



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUETE DE SÉCURITÉ



BEAD-air-A-2012-023-I

Date de l'événement	17 décembre 2012
Lieu	commune de Saint-Geniez (Alpes de Haute-Provence)
Type d'appareil	MIRAGE 2000C RDI
Immatriculation	F-UHYC n°83
Organisme	Armée de l'air
Unité	Escadron de chasse 02.005 « Ile-de-France »

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 certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

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.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : SIRPA air

Photos :

- BEAD-air
- Gendarmerie nationale

Illustrations :

- Gendarmerie nationale

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	6
1.1. Déroulement du vol	6
1.2. Tués et blessés	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	9
1.5. Renseignements sur le personnel	10
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	13
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	14
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	17
1.14. Incendie	18
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	18
1.16. Essais et recherches	18
1.17. Renseignements sur les organismes	18
1.18. Renseignements supplémentaires	18
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	18
2. Analyse	19
2.1. Séquence d'événement	19
2.2. Recherche des causes possibles du heurt de la ligne	19
3. Conclusion	25
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'événement	25
3.2. Causes de l'événement	25
4. Recommandations de sécurité	26
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	26
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	27

GLOSSAIRE

BEAD-air	bureau enquêtes accidents défense air
BA	base aérienne
CEMPN	centre d'expertise médicale du personnel navigant
DSAE	direction de la sécurité aéronautique d'état
EAC	école de l'aviation de chasse
EC	escadron de chasse
FM3	formation de manœuvre 3
ft	<i>feet</i> – pieds (1ft \approx 0,30 m)
kt	<i>knots</i> – nœuds (1 kt \approx 1,852 km/h)
MA	moyenne altitude
RTE	réseau de transport électrique
SELH	sélection de hauteur
TBA	très basse altitude
VTH	visualisation tête haute

SYNOPSIS

Date et heure de l'événement : 17 décembre 2012 à 15h35.
Lieu de l'événement : commune de Saint-Geniez (Alpes de Haute-Provence).
Organisme : armée de l'air.
Commandement organique: commandement des forces aériennes (CFA).
Unité : escadron de chasse (EC) 02.005 « Ile-de-France ».
Aéronef : Mirage 2000C RDI.
Nature du vol : vol d'instruction en patrouille au profit d'un stagiaire.
Nombre de personnes à bord : 1.

Résumé de l'événement

Une patrouille légère de Mirage 2000C (leader) et 2000B (équipier), indicatif COTON J, décolle le lundi 17 décembre à 14h55 pour une mission de transformation « formation de manœuvre 3 » (FM3). Après des évolutions réalisées à moyenne altitude (MA), la patrouille descend pour poursuivre sa mission à très basse altitude (TBA) en zone montagneuse dans la région de Sisteron. Les conditions météorologiques sont bonnes, le ciel est dégagé.

Quatre minutes après la descente à TBA, la patrouille contourne un relief en virage par la droite puis stabilise pour franchir une ligne de crête. La radiosonde indique alors 600 *feet* (ft – pieds). Quatre secondes après, au moment du passage de la ligne de crête, le leader, en tête, accroche une ligne à haute tension à une hauteur d'environ 400 ft, une vitesse de 410 *knots* (kt – nœuds) et un cap approximativement orienté à l'est.

L'appareil demeure pilotable et la patrouille rentre à Orange.

Composition du groupe d'enquête de sécurité

- Un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur de première information (EPI).
- Un officier pilote ayant une expertise sur Mirage 2000.
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Mirage 2000.
- Un médecin du personnel navigant.

Déclenchement de l'enquête de sécurité

Le BEAD-air est prévenu le 17 décembre après-midi de l'événement.

L'équipe d'enquête arrive sur la base aérienne (BA) 115 d'Orange le 18 décembre en début d'après-midi.

Enquête judiciaire

Une procédure judiciaire a été ouverte par procès-verbal n°01160/2012.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : COTON J.

Type de vol : circulation aérienne militaire sous profil de vol mixte (CAM D).

Type de mission : FM3 transformation stagiaire.

Dernier point de départ : BA 115 Orange.

Heure de départ : 14h55.

Point d'atterrissage prévu : BA 115 Orange.

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Préparation du vol

La mission est réalisée au profit d'un stagiaire pilote qui vole à bord du Mirage 2000B. Un instructeur occupe la place arrière.

Le stagiaire a bénéficié d'un briefing particulier préalable à la mission par son instructeur avant celui du leader de la patrouille. Trois nouveaux exercices sont à l'étude dont deux concernent le travail en formation à basse et très basse altitudes. Ces exercices, déjà effectués sur Alphajet, lui sont rappelés. Leur spécificité sur Mirage 2000 est abordée.

Le leader prépare sur sa carte de navigation à vue au 1/500 000ème une navigation simplifiée dans une zone allant du plateau d'Albion vers Sisteron et retour vers Orange. La patrouille débute le briefing comme prévu à 14h00.

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

Le décollage a lieu à 14h55 et le rassemblement s'effectue juste avant d'arriver dans la zone de travail R71 qui relève de la responsabilité de l'approche de Salon-de-Provence. Le terrain est « X-Ray »¹ mais permet de réaliser la mission. Le travail est conforme au programme de la mission du jour.

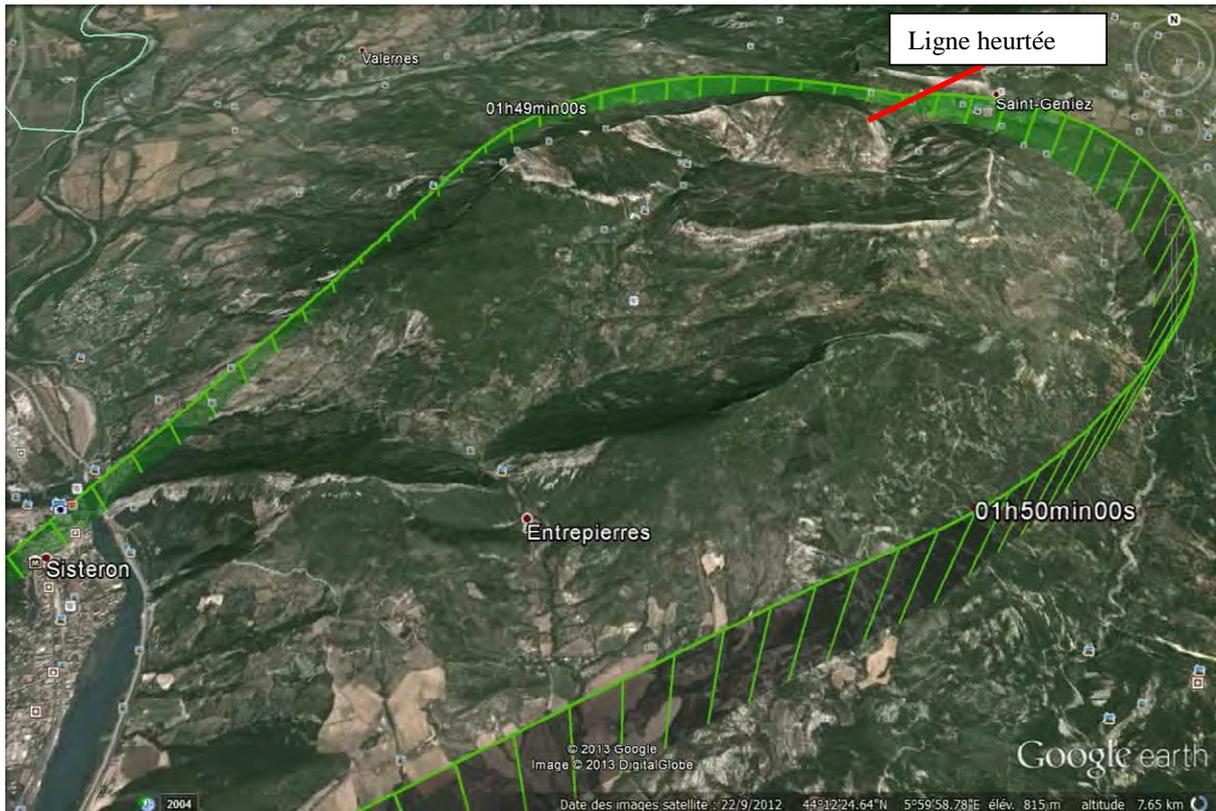
1.1.2.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

Après cette première partie de vol à MA, la patrouille poursuit à TBA sous régime de vol CAM V « voir et éviter ». La patrouille adopte la formation prévue au briefing (*Low level fighting wing*). Les éléments de vol pendant cette phase sont une hauteur de 500 ft et une vitesse indiquée de 450 kt. L'arrivée sur la ville de Sisteron se fait par le sud en la contournant à l'est par un virage à gauche.

¹ Suffixe signifiant que le terrain ne dispose pas de capacité de détection radar.

Durant le virage, l'instructeur à bord de l'avion équipier annonce la présence non dangereuse d'un hélicoptère sur la droite. Le leader confirme avoir le visuel de celui-ci tout en poursuivant sa manœuvre.

Quelques instants plus tard, la patrouille débute un virage par la droite à 60° d'inclinaison afin de contourner un relief. Elle remonte alors une petite vallée orientée ouest-est qui mène à un col débouchant sur une intersection de plusieurs vallées. Le virage est maintenu une vingtaine de secondes avant que le leader ne remette les ailes à plat face au col qu'il franchit deux secondes plus tard. L'impact a lieu à 15h33. A cet instant le leader cabre soudainement tout en virant par la droite et rend compte de la collision à l'équipier.



Trajectoire suivie et ligne électrique heurtée

1.1.2.4. Retour et recueil de la patrouille

Le pilote déclare avoir vu la ligne haute-tension au dernier moment sans qu'aucune action de sa part ne puisse être entreprise en raison de l'imminence de l'impact et de l'effet de surprise. Les éléments du leader au moment de la collision sont une hauteur de 380 ft et une vitesse indiquée de 413 kt.

Après s'être assuré que la collision n'était pas un exercice au profit du stagiaire, l'instructeur à bord de COTON J 2 reprend les commandes et se rapproche du leader afin d'inspecter visuellement son appareil et lui décrire les dégâts visibles.

L'avion ne présentant aucune panne et étant pilotable sans difficulté, la patrouille assure un retour sur la BA 115 d'Orange au *flight level* - niveau de vol (FL) 85 à 400 kt de vitesse indiquée. Durant cette partie, la patrouille contacte l'approche de Salon-de-Provence et rend compte de l'événement afin que les mesures *had oc* soient prises en conséquence. Le leader se pose en longue finale sans aucun incident. Une fois la piste dégagée le moteur est coupé. Les pompiers ne constatent aucun départ de feu ou élément dangereux pouvant mettre en péril le personnel ou l'environnement.

1.1.3. Localisation

- Lieu : environ 8 km dans le nord-est de Sisteron.
 - pays : France.
 - département : Alpes de Haute-Provence.
 - commune : Saint-Geniez.
 - coordonnées géographiques :
 - N 44°14'55''.
 - E 006°02'25''.
 - hauteur : 380 ft.
- Moment : jour.
- Aérodrome le plus proche au moment de l'événement praticable par un Mirage 2000 : Orange-Caritat à environ 60 Nm² dans le 270° du lieu de l'événement.

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	x		

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
			x	

² *Nautical miles* – mille nautique 1 Nm = 1852 m

1.4. Autres dommages

Un des trois câbles de la ligne électrique a été sectionné. Aucun autre dégât aux tiers n'est constaté.



Vue générale de la ligne haute tension avec le câble sectionné



Vue du câble sectionné

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Leader

- Age : 41 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : EC 02.005 « Ile-de-France ».
 - fonction dans l'unité : pilote instructeur, chef de la cellule standardisation-évaluation (staneval).
- Formation :
 - qualification : chef de patrouille depuis le 1^{er} janvier 2001.
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse (EAC) 00.314 de Tours.
 - année de sortie d'école : 1992.
 - année de transformation sur l'appareil utilisé : 2004.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur M2000	sur tous types	dont sur M2000	sur tous types	dont sur M2000
Total (h)	4 700	918	82	82	8h50	8h50
Dont <1 500 ft			10	10	0h30	0h30

- Date du dernier vol comme pilote :
 - sur l'aéronef : le 17 décembre 2012.
 - sur ce type de mission : le 17 décembre 2012, vol de formation stagiaire en MA/haute altitude (HA).
 - en place avant : le 17 décembre 2012.
 - en place arrière (instruction): le matin du 17 décembre 2012.
 - à TBA : le 11 décembre 2012 en Sweep1³ TBA-MA.

1.5.1.2. Pilote instructeur

- Age : 33 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : EC 02.005 « Ile-de-France » depuis le 1^{er} mai 2012.
- Fonction dans l'unité : pilote instructeur, officier adjoint de la cellule sécurité des vols.

³ Mission d'escorte, de protection.

- Formation :
 - qualification : sous-chef de patrouille depuis 2008.
 - école de spécialisation : EAC 00.314 de Tours.
 - année de sortie d'école : 2005.
 - année de transformation sur l'appareil utilisé : 2010.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur M2000	sur tous types	dont sur M2000	sur tous types	dont sur M2000
Total (h)	1 899	408	117	117	14	14
Dont <1 500 ft			16	16	2	2

- Date du dernier vol comme pilote :
 - de jour : le 07 décembre 2012.
 - sur ce type de mission : le 12 octobre 2012.
 - en place avant : le 07 décembre 2012.
 - en place arrière (instruction): le 03 décembre 2012.
 - à TBA : le 19 novembre 2012.

1.5.1.3. Pilote stagiaire

- Age : 27 ans.
- Sexe : masculin.
- Unité d'affectation : EC 02.005 « Ile-de-France » depuis septembre 2012.
- Fonction dans l'unité : pilote à l'instruction, transformation sur Mirage 2000.
- Formation :
 - qualification (date): pilote de combat depuis le 7 décembre 2011.
 - école de spécialisation : EAC 00.314 de Tours.
 - année de sortie d'école : 2011.
 - année de transformation sur l'appareil utilisé : 2012.
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur M2000	sur tous types	dont sur M2000	sur tous types	dont sur M2000
Total (h)	400	17	60	17	10	10

- Date du dernier vol comme pilote :
 - de jour : le 14 décembre 2013.
 - sur ce type de mission : le 14 décembre 2013.
 - en place avant : le 14 décembre 2013.
 - en place arrière (instruction): sans objet.
 - à TBA : le 6 décembre 2012.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air.
- Commandement organique d'appartenance : commandement du soutien des forces aériennes (CSFA).
- Base aérienne de stationnement : Orange.
- Unité d'affectation : escadron de soutien technique aéronautique (ESTA).
- Type d'aéronef : Mirage 2000C RDI.
 - configuration : Bidon ventral.
 - armement : MAGIC 2 Entraînement + IR.
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	M2000C	83	4 817h35	167h20 (VI)	811h20 (VP6)
Moteur	M53-P2	6 0426	3 631h54	28h26 (E/S MOD 5 à10)	

1.6.1. Maintenance

La maintenance est conforme au plan d'entretien.

1.6.2. Performances

Sans objet.

1.6.3. Masse et centrage

Masse : 10,836 t et centrage 53,2 % (pesée faite en 1990 sur C80).

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F34.
- Quantité de carburant au décollage : 4,15 t.
- Quantité de carburant restant au moment de l'événement :
 - Leader : environ 2 250 kg.
 - Equipier : environ 2 000 kg.

1.6.5. Autres fluides

Sans objet.

1.7. Conditions météorologiques

Ciel clair et dégagé.

1.8. Aides à la navigation

Sans objet.

1.9. Télécommunications

Au moment de l'événement, la patrouille est sur la fréquence d'auto-information, ainsi que sur la fréquence particulière dite « interne patrouille »⁴.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11. Enregistreurs de bord

Le Mirage 2000C n° 83 du leader était équipé :

- d'un enregistreur magnétique de paramètres de vol ;
- d'un enregistreur HI-8, permettant d'acquérir la vidéo de la visualisation tête haute (VTH) et d'enregistrer les conversations radio émises et entendues par le pilote.

L'enregistreur a été exploité par restitution des enregistreurs d'accidents (RESEDA).

La cassette HI-8 du Mirage 2000C du leader a également été exploitée, ainsi que celle de l'équipier. L'ensemble est de bonne qualité et permet une restitution complète du vol.

⁴ Aucune de ces fréquences n'est enregistrée par un organisme de la circulation aérienne. La seule restitution existante provient des cassettes d'enregistrement HI-8.

1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.12.1. Examen de la zone de l'événement

La zone se situe dans les Alpes de Haute-Provence au nord-est de Sisteron. La zone est accidentée et présente de nombreuses lignes à haute tension matérialisées sur la carte à l'échelle 1/500 000 de navigation à vue éditée par la direction de la circulation aérienne militaire (DIRCAM).

La zone de l'événement présente des reliefs culminants entre 3 700 et 5 400 ft d'altitude.



Vue générale de la vallée avec la ligne haute tension

1.12.2. Examen de l'épave

L'appareil a subi des dégâts mécaniques (déchirure, arrachage, impacts) et électriques (points de soudure).

La poutre d'emport du bidon de 1 300 litres a été entaillée sur une trentaine de centimètre dans le sens de la longueur.



Entaille sur le pylône du bidon de 1300 litres.

Des déformations sont présentes au niveau de l'intrados de la voilure. Ceux-ci sont également marqués par des traces de frottement sur l'ensemble de l'envergure.



Déformations au niveau de l'intrados.



Traces de frottement sur l'intrados.

Le bord d'attaque des lance-missiles présente également des traces d'impacts. Des déchirures sont visibles sur les becs externes ainsi que des déformations de l'intrados de l'aile gauche. Les blocs des antennes goniométriques ont été arrachés du côté gauche.



Déchirure du bord d'attaque droit.

De nombreux points de soudures sont visibles sur la pointe avant du bidon ventral, la voilure, ainsi qu'au niveau des volets froids de la tuyère.



Point de soudure au niveau de la 2^{ème} vis à gauche.

Le bouchon du « vide-vite » du bidon est retrouvé ouvert sans que celui-ci n'ait été actionné en cabine par le pilote.

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

1.13.1. Membres d'équipage de conduite

1.13.1.1. Commandant de bord

- Dernier examen médical :
 - type : visite révisionnelle du personnel navigant au centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN) de Toulon.
 - date : 13 novembre 2012.
 - résultat : apte pilote chasse.
 - validité : 12 mois.
- Examens biologiques : des examens biologiques ont été réalisés à l'hôpital d'Orange.
- Blessure : aucune.

1.13.2. Autres personnels

Dans le deuxième Mirage 2000 :

Place avant : stagiaire.

- Dernier examen médical :
 - type : visite révisionnelle du personnel navigant au CEMPN de Toulon.
 - date : 25 octobre 2012.
 - résultat : apte pilote chasse.
 - validité : 12 mois.
- Examens biologiques : sans objet.

Place arrière : instructeur.

- Dernier examen médical :
 - type : visite révisionnelle du personnel navigant au CEMPN de Toulon.
 - date : 23 novembre 2012.
 - résultat : apte pilote chasse.
 - validité : 12 mois.
- Examens biologiques : sans objet.

1.14. Incendie

Sans objet

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

L'avion a pu regagner sans difficulté la BA 115 d'Orange où il a été pris en charge par les secours « piste » à son arrivée selon la procédure réglementaire.

1.16. Essais et recherches

Sans objet.

1.17. Renseignements sur les organismes

L'EC 02.005 « Ile-de-France », outre ses missions opérationnelles (défense aérienne), est chargé de la transformation, de l'instruction, de la formation et de l'entraînement de tous les pilotes de chasse français ou étrangers destinés à voler sur Mirage 2000. Pour cela, il est équipé de Mirage 2000B (biplaces) et de Mirage 2000C (monoplaces).

L'unité est composée de personnels très différents allant du stagiaire tout juste issu du cursus élève pilote au chef de patrouille expérimenté de défense aérienne ou tactique.

Les trois quarts des vols sont des missions de maintien en condition opérationnelle, le quart restant des vols est consacré à l'instruction des stagiaires pilotes.

Les missions air/sol représentent 20 % de l'activité globale dont moins de 10 % de cette activité à TBA.

1.18. Renseignements supplémentaires

Sans objet.

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Sans objet.

2. ANALYSE

Lors d'une mission d'instruction à la tenue de formation en basse altitude, le leader d'une patrouille de 2 Mirage 2000 heurte une ligne à haute tension.

L'analyse qui suit établit la séquence de l'événement puis détermine les causes de ce heurt de ligne dans le domaine des facteurs environnementaux, des facteurs humains et organisationnels.

2.1. Séquence d'événement

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

- T : début du vol.
- T + 31 min : descente en basse altitude.
- T + 34 min 30 s : annonce d'un hélicoptère dans le secteur 3h.
- T + 35 min 05 s : début du virage par la droite.
- T + 35 min 08 s : la radiosonde décroche.
- T + 35 min 24 s : fin du virage. La radiosonde indique 600 ft.
- T + 35 min 27 s : impact avec la ligne électrique. La radiosonde indique 380 ft.
- T + 35 min 32 s : le pilote annonce la collision avec la ligne.
- T + 38 min : le pilote informe le contrôle de Salon de Provence de la collision avec la ligne.
- T + 46 min : poser sur le terrain d'Orange.

2.2. Recherche des causes possibles du heurt de la ligne

2.2.1. Domaine technique

L'appareil a été entretenu conformément au plan de maintenance. L'équipage n'a témoigné d'aucun dysfonctionnement pendant le vol. La vérification technique menée sur l'appareil après l'événement n'a relevé aucune défaillance technique.

L'origine de l'événement n'est pas liée à une cause technique.

2.2.2. Domaine environnemental

Le câble heurté par le leader traverse la vallée juste avant le col. Un relief est situé dans l'axe de la vallée, derrière le col, ne permettant pas à la ligne de se détacher sur l'horizon.

L'absence de balisage du câble le rend très difficilement visible.

L'absence de signalisation et de balisage de la ligne à haute tension heurtée a contribué de manière certaine à l'événement.

Les deux arrêtés ci-après constituent la réglementation relative au balisage des obstacles et lignes électriques :

- *L'arrêté du 25 juillet 1990 relatif aux installations dont l'établissement à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement est soumis à autorisation* précise quelles sont les installations (constructions fixes ou mobiles) qui peuvent être soumises à un balisage diurne et/ou nocturne. Il s'agit notamment d'installations ou de lignes électriques dont la hauteur est supérieur à 50 mètres dans certaines zones dont les zones montagneuses (article 2). La ligne heurtée lors de l'événement entre dans ce cadre mais n'était pas balisée.
- *L'arrêté du 7 décembre 2010 relatif à la réalisation du balisage des obstacles à la navigation aérienne* précise les modalités du balisage des obstacles à la navigation aérienne. Il rappelle en préambule que **le ministère de la défense peut imposer pour un obstacle donné le balisage spécifique dans le cas où il estime que le repérage est à adapter notamment pour renforcer celui-ci ou réduire les risques de gêne visuelle ou d'indications trompeuses pour les pilotes** (article 1).

Les recherches ont été effectuées au sein des organismes concernés : zone aérienne de défense sud, direction générale de l'aviation civile (DGAC) et plus particulièrement réseau de transport électrique (RTE). Elles n'ont pas permis d'avoir accès au dossier d'ouvrage et de savoir si une dérogation avait été attribuée à RTE pour que cette ligne ne soit pas balisée.

2.2.3. Domaine des facteurs humains et organisationnels

L'analyse des causes relevant des facteurs humains et organisationnels s'appuie sur le modèle *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS). Elle porte sur plusieurs niveaux :

- les défaillances actives : les erreurs de perception et erreurs fondées sur les habiletés ;
- les conditions préalables qui ont pu favoriser l'enchaînement de ces défaillances ;
- les conditions de non récupération qui n'ont pas permis d'éviter l'incident.

2.2.3.1. Les défaillances actives

Absence de perception de la ligne

Le vol se déroule dans de bonnes conditions météorologiques. La visibilité est bonne et n'est altérée par aucun phénomène de précipitations, brumes ou brouillards. Aucune nébulosité n'est présente sur le site de l'événement.

Vers 15h30, le soleil est relativement bas sur l'horizon en cette saison et est partiellement masqué par le relief orienté est-ouest. Cette situation plonge la vallée dans l'ombre, ce qui rend difficile la détection d'obstacles sombres. Par ailleurs, dans le prolongement de la vallée remontée par la patrouille, se trouve un relief empêchant les câbles de la ligne haute tension de ressortir sur le fond bleu du ciel.

Les deux pylônes soutenant les câbles sont de couleur sombre sur fond de relief sombre ; ils sont très difficilement visibles, y compris pour des personnels avertis. Le pilote déclare n'avoir vu la ligne électrique qu'une fraction de seconde avant l'impact. L'équipier ne l'a jamais décelée.

Les conditions environnementales conjuguées à la présence d'un soleil bas sur l'horizon ont contribué à diminuer la visibilité de la ligne à haute tension.

Non-respect de la hauteur de survol

L'impact avec la ligne électrique a lieu à une hauteur inférieure aux 500 ft sol qui est la hauteur règlementaire de vol pour cette mission. Après avoir décroché durant le virage (phénomène venant d'une limite technique de conception), la radiosonde indique une hauteur de vol de 600 ft. Le relief est à cet endroit sur une pente ascendante. Le pilote s'en rend compte et monte légèrement pour essayer de compenser. Malgré cette manœuvre, la hauteur décroît jusqu'à 380 ft, au passage du col et au moment de l'impact.

En vol à vue, la hauteur de vol s'apprécie visuellement avec une contre vérification à l'aide de la radiosonde. Cette méthode de travail est appliquée ainsi dans toutes les unités pratiquant le vol à TBA. L'estimation visuelle de la hauteur associée à une charge de travail dense (navigation, surveillance du ciel et des équipiers, contrôle des paramètres, échanges radio, etc.) peut conduire à des écarts, plus particulièrement dans le cadre d'un vol en région montagneuse.

Le pilote n'est pas parvenu à conserver une hauteur de vol supérieure à 500 ft.

2.2.3.2. Conditions de survenue

Charge de travail

Le pilote stagiaire éprouvait des difficultés à suivre la manœuvre et à respecter l'étagement et la distance mais sans dangerosité particulière. L'attention du leader était partagée entre le suivi du terrain et la surveillance de la position de son équipier.

L'attention portée au pilote stagiaire par le leader a pu provoquer un déficit d'attention ne lui permettant pas de détecter la ligne à haute tension.

Entraînement au vol à TBA en zone montagneuse

Le savoir-faire du vol à très basse altitude est commun à tous les pilotes de combat et résulte de leur formation en école. La spécialisation aux missions complexes dans cet environnement dépend ensuite de l'affectation des pilotes.

Lorsque la mission principale de l'unité implique d'évoluer fréquemment à TBA, les équipages acquièrent une véritable expertise dans ce domaine.

En zone montagneuse, le vol à TBA nécessite une bonne appréhension du milieu, de ses caractéristiques ainsi que de ses dangers (lignes électriques, câble suspendus, etc.). Cette connaissance résulte généralement de la transmission d'expérience entre équipages à l'occasion de vols. Il n'existe pas de formation spécifique systématique.

L'escadron de chasse 2/5 « Ile de France » basé à Orange pratique le vol à TBA dans son environnement proche. Néanmoins, ces missions ne représentent que 5 à 10 % de son activité aérienne et correspondent pour la plupart aux missions de transformation des stagiaires conformément à leur *syllabus*⁵. La réglementation n'impose aucune activité minimale à TBA.

Le vol réalisé par les COTON J ne présente pas de difficultés tactiques mais impose une charge de travail accrue au leader notamment en termes de surveillance de la position relative du stagiaire. Malgré la solide expérience qu'il a acquise dans ce domaine du fait de sa première partie de carrière, ses dernières affectations ne lui ont pas permis de maintenir le même niveau d'expertise. Son activité aérienne est normale et régulière. En revanche, il n'a réalisé que 30 minutes de vol en dessous de 1 500 ft dans les 30 jours précédents l'événement et 10 heures dans les 6 derniers mois, soit environ 1 heure et 30 minutes de vol en moyenne mensuelle. Son dernier vol à TBA remonte au 11 décembre 2012.

Le faible entraînement au vol à TBA en zone montagneuse de ce pilote expérimenté durant les derniers mois a pu concourir à l'événement.

Préparation de la mission

L'objectif de la mission est l'apprentissage et la tenue de formations à moyenne et très basse altitude.

Deux briefings réglementaires ont été réalisés au profit du stagiaire : un premier orienté sur les exercices particuliers par son instructeur en place arrière, un second par le leader de la patrouille sur le déroulement global de la mission. Les aspects de sécurité font l'objet d'une rubrique du briefing patrouille.

S'agissant de la phase à très basse altitude, le leader doit procéder à des évolutions durant lesquelles le pilote stagiaire maintiendra une formation définie préalablement.

A cet effet, le leader a préparé sur la carte un tracé support⁸ autour duquel il réalisera des manœuvres au profit du stagiaire. Le travail de formation à TBA débutera aux environs du plateau d'Albion, en direction de l'est vers Sisteron où le demi-tour est prévu. De nombreuses lignes à haute tension sont indiquées sur la carte.

⁵ Document regroupant le programme de formation des stagiaires pilotes en fonction de leur affectation future.

⁸ Ce type de tracé n'a pas de caractère impératif mais permet de situer la zone de travail. Il est d'autant plus fréquent que la zone est régulièrement survolée par les pilotes. Il est constitué d'un tracé court et des caps de navigation.

Cette partie de la préparation, quoique conforme aux usages, ne garantit pas une totale sécurité de l'appareil par rapport à l'environnement, en particulier à très basse altitude.

Carte à l'échelle 1/500 000

Les câbles suspendus (hauteur supérieure à 330 ft) sont représentés sur la carte à l'échelle 1/500 000, en raison de leur dangerosité. Ainsi les équipages sont alertés d'un danger potentiel dès la préparation de la mission ou en cours de vol.

Cette représentation n'est pas reprise pour les câbles électriques qui sont indiqués sur la carte de la même façon quelle que soit leur hauteur. Pourtant, certaines lignes à haute tension se trouvent elles aussi à des hauteurs supérieures à 330 ft et constituent un réel danger.

La représentation de la ligne à haute tension sur la carte à l'échelle 1/500 000 n'a pas permis au pilote d'appréhender sa hauteur réelle et sa dangerosité.

2.2.3.3. Conditions de non récupération

Réglage radiosonde

Le Mirage 2000C dispose d'une radiosonde lui permettant de connaître en permanence sa hauteur. Sa plage de fonctionnement va de 0 à 5 000 ft. La sélection de hauteur (SELH)⁹ permet d'émettre une alarme visuelle en VTH pour une hauteur sélectionnée par le pilote. Son apparition doit nécessairement entraîner une réaction à cabrer. Or, le fonctionnement de cette radiosonde sur Mirage 2000C est peu fiable¹⁰ et transmet régulièrement des informations erronées créant une défiance de la part des pilotes vis-à-vis de ce dispositif. Ce sentiment est partagé au sein de l'unité. Les fausses alarmes générées par cette SELH perturbent le pilote par des apparitions intempestives en VTH de flèche à cabrer.

Le pilote témoigne ne pas avoir réglé l'alarme de la radiosonde.

⁹ C'est un dispositif qui permet au pilote de sélectionner une hauteur (information prise sur la radiosonde) qui, dès qu'elle sera franchie vers le bas, générera une alarme visuelle sous forme de flèche apparaissant au milieu de la VTH. Celle-ci incite le pilote à remonter.

¹⁰ Cette information est connue et notifiée dans le manuel d'emploi basique du vol en basse altitude.

Le répertoire d'emploi de l'aviation de chasse (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.

Un tel réglage de la SELH n'aurait probablement pas garanti l'évitement de la ligne.

Travail en patrouille

Le rôle d'un équipier dans l'aviation de chasse est d'assurer le « *mutual support* »¹¹ permettant d'aider son leader en toutes circonstances lors d'une mission.

Il assure également la surveillance du ciel afin d'éviter abordages et collisions ; c'est une des fonctions principales du pilote de combat opérationnel (PCO). Le stagiaire est en phase d'apprentissage et son rôle se limite à tenir sa place et assurer la surveillance du ciel. Durant ce vol, l'instructeur a une charge de travail élevée. Il doit assurer l'instruction de son stagiaire, et son rôle d'équipier. Aucun des membres de l'équipage n'a vu la ligne électrique.

L'équipage de l'avion équipier n'a pas vu la ligne à haute tension et n'a donc pas pu indiquer sa présence au leader.

¹¹ Support mutuel.

3. CONCLUSION

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

La mission est réalisée au profit d'un stagiaire et comporte une phase d'entraînement au maintien de formations à très basse altitude.

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

Les conditions météorologiques sont bonnes mais le soleil est relativement bas sur l'horizon.

La préparation de la navigation à très basse altitude est faite sur la base d'un tracé support.

Le pilote ne perçoit la ligne électrique qu'une fraction de seconde avant de la toucher.

L'équipier n'a pas vu la ligne électrique.

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

L'impact a lieu à une hauteur de 380 ft, le pilote n'étant pas parvenu à maintenir une hauteur supérieure à 500 ft.

Le réglage de la SELH à 400 ft s'il avait été effectué, n'aurait probablement pas, dans ce cas précis, garanti l'évitement de la ligne.

A l'instar des autres membres de l'escadron, le pilote présente une faible activité aérienne à très basse altitude.

3.2. Causes de l'événement

Les causes de l'événement ne sont pas classées par ordre d'importance.

Elles relèvent principalement du domaine des facteurs humains et organisationnels :

- Une préparation de la phase TBA de la mission sur la base d'un tracé support ne permettant probablement pas d'appréhender suffisamment les dangers liés aux lignes électriques.
- Pas de perception visuelle de la ligne électrique.
- Passage sous la hauteur minimale réglementaire de vol (500 ft).
- Manque de fiabilité de l'alarme de la radiosonde.
- Faible activité aérienne à TBA.

Elles relèvent également du domaine environnemental :

- Absence de dispositif de signalisation sur la ligne électrique.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

4.1.1. Signalisation des lignes électriques

4.1.1.1. Balisage

Cet événement a mis en lumière l'absence de dispositifs de signalisation sur certaines lignes électriques relativement hautes. 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. Il s'avère que ce cas n'est pas isolé et que d'autres lignes électriques représentent des dangers équivalents.

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

la direction de la sécurité aéronautique d'état (DSAE) en collaboration avec l'institut géographique national (IGN) et RTE :

- **de faire un inventaire exhaustif des lignes électriques afin d'identifier celles constituant un danger important pour la circulation aérienne ;**
- **de vérifier si elles disposent d'un système de signalisation et dans la négative d'en identifier les raisons ;**
- **d'entreprendre les démarches nécessaires pour que l'ensemble des lignes dangereuses soit doté d'un dispositif de signalisation.**

4.1.1.2. Représentation cartographique à l'échelle 1/500 000

Les câbles suspendus (hauteur supérieure à 330 ft) figurent en raison de leur dangerosité sur la carte à l'échelle 1/500 000 avec une représentation particulière ce qui permet lors de la préparation de la mission ou même en cours de vol d'être alerté d'un danger. Cette identification n'est pas retenue pour les lignes électriques dont certaines se trouvent à des hauteurs supérieures à 330 ft et représentent le même danger.

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

la DSAE de faire figurer sur la carte à l'échelle 1/500 000 les tronçons de lignes électriques se trouvant à des hauteurs supérieures à 330 ft avec une représentation particulière à l'instar des câbles suspendus.

4.1.2. Préparation

L'instruction à la tenue de formations à très basse altitude nécessite des vols de mécanisation au profit de jeunes pilotes. Les principaux obstacles au sol doivent être préalablement identifiés afin de minimiser le risque.

Dans ce cadre, le bureau enquêtes accidents défense air recommande à :

l'armée de l'air, pour la réalisation des missions d'instruction au maintien de formations à très basse altitude, d'étudier la possibilité de définir des zones préférentielles à l'intérieur desquelles les dangers particuliers seront parfaitement identifiés.

4.1.3. Formation

Le vol à TBA en zone montagneuse nécessite une formation spécifique adaptée à l'aviation de chasse.

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

l'armée de l'air de définir un module de formation au vol TBA en zone montagneuse pour l'aviation de chasse.

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

Radiosonde

Le Mirage 2000C dispose d'une radiosonde peu fiable dont les équipages se méfient. Les fausses alarmes générées par la SELH perturbent le pilote par des apparitions intempestives au milieu de la VTH d'une flèche l'incitant à cabrer. Ce manque de fiabilité a conduit le pilote à ne pas régler la SELH à une hauteur adaptée.

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

la direction générale de l'armement (DGA) d'étudier en collaboration avec l'armée de l'air et Dassault Aviation la possibilité d'optimiser la fonction alarme de la radiosonde des Mirage 2000C.