



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ



BEAD-air-A-2014-012-I

Date de l'événement	23 juin 2014
Lieu	Lac de Monteynard-Avignonet (38)
Type d'appareil	Mirage F1 CR
Immatriculation	F-UICH N°645
Organisme	Armée de l'air
Unité	Escadron de reconnaissance 2/33 « Savoie »

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues. Enfin, des recommandations de sécurité sont proposées dans le dernier chapitre. Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête de sécurité est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

L'objectif de l'enquête de sécurité est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité et non d'établir les fautes ou évaluer les responsabilités individuelles ou collectives.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : SIRPA air

Photos :

- Pages 14, 15, 19 et 26 : gendarmerie nationale

Illustrations :

- Pages 8, 9, 11, 16, 17, 18 et 25 : BEAD air

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol	7
1.2. Tués et blessés	10
1.3. Dommages à l'aéronef	10
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur le personnel	11
1.6. Renseignements sur l'aéronef	12
1.7. Conditions météorologiques	13
1.8. Aides à la navigation	13
1.9. Télécommunications	13
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11. Enregistreurs de bord	14
1.12. Renseignements sur l'aéronef endommagé et sur l'impact	14
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	20
1.14. Incendie	20
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	20
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur les organismes	20
1.18. Renseignements supplémentaires	20
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	20
2. Analyse	21
2.1. Séquence d'événement	21
2.2. Domaine technique	21
2.3. Domaine environnemental	21
2.4. Domaines des facteurs humains et organisationnels	22
3. Conclusion	31
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement	31
3.2. Causes de l'événement	31
4. Recommandations de sécurité	33
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	33
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	33
ANNEXE	34
ANNEXE 1 PROFIL EN LONG DE LA LIGNE	35

GLOSSAIRE

BA	base aérienne
CAM-V	circulation aérienne militaire à vue
CAVOK	<i>ceiling and visibility OK</i>
CP	chef de patrouille
DIRCAM	circulation aérienne militaire
EPI	enquêteur de premières informations
PCO	pilote de combat opérationnel
RCAM	réglementation de la circulation aérienne militaire
REAC	répertoire d'emploi de l'aviation de chasse
RPL	réservoir pendulaire largable
RTE	réseau de transport électrique
SCP	sous-chef de patrouille
TBA	très basse altitude : hauteur de vol comprise entre 500 et 1 500 ft sol
VTH	visualisation tête haute

SYNOPSIS

Date de l'événement : 23 juin 2014 à 8 h 51
Lieu de l'événement : lac de Monteynard-Avignonet (38)
Organisme : armée de l'air
Commandement organique : commandement des forces aériennes (CFA)
Unité : escadron de reconnaissance (ER) 2/33 « Savoie »
Aéronef : Mirage F1 CR
Nature du vol : vol d'entraînement

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Au cours d'une mission d'entraînement à la reconnaissance tactique dans les Alpes, le leader d'une patrouille légère de deux Mirage F1 heurte une ligne électrique lors du survol du lac de Monteynard-Avignonet.

L'avion demeurant pilotable, la patrouille annule la mission et se déroute vers l'aéroport le plus proche. Le leader largue ses réservoirs pendulaires largables (RPL) et se pose sur le terrain de Grenoble-Isère.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un expert technique du BEAD-air.
- Un enquêteur de premières informations (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur Mirage F1.
- Un sous-officier mécanicien ayant une expertise sur Mirage F1.
- Un médecin du personnel navigant.

Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement Essais propulseurs (DGA EP).

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air a été informé téléphoniquement le 23 juin 2014 à 12 h 30 par le bureau du centre opérationnel air (COAIR). Un enquêteur de premières informations (EPI) a été désigné, il a rejoint le site vers 16 h 00. Le groupe d'enquête s'est rendu sur les lieux le lendemain.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Contexte de la mission

Indicatif mission : CAROL 404

Type de vol : CAM-I¹ et CAM-V lors du passage en très basse altitude (TBA)

Type de mission : mission d'entraînement à la reconnaissance en TBA en zone montagneuse

Heure de départ : 8 h 10

Temps de vol prévu : 2 h 30

Point d'atterrissage prévu : base aérienne (BA) 118 de Mont-de-Marsan

La formation se compose de deux aéronefs avec en leader un pilote de combat opérationnel (PCO) et en numéro deux un chef de patrouille (CP) responsable de la patrouille.

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

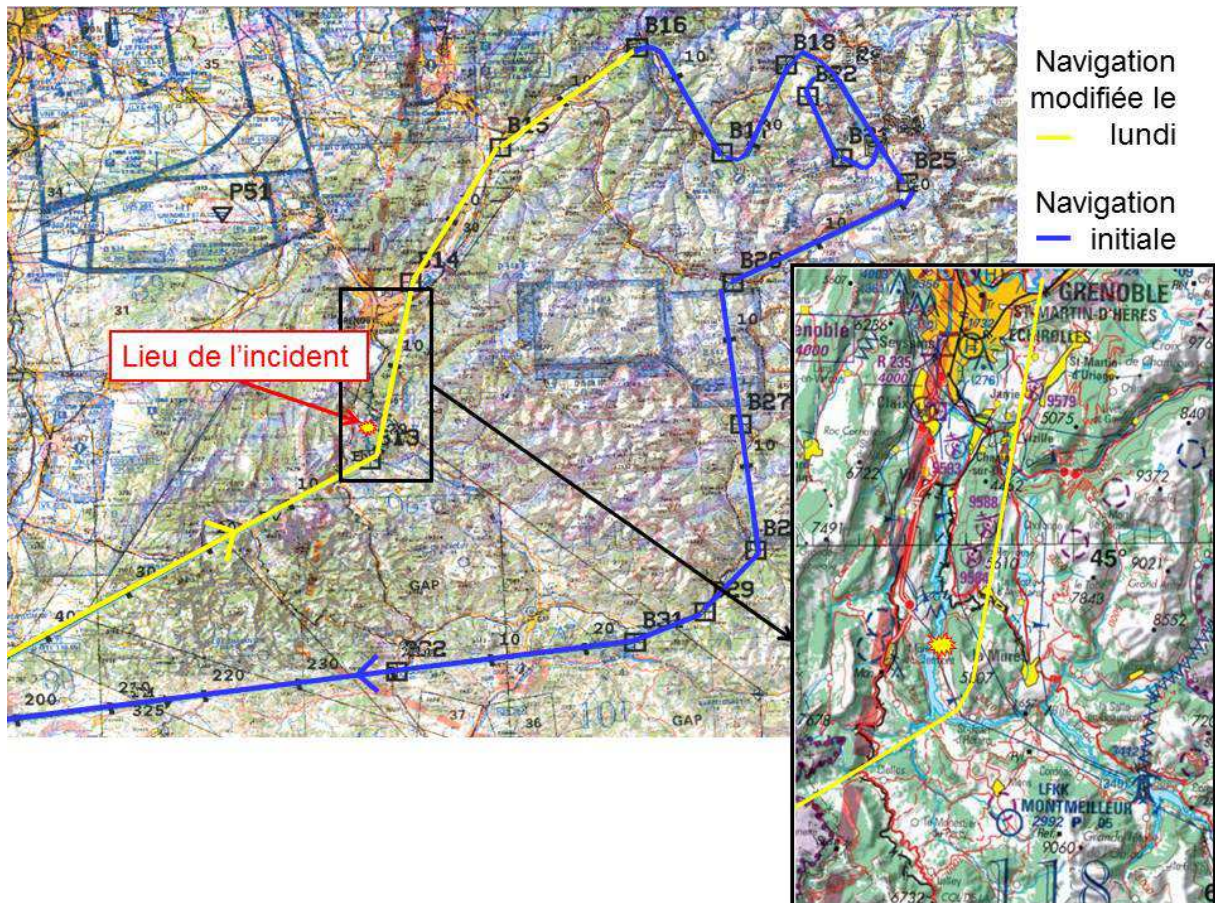
La mission d'entraînement comprend deux parties : une navigation et un ravitaillement en zone « MARIE » dans le nord-est de la France suivis d'une mission de reconnaissance en TBA en zone montagneuse avec la reconnaissance de quatre objectifs situés près de Thonon, Morzine, Méribel et Val d'Isère. La préparation a été effectuée par le leader.

Lors du briefing réalisé le dimanche sur la BA 120 de Cazaux, trois points de sécurité particuliers sont abordés :

- le rassemblement qui est particulier car le leader décolle de la BA 118 de Mont-de-Marsan et le numéro deux de la BA 120 de Cazaux. Il est décidé qu'il se déroulera juste avant le ravitaillement ;
- les risques de collision aviaire ;
- les particularités du vol en montagne et les risques de collision avec des câbles.

Le lundi matin, une heure avant le décollage, le ravitaillement est annulé. L'autonomie des appareils étant réduite, le leader écourte la phase tactique de la mission. Le leader propose un nouvel ordre de vol au commandant d'escadrille. Il informe le numéro deux de la modification de l'itinéraire par téléphone.

¹ CAM-I : abréviation utilisée pour désigner les règles de vol de la circulation aérienne militaire aux instruments.



Trajectoire initialement prévue lors de la préparation de mission

1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement

Le leader décolle à 8 h 10 (10 minutes après l'horaire initialement prévu). Le rassemblement s'effectue au-dessus de Mont-de-Marsan. Après un transit en haute altitude au cours duquel le leader poursuit le briefing, la patrouille réalise une percée sous contrôle de Lyon pour un travail en TBA. Les conditions météorologiques sont CAVOK².

² *Ceiling and visibility OK (CAVOK)* est un terme météorologique utilisé en aéronautique signifiant :

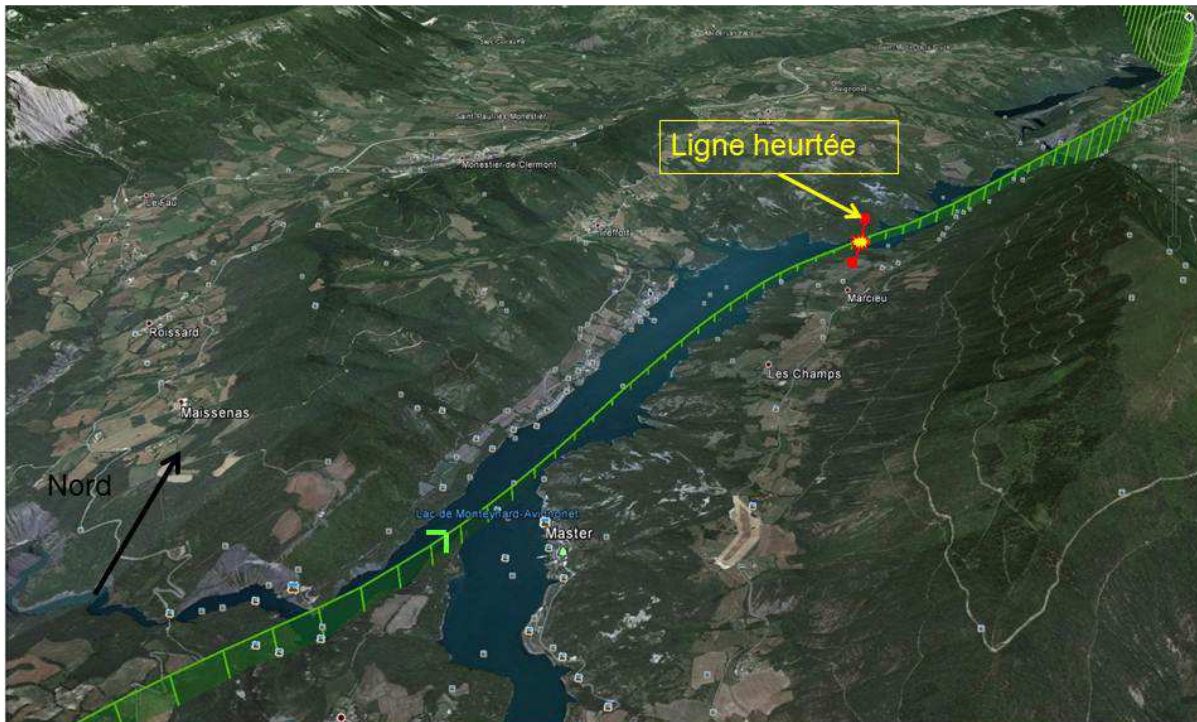
- visibilité ≥ 10 km

Pas de nuage au-dessous de la plus élevée des altitude ou hauteur suivantes :

- l'altitude minimale du plus haut relief situé dans un cercle de 25 Nm ;
- la plus élevée hauteur de 5000 ft par rapport à l'aérodrome.

1.1.2.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Après six minutes de navigation en TBA, la patrouille approche du lac de Monteynard-Avignonet. Le leader décide de quitter le cheminement planifié pour passer en navigation impromptue³. Le numéro deux est en position «*trail*»⁴ depuis le début de la navigation en TBA. Le leader amorce une descente sur le lac et le survole au cap nord sur sa rive est. Constatant qu'il est descendu à 270 ft⁵ (valeur radio sonde sur sa vision tête haute (VTH)), le leader débute une remontée et un léger virage à droite. Il heurte une ligne électrique à une hauteur estimée de 380 ft (voir annexe 1).



Trajectoire suivie et ligne électrique heurtée

1.1.2.4. Retour et recueil de la patrouille

L'avion demeurant pilotable, le leader reprend de l'altitude. Le numéro deux confirme que les becs et un des RPL sont endommagés. La patrouille se déroute vers l'aéroport de Grenoble-Isère. Le numéro deux gère les communications avec l'approche. Le leader largue ses RPL au-dessus d'une forêt 5 Nm⁶ au nord de l'aéroport. La patrouille se présente en longue finale. Le leader se pose sans encombre. Le numéro deux remet les gaz et rentre à Mont-de-Marsan.

³ Navigation sur un itinéraire non prévu lors de la préparation de la mission.

⁴ Position en arrière à environ 1,5 Nm et légèrement décalée.

⁵ ft : *feet*-pieds (1ft ≈ 0,30 m).

⁶ Nm : *nautical miles* – mile nautique (1 Nm ≈ 1 852 m).

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Isère (38)
 - commune : Marcieu
 - coordonnées géographiques :
 - 44° 57' 00" N
 - 005° 04' 30" E
 - altitude topographique du lieu de l'événement : 605 m
 - hauteur de vol au moment de l'événement : 380 ft sol
- Moment : jour
- Aérodrome praticable par un Mirage F1 le plus proche au moment de l'événement :
 - Grenoble-Isère à environ 30 Nm dans le 325° du lieu de l'événement

1.2. Tués et blessés

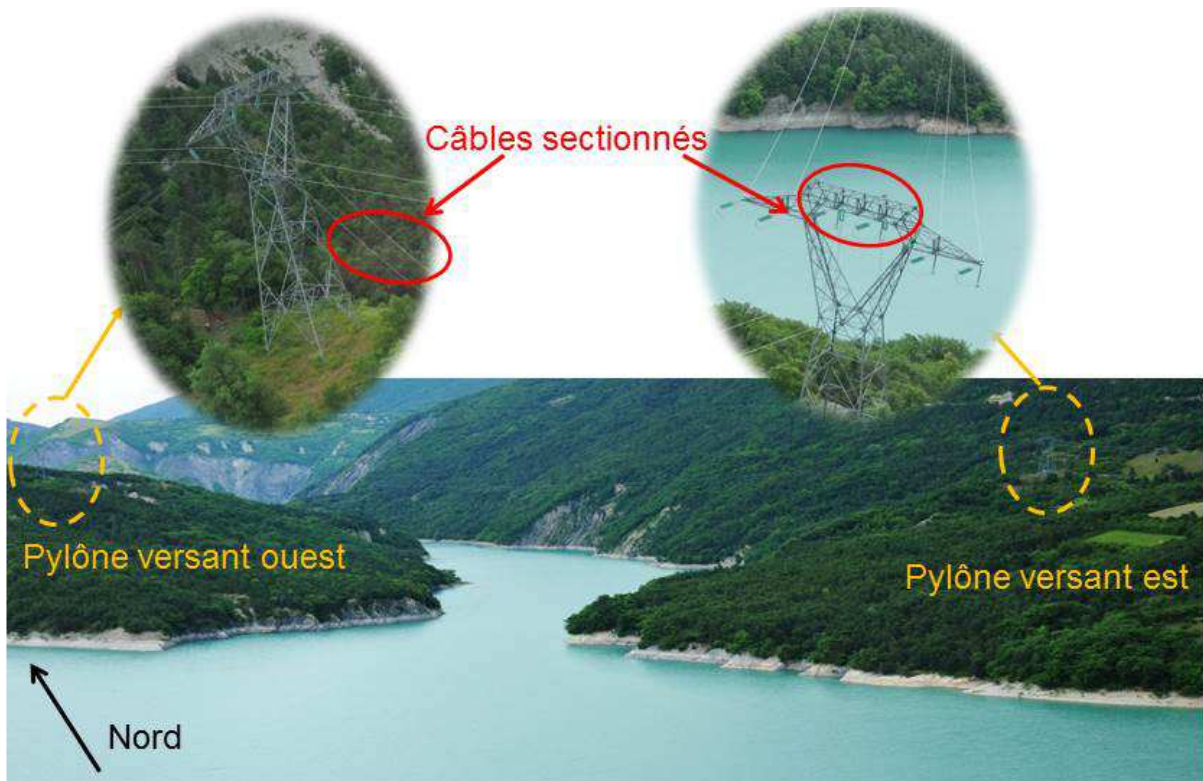
Néant.

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
Mirage F1 CR N°645			X	

1.4. Autres dommages

Deux des six câbles de la ligne électrique ont été sectionnés.



Vue générale de la ligne à haute tension avec les câbles sectionnés

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Leader

- Age : 29 ans
- Unité d'affectation : ER 2/33
 - fonction dans l'unité : officier navigant de la 2^{ème} escadrille
- Formation :
 - qualification : PCO en attente de qualification sous-chef de patrouille (SCP).
Il a validé toutes les épreuves et est en attente de signature au 1^{er} juillet 2014.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tout type	Dont Mirage F1	Sur tout type	Dont Mirage F1	Sur tout type	Dont Mirage F1
Total (h)	900	450	69	69	11	11

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur Mirage F1 : 19 juin 2014
 - sur tout type : 19 juin 2014

1.5.2. Numéro deux

- Age : 35 ans
- Unité d'affectation : ER 2/33
 - fonction dans l'unité : officier utilisation opérationnelle (OUO)
- Formation :
 - qualification : chef de patrouille (CP) en 2008
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	Sur tout type	Dont Mirage F1	Sur tout type	Dont Mirage F1	Sur tout type	Dont Mirage F1
Total (h)	2 750	2 362	60	60	20	20

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur Mirage F1 : 22 juin 2014
 - sur tout type : 22 juin 2014

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air
- Commandement organique d'appartenance : CFA
- Base aérienne de stationnement : BA 118 de Mont-de-Marsan
- Unité d'affectation : ESTA 2E.118
- Type d'aéronef : Mirage F1 CR
- Configuration :
 - Réservoir pendulaire de 1 200 litres sous chaque voilure
 - Lance-missile type 39

	Type - série	Numéro	Heures de vols totales	Heures de vol depuis
Cellule	Mirage F1 CR	645	5 019 h 30	160 h 45 depuis entretien type « G »
Moteur	ATAR 9K50	11 643	297 h 30	112 h 35 depuis CI 200

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur.

1.6.2. Performances

Sans objet.

1.6.3. Masse et centrage

La masse et le centrage de l'aéronef avant décollage sont dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34
- Quantité de carburant à la mise en route : 6 400 litres
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement : 3 190 litres

1.6.5. Autres fluides

Sans objet.

1.7. Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques sont CAVOK sur la zone de l'événement.

1.8. Aides à la navigation

Néant.

1.9. Télécommunications

Au moment de l'événement, la patrouille est sur la fréquence d'auto-information, ainsi que sur la fréquence « interne patrouille ».

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11. Enregistreurs de bord

Le Mirage F1 CR n°645 du leader est équipé :

- d'un enregistreur magnétique de paramètres de vol ;
- d'un enregistreur EVA, permettant l'enregistrement de la vidéo de la visualisation tête haute (VTH) et des informations GPS.

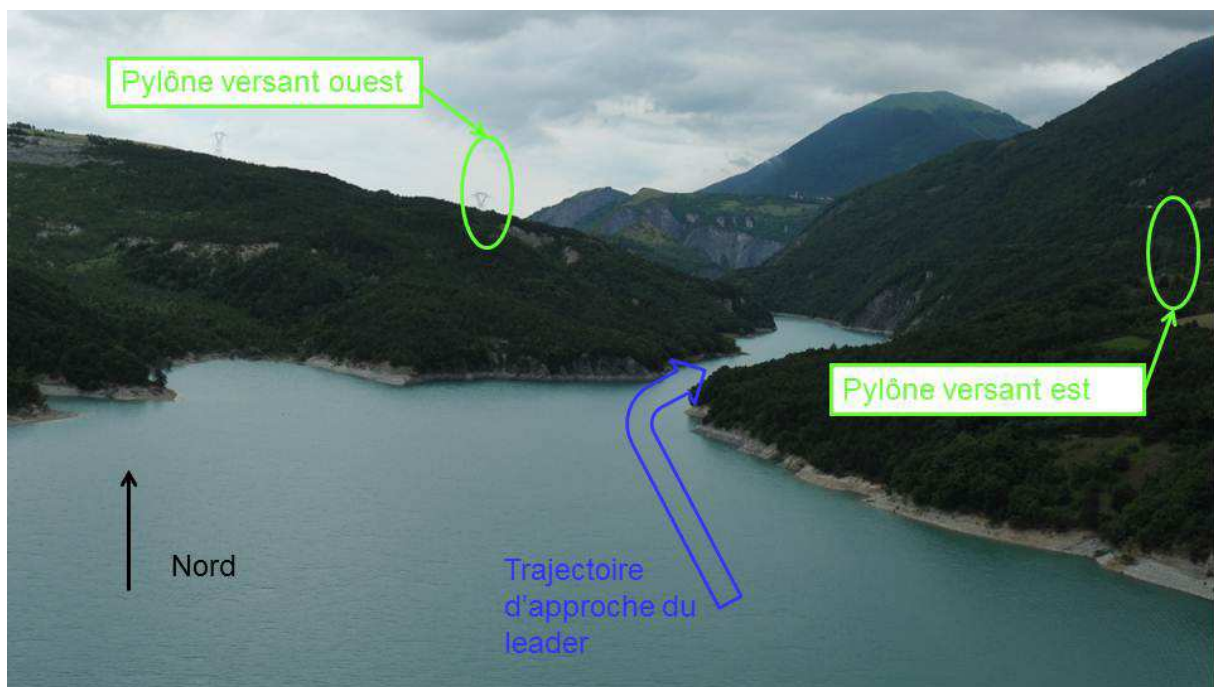
Les enregistreurs du leader et du numéro deux ont été analysés par le département restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA) ainsi que leurs médias EVA⁷.

Un défaut d'enregistrement de la VTH du leader a été constaté, elle n'a pu être exploitée. Les autres enregistrements sont de bonne qualité et permettent une restitution complète du vol.

1.12. Renseignements sur l'aéronef endommagé et sur l'impact

1.12.1. Examen de la zone

La zone se situe dans l'Isère au sud de Grenoble. Elle est accidentée et présente de nombreuses lignes à haute tension matérialisées sur la carte à l'échelle 1/500 000^e de navigation à vue éditée par la direction de la DIRCAM.



Vue générale du lac avec la ligne à haute tension sur l'axe d'arrivée de la patrouille

⁷ EVA : enregistreur et visualiseur aérien



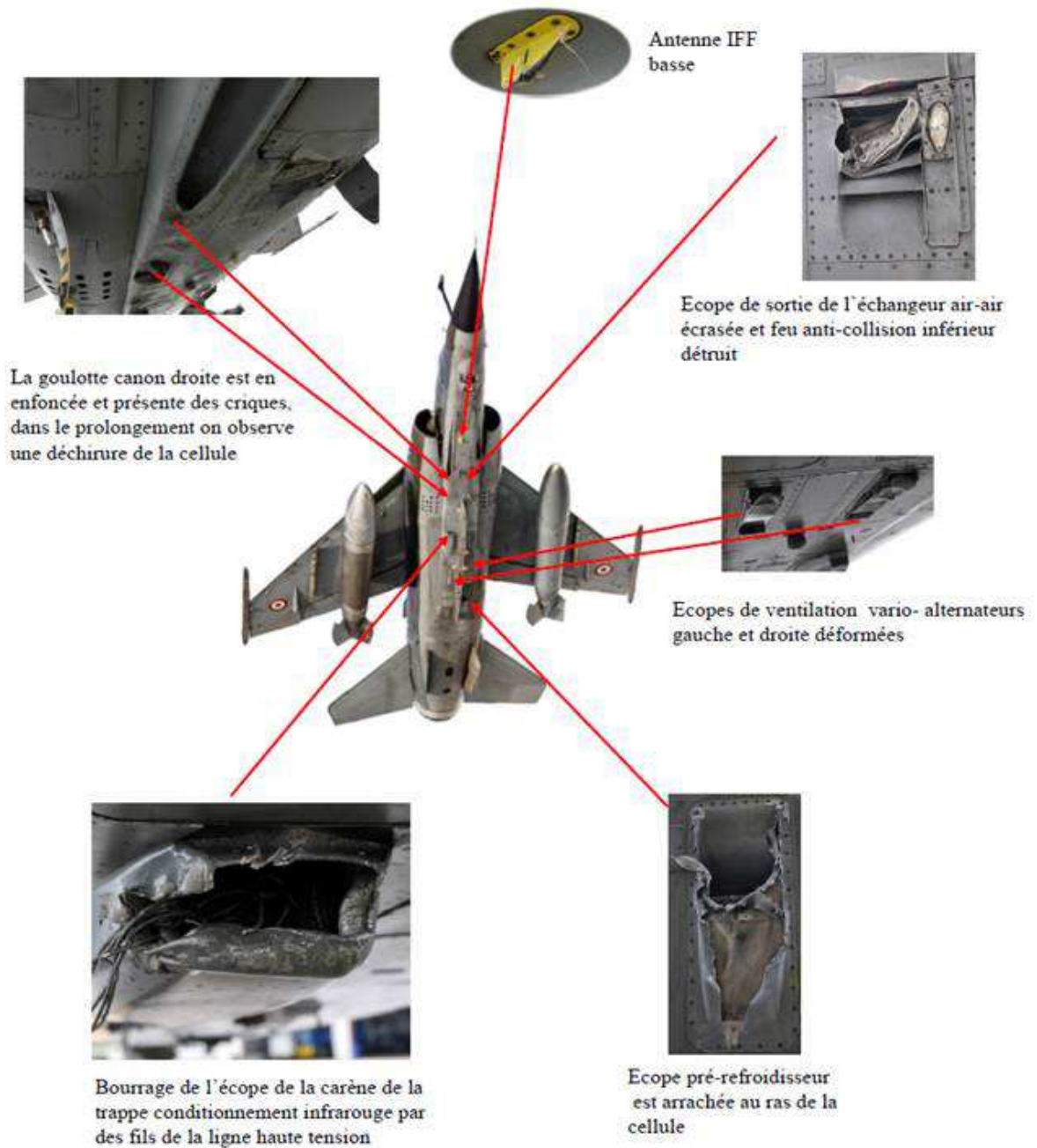
Vue de la ligne à haute tension

1.12.2. Examen détaillé de l'appareil

L'appareil présente des dommages mécaniques (déchirures, arrachages, impacts) et des traces d'arcs électriques.

1.12.2.1. Dommages au niveau du fuselage

- L'antenne IFF basse est détruite.
- La charnière arrière de la trappe de train avant est déformée et le déflecteur à l'arrière de la trappe est enfoncé. Le feu anticollision inférieur est détruit.
- L'écope de sortie de l'échangeur air-air est arrachée en partie avant et enfoncée en partie arrière.
- L'antenne super-cyclope (Data Link) est endommagée.
- La goulotte droite est enfoncée et présente des craques et des traces de frottement. La cellule dans le prolongement de la goulotte droite jusqu'à la trappe « Infra-Rouge (IR) » est enfoncée, frottée et présente une craque d'environ 10 cm juste en arrière de la goulotte.
- La trappe en arrière de la goulotte droite est enfoncée et présente des traces de frottement.
- La trappe en avant de la trappe IR est presque entièrement arrachée.
- La trappe IR est enfoncée et percée en partie avant.
- Le déflecteur en avant de la trappe super-cyclope est enfoncé.
- L'écope du pré-refroidisseur de la soute IR est entaillée sur environ 5 cm dans le sens de la longueur en partie avant et est enfoncée en partie arrière.
- Les deux écopes de ventilation des vario-alternateurs sont écrasées et déchiquetées.
- L'écope du pré-refroidisseur d'air de conditionnement est arrachée au ras de la cellule.
- La plaque d'accès à la bâche circuit 1 est enfoncée et présente des traces de frottement. La tapette d'accès au niveau hydraulique circuit 1 est tordue.
- La cellule côté droit juste au-dessus de la trappe d'accès à la bâche circuit 1 présente des traces de frottement et de nombreuses déformations.
- La cellule présente des traces de frottement et un léger enfoncement d'environ 40 cm² juste en dessous du volet interne droit.



Vue des dommages sous le fuselage

- La trappe d'accès au plein d'huile est déformée au niveau de sa sauterelle de verrouillage arrière. L'écope de sortie du pré-refroidisseur d'air de conditionnement est tordue et présente des points de soudure.
- L'attache avant de la quille gauche est arrachée. La quille a pivoté de 180 degrés et s'est pliée en deux. Le pion de centrage arrière a perforé la cellule en dessous de son logement.

1.12.2.2. Dommages au niveau de la voilure



Marquage prononcé d'un fil de la ligne à haute tension sur le lance missile droit



Feu de navigation droit inférieur arraché



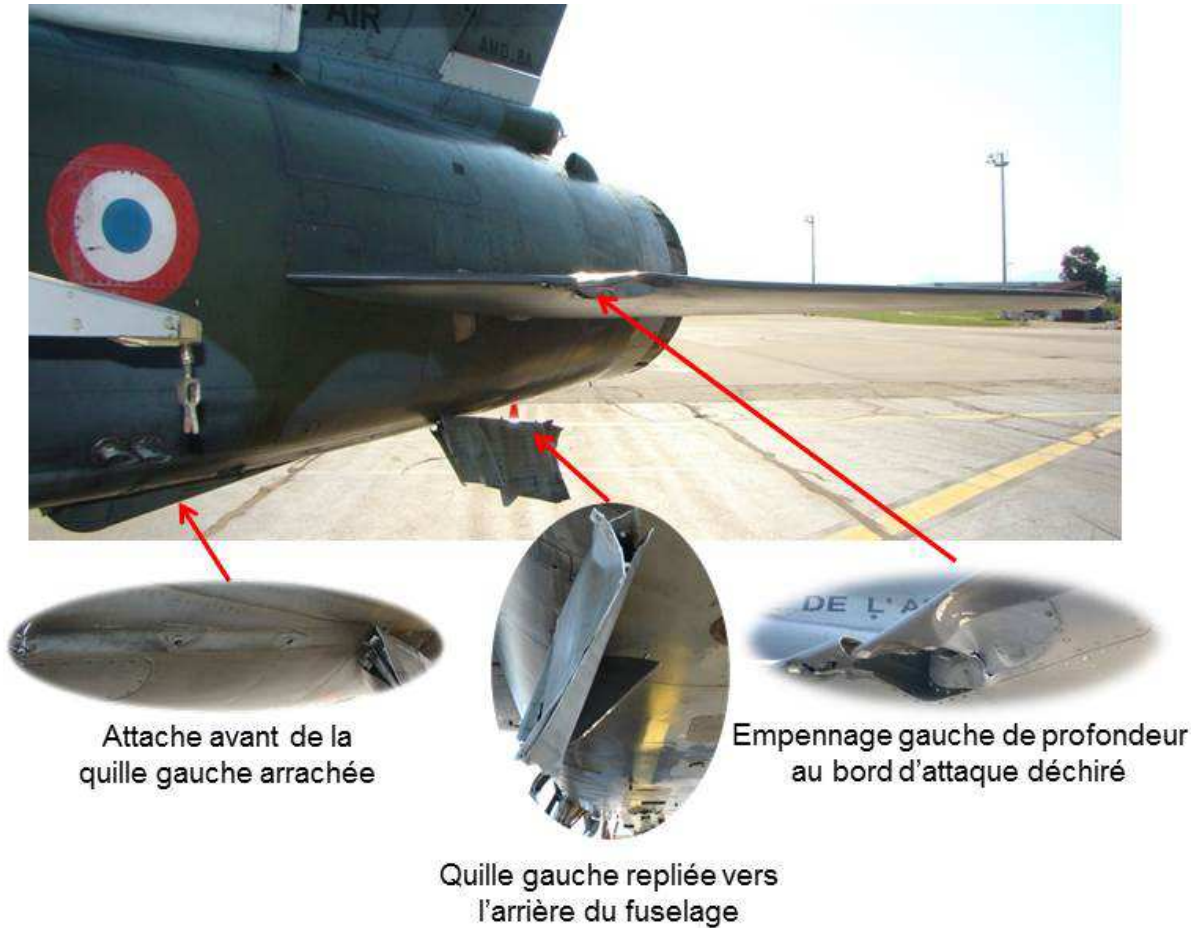
Bec externe droit arraché

Vue des dommages au niveau de la voilure

- Un trou d'environ 2 cm² est observable sur l'intrados du bec à fente droit débouchant sur l'extrados entre le rail n°1 et le rail n°2.
- Le bec à fente droit est détruit en bout d'aile. Le rail n°4 est cassé. Le bord d'attaque de la voilure est éventré et tordu au niveau du rail n°4.
- Les feux de navigation supérieur et inférieur droits sont arrachés. La plaque intrados d'accès à la prise lance-missile est arrachée.
- Le lance-missile droit est éventré en partie arrière. La voilure présente des traces de frottements et un léger enfoncement le long du lance-missile en avant de l'aileron droit.

1.12.2.3. Dommages au niveau de l'empennage

- Le bord d'attaque du plan horizontal gauche est enfoncé.
- L'avion présente des traces d'arcs électriques, notamment sur la quille droite et sur les volets froids moteur inférieurs.



Vue des dommages au niveau de l'empennage

1.12.3. Les réservoirs pendulaires

Les deux réservoirs pendulaires étaient vides lors de leur largage. Le RPL droit ayant touché la ligne est partiellement détruit.



RPL droit



RPL gauche

Réservoirs pendulaires

Ils ont été retrouvés aux coordonnées suivantes :

- droit : 45° 27' 618 N / 005° 14' 787 E ;
- gauche : 45° 27' 545 N / 005° 14' 974 E.

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Leader

- Dernier examen médical :
 - type : visite médicale à l'unité
 - date : 24 mai 2014
 - résultat : apte
 - validité : 6 mois

1.13.2. Numéro deux

- Dernier examen médical :
 - type : visite médicale à l'unité
 - date : 11 mai 2014
 - résultat : apte
 - validité : 6 mois

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

L'avion a pu rejoindre sans difficulté l'aéroport de Grenoble-Isère où il a été pris en charge par les secours « piste » à son arrivée selon la procédure règlementaire.

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

1.17. Renseignements sur les organismes

Sans objet.

1.18. Renseignements supplémentaires

Sans objet.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

2. ANALYSE

L'événement est un **heurt de ligne à haute tension**.

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

Elle présente la séquence de l'événement puis les causes de ce heurt de ligne dans les domaines technique, environnemental et des facteurs humains et organisationnels (FHO).

2.1. Séquence d'événement

La séquence d'événements suivante a été établie à partir des données enregistrées.

- T : début du vol
- T + 35 min : descente en basse altitude
- T + 40 min 32 s : virage à droite et début de la descente sur le lac
- T + 40 min 39 s : virage à gauche
- T + 40 min 46 s : la radiosonde indique 270 ft
- T + 40 min 47 s : début de la remontée
- T + 40 min 58 s : virage à droite
- T + 41 min 04 s : impact avec la ligne électrique.
- T + 45 min : le n°2 informe le contrôle de Grenoble-Isère de la collision avec la ligne et sollicite un déroutement
- T + 49 min : largage des RPL
- T + 52 min : atterrissage sur le terrain de Grenoble-Isère

2.2. Domaine technique

L'appareil a été entretenu conformément au plan de maintenance. Aucun dysfonctionnement n'a été constaté par l'équipage. Aucune défaillance technique n'a été constatée par l'équipage.

L'événement n'est pas lié à une cause technique.

2.3. Domaine environnemental

Les conditions météorologiques sont favorables à la mission.

L'événement n'est pas lié à une cause environnementale.

2.4. Domaines des facteurs humains et organisationnels

2.4.1. Actes non sûrs

2.4.1.1. Trajectoire en navigation imprévue

Au cours de la navigation en TBA, le leader décide de faire de la navigation imprévue, c'est-à-dire sur un itinéraire non prévu lors de la préparation de la mission. Il décide de rejoindre une route au nord-est de Grenoble par le lac de Monteynard-Avignonet.

Ce lac est une retenue d'eau artificielle, d'une largeur moyenne de 300 mètres, alimentant une centrale électrique EDF. Il est délimité par les canyons du Drac et de l'Ébron. En arrivant sur le lac, le leader décide de descendre sur celui-ci. Il effectue le survol sur la rive est au cap nord pour amorcer ensuite un virage à droite. En suivant cette trajectoire, il découvre tardivement la ligne à haute tension masquée par le relief.

La trajectoire adoptée n'est pas appropriée à la configuration du relief de la zone.

2.4.1.1. Lecture de la carte à l'échelle 1/500 000^{ème}

Le leader a consulté la carte aéronautique au 1/500 000^{ème} lors des modifications de trajectoire mais n'a pas détecté la ligne.

La consultation en vol de la carte au 1/500 000^{ème} n'a pas permis d'anticiper le croisement de ligne.

2.4.1.2. Utilisation de la radiosonde

Le Mirage F1 CR est équipé d'une radiosonde permettant au pilote de connaître en permanence sa hauteur. La sélection de hauteur (SELH)⁸ permet d'émettre une alarme visuelle en VTH lorsque l'avion descend sous la hauteur sélectionnée. Son apparition doit nécessairement entraîner une réaction à cabrer. Le REAC prévoit pour les vols en dessous de 1 000 ft de régler la hauteur de garde de la radiosonde à la hauteur de vol moins 100 ft. Pour un vol à 500 ft, cette alarme devrait être réglée à 400 ft.

La hauteur de garde de la radiosonde n'est pas réglée par le leader avant le décollage. Le réglage de la radiosonde ne figure pas dans la check-list pilote de cet appareil. Le seuil affiché est de 250 ft. Pour le leader, il s'agit de la hauteur de garde réglée par un autre pilote lors d'un vol précédent.

⁸ C'est un dispositif qui permet au pilote de sélectionner une hauteur (information prise sur la radiosonde) qui, dès qu'elle est franchie vers le bas, génère une alarme visuelle sous forme de flèche apparaissant au milieu de la VTH. Celle-ci incite le pilote à remonter.

Avant le décollage, le leader a reporté le réglage de la radiosonde à une autre phase du vol. Il était occupé à trouver un nouveau point de rassemblement suite au report de son décollage. Il a ensuite oublié de la régler.

La ligne percutée se situe à une hauteur d'environ 380 ft.

Le leader n'a pas réglé sa radiosonde conformément aux directives du REAC.

2.4.1.3. Hauteur de vol et gestion de la remontée

Après un virage à gauche pour descendre sur le lac, le leader constate être en dessous du plafond fixé. Il lit sur sa VTH 270 ft et entreprend une remontée (110 ft en 18 secondes). Il percute le câble à une hauteur estimée entre 380 et 400 ft.

Dans le REAC, il est prévu que « l'allumage de l'alarme correspondante [à la radiosonde] doit rester un événement anormal entraînant une réaction immédiate de l'équipage ». L'alarme associée à la radiosonde ne s'est pas déclenchée (car réglée à 250 ft).

Le leader n'a pas conservé une hauteur de vol supérieure à 500 ft.

2.4.2. Conditions préalables

2.4.2.1. Changement de plan de vol suite à l'annulation du ravitaillement

L'adaptation à des modifications de mission même en vol fait partie des compétences que doivent posséder les pilotes. Le leader apprend l'annulation du ravitaillement en vol une heure avant le décollage soit 30 minutes avant de monter dans l'avion. Il élabore un nouveau plan de vol en conservant le maximum d'objectif avec comme contrainte son autonomie réduite. L'annulation ou le report de la mission n'ont pas été envisagés ni par les pilotes de la patrouille, ni par le commandant d'escadrille. Il entre de nouveaux points de passages dans le logiciel de préparation de mission (buts, schéma paragraphe 1.1.2.1.) et informe le numéro deux des modifications. Ce nouveau plan de vol, établi en temps réduit, comprend des survols de crêtes. Lors du passage en navigation imprévue, la non-détection de la ligne sur la carte a pu être favorisée par :

- la contrainte temporelle pour prendre la décision de rejoindre (ou non) la vallée ;
- la nécessité pour le pilote de continuer à contrôler sa trajectoire tout en consultant la carte papier. En effet, le contrôle de la trajectoire implique des actions sur les commandes de vol et une surveillance du ciel en vertu du principe « voir et éviter » ;
- l'exiguïté de la cabine de pilotage de F1 qui ne facilite pas le dépliage et la consultation des cartes aéronautiques en cours de mission.

Le travail d'anticipation nécessaire à la détection d'obstacles n'a pas été réalisé dans des conditions de travail optimales.

2.4.2.2. Représentation erronée de la situation

Le leader n'a pas identifié la présence de cette ligne électrique lors de la consultation de la carte aéronautique avant de s'engager dans la vallée. Dès lors, la détection d'une ligne non attendue pouvait être plus difficile et retardée car il ne la recherche pas, persuadé que la trajectoire est exempte d'obstacles. Il ne détecte la présence de la ligne qu'après l'avoir heurtée.

La représentation erronée de la situation du leader (vallée sans ligne) que se fait le leader a contribué à la non-détection de la ligne.

Les pilotes de chasse sont entraînés à ces conditions au cours des vols tactiques qui sont réalisés à une hauteur de vol minimale de 150 ft et avec une hauteur de garde de la radiosonde de 150 ft. Il peut sembler cohérent pour le leader de rejoindre progressivement la hauteur de vol minimale de 500 ft et sans que cela soit considéré comme une prise de risque. Une remontée rapide ayant des contraintes (charge de travail, contraintes physiologiques), il est probable que les contraintes (certaines) de cette modification de trajectoire aient été jugées trop importantes par le pilote au regard de son bénéfice (hypothétique) pour la sécurité.

Le sentiment de maîtrise de la situation a contribué à ne pas initier une remontée rapide.

2.4.2.3. Détection⁹ et détectabilité¹⁰ de la ligne

Le vol se déroule dans de bonnes conditions météorologiques. La visibilité est bonne.

Le numéro deux est descendu sous l'altitude vol prévue pour essayer de le faire ressortir par contraste, tout en portant une attention particulière aux hauts des crêtes. Il détecte le second pylône du versant ouest du Drac puis le premier. S'inquiétant du danger ligne, il poursuit son balayage visuel pour essayer de détecter la ligne tout en continuant d'essayer d'acquiescer en visuel son leader. Il finit par repérer le pylône du versant est. Alors qu'il est sur le point d'annoncer le danger ligne, il aperçoit son leader heurter la ligne.

⁹ Action de détecter

¹⁰ Capacité de détecter



Vue des pylônes sur la VTH du numéro deux à 240 ft environ

Lors de la remontée du lac, le leader porte son regard sur sa future trajectoire puis sur les lignes de crêtes de manière successive.

Le leader n'est pas parvenu à détecter la présence de la ligne à haute tension.

L'aéronef du leader évolue environ 30 à 50 mètres en dessous des pylônes électriques. A cette hauteur, le pylône situé sur la rive est ne peut pas être perçu par le pilote jusqu'à la sortie de son virage, car il est masqué en partie par un phénomène d'interposition par le relief (gorge), l'autre partie se superposant à un relief montagneux situé en arrière-plan. La ligne n'est pas balisée¹¹. Aucun dispositif ne permet d'améliorer la détectabilité du câble.

L'acuité visuelle décroît avec la diminution du contraste.

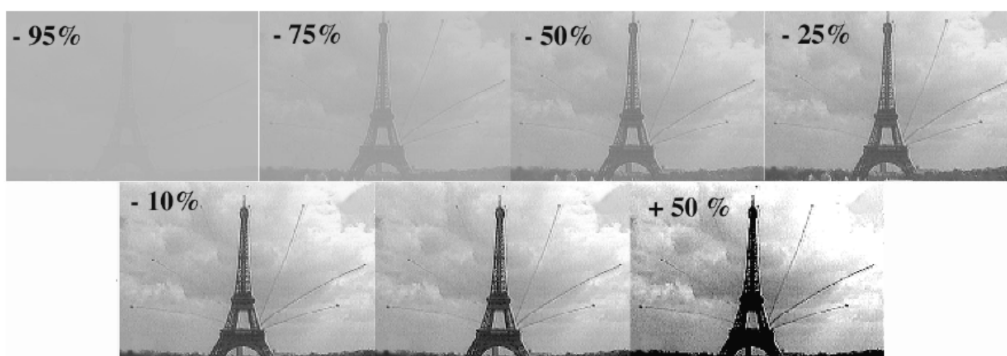


Illustration du lien entre l'acuité visuelle et le contraste

¹¹ N'ayant pu accéder au dossier d'ouvrage de la ligne heurtée, le BEAD-air n'a pas été en mesure de vérifier la raison de l'absence de balisage sur cette ligne.

Seuls les deux pylônes situés sur la rive ouest de la rive se trouvaient dans l'axe de la trajectoire du leader.



Vue des pylônes à 500 ft environ

Dès que le pilote entame un virage à droite, ces deux pylônes ne se trouvent plus dans son champ de vision centrale (zone où l'acuité visuelle est maximale). Sans stratégie volontaire et systématique de balayage visuel à la recherche de pylônes sur les lignes de crêtes et dans le relief avoisinant, il apparaît alors difficile de détecter leur présence.

Le positionnement des pylônes ainsi que les limites physiologiques de l'œil rendent difficile leur détection.

2.4.2.4. Expérience du vol en montagne

Ce vol est seulement le troisième vol d'entraînement TBA dans les Alpes pour le leader. L'expérience au vol TBA en montagne a été principalement acquise dans le Massif Central où les obstacles (lignes et câbles) aériens sont moins fréquents.

Le numéro deux (CP et OÙO) décrit précisément la stratégie utilisée pour éviter d'entrer en collision avec une ligne ou un câble en montagne (à savoir, méfiance à l'approche d'une retenue d'eau et balayage visuel des collines et des lignes de crêtes à la recherche de pylônes plus qu'une détection des lignes elles-mêmes), le leader n'a pas décrit la mise en œuvre d'une telle stratégie au cours de l'événement. Cette verbalisation de la stratégie traduit un savoir-faire acquis pour le responsable de la patrouille, ce qui n'était pas encore le cas pour le leader.

Le positionnement sur la rive est du leader dans le virage qui précède la ligne percutée pourrait témoigner de l'expérience encore limitée au vol TBA en zone montagneuse du leader. En effet, sa trajectoire est différente de celle du numéro deux. Alors que le numéro deux aborde le virage par l'extérieur, le leader l'aborde par l'intérieur, ce qui retarde le visuel sur la ligne électrique et sur le pylône situé sur la rive est.

L'expérience limitée du leader en zone montagneuse a contribué à son positionnement non-optimal et à la non-détection de la ligne.

2.4.2.5. Formation adoptée par la patrouille

Afin de suivre des conditions proches de celles rencontrées en opération, la patrouille préfère minimiser les communications lors de la phase de reconnaissance. Ainsi, lors de la perte de visuel, le numéro deux préfère essayer de localiser son leader que d'annoncer la perte de visuel. L'anti abordage au sein de la patrouille est toujours assuré car le numéro deux dispose d'une information quant à la distance qui le sépare du leader au travers du TACAN¹². La distance que l'instrument fournit est conforme à la formation retenue pour réaliser la mission (trail). Seule la position exacte de l'aéronef du leader n'était pas connue.

Lorsque le numéro deux détecte la présence d'un pylône, il poursuit son balayage visuel pour identifier d'autres pylônes. Une fois la ligne identifiée (détection des deux pylônes de part et d'autre de la rivière), alors qu'il est sur le point d'annoncer le danger, il constate que le leader vient de heurter la ligne.

Une annonce dès la détection du premier pylône n'aurait probablement pas permis l'évitement de la ligne. En effet, le temps nécessaire à l'annonce et à la réaction du leader était inférieur au temps restant avant le heurt de ligne.

La formation adoptée, conforme aux besoins du vol tactique en montagne, ne permet pas au numéro deux d'assurer la surveillance du ciel.

2.4.2.6. Contrôle de la hauteur de vol réalisée à vue

Le leader utilise deux moyens pour contrôler sa hauteur de vol : une estimation à partir des informations disponibles dans son environnement visuel (vol à vue) et une consultation périodique de la hauteur mesurée par la radiosonde (présentée sur la VTH sous format numérique).

Dans une perspective d'amélioration de la sécurité des vols, il semble important de retenir que l'estimation de la hauteur de vol par les pilotes à partir d'indices perceptifs visuels présente des écarts par rapport à la hauteur de vol réelle, aussi bien dans le sens d'une sous-estimation de la hauteur de vol réelle que dans le sens d'une surestimation (en fonction de l'altitude notamment).

Le contrôle de la hauteur de vol réalisée à vue n'a pas permis au leader d'appréhender la hauteur exacte de vol.

¹² TACAN : *Tactical air navigation aid* - Système de navigation tactique.

2.4.3. Supervision et influences organisationnelles

Hauteur de vol et réglage de la radiosonde :

La règle de hauteur de vol minimale en CAM-V telle qu'elle est formulée par la DIRCAM est la suivante :

4.4.1 Niveaux à respecter pour les vols en CAM V

Sauf pour les manœuvres liées au décollage et à l'atterrissage, les niveaux minimaux, maximaux et de croisière sont définis dans le tableau ci-après :

	Aéronef	Hauteur de vol minimum (1) (2)	Niveau de croisière		Niveau maximum
			Hauteur de vol à ou au-dessous du plus haut des 2 niveaux : 3000 ft AMSL ou 1000 ft ASFC ou à l'altitude de transition	Hauteur de vol au-dessus du plus haut des 2 niveaux : 3000 ft AMSL ou 1000 ft ASFC ou à l'altitude de transition	
J	Réacteur	150 m (500 pieds)	Altitude Au QNH régional	Niveau de vol semi-circulaire CAM	Niveau de vol 195 (ou plancher de l'UTA s'il est différent)
O	Hélice	100 m (330 pieds)			
R	hélicoptère	50 m (170 pieds)			
N U I T	Tous types	300 m (1000 pieds)			

(1) Au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon égal à la distance parcourue en 10 secondes de vol par un aéronef. Exception peut être faite dans les régions montagneuses pour le survol des obstacles situés par le travers :

- sur décision expresse de l'autorité ordonnant la mission (pour les aéronefs étrangers, cette décision est soumise à l'accord de l'état-major de l'Armée de l'air, EMAA) ;
- sur initiative du pilote en cas de force majeure liée aux conditions météorologiques ne lui permettant pas de respecter la règle générale ou de prendre de l'altitude en vue de son passage en vol contrôlé.

(2) Les missions d'entraînement des appareils à réaction étrangers autorisés à évoluer au-dessus du territoire national français sont, sauf dérogation, interdites à une hauteur inférieure à 300 m (1000 pieds). Les demandes de dérogation sont à adresser à l'EMAA.

AMSL = au dessus du niveau moyen de la mer (Above Mean Sea Level)

ASFC = au dessus du sol ou de l'eau (Above Surface)

Règle de hauteur de vol minimale en CAM-V dans la réglementation de la circulation aérienne militaire (RCAM)

Dans le REAC édition 2013 (édition en vigueur lors de l'événement), dans le chapitre hauteur de vol, les minimas sont définis à 500 ft. Il n'est pas fait référence au rayon égal à la distance parcourue en dix secondes.

Ce texte est le texte de référence des pilotes de chasse. La règle de sécurité qui est alors appliquée est une hauteur de vol minimale supérieure ou égale à 500 ft à la verticale de l'aéronef.

En complément de cette règle partagée, il existe au sein de l'aviation de chasse de l'armée de l'air une tolérance implicite au franchissement de cette limite de la hauteur de vol des 500 ft puisque les textes officiels de l'armée de l'air prévoient un réglage de la hauteur de garde de la radiosonde 100 ft en dessous de cette valeur, soit 400 ft.

Il ressort qu'un certain nombre de pilotes ne règlent pas la hauteur de garde de leur radiosonde à 400 ft mais entrent dans le système des valeurs plus basses. La principale justification à ce comportement rapportée par les pilotes est d'éviter les déclenchements intempestifs de cette alarme en cours de mission, par exemple lors du passage d'une ligne de crête ou encore lors de la descente qui suit le passage de cette même ligne de crête. Pour sa part, le numéro deux avait sa radiosonde réglée à 350 ft, le leader ainsi que le pilote précédent à 250 ft. Ce réglage réduit considérablement la distance aux dangers que représente la collision avec le sol ou un obstacle

Par ailleurs, cet incident n'est pas le premier où l'absence de réglage ou un réglage inadéquat conduit à ce que la radiosonde n'assure pas son rôle de « barrière » de protection en informant l'équipage du franchissement d'une hauteur/altitude minimale. Parmi ces événements et de façon non exhaustive, on peut citer :

- l'événement A-2012-023-I survenu à un Mirage 2000C le 17 décembre 2012 au cours duquel le leader de la patrouille percute une ligne très haute tension à une hauteur d'environ 380 ft à une vitesse de 410 kt au moment du passage d'une ligne de crête. Le pilote déclare ne pas avoir réglé la hauteur de garde de sa radiosonde (affichée à 150 ft).

Une migration des pratiques est observée entraînant une diminution des marges de sécurité en CAM-V.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement

Le vol est une mission d'entraînement à la reconnaissance tactique en montagne.

La patrouille légère se compose d'un PCO occupant la position de leader et d'un numéro deux CP responsable de patrouille.

Le vol initialement prévu a fait l'objet de modifications suite à l'annulation du ravitaillement en vol.

Il s'agit du 3^{ème} vol dans les Alpes pour le leader.

L'appareil ne présente aucun défaut technique avant l'incident.

Les conditions météorologiques sont CAVOK.

Le pilote n'a pas détecté la présence de la ligne.

Elle n'est pas équipée de dispositif de signalisation particulier.

L'impact a lieu à une hauteur de 380 ft.

3.2. Causes de l'événement

Le heurt de ligne résulte :

- d'un choix de trajectoire non optimale en termes de sécurité en navigation impromptue ;
- d'une non-détection sur la carte et en visuel de la ligne ;
- d'un passage sous la hauteur minimale réglementaire de vol (500 ft) ;
- d'un réglage inadapté de la radiosonde.

Ces causes peuvent trouver leurs origines dans :

- l'élaboration d'un nouveau plan de vol dans des conditions non optimales ;
- une conscience erronée de la situation (*situation awareness incomplete*) ;
- l'adoption d'une formation ne permettant pas une surveillance optimale du ciel ;
- la faible saillance de la ligne ;
- la sous-estimation de la hauteur contrôlée à vue ;
- la faible expérience au vol en montagne dans les Alpes pour le leader ;
- une diminution des marges de sécurité en CAM-V.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

4.1.1. Navigation impromptue

Au cours de la navigation en TBA, le leader décide de faire de la navigation impromptue et de descendre sur le lac de Monteynard. Cette zone n'a pas fait l'objet d'une préparation avant mission pour rechercher des obstacles. En respectant la règle de hauteur de vol du RCAM, la descente sur le lac n'était pas autorisée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à :

l'armée de l'air de modifier le chapitre hauteur de vol en CAM-V du REAC en y intégrant la règle du RCAM (minimas et exceptions).

4.1.2. CAM-V en montagne

Dans le but de maintenir le niveau opérationnel, une diminution des marges de sécurité en CAM-V par rapport à la règle de la DIRCAM est constatée.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à :

l'armée de l'air en relation avec la DIRCAM de poursuivre la réflexion sur la mise en place de zones TBA spécifiques pour le vol en montagne.

4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement

Guide du vol en montagne

Les procédés mis en œuvre lors des vols en montagne sont issus de la formation et des bonnes pratiques des escadrons (formation de la patrouille en fonction du relief et de la mission, zones déconseillées pour l'entraînement...). Certains escadrons, amenés à effectuer régulièrement des missions d'entraînement en zone montagneuse, ont élaboré des procédures pour améliorer la sécurité.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à :

l'armée de l'air d'élaborer un guide du vol en montagne synthétisant les bonnes pratiques et de le diffuser lors de la formation.

ANNEXE

ANNEXE 1 Profil en long de la ligne35

ANNEXE 1

Profil en long de la ligne

