

Conseils sur l'inspection de l'enregistrement CVF



Clause de non-responsabilité

Le contenu de ce document a été produit par l'European Flight Recorder Partnership Group (EFRPG) qui est un groupe bénévole indépendant d'experts européens en matière d'enregistreurs de vol.

Il présente uniquement les points de vue de l'EFRPG et n'engage aucune organisation.

Liste des organisations représentées à l'EFRPG

Direction des enquêtes sur les accidents aériens au Royaume-Uni
Airbus
Airbus Hélicoptères
Agence nationale de la sécurité des vols
Boeing
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
Office fédéral d'enquête sur les accidents d'aviation
DGAC France
Agence européenne de la sécurité aérienne
Association européenne des cockpits
FAA
Fedex
Lufthansa Technik
Avion Pilatus
Autorité de l'aviation civile du Royaume-Uni
VR2C (conseiller)



Ce document contient des clips audio hébergés sur notre chaîne YouTube.

Les liens vers les fichiers audio se trouvent sur le côté gauche de l'icône et doivent chacun être ouverts dans un nouvel onglet.



Table des matières

CLAUSE DE NON-RESPONSABILITE	2
1. INTRODUCTION	5
2 - CHAMP D'APPLICATION ET CONTEXTE	5
2.1 Énoncé du problème	5
2.2 Définitions	5
2.3 Contexte	6
3 - REGLEMENTATION ET ORIENTATION	8
3.1 Réglementation	8
3.2 Directives et normes de l'industrie	9
4 - INSPECTION DES ENREGISTREMENTS CVR - BONNES PRATIQUES	dix
4.1 Organisation réalisant les contrôles d'enregistrement CVR	dix
4.2 Méthodologie globale et choix des outils d'analyse	dix
4.3 Informations sur l'aéronef	12
4.4 Rapport de contrôle	13
5 - INSPECTION D'ENREGISTREMENT CVR - DEFINITION DES ESSAIS	14
5.1 Synchronisation des canaux	15
5.2 Durée d'enregistrement du canal	16
5.3 Signal FSK	17
5.4 Intégrité du signal	17
5.4.1 Exemple : Absence de données audio sur une ou plusieurs pistes	17
5.4.2 Exemple : Mauvaise qualité de l'enregistrement CAM	18
5.4.3 Exemple : Interruption anormale du signal	19
5.5 Signaux enregistrés	19
5.5.1 Adresse du passager (AP)	19
5.5.2 Microphone de la zone du poste de pilotage	20
5.5.3 Alerte et avertissement sonores	20
5.6 Balance de niveau entre les pistes	21



5.7 Interférence 5.7.1	22
Exemple : CAM enregistrant la pollution par l'alimentation de l'avion 5.7.2 Exemple :	22
CAM enregistrant la pollution par l'alimentation interne de l'équipement CVR 5.7.3	
Exemple : CAM enregistrant la pollution par rafale hyper fréquence (Wi-Fi et/ou GSM)	25
	26
5.7.4 Exemple : Audio popping sur la piste CAM 5.7.5	28
Exemple : Interférence mécanique	28
5.8 Saturation de l'enregistrement des	30
signaux 5.8.1 Saturation électrique (niveau d'entrée maximal acceptable de la chaîne audio atteint)	30
5.8.2 Saturation mécanique	30
5.9 Essais ou contrôles complémentaires / autres anomalies diverses	32
5.9.1 Fonction Start – Stop 5.9.2	32
Vérification de la fonction du microphone actif	32
5.9.3 Déphasage entre les canaux	33
5.9.4 Divers	34
5.10 Recommandations pour la capitalisation : problème historique	35
6 - ÉVALUER ET GÉRER LA QUALITÉ D'ENREGISTREMENT DU CVR 36	
6.1 Définition des notes de qualité 6.2	36
Gestion des problèmes de qualité d'enregistrement	40
Annexe 1 – Exemple de formulaire de demande d'inspection	41
Annexe 2 – Exemple de RAPPORT D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DU CVR	43
Annexe 3 – Contenu du rapport de qualité audio du CVR	44
Annexe 4 – Liste non exhaustive des événements majeurs où l'enregistrement du CVR n'était pas de bonne qualité	45



1. INTRODUCTION

Le but de ce document est de détailler les bonnes pratiques afin que l'inspection des enregistrements CVR soit effectuée de manière appropriée avec des méthodes assurant la détection des défauts potentiels.

2 - CHAMP D'APPLICATION ET CONTEXTE

2.1 Énoncé du problème

La question évaluée dans cette position est la suivante :

Définir des directives pour l'inspection de l'enregistrement CVR afin de s'assurer que l'enregistrement audio CVR est de bonne qualité.

Ce guide peut également être utilisé par tout FEO (fabricant d'équipement d'origine) et détenteur de STC (certificat de type supplémentaire) lorsque l'évaluation de la qualité audio de l'enregistrement est nécessaire.

2.2 Définitions

Le système Cockpit Voice Recorder (CVR) est installé aux fins d'enquête sur un accident ou un incident. À cette fin, la qualité des enregistrements devrait permettre un niveau élevé d'intelligibilité de la parole et une reproduction fidèle des sons et des bruits de fond audibles dans le poste de pilotage.

Le système CVR comprend généralement, mais sans s'y limiter :

- (i) CVR
- (ii) Équipement de cockpit dédié au CVR, y compris un moniteur et une indication de panne, un ou plusieurs microphones de zone de cockpit (CAM) et les préamplificateurs associés, (iii) des moyens de conversion des signaux audio analogiques en format numérique ; (iv) équipement d'interface audio, y compris les amplificateurs sommateurs de signaux microphone/téléphone ; (v) un moyen de conversion d'un signal de synchronisation temporelle en un format qui peut être enregistré; et (vi) des bus de données numériques et/ou des réseaux fournissant des communications entre des éléments du système CVR.

Remarque : Tous les microphones à chaque poste d'équipage de conduite (microphone à combiné, casque, microphone de masque à oxygène) font partie du système audio et contribuent de manière significative à la qualité des enregistrements CVR ; les microphones sont des capteurs qui reçoivent et convertissent les sons en signaux électriques qui sont traités par le système audio puis transmis au système CVR. Pour cette raison, les microphones doivent être pris en compte lors de l'évaluation d'un enregistrement CVR.



L'inspection de l'enregistrement du CVR est une inspection des fichiers d'enregistrement audio d'un CVR afin de vérifier que toutes les données devant être enregistrées par le CVR sont enregistrées et que la qualité audio de ces données est suffisante à des fins d'analyse et d'enquête.

L'installateur du système CVR est l'organisme qui demande l'approbation de l'installation d'un système d'enregistrement de la parole dans le poste de pilotage (par le biais d'une certification de type ou d'un certificat de type supplémentaire)

Les spécifications de performances opérationnelles minimales (MOPS) peuvent être trouvées dans les documents EUROCAE comme ED-112A et ED-56A.

L'inspection de l'enregistrement du CVR doit être effectuée par un spécialiste de l'audio ci-après dénommé analyste. La tâche de base de l'analyste est d'effectuer l'inspection de l'enregistrement CVR en vérifiant la qualité et l'intelligibilité de l'enregistrement. En cas de découverte, un expert en système audio et CVR, ou le service d'ingénierie de l'opérateur serait alors chargé de déterminer la cause première de l'anomalie ou des anomalies et de réparer l'élément correspondant. Cela pourrait être fait avec le soutien potentiel de l'analyste.

Le rapport d'inspection est un livrable produit par l'analyste et donne les résultats de l'évaluation audio d'un point de vue qualitatif et subjectif (se référer au chapitre 4.4 et à l'annexe 2 pour un rapport au format standard).

Forme d'onde : la forme du graphique d'une onde ou d'une oscillation obtenue en traçant la valeur d'une quantité changeante en fonction du temps (source : Collins English Dictionary)

2.3 Contexte

L'inspection de l'enregistrement du CVR est effectuée afin de vérifier la qualité audio du CVR et de détecter les défauts potentiels régulièrement relevés sur les systèmes CVR par les enquêteurs lors de l'analyse des incidents et accidents (voir annexe 4).

Dans les règles de l'UE pour les opérations aériennes applicables au transport aérien commercial (annexe IV du règlement (UE) 965/2012 de la Commission). CAT.GEN.MPA.195 (b) exige que "l'exploitant procède à des vérifications opérationnelles et à des évaluations des enregistrements des enregistreurs de données de vol (FDR), des enregistrements des enregistreurs de conversations de poste de pilotage (CVR) et des enregistrements des liaisons de données afin de garantir le bon fonctionnement continu des enregistreurs". .

Le GM2 CAT.GEN.MPA.195(b) clarifie les termes de vérification opérationnelle de l'enregistreur de bord mentionnés dans CAT.GEN.MPA.195 : l'inspection de l'enregistrement CVR est une tâche dédiée différente d'une lecture ou d'une vérification opérationnelle.

L'enregistrement des résultats d'inspection du CVR ne concernera pas exclusivement le CVR lui-même mais le système CVR (CVR et équipement dédié au CVR) comme mentionné dans la note explicative de la décision 2015/021/R. Par exemple, si un CAM est inopérant, il doit être détecté par l'inspection de l'enregistrement du CVR.

L'inspection des enregistrements CVR doit être effectuée à intervalles réguliers pour garantir le bon fonctionnement des systèmes CVR (réf. AMC1 CAT.GEN.MPA.195(b)) et également lorsque le système CVR ou le système audio sont modifiés (changement de casque par exemple) ou potentiellement affecté par la modification du système de l'avion (PED émetteur entre autres (se référer à la note de certification EASA CM-ES-003)(1), installation WIFI par exemple).

⁽¹⁾ <https://www.easa.europa.eu/document-library/product-certification-consultations/easa-cm-001>



Les discussions avec les opérateurs ont soulevé des inquiétudes quant à la manière dont les inspections d'enregistrement CVR sont menées : pour le même enregistrement CVR, les résultats d'inspection ont montré une grande variabilité dans l'évaluation d'acceptable (bonne qualité) à inacceptable (très mauvaise qualité impliquant des actions immédiates pour l'opérateur) .

L'inspection doit être effectuée avec des méthodes efficaces et communément partagées afin de détecter les défauts les plus significatifs en temps opportun. L'harmonisation des méthodes utilisées pourrait être l'objectif idéal pour aider les opérateurs à sélectionner le service d'inspection adéquat et aider à produire une analyse plus reproductible et moins variée .

Des anomalies ne pouvaient se produire que sur de petites portions des enregistrements. Par conséquent, une évaluation de la qualité du signal sur l'ensemble de l'enregistrement est généralement nécessaire. Cependant, seules certaines parties sélectionnées de l'enregistrement peuvent nécessiter une analyse plus approfondie, y compris l'écoute (voir le chapitre 4.)

De plus, la confidentialité de l'enregistrement doit être prise en compte dans le cadre de l'inspection de l'enregistrement du CVR. En Europe, les conditions de respect de la vie privée des équipages de conduite sont définies dans la partie CAT, CAT.GEN.MPA.195, sous-paragraphe (f), et dans l'AMC connexe. Le document IFALPA 17AAPBL01 donne plus de détails sur ce sujet.



3 - REGLEMENTATION ET ORIENTATION

3.1 Règlementation

Les exigences actuelles de l'UE et les documents d'orientation pour l'inspection du CVR sont les suivants :

Annexe IV du règlement (UE) 965/2012 de la Commission ('Partie-CAT'), CAT.GEN.MPA.195(b) :

« L'exploitant doit effectuer des vérifications opérationnelles et des évaluations des enregistrements des enregistreurs de données de vol (FDR), des enregistrements des enregistreurs (CVR) et les enregistrements par liaison de données pour assurer le bon fonctionnement continu des enregistreurs ».

AMC1 CAT.GEN.MPA.195(b) indique le délai approprié entre deux contrôles consécutifs. Elle peut varier de 3 mois à 2 ans selon la technologie d'enregistrement.

Le GM associé mentionne brièvement les travaux prévus à effectuer : l'inspection de l'enregistrement du CVR consiste généralement en :

(1) vérifier que le CVR fonctionne correctement pendant la durée nominale de l'enregistrement ; (2) examiner, si possible, un échantillon d'enregistrement en vol du CVR pour prouver que le signal est acceptable sur chaque canal ; et (3) préparer et conserver un rapport d'inspection.

De plus, lors de l'inspection de l'enregistrement CVR, la conformité des performances de l'équipement peut être vérifiée par rapport à l'enregistreur vocal AMC1 CAT.IDE.A.185 Cockpit. AMC1 CAT.IDE.A.185 fait référence aux documents EUROCAE ED-56^a, ED112 et/ou ED-112A pour les exigences de performances opérationnelles dédiées aux équipements CVR et CVR dédiés. Les performances opérationnelles de ces équipements peuvent avoir un impact sur les résultats d'enregistrement et doivent être prises en compte en conséquence.

Les conditions de respect de la vie privée des équipages de conduite sont définies dans la partie CAT, CAT.GEN.MPA.195 alinéa f) et dans l'AMC connexe.

Le bulletin d'information de sécurité 2009-28R1(2) de l'EASA publié le 08 janvier 2015 intitulé Flight Data Recorder and Cockpit Voice Recorder Systems Serviceability mentionne que : La qualité des enregistrements FDR et CVR doit être évaluée lors des inspections d'enregistrement et démontrée comme étant dans des limites acceptables . En particulier, tous les signaux requis enregistrés par le CVR doivent répondre aux normes d'intelligibilité (...).

En outre, le guide EASA CM-ES-003 Guidance to Certify an Aircraft as PED tolerant mentionne également l'inspection de l'enregistrement du CVR : le demandeur doit démontrer que l'utilisation de PED n'affecte pas le bon fonctionnement des équipements et des systèmes qui présentent une défaillance. modes classés comme majeurs, dangereux ou catastrophiques, ainsi que l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR) et l'enregistreur de données de vol (FDR).

(2)<https://ad.easa.europa.eu/ad/2009-28R1>



Dans l'annexe 6, partie I de l'OACI, les procédures d'inspection des systèmes d'enregistreurs de vol sont données à l'appendice 8 pour assurer le fonctionnement continu mentionné au 6.3.4.3.

Dans l'annexe 6, partie III, de l'OACI, les procédures d'inspection des systèmes d'enregistreurs de vol sont données à l'appendice 4 pour assurer le fonctionnement continu mentionné au 4.3.4.3.

De plus, le manuel de maintenance du système d'enregistrement de vol de l'OACI (FRSMM) qui sera publié début 2018 fournit des informations complémentaires.

3.2 Directives et normes de l'industrie

L'ED-112A publiée en septembre 2013 contient les éléments suivants :

Références aux pratiques d'entretien de l'annexe IC pour assurer le bon fonctionnement continu du système CVR installé.

"Les contrôles spécifiés doivent inclure la vérification des performances du système, le cas échéant. Un enregistrement de vol doit être rejoué à des intervalles spécifiés pour révéler l'équipement défectueux et pour indiquer les actions de maintenance essentielles. Lorsqu'une évaluation de rejeu indique un défaut du système de l'aéronef, des mesures correctives appropriées doivent être prises.

Il mentionne dans IC.2 qu'« un enregistrement en vol doit être rejoué et évalué pour sa qualité. L'ANNEXE IA fournit des orientations pour l'évaluation de ces enregistrements. Les systèmes d'enregistrement de la voix du poste de pilotage doivent être considérés comme inutilisables si la durée d'enregistrement est inférieure à la durée requise, s'il y a une période d'audio de mauvaise qualité ou d'audio/sons inintelligibles."

Orientations pour l'évaluation des enregistrements CVR à l'annexe IA Un exemple de RAPPORT D'ESSAI CVR dans le tableau IA.1 utilisable par l'analyste effectuant l'inspection des enregistrements CVR

Des exemples de problèmes de qualité audio CVR et leurs causes possibles peuvent être trouvés dans le document du Bureau d'Enquêtes et d'Analyses français, intitulé "Étude sur la détection d'anomalies audio sur les enregistrements CVR" et daté de septembre 2013(3).

Le document IFALPA 17AAPBL01(4) traite de la vie privée de l'équipage de conduite.

Ces documents peuvent être utilisés comme référence pour l'inspection de l'enregistrement audio du CVR.

(3)https://www.bea.aero/fileadmin/user_upload/guidance_sur_la_detection_de_l_audio_anomalies_sur_le_CVR_enregistrements.pdf

(4)<http://www.ifalpa.org/downloads/Level1/Briefing%20Leaflets/AAP/17AAPBL01%20-%20Access%20à%20CVR%20Données%20pour%20Maintenance%20Objectifs.pdf>



4 - INSPECTION DES ENREGISTREMENTS CVR - BONNES PRATIQUES

4.1 Organisation effectuant les inspections d'enregistrement CVR

Des recommandations peuvent être trouvées dans l'ANNEXE IA de l'EUROCAE ED-112A : "la relecture et l'évaluation des enregistrements doivent être effectuées par du personnel ayant une connaissance adéquate des systèmes CVR et des opérations aériennes, et qui a une expérience appropriée des techniques utilisées pour évaluer les enregistrements' ".

De plus, l'analyste doit être familiarisé avec les outils sonores/acoustiques pour l'utilisation et l'analyse.

Lors de la sélection de l'organisme effectuant les inspections d'enregistrement du CVR, l'opérateur doit garantir la confidentialité de l'enregistrement du CVR et l'enregistrement du CVR ne doit pas être divulgué ou utilisé à d'autres fins que d'assurer le bon fonctionnement du CVR. En Europe, les conditions de respect de la vie privée des équipages de conduite sont définies dans la partie CAT, CAT.GEN.MPA.195, sous-paragraphe (f)(1a), et dans l'AMC1 CAT.GEN.MPA.195(f)(1a).

4.2 Méthodologie globale et choix des outils d'analyse

L'inspection de l'enregistrement CVR consiste généralement en :

- (1) vérifier que le CVR fonctionne correctement pendant la durée nominale de l'enregistrement ; (2) examiner, si possible, un échantillon d'enregistrement en vol du CVR pour prouver que le signal est acceptable sur chaque canal ; et (3) préparer et conserver un rapport d'inspection.

L'inspection s'appuie à la fois sur une évaluation quantitative et qualitative. La qualité des enregistrements CVR doit se situer dans des limites acceptables.

Des outils adéquats doivent être sélectionnés pour l'évaluation et pour fournir la preuve de la qualité de l'enregistrement tout en respectant la vie privée de l'équipage de conduite.

Par expérience, une écoute complète d'un enregistrement n'est pas une méthode réaliste/efficace pour vérifier que le CVR fonctionne correctement. Une meilleure méthode consiste à utiliser un outil amélioré pour visualiser le signal audio dans le temps (forme d'onde) pour tous les canaux audio du CVR afin de vérifier si une partie ou la totalité de l'enregistrement est affectée par une anomalie audio.

L'analyste doit ensuite sélectionner l'échantillon le plus approprié à inspecter lors de la visualisation de la forme d'onde globale : lorsqu'une partie présente des caractéristiques indiquant une anomalie potentielle dans l'enregistrement (c'est-à-dire des changements anormaux dans la forme d'onde comme des changements de niveau ou de fréquence), l'analyste doit se concentrer sur leur. L'échantillon d'enregistrement à analyser ne doit pas être choisi au hasard mais à la suite de ce évaluation.

Des tests spécifiques sont décrits au chapitre 5.

Un échantillon CVR dans le contexte d'une inspection audio CVR désigne une partie de l'enregistrement du signal audio qui a été sélectionnée sur la base de sa caractéristique audio. Cela varierait de quelques secondes à plusieurs minutes.



L'exemple ci-dessous montre une interférence mécanique qui s'est produite sur une période de plusieurs minutes et a disparu. La forme d'onde montre des fluctuations importantes dans la même phase de vol. Ces interférences doivent être détectées et la partie affectée de l'enregistrement doit être analysée.

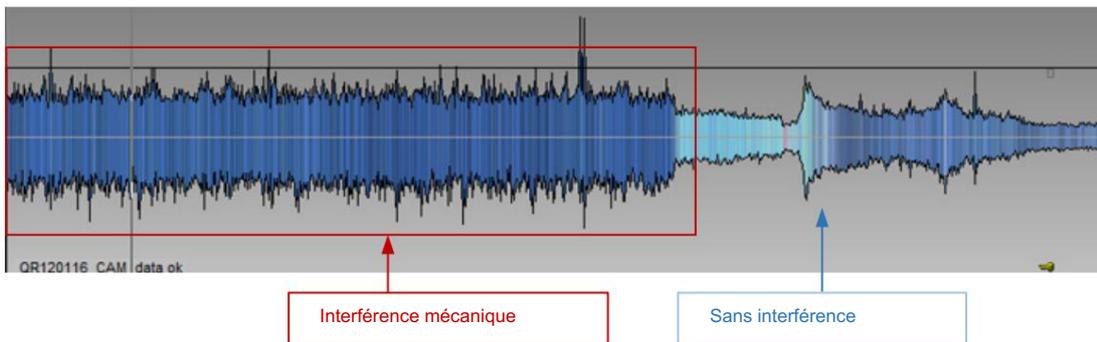


Figure 1 : évolution du niveau audio en phase de vol de croisière (niveau audio en fonction du temps)

Remarque : attention, un changement de niveau audio peut également se produire lorsque l'avion décolle (transition de phase de vol air/sol).

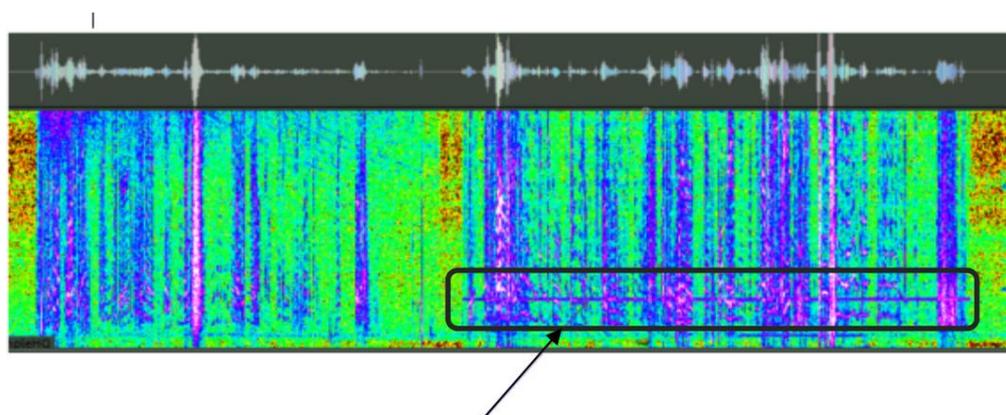
Visualiseur avancé de formes d'onde multipistes / multicanaux (comme Audacity, Samplitude, Soundforge, ProTool, WaveLab, etc.) rend l'évaluation plus facile et plus fiable. Ceux-ci permettent de naviguer dans le fichier audio, de visualiser la forme d'onde et ainsi d'identifier rapidement certaines anomalies (par exemple perte de signaux audio). Ils permettent de se concentrer sur une partie sélectionnée de l'enregistrement pour évaluer l'intelligibilité.

De plus, un logiciel de spectrogramme (généralement inclus dans le logiciel de visualisation de forme d'onde) fournirait une représentation visuelle du spectre de fréquence du signal audio et pourrait aider à identifier une anomalie spécifique.

Par exemple, la seule façon de confirmer une interférence électrique est de visualiser les spectres (utilisez la vue du spectrogramme dans l'outil logiciel).

Remarque : Selon ED-112A, les interférences ne compromettent pas nécessairement l'intelligibilité globale. Les interférences doivent être identifiées et évaluées.

Dans l'exemple ci-dessous, le signal 400 Hz provient du système cabine lors de l'utilisation de l'interphone cabine. Dans ED-112A, paragraphe IA.3 ÉVALUATION DE L'ENREGISTREMENT, la note 1 indique qu'un faible niveau de brouillage de 400 Hz peut être toléré car il fournit une base de temps grossière mais utile pour les enquêtes sur les accidents.



Identification des interférences

Figure 2 : Vue de l'analyseur de spectre
d'interférence acceptable à 400 Hz (forme d'onde audio et données de fréquence en fonction du temps)

En utilisant ces outils de visualisation avancés, la majeure partie de l'inspection peut être basée sur l'identification visuelle des problèmes. L'évaluation de l'écoute est limitée à quelques échantillons pour confirmation. Cette méthode atténue les problèmes de confidentialité des équipages de conduite.

4.3 Informations sur l'aéronef

Afin d'effectuer l'inspection de l'enregistrement du CVR, l'exploitant doit fournir à l'analyste, dans la mesure du possible, des informations sur l'aéronef, le vol enregistré (au moins la date du retrait du CVR et du téléchargement des données du CVR) et la configuration du CVR et des systèmes audio (voir annexe 1). Le téléchargement BITE associé, s'il est disponible, doit également être fourni.

Un exemple de formulaire de demande d'inspection est donné en annexe 1. Ce document serait rempli par l'exploitant. Certaines informations sont nécessaires pour bien identifier les critères à utiliser lors de l'inspection et identifier l'aéronef correspondant et le résultat qualité CVR attendu. D'autres pourraient être considérés comme facultatifs et seraient utiles en cas d'anomalies détectées pour aider à identifier la cause racine. L'analyste n'est pas nécessairement en charge de l'analyse des causes racines mais peut y participer.

Noter:

Les règles de l'UE applicables aux opérations de transport aérien commercial figurent à l'annexe IV du règlement (UE) 965/2012 de la Commission («partie-CAT»). En particulier, les règles de l'UE relatives au transport du CVR figurent dans CAT.IDE.A.185 (pour les avions) et CAT.IDE.H.185 (pour les hélicoptères). Dans ces règles, les exigences relatives à la durée d'enregistrement, aux informations à enregistrer, à la logique de démarrage et d'arrêt dépendent de la date de première délivrance du certificat de navigabilité individuel. En outre, les exigences de performances opérationnelles spécifiées dans les moyens acceptables de conformité aux CAT.IDE.A.185 et CAT.IDE.H.185 dépendent également de la date de première délivrance du certificat de navigabilité individuel.



Hot-mic : Le hot-microphone garantit qu'en plus de l'enregistrement des transmissions radio vers et depuis l'avion, tous les sons reçus par les microphones de l'équipage sont enregistrés en continu quelle que soit la position des sélecteurs audio.

Le contrôle du volume n'a aucun effet sur le niveau d'enregistrement du hot-microphone.

Selon les mandats applicables, tous les avions ne sont pas équipés de la fonction Hot-mic. Le cas échéant, cette fonction peut être évaluée selon Eurocae MOPS en tenant compte du fait que les spécifications sont différentes entre ED-56A et ED-112.

Les exigences d'exploitation aérienne liées au CVR et applicables aux exploitants hors UE peuvent être différentes (par exemple en ce qui concerne la logique de démarrage et d'arrêt, la durée d'enregistrement, etc.).

En plus de l'équipement dédié au CVR, les casques (boomsets) peuvent avoir un impact significatif sur la qualité audio d'enregistrement. Un casque approuvé par TSO ne garantit pas une bonne qualité audio dans l'enregistrement CVR. De plus, même si un nouveau modèle de casque s'avérait adéquat pour faire fonctionner l'avion, il pourrait encore affecter la qualité de l'enregistrement audio du CVR : en d'autres termes, un bon fonctionnement du système de communication audio ne signifie pas une bonne qualité de l'enregistrement audio du CVR .

Par exemple, un nouveau casque peut avoir été installé via STC. Cela pourrait entraîner une saturation inattendue de l'enregistrement audio du CVR. L'inspection de l'enregistrement du CVR pourrait détecter et révéler une telle discordance.

4.4 Rapport de contrôle

L'analyste doit s'appuyer sur une échelle d'évaluation de la qualité pour évaluer tous les enregistrements CVR (voir le paragraphe 6.1 pour la définition proposée des évaluations de la qualité). Cette échelle d'évaluation de la qualité doit être fournie à titre de référence dans le rapport d'inspection de l'enregistrement du CVR (voir l'annexe 3).

L'Appendice 2 – Exemple de RAPPORT D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ CVR présente un exemple de rapport de résultats de test où la fonction dédiée associée à chaque canal est évaluée.

Le nombre de colonnes reflète le nombre de canaux (5 colonnes lorsqu'il y a 5 canaux).

Pour qu'un enregistrement CVR soit considéré comme représentatif, il doit contenir au moins :

1. Le roulage (pour un avion), et 2. L'un quelconque des éléments suivants : décollage et montée jusqu'à l'altitude de croisière, ou phase de descente depuis l'altitude de croisière, approche et atterrissage pour les hélicoptères, vol stationnaire et autorisation doit être inclus (air particulier pour le processus de certification).

Sinon, l'analyste doit mentionner dans le rapport qu'une inspection complète de l'enregistrement du CVR n'a pas pu être effectuée. L'expérience partagée par les autorités d'enquête de sécurité a montré que la qualité audio d'un enregistrement CVR peut varier considérablement selon que l'aéronef est en vol ou non.



5 - INSPECTION D'ENREGISTREMENT CVR - DEFINITION DES ESSAIS

Comme mentionné dans ED-112A (IA.3 ENREGISTREMENT D'ÉVALUATION), les vérifications suivantes doivent être effectuées :

L'enregistrement sur chaque canal est vérifié pour confirmer que les sources d'entrée requises sont connectées au système CVR et que les niveaux enregistrés et la qualité du signal sont acceptables.

Une vérification est effectuée pour confirmer qu'un rapport signal/bruit adéquat existe pour tous les signaux d'entrée significatifs et que les niveaux de signal sont raisonnablement équilibrés entre les canaux. Le niveau d'enregistrement approprié sera confirmé pour montrer que la plage dynamique d'enregistrement complète a été atteinte sans écrêtage excessif des signaux de crête.

La qualité du signal est vérifiée pour s'assurer que l'enregistrement est exempt d'interférences électriques et des effets des vibrations.

La présence des sons du poste de pilotage, de la parole de l'équipage et des avertissements sonores est vérifiée sur le canal du microphone de zone.

Remarque : Par vibration, on entend des chocs récurrents ou une résonance de la structure ; ceux-ci créent généralement un bruit à bande étroite ou à large bande qui pourrait couvrir les voix et/ou réduire l'intelligibilité des discours.

Les essais et vérifications habituellement effectués sont décrits au chapitre 5 :

Durée du canal

Synchronisation des données

Intégrité du signal : pas de données, données de mauvaise qualité, interruption du signal

Vérification des signaux enregistrés : adresse du passager, microphone de la zone du poste de pilotage, alertes et avertissements sonores

Équilibre de niveau entre les pistes

Interférences : interférences mécaniques et électriques, sursaut hyperfréquence, claquements audio, interférences mécaniques

Signaux enregistrant la saturation



5.1 Synchronisation des canaux

Une fois les fichiers audio ouverts avec le logiciel, il faut s'assurer qu'ils contiennent des données audio sans blanc audio (voir § 5.1). La possibilité de visualiser la forme d'onde avec un logiciel d'édition audio (voir figure ci-après) facilite cette opération.

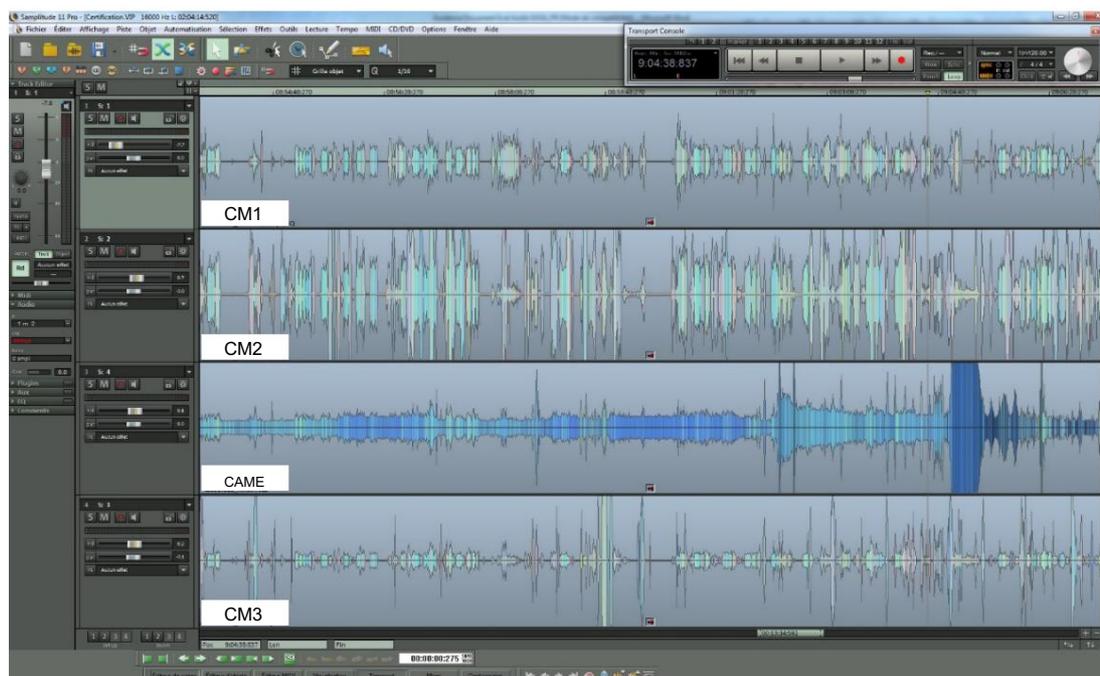


Figure 3 : Exemple de logiciel d'analyse audio (Magix Samplitude®)

Il est alors nécessaire de synchroniser les fichiers audio entre eux, ce qui permet de les rejouer ensemble. Un aperçu rapide des signaux des pistes, d'abord individuellement puis simultanément, permet d'identifier rapidement certaines anomalies comme l'absence totale ou partielle de données audio sur certaines pistes.

Lorsque les signaux ne présentent pas d'anomalies évidentes comme l'absence de signal ou la mauvaise qualité de l'enregistrement CAM, il est acceptable de parcourir rapidement les fichiers, en passant lentement sur des zones à haut niveau de bruit (par exemple le décollage et l'atterrissage qui sont des phases de vol facilement identifiables lorsque vous regardez le signal de forme d'onde) ou dans des zones à faible niveau de bruit pour vérifier la présence de données audio.

Si des anomalies sont identifiées sur les enregistrements, une vérification plus approfondie et détaillée doit être effectuée.



5.2 Durée d'enregistrement du canal

Lors d'une évaluation audio, il est nécessaire de travailler sur les données de chaque piste enregistrée sur le CVR (généralement de 3 à 6 pistes).

Exemple de fichiers audio récupérés à partir d'un téléchargement CVR :

Un dossier avec l'enregistrement des communications radio et le signal des microphones du membre d'équipage 1 (CM1); Un dossier avec l'enregistrement des communications radio et le signal des microphones du membre d'équipage 2 (CM2); Un dossier avec l'enregistrement de l'appel interphone de l'équipage de conduite vers l'équipage de cabine, le signal du microphone du troisième membre d'équipage (3e occupant ou siège observateur -CM3) et ses communications radio, l'annonce de l'adresse du passager et le code horaire du CVR (FSK (5) signal lors de l'enregistrement -voir §5.3) ; Un fichier avec l'enregistrement d'un mix des 3 premières pistes ; Un fichier avec l'enregistrement du signal de la CAM.

(5)Frequency Shift Keying / salve analogique codant l'heure UTC générée par le FDAF/U, cette salve est émise toutes les 4s et généralement mixée avec le flux audio du 3ème canal.

Le nombre de fichiers audio récupérés et leur durée d'enregistrement varient selon le type d'avion(6) ou le modèle de CVR.

(6)Se reporter au manuel de maintenance de l'aéronef (AMM) et au manuel de maintenance des composants (CMM) de l'enregistreur, notamment la partie « Description et fonctionnement ».

Le téléchargement du CVR doit générer au moins le nombre de fichiers audio attendus pour la durée d'enregistrement définie par la spécification de l'enregistreur (actuellement plus de 30 minutes ou 2 heures).

Identification de la durée et nombre de canaux

Sur la base du numéro de pièce du CVR (PN), la durée d'enregistrement minimale attendue du CVR doit être vérifiée.

En outre, si des informations concernant la date d'émission du CofA individuel sont fournies, il convient de vérifier si les informations à enregistrer par le CVR sont enregistrées pendant au moins la durée requise par les règles d'exploitation aérienne applicables (par exemple, partie-CAT, CAT.IDE.A.185 ou CAT.IDE.H.185 pour les opérateurs basés dans l'UE).

Taille du fichier

Les fichiers audio doivent être extraits du fichier au format natif vers un format standard évitant toute perte d'information due à la compression (le format PCM/ADPCM WAV est adéquat par exemple).

La taille du fichier audio peut fournir des indications concernant la durée d'enregistrement qui serait ensuite confirmée.

En cas de divergence, lors de l'enquête sur le cas racine, il serait alors important de déterminer si le problème soulevé provient du processus de téléchargement ou de l'enregistrement.



5.3 Signal FSK

Sur certains aéronefs, la synchronisation entre le CVR et le FDR peut être effectuée via le code temporel audio du CVR (type FSK). La périodicité pourrait être vérifiée par rapport aux spécifications du fabricant au début et à la fin de l'enregistrement.

On peut remarquer que le processus d'enregistrement (composant de mémoire défaillant ou décalage d'horloge interne du CVR) peut modifier la périodicité du signal.

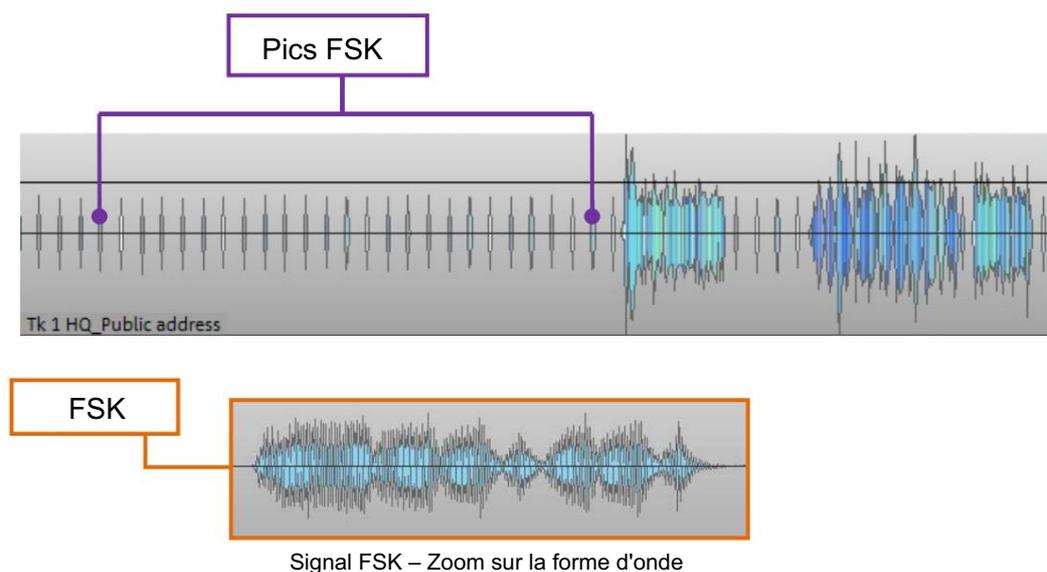


Figure 4 : code temporel audio du CVR (type FSK)

La vérification du débit du signal FSK est un bon moyen simple d'identifier si la synchronisation d'enregistrement était correcte. L'exploitant doit mentionner si l'avion est équipé ou non de la fonction de code temporel FSK.

5.4 Intégrité des signaux

La vue d'ensemble du signal devrait fournir des indices immédiats pour les défaillances suivantes :

5.4.1 Exemple : Pas de données audio sur une ou plusieurs pistes

Ce défaut se caractérise par un manque de données audio utiles sur une ou plusieurs pistes du CVR. Il est immédiatement identifiable à l'écoute et à l'observation de la forme d'onde (voir figure ci-dessous) : seul le bruit lié à l'alimentation de l'avion est audible.

Cette anomalie audio du CVR est la plus pénalisante car elle constitue une source d'information précieuse pour la compréhension de l'événement non accessible à l'enquête de sécurité.

Spécifications de référence : ED-56A, §1.4.3.a ou ED-112/ED-112A §I-1.3.3.a :

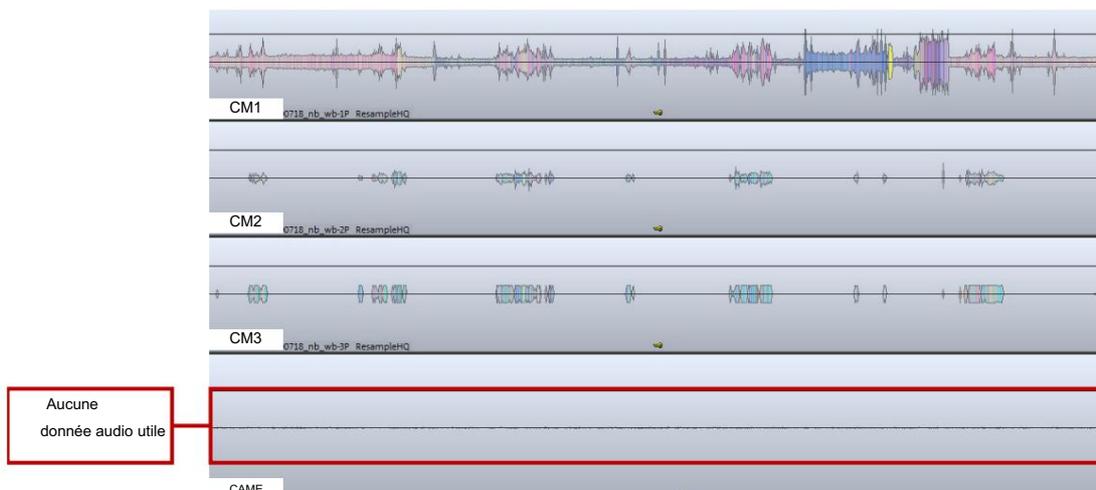


Figure 5 : Aucune donnée audio – Présentation de la forme d'onde



5.4.2 Exemple : Mauvaise qualité de l'enregistrement CAM

Cette anomalie peut être causée par un dysfonctionnement intermittent du boîtier d'amplification CAM (unité de contrôle) ou par un mauvais câblage électrique dans l'ensemble de l'installation CAM. L'enregistrement global du signal CAM peut être de très mauvaise qualité.

A l'écoute, ce défaut entraîne des variations aléatoires du niveau du signal : sur certaines portions de la piste CAM, le signal peut avoir un niveau très faible, voire être inexistant – donc pas de signal audio (voir Figure ci-dessous).

Ce défaut se traduit par une perte de données audio utiles sur la piste CAM (avertissements, échanges d'équipages, etc.).

Spécifications de référence : ED-56A, §1.4.3.a et ED-112/ED-112A §I-1.3.3.a.

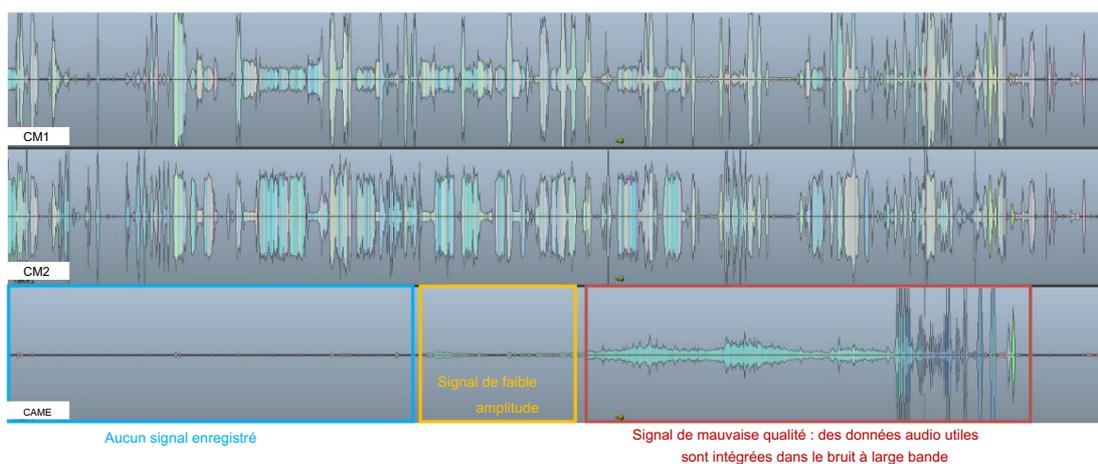


Figure 6 : Piste CAM de mauvaise qualité d'enregistrement - aperçu de la forme d'onde

[Mauvaise qualité de l'enregistrement CAM](#)

[Très bonne qualité d'enregistrement CAM](#)





5.4.3 Exemple : interruption anormale du signal

L'interruption du signal audio (à l'exception de l'arrêt normal de l'enregistrement du CVR après la fin du vol) ne doit pas se produire pendant le processus d'enregistrement sur aucun canal pour que l'enregistrement soit considéré comme satisfaisant.

Dans l'exemple ci-après, le signal CAM montre un changement temporaire inattendu de plage dynamique associé à des pertes de signal audio (voir "zone vide" dans la figure ci-dessous).

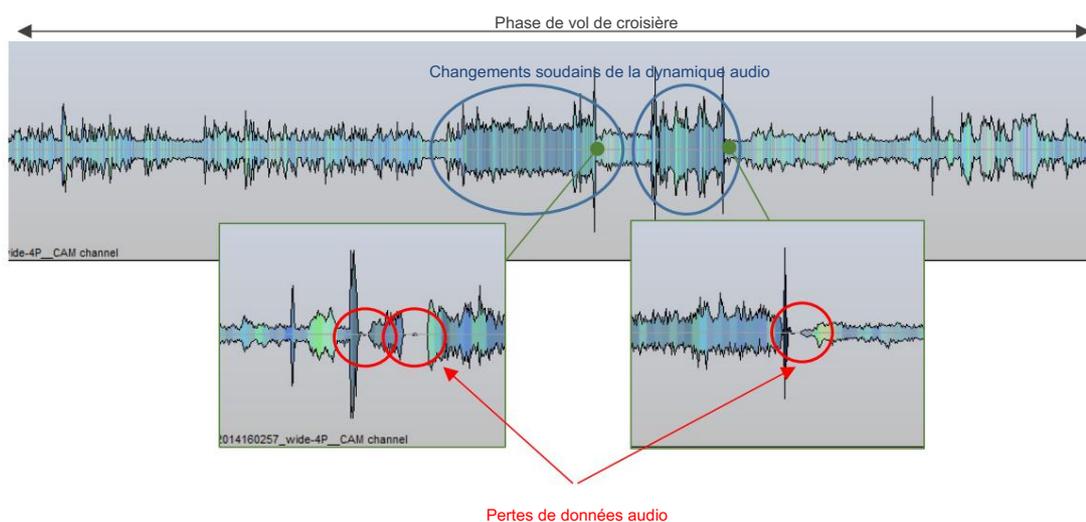


Figure 7 : interruption anormale du signal



5.5 Signaux enregistrés

5.5.1 Adresse du passager (AP)

Le signal PA peut être enregistré sur différents canaux. Ce signal doit être identifié selon la définition de l'avion et évalué.

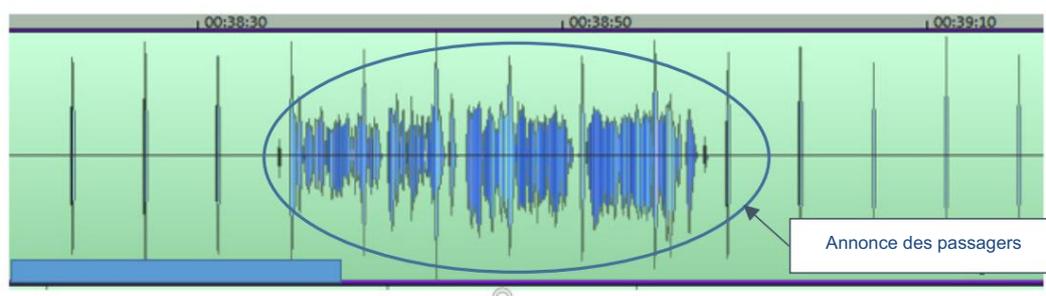


Figure 8 : Signal d'adresse du passager



5.5.2 Microphone de l'habitacle

La présence de la parole de l'équipage du poste de pilotage et des alertes sonores peut également être vérifiée sur le canal CAM.

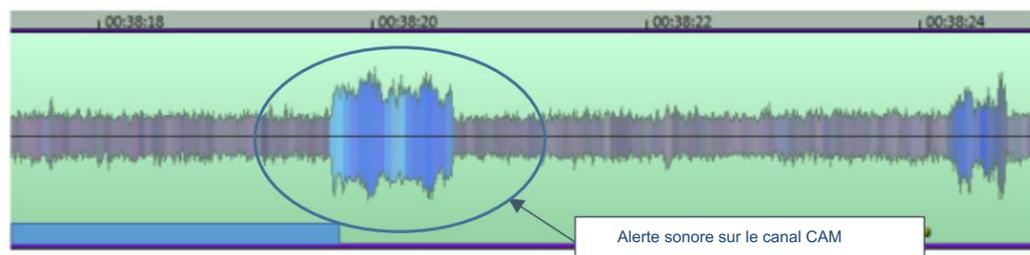


Figure 9 : Microphone de la zone du poste de pilotage

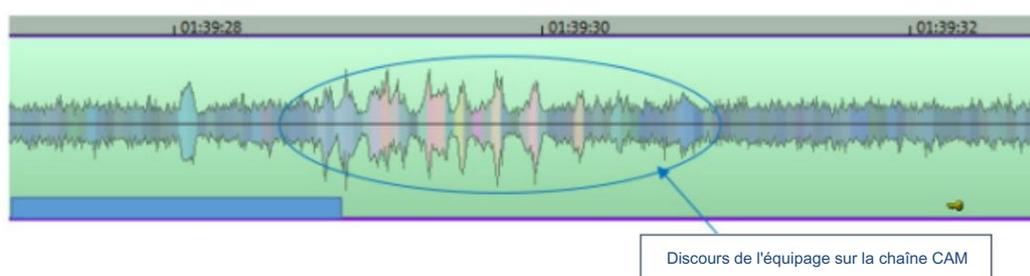


Figure 10 : Canal d'équipage

Remarque : En raison du bruit ambiant excessif à l'intérieur des cockpits d'hélicoptères, l'exemple des alertes sonores sur le canal CAM ne peut pas être pris en compte. Dans ce cas, il convient de vérifier la présence d'alertes sonores sur les voies pilote et copilote.

5.5.3 Alerte et avertissement sonores

Les alertes, avertissements et appels audio doivent être enregistrés sur le canal CAM.

La vérification des alertes/avertissements sonores audio et des annonces sur d'autres canaux que le CAM doit être effectuée pour les hélicoptères (voir note en 5.4.2).

En résumé, il peut être utile de vérifier que les appels audio normaux et les alertes/avertissements sonores sont enregistrés sur les autres canaux en cas de dysfonctionnement du CAM. En fait, il peut prendre en charge le fonctionnement continu de l'aéronef si le CAM est inopérant en attendant la résolution du problème.

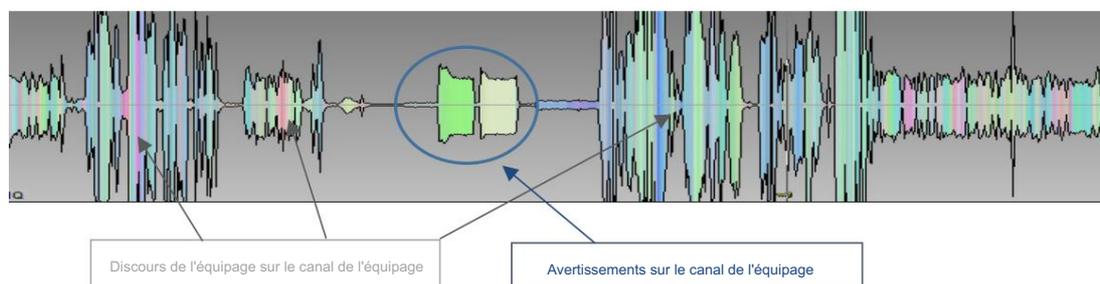


Figure 11 : Discours de l'équipage et avertissement sur le canal de l'équipage



5.6 Balance de niveau entre les pistes

L'équilibre correct entre les signaux doit être vérifié.

L'anomalie peut être caractérisée par une différence de niveau entre les signaux d'entrée, notamment en ce qui concerne le niveau des communications du Contrôle du Trafic Aérien (ATC).

Dans l'exemple suivant, le message ATC est fortement atténué sur la seconde piste (cerclée de rouge), et est quasiment inaudible.

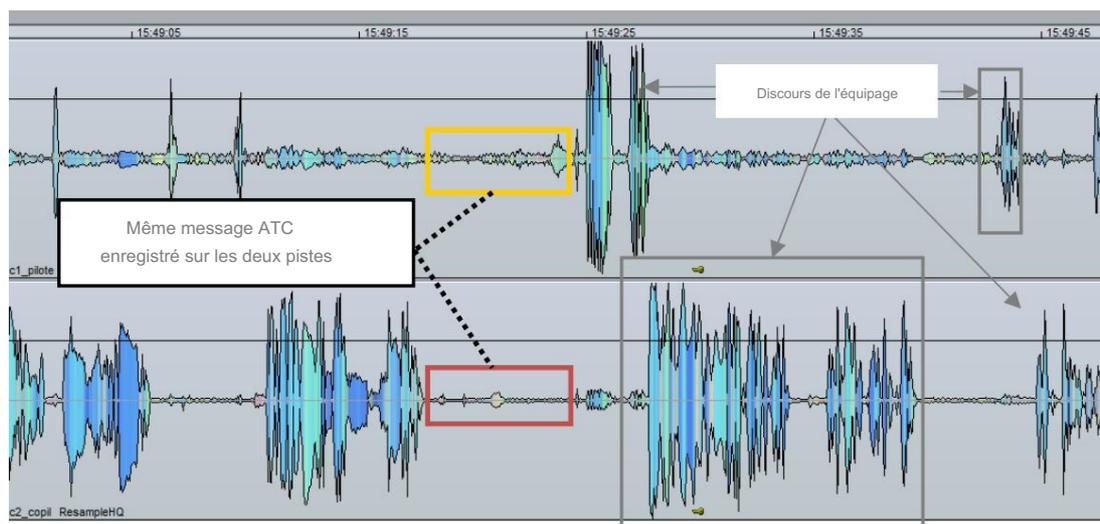


Figure 12 : Déséquilibre de niveau entre les voies

[Copilot Track](#) [Message ATC](#) [Déséquilibre de niveau](#)

[Pilot Track](#) [Message ATC](#) [Déséquilibre de niveau](#)



Ce défaut est détecté en observant la forme d'onde du signal sur chaque piste. Il peut être confirmé en écoutant chaque piste séparément, la différence de niveau peut alors être facilement détectée.

L'exemple ci-après montre la différence dynamique entre les canaux audio : la différence entre l'effet local et la réception est très importante (alors que le réglage du volume de réception est unique pour chaque membre de l'équipage) et l'effet local est inintelligible côté commandant de bord (ce qui a été confirmé par le capitaine lui-même pendant le vol).

Cause principale : le casque n'est pas conforme à ETSO/TSO et les interfaces du casque (entrée et sortie) sont différentes de MOPS (DO-170 ou DO-214).

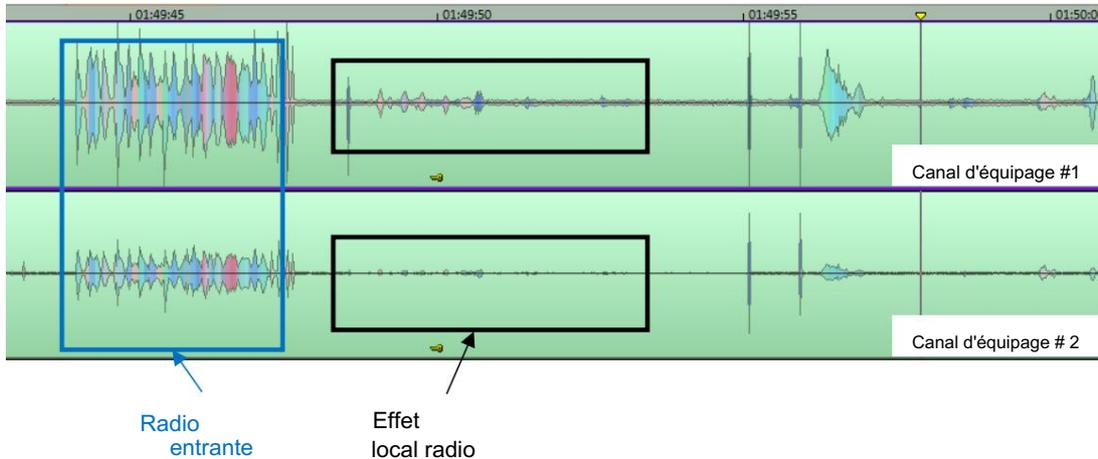


Figure 13 : Déséquilibre de l'effet local radio

Spécifications de référence :

ED-56A - §3.2.5 ED-112/

ED-112A -§ I-3.2.2 (RSL < 3dB).

5.7 Interférence

Le signal enregistré doit être inspecté pour vérifier s'il est exempt d'interférences mécaniques et électriques. Si une interférence est détectée, l'analyste doit déterminer si la pollution sonore générée par l'interférence est considérée comme acceptable.

Voici quelques exemples d'interférences :

Enregistrement CVR (pilotes et/ou voies CAM) pollué par l'alimentation de l'avion

Enregistrement CAM pollué par l'alimentation interne de l'équipement CVR

Enregistrement CAM pollué par des impulsions hyperfréquences (Wi-Fi, GSM, de PED)

Événements audio popping sur la piste CAM

5.7.1 Exemple : CAM enregistrant la pollution par l'alimentation de l'avion

Cette pollution se caractérise par la présence d'un « bruit » parasite continu sur les voies du CVR. Les cas étudiés au BEA ont montré que ce bruit provenait de l'alimentation de l'avion. L'écoute est alors très inconfortable. Ce phénomène est apparu principalement sur la piste micro de la zone cockpit.

La présence de cette anomalie sur l'enregistrement peut être confirmée par analyse spectrale (voir Figure 5). Cette méthode révèle la présence d'une famille d'harmoniques de fréquence fondamentale se déplaçant autour de 400 Hz (entre 340 et 490 Hz - l'alimentation des avions a une fréquence variable pour les cas étudiés). Il apparaît que plus la richesse harmonique est grande (c'est-à-dire le niveau d'énergie de chaque fréquence harmonique), plus la pollution sera sévère et rendra difficile tout travail d'écoute.

Nota 1 : Sur certains CVR, la fréquence à l'origine de la pollution est stable. Elle est alors tolérée car elle offre un délai utile pour l'investigation (cf. ED 56A, §A.1.3.2, NOTE 1 ou ED 112/ED-112A, § IA.3.2.).



Remarque 2 : L'écoute du signal audio et l'observation de la forme d'onde permettent de détecter cette anomalie mais ne suffisent pas à prouver sa présence (voir Figure 4). L'utilisation d'un visualiseur de spectre est indispensable pour confirmer que l'alimentation électrique est à l'origine de la pollution.

Note 3 : Il est possible d'utiliser des outils de traitement du signal pour filtrer cette fréquence et ses harmoniques. Cependant, cette technique peut être difficile à mettre en oeuvre car la fréquence fondamentale du bruit varie au cours du vol. De plus, un tel filtrage doit être fait avec soin et précision car si la pollution recouvre des éléments de la signature acoustique de l'aéronef, la supprimer entièrement (le fondamental et chacune de ses harmoniques) peut conduire à la perte d'informations essentielles à l'investigation.

Ces interférences provoquent une gêne à l'écoute qui diminue les performances de l'opérateur chargé d'effectuer le travail de transcription. De plus, lorsque cette pollution est sévère, les données audio présentes sur la piste CAM sont peu exploitables, notamment les conversations entre membres d'équipage.

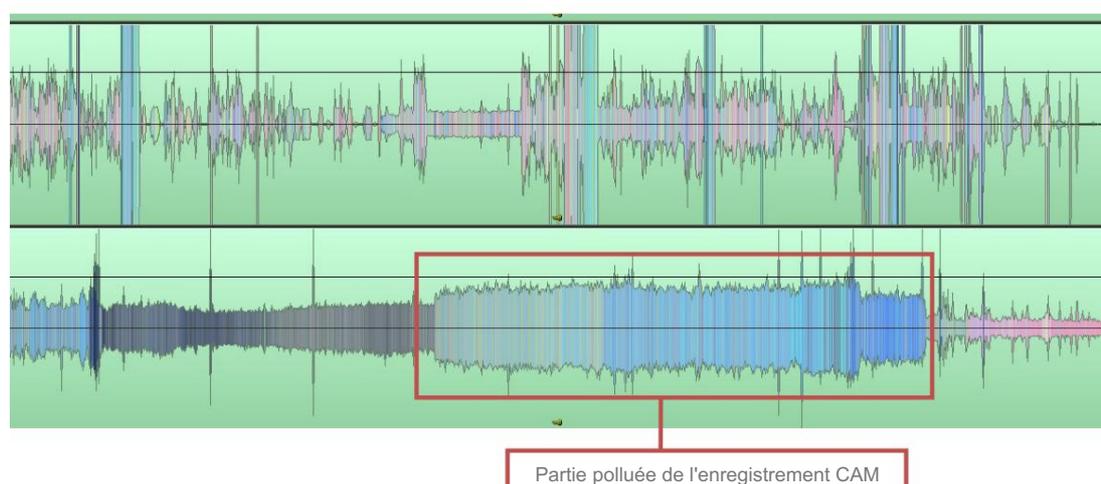


Figure 14 : CAM enregistrant la pollution

[CVR enregistrant la pollution par l'alimentation de l'avion](#)



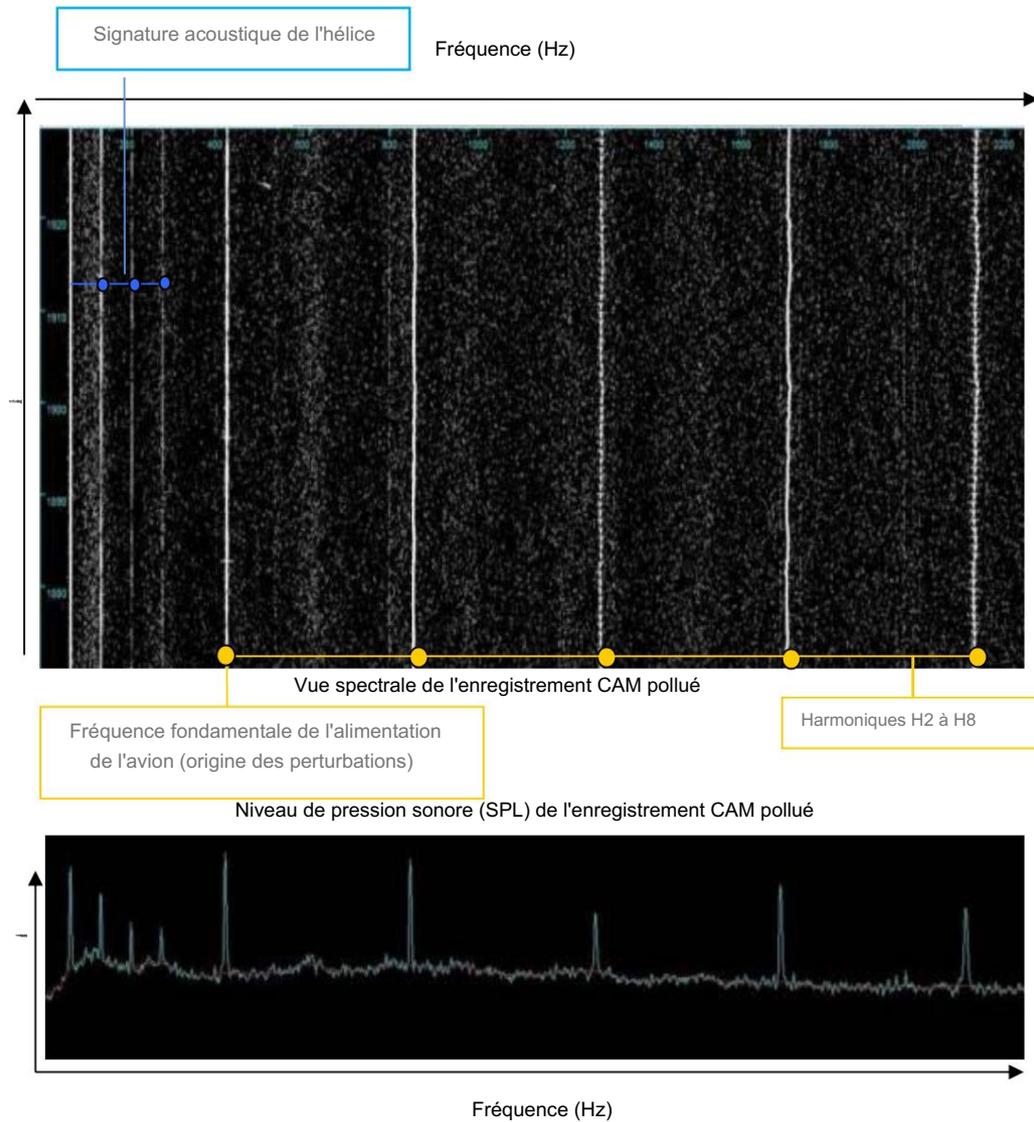


Figure 15 : Pollution d'enregistrement CAM – Vue Spectre (Spectrum et SPL)

[CVR enregistrant la pollution par l'alimentation de l'avion](#)



Un autre exemple de défaut CAM

Au sol, après une activation particulière du système, le signal CAM est affecté par une interférence (400 Hz). L'amplitude du bruit augmente après quelques minutes et dure pendant le vol jusqu'à l'arrêt des moteurs.

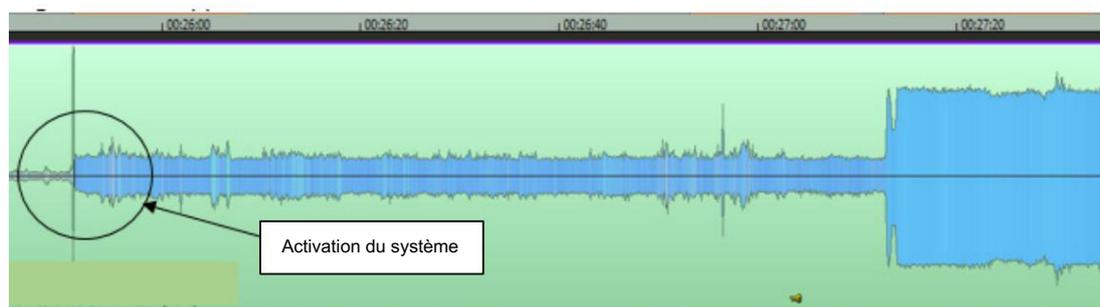


Figure 16 : CAM de mauvaise qualité après l'activation du système

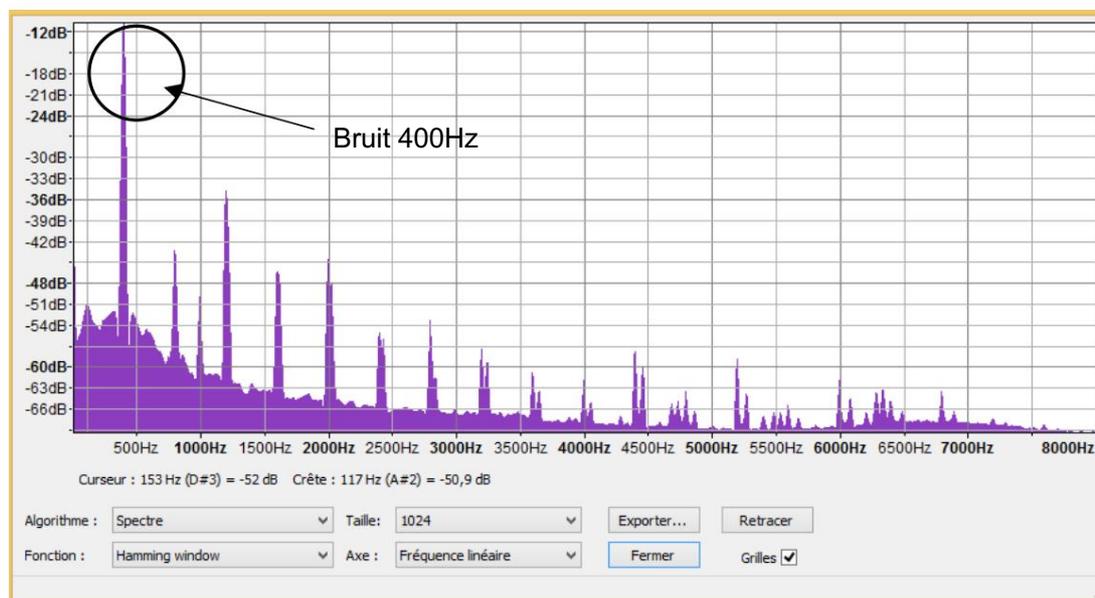


Figure 17 : Famille harmonique (à un instant précis du signal sur la figure 16)

5.7.2 Exemple : Pollution de l'enregistrement CAM par l'alimentation interne de l'équipement CVR

Ce type de pollution peut être décrit comme un bruit large bande de haut niveau (sifflement continu) dont la fréquence centrale fluctue légèrement selon la phase de vol. La largeur de cette bande est d'environ 300 Hz. Ce phénomène apparaît au démarrage du CVR et disparaît lorsque l'alimentation principale de l'appareil est coupée (passage en alimentation autonome / alternative). Ce parasite est généré par l'alimentation électrique interne du CVR qui alimente également le module de préamplification du CAM (Control Unit).

Cette anomalie est facilement détectable car elle rend le travail d'écoute assez inconfortable. La présence de ce type de pollution peut être confirmée par une analyse spectrale (voir Figure 7).

Remarque 1 : Comme dans l'exemple précédent, l'écoute du signal audio et l'observation de la forme d'onde permettent une détection de cette anomalie mais ne suffisent pas à prouver sa présence (voir Figure 6). L'utilisation de l'analyse spectrale est essentielle.

Remarque 2 : Selon la valeur de la fréquence centrale, il peut être possible de supprimer ce bruit en utilisant un filtre coupe-bande. Cependant, un tel filtrage doit être fait avec précaution car si la pollution recouvre certains éléments de la signature acoustique de l'aéronef, sa suppression peut entraîner une perte d'informations essentielles à l'investigation.

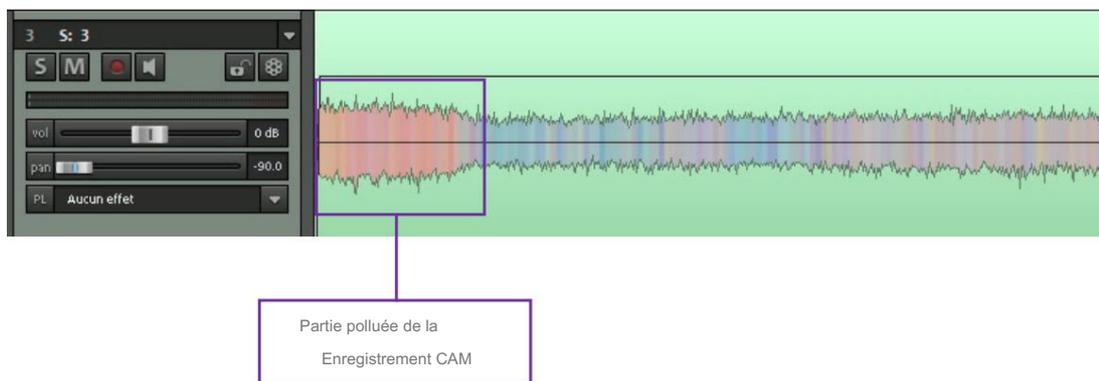


Figure 18 : Pollution d'enregistrement CAM - aperçu de la forme d'onde

[Interférence interne de l'alimentation du CVR en vol](#)
[Interférence interne de l'alimentation du CVR à la terre](#)

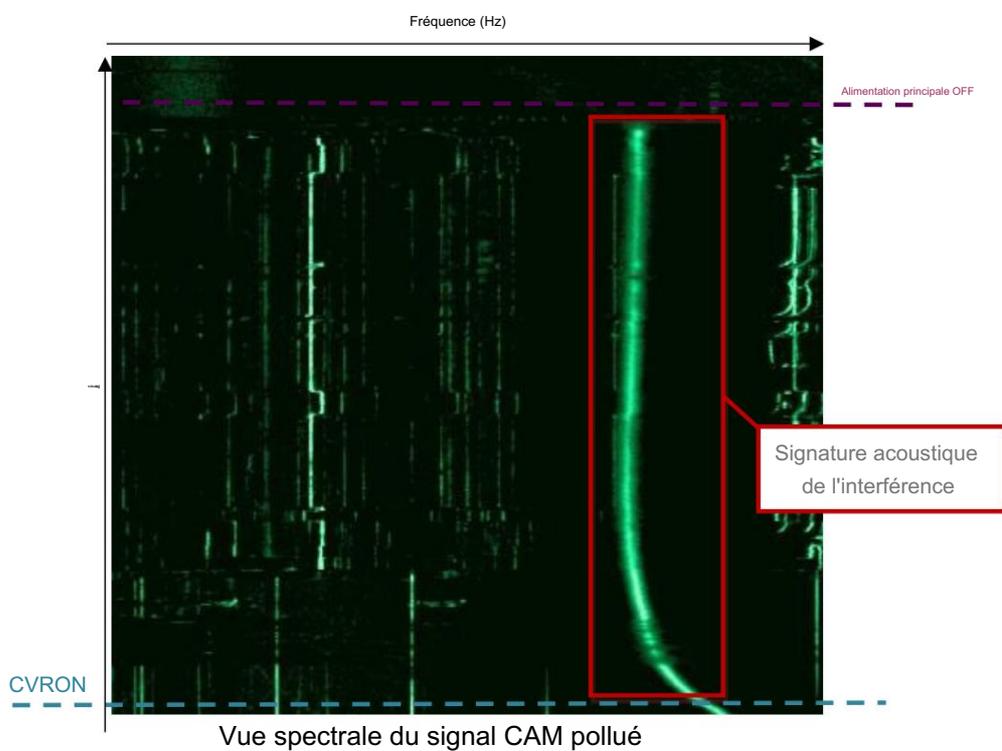


Figure 19 : Pollution d'enregistrement CAM – Vue Spectre

[Interférence interne de l'alimentation du CVR en vol](#)
[Interférence interne de l'alimentation du CVR à la terre](#)



5.7.3 Exemple : Pollution d'enregistrement CAM par burst hyper fréquence (impulsions Wi-Fi et/ou GSM)

Cette anomalie se caractérise par la présence d'interférences sur la piste CAM. Selon le niveau de transmission, de telles interférences peuvent entraîner une mauvaise perception ou même un masquage total des conversations dans le poste de pilotage. Ce défaut peut être détecté en écoutant l'enregistrement audio. Une analyse spectrale confirmera sa présence (voir Figure ci-dessous).

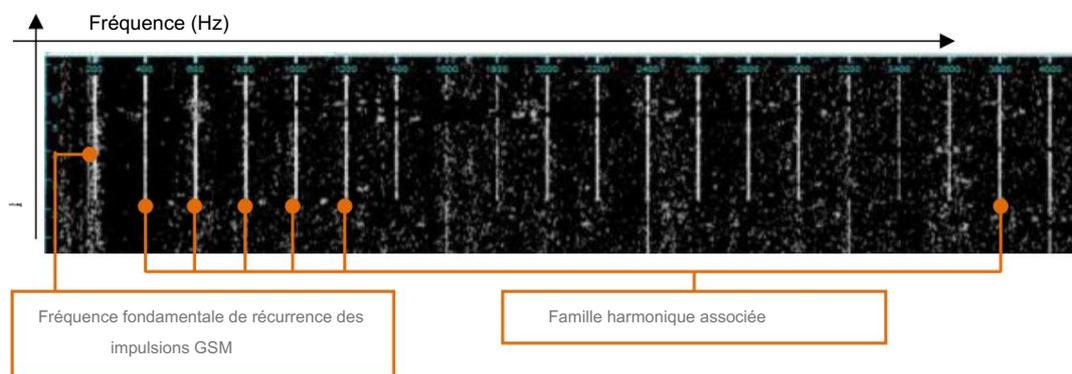


Figure 20 : CAM enregistrant la pollution par les impulsions GSM – Vue Spectre

[Interférence GSM_CAM](#)



Remarque : les interférences générées par les impulsions GSM(7) dépendent de la fréquence utilisée (ex. 450 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2,4 GHz). Cette impulsion est transmise toutes les 4,6 ms. Cette émission périodique produit, sur l'installation d'acquisition du CVR, un signal sonore dont la fréquence fondamentale est de 217Hz et quelques harmoniques.

(7)GSM :
Système mondial de
communication mobile.

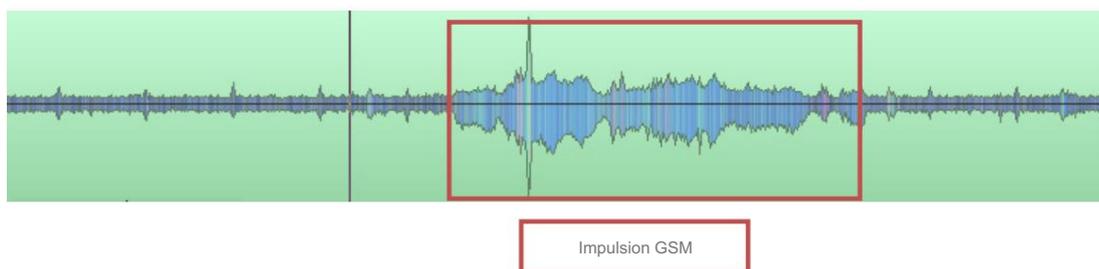


Figure 21 : CAM enregistrant la pollution par les impulsions GSM – aperçu de la forme d'onde

[Interférence GSM_CAM](#)



Un autre exemple est l'aperçu du spectre suivant où les interférences électriques peuvent être identifiées en vol sur les canaux 1 et 2.

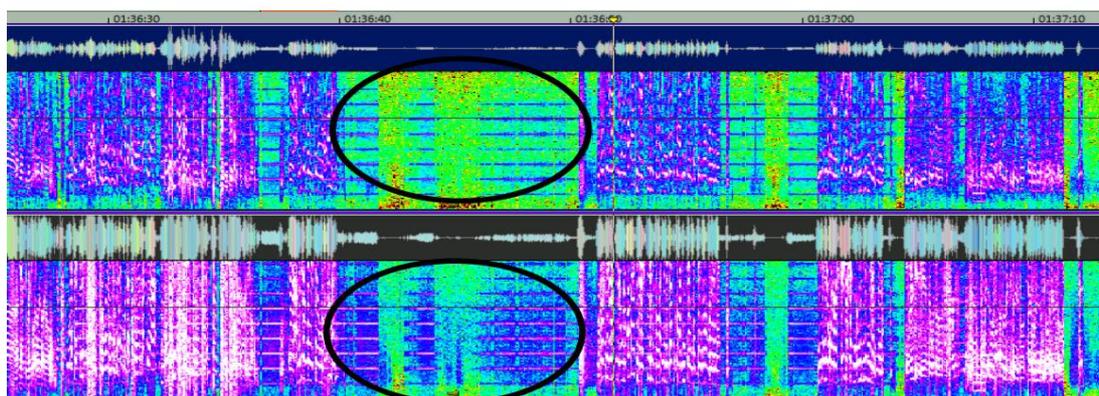


Figure 22 : Interférences GSM (encadrées)

[Interférence GSM_CAM](#)





5.7.4 Exemple : Audio popping sur la piste CAM

Ce problème apparaît lors de l'écoute par une succession de « pops » sur la piste CAM. Elle est due à la sensibilité de la ligne CAM (micro de cockpit, préamplificateur...) aux décharges électrostatiques au voisinage des éléments de la ligne CAM ou du harnais (rayonnement ESD). Cet événement est prédominant et facilement identifiable sur la forme d'onde (Figure 23). Il s'apparente à une succession de pics créant un écrêtage sur la forme d'onde.

Les phénomènes ESD sont à l'origine de ces saturations récurrentes ; il atteint soit le point de saturation électrique de la cellule du microphone elle-même lorsque l'agression ESD s'est produite à proximité du microphone, soit atteint la plage maximale admissible de l'entrée du canal CAM du CVR lorsque l'agression ESD s'est appliquée au préamplificateur et/ou au harnais.

Le défaut devient apparent avec une analyse spectrale (voir Figure 24) : il peut ressembler à une série de « pics » avec des niveaux d'énergie variables. Le rythme d'apparition de ces pics est irrégulier : ils peuvent apparaître de manière quasi-périodique ou complètement erratique.

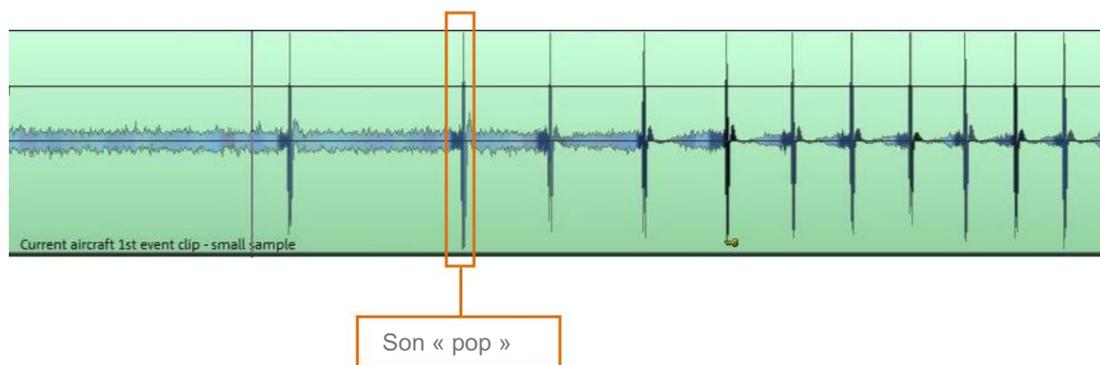


Figure 23 : Audio popping sur l'enregistrement CAM - Aperçu de la forme d'onde

[Popping_CAM erratique](#)
[Popping_CAM récurrent](#)
[Popping permanent_CAM](#)

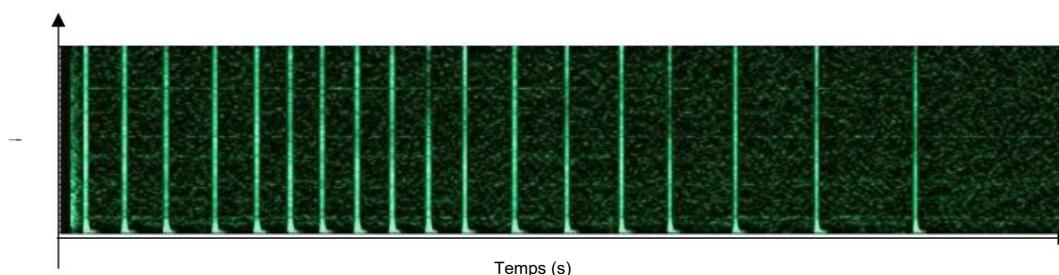


Figure 24 : Audio popping sur l'enregistrement CAM - Vue Spectre

5.7.5 Exemple : Interférence mécanique

Un exemple typique d'interférence mécanique est le flux d'air provenant de la climatisation, les vibrations mécaniques du boîtier CAM du microphone CAM ou les vibrations d'une partie de l'avion. Ci-après, la figure montre de fortes vibrations de la trappe du train avant qui ont eu un impact sur la qualité du CVR.

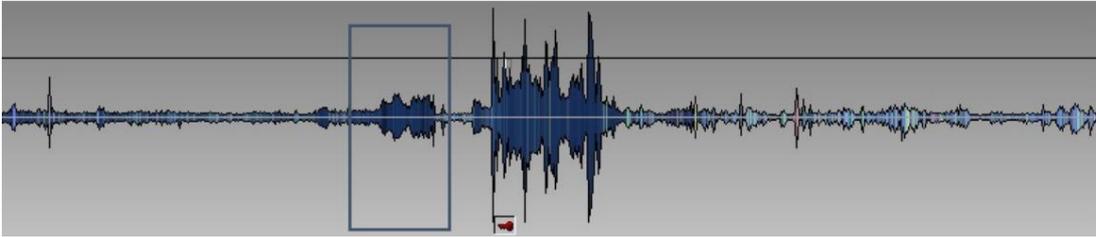


Figure 25 : occurrences de vibrations (en surbrillance)

[Interférence mécanique Micro CAM](#)



Un phénomène de vibration se crée sur des spectres de haute énergie sur une bande de fréquence (bande étroite ou moyenne comme illustré ci-dessous) ; à un niveau de vibration élevé, la bande passante audio complète pourrait être saturée, couvrant tout le signal audio utile (discours, avertissement, etc.).

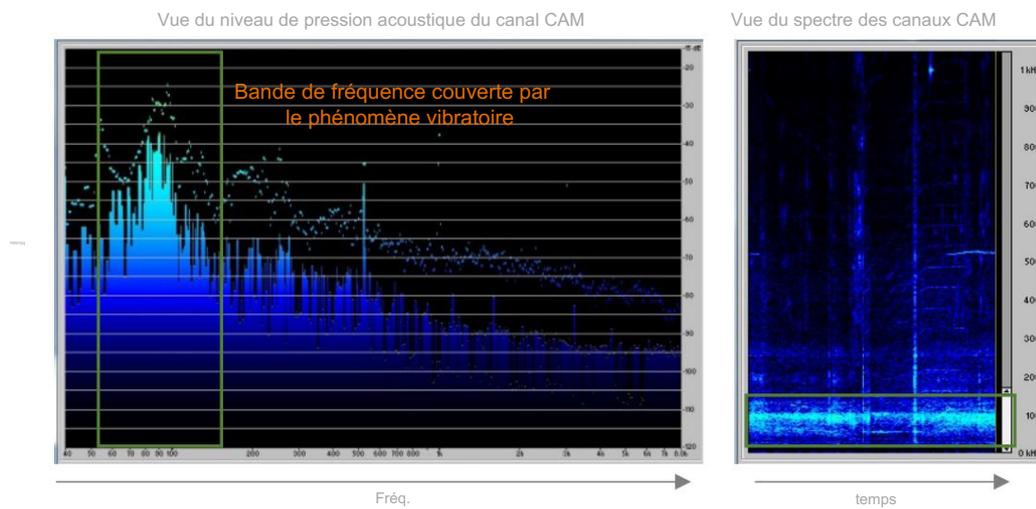


Figure 26 : Calcul du SPL à un instant précis du signal de la figure 25



5.8 Saturation de l'enregistrement des signaux

5.8.1 Saturation électrique (niveau d'entrée maximal acceptable de la chaîne audio atteint)

La détection de la saturation du signal (ou de l'écroulement) peut être facilement effectuée par un outil d'analyse audio. Il faut alors évaluer les parties saturées détectées (intensité, durée) au regard de l'intelligibilité.

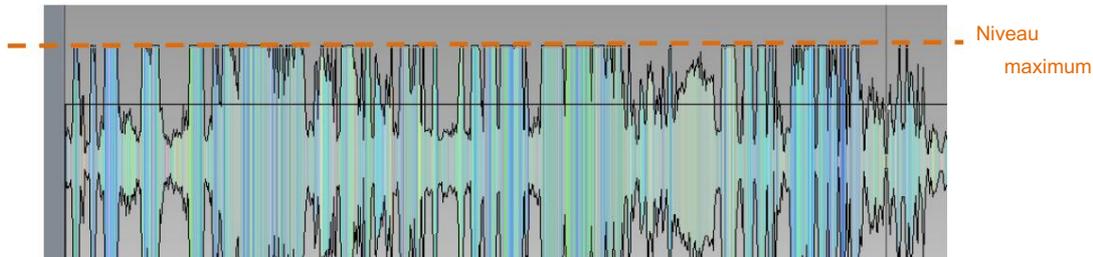


Figure 27 : saturation électrique
 La plupart des paroles sont déformées et/ou inintelligibles
[Saturation électrique Canaux Crew MIC](#)



5.8.2 Saturation mécanique

Ce type de signal de saturation CAM est dû à une sensibilité excessive du CAM. Cette saturation est acoustique et non électrique, car l'observation de la forme d'onde indique que le signal n'atteint pas l'amplitude maximale autorisée par le CAM (pas d'écroulement sur la forme d'onde) (voir Figure ci-dessous). À l'écoute, l'enregistrement est en effet déformé et tous les signaux audio pertinents (conversations, avertissements, appels, etc.) sont couverts par le bruit basse fréquence.

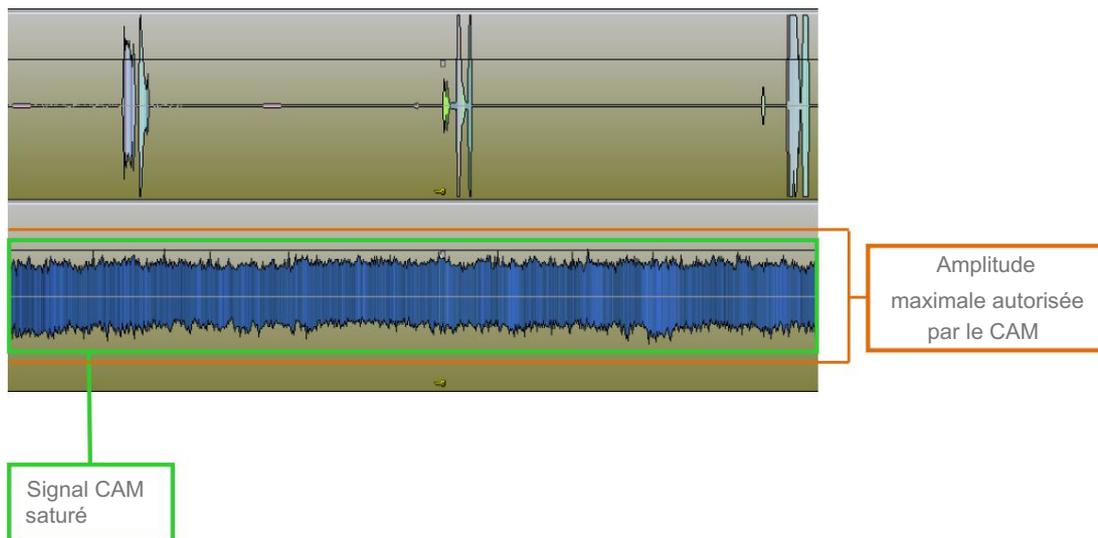


Figure 28 : Saturation d'enregistrement CAM – Aperçu de la forme d'onde

[Saturation mécanique](#)



Une analyse spectrale permet de révéler cette anomalie. Dans l'exemple ci-dessous, une famille d'harmoniques de fréquence fondamentale de 80 Hz (probablement la signature acoustique de l'hélice de l'avion) est présente. Un SPL montre que cette famille d'harmoniques basse fréquence a un niveau nettement prédominant par rapport au niveau général du signal CAM. Ce niveau élevé d'énergie est la cause de la saturation acoustique.

Cette anomalie provoque une gêne à l'écoute qui diminue la performance de la personne chargée d'effectuer le travail de transcription. Cela peut même entraîner la perte d'informations utiles (communications ou alarmes/avertissements).

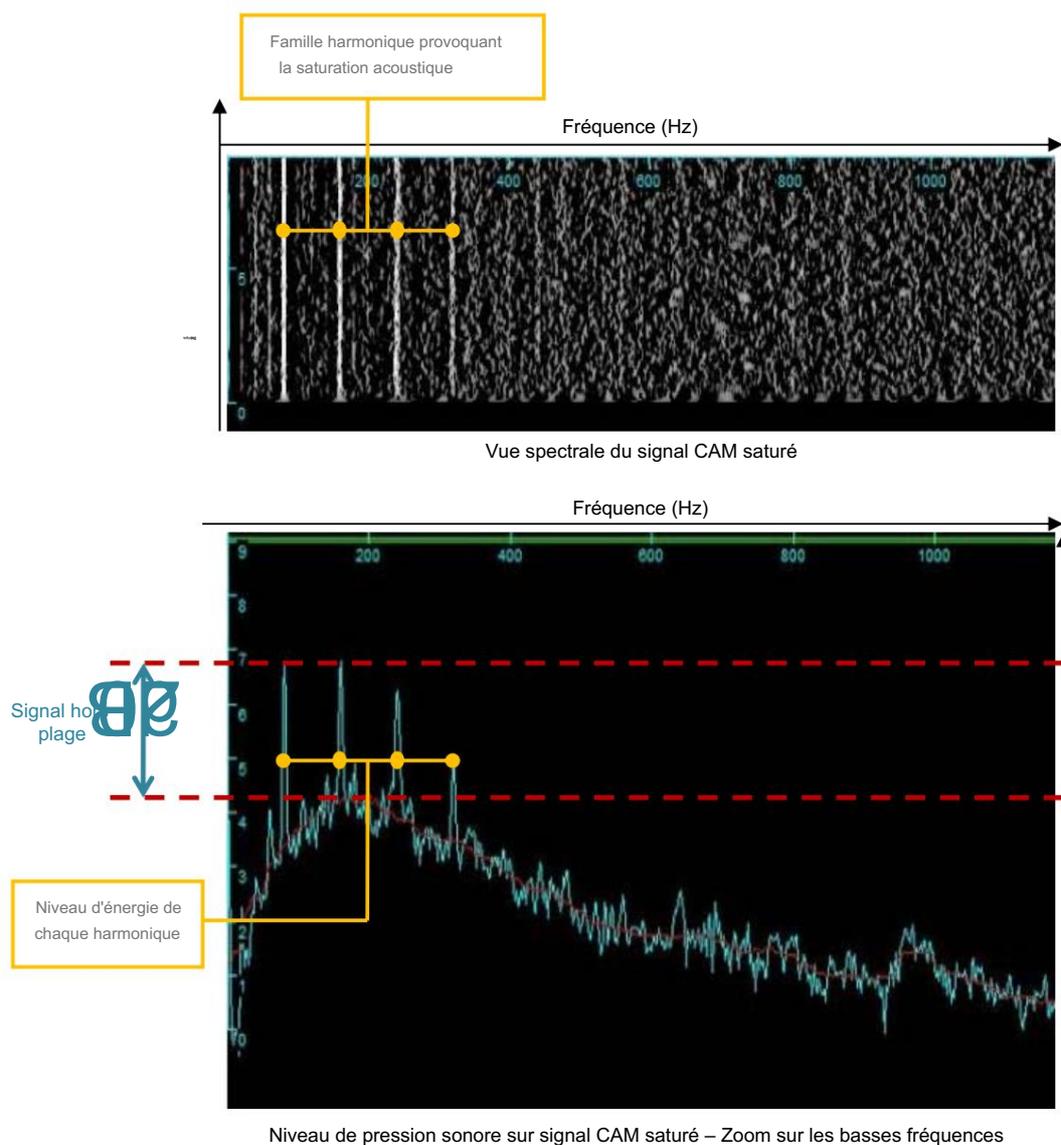


Figure 29 : Saturation des enregistrements CAM – vues du spectre



5.9 Essais ou contrôles complémentaires / autres anomalies diverses

5.9.1 Fonction Démarrage – Arrêt

Ce test est généralement une tâche planifiée de données de planification de la maintenance (MPD) qui sera effectuée conformément au manuel de maintenance de l'aéronef (AMM). Cela pourrait faire gagner du temps s'il était effectué en même temps que l'inspection de l'enregistrement du CVR.

La fonction Start / Stop est facile à identifier dans l'enregistrement car elle affiche une signature spécifique. La vérification de la fonction start-stop permet de s'assurer que l'enregistrement n'a pas été écrasé et que l'enregistrement en cours d'inspection correspond au tout dernier vol.

La partie-CAT, CAT.IDE.A.185 (f) et (g) et CAT.IDE.H.185 (e) et (f) indique quand le CVR doit démarrer et s'arrêter.

Dans l'exemple ci-dessous, le spectrogramme permet d'identifier facilement la dernière phase d'enregistrement (réduction du niveau de bruit) et en réalité, l'enregistrement s'est arrêté 5 minutes après l'arrêt du moteur.

Après l'arrêt du moteur, il peut y avoir une coupure de courant (transfert électrique) facilement détectable par une impulsion typique.

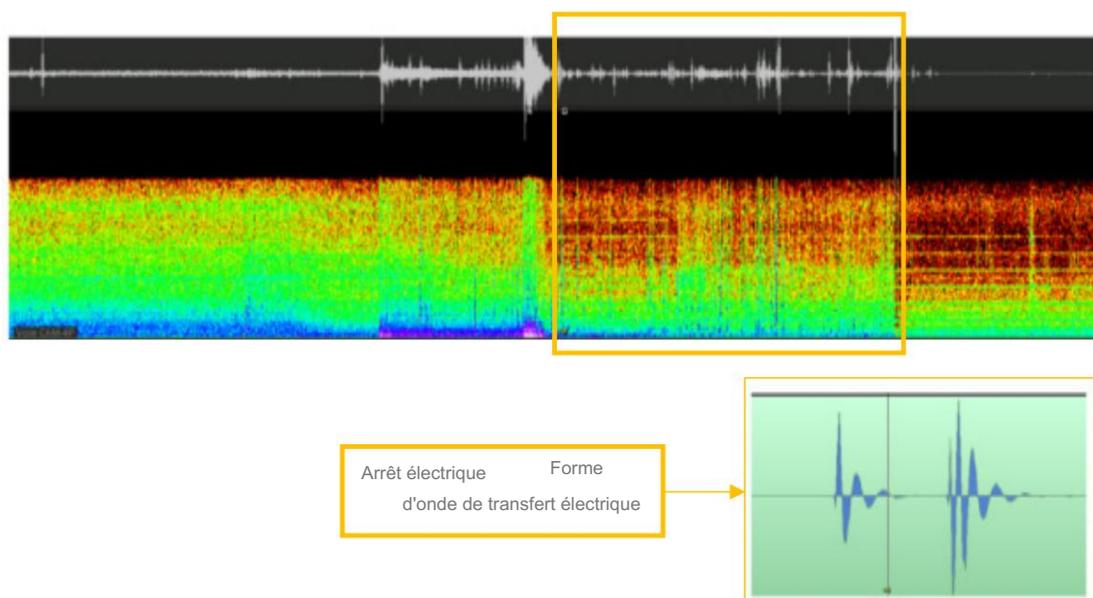


Figure 30 : Fonction de démarrage et d'arrêt

5.9.2 Vérification du fonctionnement du microphone chaud

Cette fonction doit être évaluée par rapport à MOPS (ED-56A, ED-112 ou ED-112A).

Hot-mic est différent de l'interphone. Même si le CVR a été certifié, cela ne signifie pas que Hot-mic était installé sur l'avion à ce moment-là.

De plus, un nouveau casque avec réduction active du bruit (ANR) peut avoir un impact sur le niveau de Hot-mic et le rendre inapproprié si le signal est toujours inondé sous les signaux de réception radio

La fonction Hot-mic est conçue dans le système audio et non dans le CVR même si le signal est ajouté aux données du CVR. Le statut TSO (ETSO-C58A FAA TSO-C139a) peut donner des informations sur la mise en œuvre.



L'analyste doit donc obtenir l'information avec le bon de travail si l'avion concerné est équipé de Hot-mic (ajouter à l'annexe 1)

Si le Hot-mic est installé mais non identifié pendant le vol, le résumé des résultats doit mentionner : « Non identifié pendant le vol. Pas d'état » et expliquez pourquoi le Hot-mic n'a pas été détecté.

Par exemple, la fonction Hot-mic n'a pas été demandée par la FAA avant avril 2010 ni par l'EASA. Un aéronef avec un CofA antérieur au 1er avril 2010 qui était immatriculé sous mandat de la FAA pourrait encore être exploité sans cette fonction. L'exemple ci-dessous montre le comportement de Hot-mic. La parole de l'équipage est enregistrée alors qu'aucun PTT n'a été sélectionné.

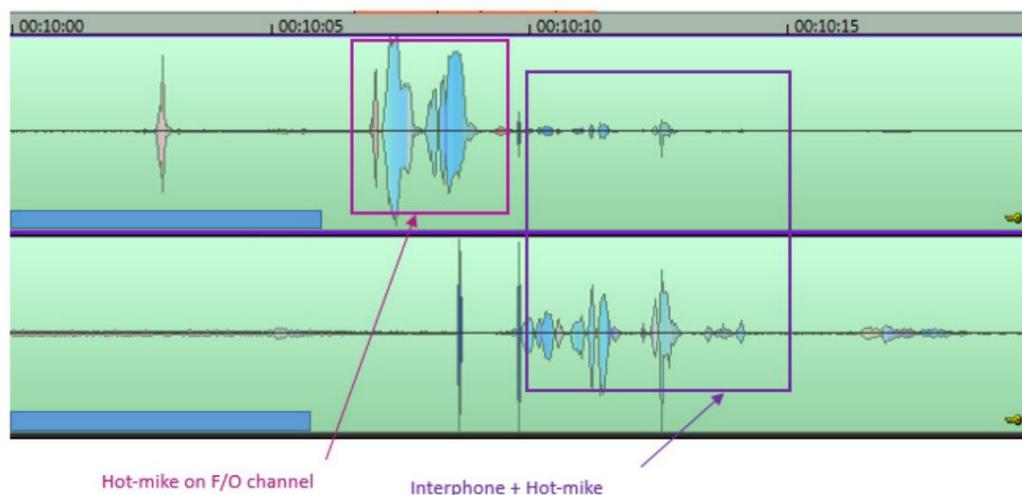


Figure 31 : Fonction micro actif

[Hot-Mic default_no discours correspondant sur le canal pilote](#)

[Hot-Mic default_pilot discours sur CAM](#)



5.9.3 Déphasage entre canaux

Il arrive parfois que certains signaux audio (conversations de l'équipage, avertissements, communications ATC, etc.) ne soient pas enregistrés avec la même phase sur chaque piste du CVR. Ce déphasage est particulièrement gênant lorsqu'il est de 180° (signaux en opposition de phase).

Le déphasage entre les canaux du CVR peut avoir un impact sur la qualité audio lorsqu'ils sont mélangés. L'analyste doit prendre en compte ce phénomène lorsqu'il

plusieurs canaux sont rejoués en même temps pendant l'évaluation, et lorsque le CVR est équipé d'un canal mixte qui enregistre 2 heures de données audio à partir des canaux de l'équipage

Dans le premier cas, l'analyste peut considérer que les signaux audio ne sont pas de qualité adéquate alors que la relecture individuelle de chaque piste montrerait que la qualité audio est adéquate. Ce problème peut être résolu avec un outil d'analyse audio standard en modifiant la phase du signal des pistes.

Le second cas doit être considéré comme un enjeu majeur car cette anomalie s'apparente à une perte de données audio et est préjudiciable à tout travail d'analyse sur les enregistrements audio, notamment si certaines des informations utiles à l'investigation ne se trouvent que sur la piste mixée.



En pratique, un même événement sonore (message ATC, alertes, etc.) aura une amplitude affaiblie voire annulée s'il est enregistré sur une piste mixée sur le CVR. L'effet de cette anomalie apparaît également lorsque les pistes contenant des signaux déphasés sont synchronisées et lues simultanément.

Cependant, comme les multiples signaux reçus par l'unité de gestion audio ont une amplitude différente, le résultat du déphasage sera principalement une forte atténuation du signal.

Cette anomalie peut être détectée si le CVR a une piste mixte, l'observation de la forme d'onde et l'écoute du contenu audio sur cette piste révéleront immédiatement le défaut, surtout si les autres pistes ont des formes d'onde « normales ».

Si le CVR ne contient pas de piste mixée, l'écoute simultanée de toutes les pistes du CVR une fois synchronisées révélera l'anomalie : les signaux présents sur les pistes seront de faible amplitude. Une comparaison des formes d'onde de chaque piste confirmera le « diagnostic ». Une meilleure détection est possible en agrandissant les formes d'onde de la piste où un événement notable est enregistré (messages ATC, avertissements, signaux transitoires de forte amplitude...). Le déphasage sera plus visible à cet endroit.

Spécifications de référence :

ED-56A, §1.4.3.a

ED-112/ED-112A, §I-1.3.3.a

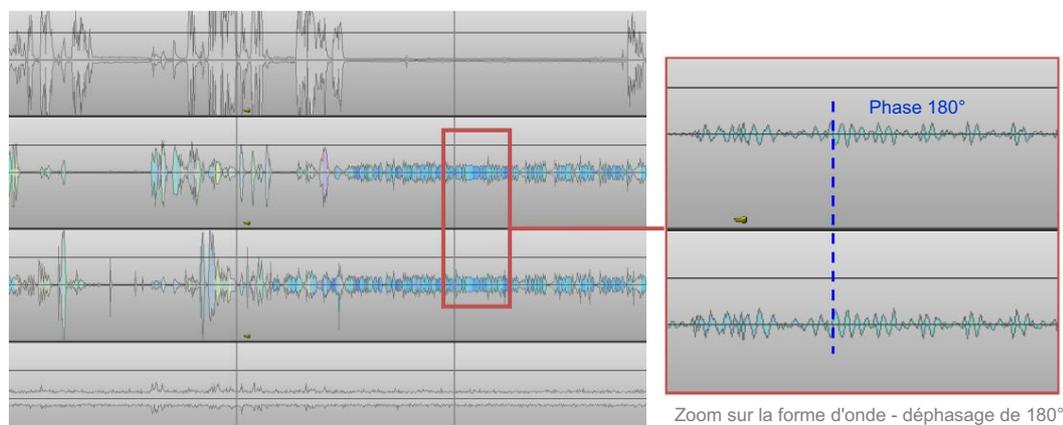


Figure 32 : Signaux audio en opposition de phase – Aperçu de la forme d'onde

[Déphasage __ mélange de pistes pilote et copilote](#)

[Changement de phase une piste de membre d'équipage uniquement](#)



5.9.4 Divers

Des éléments supplémentaires peuvent être envisagés. Ci-après, quelques exemples d'anomalies rencontrées lors de l'inspection.

Gestion erronée de la mémoire

Cette anomalie se caractérise par une distorsion du signal audio. Dans certaines parties de l'enregistrement, le signal devient inintelligible et comprend des bruits électroniques. Il peut arriver que certaines parties du signal aient une amplitude très faible et parfois un manque total de données audio (vides audio).



Ce problème peut être rapidement identifié en observant la forme d'onde de l'enregistrement du CVR (voir Figure ci-dessous), observation confirmée par l'écoute des données audio.

Généralement, la forme d'onde présente des « blancs », différences importantes d'amplitude sur une même piste (alternance de signal saturé et de signal de faible amplitude). Ce défaut rend souvent les enregistrements CVR inutilisables, entraînant une perte partielle ou totale des données audio. Dans ce cas particulier, le CVR a été considéré comme hors service et aucun autre examen du LRU n'a été effectué.

Spécifications de référence :

ED-56A, §3.2.1 et §A2.3 ED-112/

ED-112A, §I-2.1.3.

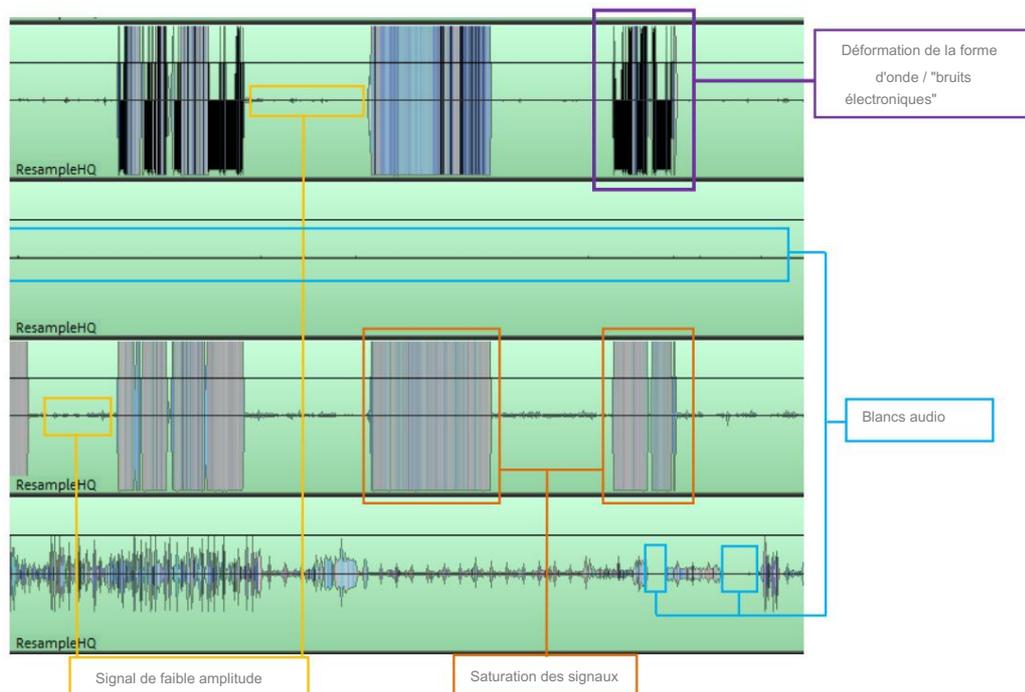


Figure 33 : Gestion de la mémoire erronée – Aperçu des formes d'onde

[Gestion erronée de la mémoire](#)



5.10 Recommandations pour la capitalisation : problème historique

La journalisation des anomalies rencontrées est recommandée pour constituer une base de données de connaissances et d'expériences.



6 - ÉVALUER ET GÉRER LA QUALITÉ D'ENREGISTREMENT DU CVR

6.1 Définition des notes de qualité

La cote de qualité audio d'un enregistrement CVR est basée sur l'évaluation des sources de signal requises : la cote de qualité audio d'un enregistrement CVR ne peut pas être meilleure que la pire cote de qualité audio parmi toutes les sources de signal requises.

En pratique, l'évaluation globale de la qualité d'enregistrement du CVR repose généralement sur l'évaluation de la qualité audio des canaux CVR individuels. Par conséquent, la note de qualité audio d'un canal CVR ne peut pas être meilleure que la pire note de qualité audio parmi toutes les sources de signal requises considérées pour ce canal CVR.

Remarque 1 :

Une « source de signal requise » désigne une source de signal qui doit être enregistrée conformément aux exigences de fonctionnement applicables. Par exemple, dans le cas d'un avion utilisé pour le transport aérien commercial par un exploitant soumis aux règles de l'UE en matière d'exploitation aérienne, les sources de signal requises sont énumérées dans la partie-CAT, CAT.IDE.A.185, point (e)(8). Un canal CVR ne peut enregistrer qu'une seule source de signal (par exemple, le canal CAM n'enregistre généralement que les signaux du CAM) ou plusieurs sources de signal (par exemple, le canal du capitaine enregistre généralement les signaux détectés par le microphone du capitaine ainsi que les signaux transmis par le casque du capitaine).

Remarque

2 : La qualité audio d'une source de signal requise doit être évaluée uniquement sur un canal CVR, même si elle est enregistrée sur plusieurs canaux CVR. Toutefois, dans ce cas, le rapport d'inspection doit clairement indiquer sur quel canal la qualité audio de la source de signal requise a été évaluée.

Exemple 1 :

Sur un canal CVR, l'une des sources de signal requises enregistrées a la cote de qualité audio « passable » tandis que toutes les autres sources de signal requises enregistrées sur ce canal CVR ont la cote de qualité audio « bonne ». Dans ce cas, la qualité de cette chaîne de classement est « équitable ».

Exemple 2 :

Sur le canal 1 du CVR, l'une des sources de signal requises enregistrées a la cote de qualité audio « mauvaise » tandis que toutes les autres sources de signal requises enregistrées sur ce canal du CVR ont la cote de qualité audio « bonne ». Si la source de signal médiocre est répétée sur un autre canal CVR et que sa note est « juste » ou « bonne », la source du signal peut être ignorée dans la note de qualité audio du canal 1 du CVR, et par conséquent le canal 1 du CVR pourrait toujours obtenir une note de qualité « bonne ».

L'évaluation doit être effectuée source de signal par source de signal pour chaque canal du CVR (voir tableau en annexe 2 et 3).

(8)»(e) Le CVR enregistre en référence à une échelle de temps: (1) les communications vocales transmises depuis ou reçu dans le poste de pilotage par radio ; (2) voix des membres d'équipage de conduite

communication utiliser le système d'interphone et le système de sonorisation, s'il est installé ; (3) l'environnement sonore du poste de pilotage, y compris sans interruption : (i) pour les avions ayant reçu pour la première fois un CofA individuel le 1er avril 1998 ou après, les signaux audio reçus de chaque microphone de perche et de masque utilisé ; (ii) pour les avions visés au point (a) (2) et pour lesquels un certificat d'autorisation individuel a été délivré pour la première fois avant le 1er avril 1998, les signaux audio reçus de chaque microphone de perche et de masque, lorsque cela est possible ; (4) signaux vocaux ou audio identifiant les aides à la navigation ou à l'approche introduites dans un casque ou un haut-parleur.



Pour chaque source de signal, les valeurs nominales suivantes sont recommandées dans le cadre de l'inspection d'enregistrement CVR :

BON : si

l'on considère une source de signal vocal (voix de l'équipage, réception radio, effet local radio, interphone, sonorisation, voix de synthèse dans les appels, les avertissements et les alertes) enregistré sur un canal autre que le canal CAM, le signal est intelligible sans utiliser aucune technique de post-traitement, et qu'aucun problème significatif (par exemple saturation, bruit, interférence, niveau de signal inadéquat d'une source) n'affecte la qualité de ce signal ; lorsque l'on considère une source de signal non vocal enregistrée sur un canal autre que le canal CAM, le signal est identifiable avec précision dans l'enregistrement sans utiliser de techniques de post-traitement du signal, et aucun problème significatif n'affecte la qualité de ce signal ; lors de l'examen du CAM, l'enregistrement est représentatif du son ambiant réel, des conversations et des avertissements comme si un observateur écoutait dans le cockpit, et aucun problème significatif n'affecte la qualité du signal.

Les problèmes associés à la notation « bon » ne doivent pas être significatifs, c'est-à-dire que la gravité du problème n'est ni « moyenne » ni « majeure » (voir le tableau 1 pour des exemples).

JUSTE :

un problème affecte de manière significative la source de signal considérée. Cependant, le signal associé peut toujours être analysé sans post-traitement du signal ou en utilisant les techniques de post-traitement du signal fournies par les outils d'analyse audio standard (ex : réglage du niveau audio, filtre coupe-bande, etc.).

La gravité des problèmes associés à la cote « passable » ne peut pas être supérieure à « moyenne » (voir le tableau X pour des exemples).

FAIBLE :

La source de signal considérée n'est pas intelligible ou non identifiable et ce problème ne peut pas être corrigé même avec l'utilisation de techniques de post-traitement du signal.

La gravité des problèmes associés à une cote « mauvaise » n'est pas nécessairement « majeure », elle peut également être « moyenne » en fonction de la conséquence pour les sources de signal requises (voir le tableau 1 pour des exemples).

N/I :

Non identifié dans l'enregistrement. Il s'agit d'une source de signal requise qui n'est pas présente pendant les vols enregistrés (par exemple, les microphones des masques à oxygène, les avertissements).
Pas d'état.

"-" :

N'est pas applicable

Remarque 1 :

Dans le cas du CAM, l'évaluation doit tenir compte du type d'aéronef (à voilure tournante ou fixe) et du fait que le bruit ambiant peut varier en fonction de la phase de vol, ce qui peut affecter la capacité à transcrire avec précision tous les discours de l'équipage.

Remarque 2 :

« Intelligible » signifie que la qualité de l'enregistrement audio est telle qu'il est possible pour un locuteur familier avec la langue parlée de faire une transcription précise des communications et de la voix synthétique dans les appels audio, les avertissements et les alertes.



Le rapport d'inspection doit indiquer pour chaque source de signal requise si la qualité audio est bonne, passable ou mauvaise et il doit fournir l'échelle d'évaluation de la qualité utilisée pour évaluer la qualité audio.

Non seulement la durée d'un problème est pertinente, mais également le taux d'occurrence et les conséquences sur l'intelligibilité des sources de signal requises doivent également être pris en compte. Un bon exemple est le soi-disant « popping audio » mentionné dans la section 5.7. Le phénomène peut être acceptable s'il apparaît une ou deux fois par vol (la qualité audio de la source de signal affectée pourrait être considérée comme « passable »). Cependant, si le phénomène se produit fréquemment et entraîne des parties d'enregistrements inintelligibles, la qualité audio de la source de signal affectée doit alors être considérée comme "médiocre".

Sur la base de l'expérience des autorités chargées de l'enquête, il est important de conserver des enregistrements des problèmes de qualité audio pour assurer un suivi efficace lors des inspections ultérieures. En effet, lorsque des parties de l'enregistrement du CVR sont affectées par un problème de qualité audio, cela peut être le précurseur de problèmes plus graves affectant le système CVR. Ainsi, un problème affectant une source de signal requise sur n'importe quel canal CVR doit être mentionné dans le rapport d'inspection, même si la source de signal est répétée et trouvée bonne sur d'autres canaux CVR.



Tableau 1 : Exemples de problèmes affectant une source de signal et de la gravité associée.

Gravité du problème	Exemples de problèmes
<p>MAJEUR conduisant à une note « médiocre » pour le signal affecté</p>	<p>Un ou plusieurs avertissements ou légendes ne sont pas enregistré</p> <p>Interruption intempestive du signal CAM</p> <p>Variation inexplicquée de la dynamique CAM intervalle</p> <p>Fonction Hot mic non opérationnelle (cf A/C CoFA)</p> <p>Code horaire CVR non disponible</p> <p>Saturation CAM (due aux vibrations LF)</p> <p>La tonalité latérale de la radio est manquante Une source de signal requise est absente de l'enregistrement (ex. un signal de micro non enregistré)</p> <p>Mauvaise intelligibilité d'une source de micro (ex. parole à travers un micro de masque à oxygène)</p> <p>Saturation physique quasi permanente d'un micro cellule</p> <p>Saturation électrique quasi permanente d'un Canal CVR</p> <p>Interférences mécaniques et/ou électriques fournir une suppression de données utile</p> <p>Sensibilité CAM par défaut</p> <p>Par défaut dans la séquence de démarrage/arrêt</p>
<p>MOYEN conduisant à une note « faible » ou « passable » pour le signaux affectés en fonction de la durée, et le taux d'occurrence des problèmes.</p>	<p>Déséquilibre de l'événement audio</p> <p>Pollution sonore générée soit par la climatisation soit par l'alimentation de l'enregistreur</p> <p>Faible plage dynamique de l'enregistrement sur un CVR canaliser</p> <p>Faible niveau d'enregistrement d'avertissement et/ou d'appel</p> <p>Sursensibilité de la ligne CAM* à l'activité hyper fréquence (Wifi, GSM, ...)</p> <p>Sursensibilité de la ligne CAM* au phénomène ESD</p> <p>Sursensibilité de la CAM au flux d'air ou au bruit de conditionnement (purge d'air)</p> <p>Anomalie de phasage entre les pistes du CVR</p> <p>Tonalité latérale enregistrée avec un niveau bas</p> <p>Saturation transitoire</p>

*Ligne CAM : microphone + unité de commande ou de préampli + câblage



6.2 Gestion des problèmes de qualité d'enregistrement

La qualité d'enregistrement audio du CVR doit être considérée comme inacceptable lorsque les informations requises par la réglementation pour être enregistrées par le CVR (comme indiqué par les exigences d'exploitation applicables) sont manquantes ou inintelligibles. Par exemple, si un signal source requis sur un canal CVR est de mauvaise qualité et que cette source de signal requise n'est pas enregistrée par un autre canal, la qualité d'enregistrement audio du CVR doit être considérée comme inacceptable.

Ainsi, un dépannage doit ensuite être effectué pour identifier les actions correctives appropriées. Pour garantir leur efficacité, une vérification de la qualité audio du CVR doit être effectuée par la suite.

1. Dans le cas où une erreur d'équipement est identifiée comme la cause première d'un dysfonctionnement de qualité inacceptable, le LRU concerné (par exemple, CVR, CAM) doit être remplacé en appliquant les procédures de maintenance approuvées. Selon la définition fournie dans les spécifications de certification pour les listes principales d'équipements minimaux (CS-MMEL), paragraphe CS-MMEL.105. Inopérant désigne un élément qui n'atteint pas son objectif prévu ou qui ne fonctionne pas de manière cohérente dans les limites ou tolérances de fonctionnement approuvées.

2. Dans le cas où la cause fondamentale d'une qualité d'enregistrement CVR inacceptable ne pourrait pas être résolue par une action de maintenance, l'opérateur doit signaler le problème à son autorité de surveillance. Il appartient à l'autorité de surveillance de décider si l'exploitation de l'aéronef concerné peut être poursuivie.

En parallèle, l'installateur du système CVR et l'autorité compétente pour l'installateur du CVR doivent être informés (réf. EASA SIB 2009-28R1 - état de fonctionnement des systèmes d'enregistrement des données de vol et d'enregistrement de la parole dans le poste de pilotage).



Annexe 1 – Exemple de formulaire de demande d'inspection

Remarque : le formulaire de demande d'inspection proposé pour l'inspection des enregistrements CVR doit être adapté en fonction du demandeur et du fournisseur de l'organisme d'inspection.

Demandeur

Nom :	
Date de la demande :	
Référence :	

Avion

Taper :	
Inscription :	
Numéro de série :	
Date du premier ICoA :	
Fonction Hot-mic installée :	
Fonction FSK installée :	

Test

Type d'épreuve :	
Date d'enlèvement / vidage :	
Outil de téléchargement des données CVR :	
Référence de test/téléchargement	

Affectation des pistes de l'enregistreur et du CVR

Dispositif	Référence fabricant		S/N	Contre Point(s)
Enregistreur :				
Affectation des voies CVR :	1 : 4 :	2 : 5 :	3 :	

Informations complémentaires du système audio embarqué

Dispositif	Fabricant	N/P	Conformité EUROCAE
Microphone de zone de cockpit CAM			
C/U ou préamplificateur :			
Unité de gestion audio :			
V/UHF :			
V/UHF si divers PN :			
Casque / Perche :			
Micro à main :			
Masque d'oxygène :			
:			
:			
:			



Objet et condition du test

--

Joindre si nécessaire le programme d'essai, le rapport d'essai en vol, et/ou tout autre document technique

Conformité du système audio

Référence EUROCAE :	
---------------------	--

Publication du rapport d'inspection

Date prévue :	
---------------	--

Contact / Responsable

Nom :	
Qualité :	
Numéro de téléphone :	
Courriel :	



Annexe 2 – Exemple de RAPPORT D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DU CVR

Informations sur les références : tableau à construire sur la base des informations renseignées dans le formulaire de demande d'inspection

Résultats

Canal d'enregistrement	1	2	3	4	5
Fonction	Capitaine	F/O	3ème et FSK	CAME	Mixte
Micros					
Perche de micro chaud	N/I	N/I	N/I	-	N/I
Masque Hot-mic, le cas échéant	N/I	N/I	N/I	-	N/I
Niveau micro chaud	N/I	N/I	N/I	-	N/I
Téléphone / Sonorisation					
Réception radio	Équitable	Bien	N/I	-	Mal
Effet local radio	Bien	Bien	N/I	-	Équitable
Interphone	Équitable	Bien	N/I	-	Mal
Adresse publique	-	-	-	-	-
Avertissements *	Bien	Bien	Équitable	-	Bien
Niveau de signal	Bien	Bien	N/I	-	Bien
Petite zone					
Sons du poste de pilotage	-	-	-	Mal	-
Avertissements/appels	-	-	-	Mal	-
Niveau de signal	-	-	-	Mal	-
Signal horaire	Bien	-	-	-	Bien
Fonction Start – Stop si applicable	Bien	Bien	Bien	Bien	Bien
Durée du canal					
RIPS/ Approvisionnement alternatif si applicable				Bien	
Informations Complémentaires					
Nom du fichier (au format natif)	Vol aérien -xxx				
Nom du fichier (.wav)	Air Flying_ch1	Vol aérien ch2	Vol aérien ch3	Vol aérien wb	Vol aérien mb

* peut uniquement être enregistré sur le canal CAM en fonction de la conception du système audio

REMARQUES:.....
.....

Certifié que l'enregistrement mentionné ci-dessus a été évalué conformément aux termes du contrat/de la commande qui s'y appliquent et aux exigences de l'Autorité de Certification relatives à l'évaluation de tels enregistrements.

SIGNÉ:

DATE: pour et au nom de XXX



Annexe 3 – Contenu du rapport d'inspection du CVR

Le rapport sur le contrôle de la qualité audio du CVR doit contenir :

les informations sur l'appareil/l'équipement et la configuration de l'aéronef telles que fournies dans le formulaire de demande d'inspection (annexe 1) l'échelle d'évaluation de la qualité utilisée dans le rapport l'identification de l'équipement utilisé pour télécharger, rejouer et analyser le

Fichiers audio CVR

la procédure d'essai et les résultats avec observation spécifique le cas échéant. le

RAPPORT D'EVALUATION QUALITE CVR (annexe 2) comme synthèse du contrôle qualité

Conclusion



Annexe 4 – Liste non exhaustive des événements majeurs où l'enregistrement du CVR n'était pas de bonne qualité

Accidents majeurs dans lesquels l'enregistrement CVR n'a pas pu être analysé en raison d'une défaillance du système CVR (fournissant des données manquantes ou de mauvaise qualité) :

Incendie de la batterie du bloc d'alimentation auxiliaire Japan Airlines Boeing 787-8, JA829J Boston, Massachusetts 7 janvier 2013 : <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AIR1401.pdf>

Rapport d'étape sur l'accident survenu le 29 juin 2009 en mer au large de Moroni (Comores) à l'Airbus A310-324 immatriculé 7O-ADJ exploité par Yemenia Airways : <https://www.bea.aero/en/investigation-reports/événements-notifiés/detail/événement/decrochage-lors-dune-approche-interrompue-collision-avec-la-surface-de-leau/>

Rapport d'enquête sur l'accident de l'Ethiopian 409 – Boeing 737-800 immatriculé ET-ANB à Beyrouth – Liban le 25 janvier 2010 : https://reports.aviation-safety.net/2010/20100125-0_B738_ET-ANB.pdf

Accident du McDonnell Douglas DC-9-83 immatriculé EC-LTV survenu le 21/07/2014 près de Gossi (Mali) <https://www.bea.aero/en/investigation-reports/notified-events/detail/event/accident-au-mcdonnell-douglas-dc-9-83-enregistré-ec-ltv-le-07212014-près-de-gossi-mali/>

BEA

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

10 rue de Paris
Zone Sud - Bâtiment 153
Aéroport du Bourget
93352 Le Bourget Cedex - France
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03
www.bea.aero

