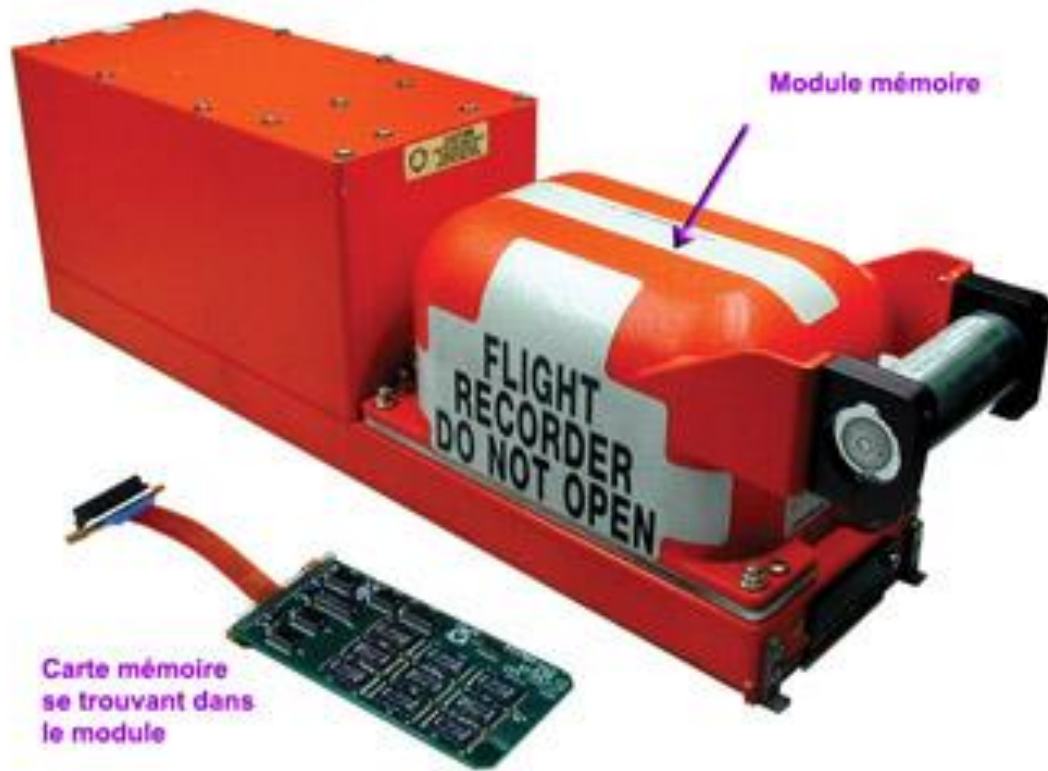


# Les enregistreurs de vol

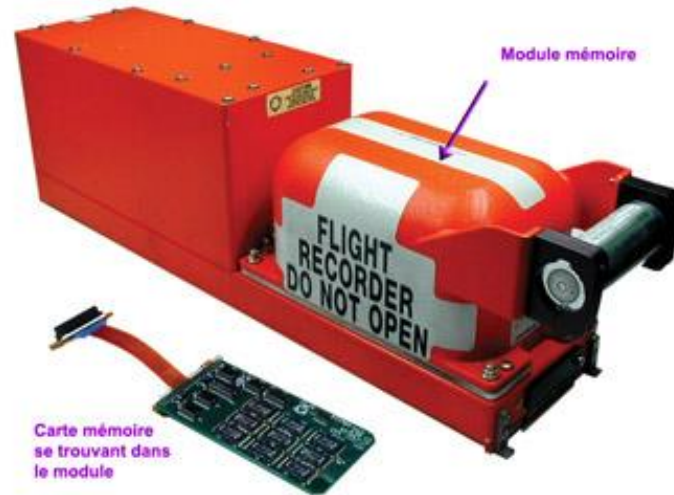


Emmanuel DELBARRE  
Enquêteur BEA

# 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 ?

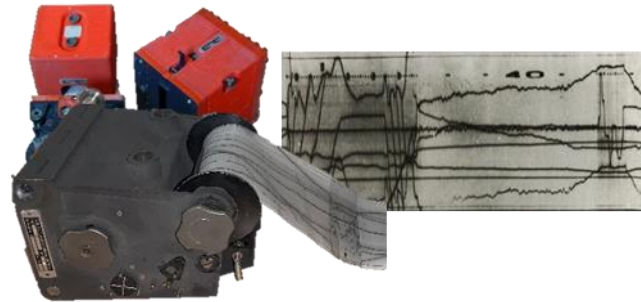
2

- 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**



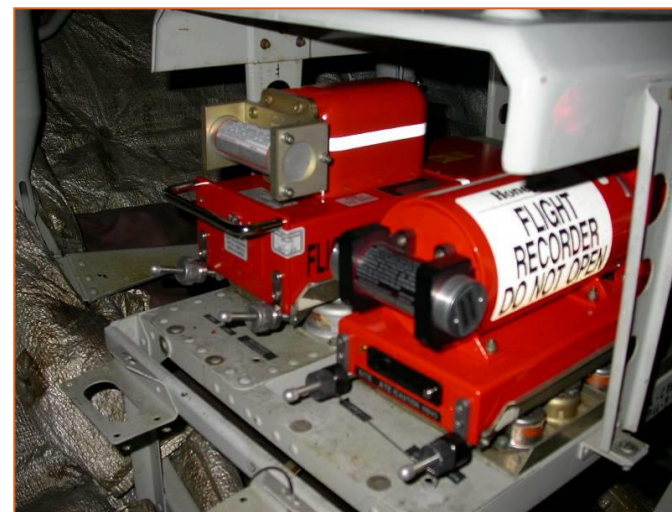
# Les enregistreurs de vol

## Aspects réglementaires

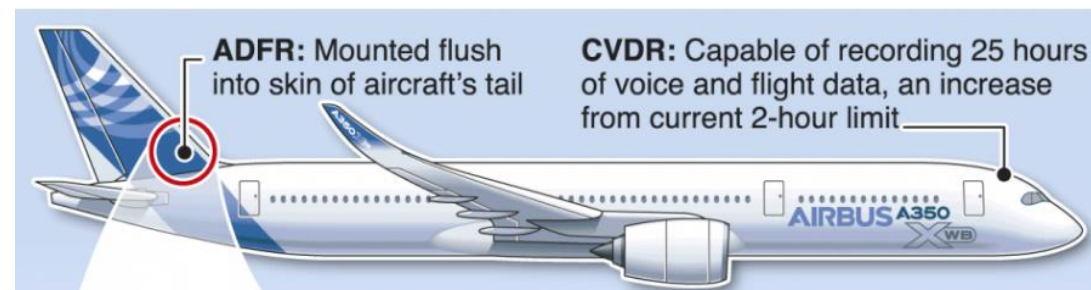
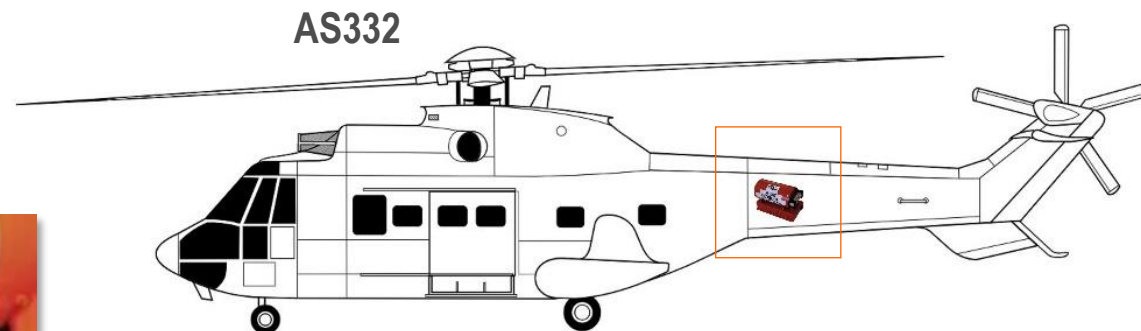
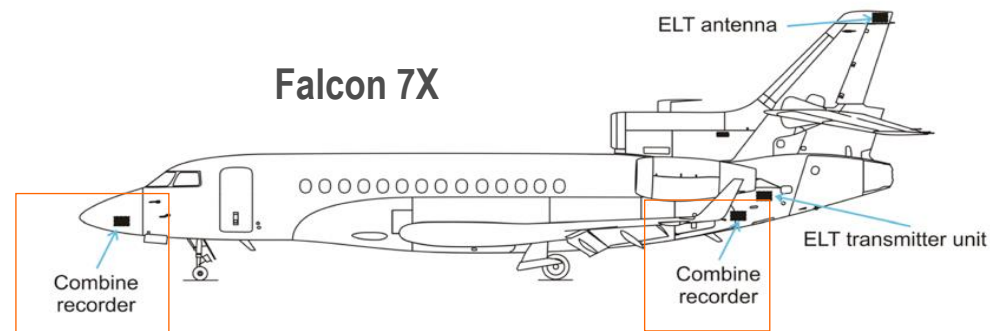
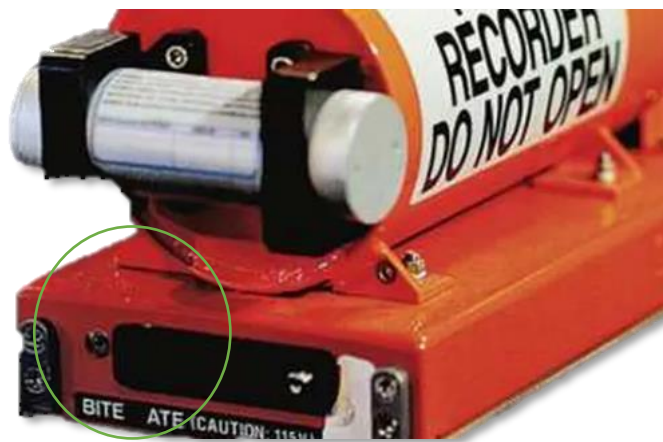
Les CVR et FDR sont obligatoires sur aéronefs avec MTOW > 5 700 kg

## Localisation des enregistreurs sur aéronefs ?





# Localisation sur aéronefs





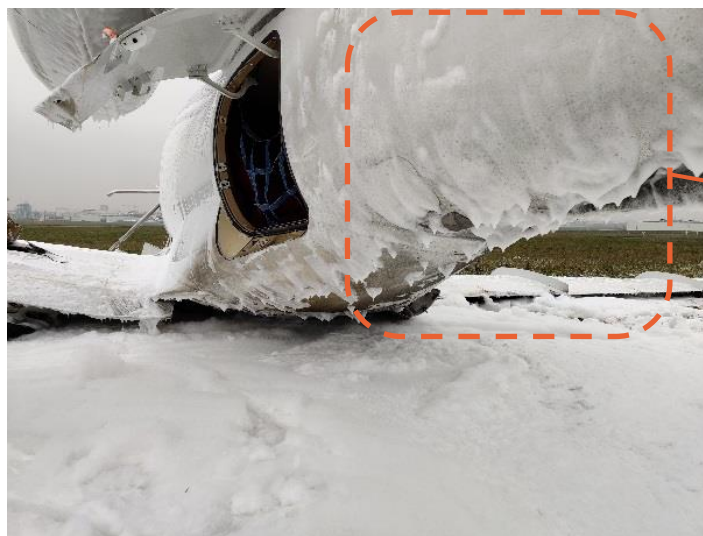
# Après l'accident

- Plus ou moins facile à reconnaître





Phenom 100



A few hours



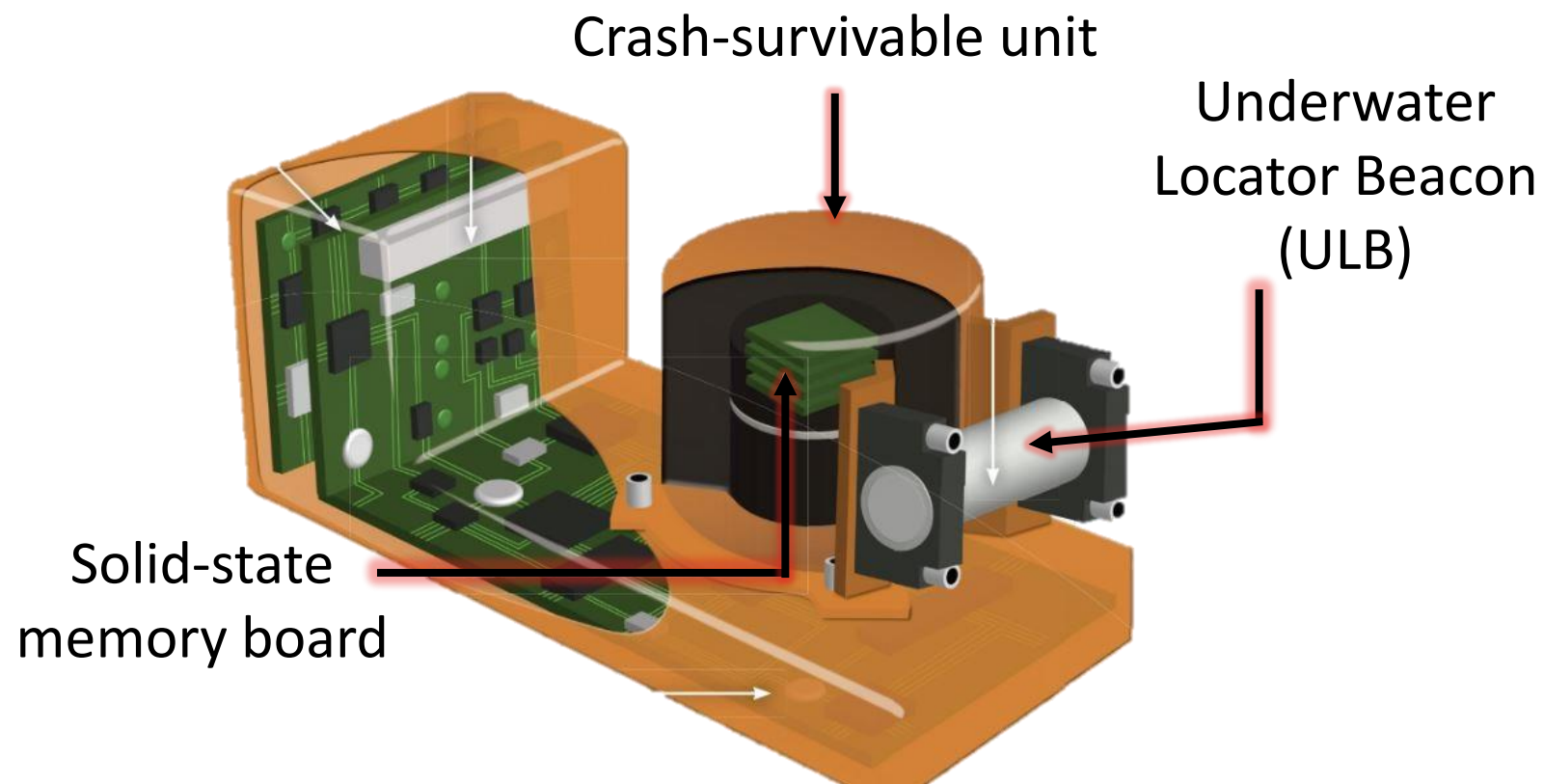
A320 (D-AIPX)



A few days



# Composants clés des enregistreurs de vol





## Questions :

**CVR : Durée d'enregistrement ?**

**2 h..... mais 25h sur les avions 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)**



# BEA ULB ou « Pinger » sur FDR et CVR



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 ?

15



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

Triangulation nécessaire  
Localise le « Pinger » à 20m près

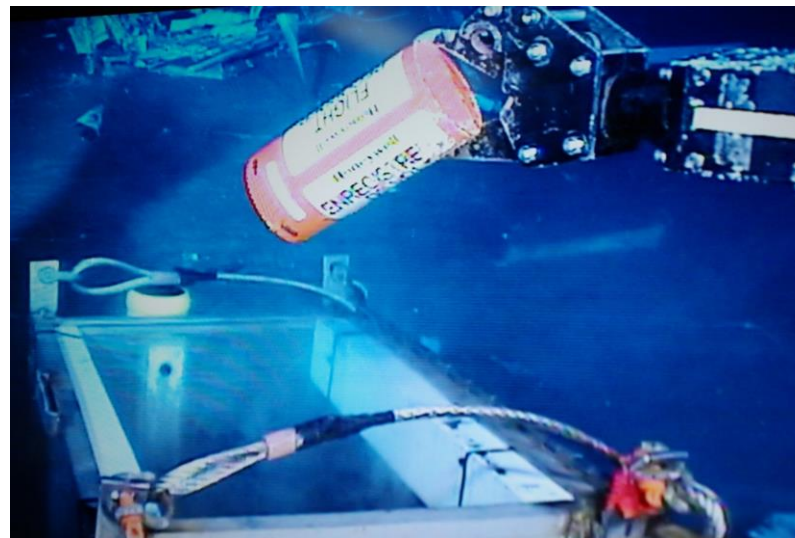
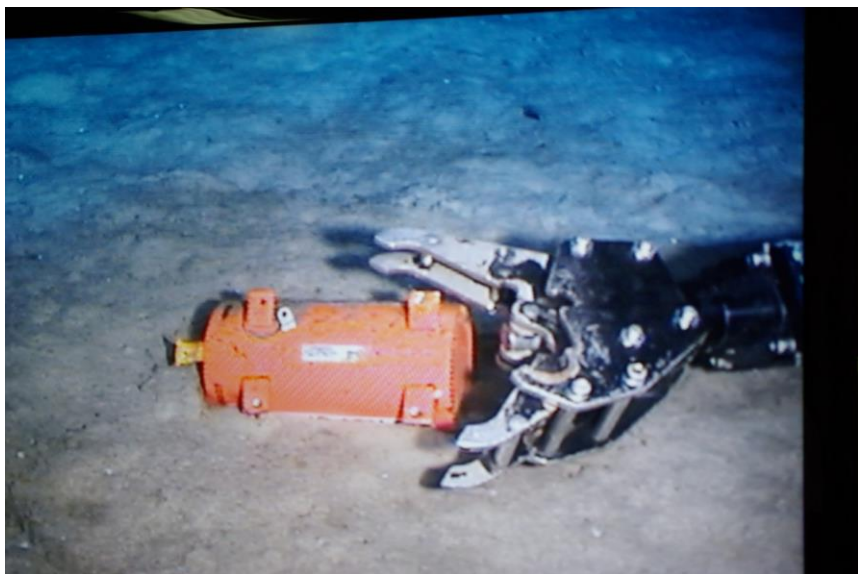
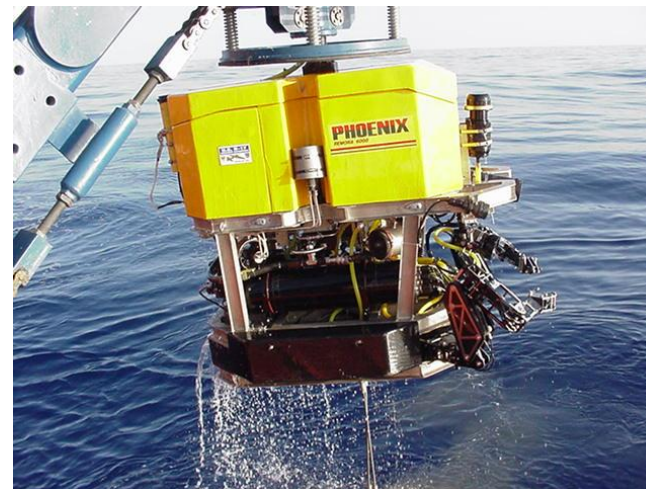


- Il faut aller récupérer les enregistreurs
- Plongée humaine jusqu'à quelle profondeur ?



# Après localisation du Pinger

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



# B Enregistreurs immergés

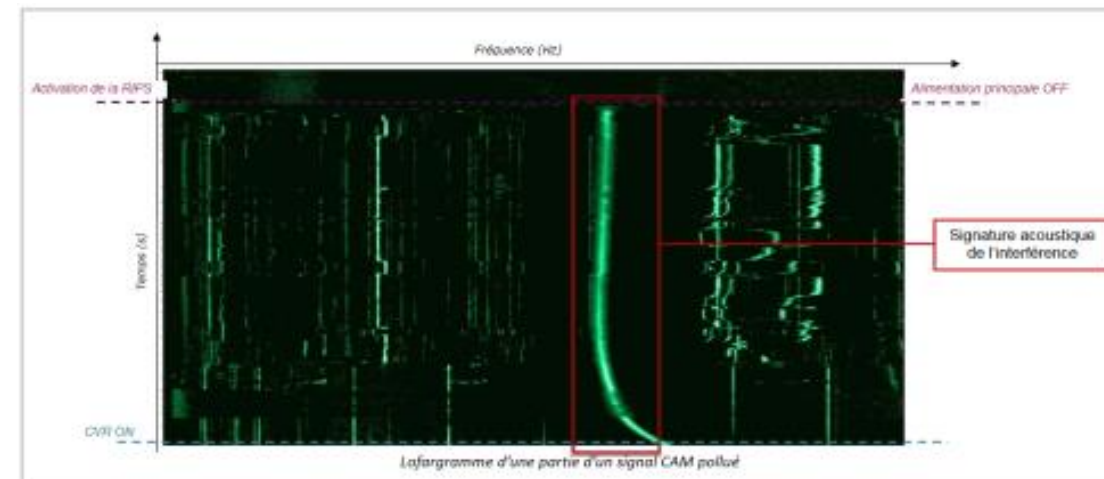


- ► Rincer abondamment avec de l'eau douce (si dispo)
- ► Transporter dans un récipient rempli d'eau jusqu'à exploitation par le BEA

# Le CVR

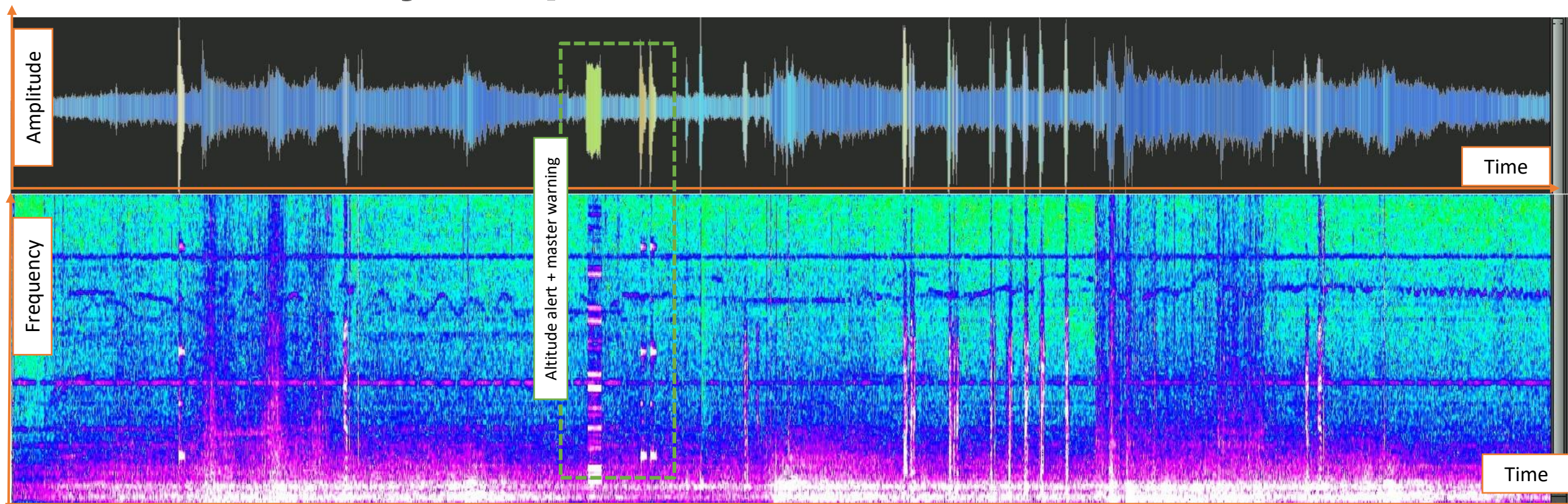


- 4 micros en cockpit
- Transcription échanges radio
- Identification bruits ambiants
- Base de données sons au BEA
- Analyse spectrale
- Reconstitution évènements cockpit





# BEA Analyse spectrale

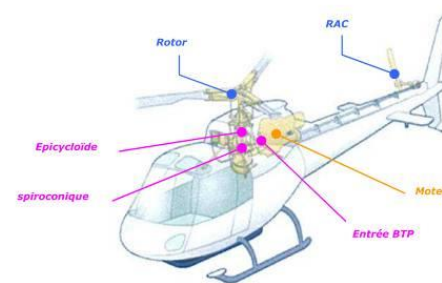
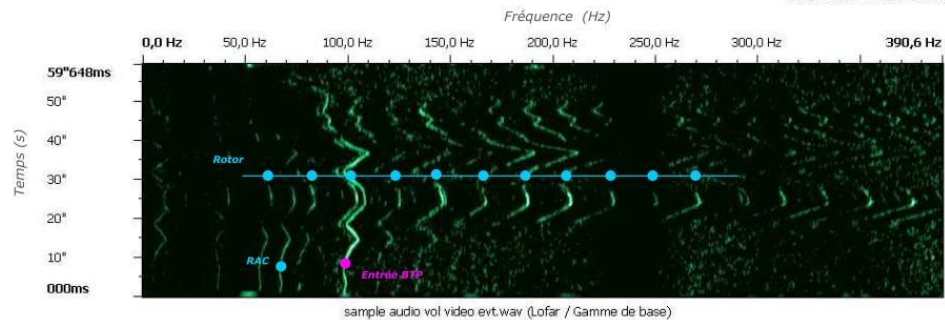
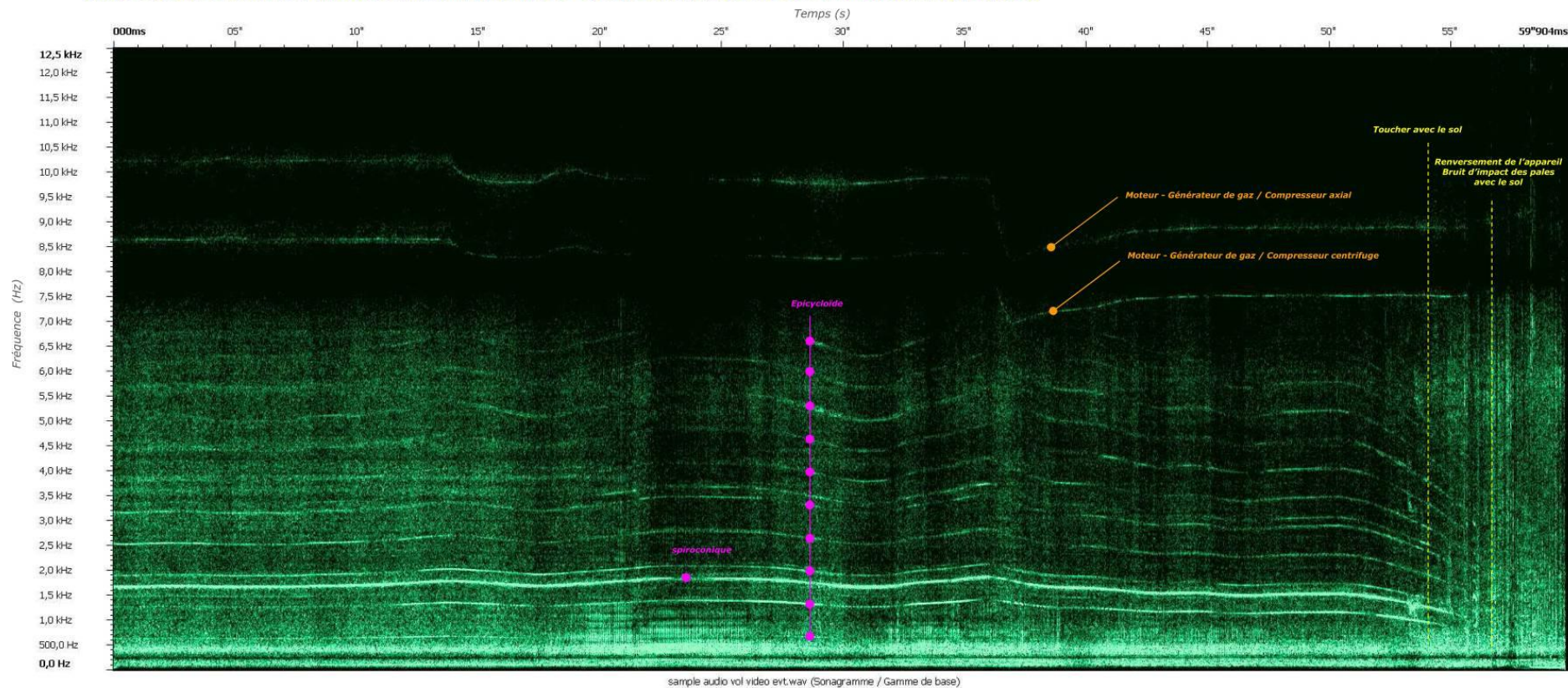


- L'analyse spectrale est un processus de reconnaissance de formes dans le domaine temps-fréquence (similaire à la conversion de sons en images) . Comparaison des éléments CVR à des échantillons audio référencés.
- Conversations de l'équipage, voix synthétiques et avertissements sonores, interrupteurs,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

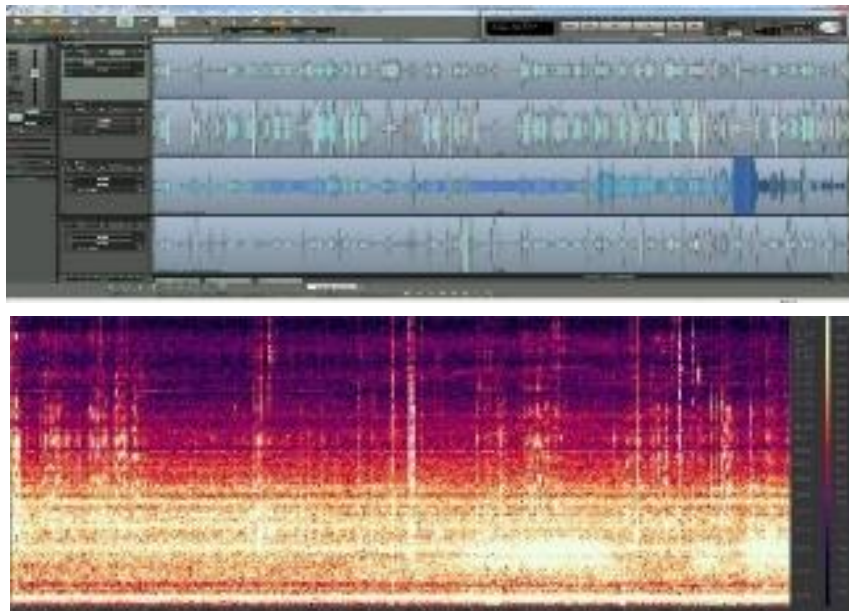
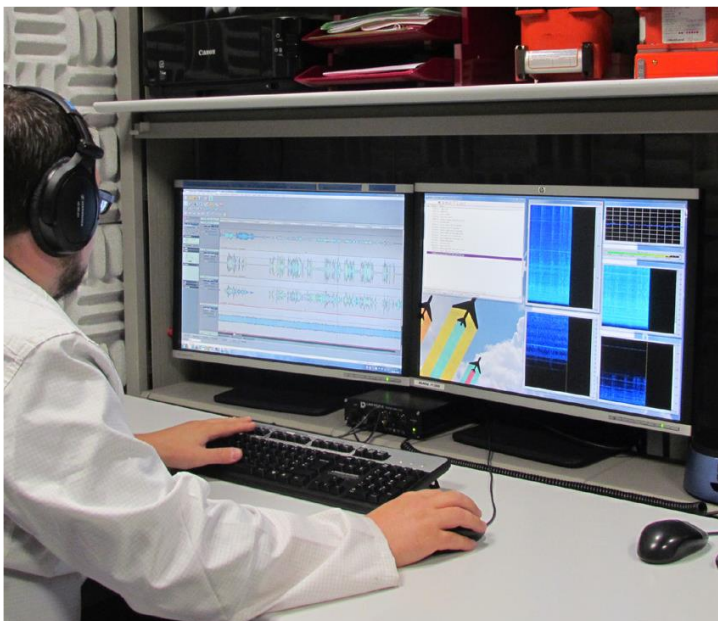


# BEA Exemple d'analyse spectrale

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







## Relevé Transcriptions

Version : 0.1

**Sound and warnings chronology**

Registry : ~~XXXXXX~~  
Type of aircraft : BELL-430  
Manufacturer : BELL  
Operator : ~~XXXXXX~~  
Date and place of occurrence : ~~XXXXXX~~  
IIC : ~~XXXXXX~~

**Versions**

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

**Chronology validated by** : XXX

**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 event
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 recording

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



Permet :



De rechercher les paramètres anormaux,



De reconstituer le vol



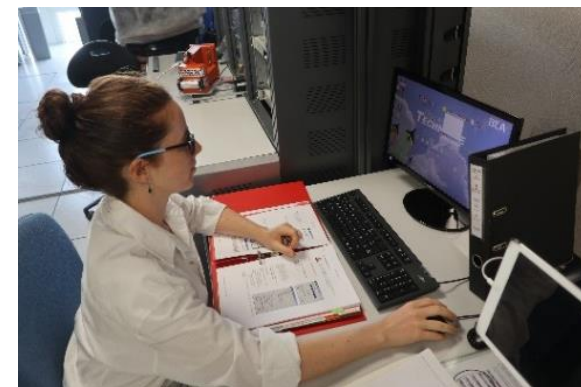
De faire des animations 3D



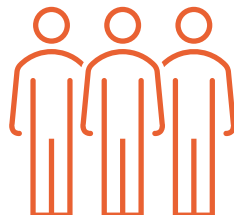
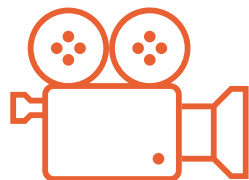
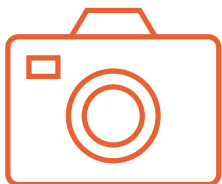
# Recherche des paramètres anormaux

# 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

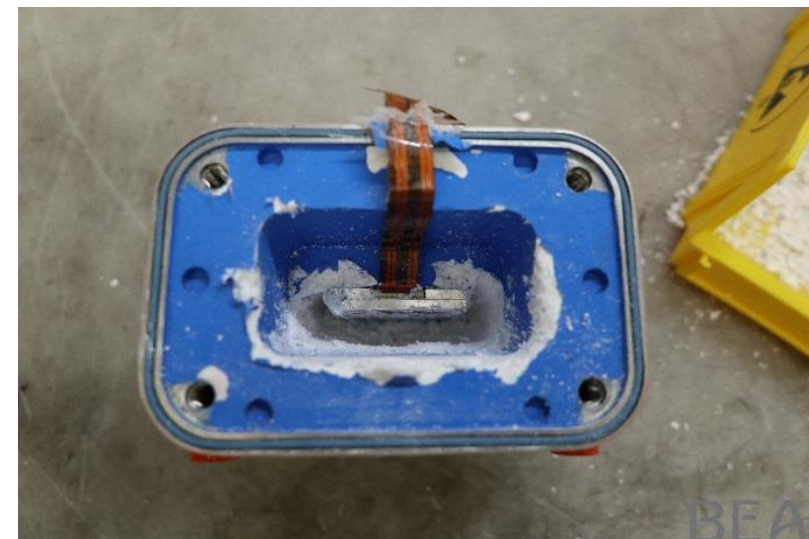


1. Examen visuel
2. Ouverture : Extraction de la carte mémoire
3. Examen visuel de la carte mémoire
4. Tests électriques
5. Connection de la carte mémoire au chassis de substitution
6. Déchargement des données





# Ouverture et extraction de la carte mémoire





# FDR - Opérations d'analyse de données

(représentant accrédité présent pour accident à l'étranger)



Offset(h)	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	
00000000	17	E2	00	F0	FB	FF	07	F0	00	F0	00	F0	01	F0	00	F0	Gä.äüý.ä.ä.ä.ä.ä
00000010	D0	FF	01	F0	E8	FF	05	F0	F8	F0	FB	FF	F3	FF	01	F0	Ëý.äëý.äëäüýöý.ä
00000020	00	F0	02	F0	E4	FB	00	FC	F0	F0	A7	F1	CB	F2	05	F0	.ä.ääü.üääöñäö.ä
00000030	04	F0	00	FA	00	FA	00	FA	00	F0	14	F0	01	F0	85	F1	.ä.ü.ü.ü.ä.ä.ä.ñ
00000040	00	F0	FC	FF	90	F1	00	F0	3B	F0	02	F0	00	FA	00	FA	.äüý.ñ.ä;ä.ä.ü.ü
00000050	A0	FA	00	F0	04	F0	C0	FC	20	F0	00	F0	06	F0	00	F0	ü.ä.äüä.ä.ä.ä.ä
00000060	00	F0	01	F0	18	F0	FC	FF	0A	F0	00	F0	00	F0	00	F0	.ä.ä.äüý.ä.ä.ä.ä
00000070	02	F0	90	F1	00	F0	00	F0	00	F0	22	F0	F8	FF	00	F0	.ä.ñ.ä.ä.ä"äöý.ä
00000080	FE	FF	02	F0	23	F0	03	F0	12	F0	11	F0	F5	FF	56	F5	pý.ä#ä.ä.ä.äöývö
00000090	56	F5	B4	F1	00	F0	E8	F3	0A	F0	49	F0	08	FD	01	FC	Vö"ñ.ääö.äIä.ý.ü
000000A0	00	F0	02	F0	00	F0	00	F0	00	F0	04	F0	02	F0	01	F0	.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä
000000B0	01	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	FC	00	F0	.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ü.ä
000000C0	20	FC	02	F0	00	F0	00	F0	00	F0	32	F5	B8	F7	2B	FD	ü.ä.ä.ä.äöä.++ý
000000D0	DC	FF	00	F0	15	F0	0C	F0	00	FA	00	FA	00	FA	00	FA	Üý.ä.ä.ä.ä.ü.ü.ü.ü
000000E0	00	FA	00	F0	00	F0	00	FC	04	FC	19	FC	59	F8	42	FB	.ü.ä.ä.ä.ü.üYäBü
000000F0	40	F6	09	F0	01	F0	01	F0	54	FA	5D	FA	D0	F0	DC	F0	@ä.ä.ä.äTü]üäÜä
00000100	02	F0	03	F0	FA	FF	07	F0	03	F0	03	F0	01	F0	03	F0	.ä.äüý.ä.ä.ä.ä.ä
00000110	D0	FF	00	F0	E8	FF	FC	FF	F5	F0	FC	FF	F0	FF	02	F0	Ëý.äëýüöäüýäý.ä
00000120	01	F0	00	F0	E4	FB	00	FC	E4	FB	B0	F4	00	F0	00	FC	.ä.ääü.üäü"ä.ä.ä
00000130	00	F0	01	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	1C	F0	00	F0	.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä
00000140	40	F0	FC	FF	60	F0	40	F0	40	F0	81	F8	02	F0	02	F0	@äüý"ä@ä@ä.ä.ä.ä
00000150	00	F0	06	F0	00	F0	FC	FF	FC	FF	F8	FF	23	F2	83	F2	.ä.ä.äüýüýäý#äöä
00000160	30	F7	00	F0	3A	F2	90	F2	3F	F7	23	F7	08	FC	79	FC	0÷.ä:ä.ä?÷#÷.üýü
00000170	06	F0	E2	F0	00	F0	00	F0	00	F0	80	FC	50	F1	5A	F0	.äää.ä.ä.äEüPñZä
00000180	00	FA	00	F0	20	F0	01	F0	14	F0	36	F0	00	FA	28	F8	.ü.ä.ä.ä.äöä.ü(ä
00000190	34	F8	C0	F8	00	FC	00	FC	D0	F3	00	F0	00	F0	00	F0	4äÄä.ü.üäö.ä.ä.ä
000001A0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	04	F0	02	F0	01	F0	.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä
000001B0	01	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	A0	F1	80	F1	.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ñä
000001C0	10	F4	00	F0	F8	FF	F8	FF	C6	F1	00	F0	7C	F6	7E	F1	.ä.äöýäýÄñ.ä ä-ñ
000001D0	00	F0	09	F0	D0	F0	C0	F7	0C	F2	8F	F0	08	F0	C1	F9	.ä.ääää÷.ä.ä.äÄü
000001E0	00	F0	00	F0	F7	F0	24	F5	5D	F1	25	F2	26	F2	00	F0	.ä.ä÷äöä]ñäääö.ä
000001F0	00	F0	E0	F7	00	F0	01	F0	41	F7	00	F0	00	F0	09	F0	.ää÷.ä.äA÷.ä.ä.ä
00000200	00	F0	00	F0	F8	FF	04	F0	00	F0	00	F0	00	F0	00	F0	.ä.äöý.ä.ä.ä.ä.ä
00000210	D0	FF	00	F0	E8	FF	00	F0	F8	F0	FC	FF	F0	FF	00	F0	Ëý.äëý.äëäüýäý.ä
00000220	00	F0	00	F0	E4	FB	00	FC	F0	F0	A4	F1	00	F0	7A	F1	.ä.ääü.üääñ.äöñ
00000230	70	F1	00	F0	00	F0	40	F7	00	F0	00	F0	00	FA	F3	F0	pñ.ä.ä@÷.ä.ä.üöä
00000240	00	F1	FC	FF	00	FA	00	FA	F0	F0	F0	21	F0	21	F0	F0	.ñüý.ü.üääää!ä!ä
00000250	F0	FF	00	F0	10	F0	08	F0	72	FC	00	F0	00	F0	00	F0	Äü.ä.ä.ä.ä.ä.ä.ä



Décodage avec grille de  
décodage du constructeur

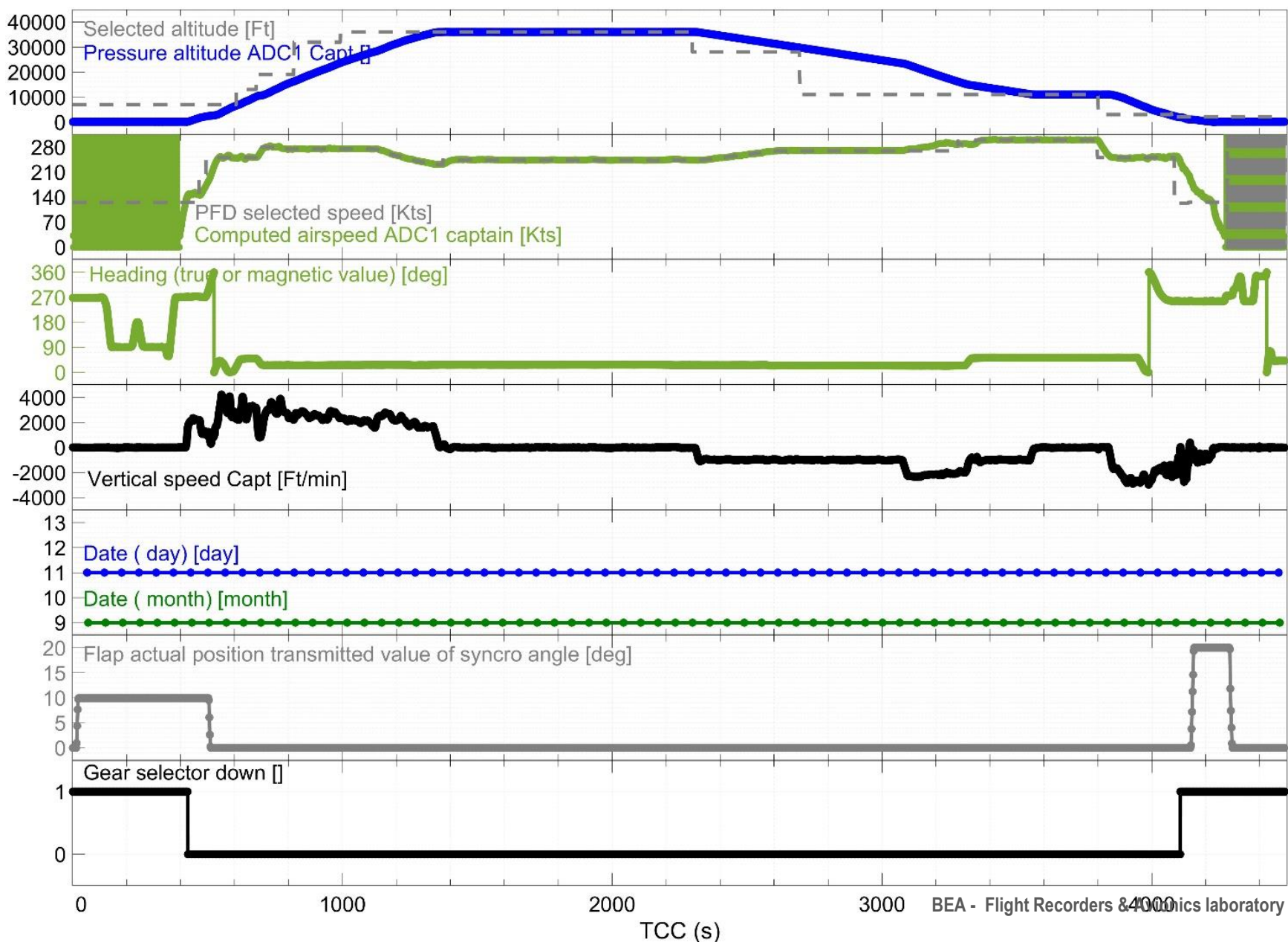


Description évènement

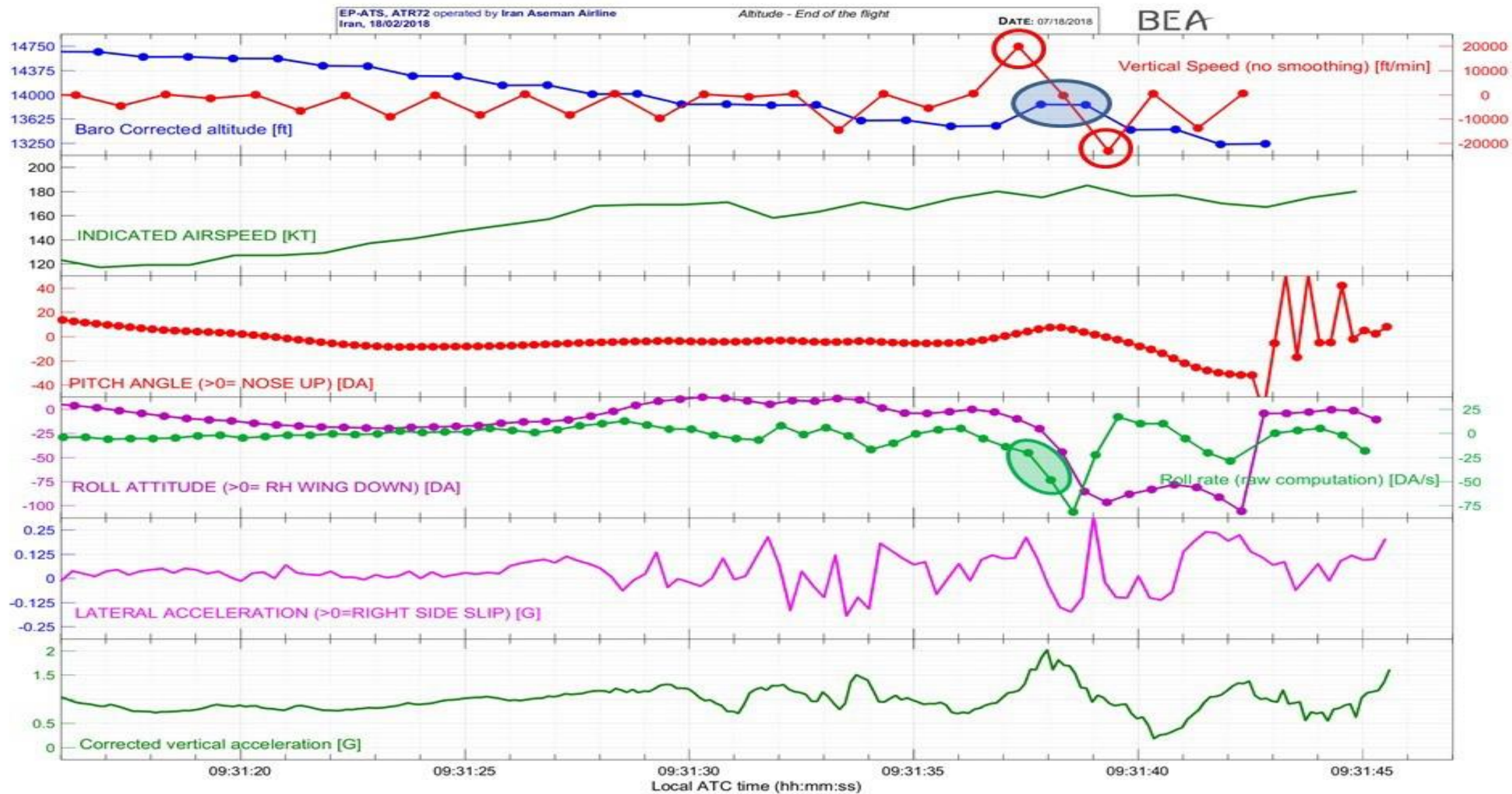
Déchargement de données

Format données brutes

## Produits pour l'enquête : les courbes







# Produits pour l'enquête : déroulement du vol d'un point de vue systèmes

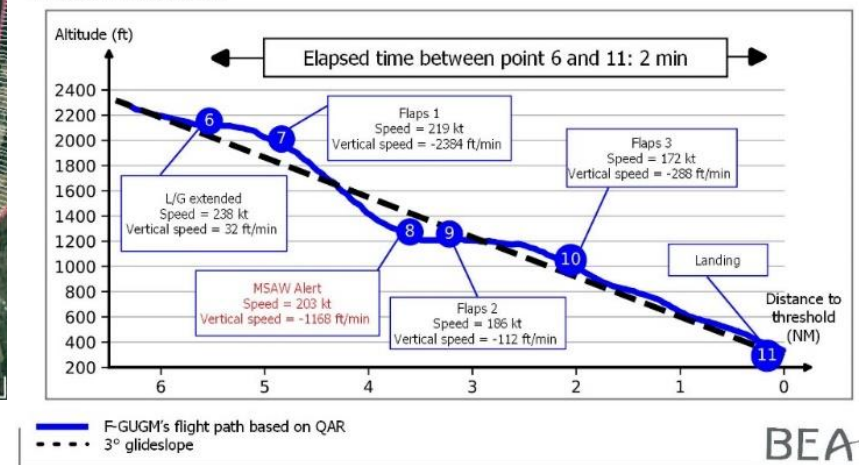
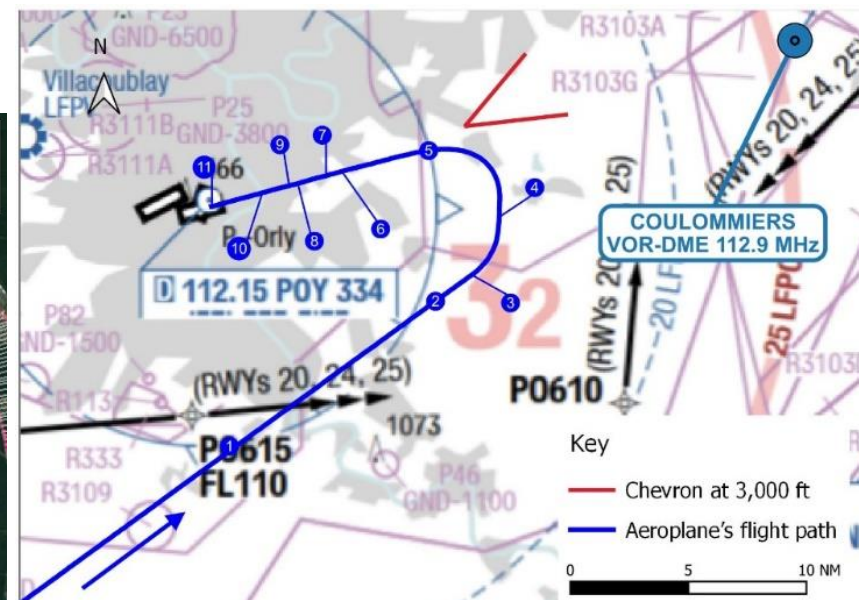
Heure début	Alt QNH (ft)	IAS (kt)	Vertical speed (ft/min)	Dist. to threshold (NM)	Who?	To who?	Actions / conditions	Type of actions / conditions	Source	Comments
15:49:07	3525	249	-2176	9.2			Speed brakes commanded		FDR	
15:49:28	2845	253	-2368	7.7			G/S* engaged		FDR	
15:49:32	2717	252	-1504	7.4			LOC 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 :

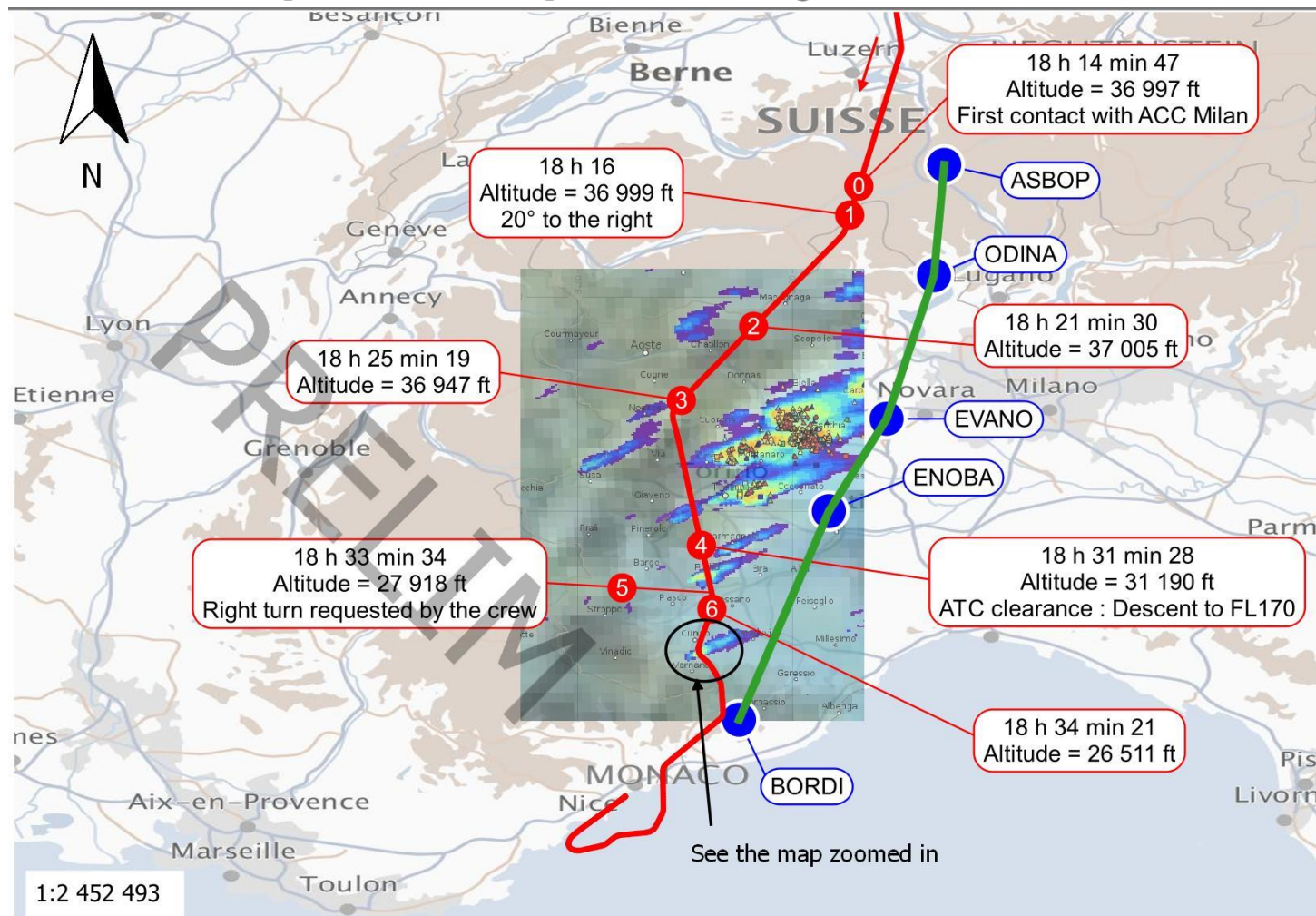
De reconstituer le vol

Sur fond de carte au choix





# Produits pour l'enquête : trajectoires sur carte



Source of the background map : IGN

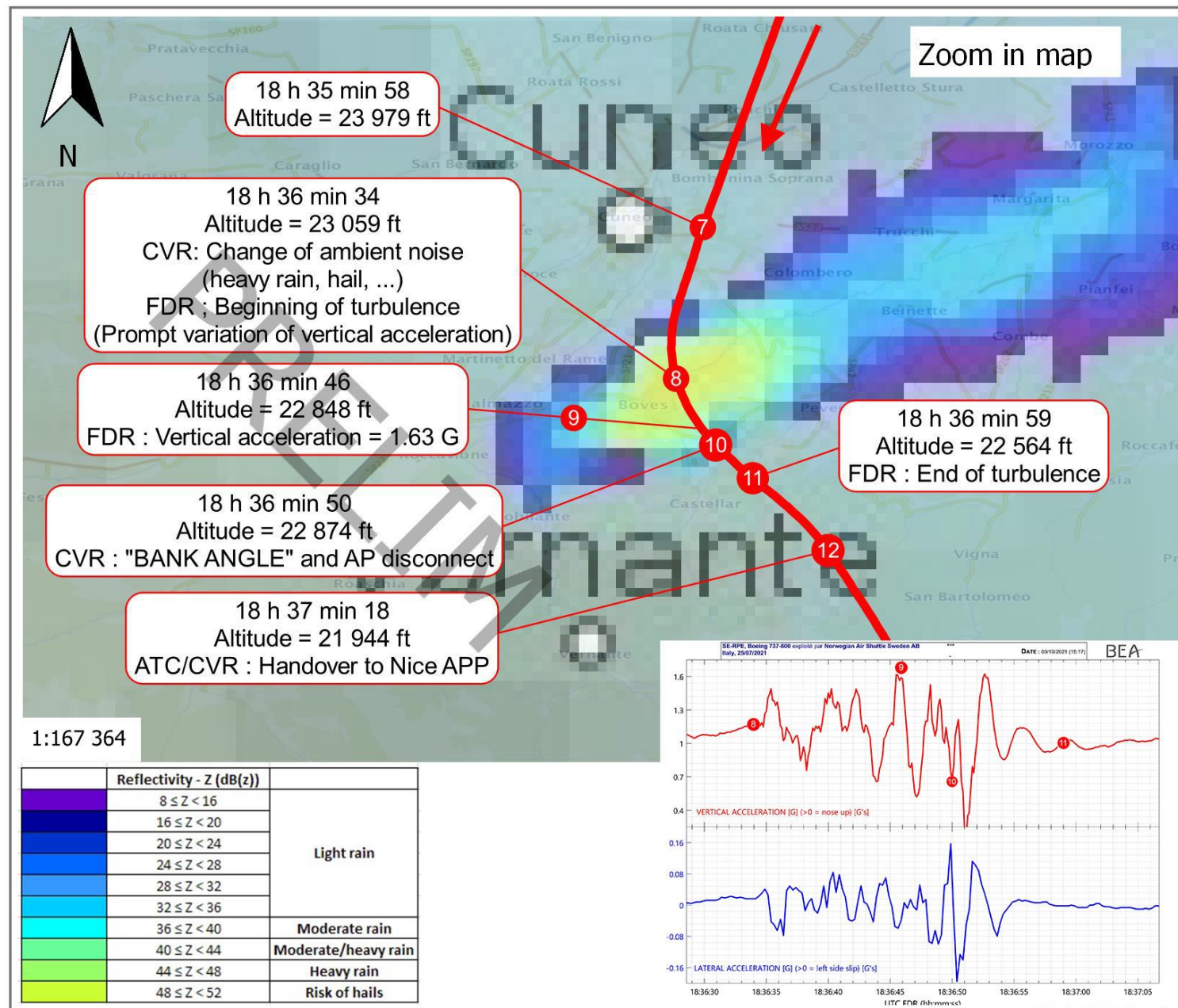
Estimated wind at the time of the accident (Météo-France)

- Aircraft trajectory extracted from the FDR
- Flight plan route
- Waypoint

Wind from 230°  
50 - 60 kt



Time in UTC





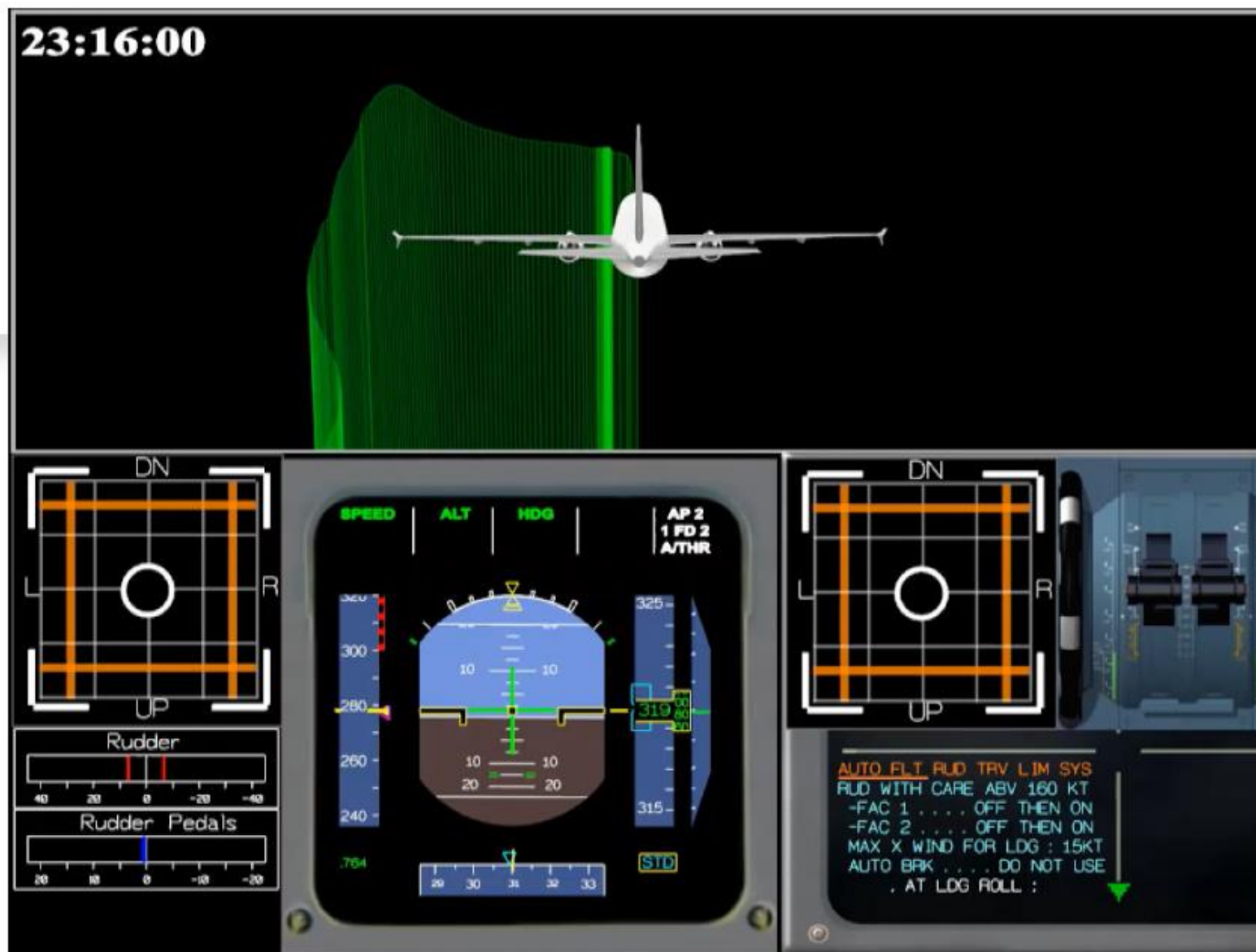
BEA  Le FDR permet aussi :

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 « Boîte 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)**