un climat de confiance et de coopération entre le service d'analyse des vol et les membres des équipages de conduite puisque toute divulgation à des fins autres que la gestion de la sécurité peut compromettre la fourniture volontaire de renseignements FDA, ce qui nuirait à la sécurité de l'aviation.

Les résultats des programmes FDA deviennent utiles à moyen terme, il faut attendre entre 1 et 2 ans avant que n'apparaissent les premiers avantages en termes de sécurité et de coûts. Dans un premier temps, le ciblage de quelques aspects intéressants connus permettra de prouver l'efficacité du système. Par rapport à une approche « tous azimuts », non dirigée, une approche ciblée sera probablement plus susceptible de porter des fruits rapidement.

Enfin un programme FDA bien géré associé à d'autres composants du système de gestion de sécurité, est un moyen de plus pour accroître le niveau de sécurité.

## Liste des figures

<b>Figure I-1</b> : Enregistreur métallique.....	2
<b>Figure I-2</b> : Vue d'extérieur d'un enregistreur de paramètres.....	2
<b>Figure I-3</b> : Intérieur d'un enregistreur magnétique.....	3
<b>Figure I-4</b> : Carte mémoire d'un enregistreur « Solid State ».....	4
<b>Figure I-5</b> : Intérieur d'un enregistreur « Solid State ».....	5
<b>Figure I-6</b> : Extrait d'une grille de décodage.....	8
<b>Figure I-7</b> : Schéma de principe du contrôle d'étalonnage d'une chaîne de mesure.....	11
<b>Figure IV-1</b> : Schéma des composantes principales d'une station AGS.....	40
<b>Figure IV-2</b> : Exemple d'interface d'analyse manuelle.....	44
<b>Figure IV-3</b> : Exemple pour critère de recherche.....	44
<b>Figure IV-4</b> : Exemple d'analyse graphique.....	45
<b>Figure IV-5</b> : Exemple d'interface de simulation.....	45
<b>Figure IV-6</b> : Exemple d'un paramètre mal enregistré.....	49
<b>Figure IV-7</b> : Analyse graphique d'un incident.....	57

## Liste des tables

<b>Tableau I-1</b> : Exemple du contrôle d'étalonnage.....	13
<b>Tableau II-1</b> : Comparaison des exigences relatives au Programme d'analyse des paramètres enregistrés.....	25
<b>Tableau II-2</b> : Comparaison des exigences relatives à l'inspection de l'enregistrement des paramètres. ....	26
<b>Tableau II-3</b> : Comparaison des exigences relatives au contrôle d'étalonnage des chaînes de mesure et d'acquisition de l'enregistreur. ....	28
<b>Tableau II-4</b> : Comparaison des exigences relatives à la documentation dont l'exploitant est responsable. ....	30
<b>Tableau IV-1</b> : Données de consommation réelle de l'avion 7T-VJK d'après les FDR.....	51
<b>Tableau IV-2</b> : Données de consommation réelle de l'avion 7T-VJN d'après les FDR.....	51
<b>Tableau IV-3</b> : Données de consommation réelle de l'avion 7T-VJN d'après les plans de vols.....	51

**Tableau IV-4 : Données de consommation réelle de l'avion 7T-VJK**

d'après les plans de vols..... 52

# ANNEXES

## ANNEXE 1

Extrait de l'Annexe 6 (OACI), première partie :  
paramètres à enregistrer

Tableau D-1  
Paramètres pour enregistreurs de données de vol

Numéro de série	Paramètre	Plage de mesure	Intervalle d'enregistrement (secondes)	Unités de précision signal d'entrée comparé au décalage de l'enregistreur
1	Temps (UTC, lorsque disponible, sinon temps réel)	24 heures	4	±0,125 % par heure
2	Altitude-pression	de -300 m (-1 000 ft) à l'altitude maximale de certification +1 500 m (+5 000 ft)	1	de ±30 m à ±200 m (de ±100 ft à ±700 ft)
3	Vitesse indiquée	de 95 km/h (50 kt) à max $V_{SO}$ (Note 1) $V_{SO}$ à $1,2 V_{SO}$ (Note 2)	1	±5 % +3 %
4	Cap	360°	1	±2°
5	Accélération normale	de -3 g à +6 g	0,125	±1 % de la valeur maximale à l'exclusion de l'erreur de référence de ±5 %
6	Assiette en tangage	±75°	1	12°
7	Assiette en roulis	±180°	1	±2°
8	Émission de radio	En cours ou non (une marque d'événement)	1	
9	Régime sur chaque moteur (Note 3)	Plage totale	1 (par moteur)	±2 %
10	Volet de bord de fuite ou position de la commande	Plage totale ou repère de position	2	±5 % ou comme l'indicateur du pilote
11	Volet de bord d'attaque ou position de la commande	Plage totale ou repère de position	2	±5 % ou comme l'indicateur du pilote
12	Position de l'inverseur de poussée	Effacé, en mouvement, en inversion	1 (par moteur)	
13	Position de la commande déporteurs sol/aérofreins	Plage totale ou position au coup par coup	1	±2 %, sauf cas exceptionnel nécessitant plus de précision
14	Température extérieure	Plage du détecteur	2	±2 °C
15	Mode pilote automatique/automatique/commandes automatiques de vol (CADV), et état d'embrayage	Combinaison appropriée de marques d'événement	1	

Note.— Les 15 paramètres précédents répondent aux conditions spécifiées pour les enregistreurs Type II.

16	Accélération longitudinale	±1 g	0,25	±1,5 % de la valeur maximale, à l'exclusion de l'erreur de référence de ±5 %
17	Accélération latérale	±1 g	0,25	±1,5 % de la valeur maximale, à l'exclusion de l'erreur de référence de ±5 %

Numéro de série	Paramètre	Plage de mesure	Intervalle d'enregistrement (secondes)	Limites de précision (signal d'entrée comparé au dépouillement de l'enregistreur)
18	Action du pilote et/ou position des gouvernes — commandes principales (tangage, roulis, lacet) (Note 4)	Plage totale	1	±2% sauf cas exceptionnel nécessitant plus de précision
19	Position du compensateur en tangage	Plage totale	1	±3% sauf cas exceptionnel nécessitant plus de précision
20	Indication du radioaltimètre	de -6 m à 750 m (de -20 ft à 2 500 ft)	1	±0,6 m (±2 ft) ou ±3% en retenant la plus grande de ces deux valeurs, au-dessous de 150 m (500 ft), et ±5% au-dessus de 150 m (500 ft)
21	Écart par rapport à l'alignement de descente	Plage du signal	1	±3%
22	Écart par rapport à l'alignement de piste	Plage du signal	1	±3%
23	Franchissement de la radioborne	Marque d'événement	1	
24	Avertisseur principal	Marque d'événement	1	
25	Choix de fréquence NAV 1 ou 2 (Note 5)	Plage totale	4	Selon l'installation
26	Distance DME 1 ou 2 (Notes 5 et 6)	de 0 à 370 km	4	Selon l'installation
27	État du microcontact de train d'atterrissage	Marque d'événement	1	
28	Avertisseur de proximité du sol (GPWS)	Marque d'événement	1	
29	Angle d'incidence	Plage totale	0,5	Selon l'installation
30	Hydraulique, chaque circuit (basse pression)	Marque d'événement	2	
31	Données de navigation (latitude/longitude, vitesse-sol et angle de dérive) (Note 7)	Selon l'installation	1	Selon l'installation
32	Position train ou sélecteur de train	Marque d'événement	4	Selon l'installation

Note.— Les 32 paramètres précédents répondent aux conditions spécifiées pour les enregistreurs Type I.

Notes.—

1.  $V_{SO}$  = vitesse de décrochage ou vitesse minimale en vol stabilisé en configuration d'atterrissage.
2.  $V_p$  = vitesse de calcul en piqué.
3. Enregistrer suffisamment de signaux d'entrée pour déterminer le régime.
4. Pour les avions à commandes classiques, enregistrer soit l'action du pilote, soit la position des gouvernes. Pour les avions à commandes non mécaniques, enregistrer les deux paramètres. Pour les avions ayant des gouvernes en plusieurs parties, il est possible d'accepter une combinaison appropriée des signaux d'entrée, au lieu d'enregistrer séparément les signaux correspondant aux différentes parties.
5. Si le signal est disponible sous forme numérique.
6. Il est préférable d'enregistrer la latitude et la longitude à partir du système de navigation par inertie (INS) ou d'un autre système de navigation.
7. Si les signaux sont facilement disponibles.

**ANNEXE 2 :**

**EXEMPLE DE PROTOCOLE D'ACCORD ENTRE  
UNE COMPAGNIE AÉRIENNE ET UNE ASSOCIATION  
DE PILOTES POUR L'APPLICATION D'UN PROGRAMME  
D'ANALYSE DES DONNÉES DE VOL (FDA)**

## **1. CONTEXTE**

Le programme d'analyse des données de vol, PROGRAMME FDA, fait partie intégrante du système de gestion de la sécurité de LA COMPAGNIE. Les données de vol enregistrées peuvent contenir des renseignements susceptibles d'améliorer la sécurité des vols mais susceptibles aussi, en cas d'usage abusif, d'être préjudiciables aux membres d'équipages ou à la compagnie aérienne dans son ensemble. Le présent document décrit les protocoles qui permettront de tirer de ces données les meilleurs avantages en termes de sécurité tout en répondant au besoin de la compagnie d'être perçue comme gérant la sécurité et en garantissant simultanément un traitement équitable au personnel.

Le PROGRAMME FDA est conforme à l'esprit de l'instruction permanente numéro X (SIN X) de LA COMPAGNIE — « Compte rendu d'incident de sécurité » — puisque « L'objectif d'une enquête sur tout accident ou incident est d'établir les faits et la cause et de prévenir ainsi toute nouvelle occurrence. L'objectif n'est pas de désigner des coupables ou des responsables. »

Le PROGRAMME FDA est également conforme à l'esprit de l'Annexe 6 (1re Partie, Chapitre 3) :

« Les programmes d'analyse des données de vol ne seront pas punitifs et contiendront des garanties adéquates pour protéger les sources de données ».

## **2. INTENTIONS GÉNÉRALES**

**2.1** Tant LA COMPAGNIE que L'ASSOCIATION DES PILOTES reconnaissent depuis longtemps que pour tirer le meilleur parti possible d'un PROGRAMME FDA, il faut travailler à l'amélioration de la sécurité des vols dans un esprit de coopération mutuelle. Un ensemble rigide de règles peut, dans certains cas, devenir une entrave ou une contrainte, voire aller à l'encontre du but recherché.

La préférence est donnée à un système dans lequel les personnes participant au PROGRAMME FDA sont libres d'explorer de nouvelles voies par consentement mutuel, en gardant toujours à l'esprit que le PROGRAMME FDA est un programme de sécurité, pas un programme disciplinaire. En l'absence de règles rigides, le maintien du succès

d'un PROGRAMME FDA dépend de la confiance mutuelle, confiance qui a toujours été une caractéristique clé du programme.

2.2 L'objectif principal de la surveillance des données opérationnelles de vols par le PROGRAMME FDA est d'améliorer la sécurité des vols. Dès lors, l'intention de toute mesure correctrice prise après la mise en évidence d'un problème par le PROGRAMME FDA est d'apprendre le plus possible afin :

a) de prévenir une répétition du problème ;

b) d'accroître nos connaissances opérationnelles générales.

2.3 L'intention générale est que les problèmes révélés par le PROGRAMME FDA soient, dans la mesure du possible, résolus sans identification des équipages concernés. Toutefois, dans certains cas, il se peut que l'anonymat ne soit pas approprié et le présent document énonce des protocoles à suivre dans de tels cas, afin de respecter SIN X

*(Standing Instruction Number)*

2.4 Il est admis que LA COMPAGNIE doit vérifier les mesures prises à la suite d'enquêtes menées dans le cadre du PROGRAMME FDA. Cette vérification sera menée au sein de LA COMPAGNIE selon des modalités qui satisfont aux exigences de LA COMPAGNIE et elle ne sera pas incluse dans les dossiers des membres d'équipages.

2.5 Il est aussi prévu que des données de vol enregistrées soient fournies à des tierces parties (AAC, FAA, universités, constructeurs, etc.) à des fins de recherche sur la sécurité des vols. L'ASSOCIATION DES PILOTES sera informée de chaque fourniture de telles données et si les données doivent être identifiées pour être utiles (c'est-à-dire qu'elles doivent pouvoir être liées à un vol spécifique), LA COMPAGNIE conviendra avec L'ASSOCIATION DES PILOTES des conditions de confidentialité auxquelles ces données seront fournies.

la flotte, bien que le groupe du PROGRAMME FDA puisse offrir son aide. Dans ce cas, le pilote est, bien entendu, identifié.

**4.2** La liste ci-dessous énumère certaines des mesures de suivi possibles, utilisables pour enquêter sur un problème révélé par le PROGRAMME FDA. Elle n'a pas la prétention d'être exhaustive et n'exclut aucune autre action, convenue entre LA COMPAGNIE et L'ASSOCIATION DES PILOTES, qui soit conforme aux intentions générales énoncées ci-dessus. LA COMPAGNIE, représentée par le directeur des opérations aériennes du PROGRAMME FDA et le représentant de la flotte siégeant au PROGRAMME FDA, et L'ASSOCIATION DES PILOTES, représentée par le représentant compétent de L'ASSOCIATION DES PILOTES, discuteront et conviendront entre elles du choix de l'action la plus appropriée à des circonstances spécifiques. Un directeur de flotte peut demander des mesures de suivi. Il adressera sa requête au représentant de sa flotte siégeant au PROGRAMME FDA, qui consultera le directeur des opérations aériennes du PROGRAMME FDA et le représentant compétent de l'ASSOCIATION DES PILOTES, comme stipulé ci-dessus.

**4.2.1** Il peut être demandé à L'ASSOCIATION DES PILOTES de téléphoner aux membres d'équipage pour un débriefing de l'« événement ». La nature de cet appel peut aller de louanges pour une situation bien gérée, à un rappel de la procédure d'exploitation normalisée concernée, en passant par une demande de plus amples informations sur l'événement et ses causes.

La direction de la flotte peut demander que des questions ou points spécifiques soient soumis aux pilotes pendant cet/ces appel(s).

Dans ce cas, les pilotes restent non identifiés et un compte rendu de débriefing sera conservé conformément à la Section 5 du présent accord.

**4.2.2** Il peut être demandé à L'ASSOCIATION DES PILOTES de contacter un pilote qui a un taux supérieur à la moyenne d'événements détectés par le PROGRAMME FDA, afin de conseiller ce pilote et de rechercher toute raison sous-jacente.

Dans ce cas aussi, la direction de la flotte peut demander que des questions ou points spécifiques soient soumis aux pilotes pendant cet/ces appel(s).

Dans ce cas aussi, les pilotes restent non identifiés et un compte rendu de débriefing sera conservé conformément à la Section 5 du présent accord.

**4.2.3** Les enquêtes évoquées aux § 4.2.1 et 4.2.2 ci-dessus peuvent signaler qu'il ne sera peut être pas possible de clore le dossier sans que d'autres mesures soient prises. Voici des exemples de mesures supplémentaires possibles :

- le dépôt d'un ASR — voir le § 4.2.4 ci-dessous ;
- une demande que le pilote parle directement à la direction de la flotte — voir le § 4.2.5 ci-dessous ;
- une exigence que le pilote suive une formation pour maîtriser à nouveau la norme requise dans un domaine particulier — voir le § 4.2.6 ci-dessous.

**4.2.4** Si l'« événement » mérite manifestement le dépôt d'un ASR, mais qu'aucun ASR n'a été remis, il peut être demandé à L'ASSOCIATION DES PILOTES d'inviter le(s) pilote(s) à en déposer un.

Un ASR déposé dans ces circonstances sera traité comme s'il avait été déposé au moment de l'événement.

**4.2.5** Il peut être demandé à L'ASSOCIATION DES PILOTES d'inviter un pilote à un débriefing mené par la direction de la flotte. Si le pilote accepte, il sera considéré comme ayant signalé l'événement de lui-même, de sorte que le paragraphe 10.1 de SIN X est d'application : « Il ne relève normalement pas de la politique de LA COMPAGNIE d'entreprendre une procédure disciplinaire en réaction au signalement de tout incident relatif à la sécurité des vols. »

Un compte rendu d'un tel débriefing sera envoyé au pilote concerné et une copie sera conservée par LA COMPAGNIE, conformément à la Section 5 du présent document.

Si le pilote décline l'invitation susmentionnée, le débriefing par L'ASSOCIATION DES PILOTES sera poursuivi jusqu'à ce que le dossier puisse être clos. Un compte rendu de ce débriefing sera conservé conformément à la Section 5 du présent document.

**4.2.6** Il peut être demandé à un pilote de suivre le recyclage qui peut être jugé nécessaire après consultation de la flotte concernée. LA COMPAGNIE organisera cette formation et

L'ASSOCIATION DES PILOTES agira en tant qu'intermédiaire entre LA COMPAGNIE et le pilote.

Un compte rendu de cette formation sera envoyé au pilote concerné et une copie sera conservée par LA COMPAGNIE, conformément à la Section 5 du présent document.

**4.3** Si un événement ou une série d'événements est considéré comme suffisamment grave pour avoir mis en danger l'aéronef ou ses occupants, il sera demandé à L'ASSOCIATION DES PILOTES de lever l'anonymat des pilotes. L'ASSOCIATION DES PILOTES reconnaît que, dans l'intérêt de la sécurité des vols, elle ne peut fermer les yeux sur des comportements déraisonnables, négligents ou dangereux de la part de pilotes et elle accédera normalement à ce genre de demande.

La levée de l'anonymat sera effectuée par le représentant le plus ancien de L'ASSOCIATION DES PILOTES, après consultation avec le président de L'ASSOCIATION DES PILOTES. Le représentant le plus ancien de L'ASSOCIATION DES PILOTES notifiera au pilote la procédure de levée de l'anonymat et lui signalera qu'il ou elle peut être accompagné(e) d'un représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES à tout entretien ultérieur.

Si le Département des opérations aériennes de LA COMPAGNIE et L'ASSOCIATION DES PILOTES ne peuvent s'accorder sur le fait qu'un événement est suffisamment grave pour justifier une levée d'anonymat, une décision finale sera prise par une personne désignée. Cette personne sera soit le directeur de la sécurité de LA COMPAGNIE ou un autre cadre supérieur désigné de LA COMPAGNIE et il/elle se verra confirmé(e) dans ce rôle par L'ASSOCIATION DES PILOTES, qui réaffirmera son acceptabilité chaque année.

#### **4.4 Mépris délibéré des SOP**

Si l'on découvre, par le biais du PROGRAMME FDA uniquement, qu'un pilote a délibérément mépriser des SOP de LA COMPAGNIE, ce pilote sera soumis à la procédure suivante :

- Si la transgression des SOP n'a pas mis en danger l'aéronef ou ses occupants, le débriefing peut être effectué par le représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES, ce qui préservera l'anonymat du pilote ; mais le pilote recevra une lettre contenant un avertissement clair qu'une deuxième violation entraînera une levée d'anonymat.
- Si la transgression des SOP a réellement mis en danger l'aéronef et ses occupants, LA COMPAGNIE demandera la levée de l'anonymat selon la procédure énoncée au § 4.3 ci-dessus.

4.5 Si un pilote ne coopère pas avec L'ASSOCIATION DES PILOTES au sujet des dispositions du présent accord, LA COMPAGNIE recevra l'approbation de L'ASSOCIATION DES PILOTES pour prendre la responsabilité de contacter ce pilote et entreprendre toute action ultérieure. L'ASSOCIATION DES PILOTES rappellera à ce pilote que la SIN X contient l'avertissement suivant : « Si un membre du personnel ne signale pas un incident lié à la sécurité qu'il a causé ou découvert, il s'exposera à des mesures disciplinaires complètes. »

## **5. CLÔTURE DU DOSSIER**

La plupart des événements découverts via le PROGRAMME FDA ne sont pas suffisamment graves pour justifier des mesures de suivi et sont donc automatiquement « clos ». Les événements requérant des mesures de suivi sont considérés comme « ouverts » et ne seront clos que lorsque les mesures de suivi seront terminées.

LA COMPAGNIE tiendra un dossier de tous les événements nécessitant des mesures. Pour chacun de ces événements, les mesures prises seront consignées, ainsi que la date de clôture. Ce dossier sera conservé dans la base de données du PROGRAMME FDA en regard de l'événement même.

Aucun document n'en sera conservé dans les dossiers des pilotes. Une lettre sera envoyée par la direction de la flotte à chaque pilote ayant participé aux mesures de suivi, à moins que la mesure de suivi se soit limitée à un débriefing par téléphone réalisé par le représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES pour un événement unique. Cette lettre

mentionnera le problème d'origine, la discussion qui a eu lieu et/ou la mesure prise et le résultat escompté.

Cette lettre ne sera pas adressée au nom du pilote mais sera remise à L'ASSOCIATION DES PILOTES pour transmission au pilote concerné.

Contenu du dossier repris dans la BASE DE DONNÉES DU PROGRAMME FDA (FPD) :

Les éléments suivants seront repris dans les fichiers de la FPD en regard de l'événement même :

- a) un compte rendu de tout débriefing téléphonique réalisé par L'ASSOCIATION DES PILOTES ;
- b) un compte rendu de tout débriefing réalisé par la direction de la flotte ;
- c) une copie de toute lettre envoyée au pilote ;
- d) un compte rendu de tout recyclage donné au pilote ;
- e) tout autre document pertinent.

Le dossier ne contiendra rien qui puisse permettre d'identifier le pilote par son nom.  
Publicité du dossier et identité du pilote :

Le niveau d'accès de la direction des opérations aériennes à la FPD révélera uniquement qu'une action est « ouverte » ou « close » pour chaque événement — le dossier de l'action réelle n'est pas visible. Il est impossible de relier les événements à un vol ou à un pilote particulier.

Le niveau d'accès du directeur des opérations aériennes du PROGRAMME FDA à la FPD révélera les actions réelles menées et permettra d'associer un pilote, par son numéro de PROGRAMME FDA à 5 chiffres, à cet événement. L'identité réelle du pilote n'est pas disponible. L'accès du représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES à la FPD est le même que celui du directeur des opérations aériennes du PROGRAMME FDA, mais le représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES dispose en outre d'un disque de décodage afin d'identifier un pilote à partir de son numéro de PROGRAMME FDA à 5 chiffres.

Il incombe au directeur des opérations aériennes du PROGRAMME FDA de détecter, dans un délai raisonnable, les pilotes ayant plus d'une action mentionnée en regard de leur numéro de PROGRAMME FDA à 5 chiffres et de signaler ce fait à la flotte.

#### **6. DEMANDE DE DONNÉES LIÉES À LA SÉCURITÉ (SDR)**

Les données de vol relatives aux 15 premières et 15 dernières minutes de chaque vol sont enregistrées dans une base de données appelée SDR. Ces données sont disponibles pour consultation par un directeur des opérations aériennes si et seulement si :

- a) un ASR a été déposé pour cette portion de ce vol, ou
- b) le commandant de bord de ce vol a donné sa permission explicite pour que ces données soient consultées.

Pour pouvoir consulter les données dans la SDR, le directeur des opérations aériennes doit indiquer, dans la SDR même, la raison de la consultation de ces données. Cette raison est enregistrée dans chaque cas et les représentants de L'ASSOCIATION DES PILOTES peuvent consulter ces enregistrements.

#### **7. CONSERVATION DES DONNÉES**

Pour chaque événement détecté par le PROGRAMME FDA, la FPD enregistre les données de vol brutes qui peuvent être consultées sous forme de traces ou d'animations des instruments. En outre, la FPD enregistre des renseignements, non consultables par la direction des opérations aériennes, qui identifient le vol (date et immatriculation) et le pilote (par son numéro de PROGRAMME FDA à 5 chiffres).

Ces données et renseignements sont nécessaires pour analyser l'événement et pour suivre, de façon anonyme pendant un certain temps, les taux d'événements des différents pilotes.

Par ailleurs, la SDR enregistre quelques données de vol brutes de chaque vol, comme le décrit la Section 6 ci-dessus.

LA COMPAGNIE ne conservera pas ces données plus longtemps que nécessaire et effacera en tout cas toutes les données de vol et tous les moyens d'identifier les vols et les équipages dans les deux ans suivant le vol. Pour les vols de plus de deux ans, la base de données du PROGRAMME FDA (FPD) conservera un fichier des événements du

PROGRAMME FDA dont toutes les données d'identification du vol et de l'équipage auront été supprimées.

## **8. ACCÈS DES REPRÉSENTANTS DE L'ASSOCIATION DES PILOTES AUX INFORMATIONS CONFIDENTIELLES**

Pour remplir les obligations découlant du PROGRAMME FDA, le représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES devra avoir accès à des informations qui sont confidentielles pour LA COMPAGNIE et peuvent relever de la Loi sur la protection des données relatives à la vie privée. Un représentant désigné devra signer un accord de confidentialité qui précise les conditions auxquelles les informations reçues de LA COMPAGNIE peuvent être utilisées. S'il enfreint les clauses de cet accord, il sera suspendu de ses fonctions au sein du groupe du PROGRAMME FDA et pourra faire l'objet de procédures disciplinaires de la part de LA COMPAGNIE.

Pour contacter le membre d'équipage concerné par un événement détecté par le PROGRAMME FDA (voir Section 4), le représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES aura besoin de :

- l'identification du vol (date, immatriculation et numéro de vol) ;
- la capacité d'identifier l'équipage de ce vol et la manière de le contacter ;
- une copie électronique des données de vol et un moyen de les consulter.

LA COMPAGNIE fournira à chaque représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES un ordinateur portable sur lequel des logiciels auront été préinstallés, afin de répondre aux exigences suivantes :

- l'identification du vol sera fournie par courriel par le Groupe du PROGRAMME FDA ;
- l'identité des membres d'équipage et leurs coordonnées seront déterminées par accès à distance au système d'affectation des équipages de conduite de LA COMPAGNIE ;
- les données de vol seront envoyées par courriel par le groupe du PROGRAMME FDA et seront consultées au moyen des logiciels préinstallés.

Pour identifier un pilote à partir de son numéro de PROGRAMME FDA à 5 chiffres (voir le § 4.2.2), le représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES recevra un disque de décodage à utiliser avec la FPD. Lorsqu'il aura terminé son travail avec le groupe du PROGRAMME FDA, le représentant de L'ASSOCIATION DES PILOTES restituera l'ordinateur portable et le disque à LA COMPAGNIE.

Aucune copie des logiciels fournis par LA COMPAGNIE ne peut être conservée.

Signature au nom de  
LA COMPAGNIE

Signature au nom de  
L'ASSOCIATION DES PILOTES :

\_\_\_\_\_  
Nom : \_\_\_\_\_ Nom : \_\_\_\_\_  
Date : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_

## Bibliographie

1. OACI, Annexe 6 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, Exploitation technique des aéronefs, première partie, Aviation de transport Commercial international, Avions, huitième édition, juillet 2001.
2. OPS 1, arrêté du 12 mai 1997 relatif aux conditions techniques d'exploitation d'avions par une entreprise de transport aérien public.
3. JAR OPS 1, Joint Aviation Requirements, Commercial Air Transportation (Aeroplanes), 1er mars 1998.
4. Civil Aviation Safety Authority Australia, CAAP 42L-4(0), Flight Data Recorder maintenance.
5. Doc 9859 Manuel de gestion de la sécurité (MGS) Première édition — 2006.
6. **Rapport** 7t-l 010317 du BEA sur l'incident survenu le 17 mars 2001 à Lyon Saint-Exupéry (69) au Boeing 737-800 immatriculé 7T-VJL exploité par Air Algérie.
7. FAA Advisory Circular 20-141, Airworthiness and Operational Approval of Digital Flight Data Recorder Systems.