

Accident du SOCATA TBM700N immatriculé N850GC

survenu le 8 août 2013
à Vertaizon (63)

⁽¹⁾ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter deux heures pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

Heure	Vers 07 h 40 ⁽¹⁾
Exploitant	Privé
Nature du vol	Navigation
Personnes à bord	Pilote et deux passagers
Conséquences et dommages	Occupants décédés, avion détruit

Perte de contrôle en remise des gaz lors d'une approche de précision

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Le pilote, accompagné par deux passagers, décolle de l'aérodrome de Toussus-le-Noble (78) à destination de celui de Clermont-Ferrand Auvergne (63) pour un vol privé sous plan de vol IFR. La croisière est effectuée au FL 230.

La trajectoire issue des données radar laisse supposer que le pilote automatique est engagé. À 07 h 20 min 08, le pilote établit un contact radio avec le contrôleur d'approche de Clermont-Ferrand. Ce dernier lui demande de descendre vers le FL 90, direct RIMOR l'IAF⁽²⁾ de la procédure ILS Z pour la piste 26 en service. Le pilote ne collationne pas. Lorsque le contrôleur le recontacte pour savoir s'il avait bien entendu l'instruction, le pilote collationne en commettant une erreur sur le niveau de vol. Le contrôleur corrige, lui demande de descendre à 6 000 ft et l'autorise à effectuer l'approche ILS Z de la piste 26. Les conditions météorologiques au moment de l'approche sont IMC.

À 07 h 30 min 37, à une distance de 12 NM de CF⁽³⁾, le pilote s'annonce établi sur le localiser de la piste 26. Le contrôleur d'approche le transfère au contrôleur tour. Trente secondes plus tard, le pilote indique au contrôleur tour qu'il est établi sur le localiser de la piste 26 à 10 NM de CF. Le contrôleur tour l'autorise alors à l'atterrissage en piste 26.

⁽²⁾ Initial Approach Fix – Repère d'approche initiale.

⁽³⁾ DME de l'ILS 26.

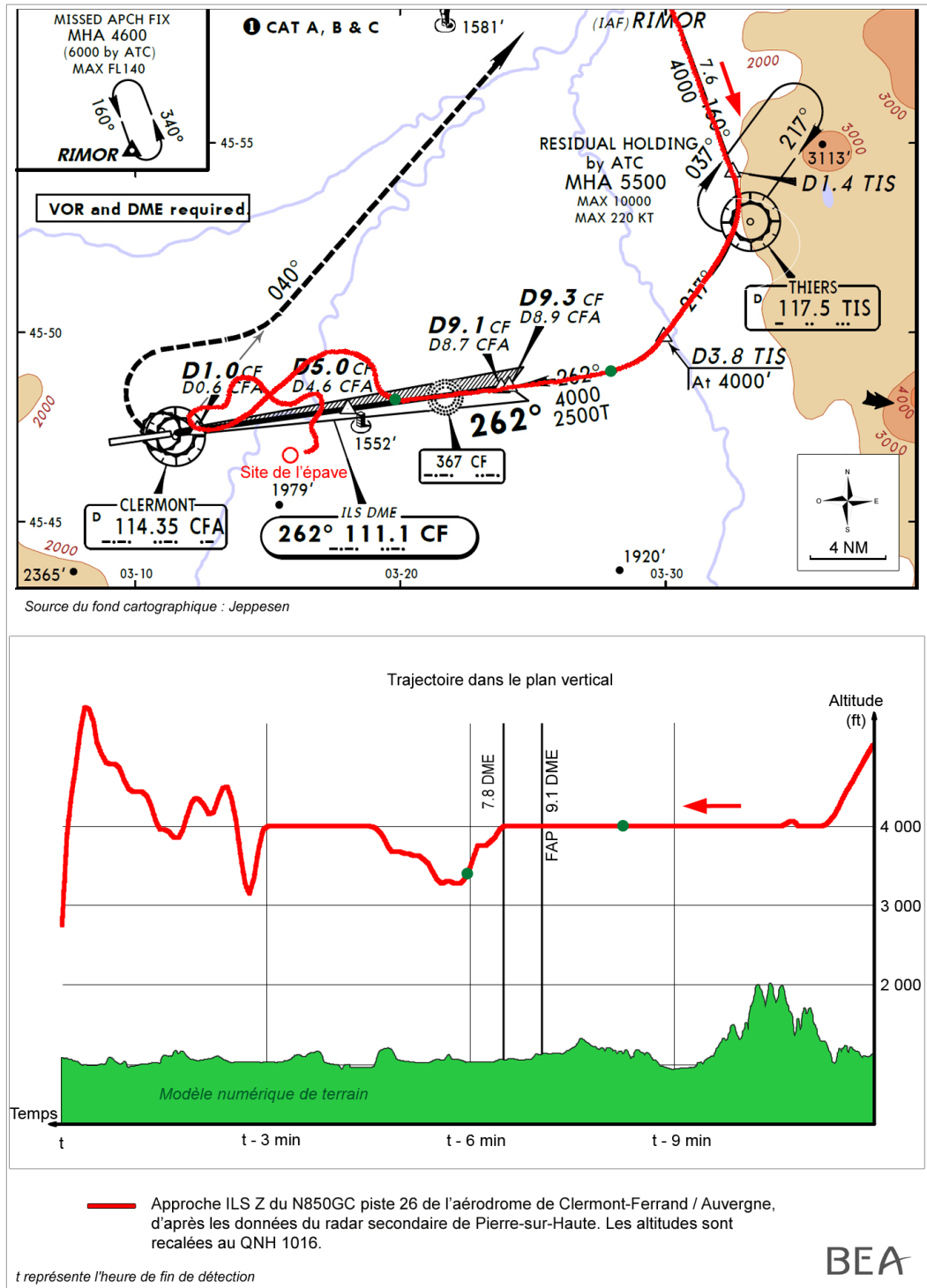
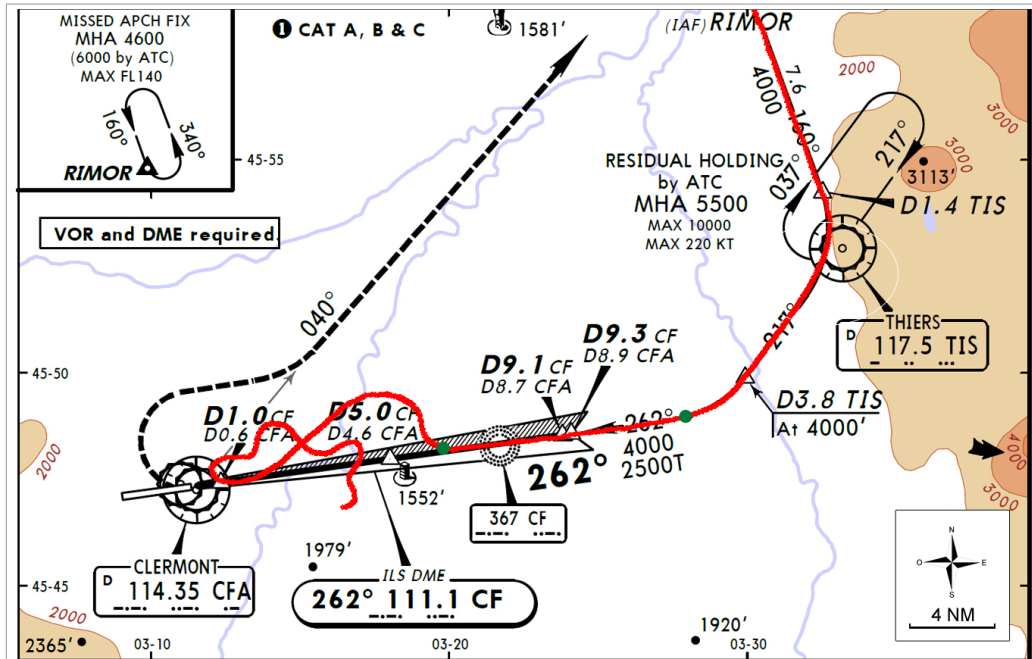


Figure 1 : Trajectoire verticale en fonction du temps

L'avion reste en palier à 4 000 ft au-delà du point d'approche finale (FAP) situé à 9,1 NM de CF. Il reste aligné sur le LOC jusqu'à 6.4 NM du seuil de piste. Le pilote déconnecte probablement le pilote automatique et tente de rattraper le plan de descente par le dessus. Environ deux minutes plus tard, le contrôleur tour constate un écart latéral vers la droite de l'axe de piste de la trajectoire et contacte le pilote. Celui-ci l'informe qu'il souhaite « *refaire un tour et revenir en arrière pour reprendre l'approche* » en annonçant que « *son pilote automatique a débloqué* ».



Source du fond cartographique : Jeppesen

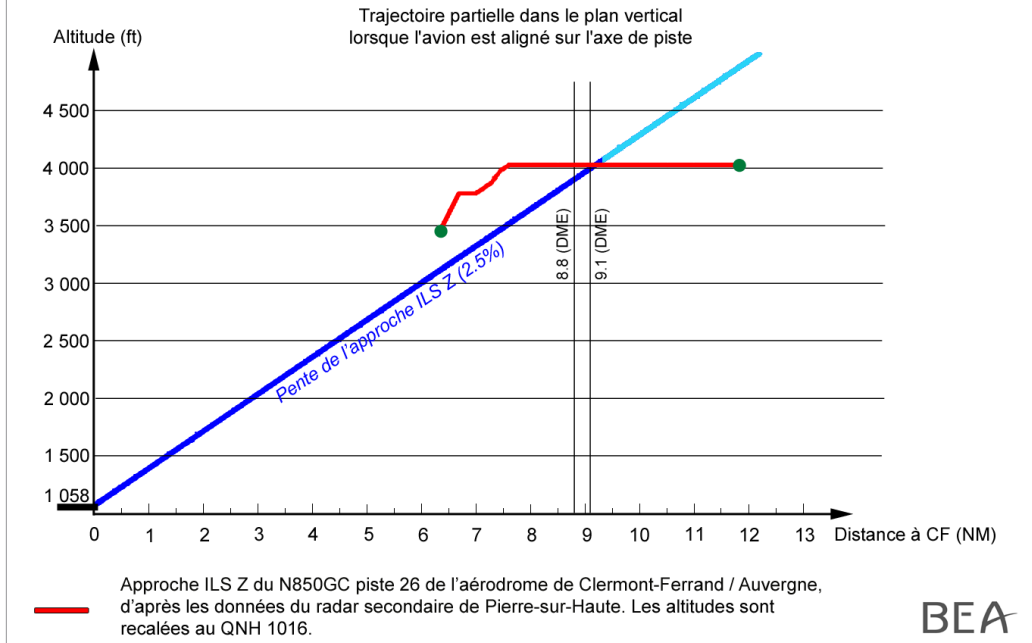


Figure 2 : Trajectoire verticale en fonction de la distance comparativement au plan de descente de l'ILS

Le pilote ne suivant pas la trajectoire d'approche interrompue publiée, le contrôleur lui suggère de remonter à l'altitude de sécurité de 6 000 ft vers le VOR de TIS par un virage à droite. Le pilote collationne mais revient d'abord vers l'axe de piste en palier à 4 000 ft. Le contrôleur répète alors son instruction de rejoindre le VOR de TIS. Le pilote répond qu'il « programme » ce point avant de virer à plusieurs reprises par la droite puis par la gauche, en descente puis en montée. Pendant cette phase, le contrôleur fournit des instructions de caps pour rejoindre le VOR de TIS. Le pilote collationne avec du retard et parfois des erreurs. Le contrôleur s'en rend compte et limite alors ses instructions à une montée 6 000 ft. L'avion commence alors à monter jusqu'à environ 5 500 ft puis descend avec une vitesse verticale importante, au sud de l'axe de piste. Des témoins voient l'avion entrer en collision avec le sol sous forte pente et à inclinaison nulle.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Site et épave

L'épave est retrouvée dans une zone isolée et localisée à 4 NM de l'aéroport de Clermont-Ferrand Auvergne. Le terrain dans lequel se situe l'épave est un champ en jachère, à flanc de colline.

L'examen du site révèle une trajectoire orientée est - ouest et confirme les témoignages des personnes qui ont vu l'avion entrer en collision avec le sol avec une forte assiette à piquer et à inclinaison nulle (fig. 3 et 4).



Figure 3 : Vue aérienne du site



Figure 4 : Épave vue du sol

⁽⁴⁾ Primary Flight Display.

⁽⁵⁾ Multi Function Display.

⁽⁶⁾ GPS est utilisé pour faire référence à la fonction de la suite avionique et désigne la navigation GNSS dans son ensemble.

⁽⁷⁾ Flight Management System (Système de gestion du vol).

2.2 Description et utilisation de la suite avionique Garmin 1000

Le N850GC est un TBM850 équipé d'une suite avionique Garmin 1000 qui comprend notamment deux PFD⁽⁴⁾ et un MFD⁽⁵⁾. La navigation peut être conduite en utilisant soit les moyens satellitaires, soit les moyens conventionnels (VOR, ADF), ou en combinant ces sources. Le pilote peut sélectionner la source active. Le départ et la partie en route du vol sont généralement conduits en utilisant une source GPS⁽⁶⁾ et si un ILS est disponible à l'arrivée alors l'approche est réalisée en utilisant les moyens de radionavigation conventionnels.

Le plan de vol est rentré dans le FMS⁽⁷⁾ et séquencé : départ, en route, arrivée, approche et approche interrompue. Il est toutefois nécessaire de le compléter en fonction des autorisations données par le contrôle. La plupart des procédures de départ, d'arrivée et d'approche (SID, STAR et APP) sont codées dans la base de données de la suite avionique et peuvent être insérées dans ce plan de vol. Lorsqu'un plan de vol contenant une procédure d'arrivée est entré dans le FMS, alors le système est en mesure d'effectuer le changement de source de GPS (**GPS magenta**) à conventionnel (**LOC vert**) de manière automatique.

Si le pilote automatique (PA) est actif et que le mode approche est armé par le pilote alors les trajectoires horizontale et verticale de l'avion seront pilotées automatiquement par le système. Il ne reste plus au pilote qu'à assurer la gestion de la puissance.

Une mise en descente automatique de l'avion sous PA n'est possible :

- qu'avec la source, compatible avec l'approche envisagée, active, ici la source conventionnelle (la transition GPS-conventionnel est faite, soit automatiquement soit manuellement) ;
- que si le mode localizer (LOC) est actif avant l'interception du Glide Slope (GS).

Le contrôle par le pilote de la séquence de mise en descente se fait selon la même méthode, à savoir contrôle de la source active et LOC actif avant le GS.

Bien que la transition automatique, d'une source GPS à une source conventionnelle, soit possible, le pilote doit, soit anticiper le changement d'état soit le provoquer manuellement. C'est d'ailleurs cette seconde méthode qui est généralement enseignée.

Lors d'une approche ILS, la transition manuelle de la source GPS vers la source conventionnelle au moment opportun permet une exploitation efficace des équipements de radionavigation. L'anticipation et l'attention qu'impose cette méthode offrent une meilleure conscience de la situation et une surveillance accrue de la trajectoire, même en cas d'erreur dans la procédure d'approche codée dans le FMS.

L'introduction des systèmes glass cockpit implique un changement des méthodes de travail pour les pilotes d'avions légers en IFR. Ils doivent contrôler la validité des données contenues dans le FMS, notamment en vérifiant le séquençement des points d'approche et la distance qui les sépare.

2.3 Codage de l'approche ILS Z 26 de l'aérodrome de Clermont-Ferrand Auvergne dans le G1000

Le point d'approche finale (FAP), qui matérialise le début de descente sur le plan de l'ILS de 5,2 %, est situé à 9.1 NM de CF. L'altitude de décision (DA) est de 1 320 ft (hauteur de décision DH de 260 ft).

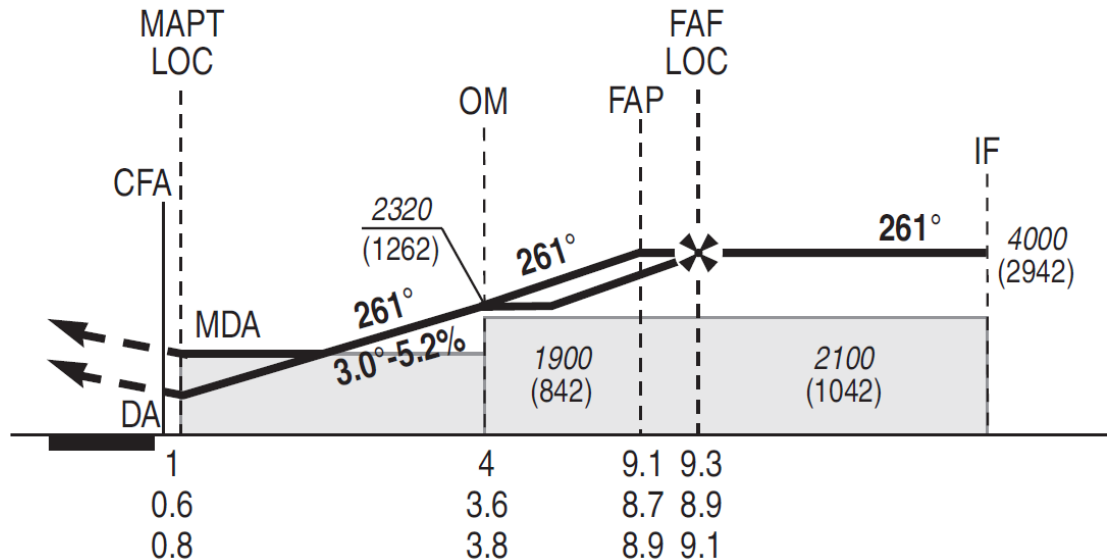


Figure 5 : Coupe verticale du plan d'approche ILS Z de la carte IAC⁽⁸⁾. Le profil vertical de la carte Jeppesen est identique

⁽⁸⁾ Instrument Approach Chart (Carte d'approche et d'atterrissage aux instruments).

⁽⁹⁾ Et non un FAP (Final Approach Point) comme cela devrait être le cas pour une approche de précision et comme précisé sur la carte IAC.

⁽¹⁰⁾ Dans le sens de l'approche.

Le codage de la base de données Jeppesen de la suite avionique Garmin G1000 présente, quant à lui, des différences avec les cartes précédentes. L'approche ILS est codée avec un FAF⁽⁹⁾ (Final Approach Fix) et un MAP (Missed Approach Point), caractéristiques des approches de non précision :

- Le MAP **RW26 map** est situé au seuil de piste 26.
- Le FAF **FI26 faf** est situé à 5 NM du MAP et doit être survolé avec une contrainte d'altitude à 4 000 ft.
- Un point **CI26Z**, situé à 8.9 NM du MAP est également enregistré et une altitude de 4 000 ft y est associée. Il se situe juste après le FAP⁽¹⁰⁾ réel par lequel passe le faisceau radioélectrique.

ACTIVE FLIGHT PLAN			
LFBO / LFCL			
	DTK	CUM DIS	ALT
Approach - LFCL-ILS Z 26			
RIMOR lcf	331°	85.6nm	5000FT
D340A	160°	86.4nm	FT
D217D	217°	91.4nm	4000FT
CI26Z	262°	96.1nm	4000FT
FI26 faf	262°	100nm	4000FT
RW26 map	262°	105nm	
1360FT	262°	105nm	1360ft
INTRCPT	hdg 070°	115nm	
RIMOR map	040°	126nm	4000FT
HOLD	160°	5.0nm	

Figure 6 : G1000 distance cumulée entre les points (APP ILS Z 26)

Ainsi le dernier point actif, est situé après le point de descente réel. Ces différences sont présentées sur la figure 7.

Le FAP **rouge** correspond au point de début de descente des procédures IAC et Jeppesen.

Les autres points sont les derniers points de l'approche ILS Z 26 de LFLC issus de la base de données Jeppesen du G1000.

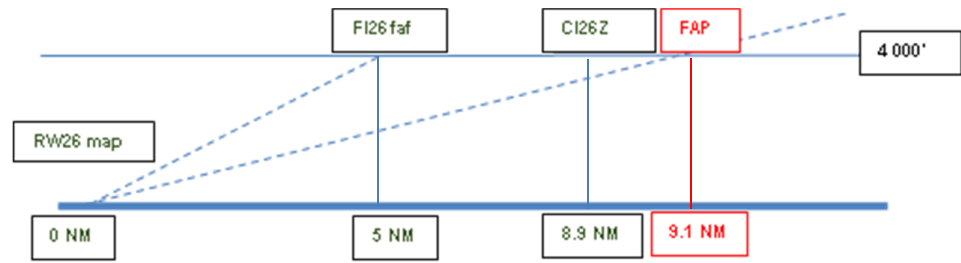


Figure 7 : Différences entre les cartes d'approche et le codage dans la base de données de la suite avionique G1000 - 0 NM correspond au seuil de piste 26

Pour réaliser la transition automatique de GPS vers LOC, la suite avionique se base sur une distance définie par rapport au point de mise en descente (FAP ou FAF). Si la position de ce point est erronée dans la base de données alors la transition automatique ne se fait pas au bon endroit. Si cette transition intervient après le FAP alors le système automatique de vol n'est plus en mesure de capturer le GS et d'assurer la descente.

L'erreur dans la base de données de la suite avionique Garmin 1000 ne permet pas l'engagement complet du mode approche pour les raisons suivantes selon les spécifications Garmin :

1. La transition automatique du mode GPS vers le mode VLOC n'est possible que lorsque le point **FI26 faf** est actif, après le passage du point **CI26Z**, qui est codé à plus de 0.2 NM après l'interception du plan de descente.
2. L'interception du plan de descente ne pourrait être possible qu'après le passage du point programmé **FI26 faf**. Or, au passage de ce point, l'avion est au-dessus du faisceau réel du GS. La capture du plan de descente par le haut n'est pas possible avec le PA engagé. Ainsi l'avion reste en palier.



Figure 8 : 9.8 NM DME CF : source GPS



Figure 9 : 8.8 NM CF: transition GPS → LOC

Cette erreur de codage et la transition ont été reproduites lors d'un vol d'essai avec un avion disposant de la même suite avionique. La séquence suivante a été reproduite :

- ❑ L'avion est sous PA en mode latéral de navigation et avec la source GNSS (NAV GPS affiché). La fréquence appropriée de l'ILS est réglée.
- ❑ Le mode approche, qui permet de suivre le LOC et le GS lors des approches de précision, est armé par appui sur le bouton APP (Modes LOC et GS affichés).
- ❑ Pendant la branche **CI26Z** vers **F126 faf**, la transition automatique de la source GPS à la source VLOC a lieu 0.3NM après le FAP officiel de l'approche ILS en piste 26.
- ❑ L'avion poursuit le vol en palier et ne capture pas le plan de descente de l'ILS.

Les captures d'écran des figures 8 et 9 illustrent la transition du mode GPS au mode LOC lors d'un vol d'essai suivant l'approche ILS 26. Fig 9, le changement automatique de source vient d'avoir lieu (DME D8.8 CF) et l'avion se situe au-dessus du GS. Le LOC est en phase d'activation alors que le plan de descente est passé. Le GS est armé mais non actif. Le système ne fait pas descendre l'avion qui reste en palier, ce qui est cohérent avec le séquençement requis pour descendre (Voir §2.2).

L'incohérence pouvait être détectée en comparant la position du FAF dans la base de données à la position indiquée sur la carte d'approche, soit lors de la préparation du vol, soit en vol après avoir inséré l'approche dans le FMS. La distance entre **F126 faf** et **RW26 map** était de 5 NM dans la base de données alors qu'elle est de 9,1 NM dans la publication aéronautique entre le FAF et le MAP.

Cependant cette information était peu saillante. La détection d'une telle incohérence doit en principe amener le pilote à invalider la procédure FMS concernée et donc, à opter pour une sélection manuelle des sources en vue d'un pilotage conventionnel de la procédure.

Les bases de données qui sont intégrées dans les suites avioniques ne font pas l'objet d'une validation point à point mais d'une certification basée sur les principes généraux de codage. Il appartient à l'exploitant, le pilote en aviation de loisir, de s'assurer de la conformité avec la documentation officielle en vigueur.

2.4 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 73 ans, détenait un PPL (A) depuis 2009. Il l'avait fait convertir en licence américaine en 2010 et possédait une qualification IR américaine. Il avait passé une qualification de classe SET SOCATA TBM en avril 2013.

Il totalisait 615 heures de vol dont 141 en IFR, 51 sur TBM dont 7 en IFR et 30 dans les trois derniers mois. Son carnet de vol comporte la signature de différents pilotes de sécurité pour 16 heures réalisées en double commande après l'obtention de la qualification de classe TBM.

Il était également propriétaire d'un SR22 équipé d'une suite avionique G1000 sur lequel il avait effectué environ 134 heures de vol en IFR avant son entrée en qualification de classe TBM. Il était peu habitué au vol IFR sans référence visuelle extérieure.

⁽¹¹⁾ Operational Evaluation Board remplacé depuis par les Operational Suitability Data (OSD).

L'assurance choisie par le pilote lui avait imposé la présence d'un pilote de sécurité pendant les 25 premières heures de vol sur le TBM, à l'issue de l'obtention de sa qualification de classe. Ce pilote de sécurité devait être instructeur et posséder une expérience d'au moins 200 heures de vol sur TBM. Les pilotes de sécurité qui ont été contactés indiquent que le pilote vivait cette exigence comme une contrainte et qu'il souhaitait piloter seul à bord. Ils ajoutent que le pilote avait confiance dans les automatismes de l'avion qu'il utilisait aisément dans les modes basiques. Dès que son projet d'action était perturbé ou que la charge de travail augmentait sensiblement, sa capacité à gérer la conduite du vol diminuait fortement. Par ailleurs, il semble qu'il n'acceptait pas les critiques formulées par les pilotes de sécurité.

2.5 Formation et qualification sur TBM

La licence européenne nécessite l'apposition d'une qualification de classe « *Single Engine Turbine* » (SET) Socata TBM700 suivant un programme de formation conforme à l'OEB⁽¹¹⁾ EASA déposé par Daher-Socata. Selon ce programme, le pilote doit pouvoir justifier en début de formation de 200 heures de vol en IFR avant de débiter la formation. Cette formation à la qualification de classe se déroule principalement en VFR. Le programme de la qualification de classe permet de s'assurer que le pilote est capable de manœuvrer l'avion en VFR mais il ne prédispose pas de ses aptitudes à conduire un vol en IFR (même si le programme comporte quelques approches en IFR) ou à évoluer en EAC supérieur, en navigation conventionnelle ou GNSS. C'est pourquoi Daher-Socata a ajouté des clauses supplémentaires auprès des assureurs pour que les pilotes acquièrent de l'expérience : 25 heures de vol en double commande avec un pilote de sécurité ayant plus de 200 heures de vol sur TBM. Le jour de l'accident, le pilote n'avait pas satisfait à cette condition de 25 heures de vol avec un pilote de sécurité.

La réglementation des États-Unis d'Amérique, quant à elle, n'impose pas cette formation à la qualification de classe SET. Le pilote, qui était titulaire d'une licence américaine, avait toutefois suivi cette formation proposée par le constructeur à ses clients lors de l'achat d'un avion neuf. Cette formation a été réalisée par l'ATO Airways qui possédait un accord commercial avec Daher-Socata.

2.6 Performance humaine

À partir de l'interruption de l'approche plusieurs indices permettent d'affirmer que les capacités cognitives du pilote étaient altérées :

- La trajectoire de remise de gaz n'a pas été suivie : il est probable qu'elle n'a pas été correctement préparée lors du briefing arrivée.
- Le collationnement des messages du contrôleur, sans application des consignes en cap ou en altitude, atteste du peu de disponibilité du pilote pendant l'interruption de l'approche.
- Il est probable que les nombreuses altérations de cap et changements d'attitude, commandées manuellement par le pilote dans cet environnement sans visibilité, l'ont amené à être confronté à des illusions sensorielles de type vestibulaire.

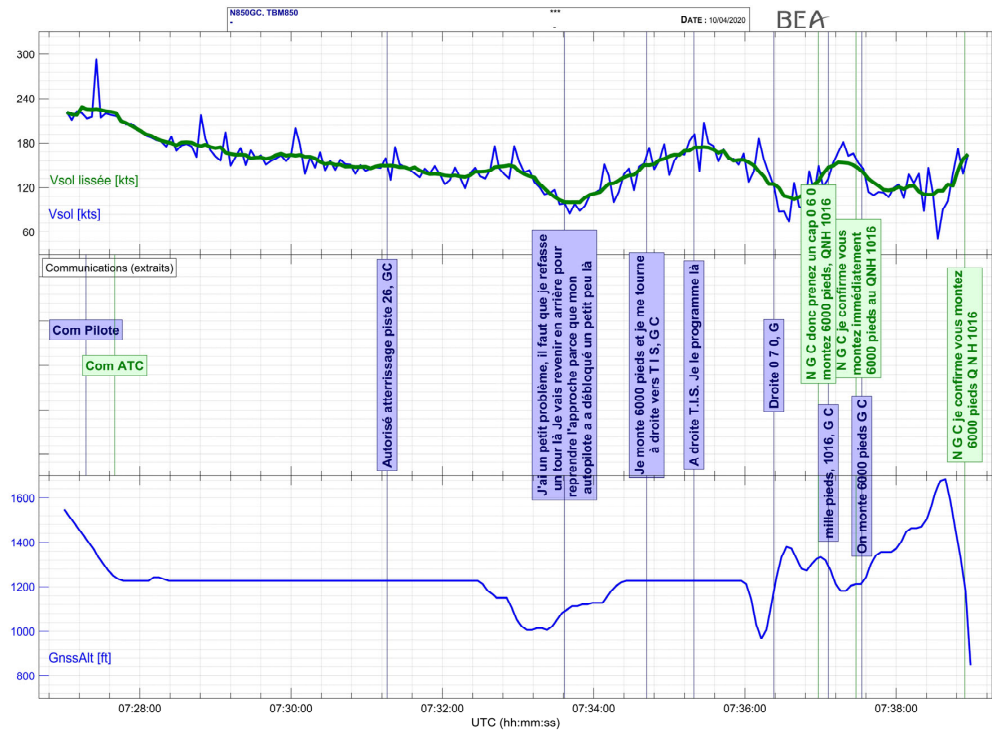


Figure 10 : Profil vertical de l'approche et indication de vitesse

L'expérience totale, la faible expérience récente en vol IFR sans référence visuelle extérieure ainsi que le manque d'adhésion à une méthode de travail structurée ne permettaient pas de faire face efficacement à une situation pendant laquelle la charge de travail était élevée.

2.7 Météorologie

Un axe orageux s'était évacué au matin du 8 août vers l'Italie. Cependant une masse d'air instable restait présente sur le Massif Central provoquant des pluies et des averses, parfois orageuses.

TAF - METAR

LFLC 080500Z 0806/0906 33006KT 9999 FEW006 SCT016 BKN033 TEMPO 0806/0809 3000 RA BKN015 SCT030TCU PROB30 TEMPO 0806/0809 1500 +RA BKN008 FEW030CB PROB40 TEMPO 0809/0812 5000 SHRA FEW035CB SCT040TCU PROB30 TEMPO 0812/0816 SHRA FEW035TCU PROB40 TEMPO 0900/0906 3000 BR OVC005 PROB30 TEMPO 0902/0905 0500 BCFG OVC003

LFLC 080600Z 34003KT 310V020 4500 RA BKN007 FEW030CB BKN036 15/14 Q1015 NOSIG=

LFLC 080630Z 33008KT 270V010 4500 RA BKN016 OVC036 15/14 Q1015 NOSIG=

LFLC 080700Z 34006KT 5000 RA BKN020 OVC033 15/14 Q1015 NOSIG=

LFLC 080730Z 35005KT 320V030 5000 RA SCT014 BKN030 OVC053 16/15 Q1016 NOSIG=

Les conditions météorologiques sur l'aérodrome de Clermont-Ferrand Auvergne au moment de l'accident étaient les suivantes :

- vent du 350° pour 5 kt ;
- visibilité 5 000 m ;
- pluie ;
- SCT à 1400 ft, BKN à 3 000 ft ;
- température 16 °C, température du point de rosée 15 °C ;
- QNH 1 016.

Toute l'approche a été conduite dans les nuages, sans référence visuelle extérieure.

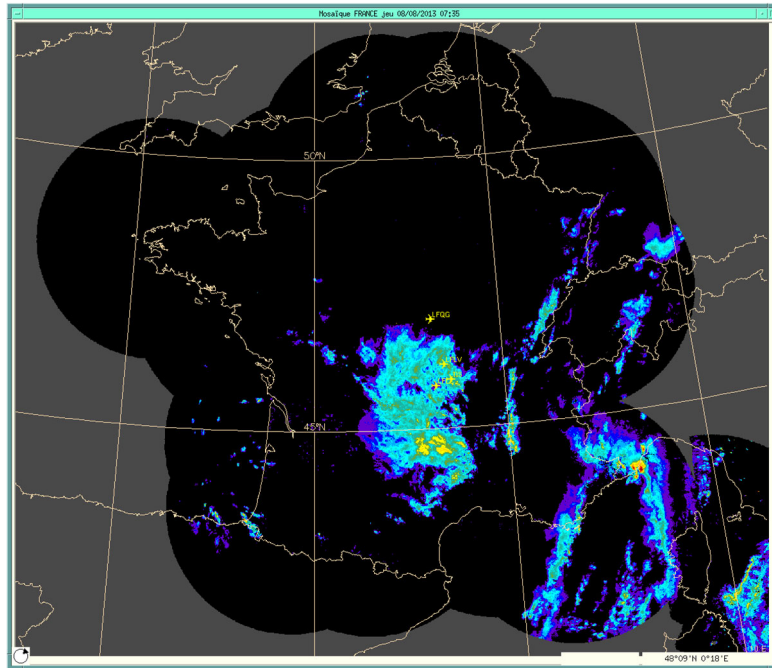


Figure 11 : Image mosaïque radar sur la France à 0735 UTC

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

La trace issue des données radar montre que l'avion a suivi la trajectoire de la procédure ILS Z 26 dans le plan horizontal jusqu'à environ 6,4 NM du seuil de piste. Cette observation est cohérente avec le suivi sous pilote automatique de la procédure ILS Z 26 entrée dans le FMS en mode GPS. La transition de GPS vers LOC a eu lieu après le FAP.

Bien que le mode APP ait été engagé, l'avion ne s'est pas mis en descente comme s'y attendait le pilote. Il a poursuivi aligné sur le LOC mais en palier à 4 000 ft pendant plus d'1 NM. Le pilote a tenté de rattraper le plan de descente par le haut. Ne parvenant pas à stabiliser sa trajectoire, il a interrompu l'approche, sans suivre la trajectoire de remise de gaz prescrite, ni les consignes en cap et en altitude fournies par le contrôleur. Il a effectué une succession de virages à gauche et à droite et de montées et descentes.

La trajectoire et les collationnements montrent qu'il a perdu la conscience de la situation. La régression de vitesse consécutive à la dernière montée a conduit le pilote à perdre le contrôle de l'avion qui est entré en collision avec le sol. Toute l'approche a été conduite sans visibilité extérieure.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la perte de contrôle :

- Une erreur de codage dans la base de données de la suite avionique Garmin 1000 qui a empêché la transition automatique du mode GPS vers le mode LOC. Ainsi l'interception automatique du plan de descente ne s'est pas faite ce qui a probablement surpris le pilote et l'a conduit à reprendre un pilotage manuel avec des corrections excessives.
- Une confiance trop importante du pilote dans le système de pilotage automatique de l'avion.
- Une méconnaissance des conditions requises pour la capture et le suivi du plan de descente par le système de pilotage automatique de l'avion.
- L'absence de vérification de cohérence par le pilote entre la procédure codée dans la suite avionique et sa fiche de percée.
- Une faible expérience totale et récente du pilote au vol aux instruments sans référence visuelle extérieure qui a pu contribuer à l'augmentation de son stress, à son manque de disponibilité et à une désorientation spatiale.
- Des illusions sensorielles auxquelles le pilote a pu être confronté, compte tenu des nombreux changements d'attitude de l'avion, sans référence visuelle extérieure.
- Une acquisition d'expérience et de compétences complémentaires avec des pilotes de sécurité après l'obtention de la qualification de classe SET inefficace et hors cadre réglementaire de formation, qui peut conduire des pilotes à s'affranchir de cet accompagnement lorsqu'il est considéré comme contraignant.