



Accident de l'ELIXIR
immatriculé **F-HLOT**
le vendredi 7 mars 2025
sur l'aérodrome Le Mans - Arnage (72)

Heure	Vers 20 h 30 ¹
Exploitant	Aéroclub les ailes du Maine
Nature du vol	Vol local
Personne à bord	Pilote
Conséquences et dommages	Avion endommagé

Perte de contrôle en direction lors du roulement à l'atterrissage, sortie latérale de piste, en vol de nuit

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, des enregistrements des radiocommunications, ainsi que des données de la suite avionique équipant l'avion.

La pilote décolle à 20 h 17 de la piste 20 pour des circuits d'aérodrome à une hauteur de 1 000 ft². Quinze minutes plus tard, lors du troisième circuit, elle s'annonce en approche finale pour un posé-décollé. L'avion est à une hauteur d'environ 400 ft et sa vitesse est d'environ 75 kt. La pilote commande la sortie des volets en position atterrissage quelques secondes plus tard. L'avion est à une hauteur d'environ 300 ft et à une distance de 1 400 m (0,75 NM) du PAPI. La vitesse indiquée est en diminution vers 62 kt et la position du compensateur de profondeur est de 8 % à piquer. L'avion passe sous le plan d'approche de 3,5° (voir § 2.2) du PAPI. La pilote récupère le plan d'approche à une hauteur d'environ 100 ft. La vitesse augmente jusqu'à atteindre 67 kt, à une hauteur de 30 ft, peu avant de franchir le seuil de piste 20³. La pilote réduit ensuite la puissance et applique une action à cabrer au manche pour arrondir. L'assiette de l'avion passe de 9° à piquer à 4° à cabrer en onze secondes. Le train d'atterrissage principal entre en contact avec la piste. Environ deux secondes plus tard, 170 m après le PAPI, l'avion vire vers la gauche en dérapant. Il sort latéralement de piste par la gauche et s'immobilise en bordure de la piste 20.

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

² Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](#).

³ Le franchissement du seuil de piste à cette hauteur est cohérent avec la calibration du PAPI en piste 20 à l'aérodrome Le Mans - Arnage.

2 RENSEIGNEMENTS SUR LE CONTEXTE

2.1 Renseignements météorologiques

Au moment de l'accident, le vent était du 090 pour environ 5 kt, la visibilité était supérieure à 10 km et il n'y avait pas de nuages au-dessous de 5 000 ft (CAVOK).

2.2 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome Le Mans - Arnage est un aérodrome sur lequel est rendu le service AFIS du lundi au vendredi entre 9 h et 12 h 30 et entre 14 h 30 et 18 h. L'aérodrome était ainsi en auto-information au moment de l'accident.

L'aérodrome dispose d'une piste revêtue 02-20 et d'une piste en herbe 02R-20L (voir **Figure 1**). La piste revêtue est longue de 1 420 m et large de 30 m.

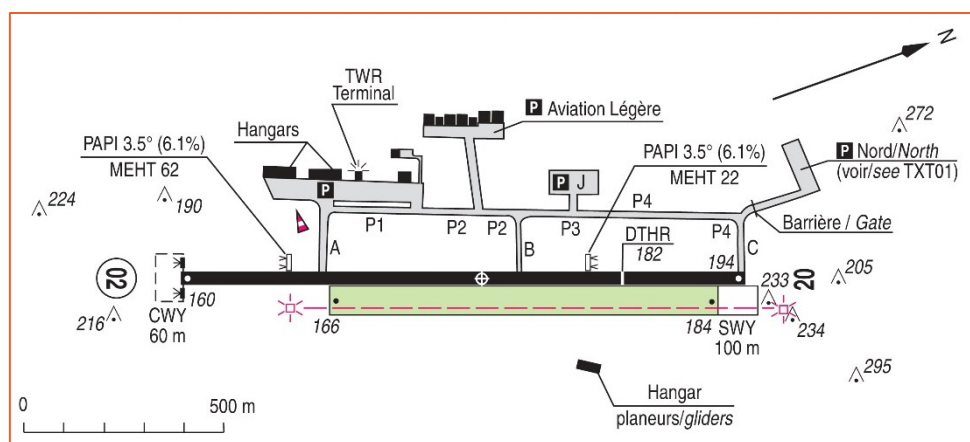


Figure 1 : extrait de la carte VAC de l'aérodrome Le Mans - Arnage (Source : SIA)

La piste 20 est équipée d'un PAPI calibré pour une pente d'approche de 6,1 % (3,5°). La piste est équipée de chaque côté et sur toute la longueur d'un balisage lumineux de feux blancs espacés de 60 m.

La nuit aéronautique à l'aérodrome Le Mans - Arnage débutait à 19 h 22 le vendredi 7 mars 2025.

3 RENSEIGNEMENTS SUR L'AVION

3.1 Généralités

L'avion Elixir est un avion biplace à ailes basses. Son train d'atterrissage tricycle est fixe. Il est équipé de volets à double fente. Un levier de sélection permet de commander leur position⁴ indiquée à l'écran de la suite avionique Garmin G3X, situé sur le tableau de bord.

3.2 Train d'atterrissage avant

Une fourche **1** (voir **Figure 2**) relie la roue avant (avec en particulier son pneu **2** et sa jante **3**) à une jambe mobile **4** et à un compas **5** qui assure l'alignement de la roue avant avec une jambe fixe **6**. La jambe mobile coulisse dans la jambe fixe, qui peut également couliser dans la pièce assurant la jonction du train au fuselage **7**.

⁴ Trois positions distinctes : volets rentrés, volets décollage (15°) et volets atterrissage (37°).

Un amortisseur « anti-shimmy » ⑧ est fixé au fuselage et au support d'un ressort axial ⑨. La chaîne de commande de direction de l'avion est reliée à une bague de verrouillage du train d'atterrissage avant. Une série de blocs en polyuréthane ⑩ à l'interface entre la jambe fixe et la jambe mobile, fait office d'amortisseurs.

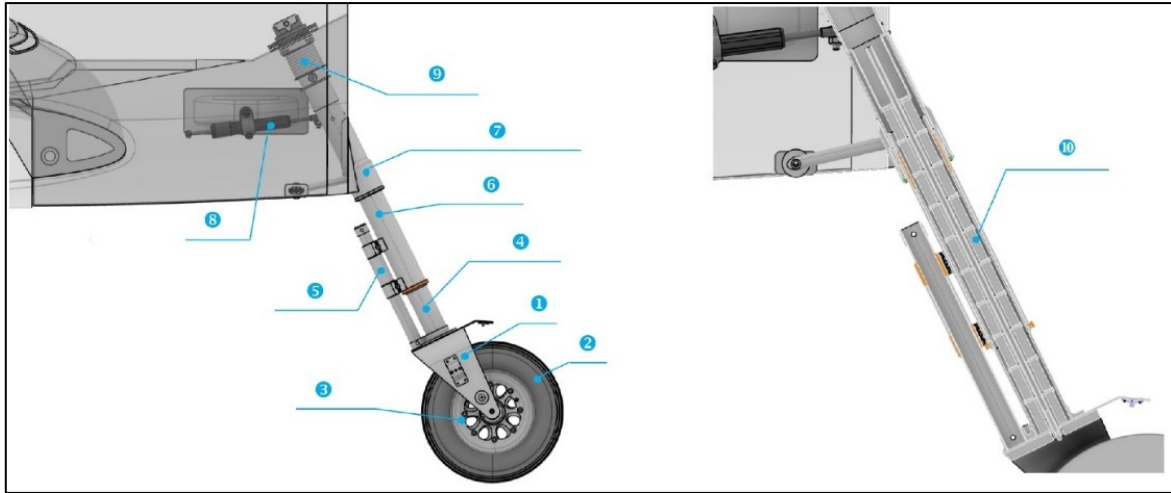


Figure 2 : description du train d'atterrissage avant (Source : Elixir Aircraft)

En vol, le train d'atterrissage avant est détendu et le pion de verrouillage ⑪ (voir **Figure 3**), solidaire de la jambe fixe, entre dans la gorge de la bague de verrouillage ⑫. Dans cette configuration, le ressort axial applique un effort suffisant pour maintenir le pion de verrouillage dans la gorge malgré des actions aux palonniers.

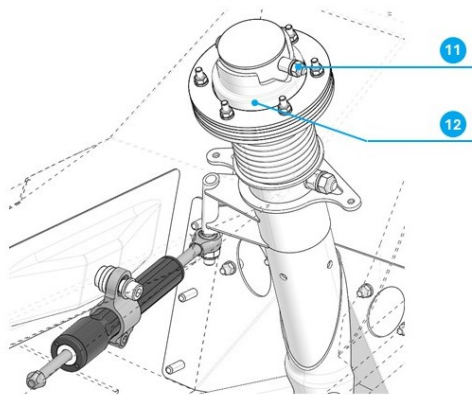


Figure 3 : bague de verrouillage (Source : Elixir Aircraft)

3.3 Renseignements sur le site de l'accident

L'avion repose dans l'herbe en bordure gauche de la piste 20 revêtue, entre les deux pistes (voir **Figure 4**).



Figure 4 : position de l'avion par rapport aux pistes (Source : BEA)

Deux traces de pneu continues sont visibles sur la piste, environ 300 m après le seuil de la piste 20 revêtue. Elles partent de la ligne centrale et s'orientent vers le bord gauche de la piste, jusqu'à la zone herbeuse dans laquelle l'avion s'est immobilisé (voir **Figure 5**). Les traces observées sur la piste indiquent que l'avion a viré vers la gauche en dérapant sur une distance d'un peu plus de 40 m.



Figure 5 : trajectoire des traces observées sur site (Source : BEA)

3.4 Dommages sur l'avion

L'extrémité de l'aile droite et l'hélice sont entrées en contact avec le sol au moment de la sortie de piste. Le pneu avant et le pneu droit présentent des griffures et arrachements de gomme caractéristiques d'un dérapage sur la piste revêtue.

Le train d'atterrissage avant est orienté vers la droite (voir Figure 6). L'axe de rotation de la roue avant n'est plus perpendiculaire à l'axe de la jambe de train avant (présence d'un fort angle de carrossage). La jambe de train avant ne semble pas fléchi. Le train d'atterrissage avant se verrouille correctement dans l'axe une fois allégé. Une fois chargé, il se déverrouille et s'oriente nominalement avec les palonniers. Les freins fonctionnent normalement, aucun blocage ni frottement n'a été constaté.

La fourche composite du train avant présente plusieurs zones de délaminage (voir **Figure 7**), et se déforme sous le poids de l'avion. Les examens réalisés n'ont pas permis de déterminer si le délaminage de la fourche pouvait être antérieur à la sortie de piste.



Figure 6 : vue de face (Source : BEA)



Figure 7 : délamination observée en tomographie (Source : BEA)

3.5 Approche finale et atterrissage

3.5.1 Vitesse de référence d'approche finale

Les spécifications de certification applicables aux avions Elixir prévoient que la vitesse de référence d'approche jusqu'à l'atterrissage V_{REF} correspond à $1,3V_{SO}$, V_{SO} étant la vitesse de décrochage en configuration atterrissage et à la masse maximale autorisée au décollage de l'avion. Le maintien de cette vitesse à la masse maximale au décollage garantit ainsi une marge de sécurité minimale de 30 % par rapport à la vitesse de décrochage. Pour les avions Elixir, V_{REF} est de 60 kt⁵. Elle est indiquée dans le manuel de vol.

Une vitesse supérieure à V_{REF} lors de l'approche augmente l'énergie à dissiper à l'atterrissage. Elle implique également une diminution de l'incidence et de l'assiette de l'avion en approche.

3.5.2 Atterrissage

Le manuel de vol indique qu'à l'atterrissage la manette de puissance doit être placée en position ralenti (« IDLE »). Il précise que le train d'atterrissage principal doit toucher en premier et qu'une action lente au manche doit être appliquée pour que le train d'atterrissage avant entre en contact avec la piste en douceur. Les freins sont à utiliser en fonction du besoin.

3.5.3 Analyse d'occurrences similaires par Elixir Aircraft

Elixir Aircraft a analysé, à partir de données enregistrées, plusieurs embardées à l'atterrissage survenues entre 2021 et fin 2025. Ces embardées n'ont pas nécessairement conduit à une sortie de piste ou à des dommages⁶. L'analyse met en évidence les tendances suivantes :

- une vitesse indiquée en approche finale souvent supérieure à la V_{REF} prévue dans le manuel de vol ;
- un plan d'approche supérieur au plan d'approche de la piste utilisée (standard ou publié) ;
- un réglage du compensateur de profondeur qui contribue à générer plus d'efforts sur la commande de profondeur lors de l'atterrissage ;
- un régime moteur au moment de l'arrondi et des embardées supérieur au ralenti.

⁵ V_{SO} = 46 kt à la masse maximale au décollage de 630kg

⁶ Une seule embardée a eu pour conséquence des blessures légères. Cet accident a fait l'objet d'une [enquête](#) de la part du BEA.

4 RENSEIGNEMENTS SUR L'EXPLOITATION

4.1 Documentation opérationnelle utilisée par le club

Le manuel d'utilisation de l'avion Elixir, établi par l'aéroclub, contient quatre sections (MEL, procédures normales, limitations, procédures d'urgence).

Pour l'approche finale et avec les volets en position atterrissage, ce manuel indique une vitesse d'approche de 63 kt, soit 3 kt au-dessus de celle préconisée par le manuel de vol du constructeur.

Les indications sur l'atterrissage sont identiques à celles du manuel de vol.

4.2 Pilote

4.2.1 Expérience

Âge	37 ans
Licence (<i>type et date de délivrance</i>)	PPL(A) depuis le 10 juin 2015
Qualifications	SEP (terrestre)
Aptitude médicale	Classe 2 valide

Expérience :	
Totale	473 heures de vol dont : <ul style="list-style-type: none"> • 318 h en tant que commandant de bord (jour et nuit) ; • 51 h en vol de nuit dont 18 en tant que commandant de bord et 41 min en instruction le 27/09/2024 avec le F-HLOT ; • environ 13 h sur Elixir (toutes avec le F-HLOT) depuis le 05/09/2024
Dans les derniers 30 jours	1 h 45 dont 1 h 16 avec le F-HLOT

4.2.2 Témoignages

La pilote est arrivée au club vers 19 h 35 dans le but de faire des tours de piste de nuit en Elixir. Elle estime que lors du premier atterrissage en piste 20, la vitesse était un peu faible. Un bip d'alarme de décrochage a retenti. Elle a constaté un écart de trajectoire vers la gauche peu après le toucher des roues. Elle indique que son action aux palonniers pour récupérer l'axe de piste est restée sans effet et qu'elle a alors appliqué une action à piquer au manche. Elle a ensuite repris la course au décollage. Lors du deuxième circuit d'aérodrome, elle a remis les gaz après avoir arrondi trop haut.

La pilote indique qu'au troisième atterrissage, l'avion est parti vers la gauche, mais moins que lors du premier atterrissage. Elle a appliqué les mêmes actions que lors du premier atterrissage. La pilote précise que la vitesse de l'avion, qui était alors sur l'axe de piste, était contrôlée. La pilote était prête à redécoller pour un autre tour de piste quand l'avion a dérapé brutalement vers la gauche jusqu'à sortir de piste et s'immobiliser entre les deux pistes.

La pilote indique avoir ressenti de légères turbulences en approche finale. Elle précise avoir adopté une vitesse d'approche comprise entre 65 et 70 kt. Elle considère que la trajectoire était stabilisée en approche finale et qu'elle suivait les indications du PAPI.

4.3 Masse et centrage

L'avion était dans les limites de masse et centrage. La masse estimée à l'atterrissage était d'environ 490 kg. À cette masse :

	Marge par rapport à la vitesse de décrochage à la masse estimée de l'avion (490 kg)
V_{REF} (60 kt) (manuel de vol)	48 %
Vitesse d'approche de 63 kt (manuel d'utilisation du club)	55 %
Vitesse d'approche entre 65 et 70 kt (vol de l'accident)	Entre 60 et 72 %

Note : les valeurs données dans ce tableau sont indicatives et seule la vitesse d'approche du manuel de vol fait foi.

4.4 Sortie latérale de piste survenue le 6 décembre 2024

Le vendredi 6 décembre 2024, vers 12 h 05, un pilote de l'aéroclub Les ailes du Maine décolle avec le F-HLOT de la piste 20 pour des tours de piste. Le vent est calme. Le pilote a indiqué qu'au toucher des roues avec la piste lors du troisième posé-décollé, l'avion avait embarqué vers la droite. Il n'a pas réussi à maintenir l'axe de piste et a appliqué la puissance pour décoller à nouveau. Le pilote a ajouté que lors du quatrième atterrissage il a eu l'impression que l'avion « s'enfonçait » à droite et il a craint que l'aile droite touche le sol. L'avion a viré franchement et rapidement vers la droite. Le pilote a expliqué avoir essayé de ramener l'avion vers la gauche au moyen des palonniers. La vitesse de l'avion étant de 40 kt pour une vitesse de rotation de 52 kt, le pilote a interrompu l'atterrissage peu avant le bord droit de la piste 20. Le train d'atterrissage gauche a heurté un des éléments du balisage lumineux latéral de piste. L'avion a repris de la hauteur et le pilote a repris un circuit d'aérodrome. Il a ensuite atterri sans difficulté sur la piste 20L en herbe. Après cet événement, plusieurs actions de maintenance ont été entreprises. Les inspections visuelles de la jambe de train d'atterrissage avant et de sa fourche n'ont rien révélé et le train n'a pas été remplacé. Les trains d'atterrissage principaux gauche et droit ont respectivement été changés le 11 décembre 2024 et le 13 janvier 2025.

5 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

5.1 Phénomène de « *wheelbarrowing* »

Le « *wheelbarrowing* » est un phénomène qui peut être rencontré par des avions à train d'atterrissage tricycle après le toucher des roues pendant la phase de roulement à l'atterrissage. Il a pour conséquence une perte de contrôle en direction, en particulier par vent de travers. Le « *wheelbarrowing* » peut survenir lors d'atterrissages avec une faible assiette à cabrer, ce qui conduit à un toucher des roues sans ou avec peu d'arrondi, notamment après une approche avec une vitesse excessive et les volets en position atterrissage. Il est accentué par des actions à piquer au manche ou l'absence d'actions au manche pour maintenir une position neutre ou à cabrer. Dans ces conditions, la roue du train d'atterrissage avant, qui constitue la principale source de guidage directionnel de l'avion, est fermement en contact avec le sol et supporte une part anormalement élevée du poids de l'avion. La capacité à contrôler l'avion au sol est considérablement diminuée.

6 CONCLUSIONS

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

Scénario

Lors du troisième circuit d'aérodrome, la pilote a maintenu une vitesse d'approche (65 à 70 kt) supérieure à celle préconisée par le manuel d'utilisation développé par l'aéroclub (63 kt), elle-même supérieure à celle du manuel de vol (60 kt). Cet excès de vitesse a conduit à évoluer en approche finale jusqu'à l'arrondi avec une assiette conséquente à piquer, accentuée par ailleurs par la pente d'approche de 3,5° du PAPI. Il est probable que dans ces conditions le réglage du compensateur de profondeur à piquer a modifié l'effort à appliquer au manche pour résorber l'énergie de l'avion et faire passer l'assiette à piquer de l'avion à une assiette à cabrer pour l'arrondi.

Lors du roulement à l'atterrissage avant l'embarquée vers la gauche, le contrôle de l'avion a probablement été limité par un maintien insuffisant d'une action à cabrer au manche (phénomène de « *wheelbarrowing* », voir § 5.1). La pilote a perdu le contrôle en direction de l'avion qui est sorti de piste par la gauche. Il est possible que la fourche du train d'atterrissage avant ait pu être fragilisée lors d'une embarquée antérieure qui avait nécessité des réparations du train d'atterrissage principal (voir § 4.4) et que cette possible fragilisation n'ait pas été détectée.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la perte de contrôle en direction lors du roulement à l'atterrissage, de nuit :

- le maintien d'une vitesse excessive en approche jusqu'à l'atterrissage qui implique une gestion fine et délicate de la résorption de l'énergie de l'avion à l'arrondi, accentuée par une position du compensateur de profondeur à piquer ;
- une information et une formation possiblement insuffisantes sur la technique d'atterrissage en avion Elixir et les phénomènes associés tels que le « *wheelbarrowing* ».

Mesures prises par Elixir Aircraft

Approche et l'atterrissage

Elixir Aircraft a publié une lettre d'information (FIL-633-001) à l'attention des usagers d'avions Elixir avec pour objectif de fournir des clarifications, de bonnes pratiques et des recommandations opérationnelles en complément des procédures normales d'exploitation. Elle fait suite à l'accident du F-HLOT le 7 mars 2025, mais aussi à des événements similaires et à des retours d'information de la part de certains utilisateurs au sujet de contrôle de l'avion lors du roulement à l'atterrissage.

La lettre d'information décrit en particulier une méthode encourageant l'utilisation de l'indicateur d'incidence comme instrument de vol secondaire (voir **Figure 8**).




		
Approche	Avertissement	Alerte
Point vert = $V_{REF} = 1.3 \cdot V_s$	Chevron jaune + ♪ Beep – Beep (Lent) = 5kts avant V_s (Décrochage)	Chevron rouge + ♪ Beep – Beep (Rapide) = V_s (Décrochage)

Figure 8 : informations transmises par l'indicateur d'incidence (source : Elixir Aircraft)

Elle rappelle également les critères d'approche stabilisée avant de préciser la technique d'arrondi et de roulement à l'atterrissage.

Bulletins de service (SB)

À partir des analyses des événements similaires à celui survenu au F-HLOT en mars 2025, mais aussi des retours d'information de la part de certains utilisateurs au sujet de contrôle de l'avion lors du roulement à l'atterrissage, Elixir Aircraft propose, par l'intermédiaire de plusieurs SB recommandés ou optionnels, des évolutions des systèmes de l'avion. Elles ont pour objectif :

- d'améliorer la tolérance de l'avion lors des phases de roulement à l'atterrissage (SB-633-037 - Amélioration du système de verrouillage du train avant) ;
- d'améliorer la stabilité directionnelle lors des phases de roulement à l'atterrissage (SB-633-038 - Pincement des trains d'atterrissage principaux) ;
- de limiter le risque de réglage inapproprié du compensateur de profondeur à piquer entraînant une commande de profondeur anormalement lourde, ainsi qu'une tendance de l'avion à adopter une attitude à piquer en cas de relâchement de l'effort au manche (SB_633-040 – Message d'information blanc « CAS message » affiché au PFD lorsque les volets sont en position atterrissage, la vitesse indiquée est inférieure à 70 kt et le compensateur est réglé anormalement à piquer).

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.