

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

Rapport d'enquête de sécurité



A-2021-14-I

Date de l'évènement
Lieu
Type d'appareil
Organisme

8 juin 2021
Vallée du gave de Pau (Hautes-Pyrénées)
Mirage 2000D RMV
Armée de l'Air et de l'Espace

AVERTISSEMENT

UTILISATION DU RAPPORT

Conformément à l'article L.1621-3 du code des transports, 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 aux engagements internationaux de la France, à l'esprit des lois et des règlements et relève de la seule 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

		Page de garde
Figures 1 et 2	SIRPA Air	8 et 9
Figures 3 et 4	DIRCAM et BEA-É	12 et 13
Figures 5 et 6	BEA-É	13 et 14
Figure 7	BGA BA 118 et BEA-É	15
Figure 8	Google Earth, RESEDA et BEA-É	17
Figure 9	DIRCAM	19
Figure 10 et 11	BGA BA 118	20
Figures 12 et 13	Google Earth et BEA-É	21
Figures 14 et 15	RESEDA	22
Figures 16 à 18	BEA-É	23 à 28
Figure 19	DIRCAM et BEA-É	29
Figure 20	CEAM et BEA-É	32

TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	10
1.3. Dommages à l'aéronef	10
1.4. Autres dommages	10
1.5. Renseignements sur l'équipage.....	10
1.6. Renseignements sur l'aéronef	11
1.7. Conditions météorologiques	11
1.8. Aides à la navigation	12
1.9. Télécommunications	12
1.10. Renseignements sur l'aéroport	12
1.11. Enregistreurs de bord	12
1.12. Constatations sur l'aéronef et sur la zone de l'incident	12
1.13. Renseignements médicaux.....	14
1.14. Incendie	14
1.15. Questions relatives à l'organisation des secours	14
1.16. Essais et recherches	14
1.17. Renseignements sur les organismes.....	14
1.18. Renseignements supplémentaires	15
2. Analyse.....	19
2.1. Expertises techniques.....	19
2.2. Séquence de l'évènement	25
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	26
3. Conclusion	35
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	35
3.2. Causes de l'évènement	35
4. Recommandations de sécurité	37
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	37
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement	37

GLOSSAIRE

AAE	Armée de l’Air et de l’Espace
AGL	<i>Above ground level</i> ; au-dessus du niveau du sol
BA	Basse altitude
BAAC	Brigade aérienne de l’aviation de chasse
BGA	Brigade de Gendarmerie de l’air
CAM V	Circulation aérienne militaire à vue
CEAM	Centre d’expertise aérienne militaire
CEMPN	Centre d’expertise médicale du personnel navigant
CPIP	Consignes permanentes d’instruction du personnel navigant
DIA	Division de l’information aéronautique
DIRCAM	Direction de la circulation aérienne militaire
EC	Escadron de chasse
ECE	Escadron de chasse et d’expérimentation
EGAM	Élément géographique air-marine
EGI	Établissement géographique interarmées
EIDRM	Exercices à l’initiative du responsable de mission
ft	<i>Feet</i> ; pieds (un pied vaut 0,3048 m)
HT	Haute tension
IGN	Institut national de l’information géographique et forestière
kV	Kilovolt
MA	Moyenne altitude
NOSA	Navigateur officier systèmes d’armes
RCAM	Réglementation de la circulation aérienne militaire
RMV	Rénovation mi vie
RPL	Réservoir pendulaire largable
RTE	Réseau de transport d’électricité
SDT	Suivi de terrain
SIV	Secteur d’information de vol
SLPRM	Système local de préparation et de restitution de mission
SNA	Système de navigation et d’attaque
SPAD	Système de préparation des applicatifs 2000 D
TBA	Très basse altitude
VT	Visualisation tête supérieure

SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 8 juin 2021 à 16h49

Lieu de l'évènement : vallée du gave de Pau entre Pierrefitte-Nestalas et Luz-Saint-Sauveur (Hautes-Pyrénées)

Organisme : armée de l'Air et de l'Espace (AAE)

Commandement organique : centre d'expertise aérienne militaire (CEAM)

Unité : escadron de chasse et d'expérimentation (ECE) 01.030 « Côte d'Argent »

Aéronef : Mirage 2000D¹ rénovation mi vie (RMV) immatriculé F-UGJW

Nature du vol : transformation

Nombre de personnes à bord : 2

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le mardi 8 juin 2021, un équipage composé d'un pilote de l'escadron de chasse (EC) 01.003 « Navarre » de Nancy et d'un navigateur officier systèmes d'armes (NOSA) de l'ECE de Mont-de-Marsan réalise une mission de transformation sur M2000D RMV au profit du pilote. Le vol comprend notamment une navigation très basse altitude (TBA) dans les Pyrénées. Dans une vallée à 40 kilomètres (km) au sud de Tarbes, entre Pierrefitte-Nestalas et Luz-Saint-Sauveur, l'équipage aperçoit une ligne à haute tension (HT) et le pilote cabre l'appareil pour l'éviter par le haut. En l'absence de choc ressenti et de comportement anormal de l'aéronef, l'équipage considère ne pas avoir heurté la ligne. Il poursuit alors son vol tout en l'écourtant cependant, et retourne se poser sans encombre à Mont-de-Marsan. Une fois au parking, les mécaniciens constatent des endommagements sur le réservoir pendulaire largable (RPL) gauche.

La préfecture des Hautes-Pyrénées est informée et prévient le réseau de transport d'électricité (RTE), gestionnaire de cette ligne. Ce dernier ne détecte pas d'anomalie sur son réseau. Mais plus tard dans la soirée, un des câbles conducteurs de la ligne à HT, endommagé au moment du heurt, finit par céder. La rupture est confirmée le lendemain par la préfecture des Hautes-Pyrénées.

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 (BEA-É) ;
- un enquêteur de première information (EPI) ;
- un NOSA ayant une expertise sur M2000D ;
- un mécanicien ayant une expertise sur M2000D.

Autre expert consulté

Direction générale de l'armement Essais propulseurs/RESEDA².

¹ Indiqué M2000D dans la suite du rapport.

² Restitution des enregistreurs d'accidents.

PAS DE TEXTE

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Type de vol : CAM T³ et CAM V

Type de mission : transformation

Dernier point de départ : base aérienne 118 de Mont-de-Marsan (LFBM)

Heure de départ : 16h04

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

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte du vol

La flotte des M2000D de l'AAE est en cours de rénovation pour passer au nouveau standard RMV. Au cours de cette rénovation, un complément au système de navigation et d'attaque (SNA) est ajouté. En terme d'interfaces homme machine, le NOSA dispose en place arrière d'un nouvel écran, appelé visualisation tête supérieure (VTS), présentant notamment la carte de navigation à différentes échelles. Le pilote, quant à lui, dispose d'une tablette accrochée à l'une de ses cuisses présentant les mêmes informations. Les premiers aéronefs de série sont à Mont-de-Marsan pour être expérimentés par les équipages de l'ECE.

Depuis début 2021, l'ECE assure également la formation de primo-formateurs de la 3^e escadre de chasse de Nancy qui eux-mêmes, à terme, assureront la formation des autres équipages de cette escadre sur ce nouveau matériel. C'est dans ce cadre que deux équipages de Nancy sont présents à Mont-de-Marsan depuis le lundi 7 juin, veille du jour de l'évènement, pour réaliser leurs premiers vols sur M2000D RMV. Cette séquence de vols fait suite à une première période de quelques jours au cours de laquelle les primo-formateurs de Nancy ont reçu une formation théorique sur la RMV. Les programmes de ces vols sont précisés dans des « fiches de vol » spécifiques rédigées par le CEAM.

Le pilote est l'un des deux pilotes de Nancy tandis que le NOSA, qui dépend de l'ECE, est un des officiers rapporteurs de la « marque M2000 »⁴. Le vol de l'évènement correspond au vol de lâcher du pilote, c'est-à-dire son tout premier vol sur M2000D RMV. Le programme de ce vol est précisé dans la fiche de vol correspondante.

1.1.2.2. Préparation du vol

Pour les vols sur M2000D RMV, la préparation de la mission est réalisée sur deux systèmes différents et indépendants : le système local de préparation et de restitution de mission (SLPRM) et le système de préparation des applicatifs 2000D (SPAD). Le premier système est l'interface utilisée sur M2000D pour préparer la mission puis la charger dans le SNA à l'aide d'un média amovible. Le second système est celui utilisé pour préparer la mission puis la charger à l'aide d'un autre média amovible dans le SNA pour faire fonctionner le complément ajouté lors de la RMV.

Les deux membres de l'équipage se retrouvent en début d'après-midi pour assurer la préparation du vol. Ils étudient ensemble la fiche de vol et les informations météorologiques récupérées à l'aide d'applications numériques spécifiques. Ils déterminent alors le profil du vol qui doit comprendre une phase de travail en moyenne altitude (MA) et une phase de travail en très basse altitude (TBA). Ils décident de profiter de la phase de vol TBA prévue pour programmer une reconnaissance du terrain de déroutement de Tarbes-Lourdes, que ne connaît pas le pilote car il est affecté à Nancy. Compte tenu alors de la proximité des Pyrénées, le NOSA, qui a déjà réalisé plusieurs vols sur M2000D RMV, propose également de réaliser une partie de la phase de vol TBA en zone montagneuse afin de se rendre compte des spécificités de cette RMV dans ces conditions de vol. En effet, le NOSA veut vérifier dans quelle mesure le champ visuel vers l'avant est impacté par la VTS. Le pilote, de son côté, veut vérifier si la tablette dont il dispose, attire son attention au détriment de la surveillance du ciel et de la recherche des obstacles au sol.

³ Circulation aérienne militaire tactique.

⁴ La « marque M2000 », anciennement appelée « équipe de marque » regroupe le personnel en charge des expérimentations sur M2000.

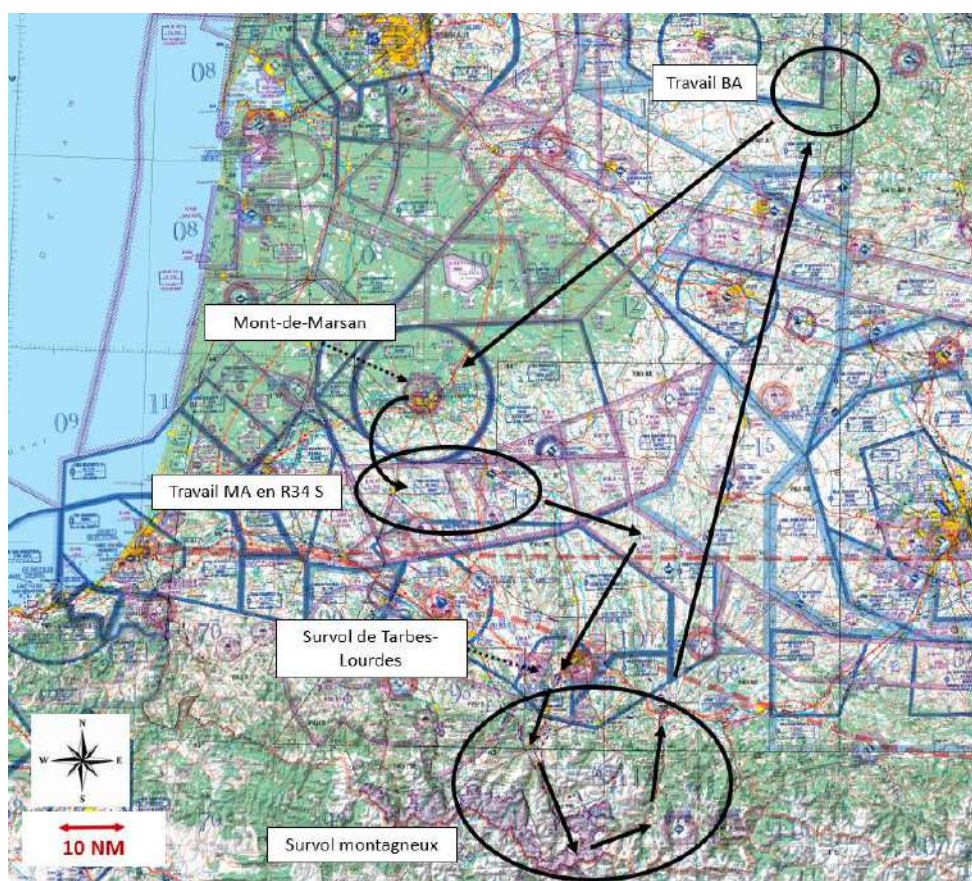


Figure 1 : profil prévu du vol sur fond de carte au 1/500 000⁵

Une fois ce profil de vol déterminé, les deux membres de l'équipage se séparent pour préparer, chacun de leur côté, la mission sur un des deux systèmes : SLPRM pour le NOSA et SPAD pour le pilote. Ils se retrouvent ensuite pour brief la mission pendant environ une demi-heure. Pour cela, ils utilisent le système SPAD pour visualiser la trajectoire prévue. Ensuite, ils partent à l'avion.

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

Le décollage est prévu à 15h30 mais un retard dans la préparation de l'avion par les mécaniciens suite à une expérimentation réalisée le matin contraint l'équipage à décaler le vol d'une demi-heure.

Après la mise en route, l'équipage détecte une panne de certains applicatifs du complément du SNA. En effet, le NOSA ne dispose pas de toutes les fonctionnalités de ce complément. Il dispose de l'affichage de la carte de navigation sur sa VTS, utilisable tactilement, mais sans la position de l'aéronef. L'équipage décide alors de maintenir la mission car il y a d'autres spécificités de la RMV à étudier.

L'équipage décolle à 16h04 puis transite vers la zone réservée R34 sud pour réaliser le travail MA sous contrôle de l'approche de Mont-de-Marsan. Ensuite, l'équipage débute la phase de vol en TBA. Il contacte alors le secteur d'information de vol (SIV) Pyrénées informations afin d'assurer la déconfliction avec les autres usagers aéronautiques et notamment avec les hélicoptères particulièrement présents dans la zone d'évolution.

Le contrôleur aérien propose alors un passage au-dessus de l'aéroport de Pau. L'équipage y voit l'occasion de réaliser une reconnaissance de cet aéroport, utilisable également comme terrain de déroutement pour les équipages de Mont-de-Marsan. À l'issue de cette reconnaissance, l'équipage revient sur le trajet prévu de navigation, au nord de l'aéroport de Tarbes-Lourdes. Il passe alors à la verticale de ce terrain à 16h47 puis se dirige vers le sud pour réaliser la phase de vol TBA en zone montagneuse.

⁵ Échelle de la carte : un centimètre vaut cinq kilomètres. Ces cartes sont communément appelées 500 000 ou 500 k.

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

Vers 16h48, l'équipage s'engage dans la vallée du gave de Pau entre Pierrefitte-Nestalas et Luz-Saint-Sauveur à une hauteur de vol de 500 ft. À 16h49, le NOSA voit sur sa gauche une ligne à HT qui avait été repérée sur la carte au cours de la préparation de mission. Il l'annonce à son pilote qui, au même moment, voit plusieurs câbles de la ligne à HT traverser la vallée légèrement au-dessus de la trajectoire de l'aéronef. Après un bref instant d'hésitation, il décide d'éviter les câbles par le haut car en-dessous la vallée est très étroite. Il cabre donc l'aéronef. Les deux membres de l'équipage voient alors les câbles passer juste sous l'avion mais ne ressentent aucun choc. L'équipage devait poursuivre dans cette vallée jusqu'à l'approche de la frontière avec l'Espagne puis virer à l'est en montée pour survoler le parc naturel régional au-dessus de 3 300 ft. Il décide d'écourter le vol suite au soupçon de heurt et vire à l'est plus tôt que prévu en montée vers la MA pour se dégager de la vallée et des obstacles.

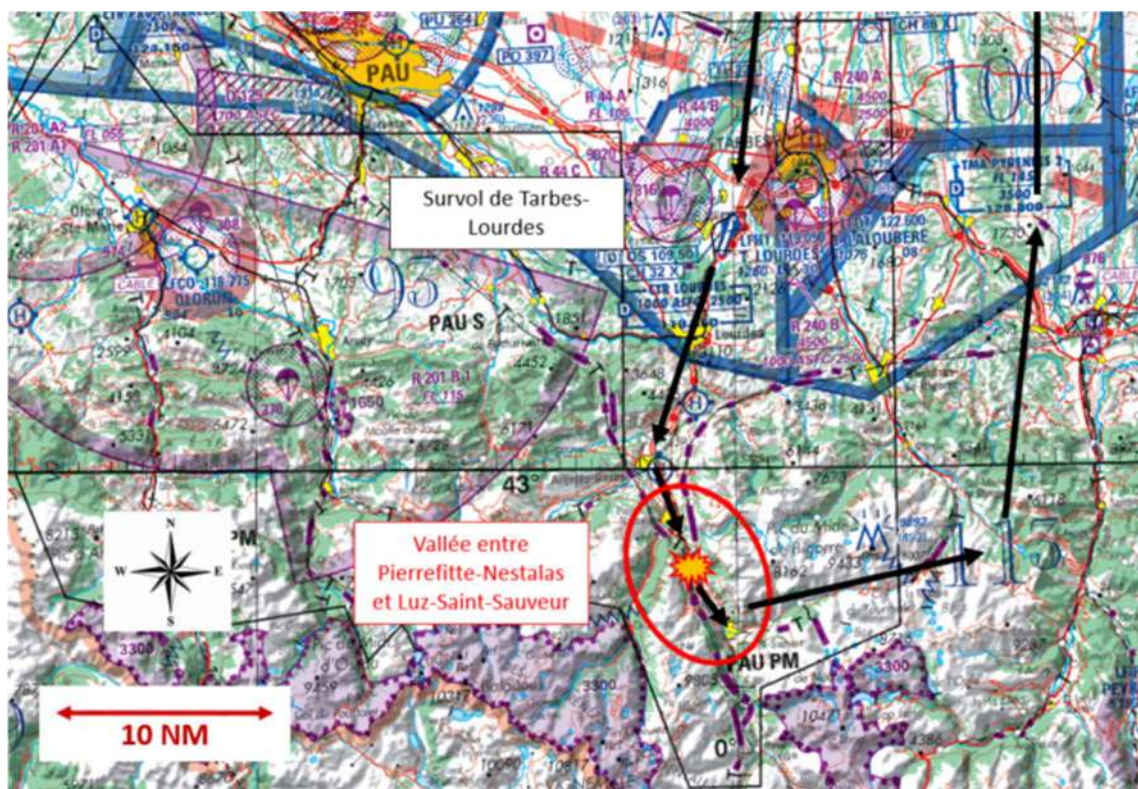


Figure 2 : profil de vol dans la zone de l'évènement sur fond de carte au 1/500 000

Ayant un doute sur la collision effective avec les câbles, les deux membres de l'équipage se concertent pour décider de la suite à donner au vol. Ils n'ont rien senti et les paramètres de vol et le comportement de l'aéronef sont normaux. Ils en concluent qu'ils n'ont pas touché les câbles de la ligne à HT. Ils décident alors de poursuivre le vol en le raccourcissant.

1.1.2.5. Poursuite du vol

Les deux membres de l'équipage rejoignent le tracé prévu de navigation puis virent au nord pour le suivre. Une fois sortis de la zone montagneuse, ils reprennent le vol en TBA vers le nord. Afin de raccourcir le vol et de rester en contact avec l'approche de Mont-de-Marsan pour la suite du travail en basse altitude (BA), ils créent un nouveau point situé à l'est de Mont-de-Marsan pour une vingtaine de milles marins⁶. Une fois sur ce point, ils réalisent la fin du travail BA prévu lors de la préparation de mission puis rentrent sur Mont-de-Marsan. Ils atterrissent à 17h14.

Lorsque l'aéronef arrive au parking, les mécaniciens constatent des endommagements sur le RPL gauche. Les deux membres de l'équipage comprennent alors qu'ils ont réellement heurté un ou plusieurs câbles de la ligne à HT et rendent compte à leur chaîne de commandement.

⁶ Un mille marin vaut 1,852 km.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France
 - département : Hautes-Pyrénées
 - zone : vallée du gave de Pau entre Pierrefitte-Nestalas et Luz-Saint-Sauveur
 - coordonnées géographiques : N 42°55'53''/O 000°02'45''
 - hauteur du lieu de l'évènement : environ 600 pieds
- Moment : jour
- Aéroport adéquat le plus proche au moment de l'évènement : Tarbes-Lourdes

1.2. Dommages corporels

L'équipage est indemne.

1.3. Dommages à l'aéronef

Le RPL gauche est endommagé.

1.4. Autres dommages

Un des câbles de la ligne à HT est endommagé. Il se rompt dans la soirée, vers 22h.

1.5. Renseignements sur l'équipage

1.5.1. NOSA, commandant de bord

- Âge : 38 ans
- Unité d'affectation : ECE 01.030 « Côte d'Argent »
- Fonction dans l'unité : officier rapporteur M2000
- Formation :
 - qualification : chef navigateur
 - école de spécialisation : école de l'aviation de chasse (EAC)
- Heures de vol comme navigateur :

	Total			Dans le semestre écoulé			Dans les 30 derniers jours		
	sur tout type	dont M2000D	dont M2000D RMV	sur tout type	dont M2000D	dont M2000D RMV	sur tout type	dont M2000D	dont M2000D RMV
Total (h)	2 850	2 600	26	77	58	26	9	9	9

- Date du précédent vol sur M2000D RMV : le 3 juin 2021

1.5.2. Pilote

- Âge : 35 ans
- Unité d'affectation : EC 01.003 « Navarre »
- Fonction dans l'unité : adjoint au chef des opérations
- Formation :
 - qualification : chef de patrouille
 - école de spécialisation : EAC

- Heures de vol comme pilote :

	Total			Dans le semestre écoulé			Dans les 30 derniers jours		
	sur tout type	dont M2000D	dont M2000D RMV	sur tout type	dont M2000D	dont M2000D RMV	sur tout type	dont M2000D	dont M2000D RMV
Total (h)	2 645	1 937	0	79	74	0	9	5	0

- Date du précédent vol sur M2000D : 4 juin 2021

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'Air et de l'Espace
- Commandement d'appartenance : CEAM
- Aérodrome de stationnement : Mont-de-Marsan (LFBM)
- Unité d'affectation : escadron des services techniques aéronautiques (ESTA) 15.030 « Chalosse »
- Type d'aéronef : M2000D RMV

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis
Cellule	M2000D RMV	641	4 318	V10 et MOD RMV ⁷ : 55
Moteur	M53P2	60441	3 973	VR1 et VN 300 ⁸ : 4

Cet aéronef est entré en chantier de RMV à l'atelier industriel de l'aéronautique (AIA) de Clermont-Ferrand en août 2019. Ce chantier s'est achevé début 2021 et l'aéronef a rejoint Mont-de-Marsan le 22 février.

1.6.1. Maintenance

La maintenance est conforme à l'attendu. L'aéronef est navigable.

1.6.2. Performances

Compte tenu de la masse, des conditions de température et d'altitude de vol, l'appareil a des performances compatibles avec la réalisation du vol.

1.6.3. Masse et centrage

Masse au moment de l'évènement : 12 tonnes (t).

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : F-34
- Quantité de carburant au décollage : 6,2 t
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : environ 2,9 t. À ce moment-là, les RPL sont vides.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Les prévisions météorologiques consultées avant le vol sont favorables à la mission. La carte TEMSI présentant le temps significatif ainsi que l'image satellite indiquent une absence de nuage et une visibilité supérieure à 10 km sur la région des Pyrénées.

La carte MIFOR⁹ de 14 heures indique que la zone des Pyrénées est bleue, c'est-à-dire que la visibilité est supérieure à huit kilomètres et le plafond supérieur à 2 500 pieds.

⁷ Visite type 10 ans et modification RMV.

⁸ Inspection 165h et visite normale 300h.

⁹ *Military forecast* ; prévisions militaires.

1.7.2. Observations

Les messages d'observation météorologique de l'aéroport de Tarbes-Lourdes indiquent des conditions météorologiques CAVOK¹⁰ sur l'ensemble de la journée du 8 juin.

1.8. Aides à la navigation

Le M2000D est équipé d'un GPS et de deux centrales à inertie.

Sur le M2000D RMV, le NOSA dispose en place arrière d'une VTS présentant la carte de navigation. Le pilote dispose d'une recopie de cette carte sur une tablette.

1.9. Télécommunications

Le M2000D est équipé d'un boîtier radio V/UHF¹¹ et d'un boîtier radio UHF. Au moment de l'évènement, la V/UHF est réglée sur la fréquence du SIV Pyrénées informations mais le contact n'est plus possible compte tenu de la hauteur de vol et du relief. L'UHF est réglée sur la fréquence d'auto-information.

1.10. Renseignements sur l'aéroport

Sans objet.

1.11. Enregistreurs de bord

Le M2000D est équipé d'un système d'enregistrement de données d'accident ESPAR.

Le M2000D RMV dispose également d'un média de restitution de mission enregistrant plusieurs données dont la trajectoire GPS et le flux vidéo de la visualisation tête haute (VTH).

Les données des enregistreurs ont été récupérées et sont intègres.

1.12. Constatations sur l'aéronef et sur la zone de l'incident

1.12.1. Examen de l'aéronef

Le RPL gauche présente des traces de frottements ainsi qu'un léger enfoncement au niveau des bouchons de vidange en vol (« vide-vite »). Son aigrette gauche est découpée sur toute sa longueur et un morceau est manquant. Les vide-vite sont ouverts.

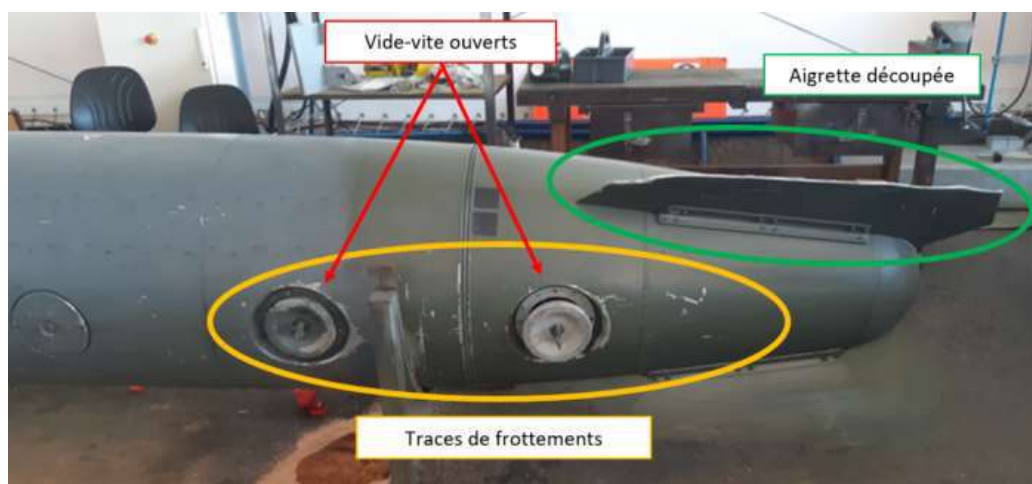


Figure 3 : endommagements sur le RPL gauche

¹⁰ CAVOK, *ceiling and visibility OK*, est un terme météorologique utilisé en aéronautique signifiant que la visibilité est supérieure à 10 km, qu'il n'y a pas de nuages en-dessous de l'altitude minimale de secteur ou 5 000 pieds (la plus haute des deux valeurs), qu'il n'y a pas de phénomène significatif et qu'il n'y a pas de cumulonimbus.

¹¹ V/UHF : *very/ultra high frequency* ; très/ultra haute fréquence.



Figure 4 : morceau d'aigrette manquant (en bleu)

1.12.2. Examen de la zone de l'incident

La zone où se situe la ligne à HT est une vallée étroite et encaissée.



Figure 5 : vue de la vallée où se situe la ligne à HT avec une représentation du positionnement de la ligne

La ligne est tendue entre deux pylônes métalliques et comporte trois câbles électriques appelés « conducteurs » qui servent au transport de l'électricité et deux câbles de garde situés au-dessus des conducteurs qui servent de paratonnerre. Des dispositifs de balisage diurne de type boules sont présents sur les câbles de garde¹².

Un seul conducteur a été coupé. Le RTE estime la zone de rupture à environ 625 mètres (m) du pylône ouest.

¹² Sept boules blanches et huit boules rouges réparties sur les deux câbles de garde.



Figure 6 : pylônes est et ouest avec conducteurs coupés (surlignés)

1.13. Renseignements médicaux

1.13.1. NOSA, commandant de bord

- Dernier examen médical : 15 janvier 2021
 - type : centre d'expertise médicale du personnel navigant (CEMPN)¹³
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués

1.13.2. Pilote

- Dernier examen médical : 5 février 2021
 - type : visite systématique en unité (en référence à l'examen CEMPN du 17 août 2020)
 - résultat : apte
- Examens biologiques : effectués

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à l'organisation des secours

Sans objet.

1.16. Essais et recherches

L'exploitation des enregistreurs de vol est réalisée par RESEDA.

L'analyse des facteurs organisationnels et humains est réalisée par le BEA-É.

1.17. Renseignements sur les organismes

1.17.1. CEAM

Le CEAM est une unité de l'AAE. Sa mission consiste à soutenir l'état-major de l'AAE à chaque étape du processus d'acquisition d'un nouvel équipement tant pour la définition du besoin que pour organiser et conduire les expérimentations opérationnelles.

¹³ Arrêté du 20 décembre 2012, relatif à la détermination et au contrôle de l'aptitude médicale à servir du personnel militaire.

En lien étroit avec la direction générale de l'armement (DGA) et les industriels, le CEAM assure la mise au point des nouveaux matériels avec le regard opérationnel. Tout son personnel est issu des forces et est choisi pour sa solide expérience des opérations. Toutes les missions de l'AAE sont couvertes.

1.17.2. ECE

L'escadron de chasse et d'expérimentation 01.030 « Côte d'Argent » concourt aux activités du CEAM pour les dossiers relatifs au Rafale, au Mirage 2000 et aux systèmes de préparation et de restitution de mission de ces aéronefs.

Il assure notamment le développement et l'expérimentation de ces matériels et des systèmes associés ainsi que la formation des premiers équipages des unités opérationnelles qui les utiliseront.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Ligne à HT

La ligne à HT heurtée est une ligne exploitée par le RTE. C'est une ligne à très haute tension de 225 kV. Elle est constituée de trois conducteurs assurant le transport du courant triphasé (un conducteur par phase), chacun de 225 kV et de deux câbles de garde, situés plusieurs mètres au-dessus des conducteurs, assurant des fonctions de paratonnerre. Cette ligne assure notamment le transport d'électricité transfrontalier avec l'Espagne.

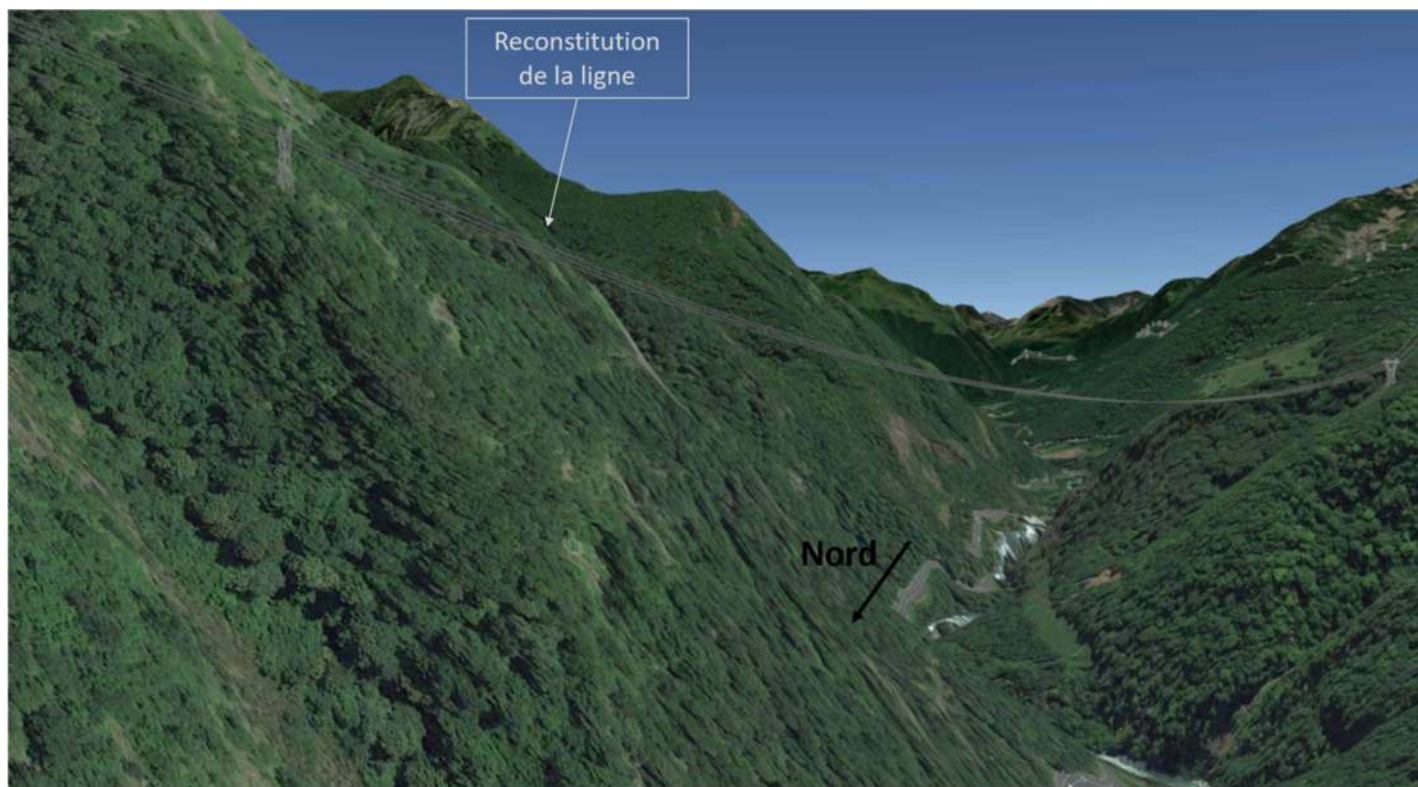


Figure 7 : reconstitution de la ligne à HT

Les conducteurs ont un diamètre de 2,64 cm et sont constitués de plusieurs brins toronnés en aluminium et en acier. Leur longueur entre les deux pylônes est de 1,3 km et la hauteur au-dessus de la route en fond de vallée du câble de garde le plus haut est estimée par le RTE à 284 m soit 930 ft. Cette ligne a été implantée vers 1950. Elle dispose d'un balisage diurne de type boules sur ses câbles de garde, conformément à 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 autorisation¹⁴.

¹⁴ Cet arrêté précise que « ne peuvent être soumises à un balisage diurne et nocturne, ou à un balisage diurne ou nocturne, que les installations (y compris les lignes électriques) dont la hauteur en un point quelconque au-dessus du niveau du sol ou de l'eau est supérieure à 80 m hors agglomération et 50 m en zone montagneuse » (article 2, a) et c)).

1.18.2. Carte de navigation à vue au 1/500 000

Lors des navigations à vue en basse altitude et très basse altitude, les pilotes de l'aéronautique d'État utilisent les cartes de navigation à vue au 1/500 000 éditées par la direction de la circulation aérienne militaire (DIRCAM). Ces cartes sont réservées aux usagers de l'aéronautique d'État et sont communément appelées 500 k DIRCAM. La France est découpée en cinq feuilles appelées LFC - EUROPE SHEET (1 à 5) - FRANCE. En parallèle, le service de l'information aéronautique (SIA) de la direction générale de l'aviation civile (DGAC) édite une carte équivalente pour les usagers civils de l'aéronautique. Celle-ci est communément appelée 500 k OACI¹⁵.

Les mises à jour de la 500 k DIRCAM sont réalisées une fois par an au mois de mars ou d'avril. Celles-ci suivent un processus qui fait intervenir plusieurs entités :

- le fond de carte topographique est réalisé par l'institut national de l'information géographique et forestière (IGN) ;
- le SIA ajoute la couche comprenant les informations aéronautiques ;
- la division de l'information aéronautique (DIA) de la DIRCAM contrôle les informations aéronautiques et ajoute les spécificités militaires. Lorsque les informations sont vérifiées, la DIA valide le bon à tirer ;
- l'IGN imprime les cartes papier et réalise une numérisation de la carte au format PDF ;
- l'établissement géographique interarmées (EGI) assure l'envoi des cartes en version papier à l'ensemble des abonnés concernés ;
- l'Élément géographique air-marine (EGAM) assure la transformation des cartes numérisées dans des formats utilisables à bord des aéronefs et pour les systèmes de préparation de mission ;
- la DIA et l'EGAM mettent en ligne sur leur site respectif les versions numérisées ;
- l'EGI contrôle et intègre ces cartes à son patrimoine (base de données) et les ajoute à son catalogue qui est mis à jour régulièrement (au moins une fois par mois).

Pour la mise à jour de l'édition 2021, les cartes papiers ainsi que la carte numérisée PDF étaient valides à compter du 22 avril. L'EGAM a publié sur son site les cartes numérisées utilisables à bord des aéronefs et pour les systèmes de préparation de mission le 10 mai et la DIA sur le sien le 20 mai. De son côté, l'EGI a contrôlé et intégré les cartes à son patrimoine le 27 mai et généré un nouveau catalogue le 4 juin qui a ensuite été mis en ligne¹⁶.

1.18.3. Représentation des lignes à HT sur la 500 k DIRCAM

L'arrêté du 6 juillet 2018 relatif aux cartes aéronautiques précise que « les obstacles hors agglomérations qui s'élèvent à 100 m (330 pieds) ou plus au-dessus du sol sont représentés sur les cartes aéronautiques au 1/500 000 ».

Pour les lignes électriques, les spécifications des cartes LFC - France¹⁷ précisent que « les lignes de tension égale ou supérieure à 63 kV sont toutes représentées ». Toutefois, les exploitants de lignes électriques n'ayant pas tous été identifiés, les données concernant les lignes exploitées par des entités autres que le RTE ne sont pas exhaustives. Ainsi, les mêmes spécifications précisent que depuis « l'édition 2020, le RTE n'a pas livré les lignes appartenant à d'autres prestataires. De ce fait, la mise à jour sur ce thème n'est pas exhaustive. Seules les lignes appartenant au RTE ont été mises à jour sans suppression de lignes. Pour les données hors du RTE, le complément vient de la BDUni¹⁸ dont la collecte n'est pas exhaustive. En cas de doute, les lignes de l'édition précédente ont été récupérées et conservées en l'état ».

Les représentations graphiques utilisées pour faire figurer les lignes électriques sur la 500 k DIRCAM sont les suivantes.

¹⁵ Organisation de l'aviation civile internationale.

¹⁶ La date exacte de la mise en ligne de ce nouveau catalogue n'a pas été retrouvée.

¹⁷ Spécifications – carte – aéronautique – LFC - France, version 10.0 du 2021-04-22 publiées par l'IGN.

¹⁸ Base de données unique.

Catégorie	Largeur du signe en mm	Largeur et style de trait en mm	Couleur	Symbole
Ligne électrique ≥ 225 kV	1,9	Trait continu	NOIR 100%	
Ligne électrique ≥ 63 kV et < 225 kV	1,9	Trait tireté tiret 2, blanc 1	NOIR 100%	
Ligne électrique > 330 ft AGL traversant une vallée encaissée	1,2 Avec liseré blanc de 0,6	Dépend du type de ligne	PURPLE 100% Liseré : Blanc (opacité 70%)	

Figure 8 : représentations graphiques des lignes électriques de plus de 63 kV

La représentation graphique spécifique des lignes électriques de hauteur supérieure à 330 ft AGL¹⁹ traversant une vallée encaissée a été rajoutée sur les cartes en 2017 à l'occasion de la version 6.0. Ce rajout fait suite à une étude initiée par la DIRCAM en 2015 après les signalements de plusieurs dangers aéronautiques par les utilisateurs.

¹⁹ Above ground level ; au-dessus du niveau du sol.

PAS DE TEXTE

2. ANALYSE

2.1. Expertises techniques

2.1.1. Expertise technique de l'aéronef

L'aéronef ne présente pas de trace d'endommagement. Seul le RPL gauche présente des traces de frottements, un léger enfoncement ainsi qu'une découpe de l'aigrette. Lorsque le pilote aperçoit la ligne à HT, il cabre pour passer au-dessus. Les deux membres de l'équipage voient un câble conducteur passer juste sous l'aéronef. Le contact entre l'aéronef et le conducteur s'est donc fait au niveau de ce RPL gauche.

Les vide-vite sont ouverts au retour du vol. Aucune panne de ce système de vidange n'est détectée par l'équipage avant la collision avec la ligne à HT et le carburant contenu dans ce réservoir est consommé normalement. Leur ouverture est donc consécutive au heurt avec la ligne à HT. Elle peut être due au choc ou à un phénomène électrique puisque l'ouverture des bouchons est normalement commandée par l'équipage par excitation d'un électro-aimant.

Au moment du heurt du câble, les réservoirs externes sont vides et les vide-vite ne sont pas visibles par l'équipage. L'ouverture des vide-vite ne peut donc pas être détectée par l'équipage.

Le contact entre l'aéronef et le câble conducteur heurté s'est fait au niveau du RPL gauche, entraînant l'ouverture des vide-vite. L'équipage ne pouvait pas détecter cette ouverture.

2.1.2. Expertise de la rupture

Le conducteur est composé d'un toron de fils d'acier au centre entourés de fils d'aluminium. La zone de rupture se situe à environ 625 m du pylône ouest à une hauteur du sol estimée par le RTE à 175 m soit 575 ft. Le câble conducteur a été découpé pour récupérer les deux morceaux situés au niveau de la zone de rupture.



Figure 9 : vue d'un des deux morceaux du conducteur au niveau de la rupture

De part et d'autre de la rupture, on constate au niveau de la partie aluminium des chignons et des brins du câble conducteur coupés suite au choc et, au niveau de la partie acier, des traces d'amorçage dues à la fusion du câble lors de la rupture de celui-ci.

Le RTE estime le point de rupture du conducteur à 625 m du pylône ouest et à une hauteur de 575 ft.

2.1.3. Expertise des données de l'enregistreur de vol

Les données de l'ESPAR ont été exploitées par RESEDA. L'ESPAR n'enregistre pas la position GPS de l'aéronef. La trajectoire est donc obtenue grâce à des paramètres comme la vitesse, le cap et l'inclinaison. Le résultat obtenu doit être recalé pour tenir compte de la dérive de l'aéronef notamment sous l'effet du vent et du dérapage qui n'est pas enregistré.

De même, l'altitude enregistrée est calée à la pression atmosphérique de 1 013 hPa alors que le QNH de Mont-de-Marsan est de 1 020 hPa et celui de Tarbes-Lourdes de 1 021 hPa.

Le recalage horizontal a été fait sur plusieurs points de repères caractéristiques. L'altitude a été recalée au niveau du survol de Tarbes-Lourdes. Ces recalages ont permis d'obtenir la trajectoire du vol et son profil vertical. Toutefois, compte tenu de la précision du recalage et de l'encaissement de la vallée du gave de Pau, l'estimation des valeurs de la hauteur de vol de l'aéronef reste approximative.

2.1.3.1. Trajectoire du vol

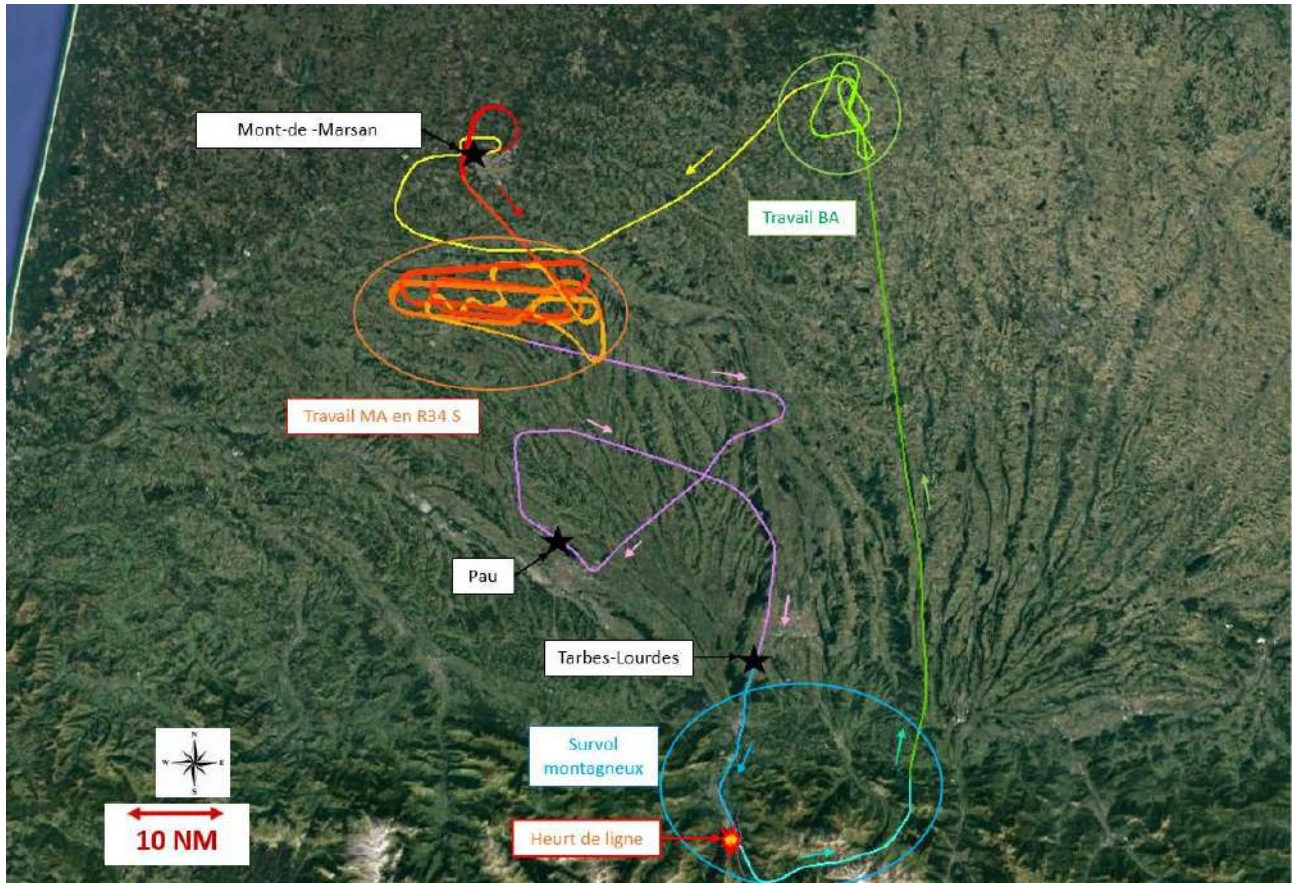


Figure 10 : trajectoire générale du vol

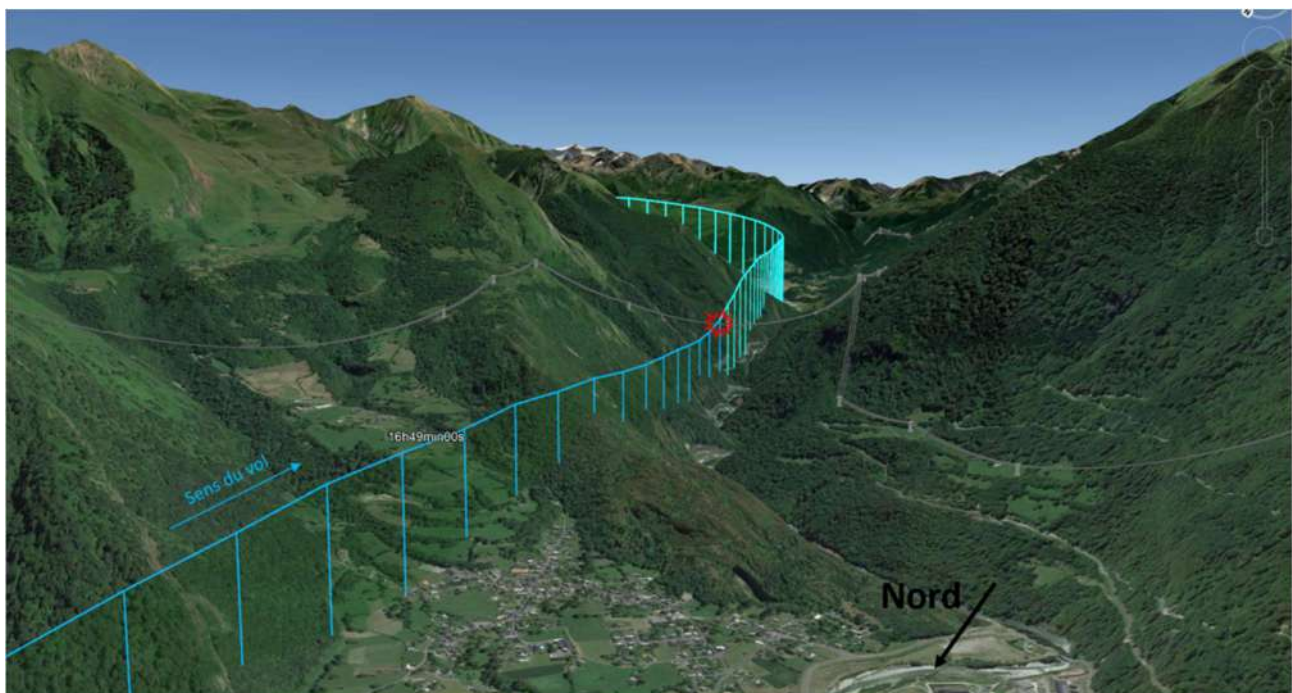


Figure 11 : trajectoire au moment de l'évènement avec reconstitution de la ligne à HT heurtée

2.1.3.2. Profil vertical du vol

Les figures 12 et 13 présentent les valeurs de l'altitude au calage 1 013 hPa en gris, de l'altitude au QNH de Mont-de-Marsan en violet et de la hauteur mesurée par la radiosonde en vert.

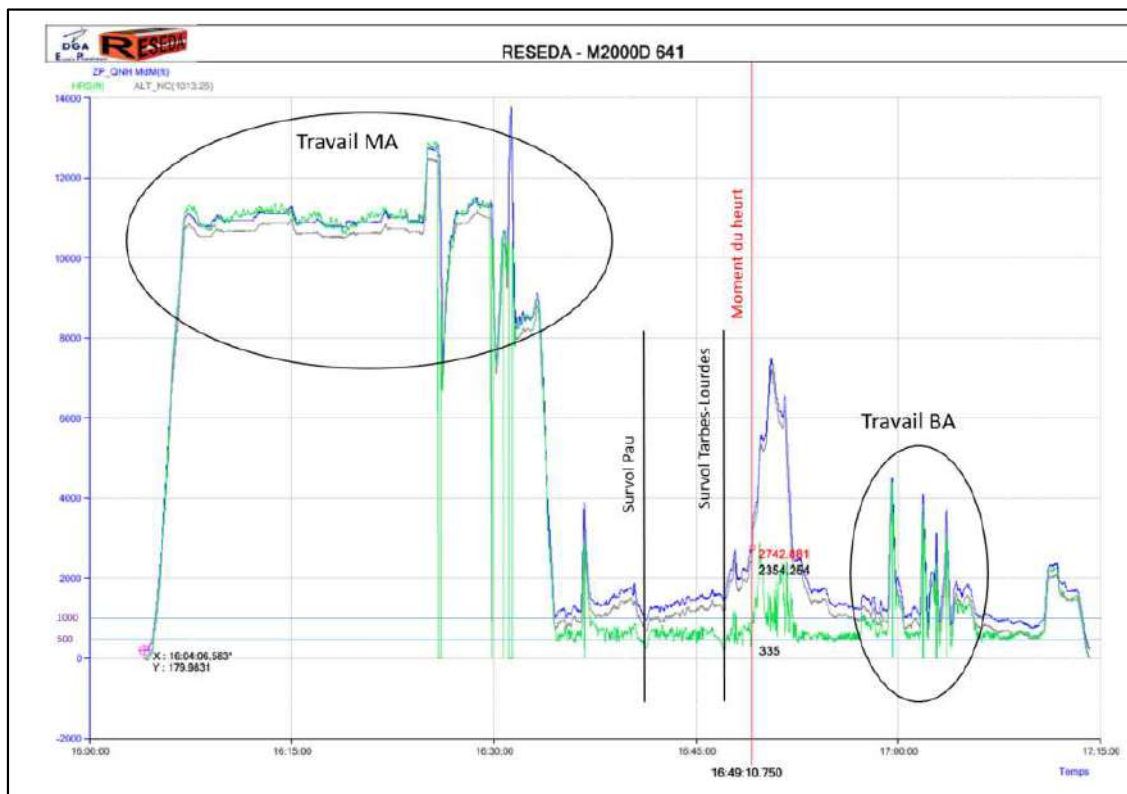


Figure 12 : paramètres verticaux du vol

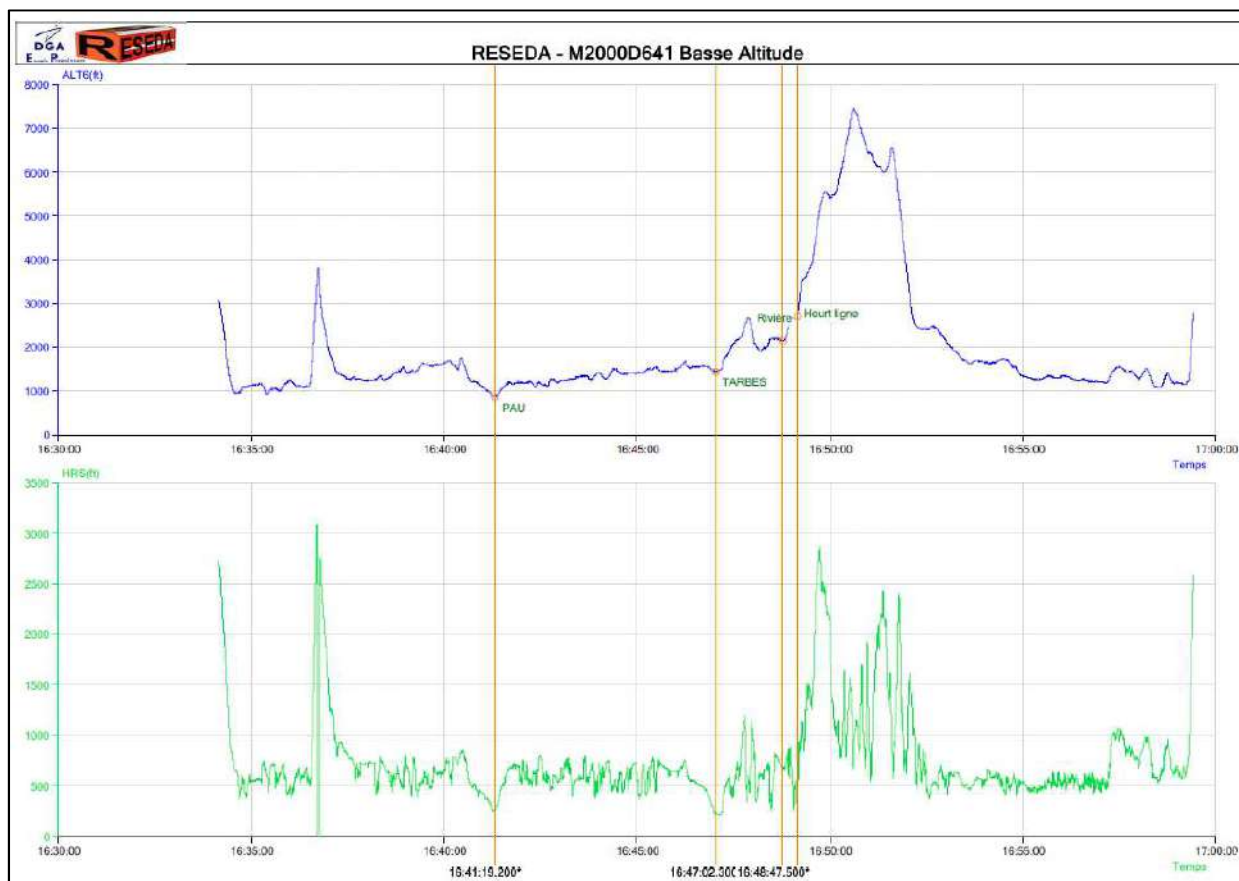


Figure 13 : altitude (QNH Mont-de-Marsan) et hauteur radiosonde pendant la phase TBA

Pendant la phase de vol en TBA, la hauteur mesurée par la radiosonde est globalement supérieure à 500 ft avec des passages ponctuels entre 400 et 500 ft. Lors des survols des pistes de Pau et de Tarbes-Lourdes, elle est plus basse.

Lors d'un survol au-dessus d'un relief, la valeur donnée par la radiosonde est faussée du fait de son cône de détection. Elle est souvent sous-estimée. La hauteur de vol de l'aéronef a été réévaluée pour tenir compte de ces phénomènes à partir de l'altitude de vol moins l'altitude topographique du sol mesurée à l'aide du site Géoportail.

Cette expertise, concentrée sur les instants avant l'évènement, montre que la hauteur radiosonde est le plus souvent légèrement sous-évaluée lorsque l'aéronef survole des reliefs. Elle est par contre surévaluée lorsque l'aéronef est en virage à forte inclinaison. Lorsque l'aéronef survole un terrain plat, les deux valeurs sont pratiquement égales.

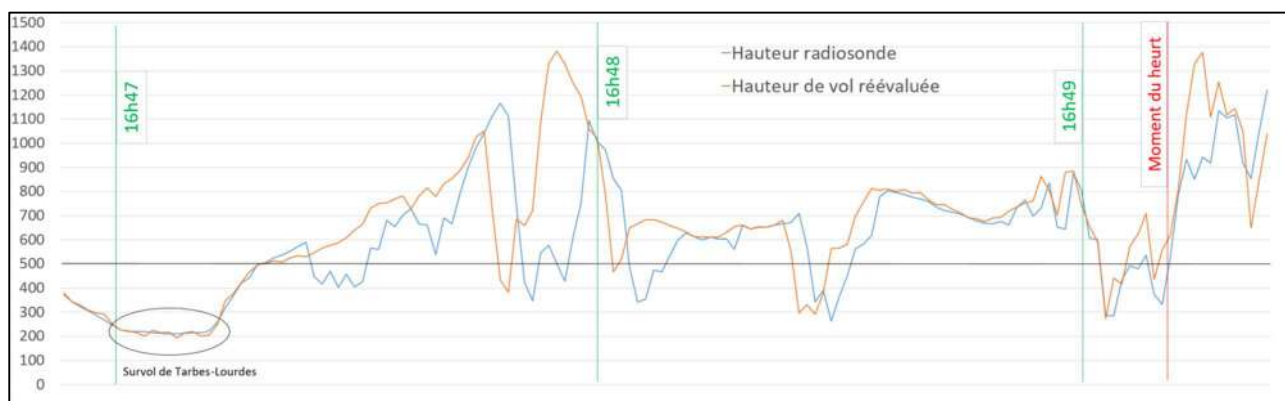


Figure 14 : hauteur réelle de vol estimée et hauteur radiosonde après le survol de Tarbes-Lourdes

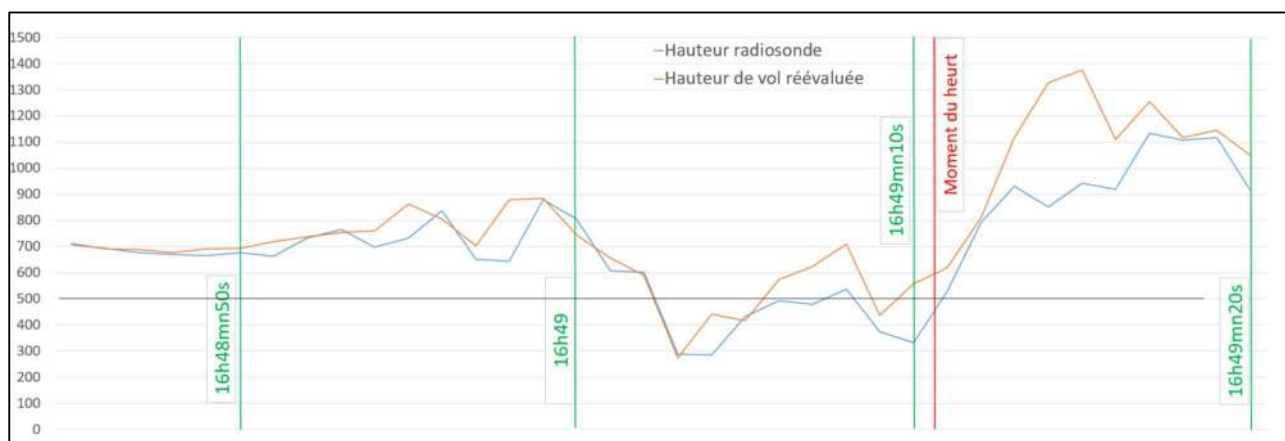


Figure 15 : hauteur réelle de vol estimée et hauteur radiosonde au moment de l'évènement

La hauteur de la radiosonde dans les quelques secondes précédant le heurt est inférieure à 500 ft. Elle est d'environ 470 ft au moment du heurt. Cette hauteur est estimée approximativement à 575 ft par le RTE. La hauteur réévaluée dans le cadre de l'enquête est d'environ 600 ft.

Lors du vol en TBA, la hauteur est globalement supérieure à 500 ft avec des passages ponctuels en-dessous de cette valeur, notamment juste avant le heurt de la ligne.

Au moment du heurt, la radiosonde indique environ 470 ft alors que la hauteur réévaluée dans le cadre de l'enquête est d'environ 600 ft et est estimée à 575 ft par le RTE.

2.1.4. Expertise de la carte de navigation à vue utilisée

2.1.4.1. Nouveau mode de calcul des hauteurs des lignes à HT

En juin 2020, une patrouille de M2000D réalise un vol en TBA dans la vallée du gave de Pau. Arrivant au niveau de la même ligne à HT, les deux équipages la voient tardivement et l'équipage leader passe en-dessous de celle-ci. Au retour du vol, la patrouille établit une fiche d'évènement aéronautique d'État (FEA-É)²⁰. L'analyse de cet évènement met en lumière une erreur de représentation graphique de cette ligne à HT sur la 500 k DIRCAM. Cette ligne est en effet représentée graphiquement comme une ligne électrique supérieure à 225 kV et non comme une ligne électrique de hauteur supérieure à 330 ft AGL traversant une vallée encaissée (cf. figure 8).

Suite à cet incident aérien, le bureau sécurité aérienne du CFA informe la DIRCAM de l'erreur de représentation graphique de la ligne électrique traversant la vallée du gave de Pau. La DIA adresse alors un message²¹ d'avertissement de marquage non conforme de cette ligne à HT à ses abonnés ainsi qu'un correctif sous forme de stickers autocollants à apposer sur la carte en version papier. En revanche, les cartes numérisées ne sont pas mises à jour pour prendre en compte cette erreur.

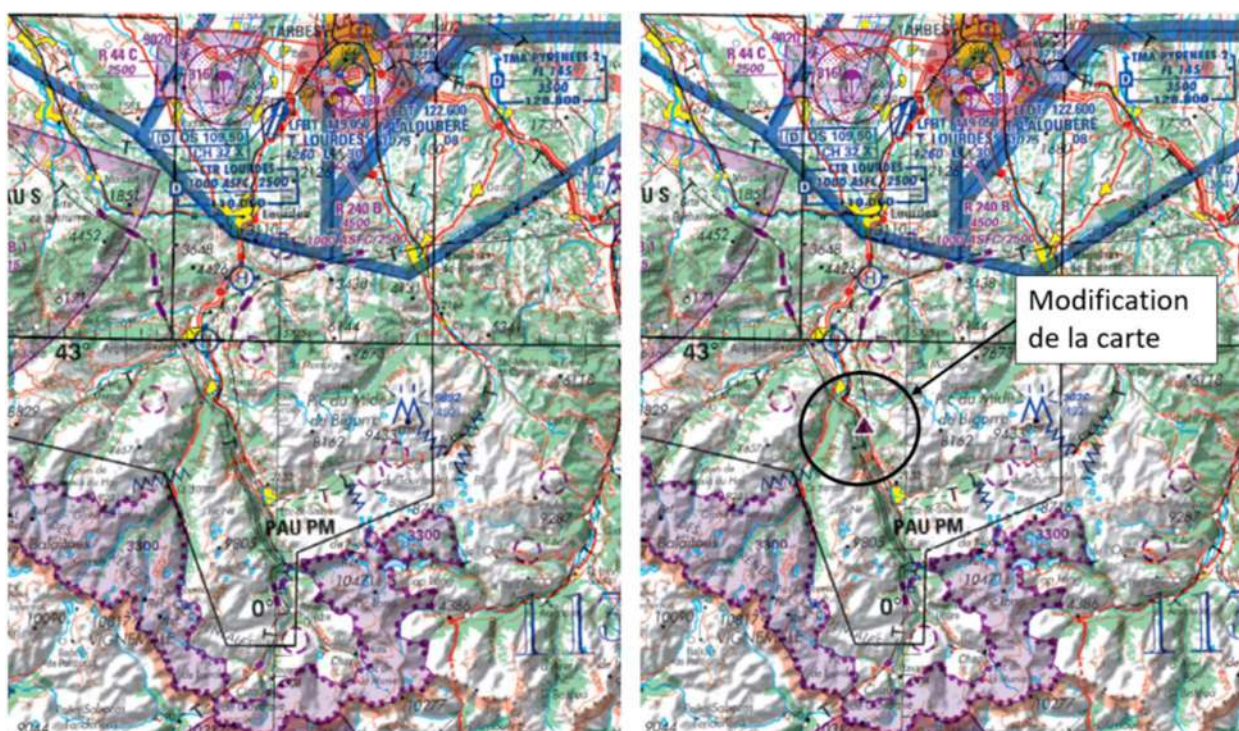


Figure 16 : carte LFC3 édition 2020 version papier sans et avec sticker

Le message de la DIA précise également que l'IGN a lancé un calcul de vérification de la hauteur des câbles sur l'ensemble du territoire français afin de s'assurer que la totalité des tronçons de traversées de vallées est bien représentée sur les cartes 500 k DIRCAM.

L'édition 2021 des cartes 500 k DIRCAM prend en compte ce nouveau mode de calcul de hauteur des câbles de vallée (annexe 16 des spécifications des cartes LFC France). Ainsi, les hauteurs de nombreux câbles ont été réévaluées à la hausse conduisant à modifier leur représentation graphique. Celles-ci sont prises en compte dans la version 2021 de la 500 k DIRCAM.

La ligne à HT impliquée au cours des deux évènements (celui de juin 2020 et celui faisant l'objet de cette enquête de sécurité) fait partie des lignes électriques dont la hauteur a été revue à la hausse et la représentation graphique modifiée sur la version 2021 de la 500 k DIRCAM.

²⁰ FEA-É n° 2020/AA/EC-3.3-ARDENNES/072 du 24 juin 2020.

²¹ N° 2020/144 DSAE/DIRCAM/DIA du 1^{er} juillet 2020.

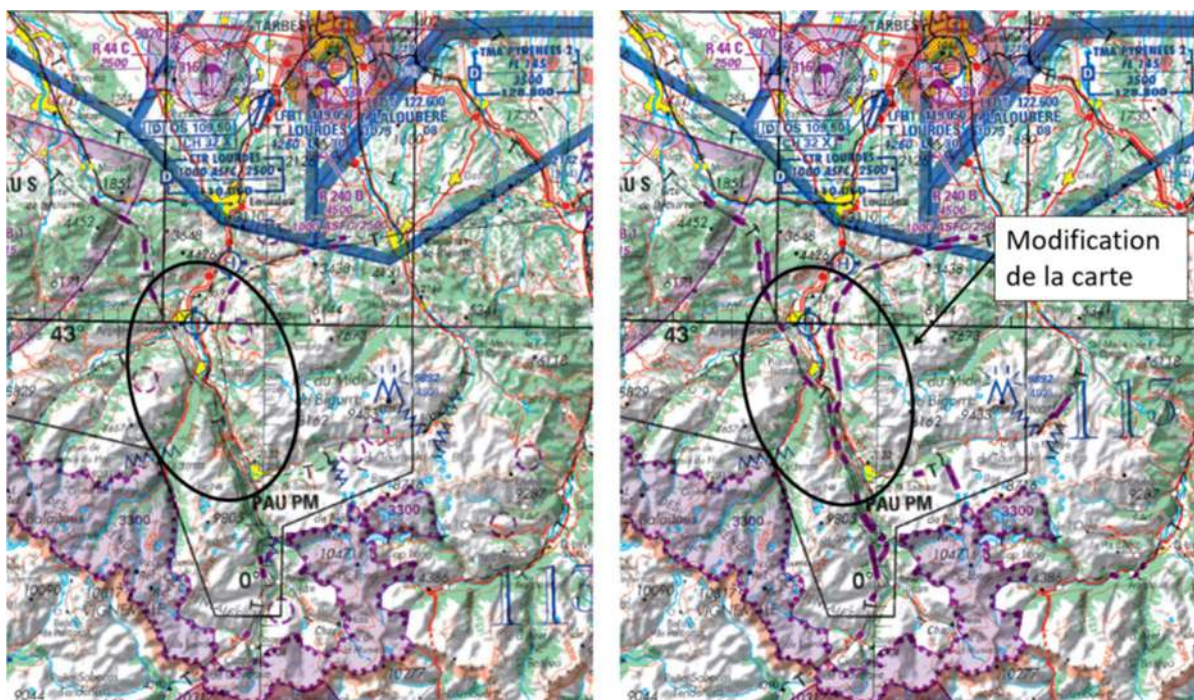


Figure 17 : représentations graphiques de la ligne à HT sur la carte 2020 (à gauche) et sur la carte 2021 (à droite)

Suite à un précédent évènement aéronautique, l'IGN a modifié son mode de calcul des hauteurs des câbles entraînant la modification des représentations graphiques de nombreux câbles sur la version 2021 de la 500 k DIRCAM dont celle de la ligne heurtée.

2.1.4.2. Carte utilisée lors de la préparation de mission

L'équipage prépare sa mission avec la documentation aéronautique fournie par la DIRCAM. Pour la phase de vol en TBA, l'équipage utilise notamment la carte 500 k DIRCAM LFC - EUROPE SHEET3 - FRANCE, FRANCE SUD-OUEST, communément appelée LFC3. Cette préparation de mission étant réalisée à l'aide des systèmes de préparation de mission SLPRM et SPAD, l'équipage utilise la version numérique de la 500 k. La carte papier, dont l'export reste obligatoire en vol mais pas l'utilisation, n'est consultée ni pendant la préparation de la mission, ni pendant son exécution.

Sur le SLPRM, la carte numérisée utilisée n'est pas à jour. L'équipage utilise donc la version 9.0 de 2020. Sur le SPAD, la carte LFC3 a été mise à jour mais le fichier comprenant celle de 2020 n'a pas été effacé. L'équipage a donc à disposition deux fichiers, l'un nommé DIRCAM 2021 à jour et l'autre 500 k, non à jour. L'équipage sélectionne ce deuxième fichier car il correspond à la carte recherchée, la 500 k.

Ainsi, sur les deux systèmes de préparation de mission, l'équipage utilise la carte numérisée de 2020 sur laquelle la représentation graphique de la ligne à HT heurtée est celle des lignes électriques de plus de 225 kV et non celle des lignes électriques de hauteur supérieure à 330 ft AGL et traversant une vallée.

Lors de la préparation de mission, l'équipage a utilisé des cartes numérisées sur lesquelles la représentation graphique de la ligne à HT heurtée n'était pas conforme à la réalité.

2.1.5. Étude de la réglementation

La réglementation de la circulation aérienne militaire (RCAM)²² précise entre autres choses les conditions de vol en CAM V au chapitre 5. Elle précise que la hauteur minimale de vol de jour pour les avions à réaction est de 150 m (500 ft).

²² Version 1.2 du 6 août 2020.

Cette hauteur minimale doit être considérée : « au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon égal à la distance parcourue en 10 secondes (s) de vol. 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, etc. ;
- 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 ».

Le RCAM définit les zones montagneuses comme suit : « zone au profil de terrain changeant, où les différences d'altitude du terrain excèdent 900 m (3 000 ft) sur une distance de 18,5 km (10,0 NM) ».

Le répertoire d'emploi de l'aviation de chasse (REAC)²³, utilisable notamment par les unités de la brigade aérienne de l'aviation de chasse (BAAC) et du CEAM, précise dans la section IV vol en BA/TBA/TTBA²⁴ la hauteur de vol à respecter et l'utilisation de la radiosonde.

« La hauteur de vol est définie, pour la CAM V, dans la RCAM - chapitre 5 [...] ».

« Exception peut être faite dans les régions montagneuses pour le survol des obstacles situés par le travers sur initiative du commandant de bord 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 ».

Ce document ne reprend donc pas la nécessité d'obtenir, en zone montagneuse, une autorisation expresse du commandement pour s'affranchir des obstacles situés par le travers.

Le REAC précise aussi que :

« L'utilisation de la radiosonde ou d'un dispositif équivalent est dès lors systématique et l'allumage de l'alarme correspondante doit rester un événement anormal entraînant une réaction immédiate de l'équipage. » ;

« La hauteur de garde radiosonde est réglée selon les consignes suivantes :

- hauteur de vol moins 100 ft pour tout vol effectué à une hauteur inférieure à 1 000 pieds ».

Le REAC précise aussi « qu'un ordre de vol doit comporter au minimum :

- [...] ;
- les itinéraires de navigation prévus en détaillant les hauteurs minimum et vitesses maximales des différentes phases ;
- [...] ;
- les exercices particuliers y compris les exercices à l'initiative du responsable de mission (EIDRM) ».

L'ordre de vol signé par l'équipage avant le départ précise l'altitude minimale pour ce vol fixée à 500 ft AGL, ce qui est conforme aux exigences de la RCAM et du REAC, ainsi que l'itinéraire prévu : Tarbes - Saint Gaudens - Agen - Marsan. En revanche, il ne fait pas mention d'une autorisation expresse du commandement de s'affranchir des obstacles situés par le travers en zone montagneuse ni des EIDRM réalisables par l'équipage.

Pour ce vol, la hauteur de vol minimale est fixée à 500 ft, conformément à la réglementation.

L'ordre de vol ne fait pas mention d'une décision expresse de l'autorité ordonnant la mission de s'affranchir des obstacles situés par le travers ni de la possibilité de réaliser des EIDRM.

2.2. Séquence de l'évènement

L'équipage prépare la mission en utilisant des cartes numérisées non à jour. Sur ces cartes, la représentation graphique de la ligne à HT heurtée est celle d'une ligne électrique de 225 kV et non pas celle d'une ligne électrique de hauteur supérieure à 330 ft AGL traversant une vallée encaissée.

Vers 16h48, après le survol de l'aéroport de Tarbes-Lourdes, l'équipage s'engage dans la vallée du gave de Pau.

²³ Manuel de l'armée de l'Air (MAA) 3.3.1 version 2019.

²⁴ TTBA : très très basse altitude.

La hauteur de vol est alors globalement supérieure à 500 ft avec des passages ponctuels sous cette valeur. Vers 16h48mn, le navigateur aperçoit une ligne à HT sur sa gauche puis le pilote voit cette ligne traverser la vallée juste au-dessus de l'aéronef.

Le pilote cabre et l'équipage survole la ligne à 16h48mn10s. Sa hauteur de vol affichée par la radiosonde est alors de 472 ft. La hauteur estimée réelle est d'environ 600 ft.

En l'absence de choc ressenti et de comportement anormal de l'aéronef, l'équipage estime ne pas avoir heurté la ligne et continue son vol en l'écourtant.

2.3. Recherche des causes de l'évènement

Les causes de cet évènement relèvent des facteurs organisationnels et humains.

2.3.1. Nature de la mission et composition de l'équipage

La mission est un vol de lâcher sur M2000D RMV au profit du pilote. Celui-ci possède une bonne expérience du vol sur M2000D puisqu'il a déjà réalisé un peu moins de 2 000 heures de vol sur ce type d'aéronef et est qualifié chef de patrouille. Il s'agit essentiellement pour lui de découvrir le nouveau SNA du M2000D RMV car le pilotage et le comportement de l'aéronef restent identiques. La mission ne présente donc pas de difficulté majeure pour lui.

Le NOSA a également une bonne expérience du vol sur M2000D puisqu'il a déjà réalisé environ 2 600 heures de vol sur ce type d'aéronef dont 26 sur le M2000D RMV. Il est commandant de bord et instructeur sur cette mission. Du fait de l'expérience de son pilote, l'instruction qu'il doit dispenser ne présente pas de difficulté majeure.

Une partie de la mission est réalisée en BA et notamment en zone montagneuse. Ce type de mission présente un risque spécifique du fait de la proximité du sol et de la présence de nombreux obstacles. Toutefois, cela ne représente pas une difficulté majeure pour l'équipage qui maîtrise le vol en BA.

La mission ne présente pas de difficulté majeure pour l'équipage, déjà expérimenté sur M2000D.

2.3.2. Pratique du vol en zone montagneuse

2.3.2.1. Pratique de l'équipage

Les deux membres de l'équipage ont une pratique du vol en zone montagneuse réduite. Le pilote estime réaliser deux à trois missions par an en zone montagneuse. Le NOSA estime voler plus régulièrement en zone montagneuse depuis qu'il a rejoint Mont-de-Marsan soit environ cinq à six fois depuis septembre 2020. La pratique du vol en montagne est notamment limitée l'été par le risque d'abordage en vol lié à l'activité vélivole et parapente et l'hiver par l'interdiction de survol des stations de ski. Les pilotes de chasse de l'AAE ont donc peu d'occasions de voler en zone montagneuse.

La pratique du vol en zone montagneuse par les équipages chasse de l'AAE et notamment celui impliqué dans l'évènement, est limitée.

2.3.2.2. Corpus documentaire

La pratique du vol en zone montagneuse par les équipages de l'aviation de chasse de l'AAE ne fait pas l'objet de dispositions particulières dans le REAC, ni d'un suivi spécifique. Cette pratique ne fait notamment pas partie des « missions, environnements exercices particuliers » décrits au chapitre 6. De même, ce document ne définit pas de norme particulière associée à ce type de vols. Le vol en zone montagneuse est donc considéré comme un vol normal.

Les équipages ont toutefois conscience des restrictions et des risques abordés au paragraphe précédent.

Les consignes d’instruction du personnel navigant (CIPN)²⁵ de la BAAC précisent que : « le vol en montagne en TBA à 500 ft requiert une préparation de mission fine en étudiant la route et la zone de travail afin de faire ressortir les dangers de la basse altitude en montagne (câbles suspendus, lignes à haute tension, passage de crête, aérodromes, parapentes, etc.). Il convient également d’analyser la configuration des vallées en prenant en compte la situation météorologique du jour ».

Il n’y a pas de formation spécifique à cette pratique lors du cursus de formation initiale des pilotes de chasse de l’AAE. En revanche, les CIPN précisent le programme de formation au vol en montagne en TBA à adopter en unités opérationnelles : « la familiarisation au vol montagne en TBA ne nécessite pas de vol dédié et peut être réalisée dès le début de la progression en escadron de transformation et en unité. Pour les unités à vocation air-sol et polyvalentes²⁶, cette formation sera dispensée en dernier recours au travers des deux vols correspondant aux missions 03 et 04 du programme de formation au vol à une hauteur inférieure à 500 ft ». Ainsi pour les équipages de M2000D, la formation au vol TBA en zone montagneuse n’est pas formalisée par des vols dédiés et peut être réalisée lors des missions de formation au vol à une hauteur inférieure à 500 ft. Cette prise en compte a minima des spécificités du vol en zone montagneuse peut s’expliquer notamment par le fait que les avions de chasse disposent de performances leur permettant de s’affranchir rapidement du relief et des obstacles en cas de détection tardive ou de dégradation météorologique. Les effets du vent sont également négligeables. Cela n’est pas le cas pour les hélicoptères ou les avions de transport. Les risques associés peuvent donc être facilement sous-évalués par les équipages chasse notamment par les équipages expérimentés.

Le vol en zone montagneuse ne fait pas l’objet de dispositions particulières au sein de l’aviation de chasse ce qui peut favoriser une sous-évaluation des risques associés à ce type de vol.

2.3.3. Défaut de perception de la ligne à HT

2.3.3.1. Représentation erronée de la zone

Lors de la préparation du vol, l’équipage a consulté la carte 500 k DIRCAM pour déterminer notamment les obstacles sur sa route pendant la phase de vol en TBA. Du fait de l’utilisation d’une version non mise à jour de cette carte, l’équipage repère la ligne à HT heurtée mais la considère comme non dangereuse car située à une hauteur inférieure à 300 ft AGL et ne traversant pas la vallée, alors qu’il volera à 500 ft.

L’équipage n’a donc pas conscience de la hauteur réelle de cette ligne à l’endroit où il l’a heurtée. D’ailleurs, quelques instants avant l’évènement, le NOSA rappelle à son pilote qu’il n’y a pas de danger dans la vallée jusque deux à trois milles marins avant le but 17²⁷. En effet, l’équipage a repéré lors de la préparation de mission que cette même ligne à HT qui se poursuit vers l’Espagne est représentée graphiquement vers l’approche du but 17 comme une ligne supérieure à 330 ft AGL traversant une vallée encaissée. Pour l’équipage, le danger se situe donc à l’approche du but 17.

²⁵ Titre B : compétences communes. Publication CFA n° 041/CFA/EM/BAAC/DR du 20 avril 2020.

²⁶ Ce qui est le cas des unités volant sur M2000D.

²⁷ Point n° 17 du trait de navigation.

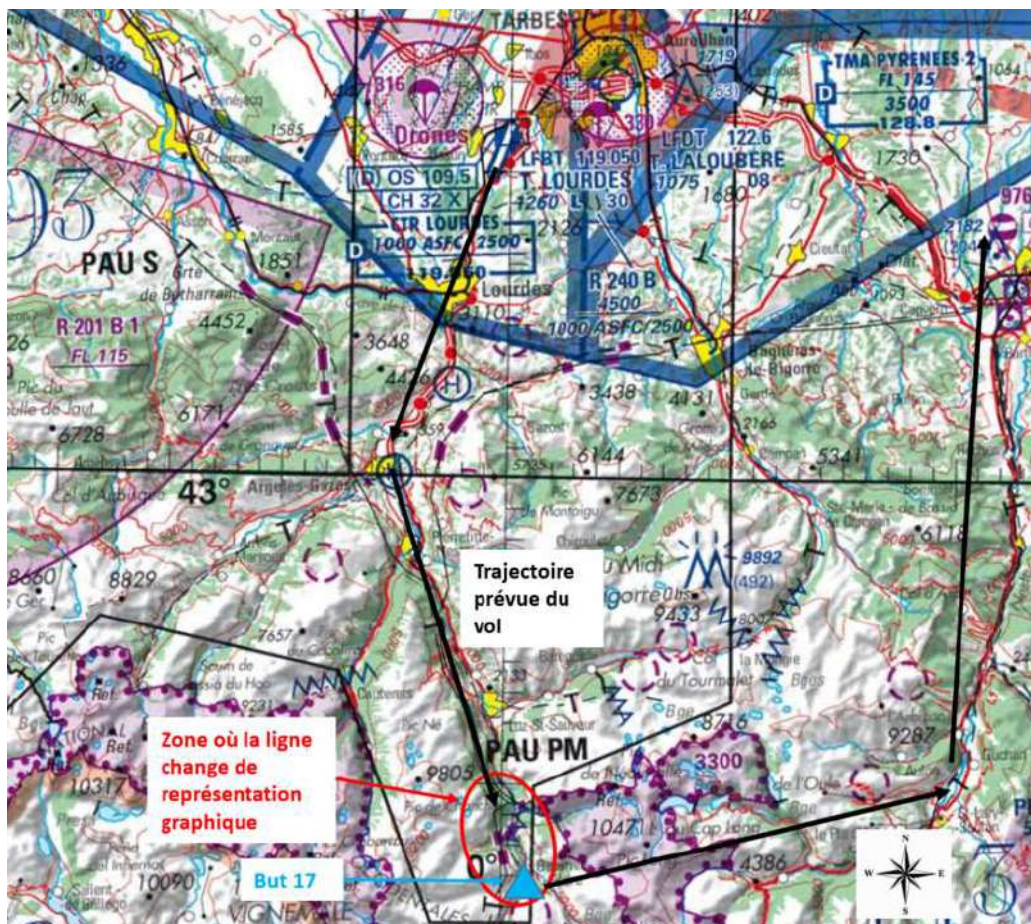


Figure 18 : représentation graphique de la ligne à HT à l'approche du but 17

La préparation de la mission, bien que conforme à l'attendu, n'a pas permis à l'équipage d'anticiper le risque sur la zone. La représentation erronée de l'absence de risque sur cette zone, établie lors de la préparation, a contribué à la détection tardive de la ligne à HT.

2.3.3.2. Caractéristiques visuelles de la ligne à HT

Les câbles conducteurs de la ligne à HT ont un diamètre de 2,64 cm et sont de couleur gris métallique. Les câbles de garde ont un diamètre de 1,75 cm et disposent des boules de signalisation réglementaires d'un diamètre de 50 centimètres et de couleurs rouges et blanches.

L'acuité visuelle de 10/10 correspond à la capacité de distinguer un point de 0,3 mm à une distance de 1 m, lorsque le contraste est optimal (noir sur fond blanc). Pour un équipage disposant d'une telle acuité visuelle et lorsque le contraste est optimal, les câbles conducteurs ne peuvent donc être vus qu'à 86 m et les boules de signalisation à 1 720 m. La vitesse de l'aéronef est, au moment du heurt, d'environ 450 kt. Les distances calculées précédemment sont alors parcourues respectivement en 0,4 s et 7,5 s. Ce délai est donc trop faible pour permettre au pilote de détecter les câbles conducteurs et d'agir aux commandes pour les éviter.

Les boules de signalisation semblent pouvoir être détectées plus de 7 s avant le heurt. Cependant, l'environnement au moment du heurt est constitué de roches et d'arbres. Le contraste entre les différents éléments de la ligne à HT et l'arrière-plan n'est donc pas optimal, réduisant grandement les valeurs théoriques précédemment calculées. Par ailleurs, les pylônes sont également des indices visuels recherchés par les équipages leur indiquant la présence d'une ligne à proximité. Les pylônes des lignes heurtées sont de couleur sombre et se confondent grandement avec leur environnement montagneux en arrière-plan.

Les indices visuels de la ligne à HT ne pouvaient être perçus que très tardivement par l'équipage, rendant ainsi l'évitement difficile.

2.3.3.3. Défaut d'attention de l'équipage

2.3.3.3.1. Représentation préétablie

Compte tenu des caractéristiques des pylônes et des lignes à HT dans cet environnement et sans un balayage visuel continu à la recherche des pylônes ou des lignes, il apparaît difficile de détecter leur présence. De plus, lors de la préparation, cette ligne a été identifiée comme non dangereuse et aucun autre danger n'a été identifié dans la zone. L'équipage s'est donc construit une représentation erronée de la zone lors de la préparation. Dès lors, persuadé d'être en sécurité, l'équipage ne recherche pas activement les lignes à HT. En effet, quelques secondes avant l'évènement, le NOSA annonce qu'il n'y a pas de danger dans la vallée jusqu'à deux à trois milles marins avant le but 17. L'attention de l'équipage sur la recherche des obstacles au sol peut avoir été ponctuellement diminuée limitant donc les capacités de détection de la ligne heurtée.

Une baisse d'attention sur la recherche des obstacles au sol en lien avec une représentation erronée de la zone est probable.

2.3.3.3.2. Sous-évaluation du risque de la mission

Les caractéristiques de l'équipage identifiées dans les paragraphes précédents pourraient également indiquer un excès de confiance de celui-ci vis-à-vis de la mission et notamment des risques du vol en montagne. Ce sentiment de maîtrise peut également être un facteur contribuant à une baisse d'attention accordée à la recherche des obstacles au sol par l'équipage.

Une sous-évaluation du risque de la mission peut avoir favorisé la mise en jeu d'un niveau limité d'attention consacrée à la recherche des obstacles au sol.

2.3.3.4. Ergonomie du cockpit du NOSA

La vision du pilote est dégradée par des traces et le reflet du soleil sur sa verrière. En ce qui concerne le NOSA, l'ajout de la VTS a amputé son champ de vision de toute la partie avant de l'aéronef (cf. figure 19). En conséquence, il lui devient impossible d'assurer une surveillance du ciel et une recherche des obstacles au sol dans cette direction. C'est par le travers qu'il détecte la ligne à HT juste avant le heurt mais trop tardivement pour que son annonce faite au pilote permette à celui-ci de l'éviter.



Figure 19 : vue de la place arrière²⁸

La nouvelle ergonomie du poste arrière du M2000D RMV rend impossible la recherche des obstacles au sol vers l'avant par le NOSA.

²⁸ VTB : visualisation tête basse. VTL : visualisation tête latérale.

2.3.4. Profil vertical du vol

2.3.4.1. Estimation de la hauteur de vol

Lorsque les équipages chasse de l'AAE réalisent des vols en BA, ils peuvent piloter soit en utilisant les systèmes de l'aéronef dont le suivi de terrain (SDT), soit à vue.

Le SDT est un système utilisant un fichier numérisé du relief ou le radar de l'aéronef (pour le M2000D) pour permettre à l'équipage de détecter le relief et les obstacles et d'adapter le profil de vol pour conserver une hauteur spécifique dite « de consigne » au-dessus de ceux-ci. Cette hauteur de consigne est sélectionnée par l'équipage. Le SDT maintient alors l'aéronef au-dessus de celle-ci.

En pilotage à vue, les équipages doivent détecter eux-mêmes les évolutions du relief et les obstacles pour adapter leur profil de vol afin de maintenir une hauteur d'évolution à rechercher. Cette hauteur est estimée par les pilotes en fonction de plusieurs critères dont la vitesse de défilement du sol. Cette estimation n'est donc pas précise et repose sur la perception du pilote, qui doit s'adapter aux nouveaux repères lors des changements d'environnement.

Les équipages disposent de la radiosonde pour contrevérifier leur hauteur mais celle-ci n'est pas toujours fiable, notamment en zone montagneuse. Par ailleurs, elle n'indique que la hauteur instantanée de l'aéronef et ne permet donc pas d'anticiper les variations du relief, contrairement au SDT.

En raison d'un manque de précision de la radiosonde en relief accidenté, l'estimation de la hauteur de vol en BA en pilotage à vue n'est pas précise et repose sur la perception de l'équipage.

2.3.4.2. Maintien de la hauteur d'évolution à rechercher

Lorsqu'ils volent en pilotage à vue en BA, les équipages s'efforcent de voler à la hauteur d'évolution à rechercher. Compte tenu de la vitesse d'avancement des avions de chasse et des évolutions du relief, les équipages ne peuvent pas maintenir strictement et de manière permanente cette hauteur par rapport au sol. Un maintien strict engendrerait des variations d'altitude trop fréquentes et trop brusques et donc des facteurs de charge importants. Les équipages s'efforcent donc de rester au-dessus de cette hauteur d'évolution à rechercher mais passent ponctuellement en-dessous.

Cela est particulièrement le cas en zone montagneuse où le relief évolue rapidement. Les passages des sommets ou des crêtes sont parfois réalisés sans respecter la hauteur d'évolution à rechercher lorsqu'ils sont ponctuels et que les équipages ont une bonne visibilité au-delà.

Dans le but de limiter les facteurs de charge liés aux changements soudains de hauteur en fonction des obstacles, les équipages peuvent être amenés à voler de façon ponctuelle et brève en-dessous de la hauteur d'évolution à rechercher, notamment en zone montagneuse.

2.3.4.3. Normalisation d'un écart

Pour les vols en BA, une hauteur minimale de vol est donnée conformément à la RCAM (cf. § 2.1.5). En vol à vue, la hauteur minimale de vol, spécifiée sur le cahier d'ordre, est considérée par les équipages chasse de l'AAE comme la hauteur d'évolution à rechercher. Ils s'efforcent donc de voler au plus près de 500 ft sans passer en dessous. Mais, compte tenu des éléments décrits aux deux paragraphes précédents, les équipages volent ponctuellement sous les 500 ft et réagissent en conséquence lorsqu'ils s'en rendent compte. La hauteur minimale de vol n'est donc pas considérée comme une barrière infranchissable. Ce choix de prendre la hauteur d'évolution à rechercher équivalente à la hauteur minimale de vol répond à un double objectif d'entraînement et de sécurité. En effet, il est considéré dans l'AAE que voler plus haut augmenterait les risques d'abordages avec les trafics civils. Le respect strict d'une hauteur d'évolution n'étant pas possible, les équipages sont amenés de fait à évoluer ponctuellement en-dessous de la hauteur minimale lorsque celle-ci correspond à la hauteur d'évolution à rechercher.

En vol en BA, les équipages utilisent la radiosonde pour contrevérifier leur hauteur de vol et être avertis du passage en-dessous d'une hauteur de sécurité dite hauteur de garde²⁹. Le REAC demande aux équipages, pour les vols en-dessous de 1 000 ft, de régler la hauteur de garde 100 ft en-dessous de la hauteur de vol choisie (voir § 2.1.5). Ainsi, lorsque les équipages réalisent des vols en TBA avec une hauteur minimale de 500 ft, ils règlent la hauteur de garde de la radiosonde à une valeur de 400 ft. En laissant une marge de 100 ft à la radiosonde, cela permet d'éviter une apparition trop fréquente de l'alarme radiosonde, du fait de l'impossibilité de maintenir précisément la hauteur d'évolution. Sans cela, les équipages seraient habitués à un allumage trop fréquent, n'entraînant alors plus de réaction de leur part. Alors qu'en réglant la radiosonde avec une marge de 100 ft, elle doit entraîner une réaction immédiate de l'équipage lorsqu'elle s'allume, comme indiqué dans le REAC. Ils sont donc amenés à évoluer entre 500 ft et 400 ft sans le déclenchement de l'alarme de la radiosonde.

Ces modes opératoires, enseignés dans toutes les phases de formation et inscrits dans les documentations de référence (pour la hauteur de garde) sont aujourd'hui partagés par tous les pilotes de chasse de l'AAE et sont donc devenus la norme.

L'usage de la hauteur minimale de vol comme hauteur d'évolution à rechercher est une pratique normalisée au sein de l'AAE.

Le maintien strict d'une hauteur de vol n'étant pas possible, les équipages sont amenés de fait à voler ponctuellement sous la hauteur de vol minimale lorsqu'elle correspond à la hauteur de vol à rechercher.

2.3.4.4. Sous-évaluation du risque de la situation

Le profil de vol dans le plan vertical pendant la phase de vol en TBA (voir § 2.1.3.2.) montre que la hauteur de vol mesurée par la radiosonde pendant le vol hors zone montagneuse oscille en restant globalement au-dessus de 500 ft. Cette hauteur descend vers 250 ft à la verticale des pistes de Pau et de Tarbes-Lourdes pour la reconnaissance de ces terrains de déroutement.

Lors du vol en zone montagneuse (cf. figure 20), l'équipage maintient globalement la hauteur minimale de vol (500 ft) mais a tendance à garder son altitude lors des passages de sommets ou de crêtes. Sa hauteur diminue en conséquence, passant alors ponctuellement sous les 500 ft et notamment juste avant le heurt de la ligne à HT. Le profil de vol de l'aéronef est donc conforme à la pratique des équipages chasse de l'AAE, notamment en zone montagneuse.

L'équipage a remarqué la ligne à HT lors de la préparation de mission qui, même si elle n'est pas représentée comme une ligne d'une hauteur supérieure à 330 ft traversant une vallée encaissée, représente un danger réel surtout dans un tel environnement. Pourtant, il écarte le danger de cette ligne située sous 330 ft sachant qu'il volera à une hauteur d'évolution de 500 ft alors qu'en même temps, il sait qu'il ne pourra pas techniquement maintenir strictement cette hauteur d'évolution.

L'équipage a sous-évalué le risque associé à cette ligne à cet endroit. Le NOSA indique d'ailleurs juste avant le heurt qu'il n'y a pas de danger jusqu'à l'approche du but 17.

²⁹ Les avions de chasse sont équipés d'une radiosonde à laquelle est associée une alarme qui se déclenche lorsque l'aéronef évolue en-dessous d'une hauteur dite « de garde » sélectionnée par l'équipage. Sur M2000D, il s'agit d'une flèche vers le haut qui apparaît sur la visualisation tête haute du pilote.

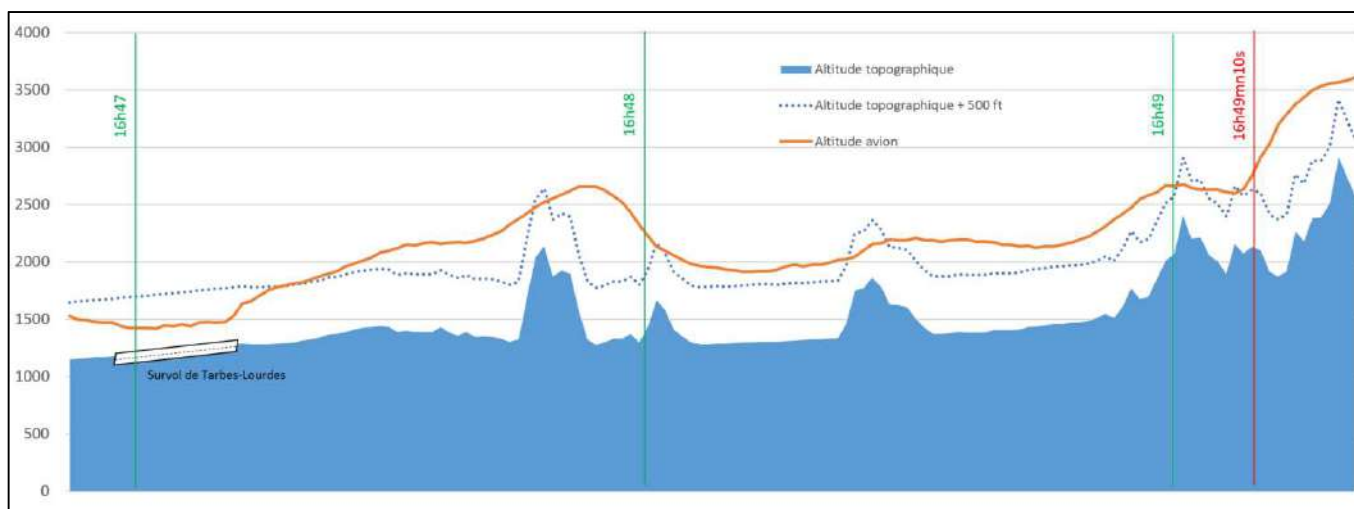


Figure 20 : profil du vol dans le plan vertical après Tarbes-Lourdes

Le profil de vol de l'aéronef est conforme à la pratique des équipages chasse de l'AAE, mais l'équipage a sous-évalué le risque engendré par une ligne à HT dans un environnement montagneux.

2.3.4.5. Disposition réglementaire non inscrite sur l'ordre de vol

La RCAM précise, pour le respect des hauteurs minimales de vol, de prendre en compte l'obstacle le plus élevé dans un rayon de 10 s de vol autour de l'aéronef (cf. § 2.1.5.). À la vitesse de 450 kt utilisée en général en vol en BA en avion de chasse, la distance parcourue en 10 s de vol correspond à environ 2 300 m. Les pilotes doivent donc prendre en compte tous les obstacles situés à 2 300 m de part et d'autre de leur trajectoire, soit une bande de 4 600 m.

Cette règle n'est pas applicable en zone montagneuse car cela reviendrait à ne voler que dans des vallées d'une largeur supérieure à 4 600 m. Or, le vol en très basse altitude dans tous types de vallée est une compétence indispensable pour les équipages chasse de l'AAE.

C'est pourquoi la RCAM précise aussi qu'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 ou en raison des conditions météorologiques. Or dans la pratique, les réglementations en vigueur dans l'AAE n'évoquent pas ce point. De fait, la décision expresse du commandement n'est jamais mentionnée. Elle est soit méconnue des équipages soit considérée par habitude comme accordée. Le cahier d'ordre ne mentionne rien à ce sujet.

La possibilité donnée par la RCAM de s'affranchir des obstacles par le travers en zone montagneuse n'est pas reprise dans les réglementations de l'AAE et n'est de fait pas explicitement accordée par l'ordre de vol lorsque cela est nécessaire.

2.3.5. Mise à jour de la 500 k DIRCAM

La mise à jour des cartes 500 k DIRCAM fait intervenir plusieurs entités (voir § 1.18.2.).

En ce qui concerne les cartes papier, l'EGI les envoie à ses abonnés dont les unités navigantes de l'AAE. Lorsqu'elles sont reçues, elles sont distribuées aux intéressés.

À l'ECE, un mail est diffusé en interne à tous les intéressés pour les informer de l'arrivée des nouvelles cartes. Cette année, l'ECE les a reçues le 18 mai, alors qu'elles étaient mises en vigueur le 22 avril. Dans cet intervalle, les équipages de l'ECE ont donc utilisé une carte papier non à jour. Néanmoins, l'édition 2020 comportait un signalement spécifique pour informer du danger lié à la ligne à HT heurtée (voir § 2.1.4.1.) Pour le vol de l'évènement, la carte papier n'a pas été utilisée car seul son emport reste obligatoire.

Pour les cartes numérisées embarquées, les équipages ne reçoivent pas de notification les informant de la parution des nouvelles cartes. Ils doivent régulièrement consulter les différents sites pour obtenir les mises à jour. De plus, les dates de validité des cartes papiers et des cartes numérisées diffèrent.

À l'ECE, la mise à jour des cartes 500 k DIRCAM n'est pas formalisée et est réalisée par différentes équipes en fonction du produit recherché. La mise à jour de la carte numérisée sur le SLPRM est réalisée par la marque SLPRM³⁰ en veillant principalement le site de l'EGI. Sur ce site, le catalogue comprenant la mise à jour de la carte numérique est paru vers le 4 juin. La carte 500 k DIRCAM 2021 récupérée sur le site de l'EGI antérieurement à l'évènement était dans un format non compatible avec le SLPRM. La marque SLPRM a donc réinstallé la carte 2020 en attendant une mise à jour compatible. Cette dernière a été mise en ligne sur les sites de la DIRCAM et de l'EGI quelques jours après l'évènement. Sur le SPAD, la carte avait été mise à jour mais l'ancienne carte n'avait pas été supprimée. En effet, cette ancienne version est conservée le temps de s'assurer que la nouvelle version est bien utilisable. C'est pourquoi deux fichiers étaient encore dans le système. La procédure de mise à jour des cartes numérisées, qui est perfectible, a donc conduit l'équipage, le 8 juin, à utiliser des cartes numérisées non à jour.

D'autre part, suite à l'évènement du 24 juin 2020, seules les cartes 500 k DIRCAM en version papier et la version numérisée PDF ont été mises à jour. En l'absence de demande des abonnés, les différentes entités en charge de la mise à jour des cartes numérisées utilisables à bord des aéronefs et pour les systèmes de préparation de mission n'ont pas procédé à une mise à jour de celles-ci. En conséquence, entre juin 2020 et avril 2021, les équipages ont volé avec des cartes numérisées qui n'intégraient pas l'information de danger lié à la ligne à HT heurtée. Ainsi, si des équipages ont parcouru la même vallée dans cet intervalle de temps, ils étaient dans la même situation d'exposition que lors de l'évènement.

Le processus de mise à jour des cartes 500 k DIRCAM est perfectible. Il ne permet pas aux équipages d'être assurés de travailler avec la dernière mise à jour de la carte 500 k DIRCAM embarquée dans le système de l'avion.

³⁰ La « marque SLPRM », anciennement appelée « équipe de marque » regroupe le personnel en charge du SLPRM.

PAS DE TEXTE

3. CONCLUSION

L'évènement est un heurt de ligne à HT par un M2000D RMV en zone montagneuse.

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

Un équipage, constitué d'un pilote de l'EC 01.003 « Navarre » de Nancy et d'un NOSA de l'ECE 01.030 « Côte d'Argent » de Mont-de-Marsan, est programmé sur une mission d'instruction sur M2000D RMV. Il s'agit du lâcher du pilote sur ce nouveau type de M2000D.

Le vol comprend une phase de vol en TBA dont une partie en zone montagneuse.

Les conditions météorologiques sont favorables. L'aéronef est navigable.

Du fait de la rénovation du M2000D, l'équipage prépare la mission sur deux systèmes de préparation de mission différents. Sur ces deux systèmes, il utilise des cartes à vue 500 k DIRCAM numérisées qui ne sont pas à jour.

Durant cette préparation de mission, l'équipage identifie sur sa route une ligne à HT mais celle-ci n'a pas la bonne représentation graphique sur les cartes 500 k DIRCAM non à jour. Elle est représentée comme une ligne d'une tension supérieure à 225 kV et non comme une ligne d'une hauteur supérieure à 330 ft AGL traversant une vallée encaissée. De ce fait l'équipage, qui prévoit de voler à une hauteur de consigne de 500 ft, la considère comme non dangereuse.

L'équipage décolle à 16h04 puis débute par du travail en MA. Il poursuit ensuite par la phase de vol en TBA et s'engage dans la vallée du gave de Pau vers le sud. Après quelques minutes de vol dans cette vallée, l'équipage détecte tardivement une ligne à HT comprenant trois conducteurs et deux câbles de garde équipés de boules de signalisation juste au-dessus de la trajectoire de l'aéronef.

Le pilote cabre pour éviter la ligne à HT par le haut. L'équipage voit la ligne passer sous l'avion et pense l'avoir évitée. Sa hauteur est alors d'environ 600 ft alors que sa radiosonde indique 470 ft environ.

La mesure de la radiosonde est imprécise lorsque le relief est accidenté et l'estimation de la hauteur de vol repose sur la perception de l'équipage. Ce dernier poursuit son vol en l'écourtant et se pose à Mont-de-Marsan 25 minutes plus tard. Arrivé au parking, il constate les dégâts, confirmant que la ligne a été heurtée.

Informé immédiatement, le RTE ne détecte pas d'anomalie sur sa ligne. Elle n'est alors pas coupée bien que heurtée. Plus tard dans la soirée, un des trois câbles conducteurs se rompt.

3.2. Causes de l'évènement

L'évènement est dû à l'utilisation de cartes de navigation à vue numérisée non à jour, sur laquelle la représentation graphique de la ligne à HT heurtée n'est pas conforme, entraînant une mauvaise conscience de la situation pour l'équipage. Cette absence de mise à jour de la carte est due au processus associé qui reste perfectible, notamment à cause de l'absence de notification lorsque des mises à jour sont disponibles.

Les éléments suivants ont également contribué à l'évènement :

- une détection de la ligne à HT rendue tardive par ses dimensions et son environnement ;
- une pratique du vol en zone montagneuse limitée et non correctement encadrée, notamment sur l'affranchissement des obstacles travers ;
- une sous-évaluation du risque de cette ligne à HT par l'équipage ;
- une baisse d'attention de la recherche des obstacles au sol en lien avec une représentation erronée de la zone ;
- une interprétation de la hauteur minimale de vol comme la hauteur d'évolution à rechercher, habitude partagée par les équipages de l'AAE ;
- l'ergonomie du poste de pilotage du M2000D RMV rendant difficile la surveillance du ciel vers l'avant par le NOSA.

PAS DE TEXTE

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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

4.1.1. Processus de mise à jour de la documentation aéronautique

Le processus de mise à jour de la carte 500 k DIRCAM est perfectible. Il ne garantit pas aux abonnés de disposer de la carte à jour en temps voulu.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux autorités d'emploi, à la DSAÉ et à l'EGI de s'assurer que les processus de mise à jour de la documentation aéronautique au sein des unités aériennes de l'aviation d'État sont robustes.

R1 – [A-2021-14-A] Destinataires : CEMAAE, CEMM, CEMAT, DGA, DGGN, DGSCGC, DGDDI, DSAÉ, EMA/EGI

4.1.2. Pratique du vol en zone montagneuse

La pratique du vol en zone montagneuse par les équipages chasse de l'AAE ne fait pas l'objet de dispositions précises tant dans la formation que dans l'exécution et le suivi des vols.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de mieux formaliser les vols en zone montagneuse concernant les équipages chasse.

R2 – [A-2021-14-A] Destinataire : CEMAAE

Le BEA-É a formulé une recommandation équivalente dans le rapport d'enquête A-2014-12-I. Celle-ci recommandait à l'AAE d'élaborer un guide du vol en montagne synthétisant les bonnes pratiques et de le diffuser lors de la formation.

4.1.3. Exhaustivité des informations concernant les lignes électriques

Les spécifications des cartes 500 k DIRCAM indiquent que depuis l'édition 2020, le RTE n'a pas livré la liste des lignes appartenant à d'autres prestataires. De ce fait, la mise à jour sur ce thème n'est pas exhaustive. Les équipages ne sont pas tous conscients de cette restriction bien qu'elle soit mentionnée sur la carte.

En conséquence, le BEA-É recommande :

aux autorités d'emploi de rappeler aux équipages que l'exhaustivité de la représentation des lignes électriques et des différents obstacles n'est pas assurée sur les cartes 500 k DIRCAM.

R3 – [A-2021-14-A] Destinataires : CEMAAE, CEMM, CEMAT, DGA, DGGN, DGSCGC, DGDDI

4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement

4.2.1. Changement de route en vol

Les CPIPN titre B précisent à la section II du chapitre 4 les conditions de réalisation des EIDRM. Les EIDRM de catégorie C, réservés au CP/CN³¹ et SCP/SCN³² comprennent la navigation impromptue. C'est dans ce cadre que l'équipage de l'évènement a réalisé un changement de route pendant son vol pour survoler l'aéroport de Pau.

Toutefois, ces CPIPN sont à destination des équipages de la BAAC et elles précisent que les EIDRM doivent être inscrits sur le cahier d'ordre.

À l'ECE, unité du CEAM, il n'y a pas de règlement spécifique concernant les EIDRM et ceux-ci ne sont pas mentionnés sur le cahier d'ordre. Pourtant, les équipages, majoritairement issus d'unités navigantes de la BAAC, pratiquent ces EIDRM par habitude.

³¹ Chef de patrouille/chef navigateur.

³² Sous-chef de patrouille/sous-chef navigateur.

En conséquence, le BEA-É recommande :

à l'armée de l'Air et de l'Espace de préciser les conditions de réalisation des EIDRM au sein du CEAM.

R4 – [A-2021-14-A] *Destinataire : CEMAAE*