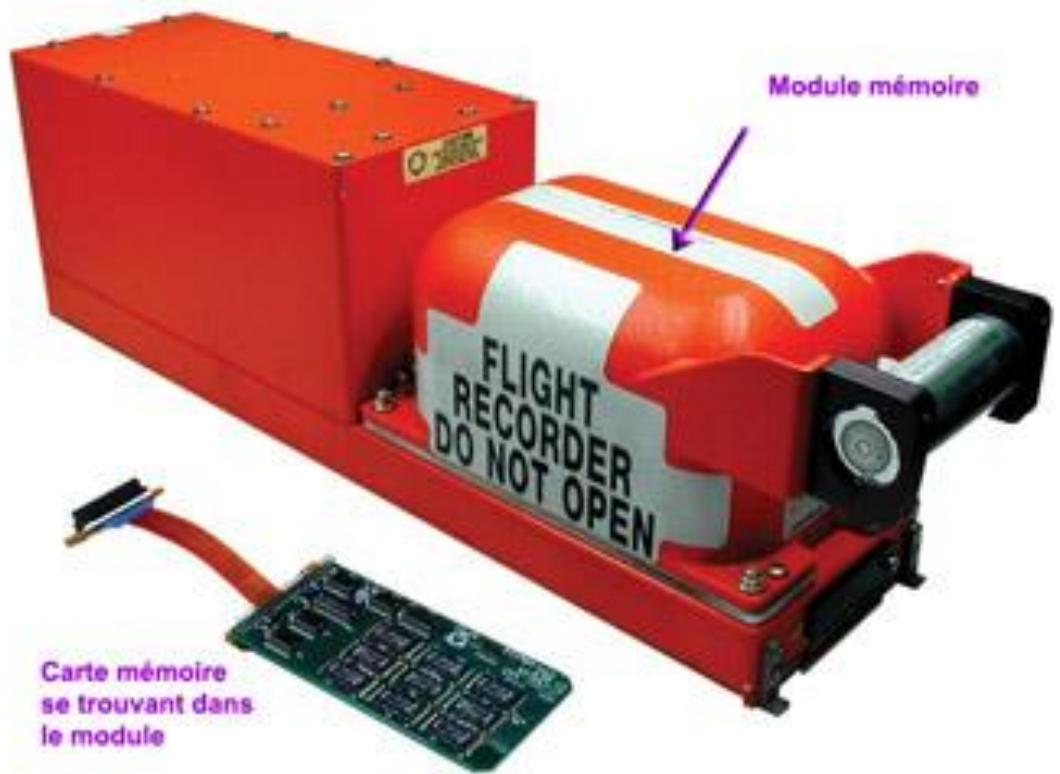


# Les enregistreurs de vol

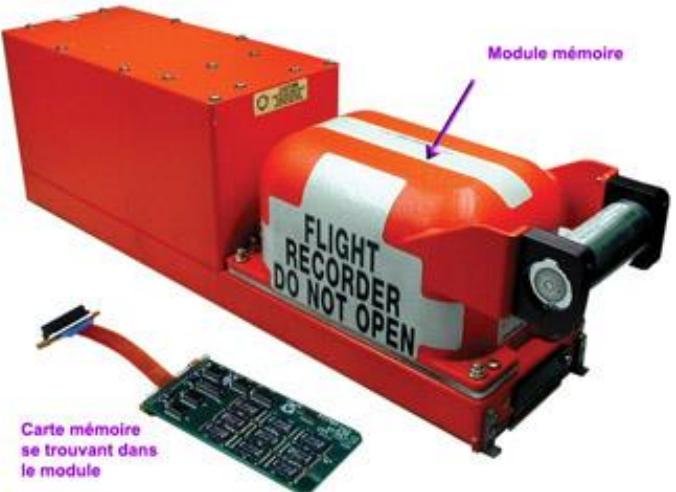


Emmanuel DELBARRE  
Enquêteur BEA

# Les enregistreurs de vol



# Les enregistreurs de vol



- - Combien d'enregistreurs de vol sur avions commerciaux ?
- - Leurs noms officiels pour chacun d'entre eux ?
- - Leurs noms connus auprès du grand public ?

# Réponses

- Combien d'enregistreurs de vol sur avions commerciaux ?

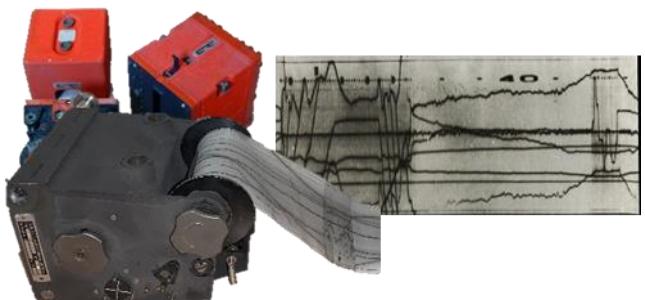
2

- Leurs noms officiels pour chacun d'entre eux ?

FDR et CVR (Flight Data recorder- Cockpit Voice Recorder)

- Noms connus auprès du grand public ?

Boîtes noires



# Les enregistreurs de vol

## Aspects réglementaires

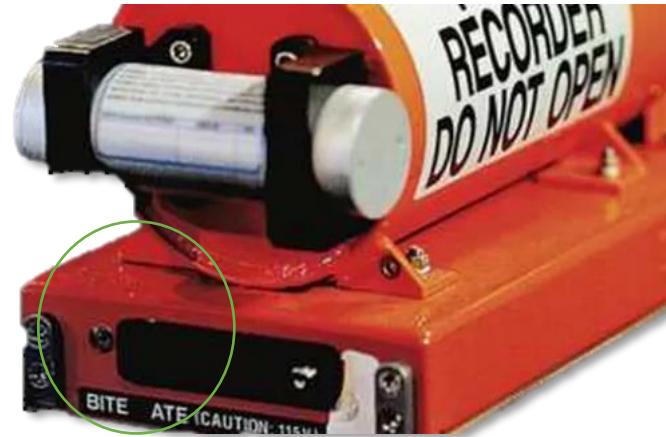
Les CVR et FDR sont obligatoires sur aéronefs avec MTOW > 5 700 kg

# Localisation des enregistreurs sur aéronefs ?

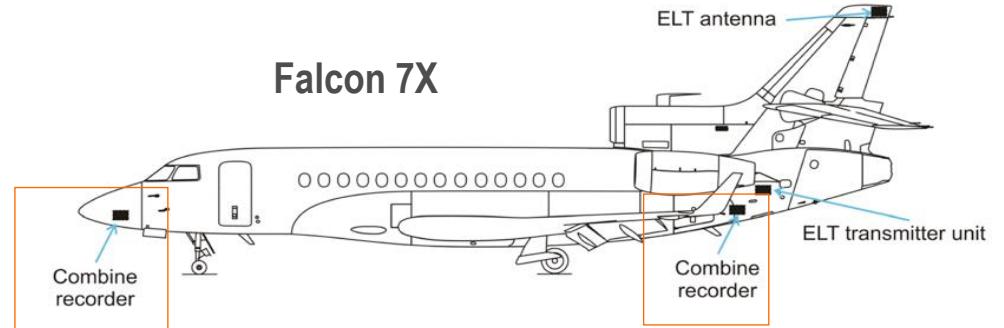
# Localisation



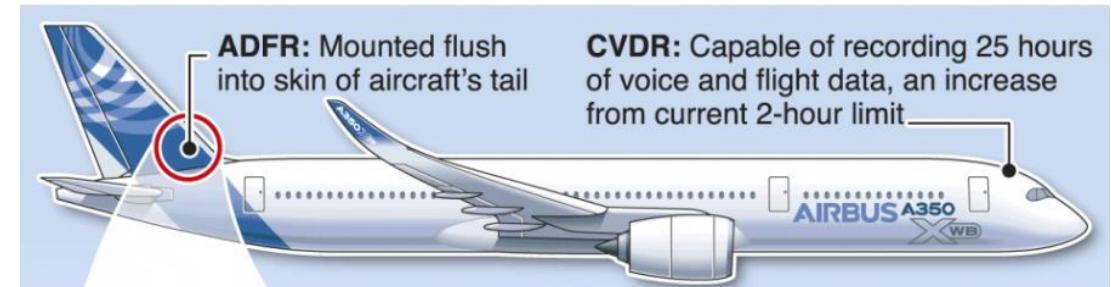
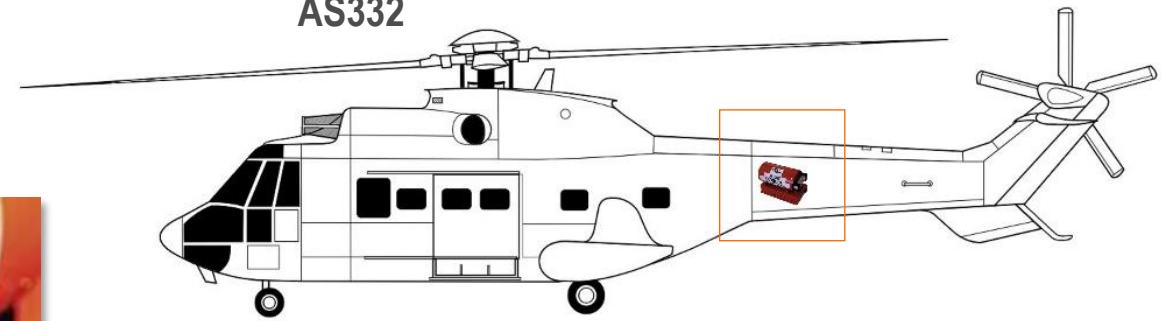
# Localisation sur aéronefs



Falcon 7X



AS332



# Après l'accident

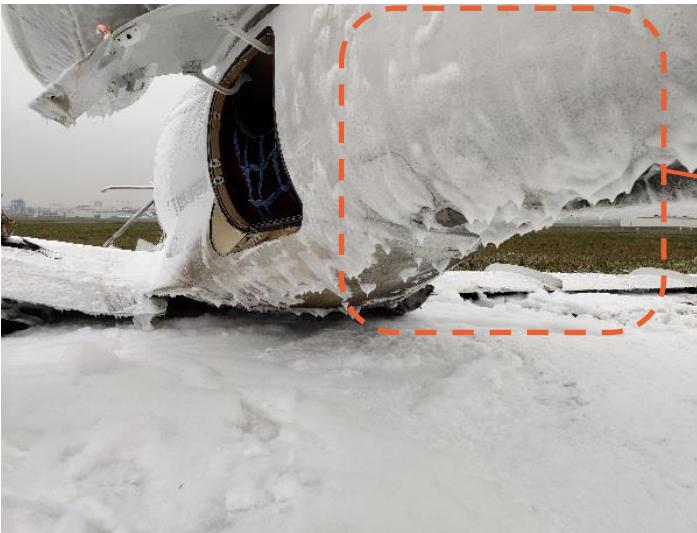
- Plus ou moins facile à reconnaître



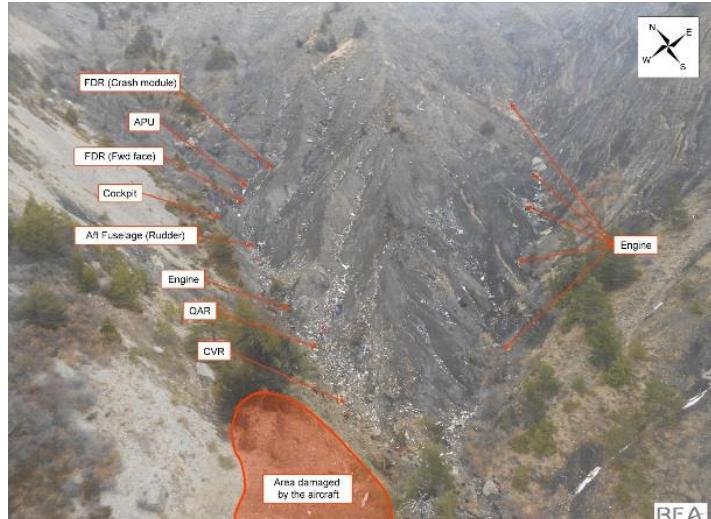
# Récupération enregistreurs sur site



Phenom 100



A few hours



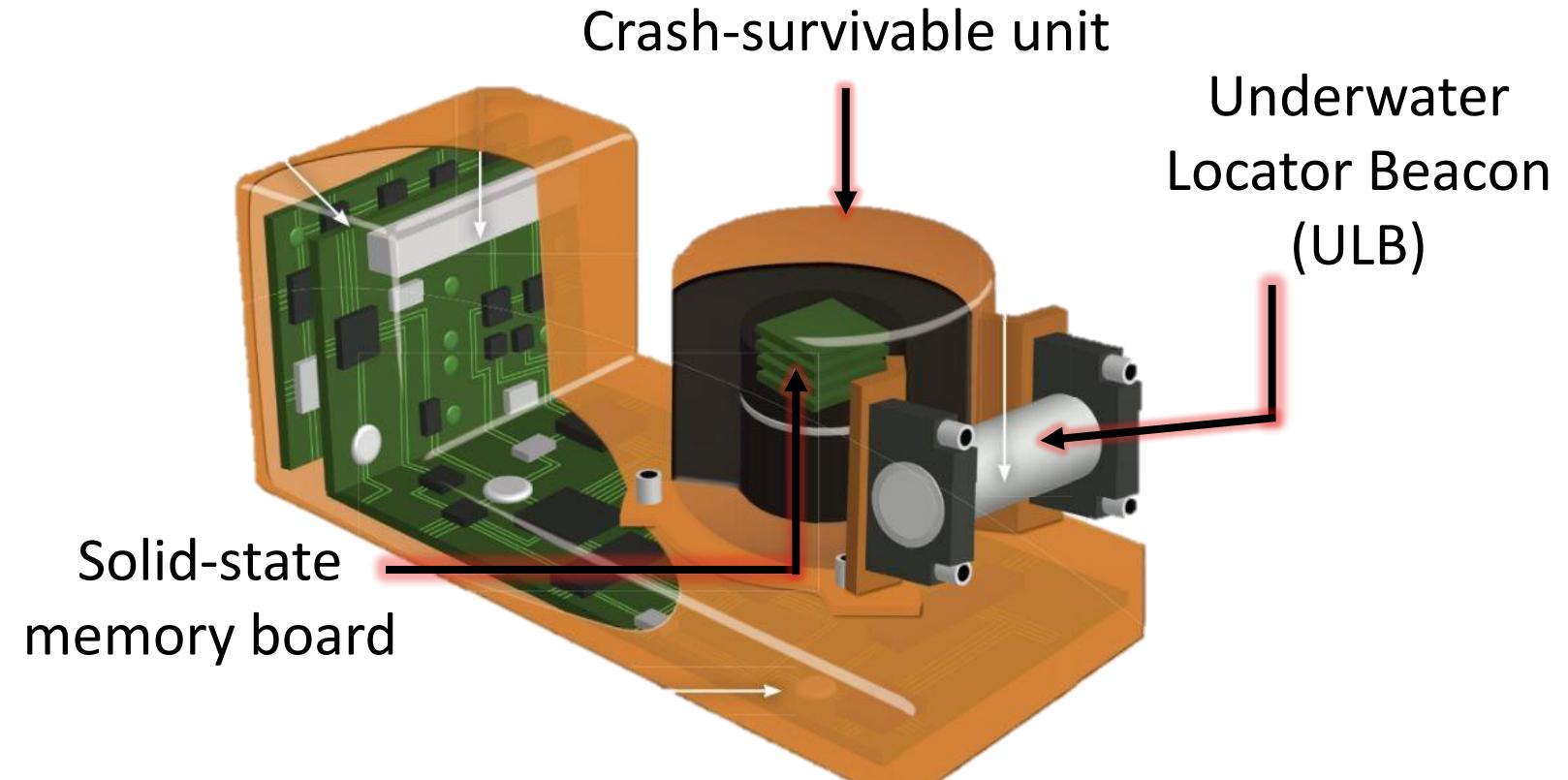
A320 (D-AIPX)



A few days



# Composants clés des enregistreurs de vol





## Questions :

CVR : Durée d'enregistrement ?

2 h..... mais 25h sur les aéronefs de MTOW > 27 T avec CDN délivré après le 01/01/2021

(D)FDR :Durée d'enregistrement ?

25 h et quelques dizaines à plusieurs milliers de paramètres

CVR et FDR / résistance 3400 G - 1100° C (pendant 1h) ou 260° C (pendant 10h)

Equipés d'ULB (Underwater Locator Beacon)



Permet de localiser les enregistreurs sous l'eau  
Se déclenche dès contact avec l'eau  
Emet un signal sur 37,5 Khz toutes les secondes pendant 90 jours  
**Question** : Distance de rayonnement du signal ?

# BEA ■ ULB ou « Pinger »



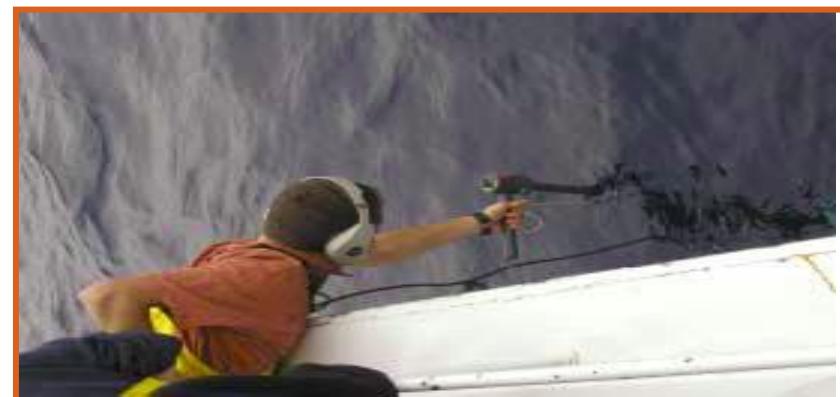
Distance de rayonnement : **2 000 à 4000 m selon facteurs environnementaux**



Signal détectable par équipement portatif : **portée 2000 m**  
**Donc 4000 à 6000 m au total**

Triangulation nécessaire

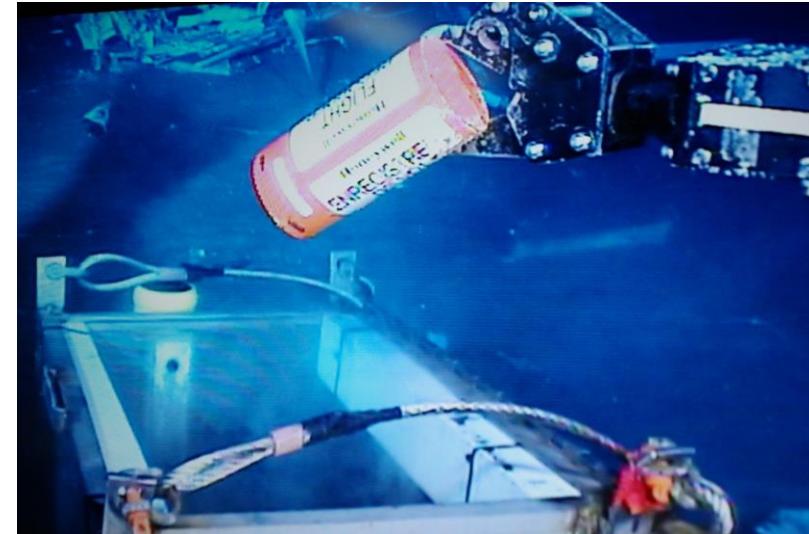
Localise le « Pinger » à 20m près



- Il faut aller récupérer les enregistreurs
- Plongée humaine jusqu'à quelle profondeur ?

# Après localisation du Pinger

- Plongée humaine jusqu'à 80 m maximum de profondeur
- Au-delà moyens plus importants nécessaires notamment avec ROV (Rermote Operated Vehicle)



# Enregistreurs immersés

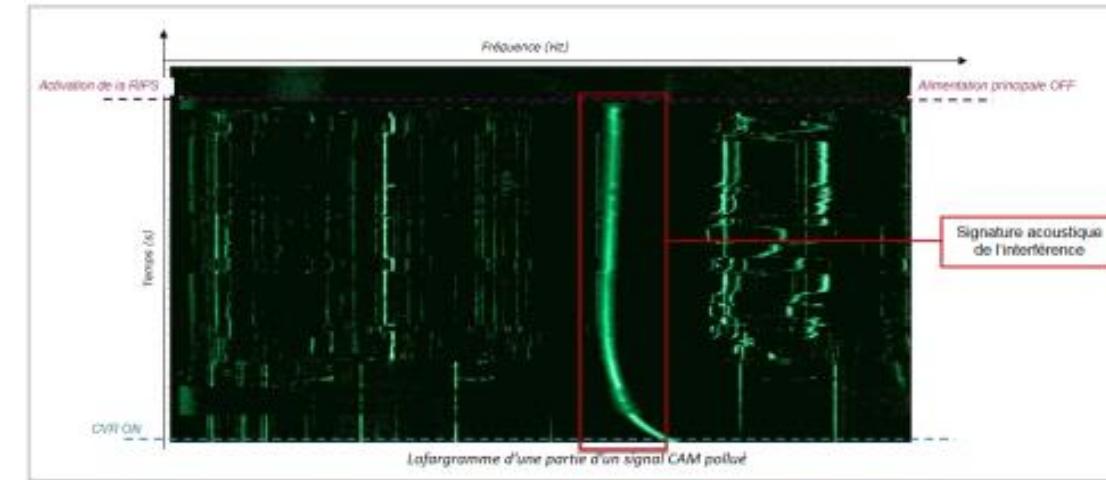


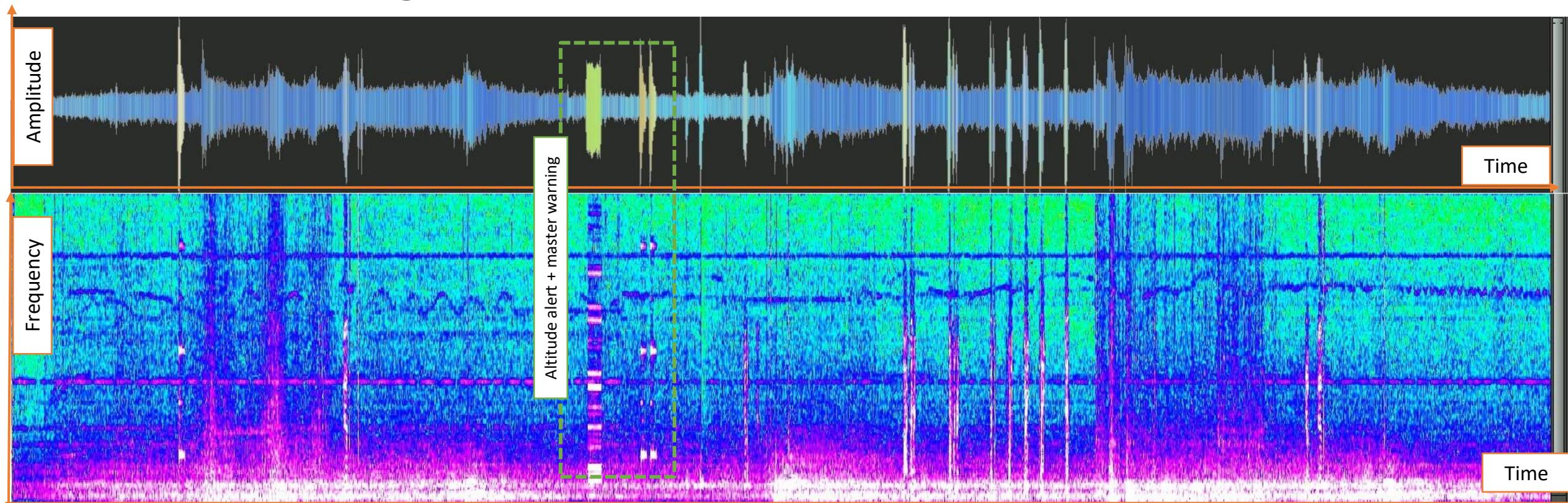
- ► Rincer abondamment avec de l'eau douce (si dispo)
- ► Transporter dans un récipient rempli d'eau jusqu'à exploitation par le BEA

## Le CVR

# Exploitation CVR

- 4 micros en cockpit
- Transcription échanges radio
- Identification bruits ambients
- Base de données sons au BEA
- Analyse spectrale
- Reconstitution évènements cockpit

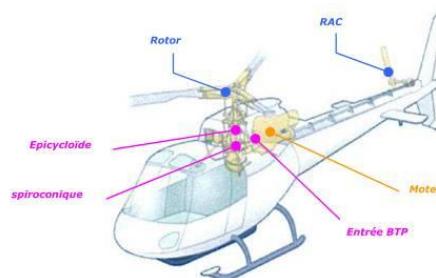
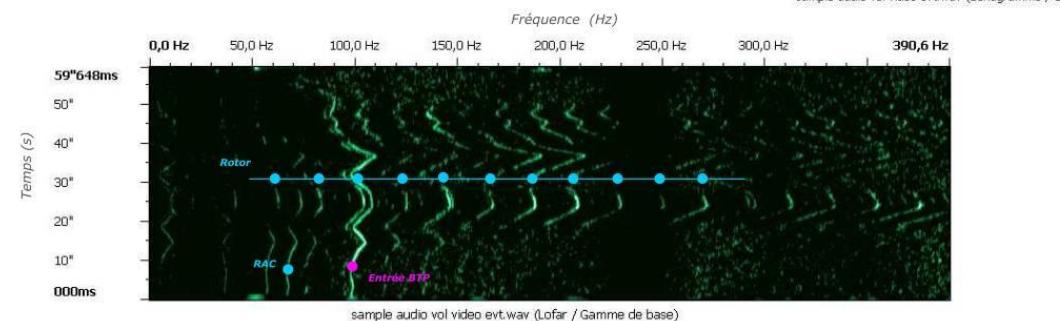
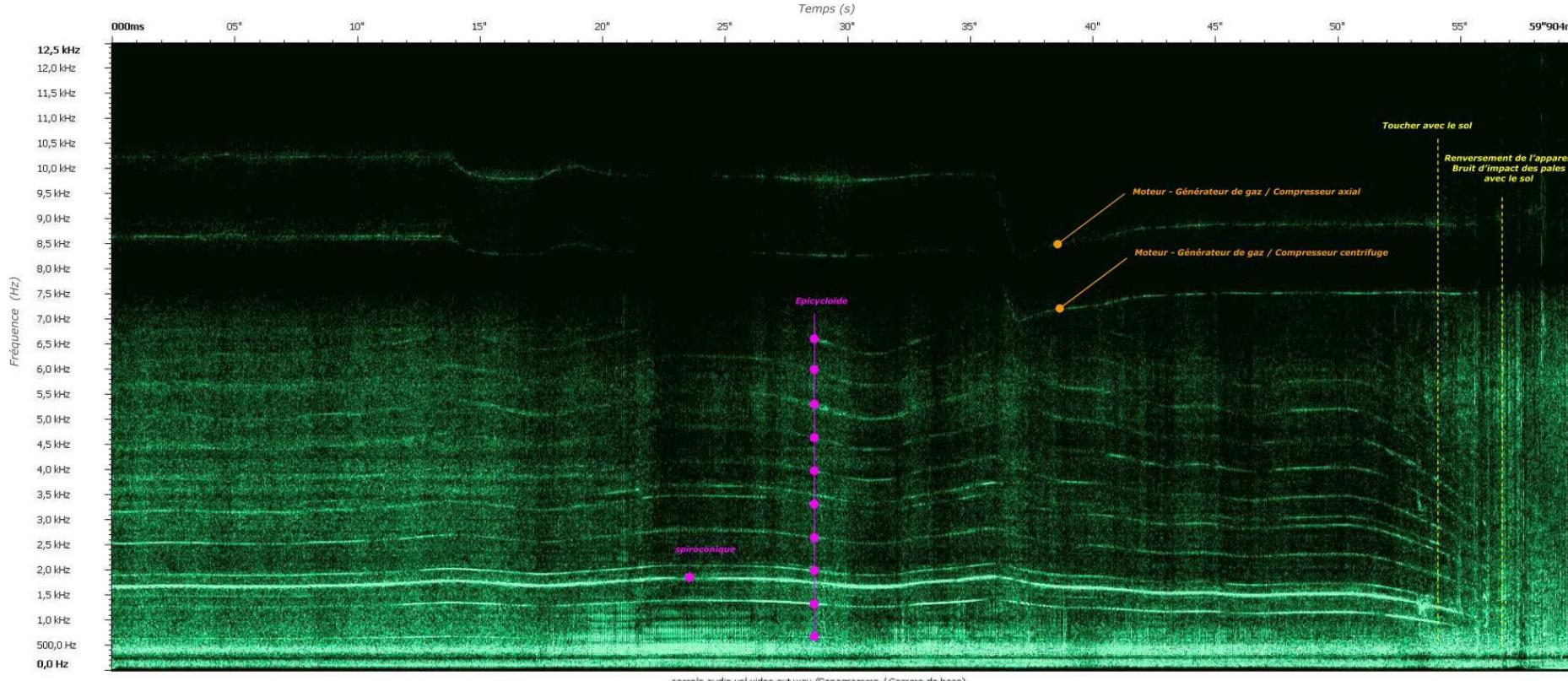




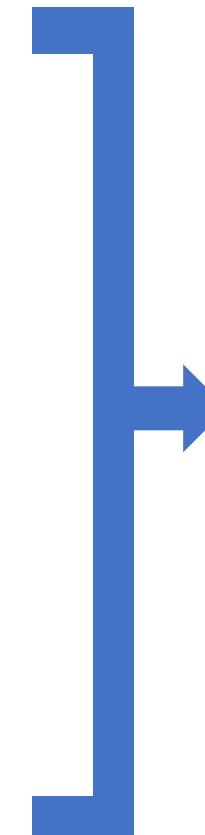
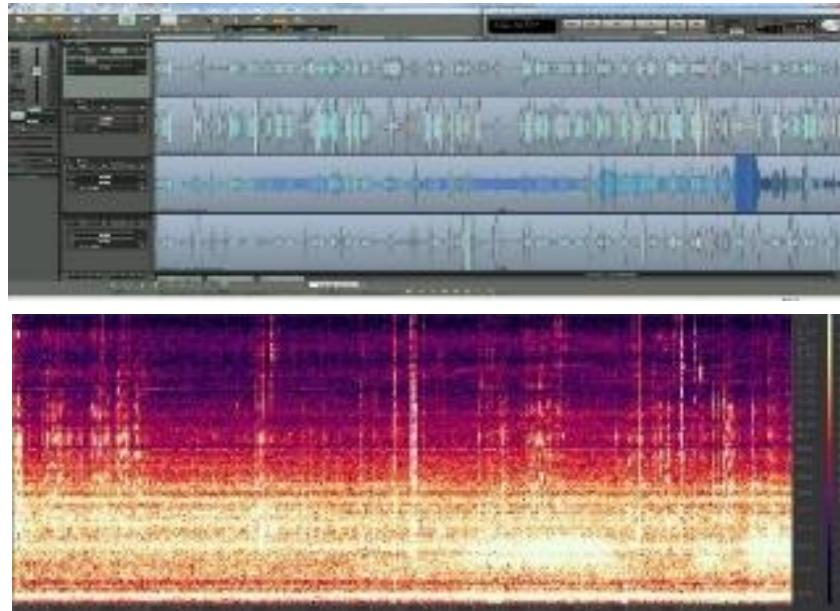
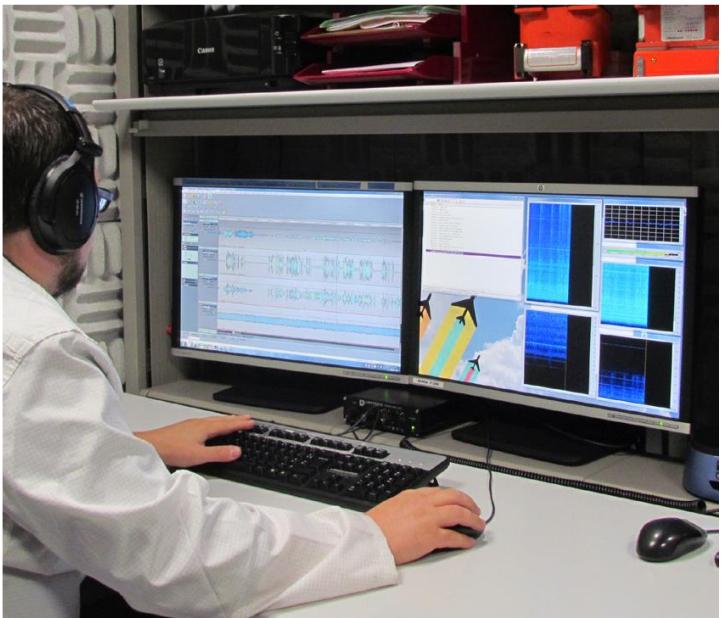
- L'analyse spectrale est un processus de reconnaissance de formes dans le domaine temps-fréquence (similaire à la conversion de sons en images) . Comparaison des éléments CVR à des échantillons audio référencés.
- Conversations de l'équipage, voix synthétiques et avertissements sonores, interrupteurs, leviers et loquet de porte, vitesse de rotation du moteur ...
- Limitations: qualité audio, interférences (air conditionné, vibrations), sources qui se chevauchent...

# Exemple d'analyse spectrale

Analyse spectrale du son de la vidéo de l'évènement du 04/07/2012 - Spectre de fréquence de l'AS350 B3 F-OHOR motorisé Arriel 2B



# Analyse audio



Relevé Transcriptions

Version : 0.1

**Sound and warnings chronology**

Registry : **████████**  
Type of aircraft : **BELL-430**  
Manufacturer : **BELL**  
Operator : **████████**  
Date and place of occurrence : **████████**  
IIC : **████████**

**Versions**

Dates	Autor	Comments
16/10/2018	KAIK	Preliminary chronology
*	*	

Chronology validated by : **xxxx**

**FORWARD**

The following is the sound and warnings chronology from the work on the CVR recording, since **xx h xx min xx s** UTC time to the end of recording. The recording starts at **xx h xx min xx s** UTC time.

**GLOSSAIRE**

UTC Time	Origin :ATC Transcript
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System
SV	Synthetic Voice

**UTC time** **Sound**

13:38:23	Beginning of flight of the <b>event</b>
13:43:56	Intermittent tone duration=5.8s
13:45:00	Continuous tone duration=14s
13:46:08	ATC transcripts used here for UTC synchronization
13:48:17	End of <b>recording</b>

**FDR - Opérations d'analyse de données**  
(représentant accrédité présent pour accident à l'étranger)

Permet :

De rechercher les paramètres anormaux,

De reconstituer le vol

De faire des animations 3D

# Recherche des paramètres anormaux

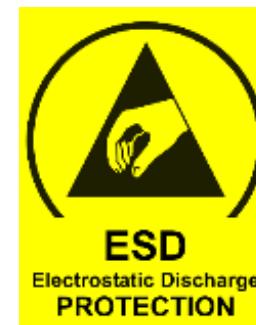
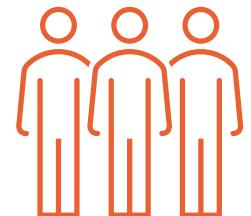
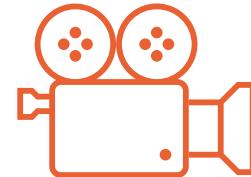
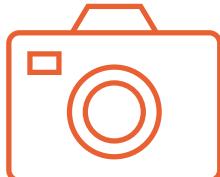
# Enregistreurs en bon état – pas de dommage

1. Déchargement direct : Connection de l'enregistreur à la baie de lecture et au PC
2. Données prêtes pour analyse en 1h environ

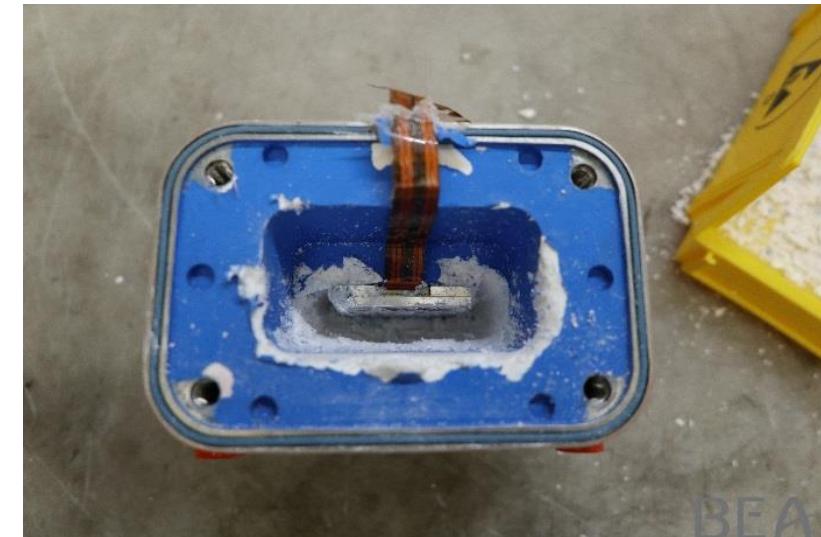


# Enregistreurs endommagés ou immergés

1. Examen visuel
2. Ouverture : Extraction de la carte mémoire
3. Examen visuel de la carte mémoire
4. Tests électriques
5. Connection de la carte mémoire au chassis de substitution
6. Déchargement des données

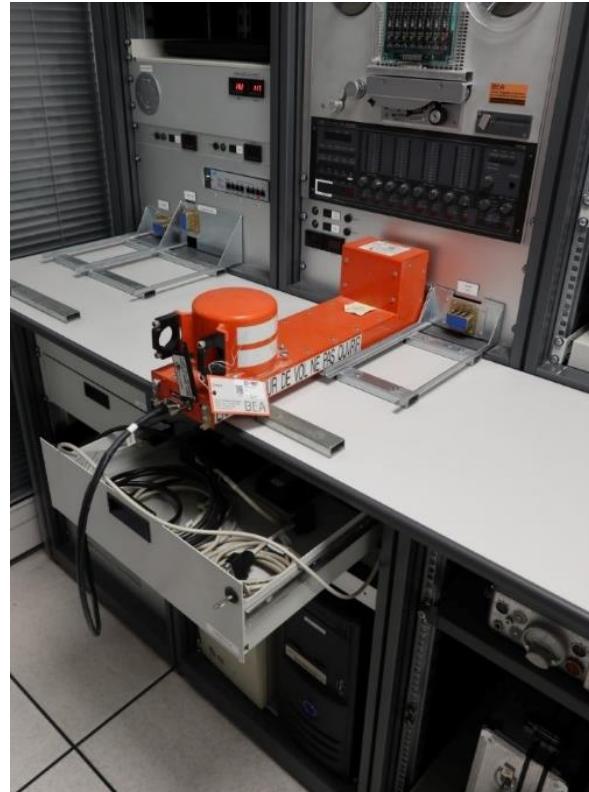


# Ouverture et extraction de la carte mémoire



# FDR - Opérations d'analyse de données

(représentant accrédité présent pour accident à l'étranger)



Déchargement de données

6232206.QAR

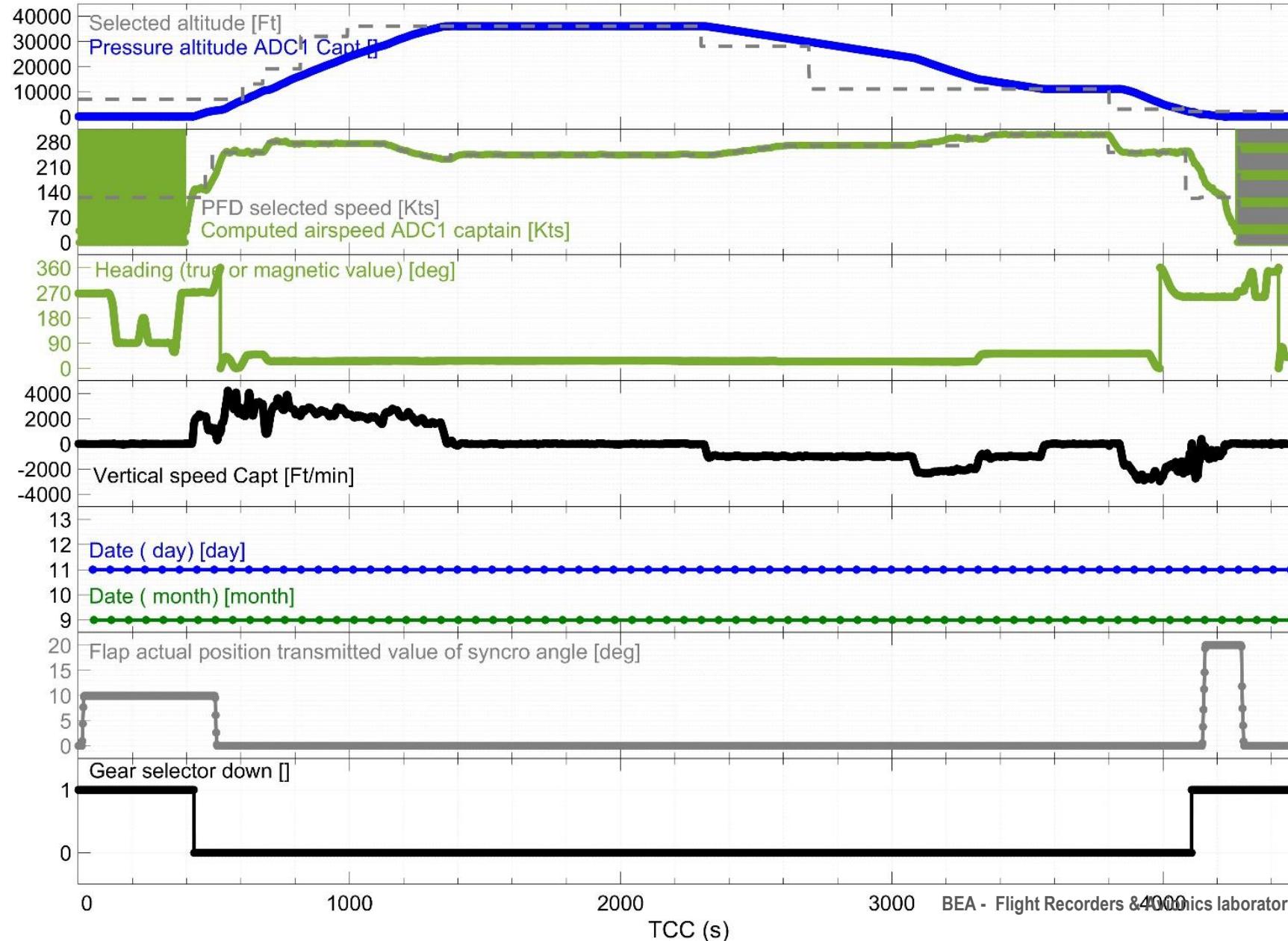
Offset(h)	00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F
00000000	47 E2 00 F0 FB FF 07 F0 00 F0 00 F0 01 F0 00 F0
00000010	D0 FF 01 F0 E8 FF 05 F0 F8 F0 FB FF F3 FF 01 F0
00000020	00 F0 02 F0 E4 FB 00 FC F0 F0 A7 F1 CB F2 05 F0
00000030	04 F0 00 FA 00 FA 00 FA 00 F0 14 F0 01 F0 85 F1
00000040	00 FC FF 90 F1 00 F0 00 3B F0 02 F0 00 FA 00 FA
00000050	A0 FA 00 F0 04 F0 C0 FC 20 F0 00 F0 06 F0 00 F0
00000060	00 F0 01 F0 18 F0 FC FF 0A F0 00 F0 00 F0 00 F0
00000070	02 F0 90 F1 00 F0 00 F0 00 F0 22 F0 F8 FF 00 F0
00000080	FE FF 02 F0 23 F0 03 F0 12 F0 11 F0 F5 FF 56 F5
00000090	56 F5 B4 F1 00 F0 E8 F3 0A F0 49 F0 08 FD 01 FC
000000A0	00 F0 02 F0 00 F0 00 F0 04 F0 02 F0 01 F0
000000B0	01 F0 00 F0 00 F0 00 F0 00 F0 00 FC 00 F0
000000C0	20 FC 02 F0 00 F0 00 F0 00 F0 32 F5 B8 F7 2B FD
000000D0	DC FF 00 F0 15 F0 0C F0 00 FA 00 FA 00 FA 00 FA
000000E0	00 FA 00 F0 00 F0 00 FC 04 FC 19 FC 59 F8 42 FB
000000F0	40 F6 09 F0 01 F0 01 F0 54 FA 5D FA D0 F0 DC F0
00000100	02 F0 03 F0 FA FF 07 F0 03 F0 03 F0 01 F0 03 F0
00000110	D0 FF 00 F0 E8 FC FF F5 F0 FC FF F0 FF 02 F0
00000120	01 F0 00 F0 E4 FB 00 FC E4 FB B0 F4 00 F0 00 FC
00000130	00 F0 01 F0 00 F0 00 F0 00 F0 00 F0 1C F0 00 F0
00000140	40 F0 FC FF 60 F0 40 F0 40 F0 81 F8 02 F0 02 F0
00000150	00 F0 06 F0 00 F0 FC FF FC FF F8 FF 23 F2 83 F2
00000160	30 F7 00 F0 3A F2 90 F2 3F F7 23 F7 08 FC 79 FC
00000170	06 F0 E2 F0 00 F0 00 F0 00 F0 80 FC 50 F1 5A F0
00000180	00 FA 00 F0 20 F0 01 F0 14 F0 36 F0 00 FA 28 F8
00000190	34 F8 C0 F8 00 FC 00 FC D0 F3 00 F0 00 F0 00 F0
000001A0	00 F0 00 F0 00 F0 00 F0 04 F0 02 F0 01 F0
000001B0	01 F0 00 F0 00 F0 00 F0 00 F0 00 F0 A0 F1 80 F1
000001C0	10 F4 00 F0 F8 FF F8 F0 C6 F1 00 F0 7C F6 7E F1
000001D0	00 F0 09 F0 D0 F0 C0 F7 0C F2 8F F0 08 F0 C1 F9
000001E0	00 F0 00 F0 F7 F0 24 F5 5D F1 25 F2 26 F2 00 F0
000001F0	00 F0 E0 F7 00 F0 01 F0 41 F7 00 F0 00 F0 09 F0
00000200	00 F0 00 F0 F8 FF 04 F0 00 F0 00 F0 00 F0 00 F0
00000210	D0 FF 00 F0 E8 FF 00 F0 F8 F0 FC FF F0 FF 00 F0
00000220	00 F0 00 F0 E4 FB 00 FC F0 A4 F1 00 F0 7A F1
00000230	70 F1 00 F0 00 F0 40 F7 00 F0 00 F0 00 FA F3 F0
00000240	00 F1 FC FF 00 FA 00 FA F0 F0 F0 21 F0 21 F0
00000250	FF FF 00 F0 10 F0 08 F0 72 F0 00 F0 00 F0 00 F0

Format données brutes

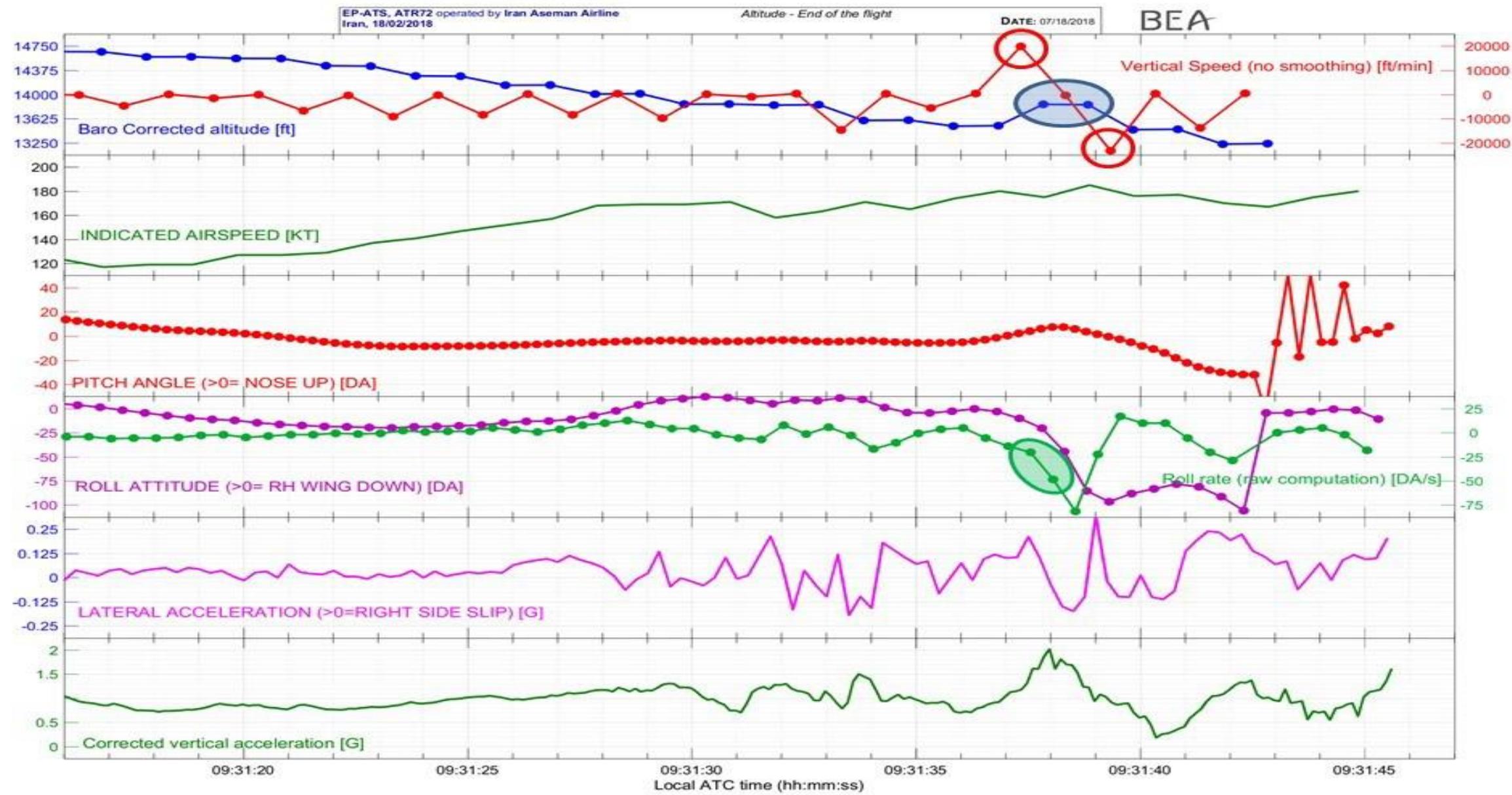
Décodage avec grille de décodage du constructeur

Description évènement

## Produits pour l'enquête : les courbes



B1



# Produits pour l'enquête : déroulement du vol

## d'un point de vue systèmes

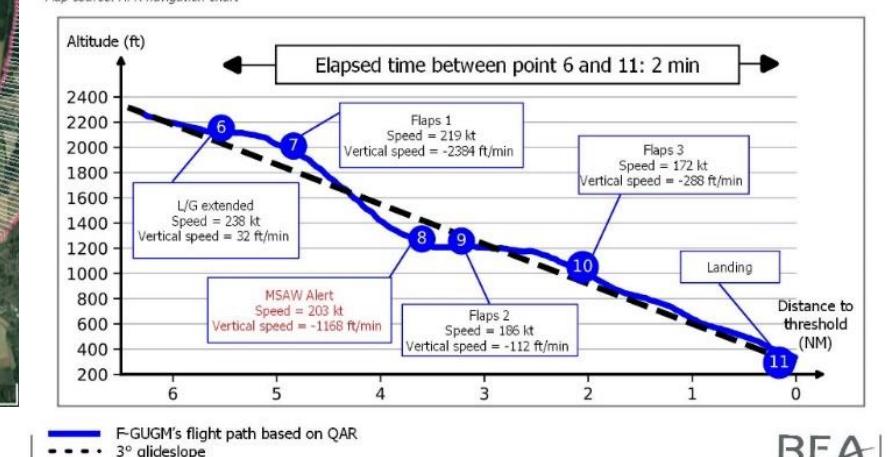
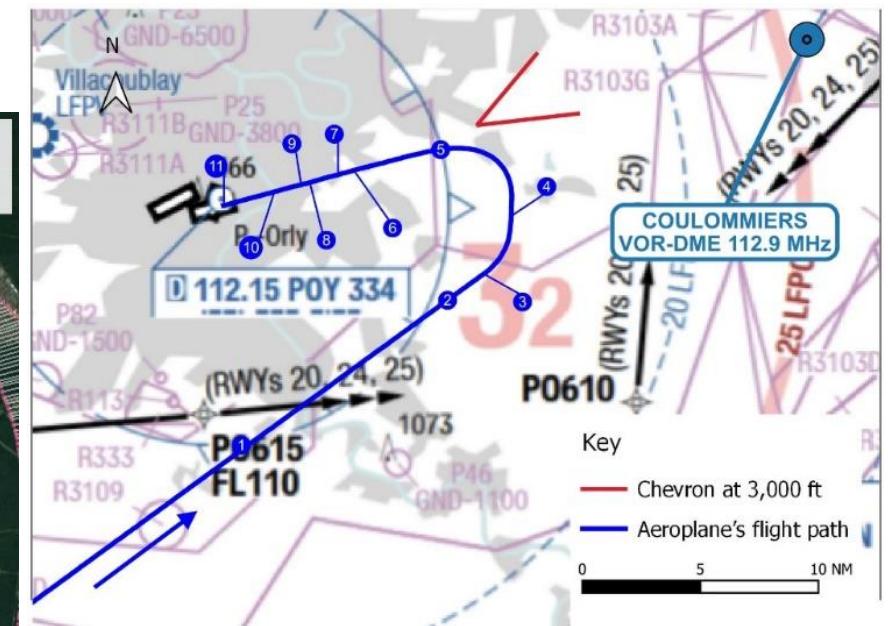
Heure début	Alt QNH (ft)	IAS (kt)	Vertical speed (ft/min)	Dist. to threshold (NM)	Who?	To who?	Actions / conditions	Type of actions / conditions	Source	Comments
15:49:07	3525	249	-2176	9.2			Speed brakes commanded		FDR	
15:49:28	2845	253	-2368	7.7			G/S* engaged		FDR	
15:49:32	2717	252	-1504	7.4			LOC engaged Selected altitude was 2000 ft		FDR	
15:49:54	-	-	-	-			A/P disengaged		FDR	
15:49:59	2117	238	32	5.5			Landing gear down		FDR	
15:50:10	1929	219	-2384	4.8			FLAPS 1		FDR	
15:50:29	1241	203	-1168	3.6	LOC ATC	PM	MSAW warning	Communications - External	ATC	
15:50:34	1209	193	320	3.3			Action à cabrer, changement du pitch de 1° à 7°		FDR	
15:50:37	1225	186	-112	3.2			FLAPS 2		FDR	
15:50:45	1193	173	-240	2.8	LOC ATC	PM	Confirmation of aircraft relative position on the glide	Communications - External	ATC	
15:50:46	1185	172	-288	2.7			FLAPS 3		FDR	
15:51:29	601	140	-800	0.9			Aircraft passed 500 ft RA, engines were at 27% N1		FDR	
15:51:59	237	123	-128	-0.2			Touch down		FDR	

BEA ■ Le FDR permet :

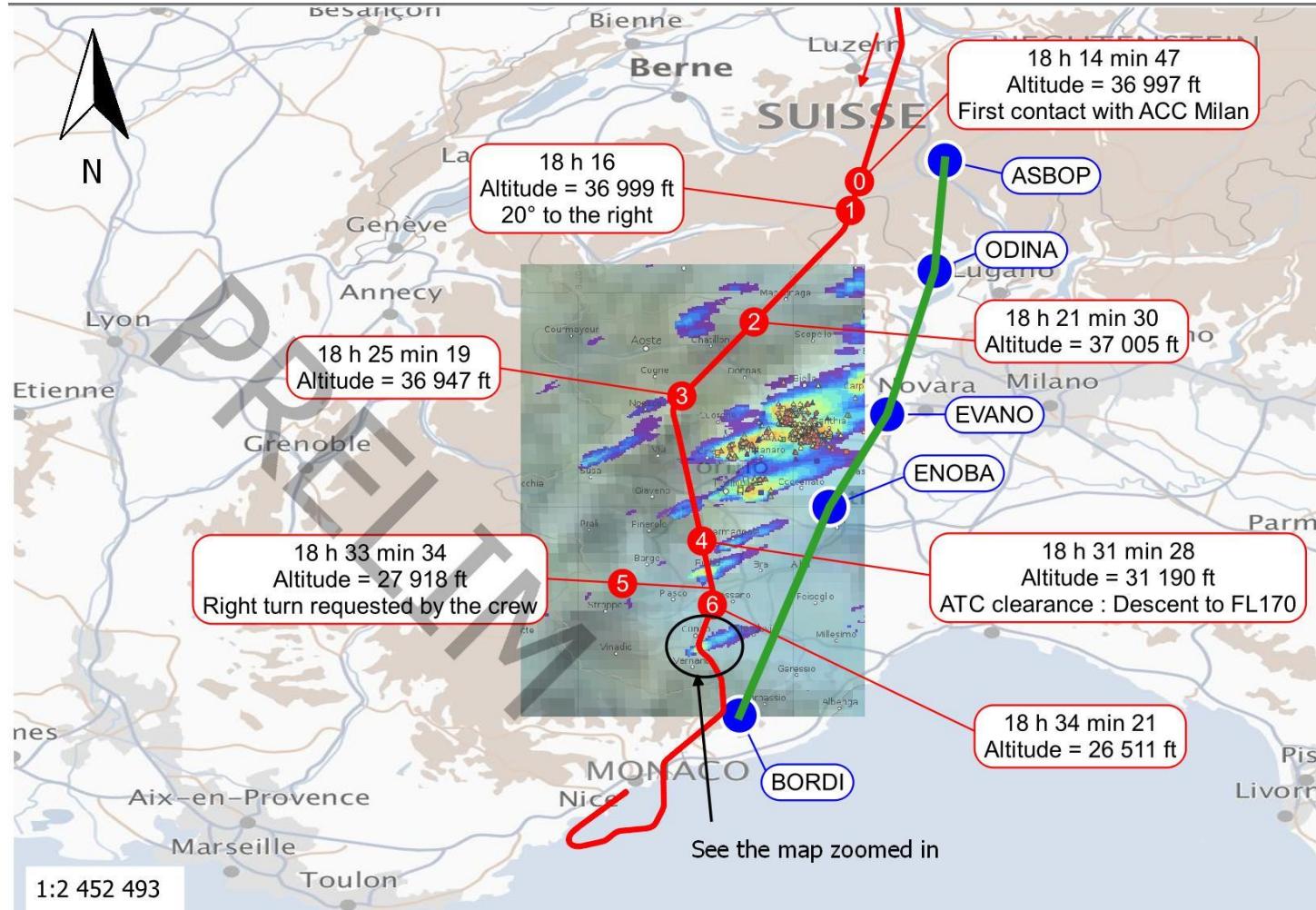
De reconstituer le vol

Sur fond de carte au choix

# Produits pour l'enquête : trajectoires sur carte



# Produits pour l'enquête : trajectoires sur carte



Source of the background map : IGN

— Aircraft trajectory extracted from the FDR

— Flight plan route

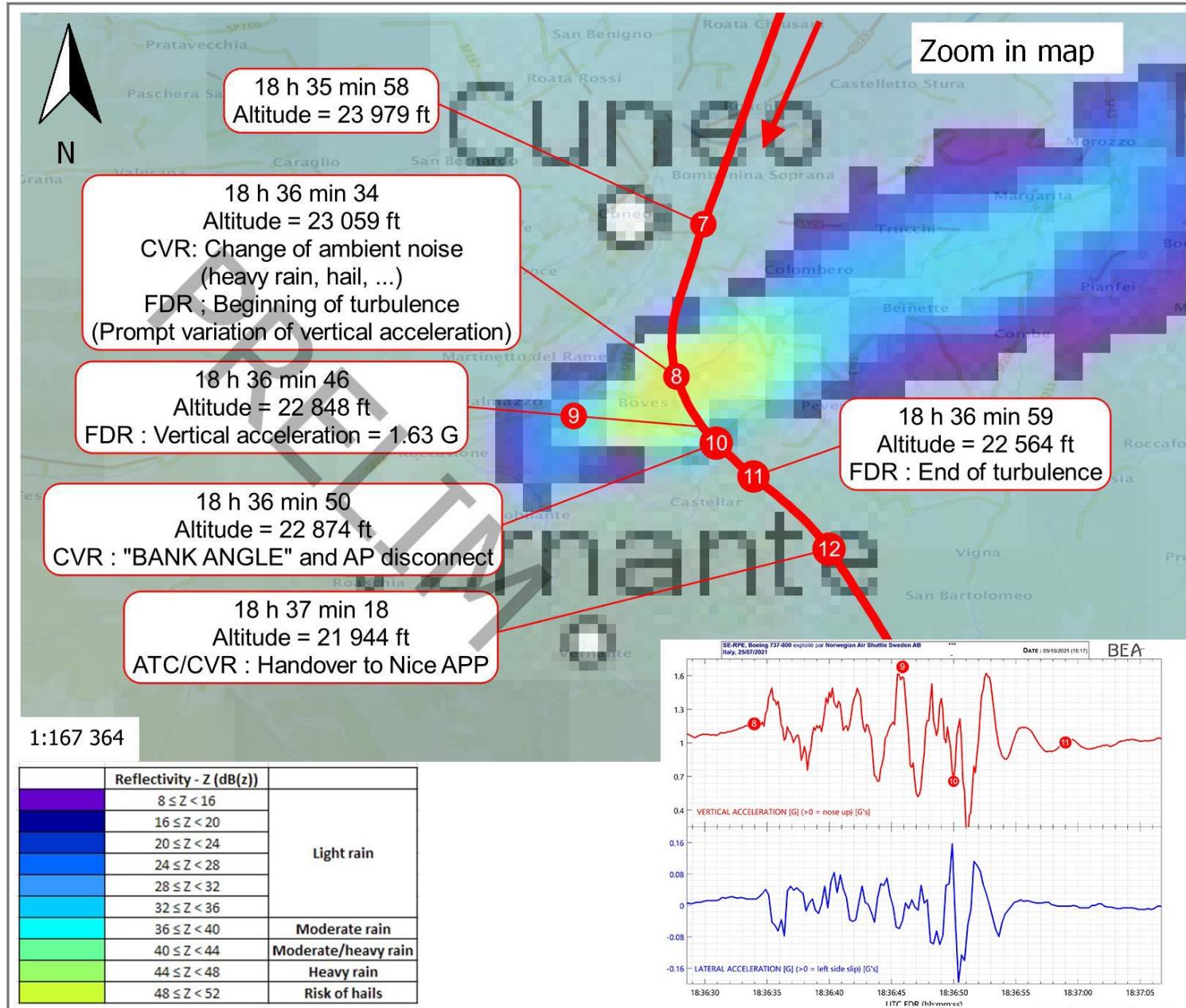
● Waypoint

Time in UTC

Estimated wind at the time of the accident (Météo-France)

Wind from 230°  
50 - 60 kt

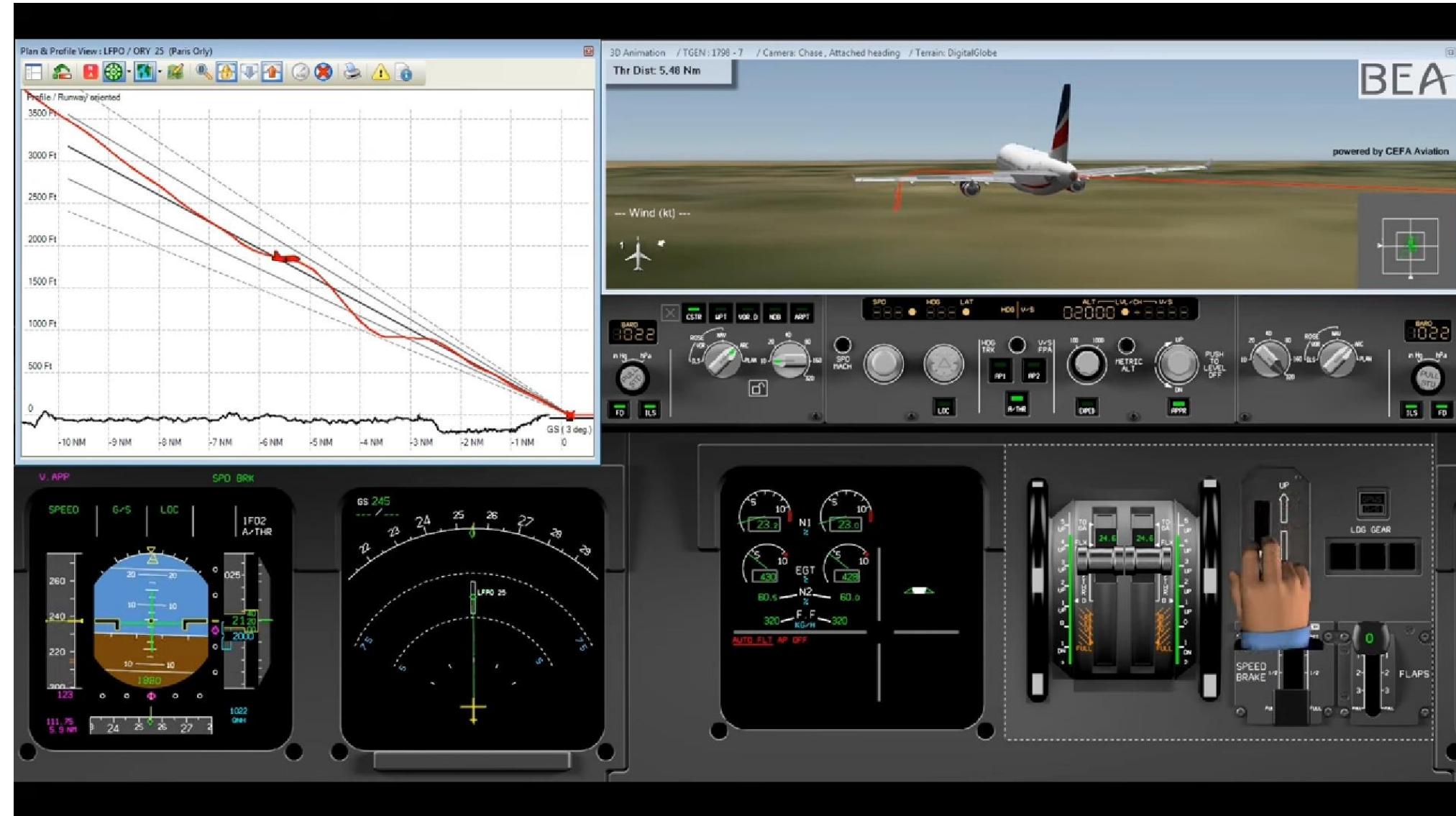




BEA ■ Le FDR permet aussi :

D'élaborer des animations 3D

De reconstituer des évènements bord





Animation du crash  
de l'Air Asia en  
Indonésie faite à  
partir du FDR et du  
CVR



# Animations 3D et reconstitution évènements bord

Animation de  
l'accident Air Algérie  
au Mali en 2014 faite à  
partir du FDR

Animation du crash de  
l'Air Asia en Indonésie  
en 2014 faite à partir  
du FDR et du CVR

# Animations 3D et reconstitution évènements bord

Animation de  
l'accident Asiana  
Airlines 6 juillet 2013  
San Francisco

Animation du crash  
de l'ATR 72  
Brésil 2007

# Produits pour l'enquête



Si vous voulez en savoir plus :



Movie « Boite Noire », France 2021





## Le bilan chiffré du laboratoire enregistreurs

---

- 64 enregistreurs CVR/FDR
- 104 équipements avioniques
- 26 smartphones et tablettes
- 31 enregistrements photo and video
- 61 enregistrements ATM





Merci de votre attention

[www.bea.aero](http://www.bea.aero)

