



Accident du ROBIN DR400-120 « PETIT PRINCE »
immatriculé **F-GUXV**
le jeudi 14 novembre 2024
à Canet-en-Roussillon (66)

Heure	Vers 16 h ¹
Exploitant	Aéroclub de Béziers Cap d'Agde
Nature du vol	Navigation
Personnes à bord	Pilote et passager
Conséquences et dommages	Avion fortement endommagé

**Panne électrique, suspicion de panne du moteur,
atterrissage en campagne, heurt d'obstacles**

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, des enregistrements des radiocommunications, des données radar ainsi que des données des calculateurs embarqués de l'avion.

Le pilote, accompagné d'un passager², décolle de l'aérodrome de Béziers – Vias (34) pour un vol de navigation vers le sud jusqu'à Saint-Cyprien (66) et retour. Alors qu'il sort de la CTR³ de Béziers, il constate que l'intercom ne fonctionne plus. Il poursuit le vol et après environ une demi-heure de vol, quelques minutes avant le point de demi-tour, il entend par deux fois un bruit important provenant du moteur. Il vérifie les paramètres qui sont normaux. Arrivé au point de demi-tour, il constate une baisse progressive et rapide de la pression d'huile. Il tente de contacter le SIV pour l'informer du problème et se rend compte de la panne des radios. Il constate alors que l'indication de la pression d'huile est dans la zone rouge. Il vérifie les disjoncteurs sans déceler d'anomalie. Il se rappelle qu'en cas de baisse de la pression d'huile dans la zone rouge, il faut interrompre le vol et atterrir en campagne.

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

² Le passager n'a aucune connaissance aéronautique.

³ Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](#).

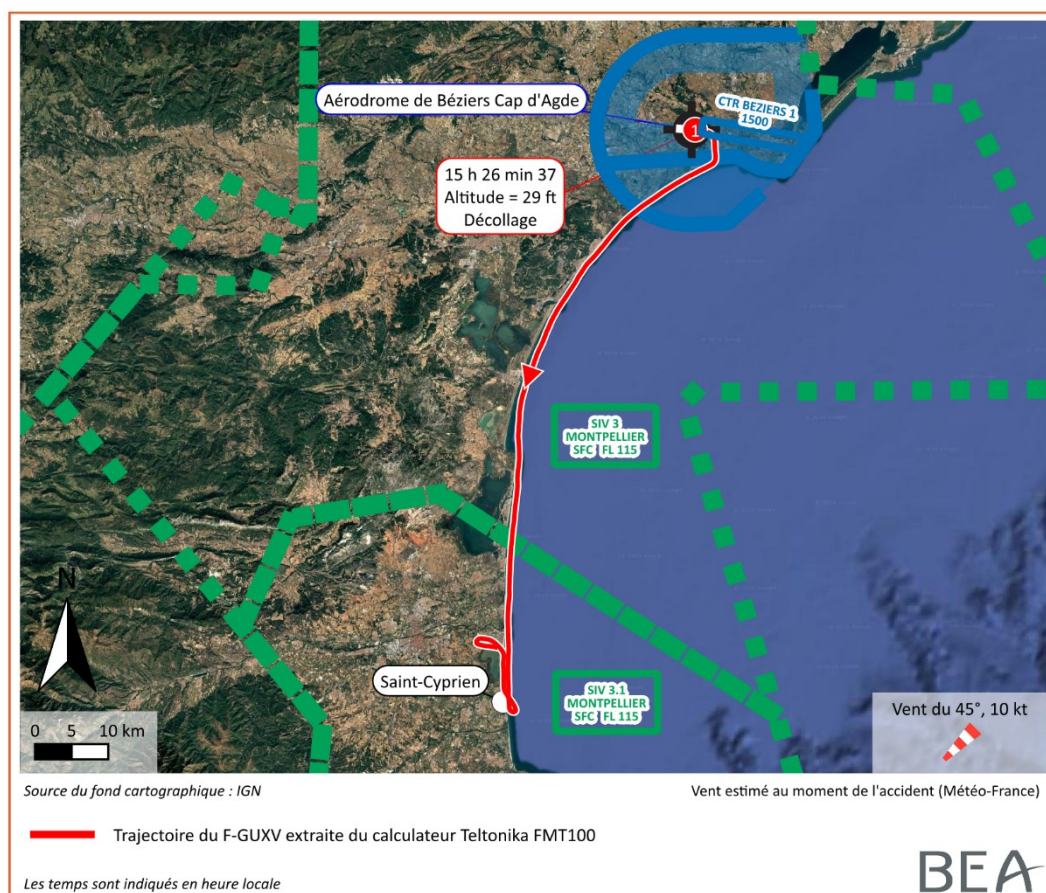


Figure 1 : trajectoire de l'avion

Il effectue la reconnaissance d'un champ qui lui semble adapté, car labouré et d'une longueur suffisante. Lors de l'approche finale, il se rend compte qu'il s'agit d'un champ de vignes. Redoutant une diminution de la puissance du moteur en remise de gaz, il poursuit toutefois l'approche et atterrit. L'avion s'arrête instantanément et se retourne.

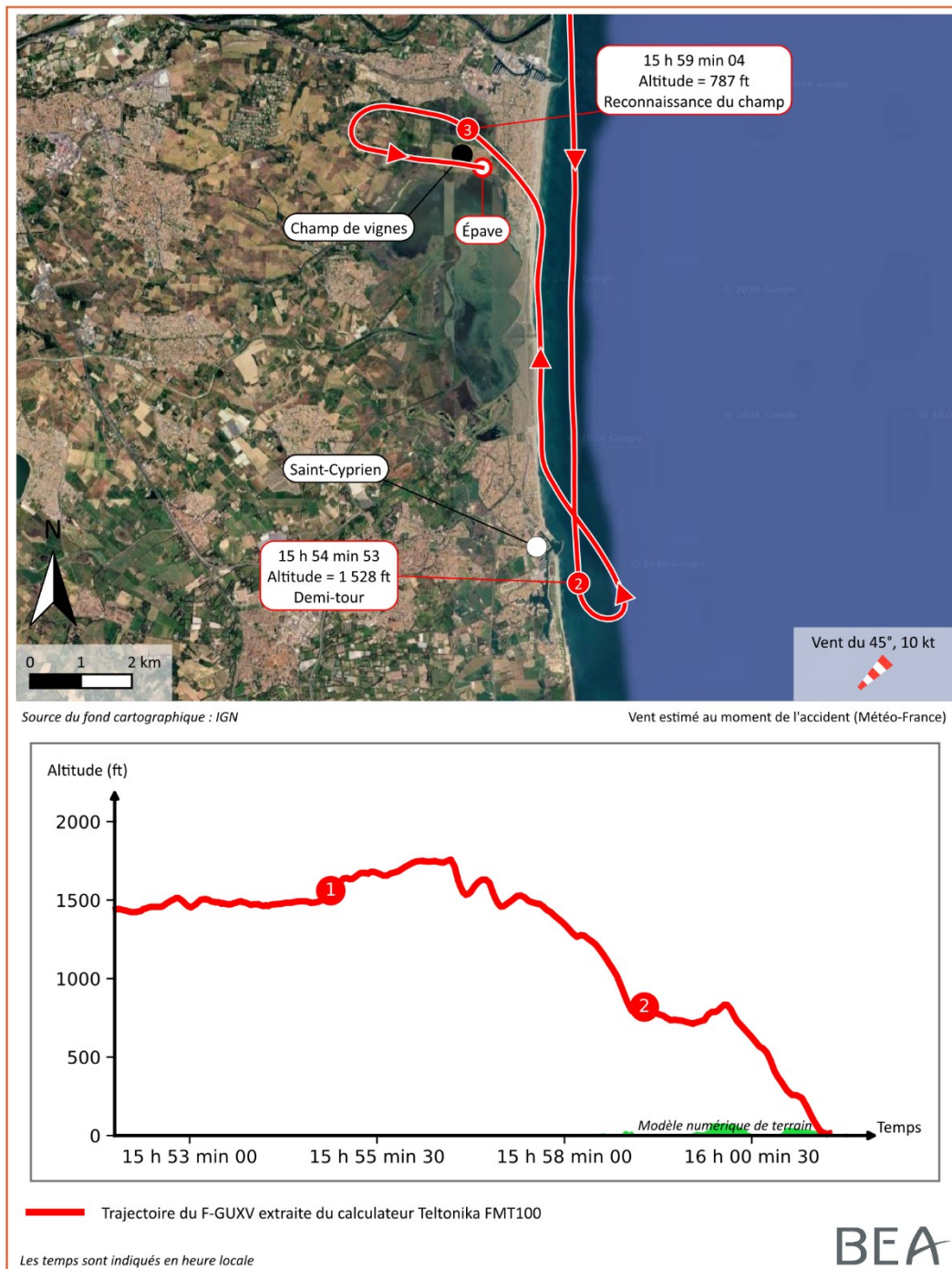


Figure 2 : fin de la trajectoire de l'avion

Le pilote sécurise l'avion. Le pilote et le passager évacuent l'avion par la verrière sans difficulté et le pilote appelle le 191 pour l'intervention des secours.

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur le site et l'épave

L'épave est située dans un champ de vignes, retournée sur le dos. Les dommages sont consécutifs à l'impact avec la végétation. L'avion était en configuration atterrissage.

La tension relevée aux bornes de la batterie à vide était de 11,72 V⁴.

2.2 Renseignements sur l'avion

2.2.1 Description des systèmes

Le système de génération électrique est assuré par un alternateur délivrant un courant redressé, dont la tension est régulée à 14 V. Bien que l'installation soit conçue autour d'un réseau nominal de 12 V, une tension régulée de 14 V est nécessaire afin de garantir la recharge correcte de la batterie en fonctionnement normal. L'énergie produite est distribuée, via une barre principale d'alimentation, à l'ensemble des équipements électriques de l'avion à l'exception du démarreur qui dispose d'un circuit dédié.

Le système électrique comprend également un régulateur de tension, constitué de deux étages :

- un étage d'alimentation vers la batterie et d'excitation vers l'alternateur ; et
- un étage de détection de panne relié à un voyant du bandeau d'alarmes.

La pression sur l'interrupteur « alternateur » situé en bas à gauche du tableau de bord a pour conséquence de couper l'alimentation du régulateur.

La batterie assure trois fonctions essentielles au sein du système électrique :

- une source de puissance au démarrage : elle alimente le démarreur par un relais de puissance dédié ;
- un rôle de tampon électrique : elle absorbe les variations transitoires de courant (appels de charge brusques) et stabilise la tension du réseau, le temps que le régulateur ajuste l'excitation de l'alternateur ;
- une réserve d'énergie : elle permet d'assurer l'alimentation des équipements en cas de défaillance de l'alternateur ou du régulateur.

Selon le manuel d'entretien, au-delà d'une tension « hors charges électriques » de 12,6 V, la batterie est en état de fonctionnement ; en dessous d'une tension de 10,5 V, la batterie doit être remplacée. Entre ces deux valeurs, la batterie doit être rechargée.

Un indicateur de charge, ou voltmètre, est situé sur la partie inférieure du tableau de bord. Cet indicateur mesure la tension dans le réseau de l'avion. La position de l'aiguille varie en fonction de la tension à ses bornes :

- dans le rouge « - », la tension est inférieure à 12,6 V ;
- dans le vert, la tension est dans la plage normale de fonctionnement, entre 12,6 V et 15,5 V ;
- dans le rouge « + », la tension est supérieure à 15,5 V.

⁴ La tension relevée à vide sur le site n'est pas la tension réelle délivrée pendant le vol.



Figure 3 : voltmètre (Source : BEA)

Ainsi, un passage de l'aiguille du voltmètre dans la plage rouge inférieure et l'allumage du voyant ambre « charge »⁵, situé sur le bandeau d'alarmes en haut du tableau de bord, sont le signe d'un non-fonctionnement ou d'une panne du circuit de charge. Ce voyant « charge » s'allume également à chaque mise sous tension et s'éteint dès l'enclenchement et le fonctionnement de l'alternateur.



Voyant
« charge »

Figure 4 : bandeau d'alarmes (Source : BEA)

Les indicateurs de pression et température d'huile sont alimentés par la barre d'alimentation. En l'absence d'alimentation, les aiguilles se positionnent au repos. Des essais réalisés avec un manomètre de DR400 montrent que l'indication de pression d'huile diminue avec la baisse de la tension du réseau électrique, de manière significative, de l'ordre de 2 à 3 bars pour 6 à 7 V de chute de tension.

⁵ Le voyant est rouge sur le F-GUXV.



Figure 5 : indicateurs de pression et de température d'huile (Source : BEA)

2.2.2 Procédures du club

La vérification de la charge est demandée deux fois avant le décollage : une première fois lors de la procédure « après mise en route » et une seconde fois lors de la procédure « essais moteur ». Il s'agit de vérifier que l'aiguille du voltmètre est dans la plage verte. Il n'est pas demandé de vérifier l'allumage du voyant « charge » à la mise sous tension avant l'enclenchement de l'alternateur.

La procédure « panne alternateur » demande de couper et réenclencher l'excitation de l'alternateur. Si la panne persiste, il est demandé de couper l'excitation de l'alternateur et de couper tous les équipements électriques non indispensables à la poursuite du vol, puis de prévoir un déroutement en limitant la consommation électrique au minimum. La panne peut être identifiée avec l'allumage du voyant « charge »⁶.

La procédure « chute de pression d'huile (zone rouge) » demande de vérifier l'indication de la température. Si la température est normale, il faut prévoir un déroutement pour déterminer la panne. Si la température augmente, il faut régler la puissance du moteur sur la plus petite valeur possible et si nécessaire, actionner la commande de réchauffage du carburateur puis continuer de surveiller la température, couper l'alternateur et les contacts électriques non indispensables et préparer un éventuel atterrissage en campagne.

2.2.3 Entretien de l'avion

La dernière intervention sur la batterie a été effectuée lors de la visite « 1 000 heures », environ un mois avant l'accident, conformément au manuel d'entretien de l'avion. Aucune anomalie n'avait été rapportée.

Sur le carnet de route de l'avion, il est indiqué en date du 11 novembre 2024 « panne alternateur (voyant charge OFF) ». Le pilote ayant noté cette indication avait appelé le vice-président pour lui signaler le problème avant de redécoller. Ce dernier lui avait indiqué que comme le voyant « charge » était resté éteint, il n'y avait pas de restriction à reprendre les vols. Aucune action d'entretien n'avait été réalisée au retour de l'avion et aucune réponse n'avait été indiquée sur le carnet de route. Il n'y a aucune autre mention lors des vols suivants.

⁶ Ces procédures, semblables à celles du manuel de vol, étaient disponibles dans l'avion sous forme de check-list.

Lors de la visite « 50 heures » suivante, le matin précédant l'accident, le mécanicien avait, en complément des tâches requises, vérifié le fonctionnement de l'alternateur et constaté son bon fonctionnement. Les tâches relatives au système électrique prévues lors de la visite « 50 heures » sont un examen détaillé de la batterie pour déceler d'éventuelles fuites, une inspection particulière au niveau des sorties des cosses ainsi qu'une vérification de la présence de fusibles de rechange. Le mécanicien avait prévu de changer le voltmètre lors de la prochaine visite, sans l'indiquer sur les documents de l'avion et avait remis l'avion en service.

Le jour de l'accident, le pilote, n'étant pas parvenu à démarrer le moteur lors de la mise en route de l'avion, a averti le mécanicien du problème. Ce dernier a constaté un déchargement de la batterie et n'a pas effectué de recherche de panne supplémentaire. Il a alors procédé à une charge de quelques minutes de la batterie sur avion, sans la déconnecter du réseau⁷.

2.3 Renseignements sur les examens complémentaires

Des examens d'équipements essentiels constituant le circuit électrique ont été réalisés.

- L'alternateur fonctionnait normalement. Le voyant de charge de l'alternateur, testé individuellement, fonctionnait normalement.
- Il a été constaté sur l'avion un défaut de serrage d'un câble de mise à la masse de l'excitation de l'alternateur, susceptible d'entraîner un dysfonctionnement de celui-ci et ainsi l'absence de chargement de la batterie.
- Le voltmètre fonctionnait normalement.
- La « détection de panne » du régulateur de tension ne fonctionnait pas, en raison de dommages internes et de la dégradation de la connectique associée. Le voyant « charge » ne s'allumait donc pas en cas de panne de l'alternateur. Ces dommages peuvent être la conséquence d'une utilisation avec une batterie faible, d'une charge de la batterie inappropriée, ou d'un cycle de charge dont la tension n'est pas maîtrisée.
- Le relais du démarreur fonctionnait de manière aléatoire, en raison de la coupure du fil de la bobine de celui-ci, pouvant générer un problème de démarrage.
- Le relais de la batterie fonctionnait normalement.
- La batterie installée sur l'avion n'était pas celle préconisée par le constructeur ; cependant, ce dernier indique que son utilisation est possible, tout en précisant sa possible fragilité. Un test de décharge a montré que la batterie avait une capacité de 29 % de sa capacité nominale, permettant une autonomie extrêmement réduite en cas de panne de l'alternateur, inférieure aux 30 minutes requises par les exigences de certification.

⁷ Le constructeur recommande de charger la batterie en déconnectant celle-ci du réseau afin d'éviter tout problème en lien avec l'utilisation inappropriée du matériel de charge. Cela permet également de ne pas continuer à alimenter un éventuel court-circuit (potentiellement responsable de la décharge) et d'aggraver le problème lors de la charge.

2.4 Exploitation des données enregistrées

L'avion est équipé d'un calculateur « click and take-off » qui transmet en temps réel la position de l'avion, les données pouvant être consultées sur un site internet. Les données du vol ont été exploitées pour reconstituer la trajectoire du vol (cf. Figure 1).

2.5 Renseignements météorologiques

Les conditions météorologiques estimées par Météo-France sur le site de l'accident étaient les suivantes : vent du 45° pour 10 kt avec des rafales à 16 kt, CAVOK, température 15 °C, température du point de rosée 5 °C, QNH 1 022.

2.6 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 40 ans, était titulaire d'une licence de pilote privé avion PPL(A) depuis octobre 2022. Il totalisait 95 heures de vol, dont environ 15 sur DR400.

Il était inscrit à l'aéroclub de Béziers Cap d'Agde depuis le printemps 2024 et avait effectué quatre heures sur DR400-120 et une heure sur DR400-160 en instruction après son arrivée au club avant d'être lâché.

2.7 Témoignages

Le pilote indique qu'il est arrivé à l'aéroclub vers 13 h 45 pour un vol prévu entre 14 h et 16 h avec un membre de sa famille. L'avion était au hangar à son arrivée, la visite « 50 heures » avait été effectuée le matin. Il a sorti l'avion puis effectué la visite prévol. Il a suivi la check-list pour la mise en route. Après avoir mis la batterie sur ON puis la pompe sur ON, il a actionné le démarreur. Il a constaté un quart de tour d'hélice, mais le moteur n'a pas démarré. Il a essayé à nouveau trois ou quatre fois en injectant du carburant, sans succès. N'arrivant pas à démarrer, il a tout coupé, sécurisé l'avion et décidé d'annuler le vol prévu.

Il a prévenu le mécanicien du problème rencontré. Ce dernier a essayé de démarrer le moteur sans succès et lui a indiqué que la batterie était déchargée. Il a mis la batterie en charge pour 25 minutes. À l'issue de la charge, l'avion a démarré sans problème. Le pilote a donc décidé d'effectuer le vol prévu.

Lors de la check-list après mise en route, l'aiguille du voltmètre était dans la plage rouge inférieure. Le pilote précise que, sur cet avion, l'aiguille met longtemps à être dans le vert. Il a rencontré ce problème chaque fois qu'il a volé sur cet avion, notamment en instruction. À titre d'exemple, lors du dernier vol qu'il a effectué avec cet avion, le 2 novembre précédent, l'aiguille était passée dans le vert après environ 25 minutes de vol. Selon le pilote, il était habituel et admis au sein du club que le vol puisse être entrepris malgré l'aiguille du voltmètre dans la plage rouge inférieure⁸.

À l'exception de l'aiguille du voltmètre qui était toujours dans la plage rouge inférieure, le pilote n'a détecté aucune anomalie lors des essais moteur. Le pilote a décidé de décoller. Il précise que l'aiguille n'est jamais passée dans le vert lors du vol de l'accident.

⁸ Les responsables du club indiquent qu'ils avaient connaissance d'une charge faible au démarrage et lente à augmenter, toutefois dans la plage verte du voltmètre.

Après avoir quitté la CTR de Béziers, il s'est rendu compte que les échanges avec son passager devenaient difficiles : dans un premier temps, des grésillements sont apparus puis les échanges étaient difficilement audibles. Par ailleurs, les échanges avec le contrôleur du SIV étaient normaux. Le pilote a donc décidé de poursuivre le vol.

Le vol s'est déroulé sans autre incident jusqu'à quelques minutes avant le demi-tour prévu. Le pilote a alors entendu un bruit très important provenant du moteur. Il a vérifié les paramètres : le régime du moteur était toujours à 2 400 tr/min, il n'y avait aucun voyant allumé et la pression d'huile était normale. Il a ensuite de nouveau entendu ce bruit de moteur inhabituel. Il a effectué de nouvelles vérifications sans déceler d'anomalie.

Arrivé au point de demi-tour, il a constaté une baisse progressive et rapide de la pression d'huile, l'indication restant dans la zone verte à ce moment-là. Il a fait demi-tour comme initialement prévu et a tenté de prévenir le contrôleur du SIV, sans succès. Il a constaté que la radio était éteinte et a essayé de la rallumer à plusieurs reprises, sans y parvenir. Il a essayé d'utiliser l'autre radio, aucune fréquence ne s'affichait. Il captait cependant toujours les communications. Il a tenté de passer des messages, mais personne ne lui a répondu. Après le vol, le passager lui a indiqué qu'il avait entendu des variations du régime du moteur pendant les vérifications des radios.

Se trouvant en panne de radio, le pilote savait qu'il ne pourrait pas rejoindre l'aérodrome de Béziers situé dans une CTR. Il a alors envisagé de se dérouter vers l'aérodrome de Lézignan – Corbières (11) ou vers celui de Bédarieux - La Tour-sur-Orb (34).

À l'issue des essais radio, il a de nouveau vérifié les paramètres. Il a constaté que l'indication de pression d'huile était dans la zone rouge sans toutefois être à zéro. Aucun voyant d'alarme n'était allumé. Il ne se rappelle pas la position de l'indication de température. Il a vérifié les disjoncteurs sans déceler d'anomalie. Il n'a pas envisagé qu'il pouvait s'agir d'une panne électrique.

Il se souvenait qu'un instructeur lui avait appris qu'en cas de diminution importante de la pression d'huile, il faut interrompre le vol. Le pilote a donc décidé d'interrompre le vol. Jugeant que cela pouvait être dangereux d'atterrir sur la plage en raison de la possible présence de personnes, il a cherché un champ adapté pour l'atterrissage en campagne. Il a fait une reconnaissance du champ choisi. Il précise qu'il a passé un message MAYDAY avant de survoler le champ. Après le survol, il a estimé qu'il s'agissait d'un champ labouré et que la longueur était suffisante.

Lors de la prise de terrain, il a configuré l'avion avec un cran de volets, a diminué la puissance du moteur, a pris une vitesse de 150 km/h, a tiré la commande de réchauffage du carburateur et a mis la pompe électrique sur ON. En approche finale, il a configuré l'avion avec deux crans de volets et pris une vitesse de 100 km/h. En courte finale, il s'est rendu compte qu'il s'agissait d'un champ de vignes. Il a estimé qu'il était dangereux de remettre les gaz en raison du risque de la diminution de la puissance du moteur à faible hauteur et du survol d'une agglomération. Il a donc décidé de poursuivre l'atterrissage.

Le pilote précise qu'il utilise un casque avec réduction active du bruit (Bose ANR20)⁹ et que cela peut altérer sa perception des bruits.

⁹ Ce casque est muni d'une fonction d'arrêt automatique qui lui permet de s'éteindre pour économiser de l'énergie s'il n'est pas utilisé pendant un certain temps.

Enfin, il ajoute qu'au cours de la gestion de la panne, il s'est senti particulièrement préoccupé, notamment en raison du fait que le passager était un membre de sa famille.

3 CONCLUSIONS

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

Scénario

Depuis plusieurs mois, il semble que l'aiguille du voltmètre au tableau de bord de l'avion restait dans la plage rouge inférieure à chaque mise en route, avant de passer lentement dans la plage verte au cours du vol. Les vols n'avaient pas été suspendus et aucune recherche de panne n'avait été effectuée dans cette période. L'enquête n'a pas permis de comprendre l'origine exacte de ce dysfonctionnement.

Trois jours avant l'accident, un pilote avait signalé une panne de l'alternateur sans allumage du voyant ambre « charge ». L'encadrement du club n'a pas porté une attention particulière à ce dysfonctionnement : il n'a pas considéré qu'il y avait une possible défaillance du système de détection de panne de l'alternateur et n'a pas engagé de recherche de panne.

Au cours de la visite « 50 heures » effectuée le matin même, le mécanicien avait notamment vérifié le bon fonctionnement de l'alternateur et prévu de changer le voltmètre, défectueux selon lui, lors de la prochaine visite. L'avion n'avait pas volé depuis cette visite.

Lors de la mise en route de l'avion, le pilote n'est pas parvenu à démarrer le moteur. Il a signalé le problème de démarrage au mécanicien qui a constaté que la batterie était déchargée. Ce dernier n'a pas effectué de recherche de panne supplémentaire. Après une charge de la batterie de quelques minutes sur avion, le moteur a démarré. Le pilote a décidé d'effectuer le vol prévu. Après la mise en route et lors des essais du moteur, lors de la vérification des paramètres, le pilote a constaté que l'aiguille du voltmètre restait dans la plage rouge inférieure. Ayant connaissance de la latence de cette aiguille à passer dans la plage verte sur cet avion, cela ne l'a pas alerté et il a décidé de poursuivre le vol.

Peu de temps après le décollage, le pilote a constaté que l'intercom ne fonctionnait plus et a décidé de poursuivre le vol. Après environ une demi-heure de vol, quelques minutes avant le demi-tour prévu, il a entendu un bruit important provenant du moteur, sans déceler d'anomalie dans les paramètres. Cette perception d'augmentation du bruit du moteur peut être due à la perte de la fonctionnalité ANR de son casque. Peu après, le pilote a constaté une baisse de la pression d'huile puis une panne de radio. Il a envisagé un déroutement puis, voyant que l'indication de pression d'huile était dans la zone rouge, il a décidé d'interrompre le vol et d'atterrir en campagne. La perte progressive des équipements électriques est la conséquence d'un défaut de fonctionnement de l'alternateur.

Lors de l'approche finale pour le champ choisi, il s'est rendu compte qu'il s'agissait d'un champ de vignes, inadapté pour l'atterrissage. Redoutant une diminution de puissance du moteur en cas de remise de gaz, il a néanmoins poursuivi l'approche et atterri dans le champ. L'avion s'est arrêté brutalement et retourné. Le pilote et le passager ont évacué l'avion sans difficulté.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la panne électrique en vol, non détectée par le pilote :

- plusieurs anomalies sur le système électrique, à savoir :
 - le défaut de serrage d'un câble de mise à la masse de l'excitation de l'alternateur, ayant entraîné un défaut de fonctionnement du système de charge de la batterie,
 - le défaut de la détection de panne du régulateur de tension, ayant entraîné l'absence d'allumage du voyant « charge » servant à avertir le pilote d'une panne de l'alternateur,
 - la faible autonomie de la batterie ;
- le maintien de l'exploitation de l'avion malgré des indications de dysfonctionnement du système électrique, notamment :
 - la faible charge indiquée par le voltmètre lors des deux vérifications requises avant le décollage, qu'il était devenu pour certains pilotes habituel d'ignorer,
 - La non-prise en compte de l'absence d'indication de panne de l'alternateur ;
- des recherches de panne incomplètes ou inappropriées.

Ont pu contribuer à l'analyse erronée du pilote ainsi qu'à sa décision d'interrompre le vol rapidement :

- un stress important en raison du contexte du vol ;
- sa faible expérience qui pouvait compromettre sa compréhension de la panne électrique ;
- l'absence d'allumage du voyant « charge », qui ne favorisait pas l'identification de la panne électrique et de ses conséquences ;
- l'augmentation du bruit du moteur perçu qui pouvait agir comme un biais de confirmation en faveur d'un dysfonctionnement du moteur ;
- la connaissance partielle de la procédure « chute de pression d'huile (zone rouge) » par le pilote, qui n'a pas vérifié l'indication de température, sans doute en raison de sa faible expérience.

Enseignements de sécurité

Identification et gestion d'une panne électrique

Lorsque le fonctionnement de l'alternateur est en défaut, la panne électrique se manifeste de manière progressive : les équipements électriques sont perdus les uns après les autres, en particulier en fonction de leur consommation électrique et de la diminution de la charge de la batterie. Une panne électrique n'a pas d'impact immédiat sur le vol, mais peut mettre en défaut certains indicateurs de paramètres du moteur.

La surveillance du voltmètre ou l'allumage du voyant d'alarme associé à un défaut de charge permet d'alerter le pilote concernant la panne d'alternateur. Ce dernier devra alors couper tous les équipements électriques non indispensables pour limiter la consommation électrique au minimum et conserver l'autonomie restante de la batterie pour les actions essentielles à la poursuite du vol. L'absence d'indication de panne d'alternateur peut induire le pilote en erreur dans sa recherche d'identification de la panne.

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.