

# Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

## Rapport d'enquête de sécurité



D-2017-04-I

Date de l'évènement	15 mars 2017
Lieu	Cazaux (Gironde)
Type d'appareil	AlphaJet
Organisme	Direction générale de l'armement

## AVERTISSEMENT

### UTILISATION DU RAPPORT

L'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités. L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale. Dès lors toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire à l'esprit des lois et des règlements et relève de la responsabilité de son utilisateur.

### COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

Le BEA-É formule ses recommandations de sécurité dans le quatrième et dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure légale française.

---

## CRÉDITS

	Ministère des armées	Page de garde
Figure 1	RESEDA	8
Figure 2	Direction de la circulation aérienne militaire	11
Figure 3	DGA TA	12
Figures 4 à 6	Dassault Aviation	15 à 16
Figure 7	Manuel de maintenance GCE 116-11/BEA-É	17
Figure 8	DGA TA	20
Figures 9 à 13	RESEDA	22 à 24
Figures 14 à 15	BEA-É	28

## TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	2
CRÉDITS	2
TABLE DES MATIÈRES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Dommages corporels	8
1.3. Dommages à l'aéronef	9
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	10
1.7. Conditions météorologiques	10
1.8. Aide à la navigation	10
1.9. Télécommunications	10
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	11
1.11. Enregistreurs de bord	12
1.12. Constatations sur l'aéronef	12
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	12
1.14. Incendie	13
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	13
1.16. Essais et recherches	13
1.17. Renseignements sur les organismes	13
1.18. Renseignements supplémentaires	14
2. Analyse	19
2.1. Fonctionnement des systèmes	19
2.2. Recherche des causes possibles du désengagement de la verrière	20
3. Conclusion	33
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	33
3.2. Causes de l'évènement	33
4. Recommandations de sécurité	35
4.1. Mesures de prévention susceptibles d'être liées à l'évènement	35
4.2. Mesure de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	35
ANNEXES	36
ANNEXE I RAPPORT D'EXPERTISE DGA TECHNIQUES AÉRONAUTIQUES	37
ANNEXE II ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DE L'EFFORT MINIMUM DE DÉVERROUILLAGE VERRIÈRE SUR ALPHAJET	71
ANNEXE III RETRANSCRIPTION DU TÉLÉPHONE DE BORD	77

## GLOSSAIRE

BA	base aérienne
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
CVFDR	<i>cockpit voice and flight data recorder</i> (enregistreur de voix en cabine et enregistreur de paramètres de vol)
daN	décanewton (unité de mesure de la force)
DGA	direction générale de l'armement
DGA EV	direction générale de l'armement – essais en vol
DGA TA	direction générale de l'armement – techniques aéronautiques
EPI	enquêteur de première information
FDR	<i>flight data recorder</i> (enregistreur de paramètres de vol)
FOH	facteurs organisationnels et humains
ft	<i>foot/feet</i>
mb	millibar
PCAB	alarme pression cabine
RESEDA	centre de restitution des enregistreurs d'accidents
VG	visite graissage
V4	visite 4 ans

## SYNOPSIS

Date de l'évènement : 15 mars 2017

Lieu de l'évènement : base aérienne 120 de Cazaux

Organisme : direction générale de l'armement (DGA)

Commandement organique : DGA Essais en vol (DGA EV)

Unité : division moyens aériens – base d'essais d'Istres

Aéronef : Alphajet B n° E60

Nature du vol : convoyage

Nombre de personnes à bord : 2

### Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Lors d'un vol de convoyage d'un Alphajet entre Cazaux et Istres, peu après le décollage et alors que l'appareil passe 7 900 ft en montée, la verrière arrière se désolidarise du fuselage.

Le pilote fait demi-tour et revient se poser sur sa base de départ sans autre difficulté. L'équipage est indemne. L'aéronef est endommagé.

### Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État<sup>1</sup> (BEA-É) ;
- un directeur d'enquête adjoint du BEA-É ;
- un expert technique du BEA-É ;
- un enquêteur de première information (EPI) de la base aérienne 120 de Cazaux ;
- un officier pilote ayant une expertise sur Alphajet ;
- un officier mécanicien ayant une expertise sur Alphajet ;
- un médecin breveté de médecine aéronautique.

### Autres experts consultés

- direction générale de l'armement - essais propulseurs/restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA) ;
- direction générale de l'armement – techniques aéronautiques (DGA TA) ;
- Dassault Aviation.

---

<sup>1</sup> Selon les termes du décret n° 2018-346 du 9 mai 2018, le nom du BEAD-air a été modifié.

Le bureau s'appelle désormais Bureau Enquêtes Accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État ou BEA-É.

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Type de vol : circulation aérienne militaire aux instruments

Type de mission : convoyage

Dernier point de départ : BA 120 de Cazaux

Heure de départ : 13h00

Point d'atterrissage prévu : BA 125 d'Istres

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Contexte du vol

Le matin du 15 mars 2017, l'équipage réalise le convoyage d'un Alphajet d'Istres vers Cazaux.

L'après-midi doit être consacré au convoyage d'un autre Alphajet de Cazaux vers Istres.

Le pilote commandant de bord, en place avant, est pilote d'essai et de réception à DGA EV.

La place arrière est occupée par un élève pilote de l'aéronautique navale en stage à la DGA.

Dans le cadre de son acculturation aéronautique, il lui a été proposé de participer à cette mission. Au cours du trajet aller, l'élève pilote s'est vu confier les commandes.

##### 1.1.2.2. Préparation du vol

L'élève pilote a reçu la formation relative à l'utilisation du siège éjectable. Après le repas de midi à Cazaux, l'équipage se rend à l'avion et prépare la mission vers Istres.

##### 1.1.2.3. Description du vol et des éléments qui ont conduits à l'évènement

Les verrières sont fermées sur le parking par l'équipage.

Le décollage s'effectue piste 24.

##### 1.1.2.4. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Après le décollage, le commandant de bord confie les commandes à l'élève pilote et lui donne comme consigne de rejoindre le FL 245<sup>2</sup>.

Alors que l'aéronef est en montée et passe 7 900 ft, l'élève pilote voit de la poussière se soulever à l'intérieur du cockpit.

Immédiatement après, la verrière se désolidarise de l'appareil.

Le commandant de bord entend un bruit assez fort et perçoit, sur le panneau d'alarme, un voyant rouge accompagné d'une alarme sonore.

Dans un premier temps, il suppose la perte d'un moteur. Mais il réalise immédiatement que c'est le voyant PCAB<sup>3</sup> qui s'est allumé. Il comprend donc que la verrière arrière s'est détachée.

---

<sup>2</sup> FL : *flight level* – niveau de vol.

<sup>3</sup> PCAB : alarme pression cabine.



Figure 1 : trajectoire de l'Alphajet

Le commandant de bord reprend les commandes et réduit la vitesse vers 220 kt. Il alerte le service de contrôle qui lui fournit une assistance immédiate. Après avoir testé les commandes de vol pour vérifier la maniabilité de l'avion, il se pose sur la piste 24 de la BA 120 sans difficulté.

### 1.1.3. Localisation

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Gironde (33)
  - commune : La Teste-de-Buch
  - coordonnées géographiques : N 44° 27'27"/O 1° 06'19"
  - altitude au moment de l'évènement : 7 895 ft
- Moment : jour
- Aéroport le plus proche au moment de l'évènement : BA 120 de Cazaux

### 1.2. Dommages corporels

Néant.



### 1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Alphajet B n° E60			1	

### 1.4. Autres dommages

Néant.

### 1.5. Renseignements sur le personnel

#### 1.5.1. Commandant de bord

- Âge : 36 ans
- Unité d'affectation : DGA EV Istres
- Formation :
  - qualification : pilote d'essai
  - école de spécialisation : *United states naval test pilot school* (USNTPS)
  - année de sortie d'école : 18 décembre 2015
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Alphajet	sur tout type	dont Alphajet	sur tout type	dont Alphajet
Total (h)	3 029	195	129	13	21	4

- Date du précédent vol : 15 mars 2017 sur Alphajet

#### 1.5.2. Élève pilote

- Âge : 24 ans
- Unité d'affectation : détachement élève officier navigant à Salon-de-Provence
- Formation :
  - qualification : 17 janvier 2017 (fin de formation phase 1<sup>4</sup> à la BA 701 de Salon-de-Provence)
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont Alphajet	sur tout type	dont Alphajet	sur tout type	dont Alphajet
Total (h)	83	1	43	1	2	1

- Date du précédent vol : 15 mars 2017 sur Alphajet

---

<sup>4</sup> La phase 1, enseignée à Salon-de-Provence, correspond à une phase d'apprentissage dans laquelle les élèves pilotes sont familiarisés avec les décollages, les atterrissages et certaines évolutions. Cette phase se déroule sur une quarantaine d'heures de vol et ne donne pas lieu à l'obtention d'un brevet.

## 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : DGA
- Commandement d'appartenance : DGA EV
- Aérodrome de stationnement : base d'essais d'Istres
- Unité d'affectation : division moyens aériens – base d'essais d'Istres
- Type d'aéronef :
  - configuration : biplace
  - armement : néant
  - date de mise en service : 1980

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	Alphajet	E60	4 843	V4 <sup>5</sup> : 389 VG <sup>6</sup> : 0,2
Moteur	LARZAC 04C6	42089	6 518	Sans objet
Moteur	LARZAC 04C6	41129	6 567	Sans objet

### 1.6.1. Maintenance

- Dépose/pose du siège arrière le 11 janvier 2017 qui a entraîné la dépose/pose de la verrière. 25 heures de vol ont été effectuées en basse comme en moyenne altitudes entre cette opération de maintenance et l'incident.
- VG le 15 mars 2017.

### 1.6.2. Performances

L'appareil ne fait l'objet d'aucune réserve de vol.

## 1.7. Conditions météorologiques

La situation météorologique est favorable au vol. Les conditions sont anticycloniques, le ciel est clair, la visibilité supérieure à 10 kilomètres. La pression atmosphérique (QNH) est de 1 028 Hpa. Le vent, orienté sud-ouest au niveau du sol, est régulier pour 5 kt environ. Au-delà de 300 ft, il est de secteur est.

## 1.8. Aide à la navigation

Sans objet.

## 1.9. Télécommunications

Le commandant de bord est en liaison avec la tour de l'aérodrome de Cazaux. Il a ainsi pu envoyer un message d'urgence dès la survenue de l'incident à la plateforme sur laquelle il allait naturellement se reposer.

---

<sup>5</sup> V4 : visite 4 ans.

<sup>6</sup> VG : visite graissage réalisée à Cazaux.

## 1.10. Renseignements sur l'aérodrome

La base aérienne de Cazaux est une base de l'armée de l'air. La DGA y possède des installations qui lui permettent de conduire ses propres activités aéronautiques.

La base aérienne de Cazaux dispose des moyens de radiocommunication et de secours nécessaires pour assurer l'activité aérienne de l'ensemble des organismes présents sur place.



Figure 2 : carte d'approche à vue

### 1.11. Enregistreurs de bord

L'aéronef est équipé d'un enregistreur de voix et de paramètres de type *cockpit voice and flight data recorder* (CVFDR) qui a pu être exploité.

### 1.12. Constatations sur l'aéronef

La partie supérieure du vérin d'équilibrage arrière est cassée.

Le cordeau pyrotechnique arrière est sectionné.

La poignée de verrouillage de la verrière arrière est en position avant (fermée).

La poignée de verrouillage extérieure est en position fermée.

La verrière a été récupérée en bon état au sud de l'étang de Cazaux, sur la terre ferme.



Figure 3 : verrière arrière après l'incident

### 1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

#### 1.13.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
  - type : expertise en centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN<sup>7</sup>)
  - date : 03 février 2017
  - résultat : apte pilote de chasse
  - validité : 12 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

---

<sup>7</sup> Arrêté du 29 août 2014, modifié par l'arrêté du 22 décembre 2014, relatif à l'aptitude physique et mentale du personnel navigant professionnel de l'aéronautique civile (personnels d'essais et de réceptions).

#### 1.13.2. Élève pilote

- Dernier examen médical :
  - type : expertise en CEMPN
  - date : 26 janvier 2017
  - résultat : apte pilote groupe 1 et apte siège éjectable
  - validité : 12 mois
- Examens biologiques : effectués
- Blessure : aucune

#### 1.14. Incendie

Néant.

#### 1.15. Questions relatives à la survie des occupants

##### 1.15.1. Abandon de bord

Après l'atterrissage, l'équipage dégage la piste et immobilise l'aéronef sur un taxiway. Le commandant de bord et l'élève pilote sécurisent leur siège avec la goupille basse. Les pompiers ne sont pas en mesure de sécuriser le siège arrière avec la goupille haute car celle-ci a disparu de son logement.

##### 1.15.2. Organisation des secours

Les pompiers sont alertés par la tour et sont présents au moment de l'atterrissage de l'aéronef. L'équipage est pris en charge par le médecin.

#### 1.16. Essais et recherches

Le centre RESEDA a réalisé l'exploitation des enregistreurs de vol. DGA TA a réalisé les investigations techniques concernant l'ensemble du système de verrouillage. La société Dassault Aviation a été consultée sur l'ensemble du système de verrouillage.

#### 1.17. Renseignements sur les organismes

DGA EV met son expertise à la disposition des services de programmes et des forces. Son périmètre d'intervention englobe les aéronefs d'État (avions, hélicoptères, drones) et les équipements et armements associés. Le centre participe avec le ministère des transports et l'agence européenne de sécurité aérienne (EASA) aux travaux conduisant à la certification des aéronefs civils.

Les compétences développées se situent principalement dans les domaines de la conception et de la conduite des essais en vol, de la simulation pilotée et de la fourniture d'avis d'experts. Les essais en vol s'appuient sur des équipes qualifiées et entraînées.

Pour assurer les essais en vol de mise au point et de qualification des équipements et futurs systèmes d'armes, ainsi que la formation des équipages d'essai, DGA EV met en œuvre une flotte permanente diversifiée d'aéronefs bancs d'essais et plastrons spécialement instrumentés.

Cette flotte se compose :

- d'avions d'armes (Mirage 2000, Alphajet) ;
- d'avions de transport (Casa 212, Mystère 20) ;
- d'hélicoptères (Puma, Dauphin, Fennec) ;
- d'avions de servitude essais.

DGA EV utilise d'autre part de nombreuses infrastructures (hangars, parkings, aires de point fixe, etc.) ainsi que des outillages et des moyens de maintenance spécialisés. Elle dispose d'une importante collection de manuels de maintenance (8 000 références) et d'un système de gestion de maintenance informatisé.

## **1.18. Renseignements supplémentaires**

### **1.18.1. Système de verrouillage de la verrière**

Le mécanisme de fermeture de la verrière est un système intégralement mécanique. Il est composé de deux mécanismes latéraux. Le déverrouillage des verrières est commandé :

- de l'intérieur côté droit par le levier de commande ;
- de l'extérieur côté gauche par un poussoir dégageant une poignée.

Un mécanisme de sécurité interdit la fermeture de la verrière avant (commandant de bord) si la verrière arrière (élève pilote) n'est pas fermée.

#### **1.18.1.1. Verrière fermée verrouillée**

La verrière est maintenue en position fermée par des axes se logeant dans les crochets solidaires des verrières.

La boîte à ressort assure cette position par arc-boutement. La fermeture de la verrière s'effectue en poussant vers l'avant le levier de commande.

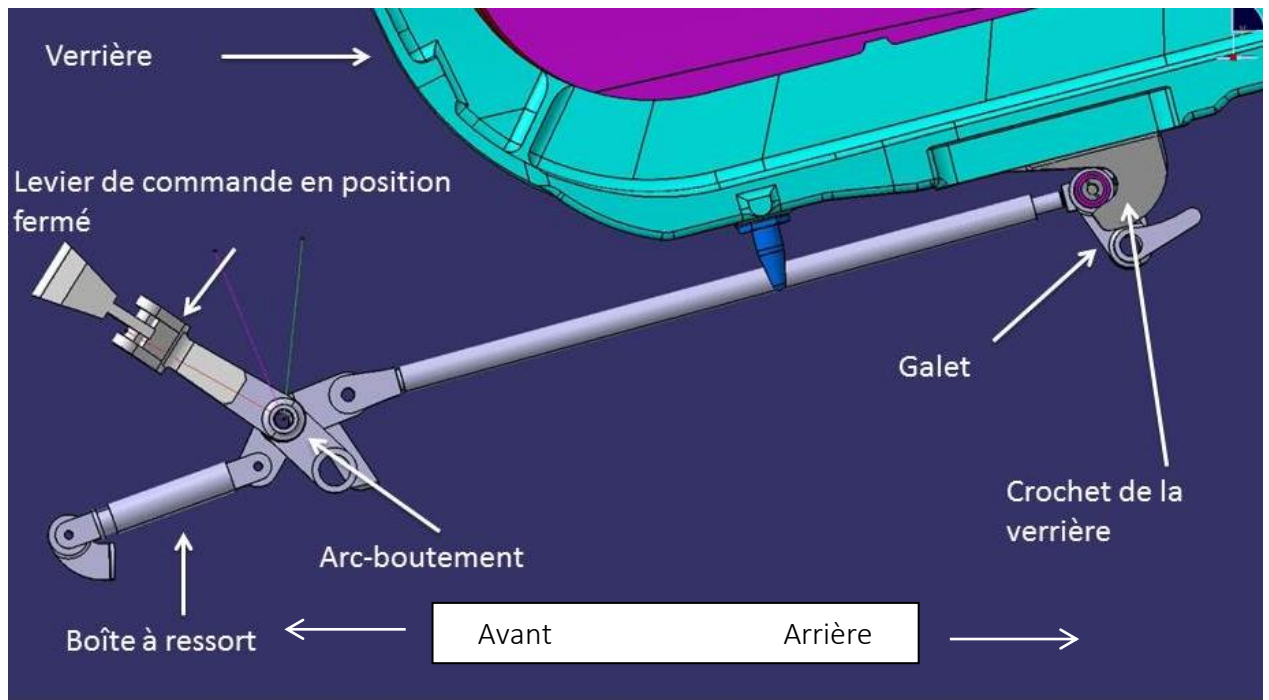


Figure 4 : verrière fermée verrouillée

#### 1.18.1.2. Procédure d'ouverture de la verrière (de l'intérieur)

Le levier de commande, amené sur position ouverture (en tirant vers l'arrière), libère par l'intermédiaire de la bielle, et après avoir rompu l'arc-boutement de la boîte à ressort, le galet du crochet de la verrière avec l'aide du doigt du levier poussant le crochet.

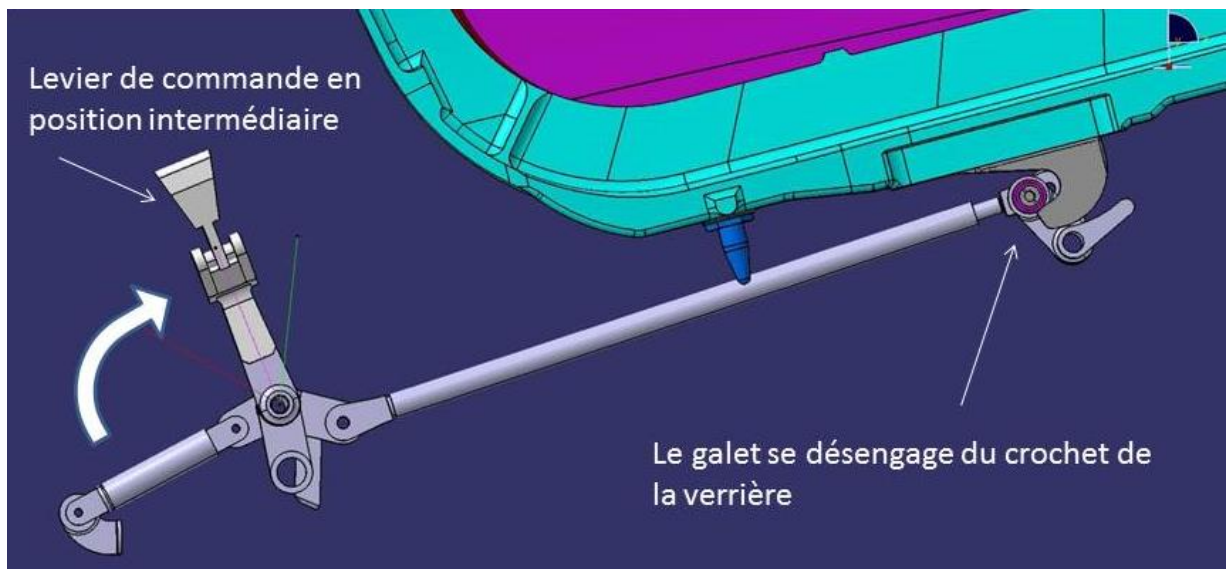


Figure 5 : déverrouillage de la verrière

### 1.18.1.3. Verrière ouverte

Une fois le levier de commande tiré en position arrière (ouverture), le galet est totalement désengagé du crochet de la verrière.

La boîte à ressort maintient cette position par arc-boutement.

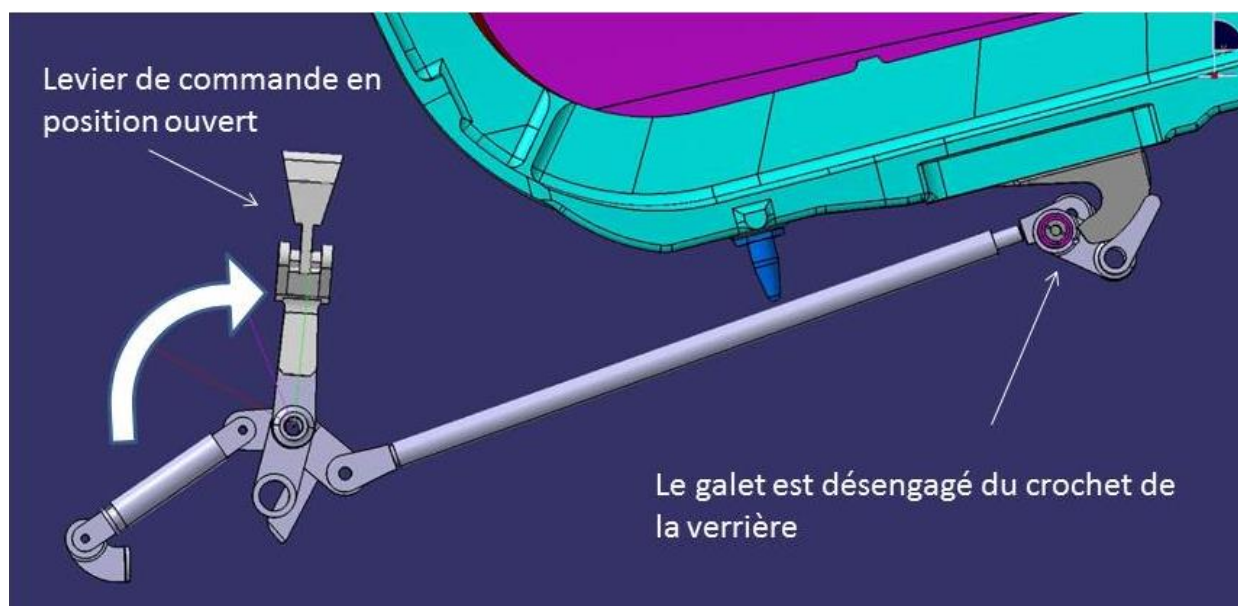


Figure 6 : verrière ouverte

### 1.18.2. Fonctionnement du voyant PCAB

Un voyant rouge, PCAB, situé sur le tableau de panne, s'allume lorsque la pression cabine devient inférieure à 395 mb absolus (altitude cabine de 24 000 ft).

Le voyant PCAB s'allume aussi si l'une des verrières n'est pas verrouillée. Pour ce dernier cas, le dispositif fonctionne de la manière suivante.

En position verrouillée, le mécanisme gauche de fermeture de la verrière (décrit précédemment) repousse le levier qui actionne le microcontact (1) commandant l'extinction du voyant.

De plus, les microcontacts de position verrière (2) montés sous l'encadrement gauche de chacune des verrières, au droit du doigt de guidage latéral de celles-ci, maintiennent les voyants PCAB allumés tant que les deux verrières ne sont pas complètement verrouillées et fermées.

En d'autres termes, le voyant PCAB est conçu pour s'éteindre si :

- les deux poignées de commande sont en position fermeture (plein avant) ;
- et
- les deux verrières sont en position verrouillées.



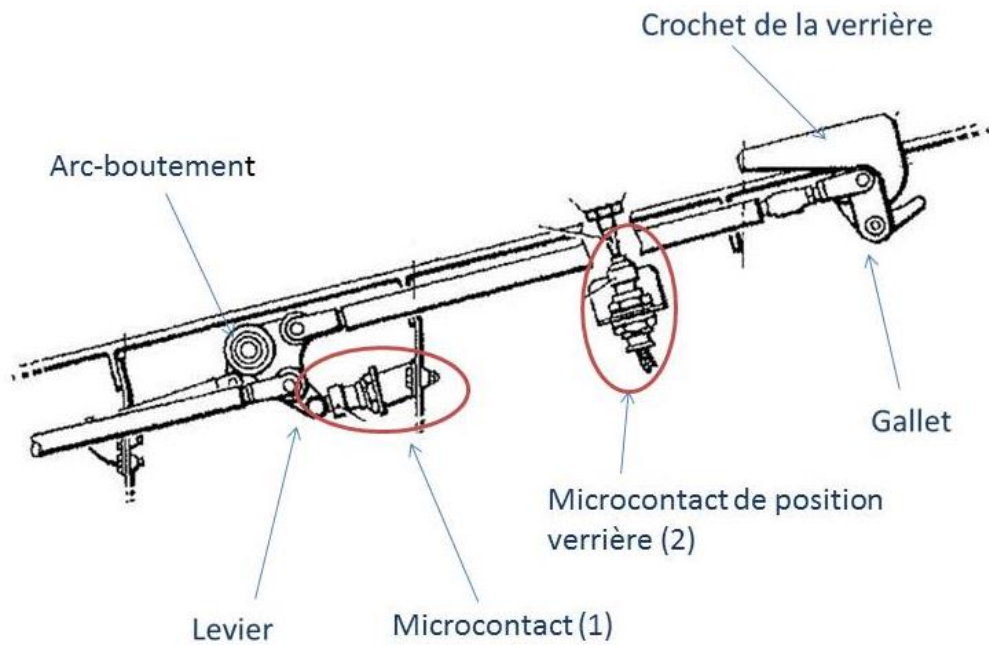


Figure 7 : fonctionnement du voyant PCAB

### 1.18.3. Loi de pressurisation cabine

- Jusqu'à 6 560 ft, la pression cabine est égale à la pression extérieure.
- Entre 6 560 ft et 18 370 ft, la pression cabine est maintenue à celle qu'elle était à 6 560 ft. Il existe donc un différentiel de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la cabine qui va croissant au fur et à mesure que l'avion gagne en altitude de 6 560 à 18 370 ft.
- Au-dessus de 18 370 ft, la pression est régulée en maintenant un différentiel de pression de 300 mb.

PAS DE TEXTE

## 2. ANALYSE

L'analyse qui suit s'appuie sur les résultats des expertises, sur les constatations et les témoignages.

Elle présente les résultats des expertises et étudie les hypothèses susceptibles d'aboutir à l'incident.

### 2.1. Fonctionnement des systèmes

#### 2.1.1. Intégrité du système de verrouillage

Les investigations sur la cinématique du système de fermeture de la verrière permettent de constater que l'ensemble du dispositif de fermeture est complet : aucune rupture ni déformation visuelle n'est identifiée sur la cellule (levier, boîtes à ressort, arc-boutements, bielles, galets).

La verrière ayant été récupérée en bon état, les investigations menées démontrent que les crochets sont intacts. Au sol, le système fonctionne correctement avec la verrière d'origine.

Un système d'arc-boutement permet de maintenir la poignée en équilibre stable : lorsque la poignée est en position ouverte (en arrière), il faut que le pilote exerce une force de 12,78 daN<sup>8</sup> pour la basculer vers l'avant, en position fermée. Dès que la poignée est en place, le ressort la maintient dans cette position.

Les mesures effectuées sur le ressort du système de verrouillage montrent qu'il suffit d'exercer une force de 6,2 daN pour ouvrir la verrière, au lieu d'une force prévue par le constructeur de 10 à 18 daN.

Lorsque l'incident est survenu, Dassault Aviation avait déjà commencé, à la demande des autorités belges<sup>9</sup>, une étude visant à modifier les critères d'effort minimum de déverrouillage de la verrière.

L'industriel a ainsi émis un « Dassault Bulletin Service » (DBS 10711 en date du 04 janvier 2018) portant sur la modification du critère d'effort minimum de déverrouillage des verrières. Les nouvelles normes indiquent que la valeur relevée de la mesure des efforts de manœuvre sur les poignées doit désormais être comprise entre 5 daN minimum et 18 daN maximum.

DGA TA a validé le DBS de Dassault. La nouvelle norme prescrivant un minimum de 5 daN est donc considérée comme suffisante pour éviter tout déverrouillage intempestif tout en améliorant l'ergonomie en cas d'évacuation d'urgence de l'aéronef (cf. annexe 2).

**Le système de verrouillage de la verrière est intègre. Toutefois, l'effort nécessaire au déverrouillage était en dehors des valeurs prescrites au moment de l'incident.**

#### 2.1.2. Fonctionnement du PCAB

Le dispositif PCAB est un système permettant de détecter le non verrouillage de la verrière.

Les investigations sur la cellule et à partir du FDR ont montré que les microcontacteurs fonctionnaient correctement jusqu'à l'évènement au cours duquel le voyant PCAB s'est bien allumé.

---

<sup>8</sup> daN : décanewton.

<sup>9</sup> Suite à la demande de l'armée belge, équipée d'Alphajet, Dassault Aviation a envoyé un détachement de spécialistes à Beauvechain du 11 au 13 mars 2014 concernant la mise à jour de l'effort minimum de déverrouillage de la verrière.

En outre, une mesure du déplacement de la poignée d'ouverture nécessaire à l'allumage du voyant PCAB a été réalisée. Elle démontre que l'allumage du voyant est effectif dès 7° de déplacement, soit un déplacement minime de la poignée. Celle-ci était bien en position plein avant et la verrière en position verrouillée avant l'évènement.

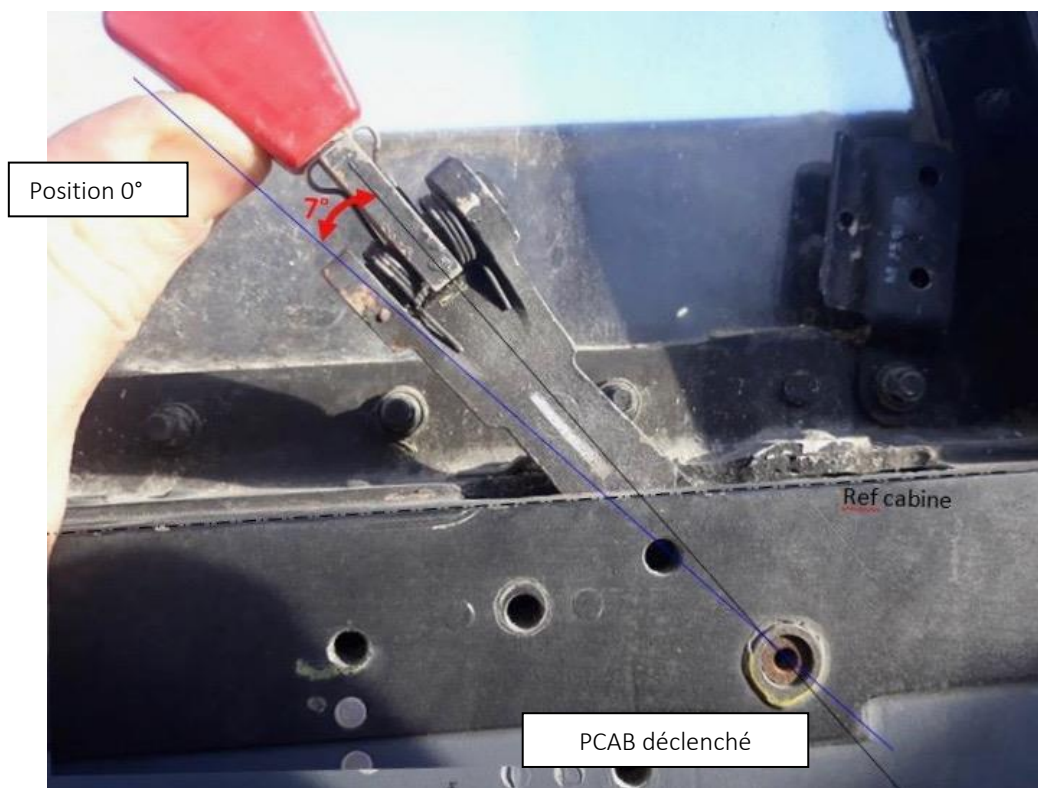


Figure 8 : déclenchement du voyant PCAB lors du retrait de la poignée

De plus, un test PCAB enregistré par le FDR a été initié lors de la mise en route de l'aéronef. Ce test a montré le bon fonctionnement du PCAB.

**L'ensemble de la chaîne du dispositif PCAB fonctionne correctement.**

## 2.2. Recherche des causes possibles du désengagement de la verrière

Ce chapitre étudie successivement sept scénarios susceptibles d'expliquer le désengagement de la verrière.

### 2.2.1. Scénarios d'ordre technique

#### 2.2.1.1. Scénario n° 1 : désengagement des crochets par contraintes mécaniques

##### Description du scénario

Ce scénario suppose que les contraintes mécaniques identifiées (poids, pression, accélération, facteurs de charge) auraient pu conduire au désengagement des galets.

Les contraintes mécaniques susceptibles d'avoir joué sont celles liées aux évolutions de l'avion et au système de pressurisation.

En effet, un aéronef subit de fortes contraintes mécaniques dues aux vibrations et aux facteurs de charge. Ces contraintes pourraient provoquer ou contribuer au désengagement des galets.

## Analyse du scénario

Les éléments suivants sont en mesure d'étayer ce scénario :

- le pilote rapporte avoir observé un « soulèvement de poussière » juste avant la perte de la verrière. Ce phénomène peut être révélateur d'un début de dépressurisation ;
- l'aéronef est en phase de montée, plein gaz, en virage sur la gauche. La verrière subit donc des contraintes de poids et de facteur de charge susceptibles de contribuer au désengagement des crochets (poussée longitudinale de l'avant vers l'arrière favorisant l'écartement des crochets), ainsi que des contraintes liées à la pressurisation ;
- le système de pressurisation de la cabine fonctionne depuis une quinzaine de secondes et exerce une pression sur la verrière depuis l'intérieur.

Cependant, les éléments suivants tendent à infirmer ce scénario :

- la verrière a été inspectée. Aucun écart n'a été relevé ;
- si des contraintes fortes avaient abouti au déverrouillage en force de la verrière, cela aurait théoriquement provoqué un écartement de 16,9 mm (donnée constructeur) entre le crochet et le galet, soit par un mouvement de recul du crochet, d'avancée du galet ou par la combinaison des deux mouvements. Dans ces cas-là, des endommagements auraient dû être visibles sur un ou plusieurs éléments de l'ensemble constituant le dispositif de fermeture de la verrière (butée anti-recul, crochet, verrière, bielle de commande, galets). Or, les analyses et observations effectuées n'ont montré aucune détérioration ou trace laissant à penser à un passage en force ;
- la pressurisation de la cabine n'est pas suffisante au moment de l'évènement pour provoquer un désengagement des crochets. En effet, lorsque la verrière se détache, l'aéronef passe les 7 900 pieds. La pressurisation cabine a débuté dès 6 560 pieds. Si cette pressurisation a créé une force de l'intérieur de la cabine vers l'extérieur, favorable au désengagement des crochets de la verrière, les tests de pressurisation de la cabine effectués a posteriori avec la verrière récupérée n'ont révélé aucun dysfonctionnement du système ;
- l'analyse des données du CVFDR ne révèle aucune phase de vol susceptible de générer des contraintes mécaniques suffisantes pour désengager les crochets.

Ci-après, cinq graphiques issus du CVFDR permettent d'analyser l'évolution de l'aéronef.

Chaque graphique est corrélé avec l'alarme pression cabine (trait vertical rouge), ce qui permet de marquer précisément le moment où la verrière a été perdue (information confirmée par la bande son du CVFDR).

Le premier graphique (figure 9) représente trois paramètres de vol (altitude, vitesse, cap) de l'Alphajet.

Le second graphique (figure 10) est un zoom sur ces paramètres centrés sur le moment de l'incident.

Le troisième graphique (figure 11) est un zoom sur trois autres paramètres (inclinaison latérale, assiette longitudinale, dérapage sonde).

Le quatrième graphique (figure 12) est un zoom sur quatre paramètres supplémentaires (ailerons, direction, efforts sur la commande de tangage, profondeur). Ce graphique met plus spécifiquement en lumière l'action du pilote sur les commandes.

Le cinquième graphique (figure 13) est un zoom sur trois paramètres retraçant les accélérations longitudinales (Gx), latérales (Gy) et verticales (Gz) subies par l'appareil.

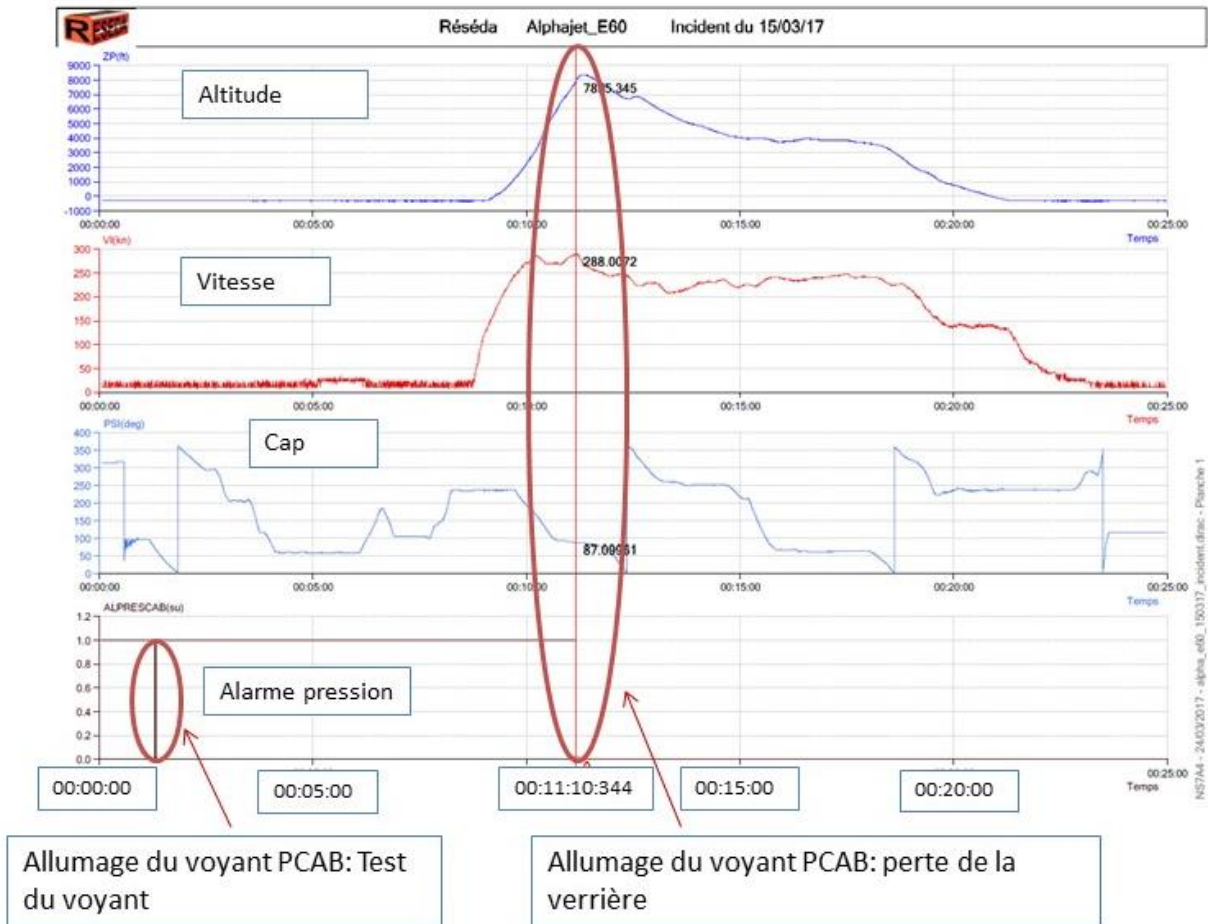


Figure 9 : paramètres de l'enregistreur de vol

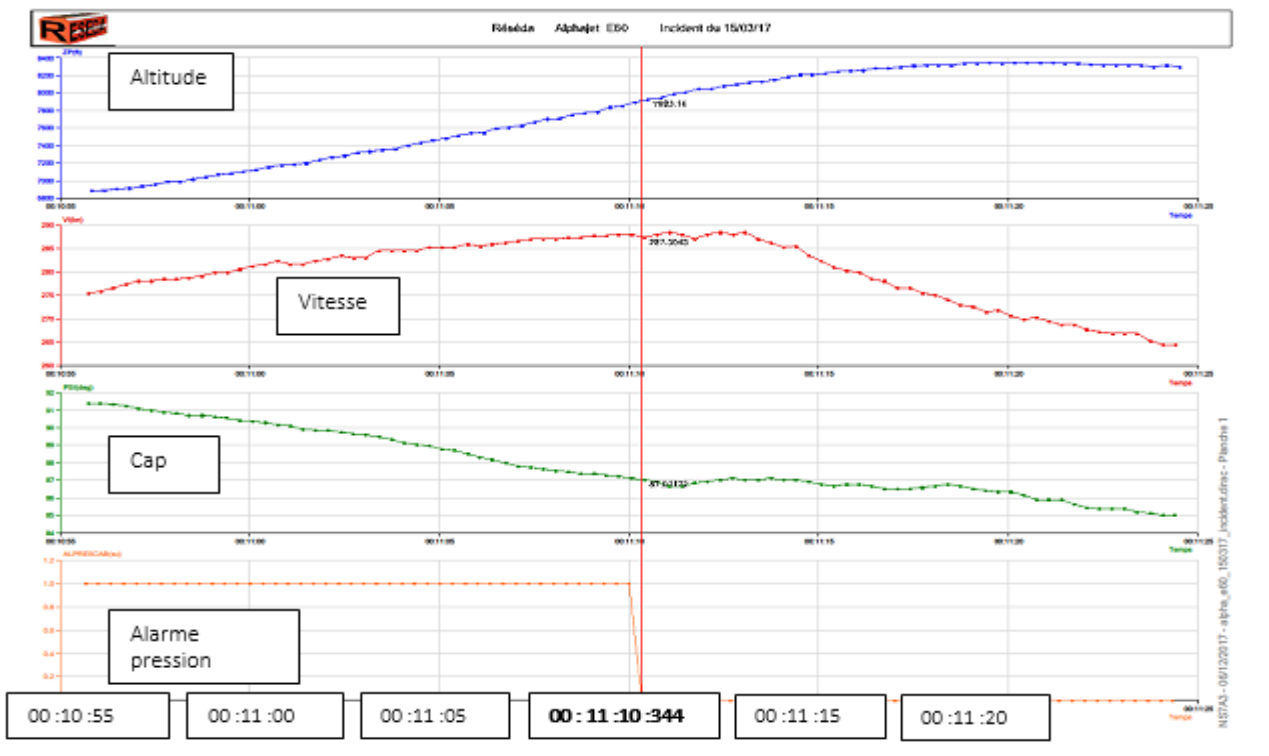


Figure 10 : paramètres de l'enregistreur de vol (zoom)

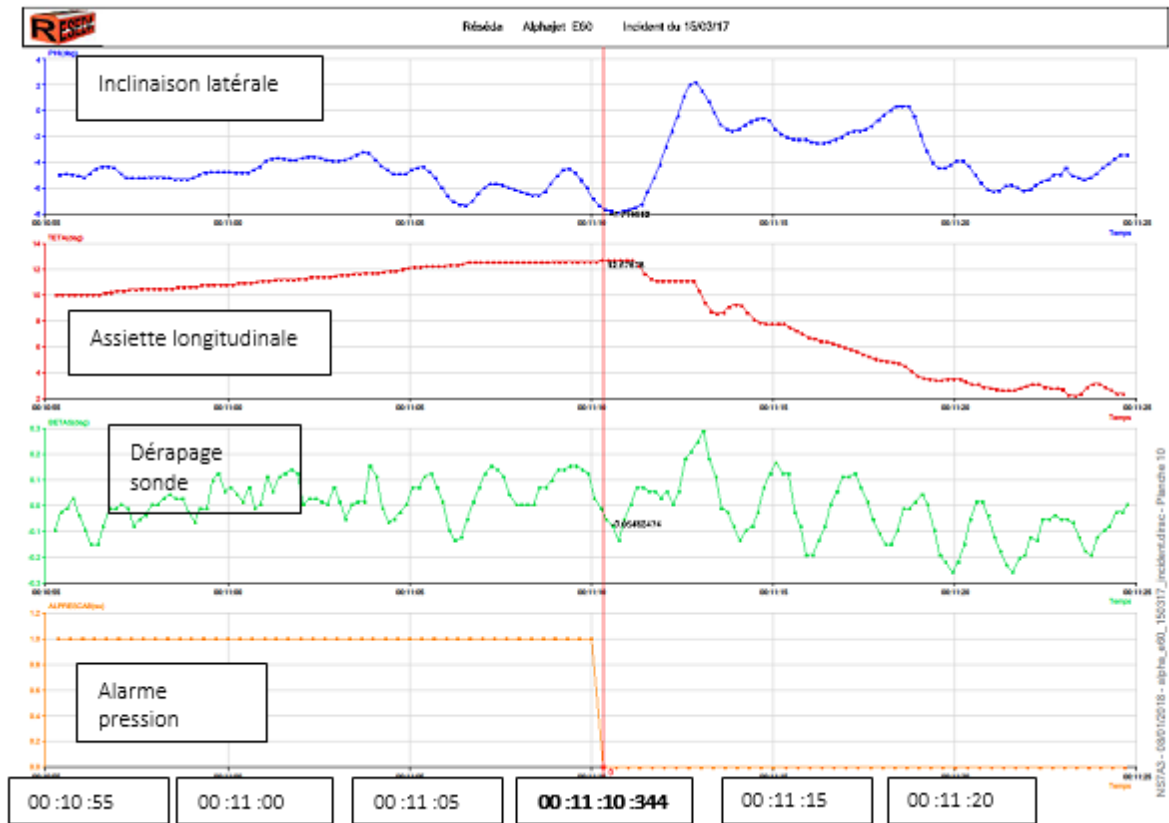


Figure 11 : paramètres de l'enregistreur de vol (zoom)

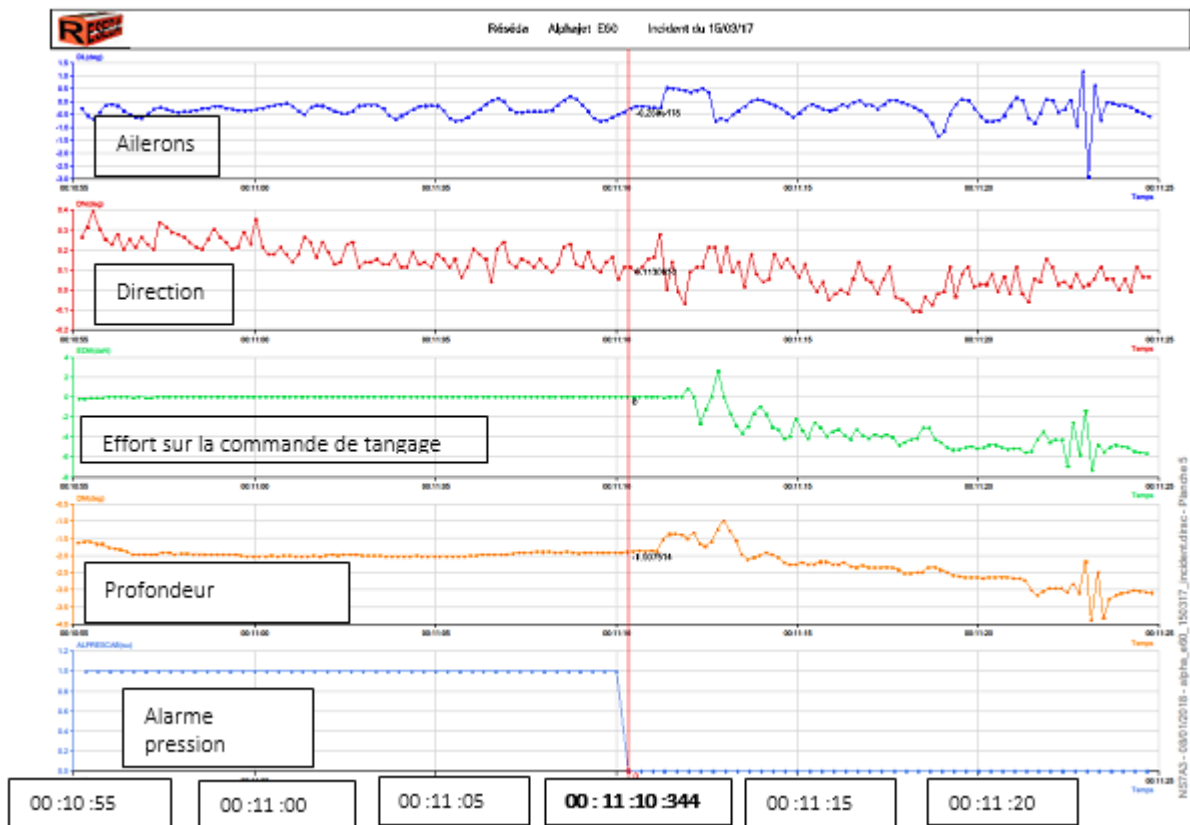


Figure 12 : paramètres de l'enregistreur de vol (zoom)

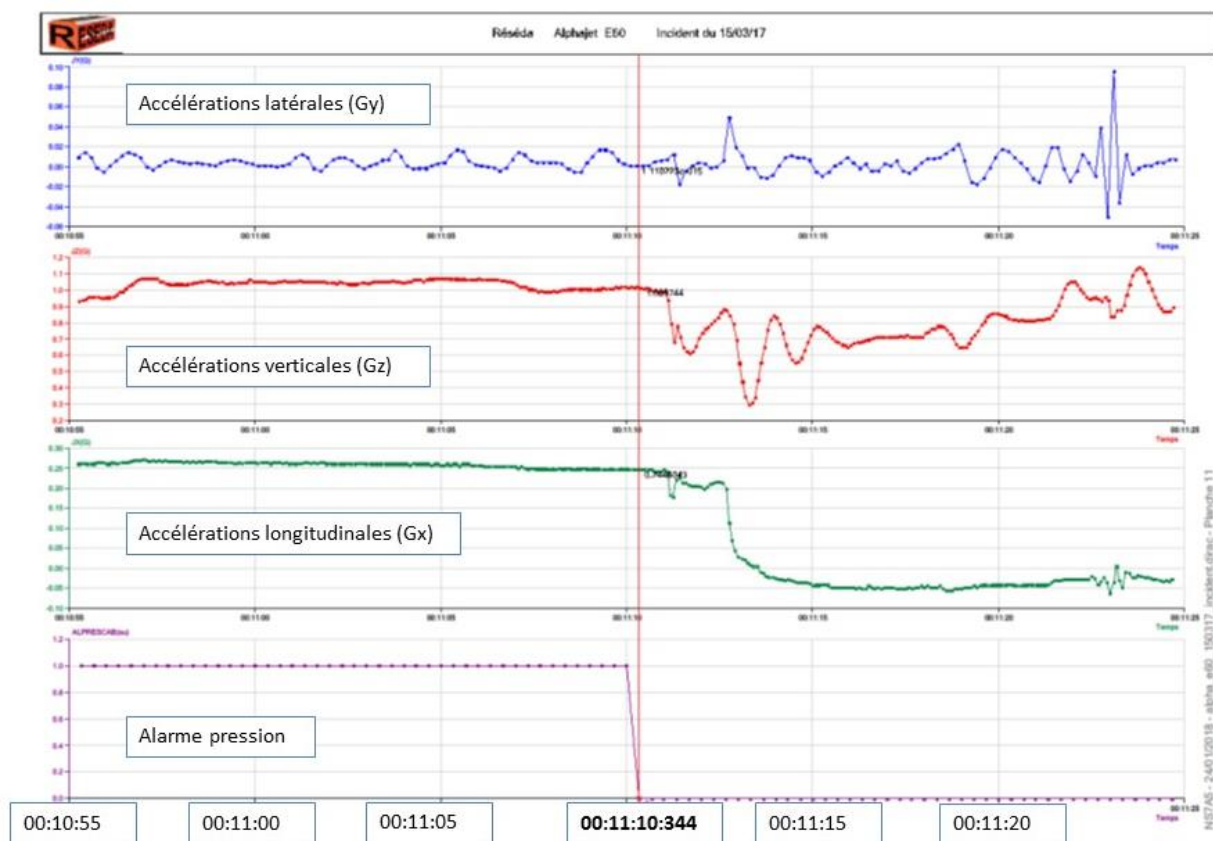


Figure 13 : paramètres de l'enregistreur de vol (zoom)

L'analyse des données du CVFDR révèle que :

- le voyant PCAB s'allume à deux reprises :
  - lors du test voyant PCAB au sol ;
  - lorsque la verrière se désolidarise du fuselage ;
- la verrière se désolidarise de l'aéronef deux minutes et quinze secondes après la rotation alors que l'aéronef passe 7 900 ft ;
- aucune autre alarme n'est enregistrée ;
- le comportement de l'appareil est cohérent avec les actions aux commandes du pilote ;
- les accélérations latérales sont inférieures à 0,02 G, les accélérations verticales restent inférieures à 1,1 G et les accélérations longitudinales sont inférieures à 0,27 G ;
- les actions de l'équipage sur les commandes de l'appareil sont dans les normes et ne sont pas de nature à générer des contraintes mécaniques fortes ;
- l'analyse audio du CVFDR montre en outre que :
  - l'élève pilote s'est vu confier les commandes environ 55 secondes après le décollage ;
  - l'élève pilote a donc eu les commandes pendant 1 minute et 20 secondes avant le déverrouillage de la verrière ;
- aucun bruit particulier précédent l'alarme n'a été détecté.

Considérant que l'appareil était dans le cœur de son domaine de vol, que le système de verrouillage n'a subi aucun endommagement et que le système de pressurisation cabine fonctionnait correctement, l'hypothèse d'un désengagement des crochets dû aux seules contraintes mécaniques est rejetée.



### 2.2.1.2. Scénario n° 2 : recul de la poignée d'ouverture sans action de l'équipage

#### Description du scénario

La verrière se ferme au moyen d'une poignée qui commande un dispositif mécanique de verrouillage. Lorsque la poignée est en position avant, la verrière est verrouillée.

En vol, le retrait vers l'arrière de cette poignée provoque donc l'ouverture puis la perte de la verrière.

Des vibrations et des facteurs de charge auraient pu aboutir au recul de la poignée et déclencher ainsi le déverrouillage de la verrière.

#### Analyse du scénario

Les éléments suivants permettent d'étayer ce scénario :

- l'avion, alors qu'il était en vol, a subi des forces multiples (facteur de charge, vibrations, etc.) ;
- pour ouvrir la verrière, les expertises ont montré qu'il était suffisant d'exercer une force de 6,2 daN, soit une force inférieure à ce qui est préconisé (la carte de travail en vigueur au moment de l'incident prévoit une force comprise entre 10 et 18 daN) ;
- le pilote rapporte avoir observé un « soulèvement de poussière » juste avant la perte de la verrière. Ce phénomène peut être révélateur d'un début de dépressurisation.

Cependant, les éléments suivants tendent à infirmer ce scénario :

- le constructeur confirme qu'il n'est pas possible de déverrouiller la verrière sans passer par l'arc-boutement. Les études menées avec les valeurs constatées sur cet Alphajet confirment que les galets bloquent les crochets de la verrière de la position plein avant (poignée en position verrouillée) à la position de l'arc-boutement ;
- les vibrations et facteurs de charge subis par l'aéronef n'ont pas pu seuls exercer une force de 6,2 daN sur la poignée d'ouverture et le système d'arc-boutement ;
- le levier de commande a été retrouvé en position plein avant (fermeture) après l'évènement.

**L'hypothèse du recul de la poignée sans action de l'équipage n'est pas retenue.**

### 2.2.1.3. Scénario n° 3 : poignée de fermeture mal enclenchée

#### Description du scénario

Le système de fermeture de la verrière est un dispositif à basculement : le pilote force dans un premier temps le ressort de l'arc-boutement en poussant sur la poignée puis la relâche afin qu'elle « tombe » en position de verrouillage. Lorsque la poignée est plein avant, les crochets sont normalement verrouillés dans les galets. Il est envisagé que la manette ne se soit pas parfaitement positionnée en position plein avant, empêchant de fait aux galets de se positionner correctement dans les crochets.

#### Analyse du scénario

Les éléments suivants sont en mesure d'étayer ce scénario :

- l'aéronef est en service depuis 37 ans et la cellule a plus de 4 800 heures de vol. DGA essais en vol a très souvent exploité cet Alphajet en dehors du domaine de l'utilisation courante. Cet aéronef a subi des contraintes plus importantes qu'un Alphajet en dotation dans l'armée de l'air. Il est possible que les cotations et le vieillissement de certaines pièces ne soient plus dans les valeurs définies initialement par le constructeur ;

- le pilote rapporte avoir observé un « soulèvement de poussière » juste avant la perte de la verrière. Ce phénomène peut être révélateur d'un début de dépressurisation ;
- le pilote est inexpérimenté sur Alphajet. Il n'a volé qu'une seule fois sur ce type d'avion le matin même. Il ne maîtrisait donc pas bien le système de fermeture de la verrière. Il n'aurait donc pas perçu naturellement que la poignée était dans une mauvaise position.

Cependant, les éléments suivants tendent à infirmer ce scénario :

- les investigations menées sur la cinématique de la verrière tendent à montrer que celle-ci fonctionnait correctement. Lorsque la poignée de verrouillage est relâchée au-delà du point de basculement, la poignée « tombe » naturellement en butée avant ;
- les deux capteurs PCAB contrôlant la position plein avant de la poignée et le verrouillage de la verrière fonctionnent correctement. Si un corps étranger avait empêché la poignée de se positionner plein avant, la cinématique de l'alarme PCAB l'aurait détecté ;
- la poignée ne pouvait donc pas être laissée en position intermédiaire, laissant les galets insuffisamment enclenchés dans les crochets ;
- le dispositif PCAB aurait détecté un mauvais fonctionnement du système de verrouillage.

**L'hypothèse d'une poignée de verrouillage mal enclenchée est très improbable.**

#### 2.2.1.4. Scénario n° 4 : poignée de fermeture enclenchée mais galets mal engagés dans les crochets

##### **Description du scénario**

La verrière est rabattue et la poignée est correctement en position plein avant. Les capteurs de la poignée et de la verrière permettent au système d'alarme PCAB de fonctionner correctement. Mais une cinématique dysfonctionnelle empêcherait les galets de s'engager correctement dans les crochets.

##### **Analyse du scénario**

Les éléments suivants sont en mesure d'étayer ce scénario :

- le pilote rapporte avoir observé un « soulèvement de poussière » juste avant la perte de la verrière. Ce phénomène peut être révélateur d'un début de dépressurisation ;
- l'aéronef est en phase de montée, plein gaz, en virage sur la gauche. La verrière subit donc des contraintes de poids et de facteur de charge ;
- le système de pressurisation de la cabine fonctionne depuis une quinzaine de secondes et exerce une pression sur la verrière depuis l'intérieur ;
- l'aéronef est en service depuis 37 ans et la cellule a plus de 4 800 heures de vol. DGA essais en vol a très souvent exploité cet Alphajet en dehors du domaine de l'utilisation courante. Cet aéronef a subi des contraintes plus importantes qu'un Alphajet en dotation dans l'armée de l'air.

Cependant, les éléments suivants tendent à infirmer ce scénario :

- la pressurisation de la cabine n'est pas suffisante au moment de l'évènement pour provoquer un désengagement des crochets ;
- l'analyse des données du CVFDR ne révèle aucune phase de vol susceptible de générer des contraintes mécaniques suffisantes pour désengager les crochets ;
- les analyses techniques ont montré que la cinématique de la verrière ne présente aucune rupture ni déformation résiduelle.

**L'hypothèse d'une mauvaise position des galets dans les crochets est rejetée.**

#### 2.2.1.5. Synthèse des scénarios d'ordre technique

Aucun scénario d'ordre technique expliquant la perte de la verrière en vol ne peut être confirmé. Pour autant, il a été démontré à plusieurs reprises dans le passé que si la cause technique de certains accidents aériens n'a pu être révélée à la première occurrence, elle a pu être identifiée et démontrée lors d'évènements similaires.

**Malgré l'ensemble des recherches réalisées, le groupe d'enquête et les experts consultés n'ont pas été en mesure de déterminer un scénario d'ordre technique expliquant la perte de la verrière.**

#### 2.2.2. Scénarios liés aux facteurs organisationnels et humains (FOH)

##### 2.2.2.1. Scénario n° 5 : déverrouillage de la verrière par un automatisme inadapté du pilote

###### **Description du scénario**

Le vol est une mission de convoyage de Cazaux à Istres d'un Alphajet appartenant à la DGA par un pilote d'essai, après une opération de maintenance.

La marine nationale permet à ses élèves pilotes d'effectuer des vols de motivation en place arrière d'aéronefs appartenant aux différentes autorités d'emploi lorsque, notamment, les périodes de transition entre les différentes phases de formation le permettent.

Lors d'un vol de motivation, l'élève pilote est un passager qui n'a pas de fonction au sein de l'équipage.

Le commandant de bord peut permettre aux élèves pilotes de prendre les commandes de l'aéronef pour quelques minutes. Il n'y a aucun objectif de formation lors de ces vols.

La mission n'est pas particulièrement complexe pour le commandant de bord qui peut plus facilement interagir avec l'élève pilote pour lui faire découvrir le pilotage de l'aéronef.

L'élève pilote a une expérience limitée de 73 heures de vol. Lors de l'évènement, il vient de terminer sa formation à Salon-de-Provence sur SR 20<sup>10</sup> et est en attente de sa formation à Cognac. Lors de cette phase de formation, il a totalisé 40 heures de vol sur cet aéronef en huit mois (mai 2016 à janvier 2017). Son expérience sur SR 20 est donc la dernière significative avant l'évènement.

Entre son dernier vol sur SR 20 et l'évènement il a réalisé environ 5 heures sur PS 28<sup>11</sup>.

Au regard de cette expérience modeste, l'élève pilote aurait pu actionner la poignée de déverrouillage en pensant utiliser la manette des gaz.

<sup>10</sup> SR 20 : avion école utilisé à Salon-de-Provence.

<sup>11</sup> PS 28 : avion d'aéroclub.

### Analyse du scénario

Les éléments suivants sont en mesure d'étayer ce scénario :

- sur Alphajet, la manette des gaz est à gauche et le manche tenu par la main droite.  
À l'inverse, sur SR 20, la manette de gaz est à droite. Par conséquent l'élève pilote doit tenir le manche de l'appareil de la main gauche et la manette des gaz de la main droite ;

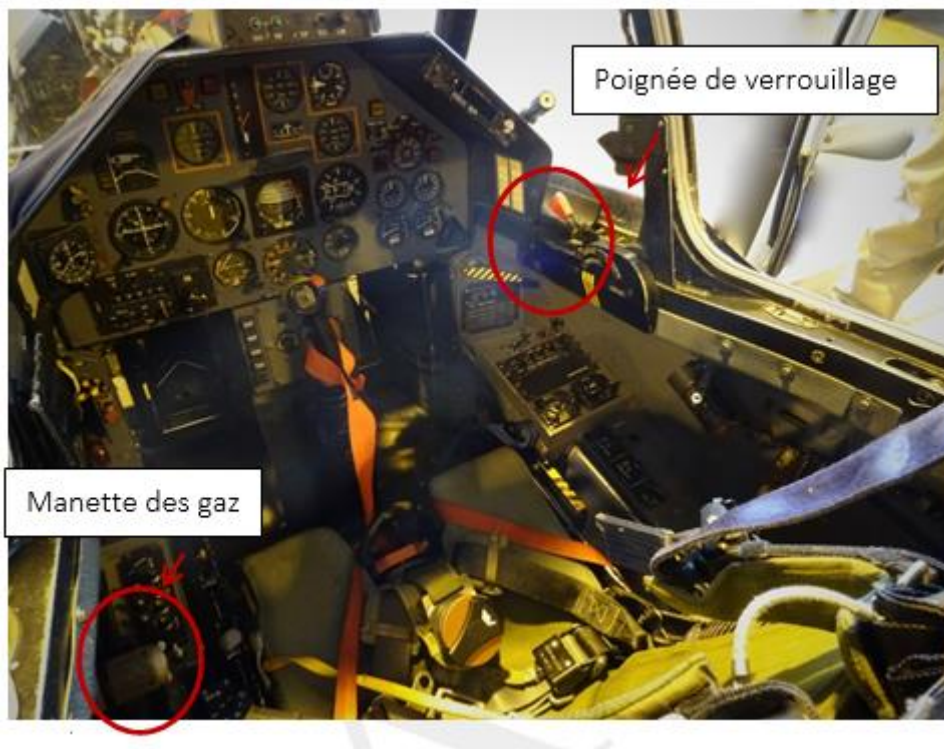


Figure 14 : cockpit Alphajet



Figure 15 : cockpit SR 20-22

- le matin de l'évènement, l'élève pilote a pour la première fois pris les commandes d'un Alphajet. Après quelques évolutions, le commandant de bord se rend compte de la difficulté pour l'élève pilote de bien utiliser la manette des gaz. Il décide alors de reprendre à son compte le contrôle de la manette des gaz et lui laisse les autres commandes.

L'expérience récente de l'élève pilote sur SR 20 et le fait que les commandes lui soient confiées rapidement après le décollage a pu le conduire à reproduire le même schéma de prise de commande sur Alphajet que sur SR 20. Il aurait ainsi pris le manche de la main gauche et aurait posé par automatisme sa main sur la poignée d'ouverture de la verrière qui se trouve à droite, en la confondant avec la manette des gaz.

Moins d'une minute après le décollage de Cazaux, le commandant de bord propose rapidement à l'élève pilote de prendre les commandes. L'élève pilote doit alors en même temps tenir les commandes et contrôler sa vitesse et son cap en montée. Le commandant de bord lui a donné les informations nécessaires dont le niveau de vol à atteindre. Encore novice en pilotage, les ressources cognitives de l'élève pilote ont été fortement sollicitées. Quarante secondes après la prise de commandes, l'élève pilote redemande au commandant de bord le niveau de vol, information qui lui avait déjà été transmise.

Le niveau d'attention requis lors de la prise des commandes a pu être trop élevé pour que l'élève pilote puisse tout prendre en compte. Après quarante secondes, la charge mentale a suffisamment baissé pour permettre à l'élève pilote d'identifier l'information qu'il n'avait pas pu enregistrer précédemment.

Ainsi, lors de la première minute, il est possible qu'il n'ait pas réalisé l'éventuel positionnement inadapté de ses mains, trop occupé à d'autres tâches.

Après s'être fait confier les commandes de l'avion, l'élève se serait focalisé sur la vitesse. Constatant être à 288 kt au lieu de 280 kt, il aurait souhaité réduire la vitesse et aurait tiré par erreur sur la poignée d'ouverture de la verrière en pensant qu'il s'agissait de la manette des gaz avant d'immédiatement repousser la poignée vers l'avant. La verrière se serait alors arrachée ;

- une force de 6,2 daN suffit à ouvrir la verrière en dépit d'une valeur prescrite comprise entre 10 et 18 daN. Sans expérience de l'avion, l'élève pilote aurait pu développer cette force sans qu'elle ne lui paraisse excessive ;
- le FDR n'enregistre aucun mouvement de la manette des gaz.

Cependant, les éléments suivants tendent à infirmer ce scénario :

- lors de son entretien l'élève pilote n'indique pas avoir touché la poignée d'ouverture de la verrière. Il précise que ses mains, après avoir pris les commandes, n'ont jamais quitté la manette des gaz et le manche ;
- le pilote rapporte avoir observé un « soulèvement de poussière » juste avant la perte de la verrière. Ce témoignage est peu compatible avec un geste censé surprendre le pilote ;
- la commande des gaz du SR 20 et la poignée de déverrouillage de la verrière de l'Alphajet sont toutes les deux placées à droite du pilote mais ne sont pas placées au même niveau et ont des formes très différentes ;
- la poignée de la verrière est retrouvée en position fermée à l'issue de l'évènement, ce qui indiquerait dans ce scénario que la poignée a été rétablie en position fermée.

**L'hypothèse d'une action de l'élève pilote sur la poignée de verrouillage de la verrière n'est pas corroborée par les témoignages. En l'absence de vidéo indiquant les actions de l'équipage dans le cockpit, elle ne peut être confirmée ou infirmée.**

#### 2.2.2.2. Scénario n° 6 : déverrouillage de la verrière par accrochage fortuit de la poignée

##### Description du scénario

Le bras droit de l'élève pilote aurait accroché par inadvertance la poignée d'ouverture.

##### Analyse du scénario

Les éléments suivants sont en mesure d'étayer ce scénario :

- les pilotes retroussent, quand c'est nécessaire, leur combinaison de vol au niveau des poignets pour l'adapter à leur morphologie. Cela favorise la possibilité d'accrocher une commande lorsque le pilote effectue un mouvement de retrait de son bras. L'élève pilote, par un mécanisme d'automatisme lié à son expérience aurait positionné sa main droite dans l'environnement de la poignée de verrouillage de la verrière. C'est seulement après quelques secondes suivant la prise de commandes et la diminution de la charge cognitive qu'il se serait rendu compte du positionnement inadapté de ses mains. En voulant repositionner ses mains, il aurait par erreur agrippé la commande, libéré la verrière et immédiatement repoussé la poignée vers l'avant ;
- il est aussi possible que l'élève pilote, non préparé par le commandant de bord à prendre les commandes, ait sorti un objet (téléphone, carte, etc.) pour l'utiliser. En prenant précipitamment les commandes, il a pu poser cet objet sur la casquette du tableau de bord proche de la poignée. Une fois la prise de commandes effectuée, les ressources attentionnelles nécessaires sont telles lors des premières secondes qu'il ne cherche pas immédiatement à le ranger. Après quelques secondes et la diminution de la charge cognitive, il a pu vouloir le récupérer et, par un geste inadapté, tirer sur la poignée d'ouverture ;
- une force de 6,2 daN suffit à ouvrir la verrière en dépit d'une valeur prescrite comprise entre 10 et 18 daN. Sans expérience de l'avion, l'élève pilote aurait pu développer cette force sans qu'elle ne lui paraisse excessive.

Cependant les éléments suivants tendent à infirmer ce scénario :

- lors de son entretien l'élève pilote n'indique pas avoir touché ni accroché la poignée d'ouverture de la verrière. Il précise que ses mains, après avoir pris les commandes, n'ont jamais quitté la manette des gaz et le manche ;
- le pilote rapporte avoir observé un « soulèvement de poussière » juste avant la perte de la verrière. Ce témoignage est peu compatible avec un geste censé surprendre le pilote;
- par ailleurs, l'écoute de l'enregistrement<sup>12</sup> permet d'affirmer que ni l'élève pilote ni le commandant de bord n'ont évoqué une possible sortie du téléphone ou sortie de carte durant ce vol. Le comportement de l'élève démontre un fort respect de la hiérarchie. Il est donc peu probable que l'élève pilote ait fait preuve d'initiative à bord d'un aéronef qu'il ne connaît pas sans en avertir le commandant de bord.

**L'hypothèse d'un déverrouillage de la verrière par accrochage fortuit n'est pas corroborée par les témoignages. En l'absence de vidéo indiquant les actions de l'équipage dans le cockpit, elle ne peut être confirmée ou infirmée.**

---

<sup>12</sup> Cf. annexe III.

### 2.2.2.3. Synthèse des scénarios liés aux facteurs organisationnels et humains (FOH)

En l'absence de vidéo dans le cockpit, aucun scénario d'ordre FOH ne peut être confirmé.

**Malgré l'ensemble des recherches réalisées, le groupe d'enquête et les experts consultés n'ont pas été en mesure de confirmer un scénario d'ordre FOH expliquant avec certitude la perte de la verrière en vol.**

PAS DE TEXTE



### **3. CONCLUSION**

L'évènement est une perte de la verrière arrière pendant la phase de montée lors d'un vol de liaison.

#### **3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement**

Un équipage composé d'un commandant de bord pilote d'essai de la DGA et d'un élève pilote de la marine nationale décolle de Cazaux pour Istres à bord d'un Alphajet.

Il s'agit pour l'élève d'un vol sur un aéronef qu'il ne connaît pas.

L'élève pilote a déjà volé sur des appareils dont l'ergonomie était différente.

Juste après le décollage, le commandant de bord confie les commandes à l'élève pilote.

Deux minutes et quinze secondes après la rotation, 15 secondes après le début de la mise en route de la pressurisation, et alors que l'aéronef passe les 7 900 ft en montée, la verrière se désolidarise de l'aéronef.

L'avion se trouvait à ce moment-là dans le cœur de son domaine de vol.

Le commandant de bord reprend les commandes et se pose à Cazaux sans difficulté.

La verrière est retrouvée quasiment intacte dans un champ.

#### **3.2. Causes de l'évènement**

Les investigations menées ont couvert l'ensemble des aspects techniques, de facteurs humains et d'ergonomie de la cabine.

Ces investigations montrent qu'un dysfonctionnement des systèmes est très improbable.

L'avion se trouvait dans le cœur de son domaine de vol : l'hypothèse d'une configuration inadaptée ayant entraîné des contraintes mécaniques susceptibles à elles seules de déverrouiller la verrière est également très improbable.

Au moment de l'évènement, l'effort nécessaire pour tirer le levier de commande était inférieur à ce qui était prescrit par les normes en vigueur.

Les hypothèses d'un déverrouillage de la verrière par une action volontaire ou fortuite sur la poignée ne sont corroborées ni par les témoignages, ni par les constatations réalisées.

L'appareil n'étant pas équipé de système vidéo, ces hypothèses n'ont pas pu être confirmées ni infirmées.

Les causes de cet évènement demeurent indéterminées.

PAS DE TEXTE

## 4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

### 4.1. Mesures de prévention susceptibles d'être liées à l'évènement

#### 4.1.1. Briefing avant vol

Embarquer un personnel non qualifié à bord d'un aéronef et lui donner accès aux commandes de vol peut répondre à certains objectifs parfaitement légitimes. Cependant, cette situation est susceptible d'exposer le passager, du fait d'un environnement mal connu, à des réactions inappropriées.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à l'ensemble des autorités d'emploi donnant l'accès aux commandes de vol à des personnels non qualifiés sur le type d'aéronef et n'étant pas en phase d'instruction de sensibiliser les commandants de bord sur l'importance du briefing à dispenser dans ces cas-là.**

**R1 – [D-2017-04-I]**

#### 4.1.2. Cycle de maintenance du réglage de la cinématique de verrouillage des verrières

Suite à l'incident, il a été détecté que le ressort du système de verrouillage de la verrière ne respectait pas les spécifications de la carte de travail en vigueur.

Actuellement, le cycle de vérification du réglage de la cinématique de verrouillage des verrières est de 4 ans. Ce cycle n'a pas permis de détecter la baisse significative de la puissance du ressort sur l'Alphajet accidenté.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à la DMAé, en liaison avec Dassault Aviation, d'étudier la diminution de la périodicité du réglage de la cinématique de verrouillage des verrières.**

**R2 – [D-2017-04-I]**

### 4.2. Mesure de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement

Installation d'une vidéo dans le cockpit

Si un FDR enregistre de nombreux paramètres utiles pour la compréhension technique d'un évènement, il n'a pas pu confirmer ou infirmer la position de la poignée d'ouverture ni celle des mains du pilote. De façon plus générale, un enregistreur vidéo filmant l'intérieur d'un cockpit permettrait d'avoir accès à un bien plus grand nombre d'informations, et notamment tout ce qui a trait aux facteurs humains.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**aux autorités d'emploi d'étudier la possibilité d'installer dans le cockpit un enregistreur vidéo.**

**R3 – [D-2017-04-I]**

## ANNEXES

ANNEXE I RAPPORT D'EXPERTISE DGA TECHNIQUES AÉRONAUTIQUES .....	37
ANNEXE II ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DE L'EFFORT MINIMUM DE DÉVERROUILLAGE VERRIÈRE SUR ALPHAJET .....	71
ANNEXE III RETRANSCRIPTION DU TÉLÉPHONE DE BORD.....	77

ANNEXE I  
RAPPORT D'EXPERTISE DGA TECHNIQUES AÉRONAUTIQUES



**PAGE SANS TEXTE**



MINISTÈRE DES ARMÉES



DIRECTION GÉNÉRALE  
DE L'ARMEMENT

DGA Techniques aéronautiques

Division Matériaux et Technologies

Département Investigations suite à accident ou incident

Affaire suivie par :



Avion ALPHAJET E60  
Expertise de la verrière arrière

RAPPORT D'EXPERTISE N° 17-DGATA-MTI-P1400794001066-F-A

	Prénom NOM	Visa	Date	Fonction (Entité)
Rédaction				Responsable de l'expertise
Vérification technique				Chef du Département Investigations suite à accident ou incident
Approbation				Chef de la division Matériaux et Technologies.

Direction générale de l'armement  
DGA Techniques aéronautiques  
47 rue Saint-Jean - BP n° 33123 - 31131 BALMA Cedex  
Téléphone : +33 (0)5.62.57.57.57 - Télécopie : +33 (0)5.62.57.54.47

V\_03/2017

**PAGE SANS TEXTE**





MINISTÈRE DES ARMÉES



DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ARMEMENT  
DGA Techniques aéronautiques

RAPPORT D'EXPERTISE	
Titre ou Objet	Avion ALPHAJET E60 Expertise de la verrière arrière
Identifiant	17-DGATA-MTI-P1400794001066-F-A
Bénéficiaire	BEAD-Air
N° fiche de tâche ou contrat	P1400794001 v2
Date d'émission fiche de tâche ou contrat	01/07/2016
Date expédition du rapport (Résumé Service Courrier)	XXXX

CLASSIFICATION		<input checked="" type="checkbox"/> NON PROTEGE	
Durée d'archivage : la durée d'archivage standard des rapports est la durée de vie du matériel ou équipement en essai			
Déclassification		Prestation	
<input checked="" type="checkbox"/> Fiche signalétique	Lieu	DGA Techniques aéronautiques	
<input type="checkbox"/> A compter du XXXX	Debut	14/04/2017	
<input type="checkbox"/> Sur ordre de l'émetteur	Fin	11/09/2017	
Références de l'annexe de sécurité		OP N° XXXX	AS N° XXXX du XXXX / XXXX / XXXX
Composition du rapport	30 Pages dont	5 Planche(s)	5 Annexe(s)
Auteur(s) :		Mot(s) clé(s) :	Alphajet, verrière
Métiers		Fiches	
2 - Plantes, formes et systèmes aéronautiques		2 - Architectures et techniques de systèmes aéronautiques	
7 - Matériaux, Ateliers et Bureaux d'études		7 - Matériaux, composants, matrices risques environnementaux	
Prestation étatique : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		Rapport joint dans Indigo : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	

Résumé :

Lors d'un vol de liaison de l'Alphajet E60 entre Cazaux et Istres, après 2 minutes 30 de vol en phase de montée initiale vers 8000 ft, à environ 280 kt, l'aéronef perd sa verrière arrière. Le pilote constate l'allumage du voyant PCAB ainsi qu'un bruit important.

Le but de l'expertise est de mettre en évidence une éventuelle cause technique dans la perte de la verrière.

Toute rediffusion partielle de ce rapport ne saurait engager la responsabilité de la DGA

Page 1

Direction générale de l'armement  
DGA Techniques aéronautiques  
47 rue Saint-Jean - BP n° 33123 - 31131 BALMA Cedex  
Téléphone : +33 (0)5.62.57.57.57 - Télécopie : +33 (0)5.62.57.54.47

**PAGE SANS TEXTE**

**- SOMMAIRE -**

---

	Pages n°
1. PRESENTATION .....	5
2. OBJET .....	5
3. HISTORIQUE DES ÉVOLUTIONS .....	5
4. REFERENCES .....	6
5. RESULTATS DES TRAVAUX .....	6
5.1. ANALYSE DE LA VERRIERE .....	6
5.1.1. EXAMEN SUR AVION .....	6
5.1.2. EXAMEN VISUEL .....	6
5.1.3. EXAMEN METROLOGIQUE .....	6
5.2. ANALYSE DU DISPOSITIF DE VERROUILLAGE .....	7
5.2.1. EXAMEN SUR AVION .....	8
5.2.2. ETUDE D'UN DEVERROUILLAGE EN FORCE DE LA VERRIERE .....	8
6. CONCLUSION .....	9

**PLANCHES**

Planche 1 : Vue d'ensemble de la verrière arrière .....	13
Planche 2 : Fixation du vérin d'équilibrage .....	14
Planche 3 : Crochets de verrouillage de la verrière .....	15
Planche 4 : Vues de la timonerie de verrouillage sur avion .....	16
Planche 5 : Examen des galets et des bielles élastiques .....	17

**ANNEXES**

Annexe 1 : Résultats des essais sur avion .....	21
Annexe 2 : Relevé du contrôle dimensionnel .....	23
Annexe 3 : Plan du crochet .....	26
Annexe 4 : Analyse du constructeur .....	27
Annexe 5 : Fiche de synthèse .....	29

**PAGE SANS TEXTE**

## 1. PRESENTATION

Lors d'un vol de liaison de l'Alphajet E60 entre Cazaux et Istres, après 2 minutes 30 de vol en phase de montée initiale, vers 8000 ft et à environ 280 kt, l'aéronef perd sa verrière arrière. Le pilote constate l'allumage du voyant PCAB ainsi qu'un bruit important.

Au retour sur piste, la poignée de verrouillage est retrouvée en position fermée, les galets en position verrouillés et le boudin gonflé.

La verrière a été retrouvée au sol.



## 2. OBJET

L'expertise a pour but de mettre en évidence une éventuelle cause technique dans la perte de la verrière arrière.

## 3. HISTORIQUE DES ÉVOLUTIONS

Version	Date	Nature de l'évolution
A	25/09/2017	Document initial

#### 4. REFERENCES

- Demande d'investigation BEAD.
- Documentation ALPHAJET.
- Verrière reçue le 14/06/2017 à DGA TA.

#### 5. RESULTATS DES TRAVAUX

##### 5.1. ANALYSE DE LA VERRIERE

###### 5.1.1. EXAMEN SUR AVION

Celle-ci apparaît en bon état général malgré la chute (**planche N°1**).

Suite à la récupération de la verrière, une série de contrôles a été menée sur avion au sein de DGA EV à Cazaux. Les résultats de ces essais (**annexe 1**) montrent que les valeurs relevées sont dans les tolérances données par le constructeur.

Il ressort notamment que la verrière est restée verrouillée lors des essais de pressurisation.

###### 5.1.2. EXAMEN VISUEL

La fixation du vérin d'équilibrage est rompue en statique (**planche N°2**).

Les deux crochets de verrouillage sont en bon état. Aucune trace de frottement ni aucune déformation n'est visible sur les crochets (**planche N°3**).

Les deux crochets ne présentent pas de signes visibles d'usure.

###### 5.1.3. EXAMEN METROLOGIQUE

Les deux crochets ont fait l'objet d'un contrôle dimensionnel (**annexe 2**) afin de vérifier leur conformité vis-à-vis des données du constructeur (**annexe 3**).

Ce contrôle met en évidence l'absence d'usure significative. Les écarts observés sur certains diamètres sont dus à une mesure sur un arc de faible longueur, ce qui peut entraîner une forte incertitude sur l'extrapolation au diamètre.

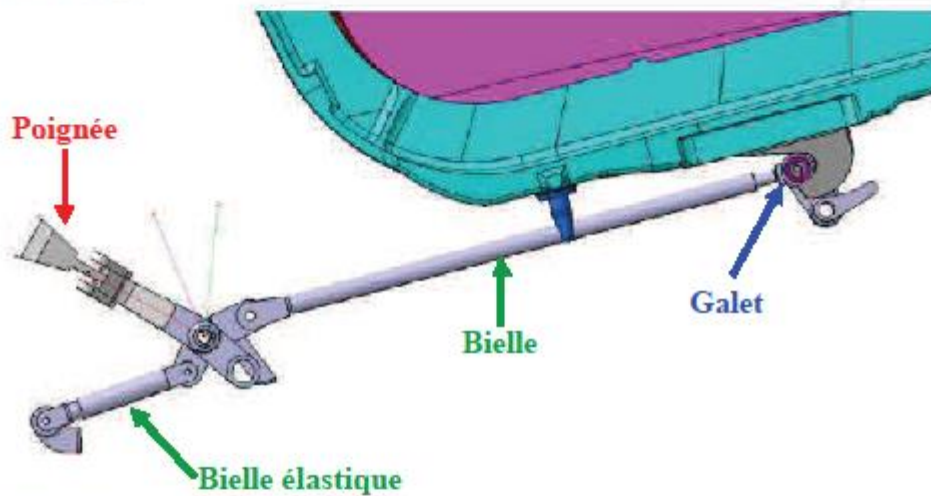
Les coordonnées du point de basculement sont tout à fait similaires sur les deux crochets et sont conformes au plan du constructeur (environ 38 mm).

## 5.2. ANALYSE DU DISPOSITIF DE VERROUILLAGE

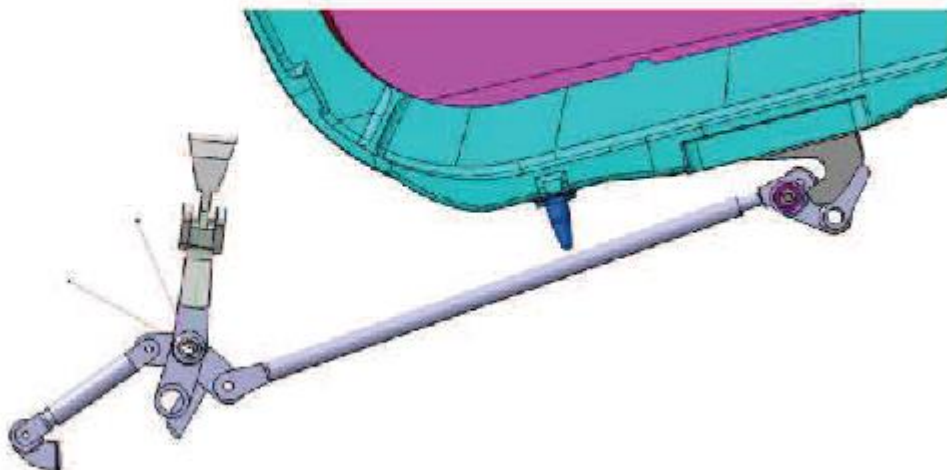
Le verrouillage de la verrière est actionné par une poignée qui commande en conjugaison deux bielles et deux galets qui se positionnent dans les crochets de verrouillage gauche et droit de la verrière comme indiqué sur les schémas ci-dessous.

La poignée est soit en position déverrouillée soit en position verrouillée. Il n'y a pas de position intermédiaire.

### Verrouillage



### Déverrouillage



### 5.2.1. EXAMEN SUR AVION

Aucune anomalie n'a été constatée sur avion. Le mécanisme de verrouillage fonctionne parfaitement des deux côtés et sans point dur.

Le contacteur Pcab est actionné par la timonerie. Le voyant Pcab correspondant s'allume dès le début du mouvement de la poignée.

Aucun élément de la timonerie ne semble endommagé, rompu ou flambé (planche N°4).

Les bielles élastiques et les galets ont été déposés (planche N°5). Ces éléments ne présentent pas de traces anormales d'usure ou d'endommagements.

### 5.2.2. ETUDE D'UN DEVERROUILLAGE EN FORCE DE LA VERRIERE

Compte tenu des éléments observés sur l'avion et la verrière, l'hypothèse d'un déverrouillage en force de la verrière a été étudiée. Cette étude a été confiée au constructeur (annexe 4) et un extrait de la réponse est présenté ci-dessous.

*En cas de « passage en force » du crochet sur le galet, de quelle distance ce dernier serait-il amené à reculer ?*

*Et dans ce cas, y-aurait-il des éléments fusibles ou des déformations visibles dans la timonerie (bielle, renvoi, axe...) ?*

*Lorsque la position de la manette de commande verrière est à l'arc-boutement, le galet est engagé dans le crochet, le crochet est toujours retenu, le galet a seulement reculé de 4,4 mm par rapport à sa position de fermeture (4,4mm en longueur d'arc sur un rayon R=30mm).*

*En cas de passage en force, c'est-à-dire sans que l'arc-boutement ne soit perdu (poignée à fond vers l'avant), il faudrait que :*

- 1. Soit le crochet recule de 16,9 mm (il est retenu par cale anti-recul entre 0,7 et 1,6 mm maxi),*
- 2. Soit le galet avance de 16,9 mm.*

*Dans le premier cas, des dégâts seraient très nettement visibles sur la butée anti-recul, et/ou le crochet et/ou la verrière,*

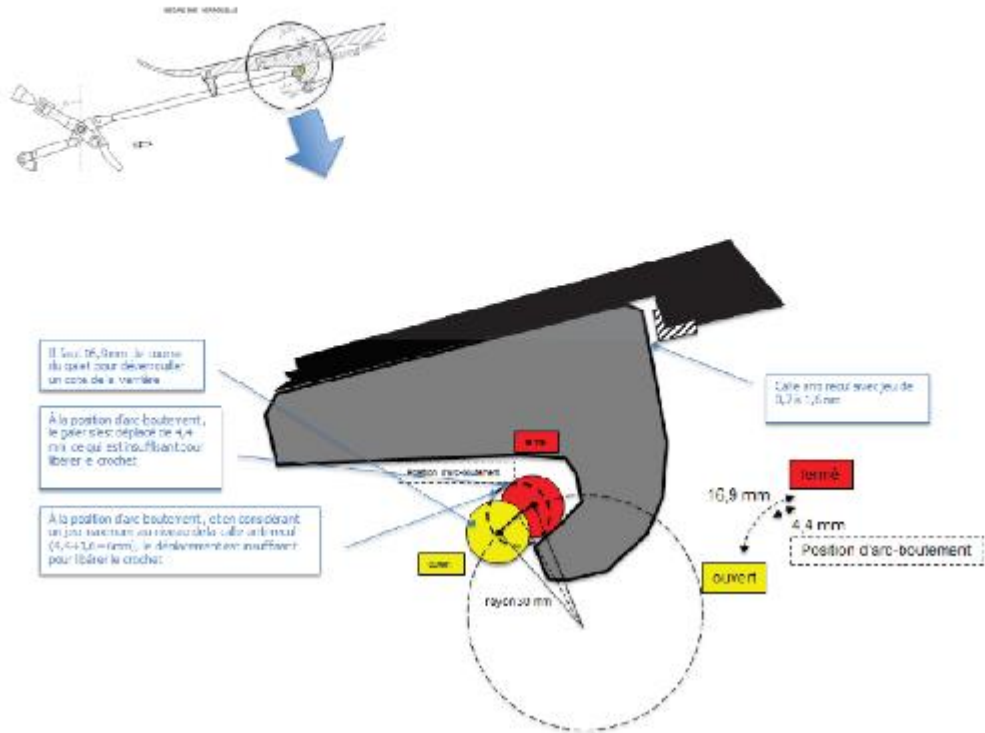
*Dans le deuxième cas, des dégâts seraient très nettement visibles sur la bielle de commande réglable qui porte le galet (probablement flambée) et/ou le galet lui-même.*

*Même avec des déplacements répartis de part et d'autre, les dégâts seraient toujours visibles.*

*Par ailleurs, il faudrait que les 2 cotés soient impactés pour que les 2 crochets ne soient plus retenus.*

*Pour mémoire le mécanisme d'arc-boutement est « bistable ». Une fois passée la position correspondant à l'arc-boutement, le galet va naturellement vers sa position ouverte ou fermée.*





*Ainsi, si toute la cinématique arrière est intégrée, si les pièces sont conformes à leur définition et si les réglages sont dans les tolérances, l'ouverture de la verrière n'est mécaniquement possible que par un mouvement de la commande.*

D'après les observations faites, l'hypothèse d'un passage en force ne peut être retenue.

## 6. CONCLUSION

Cette expertise concerne la perte en vol de la verrière arrière de l'Alphajet E60.

Les examens effectués montrent :

- l'absence d'endommagement à la fois sur la verrière et sur le mécanisme de verrouillage.
- que les valeurs relevées sur avion sont conformes aux données du constructeur.
- que la verrière ne s'est pas déverrouillée en force.

L'ensemble des travaux effectués montre que la perte de la verrière n'est probablement pas due à une cause technique.

**PAGE SANS TEXTE**

**- PLANCHES -**

---

**PAGE SANS TEXTE**

**Planche 1 : Vue d'ensemble de la verrière arrière**



Vue de dessus



Vue de gauche



Vue de droite



Vue de l'avant



Vue de l'arrière

Planche 2 : Fixation du vérin d'équilibrage

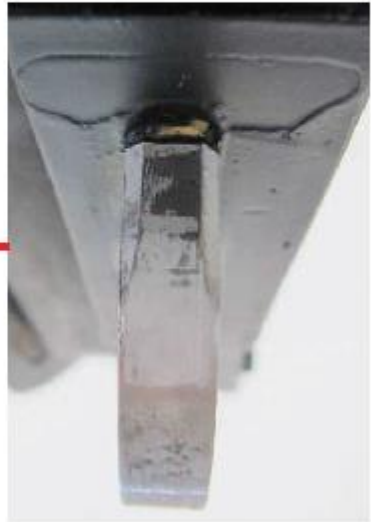


Rupture statique

Planche 3 : Crochets de verrouillage de la verrière



Crochet gauche



Crochet droit

Planche 4 : Vues de la timonerie de verrouillage sur avion



Bielle et galet gauche



Bielle et galet droit



Planche 5 : Examen des galets et des bielles élastiques



Galet gauche

Galet droit



Bielle élastique gauche



Bielle élastique droite

**PAGE SANS TEXTE**

**- ANNEXES -**

---

**PAGE SANS TEXTE**

**Annexe 1 : Résultats des essais sur avion**

**BILAN du 21/03/2017**

- Dépose siège arrière pour accessibilité selon CT 17-71-407 (OE : ZCAF00043510)
- Dépose centrale percussion selon CT 81-61-301 (OE : ZCAF00043535)
- Dépose cordeau pyrotechnique (OE : ZCAF00043603)
- Dépose vérin de verrière arrière selon CT11-21-403 (OE : ZCAF00043527)
- Pose verrière d'origine pour application CT 11-21-605 sans modification de réglage :

**Constat :**

- Bielles de la cinématique non flambées,
- Aucune trace de frottement,
- Axes de liaison correctement goupillés,
- Position du ressort de rappel correcte,
- Mise en place correcte de la goupille de maintien ensemble axe tête lisse et levier de verrouillage,
- Débattement timonerie libre, sans point dur, ni jeu,
- Absence de point dur lors de la descente verrière (accompagnement de la verrière par l'opérateur en l'absence du vérin de verrière),
- Bon fonctionnement des doigts de centrage dans leurs réceptacles,
- Brochage de la poignée de commande (à droite) possible avec le brochage du guignol K (à gauche).

Différentes mesures (CT 11-21-605)	Verrière d'origine (modifié 215EA)	Nouvelle verrière (modifié 215EA)
Valeur de l'arc-boutement - Avion sans point de brochage - Avion avec point de brochage	Sans objet (0.5 à 0.7 mm) <b>0.34</b> (0.3 à 0.7 mm)	
Vérification du jeu à fond de crochet (Mesure au pied à coulisse de l'épaisseur résiduelle du fil fusible dans la zone d'écrasement)	<b>Gauche : 1.2mm</b> <b>Droit : 1.3mm</b> (1 à 1.5mm)	
Vérification du réglage de la commande du robinet gonflage boudin XS XR XS-XR	XS= <b>21</b> XR= <b>10</b> XS-XR= <b>11</b> (>=10.5mm)	XS= ----- XR= ----- XS-XR= --- (>=10.5mm)
Mesures des efforts de manoeuvres sur les poignées : - Poignée intérieure • Verrouillage • Déverrouillage • Descente  - Poignée extérieure • Verrouillage • Déverrouillage	<b>12.78 daN</b> (Maxi 20daN) <b>6,2 daN</b> (Entre 10 et 18 daN) Impossible suite absence attache verrière-vérin d'équilibrage <b>16.1 daN</b> (Maxi 26 daN) <b>8.54 daN</b> (Maxi 25daN)	--- (Maxi 20daN) ----- (Entre 10 et 18 daN) ----- (Entre 6 et 12 daN)  ----- (Maxi 26 daN) ----- (Maxi 25daN)

<b>RAPPORT D'EXPERTISE</b> N° 17-DGATA-MTI-P1400794001066-F-A	<b>DGA Techniques aéronautiques</b>
--	-------------------------------------

Mesures prises avec :

- Peson mécanique 0-20kg (ECME-CZ-0136) : Validité d'étalonnage au 23/07/2017
- Peson numérique 0-250Nm (ISWD1500330) : Validité au 12/05/2018
- Peson numérique 0-500Nm (ISWD1501132) : Validité au 12/05/2018
- Vérification d'équipements liés à l'étanchéité, à la pressurisation selon CT 16-23-601:
  - Vérification de la soupape de sécurité incorporée au détendeur du circuit boudins : débit complet à 1700mbar (<1800mbar) et stabilisation à 1500mbar (>ou= 1300mbar),
  - Vérification de l'étanchéité boudin à 1200 mbar (doit être stabilisée entre 1000 et 1250mbar),
  - Vérification de la sécurité surpression cabine et de l'étanchéité cabine à 319mbar,

**BILAN du 23/03/2017**

- Valeur de déverrouillage avec verrière neuve + vérin d'origine :
- Utilisation normale (en conformité avec la carte de travail) : 6.4 daN
- Boudin gonflé : 7.2 daN
- Boudin gonflé + pressurisation cabine (50mb) : 8.2 daN

**BILAN du 07/06/2017**

Différentes mesures (CT 11-21-401)	Verrière d'origine (modifié 215EA)	Nouvelle verrière (modifié 215EA)
Vérification du jeu crochet butée anti-recul (Mesure au pied à coulisse de l'épaisseur résiduelle du fil fusible dans la zone d'écrasement)	<b>Gauche : 1.3mm</b> <b>Droit : 1.3mm</b> (0,7 à 1,6mm)	

Page 22	ANNEXE 1	Toute rediffusion partielle de ce rapport ne saurait engager la responsabilité de la DGA
---------	----------	--

**Annexe 2 : Relevé du contrôle dimensionnel**

DGA / Techniques aérospatiales  
Site de Toulouse  
Division Ingénierie des moyens d'essai  
Section : Mesure au laboratoire

**RAPPORT DE CONTRÔLE**  
N° B-45-2017

**DESTINATAIRE :** [REDACTED] **ENTITE :** MII

**OBJET DU CONTRÔLE**

Les crochets de fermeture droite et gauche d'une verrière Alphajet.

**BUT DU CONTRÔLE**

Relever un profil des crochets.

**OPERATEUR :**

[REDACTED]

**DATE DU CONTRÔLE :** 01/08/2017

**DATE D'EMISSION :** 04/09/2017

**MOYENS UTILISES :**

- M.M.T. Zeiss Contura G2

**INCERTITUDE DE MESURE DES MOYENS :**

$U = \pm 1,9 \mu\text{m} = (L/300) L \text{ en } \mu\text{m} \quad K=2$

**RÉSULTATS**

Voir pages suivantes.



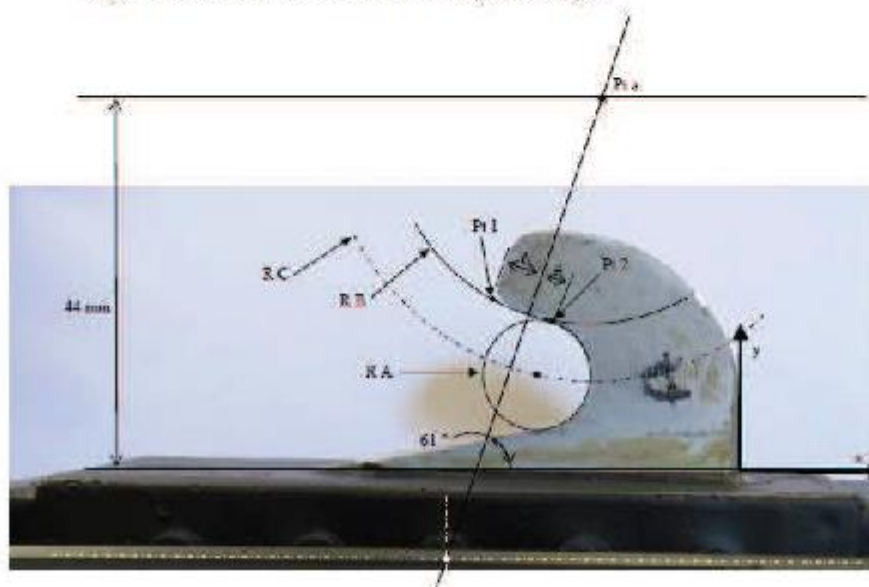
[REDACTED]

**SIGNATURE :**

Page : 1/3

Annexe 2 (suite)

Un profil a été effectué avec la M.M.T. sur chaque crochet de verrière. Les points relevés permettent de construire des éléments de mesure.  
Le référentiel a été construit sur la face arrière du crochet et sur le longeron de baquet (Référence plan fourni).  
Le pt a a été construit avec les données communiquées sur le plan.



Rayons des crochets (en millimètres)			
Rayons	Nominal	Gauche	Droit
R A	8 mm $\pm 0.1$	7.99	8.06
R B	22 mm	21.19	22.9
R C	30 mm	27.25	27.22
Pt 1	22 mm	23.29	19.83
Pt 2	22 mm	19.24	19.17

Il faut comprendre que le rayon R B n'a pas comme centre le Pt 1 car le rayon a été construit à partir d'un lot de points sélectionnés sur le profil entre le Pt 1 et le Pt 2.

Page : 2/3



Annexe 2 (suite)

Distances (en millimètre)		
	Gauche	Droit
4 mm	2.93	1.93 1.59
6 mm	6.12	7.28

Il faut comprendre que le point de tangence Pt 2 entre R.B et R.A est peu probable, soit les cercles ne se touchent pas, soit les cercles vont s'intersectés mais en deux points.  
 Dans le premier cas, il est retenu le point équidistant entre les périmètres des deux cercles dans la zone de plus faible proximité.  
 Dans le deuxième cas, il y a deux points.

Coordonnée de basculement (Pt 1) dans le référentiel (en millimètre)			
Gauche		Droit	
x	y	x	y
-38.44	29.35	-38.48	29.40



## Annexe 4 : Analyse du constructeur

----- Message d'origine -----



1°- Les butées anti-recul de la verrière sont-elles fabriquées à la demande ou bien ont-elles toutes les mêmes cotes ?

Oui les butées anti-recul ont la même définition (voir plan A11A221310004 en PJ), elles sont symétriques (entre G et D) et leur montage est identique sur toute la flotte (rep. 66 rivetée + collée ci-dessous).



2°- Lorsque le crochet est en position « verrouillé », de combien de cm doit-il reculer pour effacer le Galet ?

Le crochet est fixe à la verrière, c'est le galet qui s'efface de 16.9mm vers l'avant par la rotation du levier porte-galet (16.9mm en longueur d'arc sur un rayon R=30mm). En position ouverte le galet est tangent à l'extrémité du crochet.

3°- En cas de « passage en force » du crochet sur le galet, de quelle distance ce dernier serait-il amené à reculer ? Et dans ce cas, y'aurait-il des éléments fusibles ou des déformations visibles dans la timonerie ? (bielle, renvoi, axe...)

Lorsque la position de la manette de commande verrière est à l'arc-boutement, le galet est engagé dans le crochet, le crochet est toujours retenu, le galet a seulement reculé de 4.4 mm par rapport à sa position de fermeture (4.4mm en longueur d'arc sur un rayon R=30mm).

En cas de passage en force, c'est-à-dire sans que l'arc-boutement ne soit perdu (poigné à fond vers l'avant), il faudrait que :

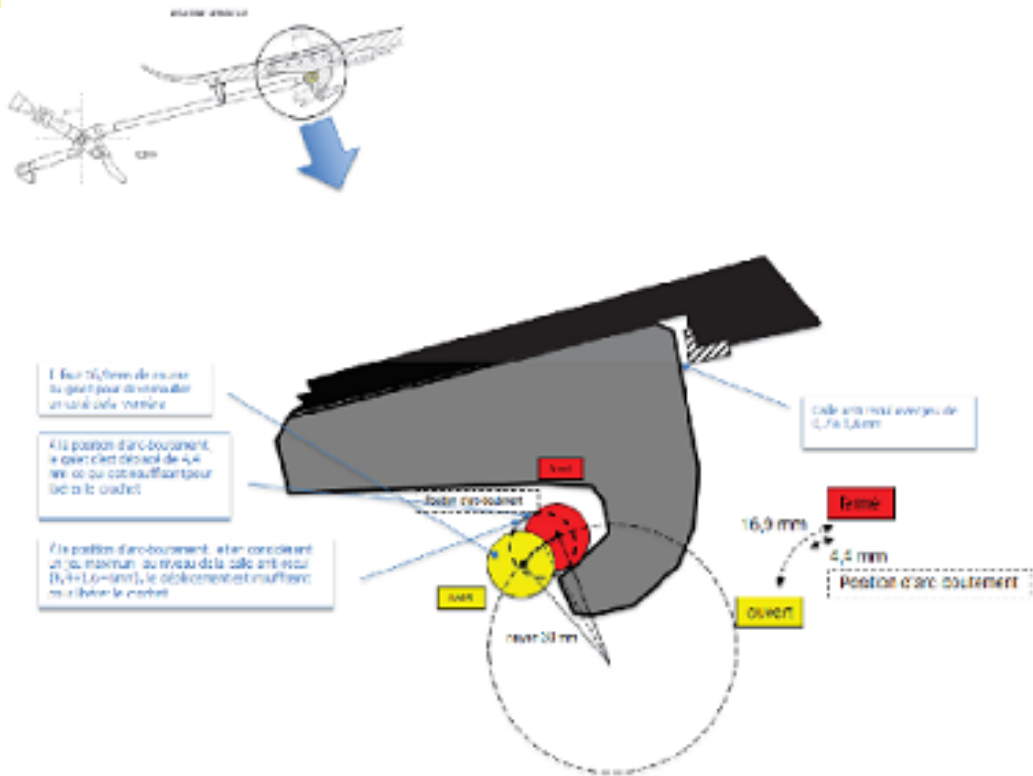
1. Soit le crochet recule de 16.9 mm (il est retenu par cale anti-recul entre 0,7 et 1,6 mm maxi),
2. Soit le galet avance de 16,9 mm.

Dans le premier cas, des dégâts seraient très nettement visibles sur la butée anti-recul, et/ou le crochet et/ou la verrière,

Dans le deuxième cas, des dégâts seraient très nettement visibles sur : la bielle de commande réglable qui porte le galet (probablement flambée), et/ou le galet lui-même.  
 Même avec des déplacements répartis de part et d'autre les dégâts seraient toujours visibles.

Par ailleurs, il faudrait que les 2 cotés soient impactés pour que les 2 crochets ne soient plus retenus.

Pour mémoire le mécanisme d'arc-boutement est « bistable », une fois passé la position correspondant à l'arc-boutement, le galet va naturellement vers sa position ouverte ou fermée.



Ainsi, si toute la cinématique verrière est intégrée, si les pièces sont conformes à leur définition, et si les réglages sont dans les tolérances, l'ouverture de la verrière n'est mécaniquement possible que par un mouvement de la commande.

Cordialement



## Annexe 5 : Fiche de synthèse

DIRECTION GÉNÉRALE  
DE L'ARMEMENTAVION ALPHAJET E60  
Expertise de la verrière**Noture du fait technique**

Perte de la verrière arrière en phase de montée.

**Noture des pièces fournies pour l'expertise**

Verrière arrière, galets et bielles élastiques.

**Examens effectués****Examen visuel**

Aucun dommage n'a été constaté sur les éléments fournis. Seule l'attache du vérin d'équilibrage est rompue en statique.

**Essais sur avion**

Une série de contrôle et de tests (mesures de jeu et pressurisation) ont été fait sur avion avec la verrière perdue en vol. Les relevés sont dans les tolérances données par le constructeur.

**Examen métrologique**

La verrière a fait l'objet d'un contrôle dimensionnel. Les valeurs obtenues sont conformes aux données du constructeur.

**Analyse du mécanisme de verrouillage**

Compte tenu des examens réalisés et des observations faites (poignée en position verrouillée), l'hypothèse d'un déverrouillage en force a été soumise au constructeur. Un passage en force de la verrière aurait endommagé un ou plusieurs éléments de la timonerie ou ce n'est pas le cas. Cette hypothèse ne peut donc être retenue.



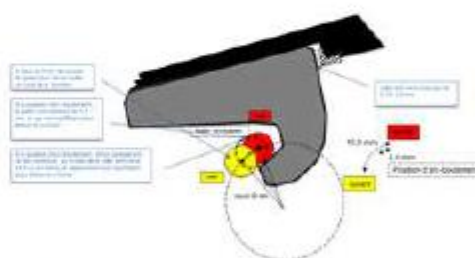
Verrière



Rupture de l'attache



Mécanisme de verrouillage



Hypothèse d'un passage en force (Dassault)

**Conclusions**

Aucun élément technique ne semble être à l'origine de la perte de la verrière.

Les examens ont montré :

- la conformité des tests en pressurisation et des mesures de jeu sur avion.
- l'absence de dommage ou d'usure anormale sur les éléments fournis.
- la conformité métrologique de la verrière.
- une rupture statique de la fixation du vérin d'équilibrage due à la perte de la verrière.

DGA/DT/TA/SDT/MT/MTI  
Diffusion ouverteFiche de synthèse 17-DGATA-MTL-P1400794001066-F-A  
Christophe LEFAOU – 28/09/2017

**PAGE SANS TEXTE**

ANNEXE II  
ANALYSE DE L'ÉVOLUTION DE L'EFFORT MINIMUM DE DÉVERROUILLAGE  
VERRIÈRE SUR ALPHAJET



MINISTÈRE DES ARMÉES

Analyse de l'évolution de l'effort minimum de  
déverrouillage verrière sur Alphajet

---

NOTE TECHNIQUE

N° 18-DGATA-AMCT- P1400794001009-1P-A

---



DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ARMEMENT  
DGA Techniques aéronautiques



MINISTÈRE DES ARMÉES



DIRECTION GENERALE  
DE L'ARMEMENT

DGA Techniques aéronautiques

NOTE TECHNIQUE	
Titre ou Objet	Analyse de l'évolution de l'effort minimum de déverrouillage verrière sur Alphajet
Identifiant	N° 18-DGATA-AMCT- P1400794001009-1P-A
Bénéficiaire	Christophe BORDES (BEA-é)
N° fiche de tâche ou contrat	N/A
Date d'émission fiche de tâche ou contrat	N/A

CLASSIFICATION		<input checked="" type="checkbox"/> NON PROTEGE					
Durée d'archivage : la durée d'archivage standard des notes est la durée de vie du matériel ou équipement en essai							
Déclassification				Prestation			
<input checked="" type="checkbox"/> Fiche signalétique				Lieu	DGA Techniques aéronautiques		
<input type="checkbox"/> A compter du XXX				Début	01/10/2018		
<input type="checkbox"/> Sur ordre de l'émetteur				Fin	01/10/2018		
Références de l'annexe de sécurité		OP N° XXX	AS N° XXX	du XXX / XXX / XXX			
Composition du document	5	0	0	XX	XX	XXX	XXX
	Pages dont	Planche(s)	Annexe(s)	Fichier(s)	Film(s)	Photo(s)	CD(s)
Auteur(s) :		Sylvain MASSEBOEUF		Mot(s) clé(s) :		XXX	
Métiers				Pôles			
2 - Plats-formes et systèmes aéronautiques				2 - Architectures et techniques de systèmes aéronautiques			
Prestation étatique : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>				Note jointe dans Indigo : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>			

Résumé :

Ce document résume l'analyse demandée par le BEA-é à AMCT sur l'évolution proposée par Dassault Aviation de l'effort minimum de déverrouillage de la verrière sur Alphajet.

Toute rediffusion partielle de ce document ne saurait engager la responsabilité de la DGA

Page 1

Direction générale de l'armement  
DGA Techniques aéronautiques  
47 rue Saint-Jean - BP n° 93123 - 31131 BALMA Cedex  
Téléphone : +33 (0)5.62.57.57.57 – Télécopie : +33 (0)5.62.57.54.47



NOTE TECHNIQUE N° 18-DGATA-AMCT-F1400794001009-1P-A	DGA Techniques aéronautiques
--	------------------------------

**PAGE SANS TEXTE**

Page 2	Toute rediffusion partielle de ce document ne saurait engager la responsabilité de la DGA
--------	---

**- SOMMAIRE -**

---

	Pages n°
1. INTRODUCTION.....	5
2. REFERENCES.....	5
3. EXPERTISE SUR L'EVOLUTION.....	5
3.1.1. DESCRIPTIF DE L'EVOLUTION.....	5
3.1.2. AVIS EXPERT AMCT.....	5

NOTE TECHNIQUE N° 18-DGATA-AMCT-P1400794001009-1P-A	DGA Techniques aéronautiques
--	------------------------------

**PAGE SANS TEXTE**

Page 4	Toute rediffusion partielle de ce document ne saurait engager la responsabilité de la DGA
--------	---

DGA Techniques aéronautiques	NOTE TECHNIQUE N° 18-DGATA-AMCT-P1400794001009-1P-A
------------------------------	--

## 1. INTRODUCTION

Dassault Aviation a émis en 2016 une note [1] de calcul justifiant l'évolution de l'effort minimal de déverrouillage de la verrière de l'Alphajet, passant de 10 daN à 5 daN.

Le BEA-é sollicite AMCT pour recueillir leur avis sur l'aspect ergonomique de cette évolution lors d'une évacuation d'urgence du cockpit.

## 2. REFERENCES

- [1] *Compte-rendu Effort minimum de déverrouillage verrière Alpha Jet*  
Dassault Aviation, réf. DGSM241334 du 18/05/2016

## 3. EXPERTISE SUR L'EVOLUTION

### 3.1.1. DESCRIPTIF DE L'EVOLUTION

Dans sa note justificative [1], Dassault Aviation compare des résultats de mesure à des valeurs d'efforts calculées théoriquement sur la chaîne du mécanisme de verrouillage/déverrouillage de verrière sur l'Alphajet

Les différents essais montrent que la valeur d'effort minimum de déverrouillage devrait être de 5 daN. Cette valeur prémunie de tout retour ou réglage non nécessaire tout en garantissant la sécurité. En effet, cette valeur est suffisante pour éviter tout déverrouillage intempestif. La configuration de la cabine et de la poignée se prêtent mal à une traction accidentelle de 5 kg.

Le calcul mathématique montre que l'effort théorique à la poignée est de 3,8 daN. Cette valeur semble cohérente de ce qui a été constaté sur avion même si elle est légèrement inférieure. Cette différence est due au fait qu'aucun frottement n'est pris en compte.

Compte-tenu de ces études, Dassault en conclut que l'effort minimum de déverrouillage verrière peut être fixé à 5 daN pour l'Alphajet, alors qu'elle était fixée à 10 daN auparavant.

### 3.1.2. AVIS EXPERT AMCT

La diminution d'un facteur 2 de l'effort minimal de déverrouillage de la verrière va dans le sens d'une meilleure ergonomie lors d'une évacuation en urgence du cockpit.

Les conclusions des essais de Dassault sont rassurantes quant au risque tout à fait négligeable de déverrouillage intempestif de la verrière.

AMCT valide donc l'évolution proposée par Dassault Aviation de diminuer l'effort minimal de déverrouillage de la verrière de l'Alphajet à 5 daN.
--

ANNEXE III  
RETRANSCRIPTION DU TÉLÉPHONE DE BORD

13h09min21sec                    COMMANDANT DE BORD  
Azur 17 taking off.

13h09min31sec                    Azur 17 copy confirm clear take off? Copy.

13h09min41sec                    Ok, c'est bon pour toi derrière?  
ÉLÈVE PILOTE  
C'est bon pour moi.

13h09min43sec                    COMMANDANT DE BORD  
Allez 3 2 1 et top.  
Le badin est actif.

13h09min56sec                    90kt 100kt rotation.  
Vario positif alti décollé le train.

13h10min11 sec                    150kt les volets.

13h10min20sec                    Trains rentrés volets rentrés 180 kt.  
Azur 17 airborne.

13h10min31sec                    Switching 339.775 good-bye.

13h10min38sec                    Cazaux departure Azur 17 good afternoon.

13h10min46sec                    Left 090 FL245 017.

13h10min48sec                    Tu veux l'avion?

13h10min51sec                    ÉLÈVE PILOTE  
J'ai l'avion.  
COMMANDANT DE BORD  
Allez, tu as l'avion, on vire par la gauche au cap 090.  
ÉLÈVE PILOTE  
Reçu.  
COMMANDANT DE BORD  
Et on va monter vers le 245, je passe 1013 devant.

13h11min12sec                    Tu as 1013 ?  
ÉLÈVE PILOTE  
J'ai 1013 derrière.  
COMMANDANT DE BORD  
Ok ça marche.

13h11min43sec                    Là, c'est bien tu prends 280 kt dans la montée. C'est pas mal.

13h11min 51sec                    ÉLÈVE PILOTE  
Vous pouvez me rappeler le niveau de vol.  
COMMANDANT DE BORD  
245.

13h11min 52sec                    ÉLÈVE PILOTE  
Reçu.

13h11min 54sec                    COMMANDANT DE BORD  
On a un peu de temps. Istres.

13h12min 01sec

13h12min 09 sec

**DÉTONATION (départ de la verrière)**

COMMANDANT DE BORD

Ok tu es là ?

ÉLÈVE PILOTE

J'ai l'avion.

COMMANDANT DE BORD

J'ai l'avion, j'ai l'avion. Tu as la verrière qui est partie ?

ÉLÈVE PILOTE

J'ai la verrière qui est partie.