



Accident survenu au Jodel D140
immatriculé **F-BMFV**
le vendredi 28 février 2025
sur le glacier de la Vallée Blanche (74)

Heure	Vers 11 h 30 ¹
Exploitant	Aéroclub de Megève
Nature du vol	Local
Personnes à bord	Pilote et passager
Conséquences et dommages	Pilote et passager blessés, avion fortement endommagé

**Passage au second régime de vol, perte de contrôle,
collision avec la surface d'un glacier, en montagne**

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, d'une photo prise par le passager de l'avion et des données FLARM de l'avion.

Le pilote, accompagné d'un passager, décolle vers 11 h de l'altiport de Megève (74) pour un vol dans le massif du Mont-Blanc. Il chemine dans la vallée de Chamonix, puis entre dans la Mer de Glace à 11 h 25 (voir **Figure 1**, point **1**).

L'avion vole à une altitude d'environ 9 800 ft, en montée vers le col du Midi, situé à une dizaine de kilomètres, culminant à une altitude de 11 615 ft (3 540 m). Sa vitesse sol est d'environ 165 km/h.

À 11 h 27 min 40 (point **2**), l'avion est à une altitude de 10 600 ft (hauteur de 1 000 m) au-dessus du glacier du Tacul, la vitesse verticale moyenne est d'environ 320 ft/min et la vitesse sol est d'environ 155 km/h. Cette dernière va ensuite progressivement diminuer jusqu'à la fin du vol. À partir de cette position, la pente du relief devant l'avion s'accroît fortement (montante de l'ordre de 20 %).

À 11 h 28 (point **3**), la vitesse sol est de 130 km/h. Le pilote considère que l'avion ne monte plus comme il l'envisageait, ce qu'il assimile à une anomalie de puissance du moteur. Les performances de l'avion ne lui semblent pas suffisantes pour atteindre le col du Midi. Il explique avoir renoncé à effectuer des demi-tours par la gauche puis par la droite, avant de poursuivre (en amont du sommet du Gros Rognon) vers la Vallée Blanche pour y réaliser un atterrissage d'urgence.

À 11 h 29 min 25 (point **4**), la vitesse sol est d'environ 110 km/h. Une photo du tableau de bord de l'avion prise par le passager montre que la vitesse indiquée est d'environ 112 km/h et la vitesse verticale légèrement supérieure à 500 ft/min en montée.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

À 11 h 29 min 45 (point 5), la vitesse sol de l'avion atteint environ 90 km/h, son altitude culmine à 11 340 ft (soit une hauteur de 400 ft), la vitesse verticale chute de manière brusque. L'avion descend ensuite d'environ 70 m pendant une dizaine de secondes avant d'entrer en collision avec le sol. Les deux occupants percutent le tableau de bord de l'avion lors de l'impact. Un témoin donne l'alerte, ce qui déclenche l'intervention des secours par moyens hélicoptérés.

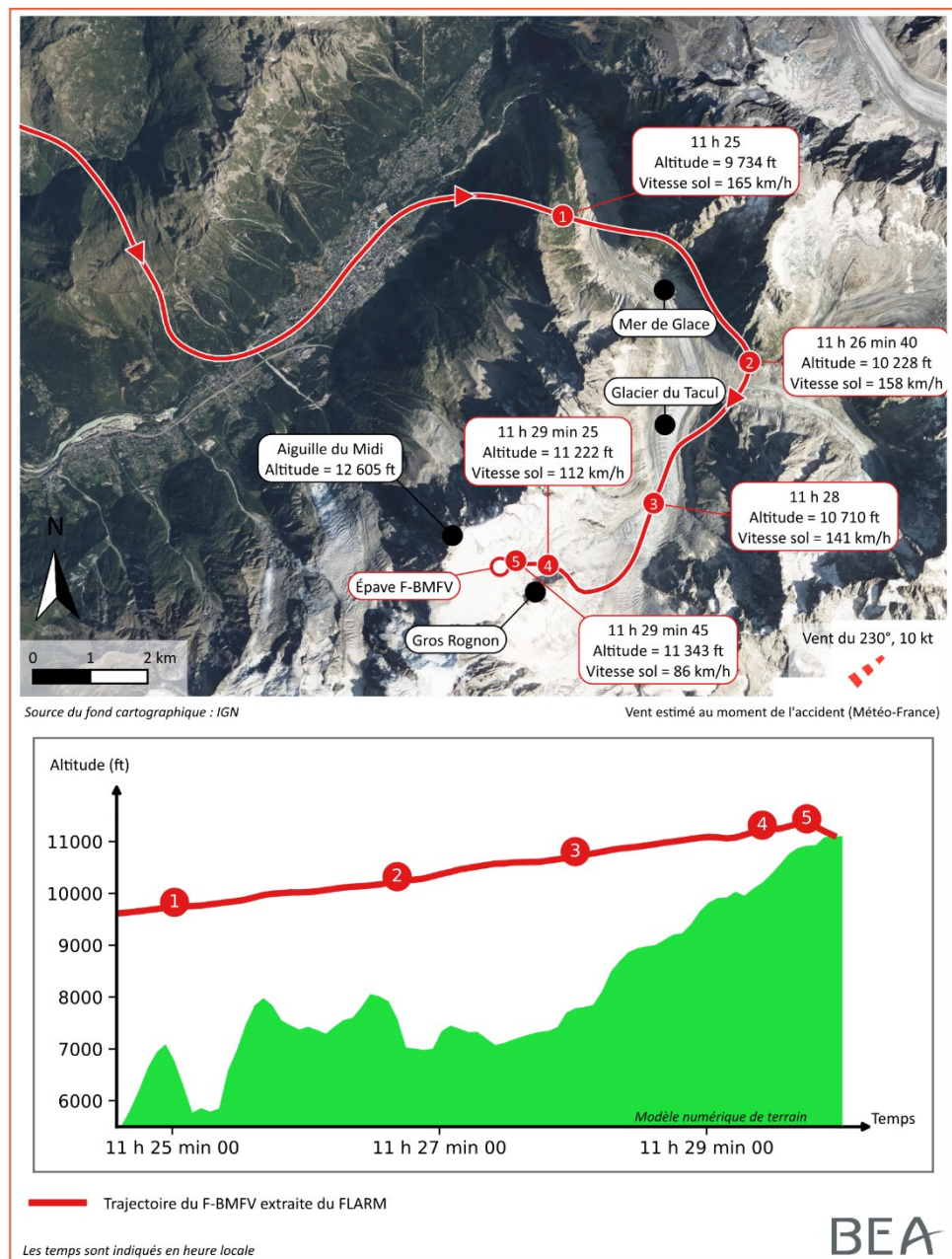


Figure 1 : trajectoire et plan vertical du F-BMFV

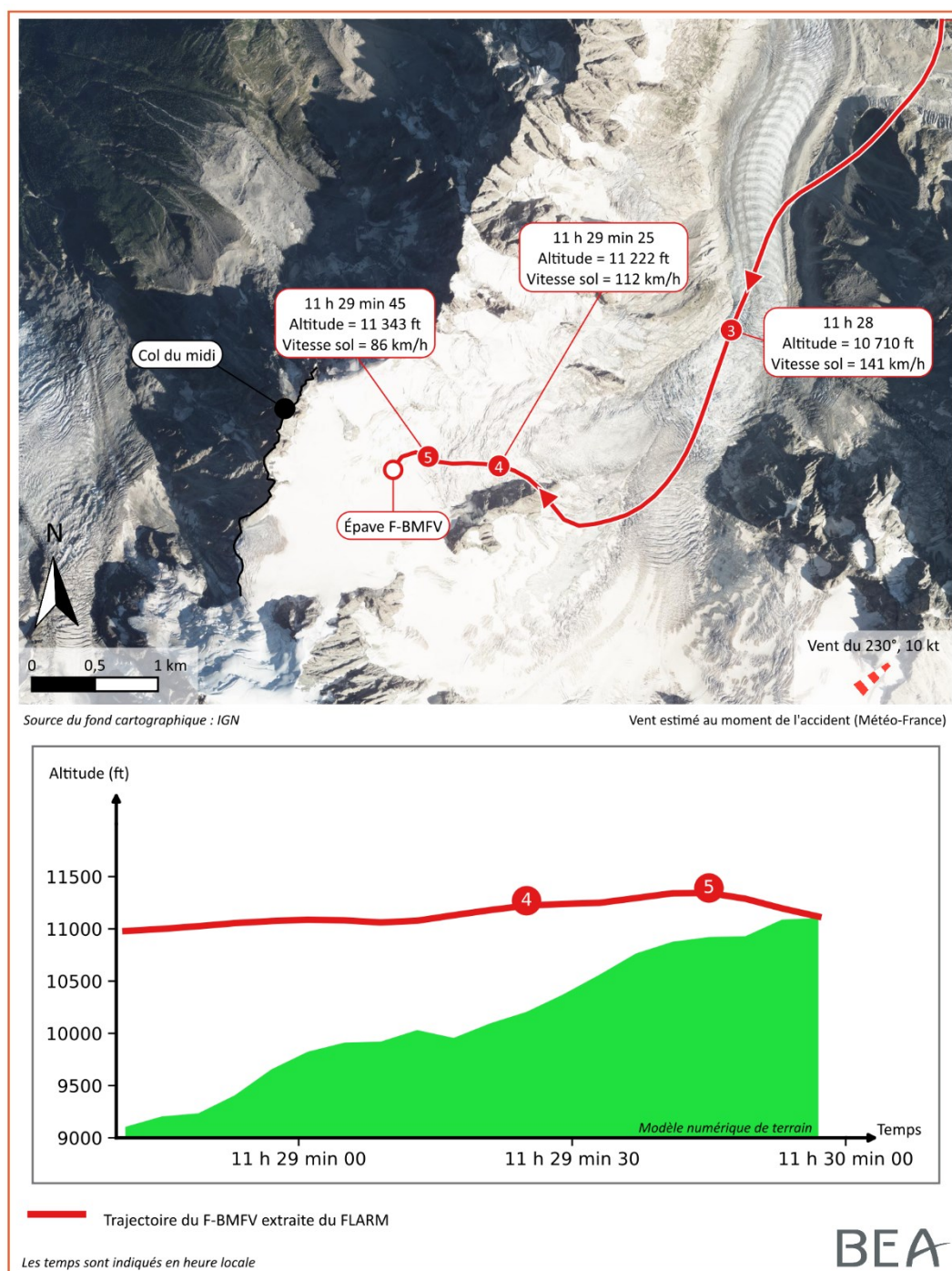


Figure 2 : trajectoire et plan vertical de la fin du vol du F-BMFV

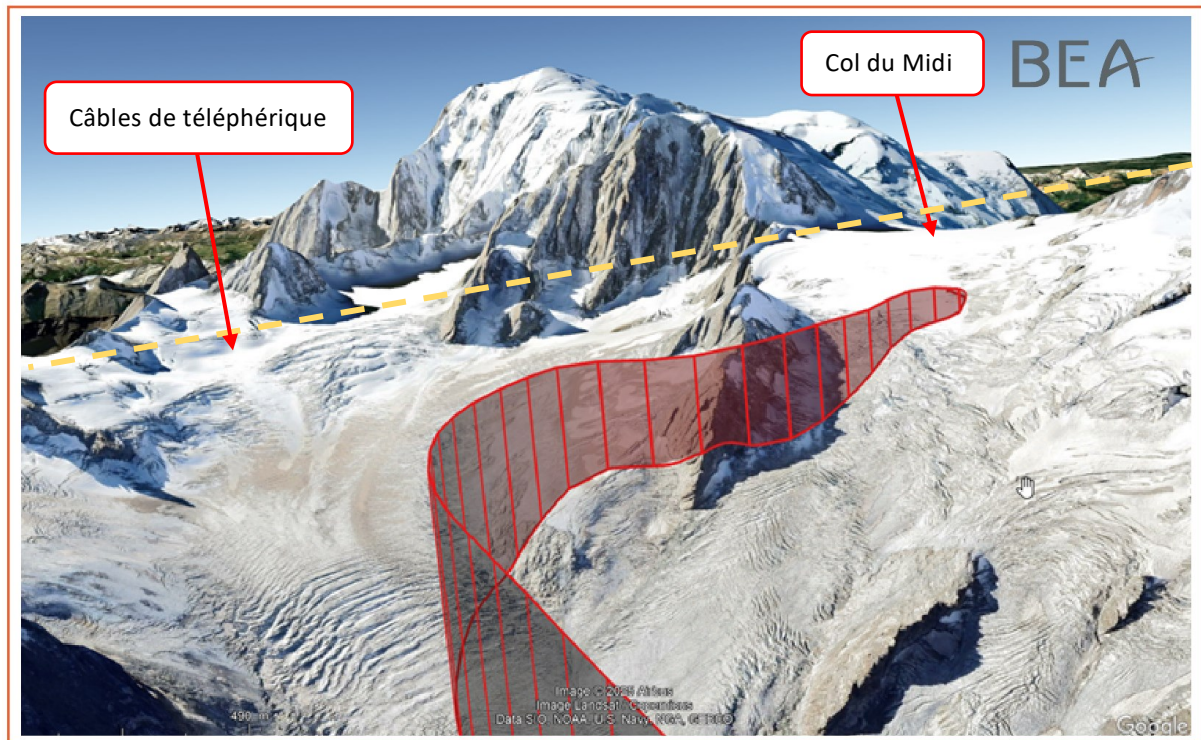


Figure 3 : fin du vol du F-BMFV (Source du fond géographique : Google Earth)

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur le site et l'épave

L'épave est située à 3 404 m d'altitude sur le glacier de la Vallée Blanche, au sud-est, et à une distance d'environ 1 km du col du Midi. Les câbles du téléphérique reliant Helbronner (Italie), le sommet du Gros Rognon et l'Aiguille du Midi sont situés à une centaine de mètres de hauteur au-dessus de l'épave et à une distance horizontale d'environ 200 m.

L'épave est entière et orientée vers le sud-est (137°). Aucune trace n'est visible dans la neige autour de l'épave. Elle repose sur l'avant du fuselage, avec une légère assiette à piquer. Les photos transmises au BEA, prises juste après l'accident, ainsi que les témoignages indiquent que l'extrémité avant de l'avion était enfouie dans une neige souple et profonde d'une dizaine de centimètres.

L'examen montre que l'avion a probablement heurté le sol avec une faible vitesse horizontale et une inclinaison en roulis vers la gauche.

Seuls les trains d'atterrissage et les ailes sont endommagés, consécutivement à la collision avec le sol. Les pales de l'hélice sont intactes. De la neige est présente dans le capot avant. Les commandes de vol sont continues et les volets en position rentrés. Les commandes liées au moteur sont toutes poussées vers l'avant (correspondant à une richesse maximale, une puissance moteur maximale et un réchauffage carburateur inactif). Elles ont toutefois pu être manipulées par les primo-intervenants. Le moteur a fait l'objet d'un examen détaillé et de tests sur banc. Aucun dysfonctionnement ayant pu contribuer à l'accident n'a été mis en évidence.

Enfin, le carburant prélevé dans le réservoir avant de l'avion présente des caractéristiques physico-chimiques nominales pour un carburant de type Avgas 100 LL.

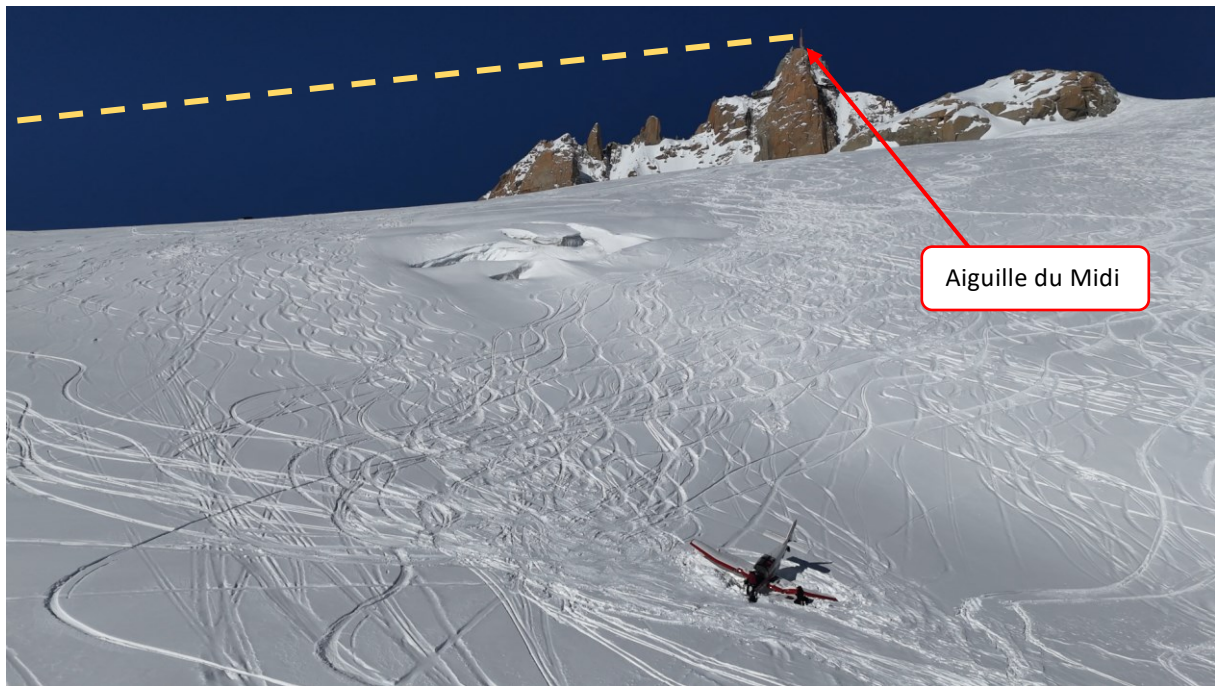


Figure 4 : photo par drone du site de l'accident (Source : BEA)



Figure 5 : photos du F-BMFV et depuis le F-BMFV (Source : BEA)

2.2 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 46 ans, est titulaire d'une licence de pilote privé PPL(A) depuis 1996. Il totalisait 400 heures de vol, dont 228 h en solo. Sur Jodel D140, depuis son inscription à l'aéroclub de Megève en 2018, il totalisait :

- 40 heures de vol, dont 2 h en solo : un vol en 2020 et un vol de 20 min en janvier 2025, à l'issue duquel il avait renouvelé son autorisation d'accès « ski » sur l'altiport ;
- dans les trois mois précédant l'accident, 6 heures de vol (5 vols en instruction), au cours desquels il s'était rendu dans le massif du Mont-Blanc et sur l'altiport de Méribel.

Il n'avait pas d'autres expériences de vol en montagne que celles mentionnées ci-dessus.

2.3 Renseignements sur les conditions météorologiques

Les données de la station météorologique de l'Aiguille du Midi (3 852 m) de 11 h indiquent un vent du 250° pour 10 kt, avec des rafales à 15 kt, et une température de -13 °C (ISA -3 °C). L'avion se trouvait ainsi sous le vent du relief, sans qu'il soit possible de déterminer l'influence de celui-ci sur les performances de montée.

Les données fournies par Météo-France et les images de la webcam installée sur l'Aiguille du Midi montrent que le ciel était dégagé avec la présence de quelques nuages très élevés.

2.4 Renseignements sur l'avion

2.4.1 Généralités

L'avion F-BMFV est un Jodel D140 C, construit en bois et toile, à train classique, monoplan à aile basse. Il est équipé d'un moteur Lycoming O-360-A3A développant une puissance de 180 ch (en conditions atmosphériques standards au niveau de la mer), et d'une hélice bipale métallique à pas fixe. L'avion peut transporter jusqu'à cinq personnes avec bagages. Le jour de l'accident, il était équipé de skis. Chaque siège était équipé d'une ceinture ventrale dépourvue de sangles d'épaule. Compte tenu de l'année de fabrication de l'aéronef², la réglementation n'impose pas que les sièges soient pourvus de dispositifs de retenue dits « trois points ».

Sa masse maximale au décollage est de 1 200 kg. Le manuel de vol de l'avion mentionne une vitesse indiquée de décrochage en configuration volets rentrés de 92 km/h et une vitesse de pente maximale (V_x) de 135 km/h.

L'avertisseur de décrochage est un voyant lumineux. Le F-BMFV n'est pas équipé d'un horizon artificiel.

L'entretien de l'avion est réalisé par l'aéroclub de Megève. La cellule totalisait environ 16 000 heures de fonctionnement et le moteur 1 200 heures depuis la dernière révision générale. D'après les documents de navigabilité consultés, l'entretien était réalisé conformément aux exigences et recommandations du constructeur. Les comptes rendus de visite ne montrent pas d'anomalies techniques constatées lors des dernières opérations d'entretien.

2.4.2 Masse et centrage

Le pilote disposait d'environ 100 litres de carburant pour le vol. Après 20 min de vol avec une consommation estimée à 40 l/h, la masse de carburant à bord au moment de l'accident était d'environ 60 kg. La masse du pilote et du passager est estimée à 160 kg. D'après le rapport de pesée daté de février 2023, la masse à vide de l'avion avec les skis est de 702 kg.

Au moment de l'accident, la masse de l'avion est donc estimée à 920 kg. L'avion était dans les limites de centrage préconisées par le constructeur.

2.4.3 Performances

2.4.3.1 Performances du moteur en altitude

La puissance fournie par un moteur à pistons étant proportionnelle à la masse du mélange air-carburant qui pénètre dans les cylindres, elle dépend de la densité de l'air ambiant. Les pilotes de montagne retiennent souvent qu'un moteur à pistons atmosphérique perd environ 10 % de sa puissance par 3 000 ft d'altitude, soit plus de 30 % à la fin du vol du F-BMFV.

La chute de puissance peut cependant être plus importante si la richesse du mélange air-essence est mal réglée.

² La réglementation européenne impose une ceinture de sécurité avec système de retenue de la partie supérieure du torse sur chaque siège de l'équipage de conduite à point de détachement unique pour les avions dont le premier certificat de navigabilité a été délivré à partir du 25 août 2016.

2.4.3.2 Performances de montée

La vitesse verticale diminue également au fur et à mesure de la montée en altitude, de l'ordre de 5 à 7 % par tranche de 1 000 ft.

Selon l'abaque figurant à la section 5 du manuel de vol de l'avion³, dans les conditions de température ISA standards, à une altitude de 11 000 ft et avec une masse de 900 kg, les performances de montée de l'avion dans la configuration sans skis sont d'environ 590 ft/min.

L'influence des skis sur les performances de l'avion n'est pas indiquée dans le manuel de vol. Néanmoins, selon des pilotes aguerris au vol de montagne sur D140, la présence des skis engendre une diminution de l'ordre de 20 % des performances de montée, ce qui amène ces dernières à environ 470 ft/min.

2.4.3.3 Évolution des vitesses horizontale et verticale au cours du vol

Les données extraites du FLARM ont permis de calculer⁴ la vitesse sol et la vitesse verticale.

Au cours des deux premières minutes de montée, la vitesse horizontale (sol) évolue autour de 150-160 km/h, supérieure à la vitesse de pente optimale de montée de l'avion (135 km/h).

La photo prise par le passager vers 11 h 29 min 25 montre que la vitesse indiquée par l'anémomètre est d'environ 112 km/h. La vitesse sol calculée avec les données du FLARM est de 110 km/h au même moment. Étant donné la trajectoire rectiligne entre (4) et (5), on peut estimer que la vitesse indiquée de l'avion était proche de la vitesse sol sur cette portion de la trajectoire.

L'évolution de la vitesse sol et de la vitesse verticale témoigne d'un probable passage progressif au second régime de vol au cours de la montée.

En effet, on constate en particulier :

- que la vitesse verticale varie autour de 300-400 ft/min au cours de la montée, puis chute brutalement dans les dernières secondes du vol ;
- que la vitesse horizontale sol (qui correspond approximativement, à ce moment, à la vitesse indiquée) diminue progressivement jusqu'à environ 90 km/h, moment où la vitesse verticale chute.

³ Performances établies par un pilote d'essai sur un avion neuf.

⁴ La fiabilité et la précision des données enregistrées par le FLARM dépendent de plusieurs facteurs, et diminuent lors des phases dynamiques du vol. Les valeurs affichées sont données à titre indicatif, notamment la vitesse sol, estimée par différentiation des coordonnées géographiques de latitude et de longitude.

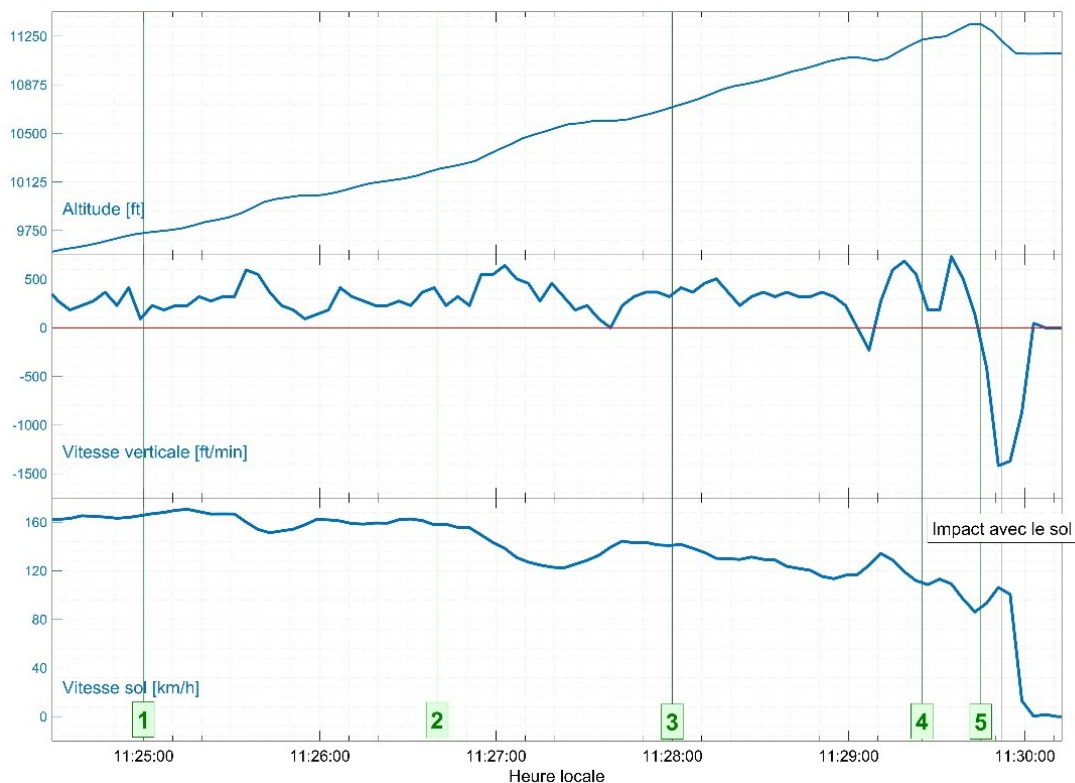


Figure 6 : vitesse sol et vitesse verticale du F-BMFV en fonction de l'heure, calculées à partir des données du FLARM

2.5 Renseignements sur l'aéroclub de Megève

Le responsable pédagogique de l'aéroclub de Megève explique que le circuit classique dans le massif du Mont-Blanc, enseigné aux élèves lors des vols d'instruction, comprend un survol des différents glaciers (Tour, Argentière, Tallefre, Leschaux et Tacul) vers 10 000 ft, sans survol de la Vallée Blanche et de l'Aiguille du Midi. Ce secteur est jugé dangereux en raison de la présence des câbles de téléphérique. Dans les rares cas de survol de l'Aiguille du Midi, il est d'usage de monter à environ 14 000 ft avant d'entrer dans la Mer de Glace. Le responsable pédagogique indique ne pas comprendre les raisons pour lesquelles le pilote a emprunté la trajectoire suivie.

Il a autorisé le pilote à partir en vol dans le massif, le matin même, sur la base des éléments suivants :

- les conditions météorologiques étaient idéales ;
- le pilote avait renouvelé son autorisation d'accès ski sur l'altiport dans les jours précédents ;
- il avait réalisé plusieurs vols en instruction dans les semaines précédentes, dont un dans le massif du Mont-Blanc.

Plus généralement, il considérait que le pilote avait acquis l'expérience et les compétences nécessaires à ce type de vol, étant donnée son ancienneté à l'aéroclub.

Tous les pilotes de l'aéroclub sont sensibilisés sur les dangers du vol en montagne, en particulier l'absence d'horizon naturel dans le relief, et formés aux techniques de pilotage (passage de col, maintien d'assiette, surveillance de la vitesse). Le passage au second régime de vol est expliqué et montré en vol par les instructeurs au cours des premiers vols d'instruction en montagne.

Après l'accident, l'aéroclub de Megève a installé sur ses avions des dispositifs de retenue à trois points de fixation en complément des ceintures ventrales d'origine.

2.6 Témoignages

2.6.1 Témoignage du pilote

Le pilote indique avoir attendu l'arrivée du responsable pédagogique à l'aéroclub avant d'entreprendre son vol, pour obtenir son avis sur un vol dans le massif du Mont-Blanc.

Il explique le choix de sa trajectoire par une volonté de ne pas se rapprocher des cimes en survolant les glaciers, jugeant la navigation dans la vallée moins dangereuse.

Il explique qu'à partir d'une minute, voire une minute et demie avant l'accident, à l'approche du relief, « l'avion ne montait pas comme il aurait dû ». Les performances lui semblaient se dégrader progressivement. Il a associé cela à une baisse de puissance du moteur, puis à une perte totale de puissance. Il indique avoir ajusté la mixture, vérifié la quantité d'essence restante et la position du sélecteur, puis avoir mis l'avion en « légère descente ». Il ajoute n'avoir perçu aucun voyant d'alarme sur la planche de bord ni détecté de bruit pouvant être associé à une perte de puissance ou à un dysfonctionnement.

Il indique avoir d'abord envisagé un demi-tour par la gauche, manœuvre à laquelle il a renoncé en raison de la proximité du relief. Il a ensuite viré à droite avec l'intention, d'abord, d'effectuer un demi-tour. Il a ressenti un « buffeting » de l'avion au cours de cette manœuvre et a ainsi préféré tenter un atterrissage d'urgence. Il précise ne pas avoir senti l'avion décroché. Il n'exclut cependant pas la possibilité d'un décrochage à faible hauteur, lors de la manœuvre d'arrondi, par exemple. Ses difficultés à percevoir la pente montante sur la zone d'atterrissage peuvent selon lui expliquer la collision avec le sol. Les câbles du téléphérique présents dans le secteur n'ont selon lui pas représenté de danger lors de son vol et pour l'atterrissage.

Le pilote indique qu'il était régulièrement sensibilisé au cours de ses vols en instruction aux perceptions visuelles dans le relief ainsi qu'au maintien d'assiette. Il explique que le tour du massif du Mont-Blanc classique réalisé avec les instructeurs de l'aéroclub de Megève comprenait un tour des différents glaciers et non une trajectoire directe de la Mer de Glace jusqu'au col du Midi. Il ajoute avoir déjà franchi le col du Midi au cours de vols en instruction. Il pensait que l'altitude à laquelle il est entré dans la vallée lui permettrait de franchir le col du Midi en sécurité.

Il estime qu'il n'avait pas, avant l'accident, une connaissance suffisante du second régime de vol. Selon lui, c'est une situation qui n'a pas été suffisamment abordée et développée en instruction dans les différents aéroclubs qu'il a fréquentés.

2.6.2 Témoignage du passager

Le passager se souvient qu'il voyait l'Aiguille du midi face à lui. Il a entendu le pilote annoncer un problème de puissance et indiquer que l'avion ne parvenait pas à remonter correctement. Il se souvient qu'à ce moment le moteur tournait. Il ne se rappelle aucun bruit particulier ou voyant lumineux. Il n'est pas en mesure de se remémorer la fin du vol du fait de sa perte de connaissance due à l'impact.

2.7 Formation sur le second régime de vol

Les enquêtes sur les accidents survenus lors de navigation en milieu montagneux ces cinq dernières années ont souvent révélé qu'un passage progressif au second régime de vol, sans détection ou réaction adaptée du pilote, avait contribué à l'accident. Ces accidents concernaient en grande partie des pilotes de plaine, ayant une connaissance et une expérience limitées du vol en milieu montagneux. L'accident du F-BMFV montre qu'un pilote ayant suivi une formation dans un aéroclub spécialisé au vol en montagne peut également se retrouver confronté à cette situation.

Les échanges que le BEA a pu avoir avec la communauté aéronautique (FFA, aéroclubs, pilotes) laissent penser que l'enseignement du second régime de vol, tant en théorie qu'en pratique, diffère selon les aéroclubs. Le concept est, en général, uniquement abordé dans l'apprentissage du vol lent, en palier, lors de la formation initiale au brevet de pilote privé. Ainsi, les risques de passage au second régime en vol en montagne ne semblent pas suffisamment connus de certains pilotes, notamment ceux habitués à voler en plaine.

Récemment, la FFA a développé un programme de formation dédié au vol en montagne, destiné principalement aux pilotes des aéroclubs de plaine et devant être dispensé par des instructeurs montagne (MI) ou instructeurs (FI) qualifiés au vol en montagne. Si les modalités de mise en place restent encore à définir, la FFA a proposé ce programme de formation au cours de l'été 2025 à l'ensemble des aéroclubs qui lui sont affiliés. Au moment de la rédaction du rapport, 77 aéroclubs y avaient répondu positivement. Le second régime de vol est un des items qui y sont développés.

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête.

Scénario

Lors d'un vol en montagne, le pilote est entré dans la vallée menant au col du Midi à une altitude ne lui permettant pas de franchir le col par une trajectoire directe avec une marge de sécurité suffisante compte tenu des performances de montée de l'avion. Lorsque la pente du relief s'est accentuée, le pilote a augmenté progressivement l'assiette de l'avion, ce qui a entraîné une diminution de la vitesse indiquée et une diminution des performances de montée, caractéristiques du second régime de vol. Le pilote a probablement assimilé les effets du second régime à une diminution progressive puis totale de la puissance du moteur due à un dysfonctionnement. Il a alors interrompu le vol et atterri en urgence sur le glacier. La vitesse de l'avion a continué de diminuer, jusqu'à une vitesse proche de la vitesse de décrochage. La vitesse verticale a ensuite chuté et l'avion est descendu d'environ 70 m pendant une dizaine de secondes, avant d'entrer en collision avec la surface du glacier avec une vitesse horizontale faible. La présence d'une neige fraîche et abondante a probablement permis d'amortir de manière significative l'impact avec le sol et contribué à la survivabilité de l'accident.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer au passage au second régime et son absence de détection par le pilote :

- l'absence de préparation du vol, en particulier d'évaluation de l'altitude minimale nécessaire en entrée de la vallée permettant un franchissement du col avec une marge de sécurité suffisante, compte tenu de la trajectoire envisagée ;
- le cumul d'une expérience limitée du vol en montagne en solo et d'une trajectoire qui n'avait pas été pratiquée en vol d'instruction ;
- une assimilation insuffisante des spécificités du vol en montagne et des principaux risques associés malgré la sensibilisation dispensée par les instructeurs. Ces lacunes n'ont pas été mises en évidence lors des vols en double commande.

Enseignements de sécurité

Risque de passage au second régime de vol en région montagneuse

Lors d'un vol en montagne, le pilote ne dispose plus de l'horizon naturel comme référence visuelle extérieure. Devant une pente montante du relief, un pilote non aguerri peut avoir tendance à augmenter progressivement l'assiette de l'avion, parfois de manière inconsciente. Dans certains cas, malgré une assiette à cabrer importante et une vitesse verticale positive (environ 300 ft/min dans le cas du F-BMFV), le pilote peut penser, lorsque la pente du relief qu'il survole monte fortement (environ 20 % pour le F-BMFV), que l'avion descend avec une assiette à piquer. Par ailleurs, en hiver, la présence d'un manteau neigeux uniforme sur le relief peut accroître la difficulté à estimer la pente.

L'augmentation de l'assiette conduit à une diminution de la vitesse, amenant progressivement l'avion au second régime de vol. L'augmentation de l'incidence accroît la trainée induite et de fait, la puissance nécessaire pour maintenir le vol stabilisé augmente alors que la puissance utilisée pour la montée est déjà au niveau maximal. Lorsque la puissance nécessaire devient supérieure à la puissance utile, le vol stabilisé n'est plus maintenu ; l'avion entre dans la zone critique du second régime.

La seule manière de sortir du second régime de vol est de diminuer l'incidence et donc l'assiette afin d'accélérer, ce qui, lors d'un vol en montagne à faible hauteur, contraint le pilote à se rapprocher du relief.

Par ailleurs, les symptômes du second régime de vol peuvent être associés à tort par le pilote à un défaut de puissance du moteur.

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.