

Perte de contrôle en vol de pente à proximité d'un avion de chasse, collision avec des arbres

Aéronef	Planeur Centrair 101 immatriculé F-CGSF / Avion Dassault Aviation - Dornier Alphajet immatriculé F-TERB
Date et heure	6 mai 2013 à 15 h 58 ⁽¹⁾
Exploitants	Club / Armée de l'Air
Lieu	Cierp-Gaud (31)
Nature des vols	Aviation générale / vol de liaison
Personnes à bord	F-CGSF : Pilote F-TERB : Pilote et un passager
Conséquences et dommages	Planeur fortement endommagé

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

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Le pilote du planeur effectue un vol local au départ de l'aérodrome de Saint-Gaudens (31) en VFR. Il décolle en remorqué à 14 h 35 de la piste 07 et évolue pendant environ une heure à l'ouest de l'aérodrome. Il rejoint ensuite le relief des Pyrénées tout en progressant vers le sud. A 15 h 58, il chemine, en vol de pente, à l'est de la crête de Hourmigué vers le sud-ouest (cf figure 1).

Le pilote indique qu'il observe alors un point noir dans le ciel devant lui, légèrement sur sa gauche, sans pouvoir en identifier la nature. Il porte ensuite son regard vers la vallée, située à sa gauche, alors qu'il envisage de rejoindre son autre versant. Regardant à nouveau vers l'avant, il perçoit un avion de chasse face à lui, et se rapprochant très rapidement à la même hauteur. Il tente d'effectuer une manœuvre d'évitement pour passer sous l'avion puis virer à gauche. Il explique qu'il rencontre des difficultés pour incliner le planeur et qu'il ressent de fortes secousses. Il observe une diminution de la vitesse indiquée. Malgré une action à piquer, il ne parvient pas à reprendre le contrôle du planeur qui heurte les arbres où il s'immobilise, pratiquement à la verticale à plusieurs mètres du sol. Il demande du secours en appelant d'autres pilotes de planeur par radio.

Le pilote totalise 123 heures de vol sur planeur. Il explique qu'il se souvient avoir vu les ailes de son planeur battre et que les commandes lui ont paru dures puis à nouveau normales. Il ne se souvient pas avoir vu de phare ni de feu de l'avion croisé. Au moment du rapprochement, la radio du planeur était réglée sur 122.650 MHz, fréquence attribuée à l'activité véliplane. Il n'a pas touché à la commande des aérofreins.

Le pilote assis en place avant de l'Alphajet effectue une navigation entre Cazaux (33) et Salon de Provence (13). Un second pilote est assis en place arrière. Les règles de vol applicables sont celles du vol à vue militaire (CAM-V, voir paragraphe 2.8). L'Alphajet survole l'océan Atlantique, puis l'aérodrome de Biarritz, le sud de l'aérodrome de Pau, le Pic du Midi, puis la région de Carcassonne et Béziers. L'équipage indique qu'il n'a pas vu le planeur et que les feux de navigation et anti-collision ainsi que le phare étaient allumés. Les radios étaient réglées sur une fréquence UHF d'auto-information défense et sur la fréquence VHF de la TMA Pyrénées.

L'accident s'est produit en espace aérien de classe G. Le démontage du planeur, après son hélitreuillage, n'a pas fait apparaître d'anomalie des commandes de vol.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Trajectoires

Le planeur était équipé d'un FLARM⁽²⁾ et d'un GPS portable (de type Mio S505). Il n'était pas équipé d'un transpondeur. La réglementation ne l'impose pas en espace aérien de classe G.

L'Alphajet était équipé d'un GPS (de type Garmin GPSMAP 296) et d'un transpondeur.

Les données enregistrées sont synthétisées sur l'illustration ci-dessous. Dans le plan horizontal, la trajectoire GPS de l'Alphajet est cohérente avec les données radar. Il existe une différence dans le plan vertical (voir page 4) :

⁽²⁾Dispositif anti-collision utilisé en vol à voile. Le boîtier FLARM échange des informations de position, déterminée par un récepteur GPS, avec les boîtiers FLARM embarqués dans les planeurs environnants, ce qui permet d'indiquer à chaque pilote dans quelle direction se trouve l'autre. Le FLARM est également muni d'un capteur de pression atmosphérique permettant de calculer l'altitude.

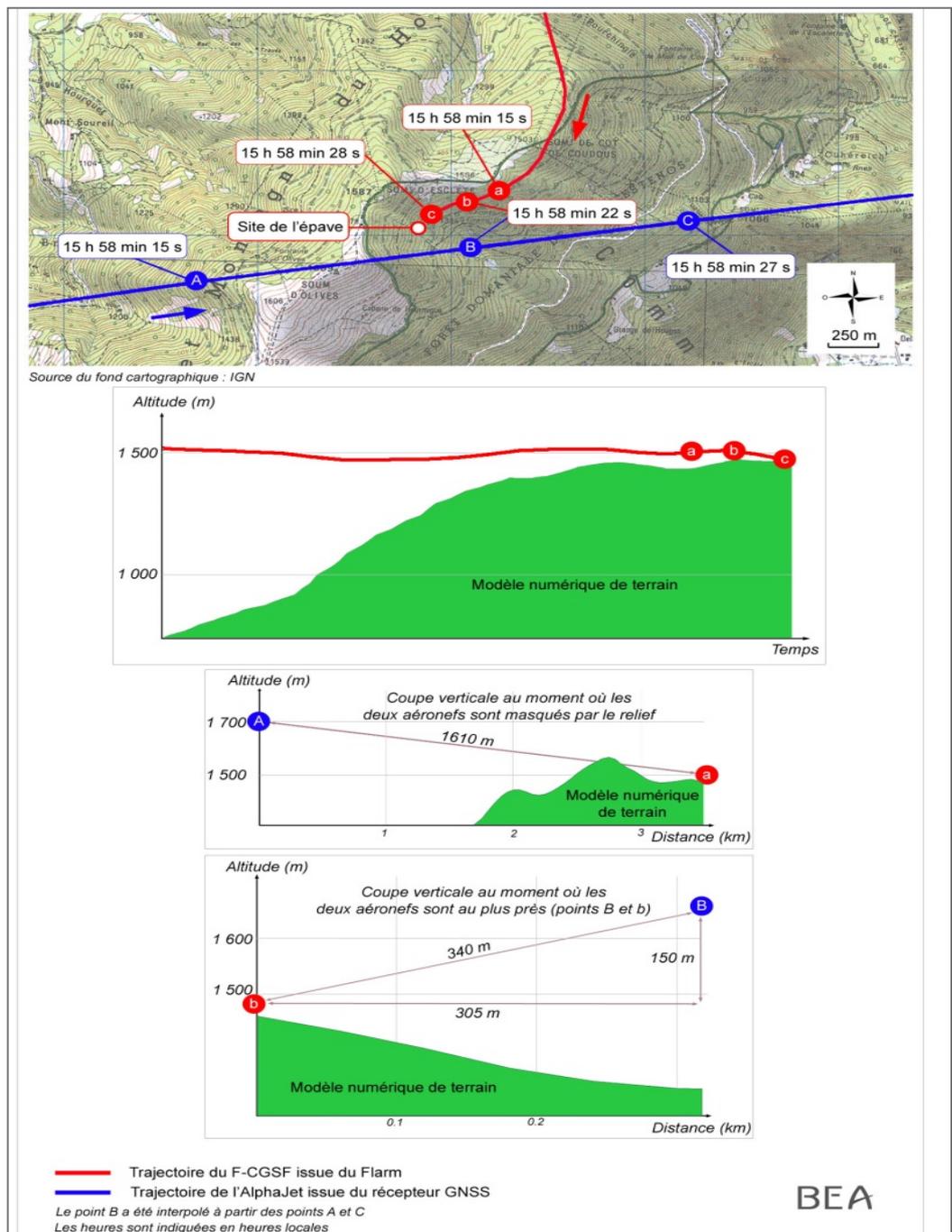


Figure 1 : synthèse des deux trajectoires.

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.

⁽³⁾Calculée par rapport à la hauteur du site de l'accident et par rapport à la vitesse sol, la vitesse propre n'étant pas enregistrée.

Pour le planeur, les courbes d'altitude et de vitesse sol en fonction du temps indiquent que (voir figure 2) :

- Avant 15 h 58 min 19 s, la vitesse sol évolue en sens contraire de l'altitude. L'énergie totale⁽³⁾ est en légère augmentation le long de la pente. Elle commence à régresser à 15 h 58 min 09 s.
- Après 15 h 58 min 19 s :
 - l'altitude diminue jusqu'à l'impact ;
 - la vitesse diminue jusqu'à 15 h 58 min 22 s puis augmente à nouveau. La valeur de vitesse sol minimale atteinte est d'environ 83 km/h.

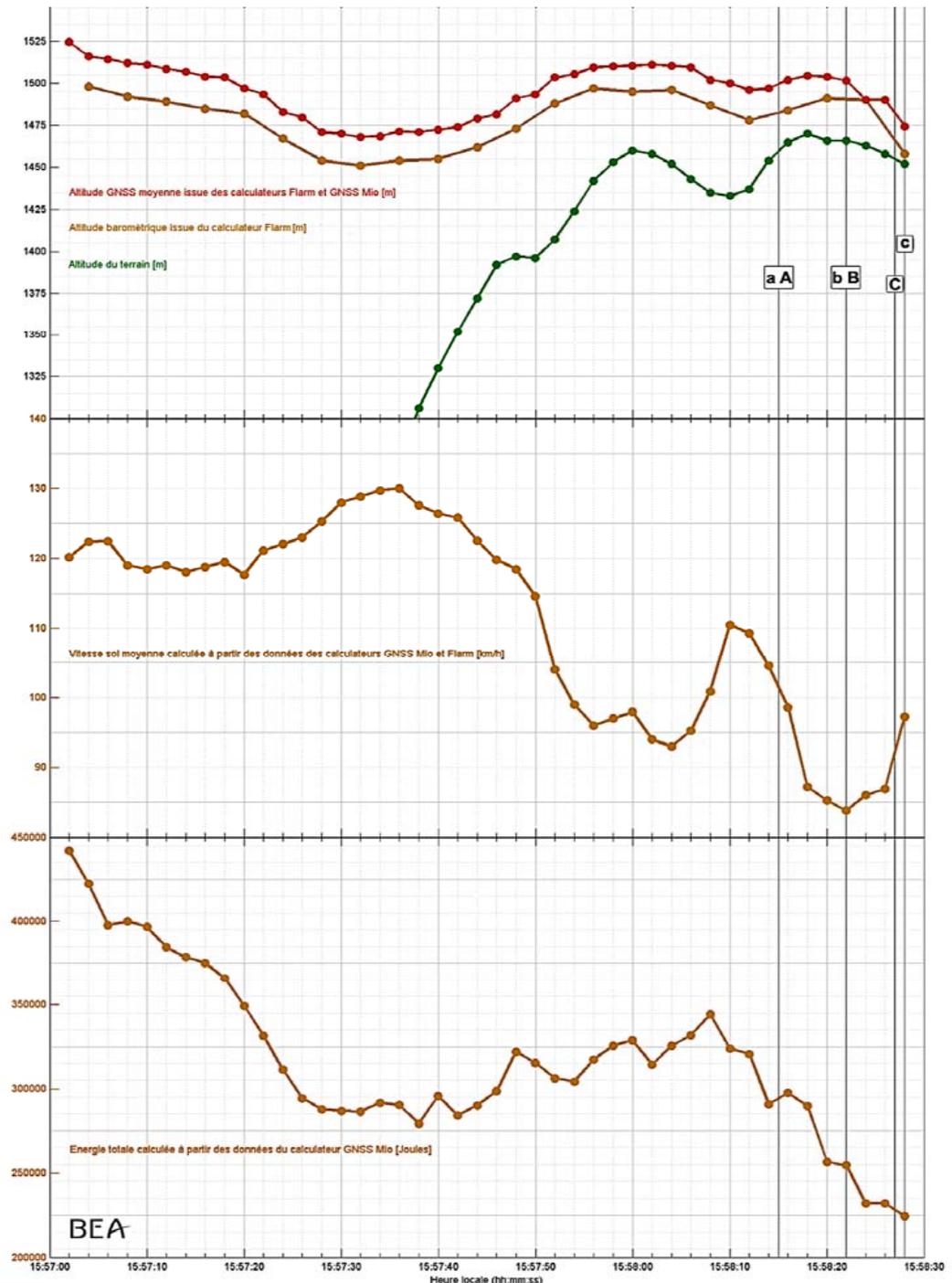


Figure 2 : évolution de l'altitude, de la vitesse sol et de l'énergie totale en fonction du temps. Le modèle numérique de terrain ne tient pas compte de la hauteur de la végétation, en l'occurrence des arbres d'une dizaine de mètres de hauteur.

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.

⁽⁴⁾Ces données proviennent du radar secondaire d'Auch. Les informations d'altitude sont élaborées par les systèmes de l'aéronef et transmises au radar.

Pour l'Alphajet, l'exploitation des données radar⁽⁴⁾ indique au franchissement de la crête :

- une vitesse sol d'environ 400 kt ;
- une hauteur de franchissement de la crête d'environ 300 ft par rapport au modèle numérique de terrain utilisé.

Elle indique également plusieurs minima de hauteur de l'Alphajet lors du survol du massif pyrénéen. Plusieurs d'entre eux sont inférieurs à 350 ft, le plus faible étant d'environ 50 ft. La vitesse sol est comprise entre 340 kt et 430 kt.

L'exploitation des données du GPS de l'Alphajet conduit à des hauteurs supérieures d'environ 300 ft à celle des données radar, hormis pour les plus fortes montées et descentes où cette différence se réduit. Les raisons de ces différences n'ont pas pu être établies par l'enquête. Elles proviennent probablement, en partie, des imprécisions inhérentes à ces systèmes.

En résumé, les données enregistrées GPS et radar mettent en évidence six minima de hauteur inférieurs à, ou voisins de, 500 ft.

2.2 Renseignements sur les aéronefs

Selon le manuel de vol, la vitesse de décrochage du F-CGSF à 1 g et 340 kg (masse représentative de la masse à vide augmentée de la masse du pilote et de son parachute) est de 69 km/h, soit 37 kt. Il est précisé que « l'efficacité des commandes de vol diminue à l'approche du décrochage et le buffeting d'empennage est très faible ». Un repère, en forme de triangle jaune, est situé sur l'anémomètre à 90 km/h, soit 1,3 fois la vitesse de décrochage précédemment indiquée. Selon la polaire du manuel de vol, cette vitesse est voisine de la vitesse de finesse maximum. La vitesse de taux de chute minimum est d'environ 80 km/h.

Le F-CGSF était muni de bandes de couleur orange vif sur le nez, les saumons d'ailes, la gouverne de direction et sur une partie des bords d'attaque du plan horizontal fixe.

L'Alphajet, d'une livrée tricolore bleu, blanc et rouge, était équipé d'un phare de présentation installé dans le nez. Il était dépourvu de radioaltimètre.

2.3 Conditions météorologiques

Le site de l'accident était sous l'influence de conditions anticycloniques en air chaud et sec. La nébulosité était d'un octat de cumulus dont les bases étaient comprises entre 1 800 m et 2 100 m. La visibilité était supérieure à 10 km. Les valeurs de vents estimées par Météo France étaient les suivantes :

Altitude	Direction	Vitesse
1 000 m	360°	5 à 10 kt
1 500 m	340 à 360°	5 à 10 kt
Entre 1 600 et 1 700 m	270 à 300°	5 à 10 kt
3 000m	270°	15 à 20 kt

Météo-France indique qu'un faible cisaillement de vent pouvait exister entre la vallée et le dessus de la crête. Le QNH était de 1 018 hPa, la température dans la vallée de 22 °C, et de 8 °C à 1 700 mètres.

Le soleil était à l'azimut 235° et à une hauteur de 52°.

2.4 Turbulences de sillage

Afin d'évaluer la possibilité que le planeur ait rencontré la turbulence de sillage de l'Alphajet, une étude théorique a été effectuée selon la théorie de la ligne portante de Prandtl. L'application numérique à la géométrie d'un Alphajet évoluant à 400 kt à 5 000 ft montre que la vitesse verticale de l'air est importante à proximité immédiate de la trajectoire des saumons puis décroît fortement lorsqu'on s'en éloigne. A 45 mètres, elle est de 1 cm/s.

A des distances de l'ordre de la centaine de mètres, elle est négligeable devant la turbulence atmosphérique communément rencontrée par un planeur.

2.5 Activités aéronautiques ou péri-aéronautiques en montagne

De nombreuses activités aéronautiques ont lieu dans le massif des Pyrénées. Elles comprennent des vols d'hélicoptères (travail aérien à proximité des ouvrages, chantiers ou stations de ski, secours en montagne et déclenchement d'avalanches), des vols de loisirs et de formation en montagne (outre l'altiport de Peyresourde, porté sur les cartes aéronautiques, il existe une vingtaine d'altisurfaces non indiquées sur les cartes⁽⁵⁾), des vols de planeurs (10 clubs et une cinquantaine d'aéronefs), du vol libre, de l'aéromodélisme et, plus récemment, des drones utilisés pour la surveillance de certaines installations.

Le site de l'accident est, en particulier, situé à l'entrée de la vallée de Bagnères-de-Luchon, utilisée pour rejoindre ou quitter cet aérodrome⁽⁶⁾.

Quelques pilotes de la région, rencontrés pendant l'enquête, expliquent avoir déjà croisé en vol des avions de chasse. Ils ajoutent que ces rencontres génèrent du stress, en raison :

- de la rapidité des rapprochements ;
- du fait qu'ils ne savent pas si le pilote militaire les a vu ;
- de la non connaissance des intentions du pilote militaire.

Ces témoignages restent peu précis et les situations mal identifiées. Un seul compte-rendu écrit est disponible.

⁽⁵⁾Par exemple, l'Alphajet est passé à faible hauteur à 0,7 Nm de l'altisurface d'Artigues lors de sa montée vers le Pic du Midi.

⁽⁶⁾La carte VAC précise les cheminements à adopter dans la vallée.

2.6 Occurrences de rapprochements dangereux entre aéronefs légers et avions de chasse

En dehors de deux accidents mortels enquêtés par le BEA et le BEAD (voir page 10), quatre récits volontaires relatifs à des rapprochements entre des aéronefs légers et des avions de chasse, ont été transmis au BEA entre 2000 et 2010 à travers le système REC (Recueil d'Événements Confidentiels). Deux d'entre eux mentionnent l'effet de surprise associé au grossissement brutal⁽⁷⁾ de l'avion de chasse croisé et font état d'un sentiment d'immobilité ou de « *paralysie* » ressentie. Dans les deux autres, les pilotes expriment le souci qu'ils ont eu d'éviter la turbulence de sillage. Une recherche dans le système REX (système de compte-rendu volontaire) de la Fédération Française de Vol à Voile fait ressortir deux récits datés de mars 2010 et relatant chacun le passage d'avion de chasse à proximité d'aérodromes vélivoles des Alpes et à proximité de groupes de planeur exploitant des ascendances. Pour l'un d'eux, l'auteur mentionne explicitement la faible hauteur et grande vitesse de l'avion de chasse. Ces deux récits expriment le risque d'accident perçu dans de telles situations.

2.7 Risques de collision et de turbulence de sillage

En espace aérien de classe G, la prévention des collisions repose sur le principe « *voir et éviter* » dont les dispositions réglementaires sont décrites dans le RDA 3.2 « *Prévention des collisions* ». L'application de ce principe suppose plusieurs étapes :

- la surveillance visuelle du ciel par les pilotes pour détecter un aéronef ;
- l'estimation de la trajectoire de l'aéronef détecté ;
- l'estimation de la distance au plus proche ;
- le choix d'une modification de trajectoire en fonction :
 - des règles de priorité définies dans les règles de l'air⁽⁸⁾ ;
 - de la marge de manœuvre permise dans la configuration du vol ;
- la mise en œuvre de la manœuvre d'évitement.

L'application de ce principe permet également d'éviter la turbulence de sillage⁽⁹⁾.

Les règles de priorité n'ont un sens que dans le cas où les deux pilotes se voient (elles permettent d'assurer la compatibilité des manœuvres) ou lorsque le pilote non prioritaire voit le pilote prioritaire. Lorsque le pilote non prioritaire ne détecte pas le pilote prioritaire, ce dernier est le seul à même d'entreprendre une manœuvre d'évitement.

Trois rapports⁽¹⁰⁾ du BEA et du BEAD avaient montré les limites de la cohabitation entre la CAG VFR et la CAM-V ainsi que celles du principe « *voir et éviter* », en particulier lorsque les deux aéronefs évoluent à des vitesses très différentes et convergentes, ce qui réduit le temps disponible pour l'application des étapes précédemment décrites. On rappelle ici que les vols de CAG sont limités à 250 kt en dessous du FL 100. Le répertoire d'emploi de l'aviation de chasse PAA 03.333 impose une limite de vitesse de 550 kt.

⁽⁷⁾Ce phénomène est décrit dans l'étude « *Abordages (1989-1999)* » disponible sur le site internet du BEA.

⁽⁸⁾D'une manière générale les aéronefs motorisés doivent céder le passage aux aéronefs non motorisés. En vol de pente, l'aéronef qui a la pente à sa droite est prioritaire

⁽⁹⁾Pour l'aéronef qui doit céder le passage : « *Un aéronef qui [...] se trouve dans l'obligation de céder le passage à un autre aéronef, évite de passer au-dessus ou au-dessous de ce dernier, ou devant lui, à moins de le faire à bonne distance et de tenir compte de la turbulence de sillage* ». (RDA 3.2.2.1)..

⁽¹⁰⁾Voir les rapports du BEA et du BEAD sur les accidents survenus :
- le 23 août 2004 à Aubusson-d'Auvergne (63) entre l'ULM Sky Ranger identifié 63-RH et le Mirage 2000 N n°363 immatriculé F-ULCU.
- le 12 juillet 2007 à Etrigny (71) entre l'ULM Storm 300 identifié 71-GL et le Mirage 2000 N n°337 immatriculé F-ULAK.

Le BEA et le BEAD ont émis des recommandations visant à augmenter le préavis d'un rapprochement à l'aide de dispositifs de détection embarqués, de procédures opérationnelles et d'enseignement de techniques de surveillance visuelle.

2.8 Risque de collision avec le relief

Pour le planeur :

Le paragraphe 4.6 des règles de l'Air précise que *« Sauf pour les besoins du décollage et de l'atterrissage, [...], aucun vol VFR n'est effectué [...] à une hauteur inférieure à 150 m au-dessus du sol [...] ; toutefois, les aéronefs télépilotés, les planeurs et les planeurs ultra-légers effectuant des vols de pente peuvent faire exception à cette règle sous réserve de n'entraîner aucun risque pour les personnes ou les biens à la surface »*.

D'une manière générale, la prévention d'une collision avec le relief pour un pilote de planeur en vol de pente suppose :

- une estimation de la trajectoire basée sur la perception visuelle que le pilote a de son environnement ;
- le maintien de bonnes conditions de manœuvrabilité (vitesse indiquée en particulier) pour se dégager du relief en cas d'imprévu, sans perdre le contrôle du planeur. La Fédération Française de Vol à Voile (FFVV) indique qu'une vitesse de l'ordre de 1,3 Vs (proche de la vitesse de finesse maximum) est en général suffisante dans les situations de turbulences faibles à modérées et dans la limite d'évolutions à 20° d'inclinaison. Pour une inclinaison plus forte ou en cas de turbulences fortes, il faut augmenter la vitesse. Le vol à des vitesses inférieures, plus proches de la vitesse de taux de chute minimum est parfois pratiqué par certains pilotes. Il offre un bénéfice de performance limité par rapport au risque de ne pas pouvoir manœuvrer suffisamment en cas de nécessité. Le profil de la pente est également à prendre en compte : lorsque la pente est importante, un léger écartement permet d'augmenter significativement la hauteur du planeur.

Pour l'Alphajet :

Les règles de vol à vue de la Circulation Aérienne Militaire (CAM-V) permettent de déterminer la hauteur minimale de survol applicable dans le contexte de l'accident :

- « 500 ft au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon égal à la distance parcourue en 10 secondes de vol par un aéronef. Exception peut être faite dans les régions montagneuses pour le survol des obstacles situés par le travers sur décision expresse de l'autorité ordonnant la mission ou sur initiative du pilote en cas de force majeure liée aux conditions météorologiques [...] »*.

En pratique, l'estimation de la hauteur par le pilote se fait visuellement. Le vol à grande vitesse et basse altitude est programmé et pratiqué dans le cadre de la préparation opérationnelle des pilotes de chasse.

2.9 Vols d'étude

Des vols, réalisés sur un planeur de même type, n'ont pas permis d'identifier clairement une manœuvre ou une combinaison de manœuvres du pilote reproduisant les profils de vitesse sol et d'altitude observés pour le vol de l'accident ni les symptômes décrits par le pilote du F-CGSF. Les points particuliers suivants ont été notés :

- ❑ aucune manœuvre n'a permis de reproduire des secousses ni des difficultés dans le mouvement des commandes. Dans certains cas, une légère aspiration de la gouverne de direction, aisément maîtrisable, a été rencontrée ;
- ❑ des décrochages à 1 g ailes horizontales selon une décélération de 2 à 6 km/h par seconde conduisent à l'apparition de légers buffetings, échappées en roulis et abattées ;
- ❑ l'étude d'une entrée en gauchissement à gauche en butée non coordonnée (palonnier au neutre) à différentes vitesses (y compris à V_{s1g}) met en évidence une efficacité en roulis à gauche moindre que lors d'un virage coordonné et diminuant aux faibles vitesses. La dissymétrie générée par le lacet inverse provoque une diminution importante de la vitesse indiquée (souvent jusqu'à 0) par modification de l'exposition des prises statiques et totales au vent relatif. La vitesse sol et la vitesse propre présentent une diminution d'environ 20 km/h. Le planeur s'incline à gauche et prend une assiette à piquer. Le dérapage s'annule et la vitesse indiquée augmente.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Scénario

Le pilote du planeur volait à environ 5 000 ft en direction de la crête du Hourmigué à la recherche d'ascendances, avec une vitesse sol supérieure à 130 km/h. Le long du relief, la vitesse a diminué vers une valeur inférieure à 110 km/h. A cette altitude, le vent estimé par Météo France était d'environ 5 kt arrière. Cette valeur est à considérer avec précaution en raison des phénomènes aérologiques possibles au voisinage immédiat du relief. L'augmentation légère de l'énergie totale du planeur est sans doute le signe d'une situation aérologique active et légèrement favorable mais la vitesse indiquée reste difficile à estimer précisément. Elle était toutefois voisine de la vitesse de finesse maximum.

Alors que le planeur longe le relief, le pilote se préoccupe du pilotage, de l'estimation des conditions aérologiques et de la surveillance de son environnement. Selon son témoignage, il a détecté un objet dans le ciel face à lui qu'il n'a pas identifié immédiatement comme un avion convergeant. Le moment de cette détection ne peut pas être établi précisément. Elle est vraisemblablement survenue après l'instant A, c'est-à-dire peu avant le franchissement de la crête par l'Alphajet. En effet selon les données GPS, le masque du relief, à l'instant A, ne permettait pas aux pilotes de se voir. L'attention du pilote de planeur a pu se porter sur l'identification de l'objet détecté et l'estimation de sa trajectoire, au détriment de la surveillance de la vitesse alors que le planeur est dans une phase de montée et de réduction de vitesse.

La prise de conscience d'un possible abordage imminent a engendré une réorientation immédiate des préoccupations du pilote et donc probablement un effet de surprise et un stress importants. Elle est probablement survenue entre les points A et B, soit quelques secondes avant le croisement.

Les données enregistrées montrent qu'à cet instant, la vitesse sol était en diminution, et voisine de 90 km/h, ce qui correspond, sans vent, à une vitesse indiquée de 83 km/h, soit 1.2 Vs1g. La marge de manœuvre et la hauteur du planeur étaient faibles. Trois hypothèses peuvent être considérées pour expliquer cette perte de contrôle :

- la mise en œuvre d'une manœuvre d'évitement brutale provoquant une dégradation des performances aérodynamiques, pouvant aller jusqu'au décrochage ;
- un phénomène aérologique naturel ;
- des turbulences provoquées par l'Alphajet.

Les vols d'étude ont montré qu'à proximité de Vs1g, une manœuvre brutale en gauchissement à gauche non coordonnée présentait des similarités avec les faits recueillis et le témoignage du pilote du planeur :

- diminution de l'efficacité en roulis ;
- diminution des vitesses indiquée et sol, puis augmentation en fin de manœuvre ;
- perte de hauteur.

En revanche, ces vols n'ont pas permis de reproduire les secousses relatées par le pilote. Il est possible qu'il ait été confronté à un phénomène de buffeting incorrectement interprété à l'approche du décrochage⁽¹¹⁾. Toutefois, les essais en vol n'ont pas fait ressortir de buffeting dans la manœuvre précédemment considérée.

Il est possible qu'une perturbation aérologique, cumulée à la manœuvre du pilote, ait contribué à ce changement de comportement du planeur alors que la marge au décrochage était faible. On note d'ailleurs que l'énergie totale du planeur a commencé à décroître avant le point A, possible signe d'une aérologie devenant alors moins favorable, le planeur évoluant sous le vent d'une crête sensiblement perpendiculaire au vent moyen estimé par Météo France.

Selon les ordres de grandeur obtenus par l'étude théorique de la turbulence de sillage de l'Alphajet, les trajectoires des deux aéronefs et l'orientation estimée du vent, il apparaît impossible, entre les instants A et B, et peu probable, après l'instant B, que la turbulence de sillage de l'Alphajet ait contribué à cette perte de contrôle.

3.2 Effet de surprise

Le principe « voir et éviter » présente en général une certaine robustesse lorsque seul l'un des deux pilotes détecte l'autre. Dans ce cas précis, seul le pilote de planeur indique avoir détecté l'autre. Sa vitesse réduite, sa faible hauteur ainsi que la grande vitesse de rapprochement de l'Alphajet réduisaient les marges de manœuvre nécessaires à la réussite d'un évitement.

Rétrospectivement, la configuration du croisement présentait peu de risques de collision. Toutefois l'arrivée soudaine d'un avion rapide à faible hauteur ne fait pas partie des risques habituellement envisagés en vol de pente. Cette situation peut donc provoquer une surprise et un stress importants. Dans le cas présent, elle a conduit le pilote du planeur, à augmenter immédiatement et instinctivement la distance entre les deux trajectoires. La combinaison de la pression temporelle et du danger perçu ont donc pu l'amener à exercer des actions inappropriées compte tenu des faibles marges disponibles. Il est probable que ce mécanisme n'est pas spécifique à ce pilote et que d'autres, placés dans des conditions identiques, auraient réagi de façon analogue.

⁽¹¹⁾En considérant 5 kt de vent arrière, le minimum de vitesse indiquée était d'environ 70 km/h, proche de la valeur de la vitesse de décrochage (Vs1g = 69 km/h).

3.3 Perspectives de prévention

La prévention de ce type d'accident résiderait donc dans trois aspects :

- ❑ La diminution de l'effet de surprise. C'est le sens des recommandations déjà émises par le BEA et le BEAD : informer les pilotes de leur présence respective dans des délais qui améliorent l'efficacité de « voir et éviter ».
- ❑ L'augmentation des marges de manœuvre :
Le planeur évoluait à faible hauteur et sa vitesse indiquée était probablement voisine des limites inférieures pratiquées en vol à voile. Cette configuration reste cependant proche des conditions usuelles de vol de pente, en turbulence légère à modérée, où le compromis doit être constamment recherché entre le maintien d'une manœuvrabilité suffisante et la recherche et l'exploitation d'ascendances. Exiger une augmentation permanente des marges de manœuvre pour couvrir la possibilité d'éviter, occasionnellement, un avion rapide apparaît peu réaliste. Une augmentation ponctuelle apparaît plus réaliste si les pilotes sont mutuellement avertis de leur présence respective avec un préavis suffisant.
- ❑ L'augmentation des espacements :
Le franchissement de crêtes par l'Alphajet entre 350 et 400 kt à quelques centaines de pieds de hauteur était de nature à favoriser un rapprochement très rapide avec d'éventuels usagers aéronautiques ou péri-aéronautiques évoluant à proximité du relief. D'une manière générale, en raison de la soudaineté du croisement et des masquages possibles du relief, ce type de trajectoire peut provoquer chez ces usagers, non professionnels pour la plupart, une surprise importante les empêchant d'évaluer avec pertinence le risque réel de collision et la manœuvre adéquate d'évitement. Leur faible hauteur d'évolution réduit la tolérance aux manœuvres d'urgence, éventuellement excessives, que ce type de trajectoire peut ainsi susciter. Le survol de la crête à une hauteur supérieure aurait donc augmenté la distance entre les deux aéronefs, rendu possible une détection plus précoce du conflit, et diminué le risque perçu par le pilote de planeur.

Les données radar et GPS montrent que, pendant son vol, l'Alphajet a franchi à plusieurs reprises des crêtes à une hauteur inférieure à, ou voisine de, 500 ft. Or, le respect de cette hauteur de survol reposant sur l'estimation visuelle des pilotes, il est possible qu'en région montagneuse cette limite soit parfois franchie. La limite réglementaire de 500 ft définie dans le RCAM offre donc une protection limitée contre ce type d'événement, d'autant qu'il est possible d'y déroger (Cf 2.8).

Dans cet événement, les valeurs minimales constatées ainsi que le nombre de ces franchissements à faible hauteur semblent indiquer un choix délibéré de s'approcher du relief. De même, le détour par le massif des Pyrénées lors d'une liaison entre Cazaux et Salon-de-Provence est vraisemblablement l'indice d'une volonté de l'équipage de saisir l'opportunité d'adopter un profil de vol proche de missions opérationnelles, à des fins d'entraînement.

3.4 Causes

L'accident est la conséquence d'une perte de contrôle survenue en vol de pente.

Le mécanisme précis ayant conduit à cette perte de contrôle n'a pas pu être établi par l'enquête. Il apparaît cependant qu'elle résulte de la probable conjonction :

- ❑ d'une manœuvre d'évitement excédant les marges disponibles et réduites, entreprise sous la surprise, par un pilote peu expérimenté ;
- ❑ d'un phénomène aérologique défavorable rencontré lors de recherche d'ascendances.

Le BEA s'interroge sur la validité du principe de sécurité « voir et éviter » dans la situation particulière constituée par :

- ❑ le vol à faible hauteur et grande vitesse d'un avion militaire en montagne ;
- ❑ l'activité de vol de pente, ou plus généralement à proximité du relief, effectuée par les usagers d'aviation générale, notamment vélivoles.

4 - RECOMMANDATIONS

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

Efficacité du principe « voir et éviter » lors de vols en montagne

Le vol à faible hauteur d'avions rapides en montagne est de nature à favoriser des rapprochements très soudains avec d'éventuels usagers aéronautiques ou péri-aéronautiques évoluant à proximité du relief. La présence éventuelle de masques de reliefs et la rapidité du croisement peuvent empêcher la détection d'un aéronef léger avec un préavis suffisant pour engager une manœuvre d'évitement, et augmenter l'effet de surprise pour les usagers, non professionnels pour la plupart. Cela ne leur permet alors pas d'évaluer avec pertinence le risque réel de collision. Leurs faibles hauteurs d'évolution réduisent la tolérance aux manœuvres d'urgence, éventuellement excessives, que ce type de trajectoire peut ainsi susciter.

Bien que cet accident soit le seul de ce type recensé, les mécanismes suspectés d'y contribuer et précédemment résumés semblent reproductibles. Cet accident conduit ainsi à s'interroger sur la validité du principe de sécurité « voir et éviter » dans cette situation particulière.

En conséquence le BEA recommande que :

- **la DGAC et les autorités militaires incitent les usagers, civils et militaires, à se concerter pour évaluer plus précisément l'efficacité du principe « voir et éviter » en montagne, lorsqu'il est appliqué par des pilotes d'aéronefs rapides évoluant à faible hauteur et par des pilotes d'aéronefs légers, et pour déterminer les modifications opérationnelles ou d'emport d'équipement qui pourraient améliorer son efficacité et, si nécessaire, mettent en place les instances de coordination. [Recommandation FRAN-2015-009 pour la DGAC et FRAN-2015-010 pour les autorités militaires]**