

Accident de l'avion FLIGHT DESIGN – CTLS-ELA immatriculé F-HVAT

survenu le 18 juin 2021
au Col des Prés, commune de Thoiry (73)

Heure	Vers 19 h 10 ⁽¹⁾
Exploitant	Alpes Aéro ⁽²⁾
Nature du vol	Vol de navigation en instruction
Personnes à bord	Instructeur et élève pilote
Conséquences et dommages	Instructeur et élève pilote décédés, avion détruit

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

⁽²⁾ Alpes Aéro est un organisme de formation approuvé (ATO) par la DGAC.

Tentative de demi-tour avant le passage d'un col, collision avec des arbres puis avec le sol, incendie, en instruction

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, des enregistrements des radiocommunications, d'une caméra présente sur l'aérodrome de Chambéry - Challes-les-Eaux, ainsi que des données radar. Ces dernières ne comportent qu'une partie du trajet aller, principalement lorsque l'avion est dans la plaine ; ainsi les données radar ne contiennent pas la dernière partie du vol jusqu'à l'accident.

L'élève pilote, accompagné d'un instructeur, décolle à 18 h 27 (voir [Figure 1](#)) de l'aérodrome d'Annecy-Meythet (74). Après deux circuits d'aérodrome, dont un à basse hauteur, l'instructeur annonce au contrôleur aérien leur intention de naviguer vers l'aérodrome de Chambéry - Challes-les-Eaux (73) en passant par le point ALBY⁽³⁾ (voir [Figure 1](#)) et de revenir environ 45 minutes plus tard.

Une caméra de vidéosurveillance présente sur l'aérodrome de Chambéry - Challes-les-Eaux enregistre l'atterrissage de l'avion à 18 h 56 sur la piste 32. La caméra enregistre deux minutes plus tard le passage de l'avion sur le taxiway Bravo en direction de la piste 32, suivi d'un décollage à 19 h (voir [Figure 1](#)).

Peu après 19 h, un témoin habitant à Saint-Jean-d'Arvey (73) voit un avion venant de la direction de Chambéry - Challes-les-Eaux et se dirigeant vers le Col des Prés dans le massif des Bauges. Il le voit effectuer un virage complet à gauche à proximité de la commune de Thoiry avant de revenir en direction du col (voir [Figure 2](#)). Il trouve que l'avion est plus bas que ce qu'il a l'habitude de voir. Il précise qu'il n'a pas vu passer d'autres avions aux alentours de 19 h.

⁽³⁾ Point de compte-rendu VFR.

Peu après 19 h, plusieurs groupes de témoins présents à proximité du Col des Prés (voir [Figure 3](#)) voient l'avion voler bas, à quelques dizaines de mètres de hauteur au-dessus des arbres au centre de la vallée et remontant en direction du Col des Prés. Une automobiliste descendant le col en direction de Chambéry aperçoit l'avion réaliser un virage à droite à basse hauteur. Les différents témoins précisent tous avoir entendu un grand bruit puis vu de la fumée quelques secondes après avoir vu passer l'avion.

À 19 h 11, les services de secours reçoivent un signal provenant de la balise de détresse de l'avion.

À 19 h 40, l'épave de l'avion en feu est localisée par les secours.

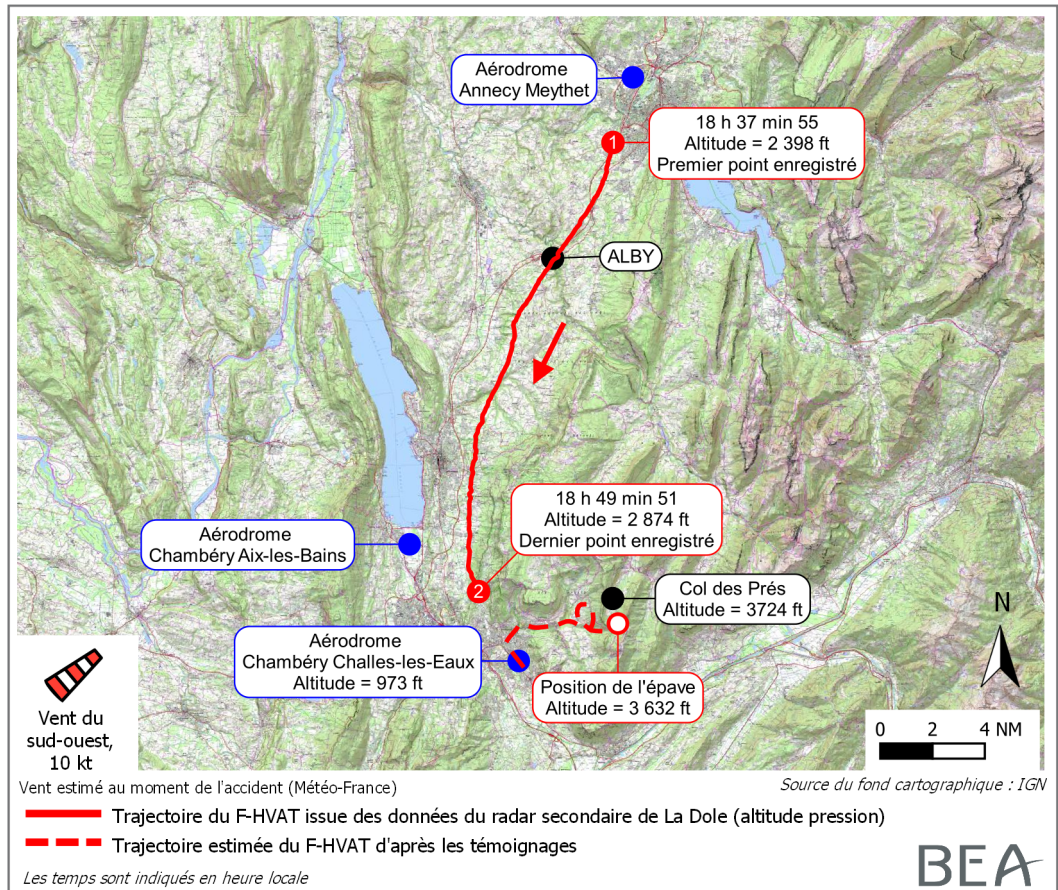


Figure 1 : Trajectoire de l'avion

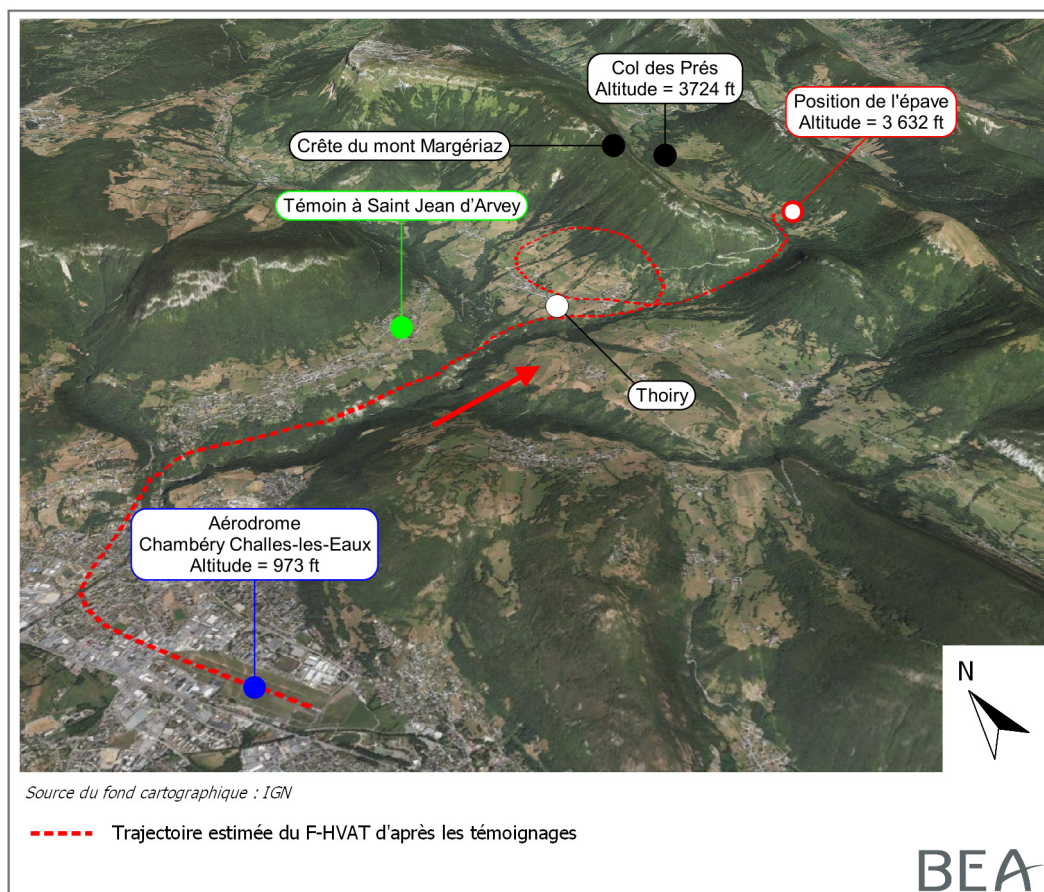


Figure 2 : Trajectoire finale du vol estimée d'après les témoignages

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur le site et l'épave

L'épave est située sur une zone de pâturage, à une altitude de 3 632 ft (environ 1 100 m), à environ 1,5 km en aval du Col des Prés dont l'altitude est de 3 724 ft (environ 1 135 m). Du fait de la végétation, la zone est peu propice à un atterrissage forcé (voir [Figure 3](#)). Le fond de la vallée depuis Thoiry en direction du Col des Prés a une pente montante comprise entre 6 et 9 % environ.

L'avion a subi un incendie post-impact le détruisant entièrement.



Crédit image : Florian Pépellin

Figure 3 : Vue sur le Col des Prés et localisation de l'épave

L'examen du site et des traces dans la végétation indiquent que l'aile droite est très probablement entrée en collision avec des arbres lors d'un virage à droite (voir Figure 4). L'avion s'est retourné au contact de la végétation et avant la collision avec le sol.

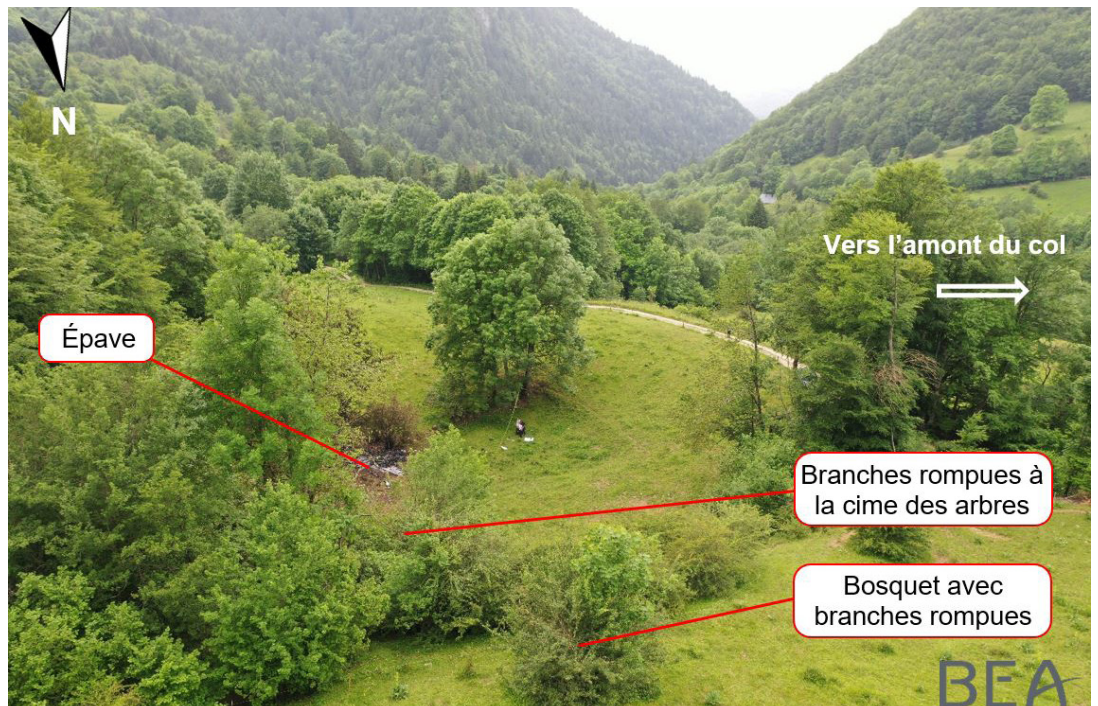


Figure 4 : Site de l'accident

La gouverne de direction et la partie centrale de la gouverne de profondeur n'ont pas été identifiées, elles ont très probablement brûlé lors de l'incendie. Cependant, les constatations sur l'épave montrent que les commandes de profondeur et de direction étaient probablement continues au moment de l'impact. La continuité de la commande de gauchissement et des volets n'a pas pu être vérifiée complètement en raison des dommages causés par l'incendie. La position des volets n'a pas pu être déterminée.

Les trois pales de l'hélice sont rompues à leur embase. Elles sont retrouvées dans la végétation et à proximité de l'épave. Le moteur est retrouvé calciné, il n'a pas été prélevé pour examen complémentaire en raison des dommages dus à l'incendie. Les dommages constatés sur les pales et l'éparpillement des débris indiquent que le moteur était en rotation au moment de l'impact. Le niveau de couple transmis par le moteur n'a pas pu être déterminé.

Le parachute de secours ainsi que son système pyrotechnique de déclenchement ont été détruits consécutivement à l'incendie. Le parachute n'a pas été activé avant l'impact avec le sol.

L'examen de l'épave n'a pas permis de révéler d'élément ayant pu contribuer à l'accident.

Plusieurs calculateurs de l'avion et téléphones des occupants ont été retrouvés sur site et expertisés au BEA. Au vu des endommagements significatifs, principalement par le feu, aucune donnée n'a pu être récupérée sur l'ensemble des éléments prélevés.

2.2 Renseignements sur les conditions météorologiques

Le jour de l'accident, les conditions météorologiques étaient favorables à la réalisation d'un vol en VFR. D'après Météo-France :

- ❑ La zone du vol était sous l'influence d'un vent de secteur de sud-ouest d'environ 10 kt ;
- ❑ Des nuages convectifs pouvaient être présents à proximité des reliefs et pouvaient occasionner de fortes rafales de vent à proximité des cellules convectives avec des rabattants sous le vent des reliefs ;
- ❑ Le QNH était de 1014 hPa à Chambéry - Aix-les-Bains et 1016 hPa à Annecy-Meythet ;
- ❑ La visibilité était supérieure à 10 km, la température dans les vallées était de 31 °C vers 1 000 ft (environ 300 m) d'altitude et de 23 °C à 3 600 ft (1 100 m)⁽⁴⁾. Le département de la Savoie était en vigilance jaune canicule.

L'après-midi de l'accident, des pilotes de planeur volaient sur le versant ouest de la crête du Margéraz, de l'autre côté par rapport au Col des Prés (voir [Figure 3](#)). D'après leurs témoignages, le vent, calme au sol, se levait à partir de 1 200 m environ avec une tendance sud-ouest. Ils précisent que les planeurs montaient ainsi « *très fort* » avec une vitesse ascensionnelle d'environ 3-4 m/s. Ils estiment qu'il devait y avoir des rabattants sur le versant est (correspondant à la vallée vers le Col des Prés), sous le vent.

Plusieurs pilotes avion et planeur de la région ont témoigné que passer le Col des Prés par vent du sud ou sud-ouest pouvait être piégeux, que des turbulences et des rabattants pouvaient être présents dans ces conditions et qu'il était préférable de passer avec de bonnes marges de sécurité en termes d'altitude.

⁽⁴⁾ L'altitude densité (altitude-pression corrigée en fonction des variations de température) du site de l'accident est donc d'environ 5 400 ft.

⁽⁵⁾ Light Sport Aircraft (Avion mono ou biplace non pressurisé à pistons, de masse maximale inférieure ou égale à 600 kg).

Aux alentours de 19 h le jour de l'accident, une partie du versant ouest de la vallée du Col des Prés était à l'ombre. Une photo aérienne prise par un hélicoptère des secours vers 20 h montre que l'épave est à la frontière ombre/soleil.

2.3 Renseignements sur l'avion

L'avion était un Flight Design CTLS-ELA, avion biplace certifié LSA⁽⁵⁾, motorisé par un moteur atmosphérique à injection de 100 ch (ROTAX 912 iSc2 SPORT) et équipé d'une hélice tripale Neuform CR3-65-47-101.6 dont le pas est ajustable au sol. Sa structure est majoritairement en matériaux composites. Il était équipé d'un parachute de secours de cellule.

Au moment de l'accident, le moteur avait accumulé 213 h et la cellule 155 h. La dernière visite périodique d'entretien (de type 100 heures) avait été réalisée le 10 juin 2021, à 150 h cellule.

Une semaine avant l'accident, le moteur de l'avion a expérimenté une surchauffe temporaire lors d'un vol d'instruction. L'instructeur a précisé que l'avion était resté au soleil sur le parking depuis son dernier vol le matin et que la température extérieure était d'environ 30 °C.

Une opération de maintenance non programmée a été réalisée à l'issue du vol. Lors des trois heures de vols réalisées entre cette maintenance et l'accident, il n'a pas été décelé d'anomalie de fonctionnement du moteur.

Note : lors du vol de l'accident, il est très probable que si une éventuelle surchauffe moteur était survenue avant l'entrée dans la vallée, les pilotes auraient effectué un demi-tour pour ne pas entrer dans la vallée.

La masse de l'avion estimée au décollage d'Annecy était proche de la masse maximale autorisée, mais dans les limites définies par le constructeur. Le centrage était également dans les normes.

2.4 Renseignements sur les pilotes

2.4.1 Instructeur

Expérience et licence

L'instructeur, âgé de 43 ans, était titulaire d'une licence de pilote professionnel avion CPL(A) assortie des qualifications SEP, MEP, IR/SE, IR/ME. Il détenait la qualification d'instructeur avion FI(A) depuis 2011 et d'instructeur de qualification de type sur avion HPA complexe TRI(SPA) depuis 2017. Il possédait une qualification de type EMB500/505 (Embraer Phenom 100 et 300). Il détenait également une licence de pilote d'ULM.

Il avait également été titulaire d'une licence de pilote de planeur entre 2002 et 2008. Il avait volé pendant plusieurs années au Centre Savoyard de Vol à Voile Alpin de Chambéry - Challes-les-Eaux. Il avait également pratiqué le parapente dans la région.

Il avait été titulaire d'une qualification montagne - roues de 2017 à 2020 qui n'a pas été prorogée. D'après les témoignages, c'était l'un des instructeurs les plus expérimentés de la société Alpes Aéro pour le vol en zone montagneuse. Il n'était pas instructeur « montagne ».

De plus, il occupait les fonctions de chef instructeur⁽⁶⁾ d'Alpes Aéro (CFI) depuis la création de l'ATO en juin 2020.

D'après son carnet de vol :

- Son expérience totale de vol sur avion était supérieure à 3 400 heures ;
- Il totalisait 75 heures de vol dans les 3 derniers mois dont :
 - La majorité des heures (58 h) en tant que pilote sur avion biréacteur (Embraer Phenom 300 et Cessna Citation C525b).
 - 17 h sur avion monomoteur à piston (SR22, C170 ou CTLS), toutes effectuées en local d'Annecy-Meythet, de Chambéry - Aix-les-Bains ou en navigation vers la plaine, dont 14 en tant qu'instructeur sur CTLS.
- Les vols effectués dans les trois derniers mois sont assez représentatifs de l'ensemble du carnet de vol du pilote sur les dernières années avec une majorité de vols sur avion biréacteur et quelques vols sur avion monomoteur à pistons, principalement en instruction en vol local ;
- Les principaux autres avions monomoteurs utilisés par le pilote sont un DA40 TDI (avion motorisé par un moteur turbo-diesel) et un SR22 GTS (avion de quatre ou cinq places équipé d'un moteur atmosphérique de 310 ch).

Expérience montagne

L'étude de son carnet de vol montre que :

- Il a effectué sa formation à la qualification montagne à Chambéry - Challes-les-Eaux de mai à juin 2017 avec un total de 14 heures de vol sur Jodel D113 (avion biplace équipé d'un moteur atmosphérique de 100 ch généralement utilisé pour les vols en montagne) ;
- Bien que non-inscrits en tant que vols « montagne », une dizaine d'autres vols peuvent laisser penser à des vols « en zone montagnaise ». Ils ont été effectués au départ de Chambéry - Challes-les-Eaux sur Jodel D113 à l'automne 2017 à la suite de sa formation ;
- Trois autres vols ont été inscrits en tant que vol « montagne » depuis sa formation jusqu'au vol de l'accident. Ces trois vols ont été effectués en aller-retour depuis l'aérodrome de Chambéry - Challes-les-Eaux à l'automne 2019 sur Jodel D113. Aucun vol sur Jodel D113 n'est reporté sur son carnet de vol depuis cette date ;
- Son dernier trajet Chambéry - Challes-les-Eaux – Annecy-Meythet remonte au 10 mai 2019 sur DA40 TDI (avion quadriplace équipé d'un moteur turbo-diesel de 135 ch) avec un vol d'une durée d'environ 35 min.

Habitudes de vols et différences de performances des avions

L'étude des licences et du carnet de vol du pilote instructeur a permis de mettre en évidence qu'il avait une expérience aéronautique globale et récente importante, une expérience du vol en montagne associée à sa qualification « montagne roues » de 2017 à 2020, ainsi qu'une expérience et connaissance de la zone de l'accident.

Il a cependant également été mis en évidence que son expérience récente en vol en zone montagnaise, avec passage de col par exemple, était probablement faible et qu'il avait principalement volé dans les jours précédant l'accident sur des avions biréacteurs à hautes performances dont les repères visuels diffèrent notablement du CTLS.

2.4.2 Élève pilote

L'élève pilote, âgé de 22 ans, était en cours de formation PPL au sein de la société depuis février 2021. Il totalisait environ 13 heures de vol et son dernier vol remontait au 20 mai. Il était suivi uniquement par l'instructeur du vol de l'accident.

Le vol de l'accident correspondait à son premier vol de navigation.

2.5 Procédures de l'ATO

Les procédures de l'ATO demandent de voir les éléments suivants au cours de la première navigation à destination d'un autre aéroport :

- Préparation du vol, briefing départ et roulage ;
- Navigation à l'estime de A vers B ;
- Retour par la méthode du cheminement ;
- Utilisation du log de navigation et mise en place du profil de navigation ;
- Procédure point tournant ;
- Intégration terrain contrôlé ou non.

Le trajet aller du vol de l'accident vers Challes-les-Eaux semble correspondre à une navigation à l'estime et le vol retour à une navigation par cheminement en passant par le Col des Prés.

Il n'y a pas de procédure particulière au sein de l'ATO concernant les vols de navigation en montagne et les passages de col pour les élèves en formation PPL.

2.6 Particularités du vol en montagne

La qualification additionnelle « *montagne* »⁽⁷⁾ associée à la licence de pilote d'avion permet au pilote d'obtenir le privilège d'atterrir ou de décoller des altiports ou altisurfaces.

Le vol en zone montagnaise, dans les vallées ou en passant des cols n'est en revanche pas soumis à une qualification particulière et peut être réalisé par n'importe quel pilote. Il nécessite cependant de prendre en compte certaines particularités et bonnes pratiques propres à ce type de vol telles que celles listées ci-dessous⁽⁸⁾ :

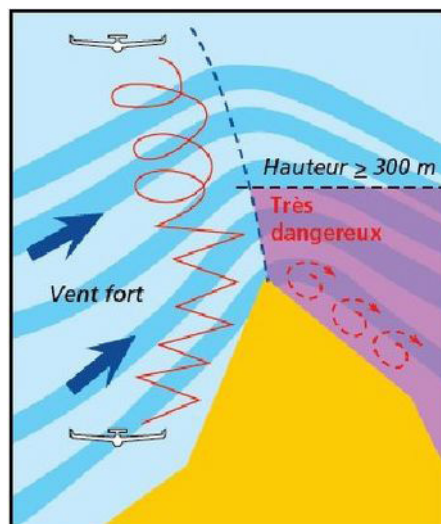
- Un moteur non turbocompressé d'avion léger perd environ 10 % de sa puissance maximale par tranche d'altitude de 1 000 m, car la quantité d'oxygène disponible dans l'air pour la combustion du carburant diminue avec l'augmentation de l'altitude ;
- De même, des températures élevées diminuent la puissance moteur d'autant plus lorsque l'altitude augmente (effet de l'altitude-densité qui correspond à l'altitude-pression corrigée de l'effet de la température) ;
- Les performances des avions diminuent avec l'augmentation de la masse, il convient ainsi de ne pas voler avec une masse trop élevée en montagne ;
- Le franchissement d'un col ou d'une crête devrait se faire par le haut. Il est donc nécessaire d'étudier les altitudes de sécurité lors de la préparation du vol et de prendre des marges suffisantes, notamment quand il y a de l'aérodynamisme et/ou des températures élevées ;

⁽⁷⁾ Règlementation européenne (règlement 1178/2011 dit « Air Crew », [version en vigueur le jour de l'accident](#), voir FCL.815) et nationale (arrêté du 14/12/2017, [version en vigueur le jour de l'accident](#)).

⁽⁸⁾ Voir les règles pratiques (RP) de la Fédération Française Aéronautique (FFA) : [RP Pilotes de plaine et vol en montagne du 01/12/2021](#)

- ❑ Lorsque l'aéronef se dirige vers un relief dont la pente est montante, la ligne d'horizon perçue par le cerveau du pilote est toujours située plusieurs degrés au-dessus de l'horizon réel. Le déplacement involontaire et inconscient de la référence d'assiette à 0° est rapidement susceptible d'induire une incidence excessive diminuant les performances de montée et pouvant mener au second régime voire au décrochage ;
- ❑ Le rayon de virage d'un avion léger augmente avec l'altitude car la différence entre la vitesse propre et les vitesses indiquées et sol augmente également. Il convient donc de toujours se placer sur le côté d'une vallée pour pouvoir opérer un demi-tour plus facilement, si possible au vent pour éviter les turbulences sous le vent (voir Figure 5) et côté soleil pour avoir une meilleure portance.

L'approche Gestion des menaces et des erreurs (TEM) donne des outils aux pilotes pour mettre en place un processus de gestion des risques avant, mais aussi pendant le vol, au travers de l'évaluation des différentes menaces et/ou erreurs potentielles et de la mise en place de réponses et barrières d'atténuation susceptibles d'éviter une situation indésirable. Ainsi appliquée au vol en zone montagneuse, il est nécessaire de tenir compte des particularités et bonnes pratiques listées ci-dessus et de savoir renoncer, ne jamais insister, toujours avoir une porte de secours, un plan B et des marges de sécurité confortables.



Source : Centre National de Vol à Voile de Saint Auban

Figure 5 : Illustration des rabattants sous le vent

Début 2022, le BEA a également publié un bilan de ses enseignements de sécurité sur les rapports d'enquête sortis au cours de l'année 2021. Concernant les avions légers (<https://www.bea.aero/bilans-etudes-1/enseignements-2021/avions-legers/>) un des thèmes retenus au vu de sa récurrence et de ses conséquences concerne les « connaissances ou expériences insuffisantes pour la réalisation de vol en montagne ». Un des objectifs de ce bilan est de porter à la connaissance des clubs, des instructeurs et des pilotes des thèmes à prendre en compte pour la sécurité des vols.

3 - CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.

Scénario

Après avoir pratiqué deux circuits d'aérodrome à Annecy-Meythet, l'élève pilote et l'instructeur sont partis en direction de Chambéry - Challes-les-Eaux pour y réaliser le premier vol de navigation de l'élève pilote. L'instructeur connaissait la région de Challes-les-Eaux pour y avoir effectué des vols en planeur et du vol en montagne plusieurs années auparavant.

Ils ont réalisé la navigation par l'ouest, dans la plaine, et ont procédé à un atterrissage complet à Chambéry - Challes-les-Eaux avant de redécoller en direction d'Annecy via un vol par cheminement dans le massif des Bauges situé à l'est.

Quelques minutes après le décollage, l'avion a effectué un virage complet par la gauche à proximité de Thoiry, probablement pour prendre de l'altitude avant d'entrer dans la vallée menant au Col des Prés. L'avion a volé ensuite à faible hauteur au centre de la vallée sous le vent d'une crête. La zone pouvait être sujette à des turbulences ou des rabattants, de nature à dégrader les performances de montée de l'avion.

Voyant probablement après le contournement de la ligne de crête que l'altitude de l'avion ne permettait pas le franchissement du col, les pilotes ont tenté de réaliser un demi-tour par la droite au cours duquel l'avion est entré en collision avec la végétation puis avec le sol. Un incendie s'est déclaré immédiatement.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la tentative de demi-tour avant le passage d'un col puis à la collision avec le relief :

- Une marge d'altitude insuffisante à l'entrée dans la vallée pour pouvoir franchir en toute sécurité le col qui suivait peu après. Ceci pourrait éventuellement s'expliquer par :
 - Une sous-estimation des effets de la température, de l'aérodynamique et de l'altitude sur les performances de montée de l'avion dans les conditions du jour avec une masse proche de la masse maximale autorisée ;
 - Une utilisation plus importante à la fois en expérience totale et récente, de la part de l'instructeur, d'avions biréacteurs à hautes performances avec des repères visuels notablement différents du CTLS.
- Un positionnement de l'avion, au centre de la vallée :
 - Réduisant les possibilités de réaliser un demi-tour ;
 - Pouvant contraindre les performances de montée de l'avion en étant sous le vent de la crête, en présence de rabattants et possiblement à l'ombre.
- Une faible expérience récente du vol en montagne et de passage de col.
- Un choix d'itinéraire de navigation par cheminement avec passage de col au vol retour potentiellement inadéquat ou insuffisamment préparé au vu de l'expérience de l'élève pilote.

Enseignements de sécurité

Le vol en montagne comporte des particularités propres à l'environnement : repères visuels inhabituels par la perte d'horizon naturel, diminution des performances opérationnelles, aérologie complexe et changeante, espace d'évolution restreint notamment. Des connaissances et des compétences spécifiques sont nécessaires pour voler en sécurité dans cet environnement contraint et exigeant (voir §2.6). Ainsi, une marge d'altitude suffisante lors de la réalisation d'une navigation, particulièrement pour une première navigation, est un gage de sécurité, le but étant « *de garder toujours de l'eau sous la quille* » pour pouvoir réagir en cas de difficulté.

L'événement met de plus en évidence l'importance, y compris pour les instructeurs, de l'expérience récente du vol en montagne et de ses particularités, ainsi que l'expérience du type d'avion utilisé et de ses performances pour la réalisation en toute sécurité d'un vol en zone montagneuse et notamment lors d'un passage de col.

Par ailleurs, la FFA a développé un quizz intitulé « [PETITE VIRÉE EN MONTAGNE](#) » qui permet aux pilotes de tester leurs connaissances et d'en discuter ensuite avec leurs instructeurs avant d'entreprendre un vol en montagne.

Mesures de sécurité prises par l'exploitant à la suite de l'accident

L'exploitant a mis en place les actions de sécurité suivantes à la suite de l'accident, notamment pour réduire le risque lié au vol en zone montagneuse pour des élèves en formation :

- Les vols solos en montagne ont été interdits ;
- Une zone d'interdiction d'évolution dans le massif montagneux a été définie pour les vols effectués par l'ATO, excepté pour les élèves en « perfectionnement » ou sur accord du responsable pédagogique.