

Guide

de détection des anomalies audio
sur les enregistrements CVR

BEA

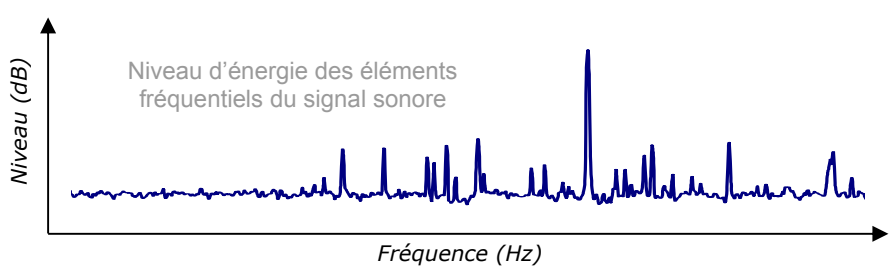
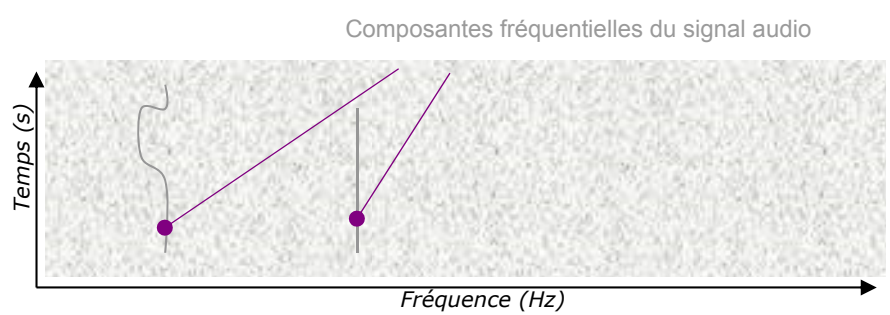
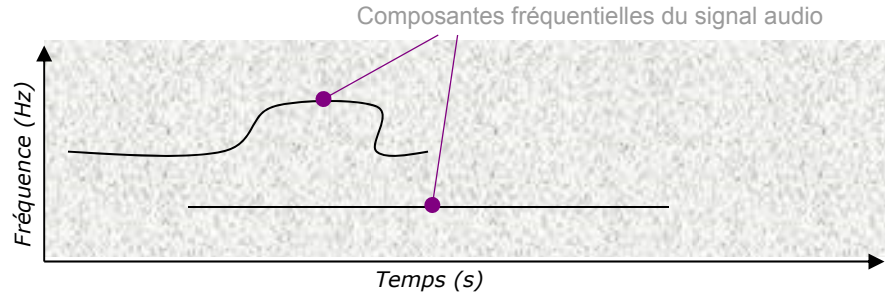
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Table des matières

GLOSSAIRE	3
1 - INTRODUCTION	4
2 - OBJECTIF DU DOCUMENT	4
3 - METHODOLOGIE D'EVALUATION DES ENREGISTREMENTS CVR	5
4 - PRINCIPALES ANOMALIES CVR	7
4.1 Absence de données audio sur une ou plusieurs pistes	8
4.2 Mauvaise qualité de l'enregistrement du CAM	9
4.3 Interférences	10
4.3.1 Cas de pollution du signal CAM par une génération électrique de bord	10
4.3.2 Cas de pollution du signal CAM par l'alimentation électrique du CVR	13
4.3.3 Cas de pollution du signal CAM par des émissions GSM	15
4.3.4 Crépitement (popping audio) sur la piste CAM	16
4.4 Saturation de l'enregistrement CAM	17
4.5 Défaut de gestion des mémoires	19
4.6 Déphasage entre pistes	20
4.7 Déséquilibre des niveaux entre pistes	21
4.8 Anomalie de vitesse de relecture sur un SSCVR	22

Glossaire

CAM	Cockpit Area Microphone
DSP	Densité Spectrale de Puissance : représentation graphique avec la fréquence en abscisse et le niveau d'énergie relative en ordonnées.
 <p>Niveau d'énergie des éléments fréquentiels du signal sonore</p> <p>Niveau (dB)</p> <p>Fréquence (Hz)</p>	
Famille harmonique	Fréquences multiples du fondamental
Fondamental	Fréquence de rotation d'un élément tournant
Fréquence	Nombre de répétition d'un phénomène au cours d'une période donnée
Lofargramme (Lofar)	Vue spectrale (LOFAR) : fréquence en abscisse et temps en ordonnée :
 <p>Composantes fréquentielles du signal audio</p> <p>Temps (s)</p> <p>Fréquence (Hz)</p>	
$H(n)$	Désigne le rang d'harmonique (rang n)
Sonagramme (Sonar)	Représentation temps-fréquence du signal sonore (SONAR) : temps en abscisse et fréquence en ordonnée :
 <p>Composantes fréquentielles du signal audio</p> <p>Fréquence (Hz)</p> <p>Temps (s)</p>	

1 - INTRODUCTION

Au cours des dernières années, de nombreuses enquêtes conduites par les différentes autorités compétentes (BEA, NTSB, AAIB, TSB, etc.) ont été ralenties en raison d'une absence ou d'une qualité médiocre des données de l'enregistreur phonique (CVR - Cockpit Voice Recorder).

Cet équipement, qui n'est pas utilisé au quotidien par les exploitants d'aéronefs, est dédié à l'enquête de sécurité avec pour unique objectif l'aide à la compréhension de l'événement afin d'améliorer la sécurité. La criticité du CVR n'apparaît à l'ensemble des acteurs du monde aéronautique qu'à la suite d'un accident. Il devient alors inacceptable pour la communauté de récupérer des enregistrements inexploitable.

Le BEA depuis le début des années 90 participe à l'évaluation de la qualité des enregistrements audio de la chaîne CVR au profit des constructeurs d'aéronefs français. Ces évaluations associées à l'analyse des enregistrements audio au cours d'enquêtes de sécurité ont contribué à accroître considérablement l'expérience du BEA et à améliorer sa base de données d'anomalies potentielles.

Ce document doit permettre aux acteurs de l'industrie aéronautique de vérifier, à minima, si les anomalies régulièrement rencontrées ne sont pas présentes sur les enregistrements CVR de leurs appareils.

2 - OBJECTIF DU DOCUMENT

Ce document a été rédigé dans le but de fournir une méthodologie générale permettant d'aborder les évaluations d'enregistrements CVR (chapitre 3) et de répertorier les principales anomalies rencontrées par le BEA au cours de travaux sur les enregistrements CVR que ce soit dans le cadre d'enquêtes de sécurité ou d'évaluations de la qualité audio au profit de constructeurs et exploitants (chapitre 4). Ce document ne doit pas être considéré comme exhaustif

Le règlement européen 965//2012 impose aux exploitants d'effectuer une vérification annuelle des enregistrements CVR (PART CAT CAT.GEN.MPA.195). Cette vérification consiste principalement en la vérification de l'enregistrement de données audio audibles et intelligibles. La méthodologie est décrite dans les chapitres 3 et 4.1.

En cas d'installation ou de modifications du système CVR ou de modification du cockpit pouvant avoir une influence sur cette chaîne, une vérification approfondie des enregistrements est nécessaire. Les informations fournies aux chapitres 4.1 et suivants décrivent les principales anomalies qui ont déjà été rencontrées et dont il convient de vérifier l'absence.

Références réglementaires :

- ❑ commission Regulation (EU) N° 965/2012 du 5 Octobre 2012 - Annex IV - Part-CAT ;
- ❑ annexe 6 à la convention relative à l'aviation civile internationale (OACI) : Exploitation technique des aéronefs ;
- ❑ EASA CM N° : EASA CM - AS - 001 Issue : 01 Issue Date : 12th of June 2012 ;
- ❑ EASA Safety Information Bulletin n° 2009-28R1 « *Flight Data Recorder and Cockpit Voice Recorder Dormant Failures* » . <http://ad.easa.europa.eu/ad/2009-28R1>

Références techniques :

- ❑ ED-55 « *Minimum Operational Performance Specification for Flight Data Recorders Systems* » ;
- ❑ ED-56 A « *Minimum Operational Performance Specification for Cockpit Voice Recorders Systems* » ;
- ❑ ED-112 « *Minimum Operational performance Specification for Crash Protected Airborne recorders Systems* » - cf. annexes I-C et II-B Maintenance Practices.

Accidents majeurs dont les enregistrements audio n'ont pas pu être récupérés en raison d'une défaillance de la chaîne CVR :

- ❑ Auxiliary Power Unit Battery Fire Japan Airlines Boeing 787-8, JA829J Boston, Massachusetts January 7, 2013⁽¹⁾ ;
- ❑ Rapport d'étape sur l'Accident survenu le 29 Juin 2009 en mer au large de Moroni (Comores) de l'Airbus A310-324 Immatriculé 7O-ADJ Exploité par la compagnie Yemenia Airways⁽²⁾ ;
- ❑ Rapport final sur l'accident du Boeing 737-800 immatriculé ET-ANB, survenu le 25 Janvier 2010 à Beyrouth - Lebanon⁽³⁾ ;
- ❑ Communiqué de presse du 2 avril 2014 sur l'accident to the McDonnell Douglas MD-83, immatriculé EC-LTV survenu le 24 Juillet 2014 dans la région de Gossi (Mali)⁽⁴⁾.

3 - METHODOLOGIE D'EVALUATION DES ENREGISTREMENTS CVR

Lors d'une évaluation audio, il est nécessaire de travailler sur les données de chacune des pistes enregistrées par le CVR (en règle générale, entre trois à six pistes).

A titre d'exemple, les fichiers audio suivants sont généralement récupérés :

- ❑ un fichier contenant l'enregistrement des communications radio et le signal des microphones du pilote en place gauche ;
- ❑ un fichier contenant l'enregistrement des communications radio et le signal des microphones du pilote en place droite ;
- ❑ un fichier contenant l'enregistrement des communications radio, le signal du microphone à bouche du troisième homme (place arrière), les conversations avec le personnel navigant commercial et le signal FSK quand il est enregistré (voir § 4.8) ;
- ❑ un fichier contenant l'enregistrement d'un mixage des trois premières pistes ;
- ❑ un fichier contenant l'enregistrement du signal du microphone d'ambiance (CAM).

⁽¹⁾<http://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AIR1401.pdf>

⁽²⁾<http://www.bea.aero/docspa/2009/7o-j090629e1/pdf/7o-j090629e1.pdf>

⁽³⁾<http://www.bea.aero/docspa/2010/et-b100125.en/pdf/et-b100125.en.pdf>

⁽⁴⁾<http://www.bea.aero/fr/enquetes/vol.ah.5017/info.2015.04.02.pdf>

Le nombre de fichiers audio récupérés ainsi que leur durée varient selon le type d'aéronef⁽⁵⁾.

Le déchargement de l'enregistreur de conversation doit générer à minima le nombre de fichiers audio prévu sur la durée définie par les spécificités de l'enregistreur (actuellement, plus de 30 minutes ou plus de 2 heures).

Certains logiciels de traitement audio, d'utilisation assez intuitive, sont disponibles (ex : Audacity, Samplitude, Soundforge, Audition, etc). Leur utilisation rend plus facile et plus confortable l'évaluation. Ils permettent de naviguer à travers les fichiers audio, de visualiser la forme d'onde et donc d'identifier rapidement certaines anomalies (ex : absence de signaux).

⁽⁵⁾Se référer au CMM (Component Maintenance Manual) de l'enregistreur, en particulier la partie « Description and Operation ».

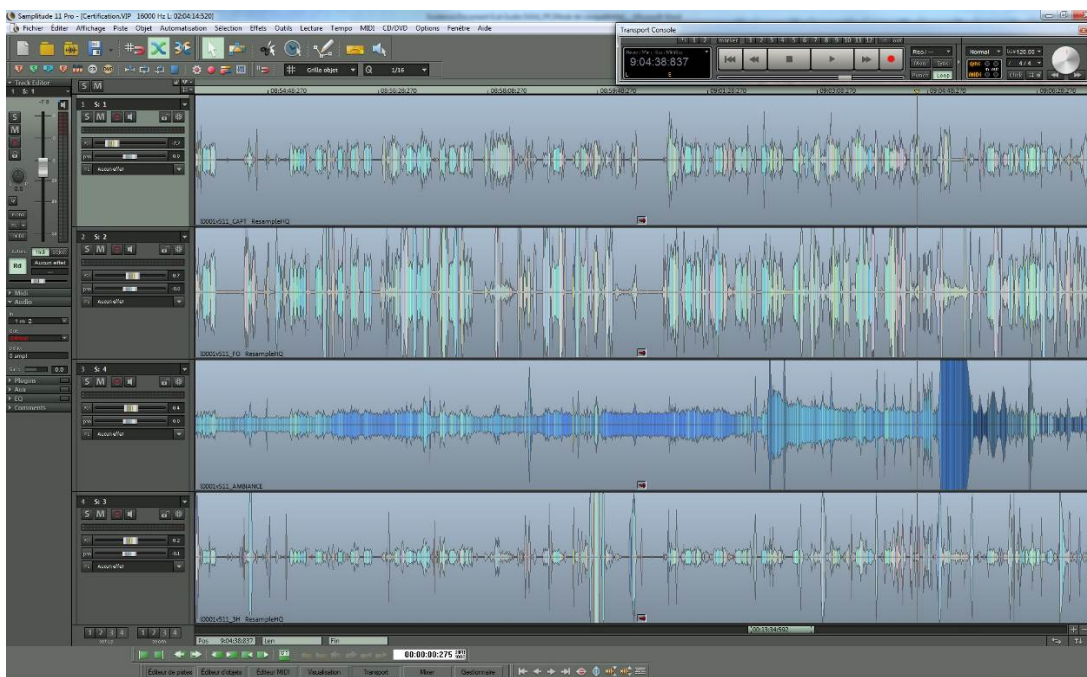


Figure 1 : interface du logiciel de traitement audio Samplitude

Les premiers éléments d'évaluation d'audio sont les suivants :

- 1 - Une fois les fichiers audio ouverts avec le logiciel, s'assurer qu'ils contiennent de la donnée audio de manière continue (voir § 4.1). L'observation de la forme d'onde à l'aide d'un logiciel d'analyse audio (voir figure 1) facilite cette opération.
- 2 - Il est ensuite nécessaire de synchroniser les fichiers audio entre eux, ce qui permet de les rejouer ensemble. Une écoute rapide des pistes, d'abord individuellement puis en simultanée, permet de déterminer rapidement certaines anomalies comme l'absence totale ou partielle de données audio sur certaines pistes (voir § 4.1), les oppositions de phase (voir § 4.6) ou le « time stretching » (voir § 4.8).
- 3 - L'écoute de l'ensemble du fichier permet de vérifier la qualité de l'enregistrement. Il est notamment important de vérifier si les conversations des membres d'équipages sont intelligibles et si les sons et alarmes sont audibles.

Quand les signaux ne présentent pas d'anomalies flagrantes (voir § 4.1 et § 4.2), on peut se contenter de parcourir rapidement les fichiers en s'attardant néanmoins sur les zones où le niveau sonore est fort (décollage, atterrissage) et celles où il est faible afin de vérifier la présence effective de données audio.

Si certaines anomalies sont présentes sur les enregistrements, une vérification plus approfondie et plus détaillée devra être menée.

4 - PRINCIPALES ANOMALIES CVR

Les principales anomalies identifiées par le BEA sont :

- absence de donnée audio sur une ou plusieurs pistes ;
- mauvaise qualité de l'enregistrement CAM ;
- interférences ;
 - pollution du signal CAM par une génération électrique de bord ;
 - pollution du signal CAM par l'alimentation électrique du CVR ;
 - pollution du signal CAM par émission de GSM ;
 - popping audio sur la piste CAM ;
- saturation de l'enregistrement CAM ;
- défaut de gestion des mémoires ;
- déphasage entre pistes ;
- déséquilibre des niveaux entre pistes ;
- anomalie de vitesse de relecture sur SSCVR.

Dans la suite du document, chaque anomalie est décrite par:

- les conséquences sur l'enregistrement CVR (caractéristiques de l'anomalie) ;
- la méthodologie employée pour la mettre en évidence et vérifier son éventuelle présence sur les enregistrements ;
- les spécifications MOPS des documents Eurocae qui ne sont pas respectées.

4.1 Absence de données audio sur une ou plusieurs pistes

Ce défaut se caractérise par une absence 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 2) : seuls des bruits liés à l'alimentation électrique du CVR sont audibles.

Cette anomalie est la plus préjudiciable aux travaux d'exploitation de l'enregistreur de conversation car il ampute l'enquête de sécurité d'une source précieuse d'informations permettant de comprendre l'évènement.

Spécifications de références :

- ED 56A, §1.4.3.a
- ED 112 §I-1.3.3.a

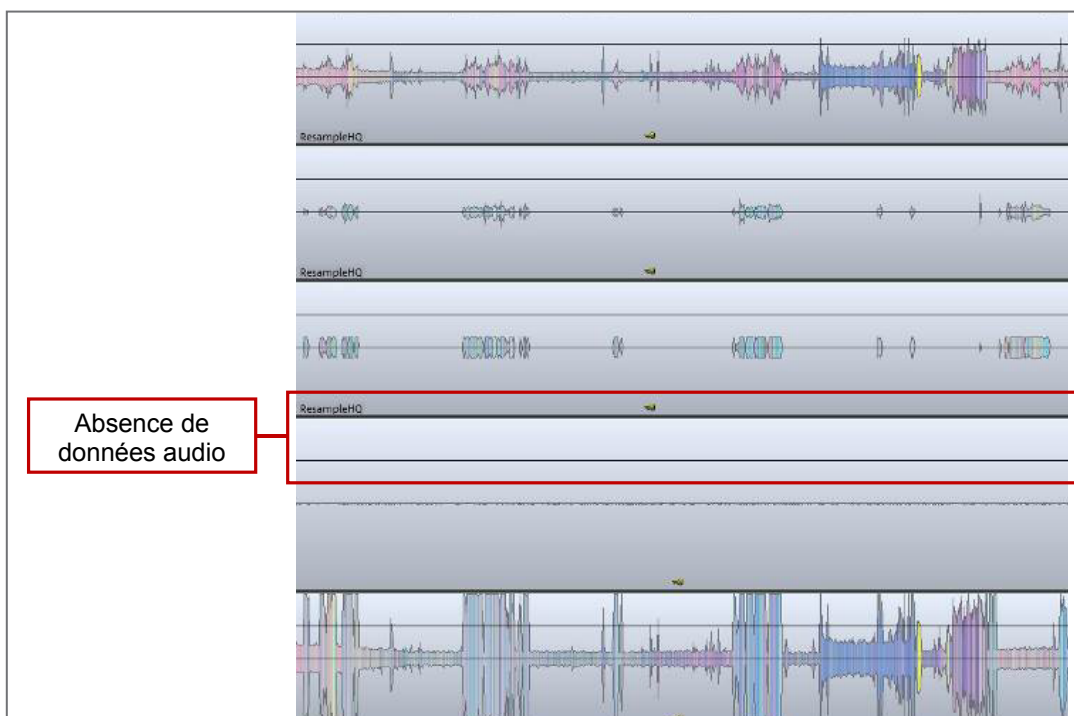


Figure 2 : absence de données audio - forme d'onde

4.2 Mauvaise qualité de l'enregistrement du CAM

Cette anomalie peut avoir pour origine un défaut intermittent de fonctionnement du boîtier d'amplification du CAM (Control Unit) ou une mauvaise qualité du câblage électrique sur l'ensemble de la chaîne du CAM. L'enregistrement global du signal CAM peut alors être de très mauvaise qualité.

A l'écoute, cela se traduit par des variations aléatoires du niveau du signal : sur certaines portions de la piste CAM, le signal peut avoir un niveau très faible voire nul - absence de signal audio (voir figure 3).

Ce défaut a pour conséquence une perte de données audio utiles sur la piste CAM (alarmes, échanges équipages).

Spécifications de références :

- ED 56A, §1.4.3.a ;
- ED 112 §I-1.3.3.a.

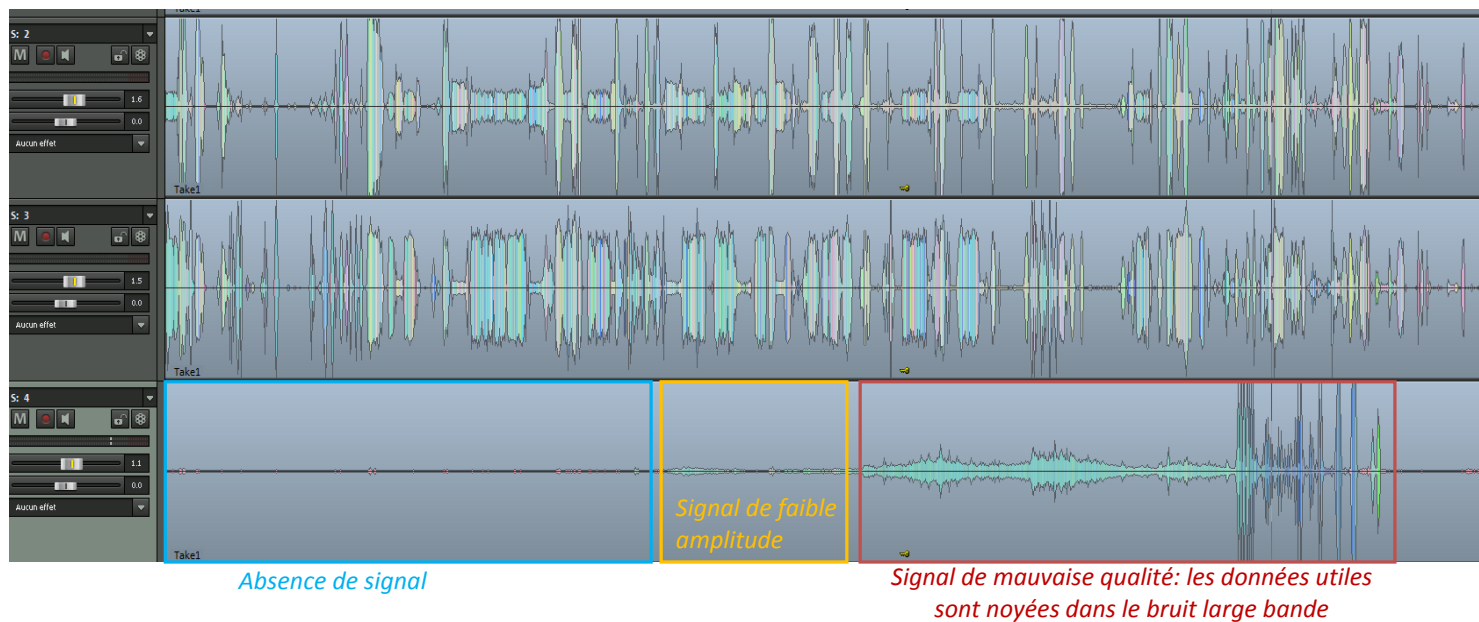


Figure 3 - enregistrement CAM de mauvaise qualité - forme d'onde

4.3 Interférences

La plupart des interférences détectées lors des différents travaux CVR ont une origine électromagnétique et s'expliquent par :

- la pollution du signal CAM par une génération électrique de bord (pages 9, 10) ;
- la pollution du signal CAM par l'alimentation électrique du CVR (pages 11, 12) ;
- la pollution du signal CAM par émission de GSM (page 13) ;
- du crépitement (popping audio) sur la piste CAM (page 14).

Spécifications de références :

- ED-56A, §6.2.5 - ED 112, §2-5.3.5 b (effets des interférences issues d'autres équipements) ;
- ED-56A, §1.4.3.a. - ED 112, §I-1.3.3.a (définition des objectifs que doit remplir un CVR et son installation) ;
- ED-56A, §A.1.3.2 - ED 112, §I-A.3.2 (absence d'interférence électrique).

4.3.1 Cas de pollution du signal CAM par une génération électrique de bord

Cette pollution se caractérise par la présence d'un « son » parasite continu sur la piste CAM. Les cas étudiés au BEA ont montré que ce son provenait de la génération électrique de bord de l'aéronef. L'écoute est alors très inconfortable. Ce phénomène est apparu uniquement sur la piste du microphone d'ambiance (CAM).

Une analyse spectrale permet de confirmer cette anomalie (voir figure 5). Elle révèle la présence d'une famille harmonique ayant pour fondamental une fréquence évoluant autour de 400 Hz (entre 340 et 490 Hz - la génération électrique de bord étant à fréquence variable pour les cas étudiés). Il s'avère que plus la richesse harmonique est importante, plus la pollution est sévère et le travail d'écoute difficile.

- Remarque 1 :
 - Sur certains CVR, la fréquence à l'origine de la pollution est stable. Elle est alors tolérée car elle fournit une base de temps utile pour l'enquête (voir ED 56A, §A.1.3.2, NOTE 1 ou ED 112, § I-A.3.2.).
- Remarque 2 :
 - L'écoute et la forme d'onde du signal permettent de déceler ce défaut mais ne sont cependant pas suffisants pour le démontrer (voir figure 4). Le recours à l'analyse spectrale est indispensable.
- Remarque 3 :
 - Il est possible d'utiliser des outils de traitement du signal pour filtrer cette fréquence et ses harmoniques. Cependant, cette technique peut s'avérer difficile à mettre en œuvre car la fréquence fondamentale de la pollution sonore varie au cours du vol. De plus, un tel filtrage doit être effectué avec prudence et précision car si cette pollution couvre des éléments de la signature acoustique de l'appareil, la supprimer entièrement (fondamental ainsi que chacune de ses harmoniques) peut entraîner la perte d'informations indispensables à l'enquête.

Cette interférence induit un inconfort d'écoute qui diminue la performance de l'opérateur en charge de réaliser les travaux de transcription. De plus, quand cette pollution est sévère, les données audio présentes sur la piste CAM sont difficilement exploitables, en particulier les conversations entre les membres d'équipage. Il faut souligner cependant qu'en ce qui concerne le confort d'écoute, l'ED 112 ne mentionne pas de restrictions ou de limitations quant au niveau d'énergie du signal enregistré dès lors qu'il ne dépasse pas les capacités d'acquisition de l'ensemble de la chaîne CVR.

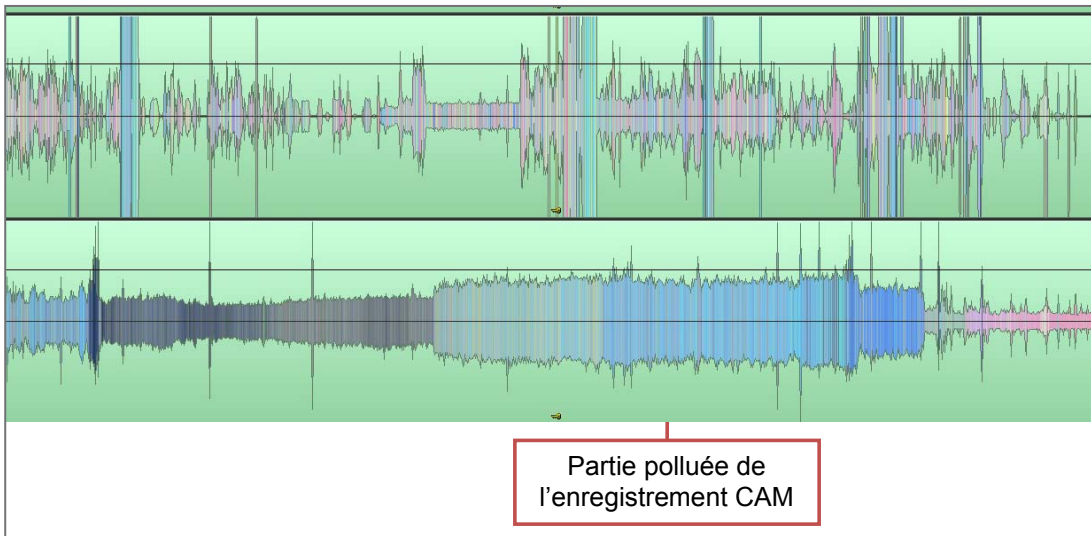


Figure 4 - pollution de l'enregistrement du CAM - forme d'onde

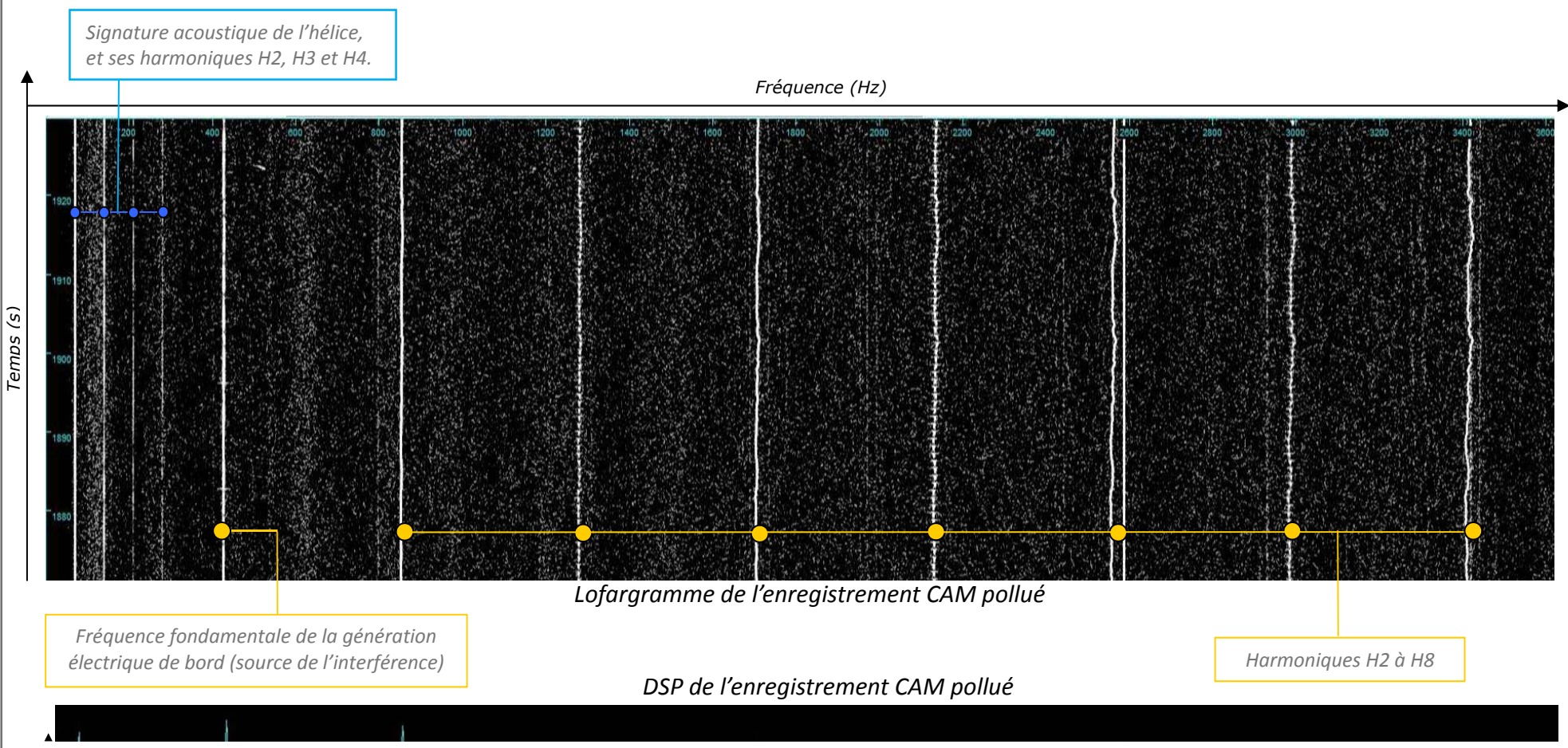


Figure 5 - pollution de l'enregistrement de la piste CAM - vue spectrale (Lofar et DSP)

4.3.2 Cas de pollution du signal CAM par l'alimentation électrique du CVR

Cette pollution se présente comme un bruit large bande (sifflement continu), de fort niveau, dont la fréquence centrale fluctue légèrement en fonction de la phase de vol. La largeur de cette bande est de 300Hz environ. Ce phénomène apparaît au démarrage du CVR et disparaît lorsque l'alimentation normale de l'équipement est stoppée (passage sur RIPS)⁽⁶⁾. Cette interférence est générée par l'alimentation électrique délivrée par le CVR au module de pré-amplification (Control Unit).

Cette anomalie est facilement détectable car elle rend le travail d'écoute assez inconfortable. Une analyse spectrale permet de confirmer la présence de cette pollution (voir figure 7).

- ❑ Remarque 1 :
 - Tout comme le défaut précédent, l'écoute et la forme d'onde du signal permettent de détecter cette pollution mais ne sont cependant pas suffisants pour la démontrer (voir figure 6). Le recours à l'analyse spectrale est indispensable.
- ❑ Remarque 2 :
 - Suivant la valeur de la fréquence centrale, il peut être envisageable de supprimer ce parasite à l'aide d'un filtre à encoche. Cependant, la prudence est de rigueur car si cette pollution couvre des éléments de la signature acoustique de l'appareil, la supprimer entraînerait la perte de ces informations indispensables à l'enquête.

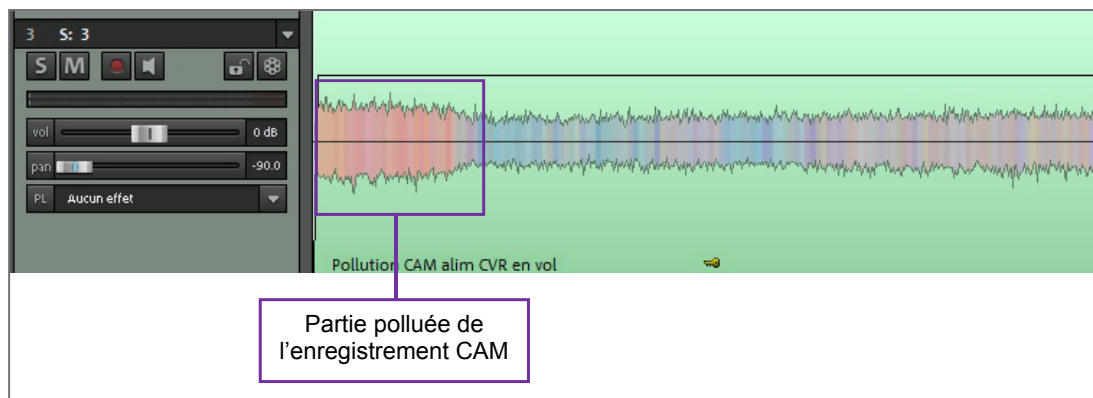


Figure 6 - pollution d'un enregistrement CAM - forme d'onde

⁽⁶⁾RIPS :
Recorder
Independent
Power Supply.

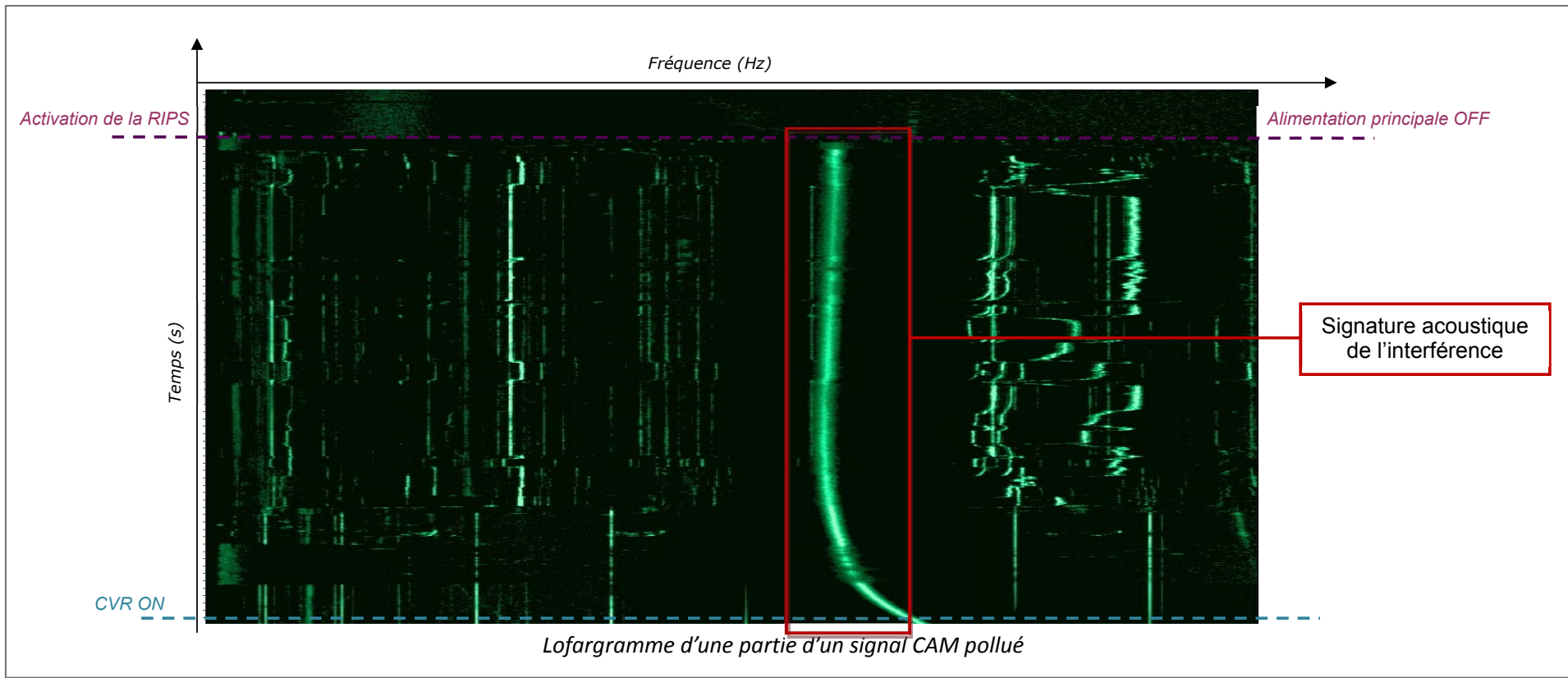


Figure 7 - pollution d'un enregistrement CAM - vue spectrale (Lofar)

4.3.3 Cas de pollution du signal CAM par des émissions GSM

Cette anomalie se caractérise par la présence d'interférences sur la piste CAM. Suivant leur niveau d'émission, ces interférences peuvent causer une mauvaise perception voire un masquage total des conversations cockpit. Ce défaut est identifiable à l'écoute de l'enregistrement audio et une analyse spectrale permet de confirmer sa présence (voir figure 8).

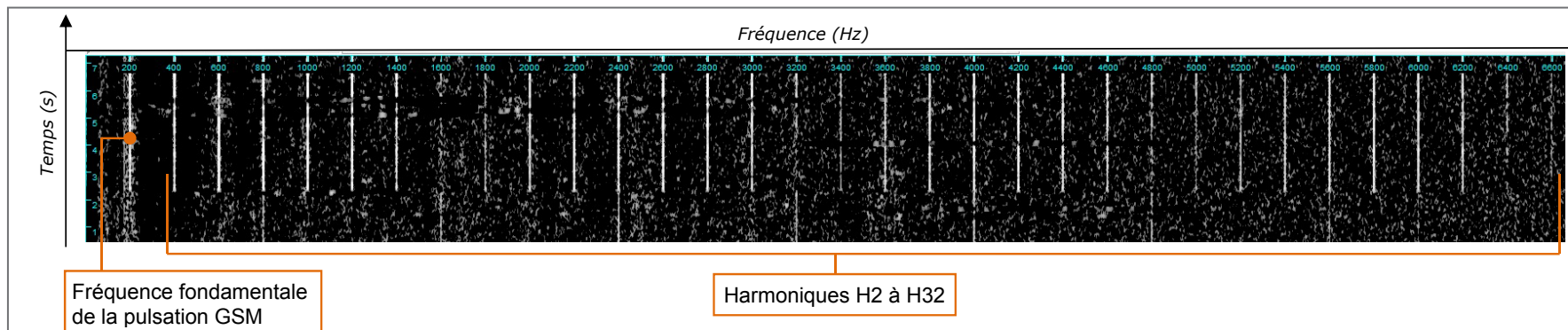


Figure 8 - pollution d'un enregistrement CAM par des impulsions GSM - vue spectrale (Lofar)

Remarque: l'interférence générée par des impulsions GSM est fonction de la fréquence utilisée (ex : 450 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2,4 GHz). Cette pulsation est émise toutes les 4,6 ms. Cette émission périodique produit sur la chaîne d'acquisition du CVR un signal audible de fréquence fondamentale à 217 Hz ainsi que quelques harmoniques.

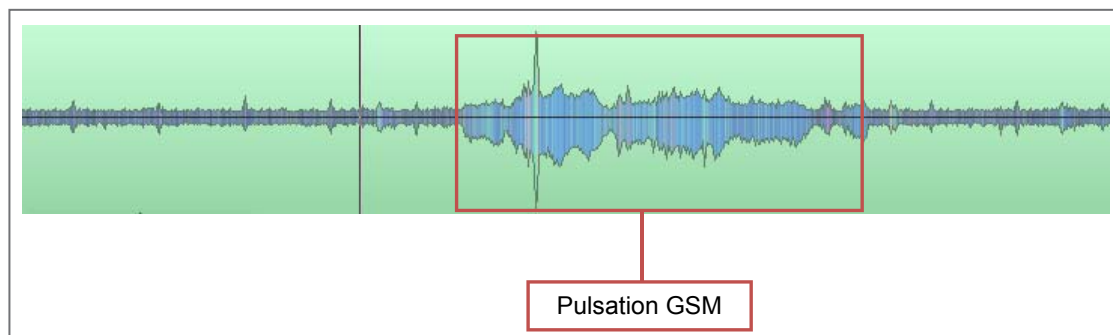


Figure 9 - pollution d'un enregistrement CAM par des impulsions GSM - forme d'onde

4.3.4 Crépitement (popping audio) sur la piste CAM

Ce problème se manifeste à l'écoute par une succession de « pops » sur la piste CAM. Il est dû à la sensibilité du microphone d'ambiance ou de la Control Unit aux décharges électrostatiques (rayonnement). C'est un évènement prédominant à l'écoute et aisément identifiable sur la forme d'onde (figure 10 : il se présente comme une succession de pics, atteignant la saturation électrique du microphone).

Le défaut apparait clairement à l'analyse spectrale (voir figure 11) : il peut se présenter comme une série de « pics » de niveau d'énergie variable. La fréquence d'apparition de ces pics est irrégulière : ils peuvent apparaître de manière quasi-périodique ou de manière complètement erratique.

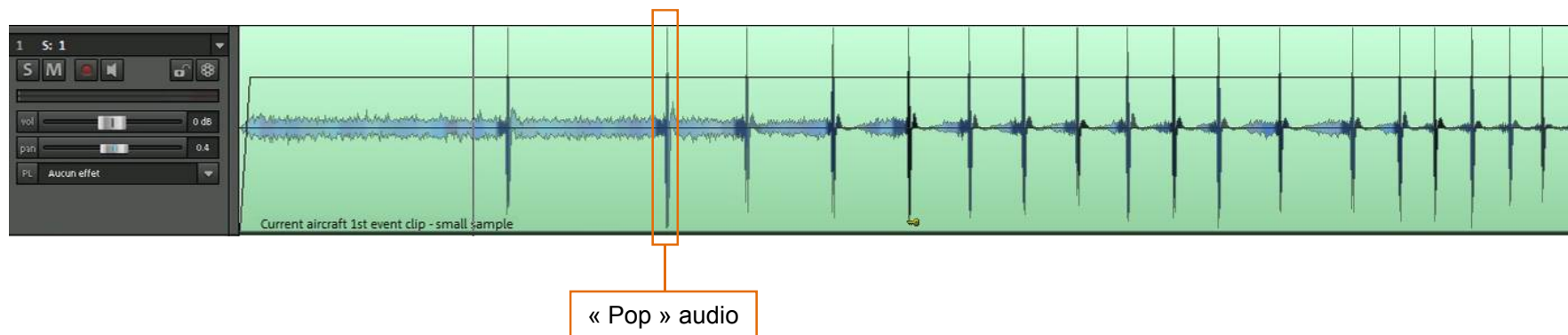
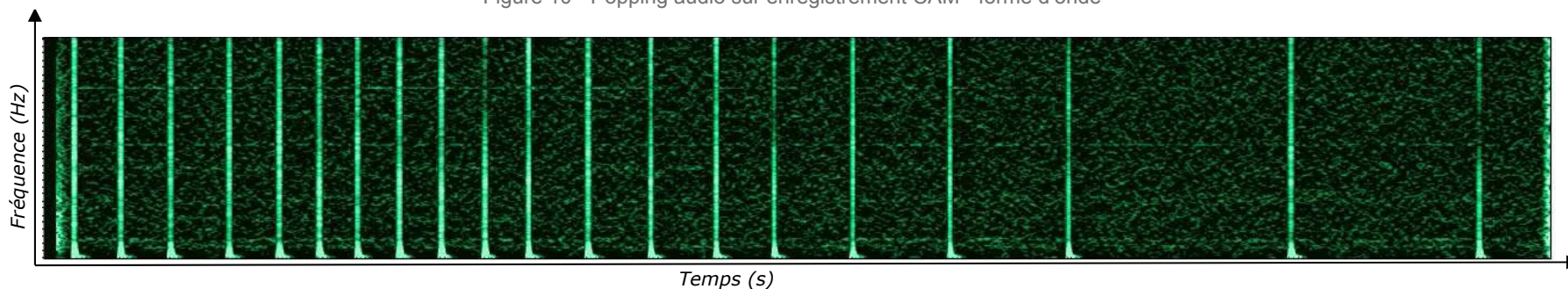


Figure 10 - Popping audio sur enregistrement CAM - forme d'onde



Légende 11 - audio popping sur enregistrement CAM - vue spectrale (Sonar)

4.4 Saturation de l'enregistrement CAM

Cette saturation est due à une sensibilité excessive du CAM aux signaux basse fréquence. Cette saturation est d'ordre acoustique et non d'ordre électrique car, en observant la forme d'onde, on remarque que le signal n'atteint pas le maximum d'amplitude admissible par le CAM (pas d'écrêtage) (voir figure 12). Pourtant à l'écoute, l'enregistrement est effectivement saturé et tous les signaux audio utiles (conversations, alarmes, callout) sont couverts par le bruit basse fréquence.

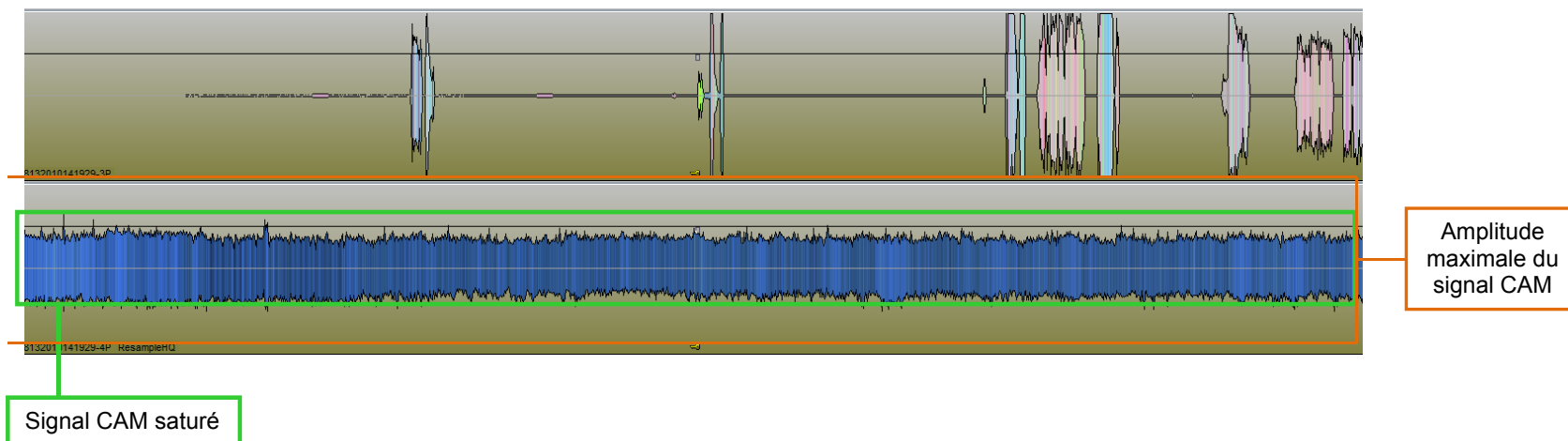
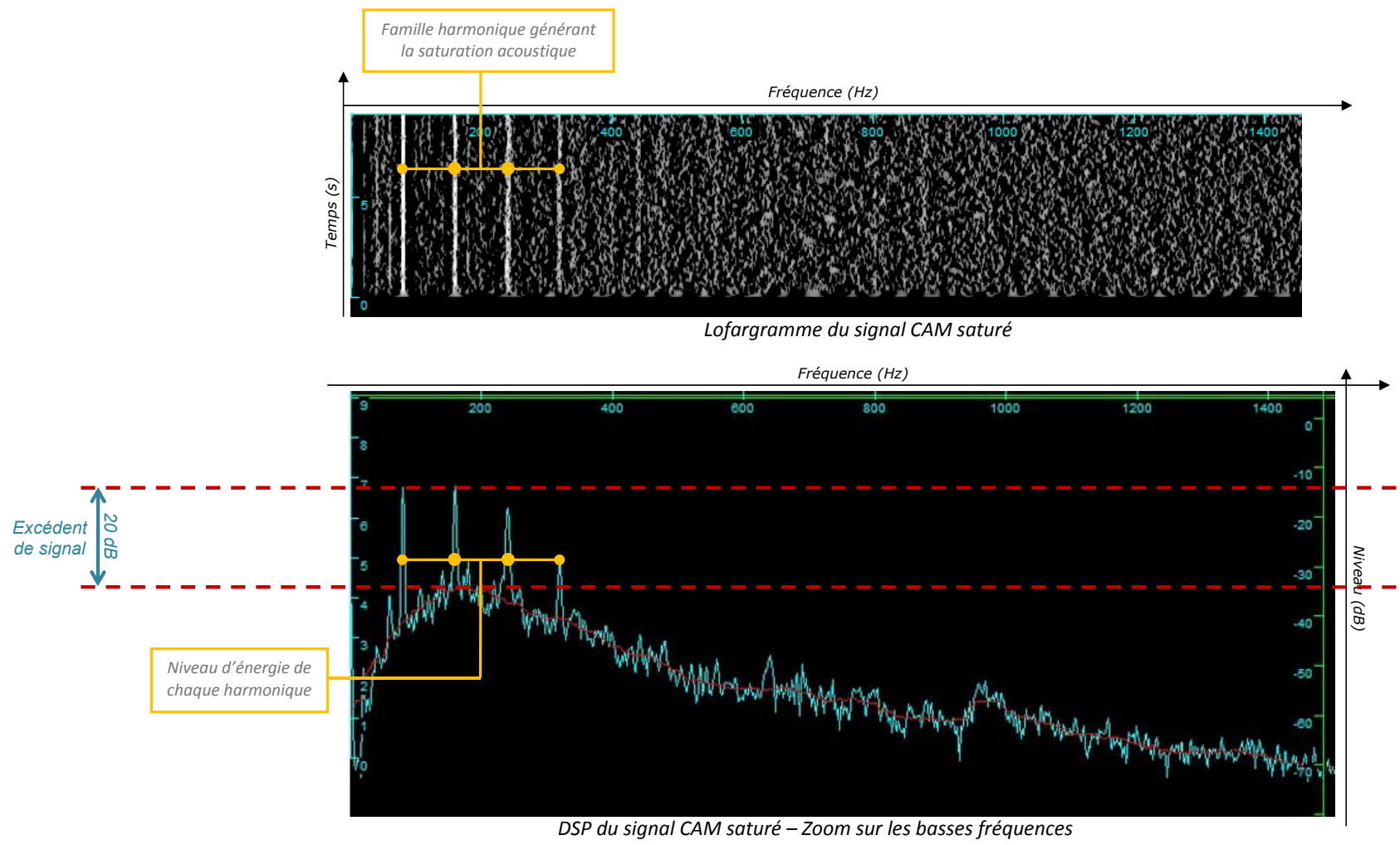


Figure 12 - saturation de l'enregistrement CAM - forme d'onde

L'analyse spectrale permet de mettre en évidence cette anomalie. Sur l'exemple ci-après (figure 13), on constate la présence d'une famille harmonique de fondamental à 80 Hz (probablement la signature acoustique de l'hélice de l'appareil). La DSP montre que cette famille harmonique de basse fréquence a un niveau nettement prédominant par rapport au niveau général du signal CAM. C'est ce fort niveau d'énergie qui cause la saturation acoustique.

La présence de cette anomalie induit un inconfort d'écoute qui diminue la performance de l'opérateur en charge de réaliser les travaux de transcription. Cependant, l'ED 112 ne mentionne pas de restrictions ou de limitations quant au niveau d'énergie du signal enregistré dès lors qu'il ne dépasse pas les capacités d'acquisition de l'ensemble de la chaîne CVR. Néanmoins, lors d'une évaluation des enregistrements CVR, il est nécessaire de relever cette anomalie si elle est présente.



Légende 13 - saturation de l'enregistrement CAM - vues spectrales

4.5 Défaut de gestion des mémoires

Cette anomalie se caractérise par une déformation du signal audio. Le signal devient par endroit inintelligible et comporte des « bruits électroniques ». Il peut arriver que certaines parties du signal aient une très faible amplitude allant parfois jusqu'à l'absence totale de données audio (blancs).

Ce problème peut être rapidement identifié en observant la forme d'onde de l'enregistrement CVR (voir figure 14), constat confirmé par l'écoute des données audio. Généralement, la forme d'onde présente des « trous », d'importantes différences d'amplitude pour une même piste (alternance de signal saturé et de signal de faible amplitude). Ce défaut rend souvent les enregistrements du CVR inexploitable, provoquant une perte partielle ou totale des données audio.

☐ Spécifications de références :

- ED 56A, §3.2.1 et §A2.3
- ED 112, §I-2.1.3

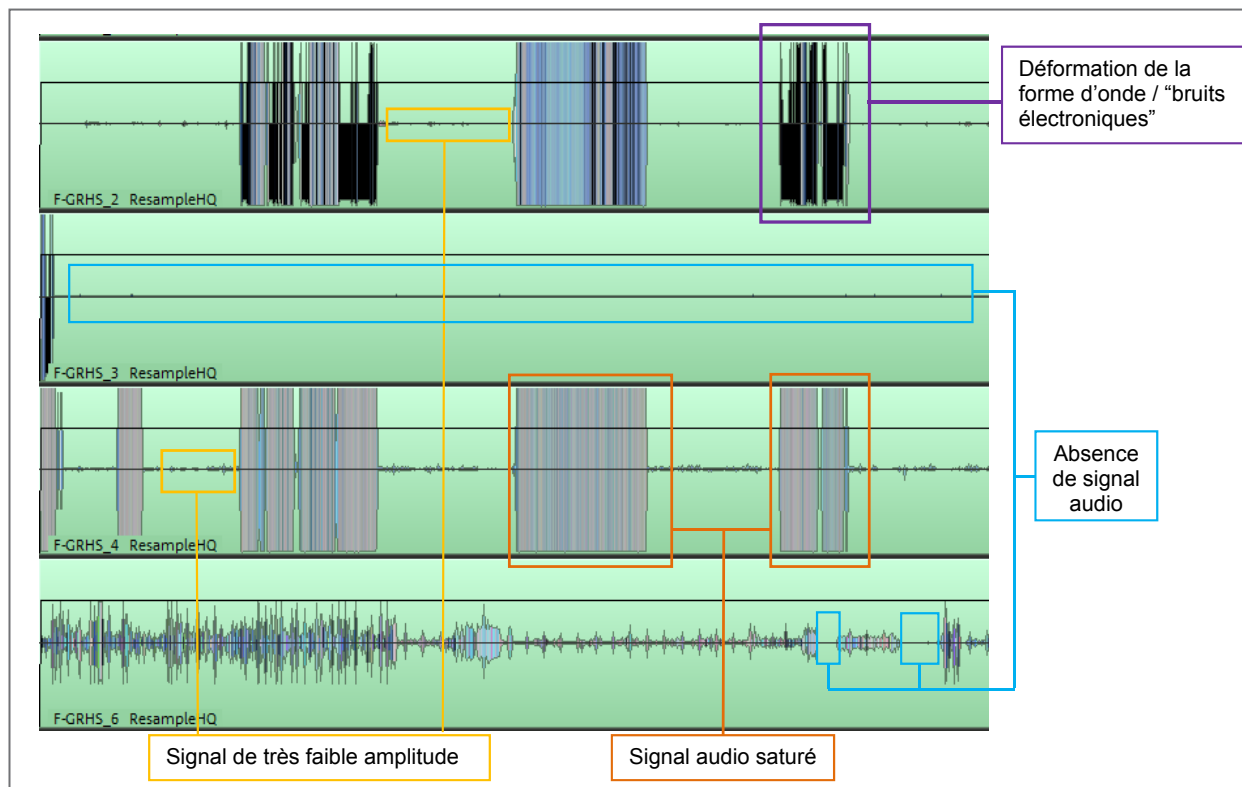


Figure 14 - défaut de gestion des mémoires - forme d'onde

4.6 Déphasage entre pistes

Il arrive que certains signaux audio (conversation équipage, alarmes, communications ATC) ne soient pas enregistrés avec la même phase sur chacune des pistes du CVR. Ce déphasage est particulièrement gênant quand il est de 180° (signaux en opposition de phase).

Dans la pratique, un même évènement sonore (message ATC, alarme, etc.) verra son amplitude diminuée voire annulée s'il est enregistré sur une piste contenant un mixage des pistes du CVR. L'effet de cette anomalie apparaît aussi quand les pistes contenant des signaux déphasés sont synchronisées et rejouées simultanément.

Cependant, étant donné que les multiples signaux reçus par l'AMU ont une amplitude différente, le déphasage n'aura pour conséquence qu'une forte atténuation du signal, dans la majorité des cas.

Cette anomalie peut être détectée de plusieurs manières :

- ❑ si le CVR contient une piste mixée, la forme d'onde et l'écoute des données audio sur cette piste révéleront immédiatement le défaut, en particulier si les autres pistes ont des formes d'onde « normales » ;
- ❑ si le CVR ne contient pas de piste mixée, l'écoute en simultané des pistes du CVR, une fois synchronisées, fera ressortir l'anomalie : les signaux communs aux deux pistes auront une amplitude faible. Une comparaison des formes d'onde de chaque piste permettra de confirmer le « diagnostique ». Pour une meilleure détection, on peut se placer à un évènement marquant présent sur les deux pistes (message ATC, alarme, signal transitoire de forte amplitude), agrandir la forme d'onde pour voir le déphasage.

Cette anomalie est comparable à une perte de données audio et est préjudiciable au travail d'analyse des enregistrements audio, particulièrement si certaines informations utiles à l'enquête se trouvent uniquement sur la piste mixée.

Spécifications de références :

- ❑ ED 56A, §1.4.3.a
- ❑ ED 112, §I-1.3.3.a

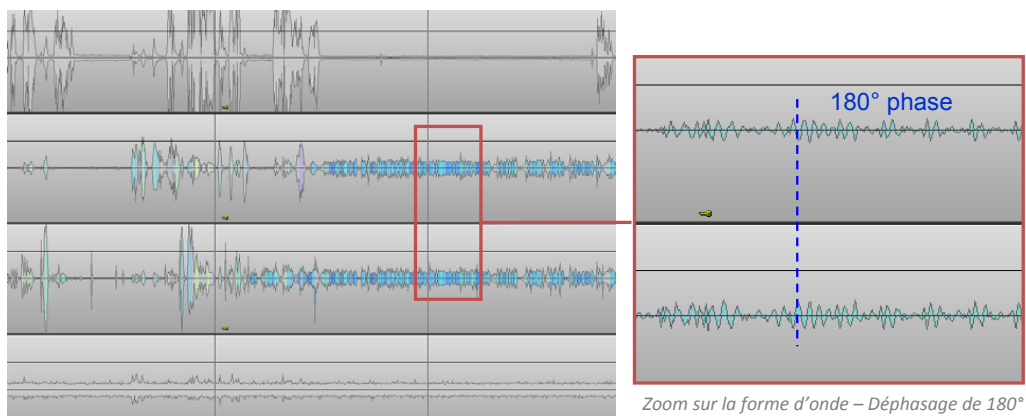


Figure 15 - signaux en opposition de phase - forme d'onde

4.7 Déséquilibre des niveaux entre pistes

Cette anomalie se caractérise par une différence de niveaux entre les signaux d'entrée, en particulier en ce qui concerne le niveau des communications ATC. Sur l'exemple suivant (figure 16), le message ATC est fortement atténué sur la deuxième piste (en rouge), presque inaudible

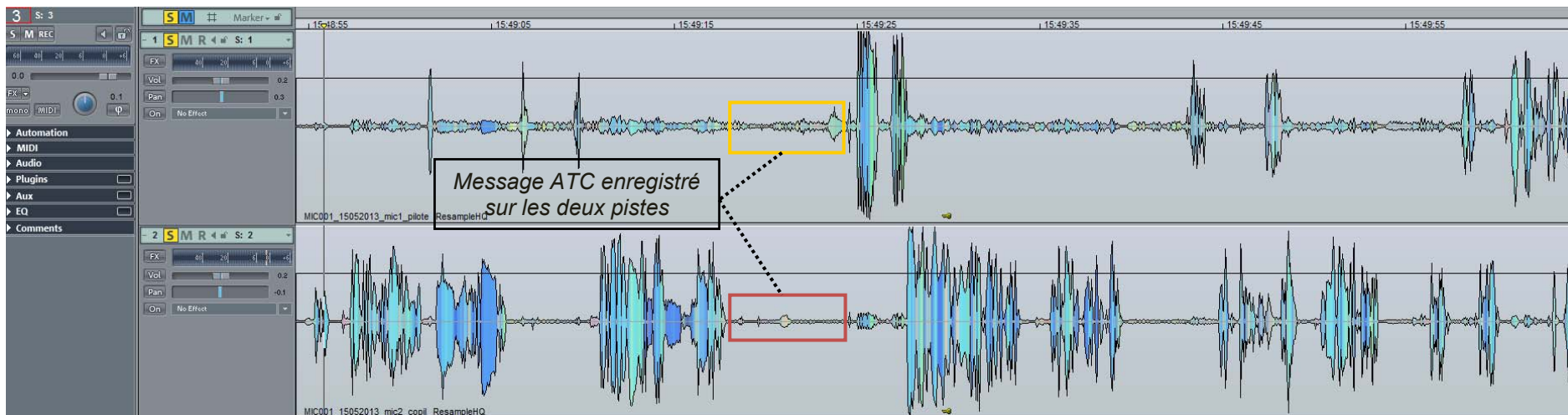


Figure 16 - déséquilibre des niveau - forme d'onde

Ce défaut se détecte en observant la forme d'onde du signal sur chaque piste. Il peut être confirmé en écoutant chaque piste séparément, la différence de niveau étant assez flagrante pour être facilement détectée.

Spécifications de références :

- ED-56A - §3.2.5 ;
- ED112-§ I-3.2.2 (RSL < 3dB).

4.8 Anomalie de vitesse de relecture sur un SSCVR

Cette anomalie n'a été rencontrée qu'une seule fois au BEA. Lors de la lecture à vitesse normale, les données audio déchargées sont rejouées plus lentement que les données originales (contenu audio ralenti). Ceci est dû à un problème lors de l'échantillonnage du signal.

Ce défaut n'a pas d'influence sur la qualité des données audio mais sur la fidélité du contenu audio restitué. Elle n'est perceptible qu'au moment où les données audio doivent être synchronisées avec d'autres informations (FDR, données radar par exemple). Un ré-échantillonnage est alors nécessaire (application d'un coefficient correctif sur la vitesse de relecture).

On peut détecter et mettre en évidence la présence de cette anomalie de deux façons :

- ❑ Incohérence du signal FSK⁽⁷⁾ s'il est enregistré sur le CVR. Si l'écart de 4 s n'est pas respecté (incertitude incluse), on peut suspecter que les données déchargées ne sont pas rejouées à la même vitesse que les données enregistrées initialement. Pour que la mesure soit significative, mesurer l'écart entre 2 pics FSK éloignés sur la piste CVR et comparer cet écart avec la valeur théorique.

Exemple (voir figure 17) : Il y a théoriquement 96 s (24 écarts de 4 secondes) entre 25 pics FSK. Si la valeur mesurée entre 25 pics n'est pas égale à 96 s, alors l'anomalie est présente sur le CVR.

- ❑ Impossibilité de réaliser une synchronisation entre le CVR et le FDR en utilisant des événements enregistrés à la fois sur le CVR et sur le FDR (VHF keying, alarmes, etc.).

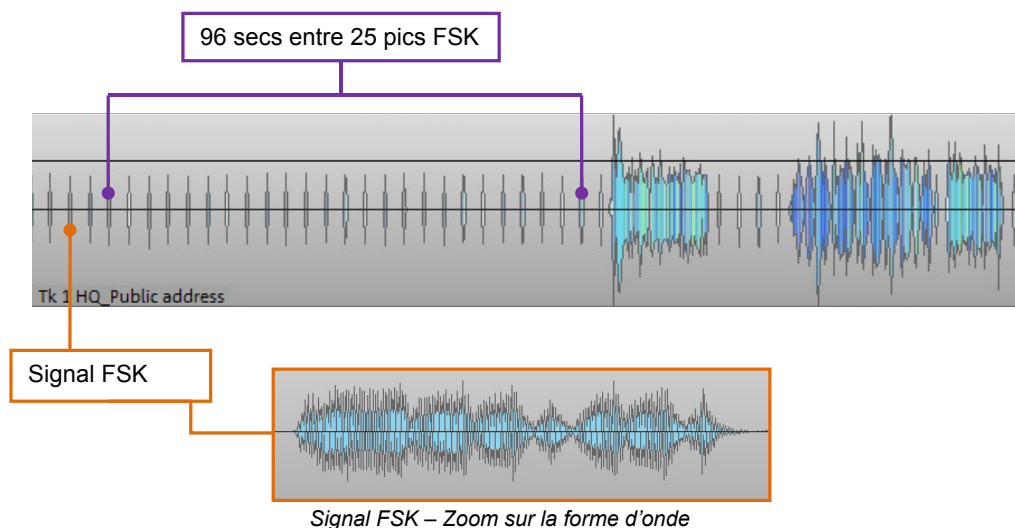


Figure 17 - signal FSK - formes d'onde

⁽⁷⁾FSK: Frequency Shift Keying. Signal sonore enregistré toutes les 4s (+/- 2ms) sur une piste du CVR (généralement sur la piste Public Address) et qui code le temps UTC sur 32 bits. Ce signal est enregistré sur les CVR d'ATR, d'Airbus (excepté A380 et A350) et de Fokker 50.

Cas du time stretching

Ce type d'anomalie a des conséquences similaires à un problème de vitesse de relecture. La différence majeure est que les pistes audio sont désynchronisées entre elles avec un taux d'échantillonnage variable au cours du temps. De ce fait, l'application d'un coefficient correctif ne permet pas de corriger le problème et ainsi d'obtenir des pistes synchronisées.

Ce type de défaut présente plusieurs problèmes majeurs :

- ❑ lors de la récupération des données audio stockées dans le CVR, il y a perte de corrélation dans le temps. De ce fait, le CVR ne respecte pas l'ED-56A, §2.6.3 et l'ED 112, §I-2.1.3 ;
- ❑ le contenu audio ne restitue pas avec fidélité les données enregistrées à l'origine ;
- ❑ après ré-échantillonnage, la quantité de données audio enregistrées est inférieure à la capacité d'enregistrement déclarée de l'enregistreur (par exemple 1h 56 min de données audio au lieu de 2 h). Le CVR va à l'encontre des performances qu'il doit avoir, au vu de la classe d'enregistreur à laquelle il appartient (voir ED-56A, §1.4.2 et §2.6.7 - ED 112, §I-1.3.2 et §I-2.1.5) ;
- ❑ il n'est pas possible de synchroniser les données audio contenues dans le CVR et les paramètres de vol enregistrés dans le FDR. Le CVR ne respecte pas l'ED-56A §2.6.4 et §3.4.2 ainsi que l'ED 112, §I-2.1.4 et §2-1.11 ;
- ❑ si aucun signal FSK n'est enregistré au CVR, que le FDR n'est pas disponible, et que l'altération du contenu audio (déformation des voix pilotes par exemple) n'est pas flagrante, l'anomalie n'est pas détectable (hormis dans le cas du time stretching).

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