

Décollage par vent traversier, diminution de la puissance du moteur en montée initiale, fermeture asymétrique et abattée de la voile, collision avec le sol

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

Aéronef	ULM paramoteur identifié 08-NR
Date et heure	17 avril 2016 vers 09 h 30 ⁽¹⁾
Exploitant	Privé
Lieu	Raucourt-et-Flaba (08)
Nature du vol	Aviation générale, convenance personnelle, vol local
Personne à bord	Pilote
Conséquences et dommages	Pilote décédé, aéronef détruit

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : le déroulement du vol a été établi à partir de la vidéo prise par un témoin à proximité du lieu de l'accident.

Le pilote décolle d'un champ (point ❶ de la figure ci-après). En montée initiale, à une hauteur d'environ 20 mètres ❷, l'extrémité droite de la voile se ferme pendant une à deux secondes puis se rouvre. Dans le même temps, la puissance du moteur diminue. La voile effectue une abattée vers l'avant et le paramoteur entre en collision avec le sol ❸.

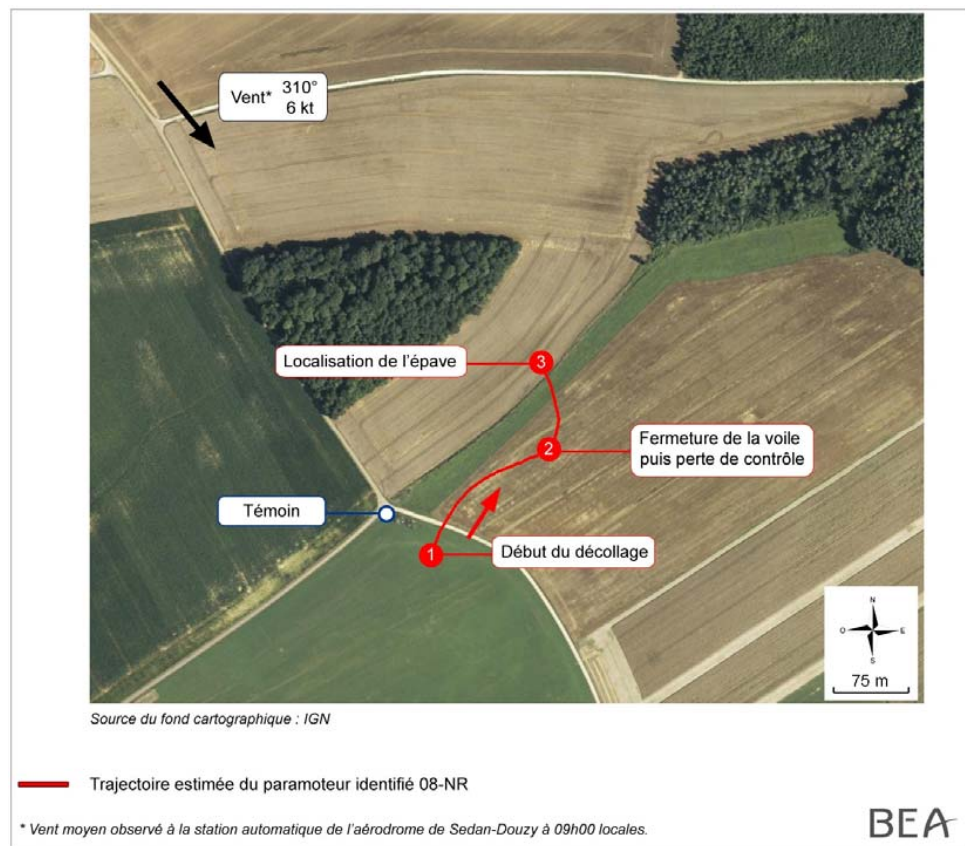


Figure 1 : trajectoire estimée du paramoteur identifié 08-NR

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur le site et l'épave

Le site de l'accident est proche du lieu du décollage, dans un champ entouré par trois bois (voir figure 1), dont le plus proche se situe à environ 180 mètres à gauche de l'axe de décollage.

L'examen de l'épave n'a pas mis en évidence de discontinuité dans les commandes de vol et de gaz avant l'accident. Les circuits carburant et d'allumage sont complets et ne présentent pas de défaut susceptible d'altérer leur fonctionnement. Sollicité à la main par l'hélice, le moteur est libre en rotation. La voilure et les suspentes du paramoteur ne présentent pas d'endommagement. Les dommages limités sur l'hélice semblent témoigner de la transmission d'un couple faible ou nul par le moteur lors de l'impact au sol. La diminution de puissance enregistrée sur la vidéo prise par un témoin confirme cette hypothèse (voir § 2.5).

Aucun dysfonctionnement antérieur à l'accident n'a pu être mis en évidence.

2.2 Renseignements sur les conditions météorologiques

Les observations de 9 h 00 de la station météorologique automatique de l'aérodrome de Sedan – Douzy (08), située à 4,5 NM au nord-est du lieu de l'accident, indiquaient :

- vent du 310° pour 6 kt ;
- température de 6°C.

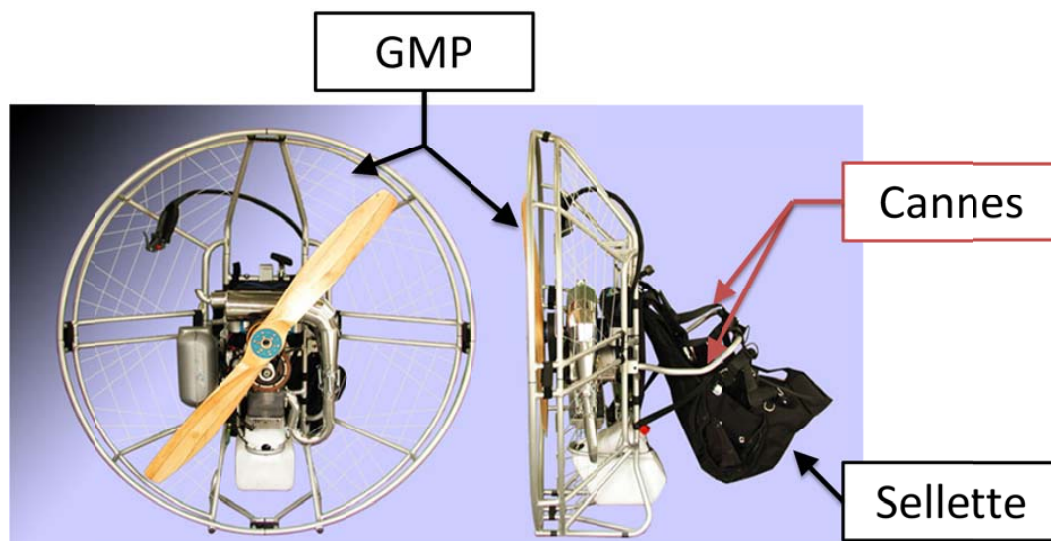
2.3 Renseignements sur l'aéronef

Le paramoteur 08-NR est constitué d'un groupe motopropulsif composé d'un moteur monocylindre deux temps et d'une hélice bipale en composite, d'un châssis sur lequel est fixé le groupe motopropulsif, d'une voile Jojowings de type Instinct M et d'une sellette.

Il s'agit d'une voile de catégorie B, voile « *standard* » selon la norme européenne⁽²⁾. Cette catégorie de voile doit proposer un regonflement spontané en moins de cinq secondes en cas de fermeture asymétrique. Lors de l'accident, la charge portée par la voile était dans les limites préconisées par le fabricant.

Le groupe motopropulsif (GMP), situé dans le dos du pilote, est relié à la sellette par l'intermédiaire d'un châssis sur lequel sont montées des cannes (situées sous les bras) en position basse (voir figure 2). La position basse des cannes rend le paramoteur plus maniable, mais plus instable car sujet aux effets du couple moteur. Elle permet au pilote d'obtenir une position similaire à celle adoptée pour la pratique du parapente.

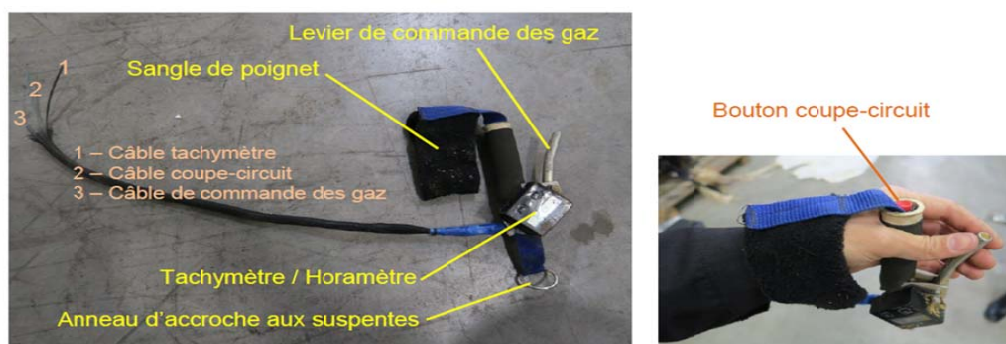
⁽²⁾La norme européenne classifie les voiles de parapente en quatre catégories : A (voile école et débutant), B (voile standard), C (voile « *performance* ») et D (voile de compétition). La catégorie B, destinée à tous les pilotes, y compris en phase d'apprentissage, bénéficie d'une bonne sécurité passive et de caractéristiques de vol tolérantes. Elle propose une « *résistance moyenne aux sorties du domaine de vol normal* ».



Source : www.volarenparamotor.com⁽³⁾, avec annotations du BEA

Figure 2 : illustration d'un paramoteur classique (GMP, châssis, sellette, cannes)

Le pilote commande la direction du paramoteur grâce à deux poignées de frein (gauche et droite) tenues dans chacune des mains. La poignée de commande de gaz, tenue en main gauche conjointement à la poignée de frein gauche, permet au pilote de contrôler la puissance délivrée par le moteur. Un bouton coupe-circuit se situe au sommet de la poignée.



Source : BEA

Figure 3 : poignée de commande des gaz

Le pilote avait fait réviser sa voile au cours du troisième trimestre 2014 auprès de l'instructeur qui l'a formé au vol en paramoteur. Il n'a pas été retrouvé de document permettant d'établir si des inspections ou des opérations de maintenance avaient été effectuées depuis 2014.

2.4 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 26 ans, était titulaire d'une licence de pilote d'ULM paramoteur délivrée le 29/10/2014. Il pratiquait le vol en parapente avec la même voile utilisée pour le paramoteur.



La formation du pilote, effectuée sur deux jours en octobre 2014, comprenait trois heures de théorie et trois heures de pratique, réparties sur cinq vols. Son instructeur n'a décelé aucun problème particulier au cours de sa formation.




Des témoins indiquent que le pilote effectuait régulièrement des vols à bord de son paramoteur, et volait seul. Il n'a pas été retrouvé de document permettant d'établir précisément son expérience totale de vol, ainsi que la fréquence à laquelle il pilotait.


2.5 Analyse de la vidéo d'un témoin

Un témoin, dont la position est représentée en figure 1, a pu enregistrer une vidéo du vol de l'accident d'une durée de 24 secondes.

2.5.1 Séquence du vol de l'accident

Temps vidéo	Commentaire	Illustration
0 s	Le pilote, équipé d'un casque, lève la voile et entame son gonflement. Un bruit de ralenti moteur est perceptible ; l'hélice du paramoteur est tournante.	
1 s	Le pilote se retourne afin de vérifier la voile et les suspentes lors du gonflage.	
4 s	La voile est pleinement gonflée.	
5 s	Le pilote entame sa course pour le décollage tout en effectuant une mise en puissance progressive du moteur. Lors de la course, la voile semble légèrement se déséquilibrer en roulis vers la gauche.	
8 s	La voile atteint son basculement maximal vers la gauche. Elle s'incline par la suite de façon plus importante vers la droite selon l'axe de roulis.	

10 s	Le pilote quitte le sol et prend de la hauteur. La voile est fortement inclinée sur la droite et le pilote effectue un palier.	
12 s	Le palier initial au décollage prend fin : le paramoteur commence à prendre de la hauteur.	
13 s	La voile a repris une inclinaison nulle en roulis.	
15 s	La voile s'oriente progressivement vers la droite par rapport à la direction d'avancement du paramoteur.	
16 s	Le pilote semble bouger à bord du paramoteur, et prend une attitude inusuelle, l'une de ses jambes étant visiblement levée. La voile commence à se tordre sur sa partie droite.	
17 s	Au cours de la montée initiale, le régime du moteur diminue durant une seconde. Cette diminution n'est pas caractéristique d'un problème moteur du type serrage. La voile se ferme à son extrémité droite.	
18 s	Le paramoteur ne gagne plus de hauteur. L'extrémité droite de la voile s'est rouverte et la voile s'oriente vers la gauche. Le bruit du moteur n'est plus perceptible.	

19 s	Le paramoteur perd brutalement de l'altitude. La voile bascule à l'avant du pilote et fait une abattée. L'hélice continue de tourner pendant la chute.	
20 s	La suite de la séquence est masquée par un obstacle. Le bruit du moteur n'est plus perceptible jusqu'à la fin de la vidéo.	

2.5.2 Analyse spectrale du son de la vidéo

L'analyse spectrale conduite sur la vidéo de l'accident a permis de déterminer que le régime du moteur de l'ULM était de 8 680 tr/min au moment du décollage. Ceci est compatible avec le régime en puissance maximale précisée dans la documentation du moteur. Le régime de l'hélice est d'environ 3 080 tr/min.

Il a été établi que la réduction de la puissance du moteur, entendue à partir de la 17^{ème} seconde de la vidéo, a été progressive pendant environ une seconde.

L'analyse spectrale, combinée à une analyse image par image de la vidéo, a permis de déterminer que la réduction de la puissance du moteur est intervenue antérieurement à la fermeture de la voile. Cette réduction de puissance a eu lieu alors que le pilote semblait s'agiter à bord du paramoteur.

2.6 Phénomène de fermeture de la voile

2.6.1 Causes des fermetures

La fermeture de la voile correspond au décrochage de la voile, lorsque son incidence dépasse une valeur critique. La fermeture peut être totale ou partielle. Le manuel du pilote d'ULM précise les conditions dans lesquelles peuvent survenir ces situations.

En cas de réduction brutale des gaz en montée, la traction⁽⁴⁾ disparaît et ne compense plus le couple à piquer généré par les forces de portance et de poids.

Le manuel du pilote d'ULM précise que « *la voile dépasse alors énormément le pilote en risquant d'aboutir à une fermeture frontale (fermeture du bord d'attaque) et à une fermeture totale* ». Les fermetures totales aboutissent à des abattées.

Une fermeture peut également survenir dans un contexte aérologique perturbé. En condition turbulente, le bord d'attaque peut en effet subir une rafale descendante suffisamment forte pour le refermer en partie ou en totalité. Les caissons concernés n'étant plus alimentés en air, la voile se dégonfle totalement à cet endroit. Les fermetures complètes dans de telles circonstances sont rares.

⁽⁴⁾La « traction », au sens physique du terme, correspond ici en réalité à la force de propulsion du moteur situé derrière le pilote.

2.6.2 Conséquence et sortie des fermetures

La fermeture d'une voile s'accompagne d'un léger taux de descente, impliquant une perte de hauteur.

Lorsqu'une voile se ferme de façon asymétrique, il est préconisé de conserver son cap à l'aide des poignées et des freins, et de déplacer la charge du corps vers le côté opposé à la fermeture de la voile. Les voiles standards comme celle du 08-NR sont néanmoins conçues pour se regonfler d'elles-mêmes en quelques secondes sans action particulière du pilote.

Dans le cas d'une fermeture totale de la voile après une diminution brutale de la puissance du moteur en montée, le manuel du pilote d'ULM préconise de contrôler l'abattée induite à l'aide des freins.

2.7 Aspects relatifs à la survie du pilote

Le pilote a déployé son parachute de secours pendant la chute, mais son utilisation s'est révélée inefficace en raison de la faible hauteur à laquelle la perte de contrôle s'est produite.

Le pilote est décédé dans les suites immédiates de l'accident, sans reprendre connaissance entre la survenue de l'accident et le jour de son décès.

L'autopsie pratiquée sur le corps du pilote a montré l'existence d'un œdème cérébral. Il résulte vraisemblablement de la concentration d'un faible niveau d'énergie localisé au pôle céphalique lors du contact avec le sol.

La résorption d'énergie peut être assurée en particulier par le contrôle permanent de la trajectoire du paramoteur et par la préparation du pilote au contact avec le sol. Il peut adopter une position adaptée, debout hors de la sellette, afin que ses jambes puissent absorber l'énergie du choc. L'autopsie n'a pas révélé d'autre foyer traumatique viscéral ou osseux, en particulier des membres inférieurs, susceptible de traduire une résorption d'énergie.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Scénario

Au cours du décollage, la puissance du moteur du 08-NR a diminué brutalement, provoquant l'abattée de la voile du paramoteur et la perte de contrôle de l'aéronef par le pilote.

L'enquête n'a pas permis de déterminer de façon certaine les causes de la diminution de la puissance du moteur. L'examen du moteur n'a toutefois pas mis en évidence d'anomalie antérieure à l'accident. La conception de la commande du coupe-circuit rend son actionnement involontaire par le pilote peu probable.

Il est envisageable que la diminution de puissance soit plutôt la conséquence d'un relâchement de la commande de puissance par le pilote. Les raisons de ce relâchement n'ont pas pu être établies par l'enquête, mais pourraient être liées à l'installation du pilote sur la sellette.

Le pilote a décollé par vent traversier dans la zone « *sous le vent* » par rapport à l'obstacle que constituait le bois sur sa gauche. L'aérogologie perturbée de cette zone a pu gêner le pilote lors de son décollage, et contribuer à son repositionnement dans la sellette. La fermeture asymétrique de la voile a probablement amplifié la confusion du pilote dans la gestion de son vol, peu après la diminution de puissance.

L'abattée de la voile a pu conduire le pilote à vouloir extraire son parachute de secours, et pour cela lâcher une des deux poignées de commande. Cette action ne lui permettait plus de contrôler sa trajectoire lors de l'abattée de la voile.

Pour bénéficier de l'efficacité complète d'un parachute de secours, il est recommandé de le déployer à une hauteur d'au moins 50 mètres.

3.2 Enseignements

La simplicité de mise en œuvre d'un paramoteur (facilité de transport, large choix de zones de décollage) ne doit pas conduire à l'omission de l'étude préalable des conditions aérogologiques dans lesquelles vont s'effectuer le vol, et en particulier lors de la phase critique que constitue le décollage. Celles-ci sont influencées, entre autres, par deux paramètres : la planimétrie des lieux et les conditions aérogologiques du jour.

D'une part, l'examen des conditions météorologiques doit conduire à effectuer le décollage face au vent. Le décollage par vent traversier augmente en effet les probabilités d'apparition de fermetures asymétriques de voile.

D'autre part, il est recommandé de prêter une attention particulière au choix de la zone du décollage. Le relief et les obstacles peuvent perturber l'aérogologie et être générateurs de turbulences, pouvant provoquer la déformation de la voilure souple du paramoteur.

L'accident du 08-NR illustre la criticité du décollage en paramoteur. Dans cette phase de vol à faible hauteur, l'abattée induite par une diminution anormale de la puissance du moteur engendre une perte de hauteur conduisant inévitablement à un impact avec le sol. Celle-ci ne peut pas être contrée efficacement par l'utilisation du parachute de secours.

Il est généralement conseillé de ne pas s'asseoir dans la sellette avant d'avoir atteint 50 mètres de hauteur, afin de :

- ne pas déstabiliser l'aéronef au cours de l'installation ;
- ne pas agir involontairement sur les commandes de vol et de puissance ;
- se préparer à l'impact avec le sol en cas d'anomalie.