

Rapport

Incident survenu le **20 novembre 2007**
sur l'**aérodrome de Carcassonne (11)**
à l'avion Apex CAP 10C
immatriculé **F-GYZB**
exploité par le **SEFA**



Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Ministère de l'énergie, de l'environnement, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat

Avertissement

Ce rapport exprime les conclusions du BEA sur les circonstances et les causes de cet incident.

Conformément à l'Annexe 13 à la Convention relative à l'Aviation civile internationale, à la Directive 94/56/CE et au Code de l'Aviation civile (Livre VII), l'enquête n'a pas été conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Table des matières

AVERTISSEMENT	1
SYNOPSIS	3
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	4
1.1 Déroulement du vol	4
1.2 Renseignements sur le personnel	4
1.3 Renseignements sur l'aéronef	5
1.3.1 Cellule	5
1.3.2 Moteur	5
1.3.3 Système de jaugeage et d'indication de quantité de carburant	5
1.3.4 Carnet de route	6
1.4 Conditions météorologiques	6
1.5 Essais et recherches	6
1.5.1 Dépose du jaugeur après l'incident	6
1.5.2 Observations faites sur le CAP10C immatriculé F-GYZC, numéro de série 310, construit en 2003	7
1.5.3 Observations complémentaires sur le F-GYZB	7
1.5.4 Examen du jaugeur et des connecteurs au BEA	9
1.6 Renseignements sur les organismes et la gestion	9
1.7 Renseignements supplémentaires	10
1.7.1 Témoignages	10
1.7.2 Incident antérieur	11
2 - ANALYSE	12
3 - CONCLUSION	13

Synopsis

Date de l'incident	Propriétaire
Mardi 20 novembre 2007 à 10 h 05 ⁽¹⁾	SEFA
Lieu de l'incident	Exploitant
Aérodrome de Carcassonne (11)	SEFA
Nature du vol	Personnes à bord
Vol local d'instruction	Instructeur + pilote stagiaire
Aéronef	
Avion APEX Aircraft CAP 10C	

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

Résumé

Après une heure de vol, en courte finale pour atterrir sur la piste 10 revêtue, le moteur a des ratés puis ne délivre plus de puissance. L'instructeur atterrit. Au sol, il constate que le réservoir de carburant est vide, que l'indicateur de quantité de carburant affiche un quart du plein et que le voyant « bas niveau de carburant » est éteint.

Conséquences

	Blessures			Matériel
	Mortelles	Graves	Légères/Aucune	
Membres d'équipage	-	-	2	
Passagers	-	-	-	-
Autres personnes	-	-	-	

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le matin de l'incident, le vent est supérieur à vingt-cinq nœuds, limite fixée par l'exploitant pour l'utilisation du CAP 10C. En milieu de matinée, une diminution de la vitesse du vent permet à l'instructeur et à ses élèves d'entreprendre le vol.

Au bureau des opérations, les élèves ne trouvent pas le carnet de route à sa place habituelle. Alors que le premier élève se prépare pour le vol, le second effectue la visite pré-vol au cours de laquelle il vérifie visuellement le niveau de carburant à travers l'orifice de remplissage situé devant le pare-brise. Ils sortent l'avion et le positionnent à une cinquantaine de mètres du hangar. L'instructeur ne recherche pas le carnet de route et rejoint l'avion. En attendant le premier élève qui s'est absenté quelques minutes, il monte sur l'aile et vérifie à son tour la quantité de carburant. Il estime qu'elle est légèrement inférieure à cinquante-cinq litres, quantité embarquée habituellement pour ce type de vol. A ce moment, un mécanicien sort du hangar et lui demande par signes s'il désire un complément de carburant. Il répond, par signes également, que ce n'est pas nécessaire. A la mise en route, la jauge indique les trois quarts du plein, ce qui est cohérent avec l'estimation visuelle.

Quelques minutes plus tard, le premier élève et l'instructeur décollent. Après quarante minutes de circuits d'aérodrome, ils rejoignent la zone de voltige de Lavalette, située au sud de l'aérodrome, où ils évoluent pendant environ un quart d'heure.

Ils rejoignent ensuite l'étape de base main droite de la piste 10 pour atterrir. En courte finale, le moteur a des ratés puis ne délivre plus de puissance. L'instructeur reprend les commandes et atterrit. Après avoir dégagé la piste, il tente à plusieurs reprises de redémarrer le moteur. N'y parvenant pas, il vérifie visuellement la quantité de carburant dans le réservoir avant et constate que celui-ci est vide. L'indicateur de quantité de carburant affiche un quart du plein et le voyant « bas niveau de carburant » est éteint.

1.2 Renseignements sur le personnel

Instructeur : homme, 40 ans

- CPL(A) de 1992
- FI de 2001
- 6 300 heures de vol dont 5 136 en instruction
- Mille heures sur type dont trente heures dans les trois mois précédents

Pilote stagiaire : homme, 22 ans

- CPL(A) de novembre 2007
- Cent heures de vol dont dix sur type

1.3 Renseignements sur l'aéronef

Le F-GYZB a été acheté neuf par le SEFA.

1.3.1 Cellule

- Constructeur : APEX Aircraft
- Type : CAP 10C
- Numéro de série : 306
- Immatriculation : F-GYZB
- Année de mise en service : 2003
- Certificat de navigabilité : valide jusqu'au 6 décembre 2009
- Temps d'utilisation à la date du 20 novembre 2007 : 739 heures de vol
- Depuis la précédente grande visite, la première de l'avion, effectuée en août 2007 : 43 heures de vol

1.3.2 Moteur

- Constructeur : Lycoming
- Type : AEIO-360-B2F
- Numéro de série : L3032151A
- Date d'installation : 2003
- Temps total de fonctionnement : 739 heures de vol
- Temps de fonctionnement depuis installation : 739 heures de vol
- Cycles depuis installation : 2 388

1.3.3 Système de jaugeage et d'indication de quantité de carburant

Le CAP 10C est muni de deux réservoirs. Pendant le vol de l'incident, le réservoir arrière était vide conformément aux préconisations du manuel de vol pour les évolutions de voltige. Le réservoir avant est équipé d'un jaugeur capacitif de marque Westach dont les références, au moment de l'incident, étaient les suivantes : P/N 395-5S-1B-5LL, S/N 1057.

Le câblage électrique reliant les différents éléments de ce système est composé de plusieurs fils et plusieurs connecteurs. Les quatre fils provenant du jaugeur sont reliés par des cosses à quatre fils électriques rassemblés dans une gaine. Ces fils aboutissent à un connecteur de marque Deutsch de référence DT06-4, situé derrière le tableau de bord et nommé JG1/JG2. Ces fils sont utilisés pour les fonctions suivantes :

- mise à la masse,
- alimentation électrique,
- connexion à l'indicateur de quantité de carburant,
- connexion au témoin lumineux « bas niveau ».



Exemple de connecteur Deutsch DT06-4

1.3.4 Carnet de route

La veille du jour de l'incident, un avitaillement à cinquante-cinq litres a été effectué avant le dernier vol de la journée, d'une durée de trente-neuf minutes, qui comprenait des évolutions de voltige. Aucun posé-décollé n'est mentionné pour ce vol⁽²⁾.

L'étude du carnet de route montre que la consommation horaire est variable selon le type de vol effectué :

- en circuit d'aérodrome, la consommation horaire est d'environ 20 l/h,
- en voltige, la consommation horaire varie de 30 à 40 l/h,
- pour les vols combinant les circuits d'aérodrome et la voltige, on trouve des valeurs allant de 26 à 40 l/h.

⁽²⁾Le carnet de route mentionne, pour chaque vol, le nombre de posés-décollés, et, lorsque des figures de voltige ont été effectuées, les facteurs de charges extrêmes.

1.4 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques observées à 10 h 00 sur l'aérodrome sont les suivantes :

- vent 030° / 20 kt,
- rafales 30 kt,
- visibilité supérieure à 10 km,
- nuages morcelés à 2100 pieds,
- température 16 °C,
- QNH 1006 hPa.

1.5 Essais et recherches

1.5.1 Dépose du jaugeur après l'incident

Immédiatement après l'incident, le jaugeur a été remplacé. Les fonctionnements corrects de l'indicateur et du témoin lumineux ont été constatés par le personnel de maintenance qui a procédé à cet échange.

1.5.2 Observations faites sur le CAP10C immatriculé F-GYZC, numéro de série 310, construit en 2003

En février 2008, à Castelnau-d'Aspet, au cours d'une grande visite de cet avion, réservoir de carburant vide, le personnel de maintenance du SEFA a observé les mêmes symptômes que ceux constatés sur l'indicateur de quantité de carburant et le témoin lumineux du F-GYZB.

Les faits supplémentaires suivants ont été observés en actionnant le bouton poussoir de test des voyants lumineux, toujours réservoir vide.

Actions	Quantité de carburant affichée	Témoin lumineux « bas niveau »
Batterie sur marche	Environ un quart	Eteint
Bouton poussoir de test des voyants lumineux appuyé	Zéro	Allumé
Bouton poussoir de test des voyants lumineux relâché	Zéro	Allumé
Batterie sur arrêt	Zéro	Eteint
Batterie sur marche	Environ un quart	Eteint

L'étude du câblage électrique de l'avion montre qu'en fonctionnement normal, l'appui sur le bouton de test provoque une mise à la masse du fil reliant le connecteur JG1/JG2 au témoin lumineux. L'autre borne de ce dernier est reliée au réseau de bord d'une tension de quatorze volts.

Par ailleurs, des mesures de tensions électriques ont été réalisées, jaugeur et bandeau d'alarme débranchés, batterie branchée, aux bornes du connecteur JG1/JG2 :

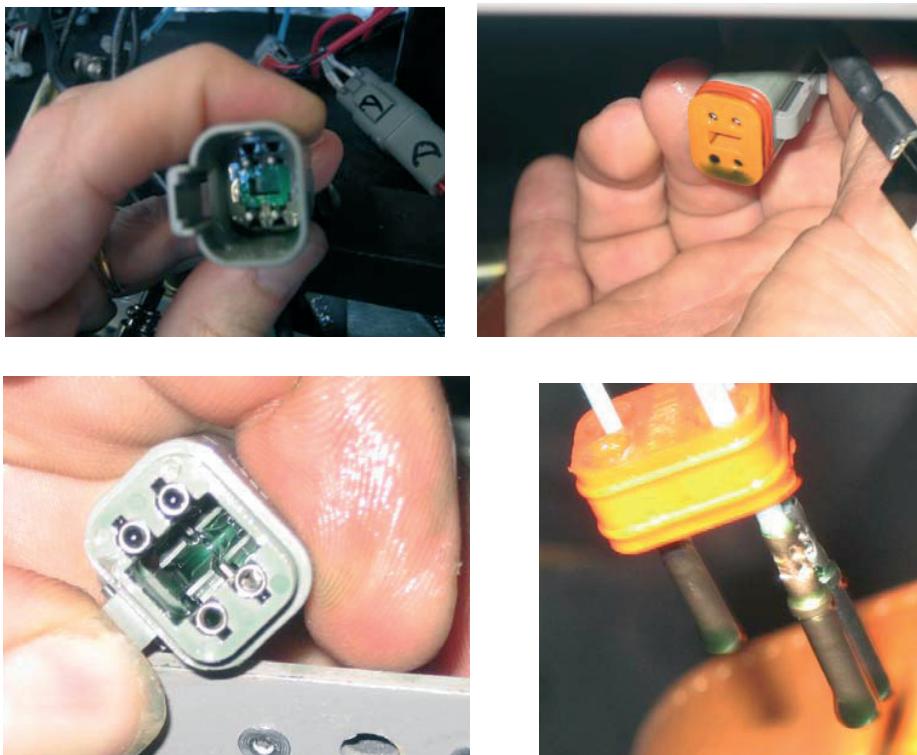
- une tension de huit volts a été mesurée sur le fil reliant le connecteur au témoin lumineux. Cette tension diminue la différence de potentiel aux bornes de celui-ci, réduisant ainsi son intensité lumineuse ;
- une tension d'environ 1,3 volt a été mesurée sur le fil reliant le connecteur à l'indicateur de quantité de carburant. Cette valeur est cohérente avec l'indication observée sur cet instrument.

L'examen visuel interne du connecteur montre la présence de dépôts d'une matière verte entre les broches du connecteur, notamment entre les broches du fil d'alimentation et celui du témoin « bas niveau ». Plusieurs broches de ce connecteur présentent des tâches de couleur brune et d'autres de couleur verte.

Enfin, la trappe d'accès au jaugeur est dépourvue de joint ou de mastic.

1.5.3 Observations complémentaires sur le F-GYZB

A la suite de ces constatations, un examen similaire a été conduit le 28 février en présence d'enquêteurs du BEA, sur le connecteur JG1/JG2 du F-GYZB. Celui-ci a mis en évidence la présence d'un liquide de couleur verte à l'intérieur du connecteur. Une odeur de carburant était perceptible.



La présence de ce liquide a également été constatée le long des fils provenant du jaugeur et sur la paroi extérieure du réservoir à proximité immédiate du jaugeur.

Le vernis de blocage des potentiomètres du jaugeur a partiellement disparu.



Jaugeur du réservoir avant

Comme sur le F-GYZC, la trappe d'accès au jaugeur est dépourvue de joint ou de mastic.



Vue globale de l'accès au jaugeur, situé à proximité de l'orifice de remplissage

Au cours du remontage des taches brunes et vertes ont été observées sur les broches du fil d'alimentation et du fil du voyant « bas niveau ».



Broche mâle du fil d'alimentation



Broche mâle du fil du voyant
« bas niveau »

Sur les deux avions, le diamètre des fils aboutissant au connecteur est inférieur (diamètres référencés⁽³⁾ 20 et 22) à celui préconisé par le constructeur du connecteur (diamètres référencés 14 à 18).

1.5.4 Examen du jaugeur et des connecteurs au BEA

L'examen du jaugeur n'a pas mis en évidence la présence de liquide susceptible d'altérer le fonctionnement de cet équipement.

L'examen des broches des connecteurs du F-GYZC et F-GYZB montre des traces de corrosion du cuivre. A ces endroits, la couche de nickel a disparu.

En laboratoire, lors de l'immersion dans de l'eau d'un connecteur neuf avec l'une des broches reliée à la borne positive d'un générateur et une autre, adjacente, reliée à une charge simulant la présence d'un indicateur, on observe que le circuit est parcouru par un courant et qu'une réaction d'oxydoréduction s'établit entraînant :

- la formation d'un précipité de couleur verte, colorant l'eau,
- une tension, mesurée aux bornes de la charge.

Cette réaction provoque la formation de dépôts identiques à ceux observés à l'intérieur des connecteurs du F-GYZC et F-GYZB.

La même expérience réalisée dans un bain de carburant ne conduit à aucune réaction significative.

En conclusion, la présence d'eau dans le connecteur, alors que le circuit électrique de l'avion est alimenté, peut permettre d'établir, suite à une réaction d'oxydoréduction, une tension sur la broche reliée à l'indicateur carburant et sur celle reliée au témoin lumineux, engendrant des informations erronées.

⁽³⁾Le diamètre diminue lorsque le chiffre de référence augmente. Ainsi un fil de diamètre référencé 20 a un diamètre plus petit qu'un fil de diamètre référencé 16.

1.6 Renseignements sur les organismes et la gestion

Le SEFA bénéficie du statut d'Atelier d'Entretien Agréé pour l'ensemble de ses centres. Chaque centre dispose d'une liste de capacité qui lui est propre, définissant les actions de maintenance qu'il est autorisé à conduire. Ainsi, pour l'entretien des CAP10, le centre de Carcassonne effectue l'ensemble des opérations de maintenance à l'exception des grandes visites, effectuées à Castelnaudary.

Le SEFA a établi un programme d'entretien basé sur celui du constructeur. Les deux programmes prévoient de « s'assurer de la fixation et de l'étanchéité de la jauge » lors des visites annuelles et des grandes visites. Par ailleurs, le document du SEFA prévoit le remplacement des « joints externes »⁽⁴⁾ des jaugeurs carburant ainsi que le réglage de ces derniers lors des grandes visites. Le programme d'entretien d'APEX ne mentionne pas ces opérations.

⁽⁴⁾Selon le SEFA, ce terme désigne le joint assurant l'étanchéité à l'interface jaugeur/réservoir selon le type de jaugeur employé.

1.7 Renseignements supplémentaires

1.7.1 Témoignages

1.7.1.1 L'instructeur

L'instructeur explique que l'avion, seul CAP 10 disponible, devait également être utilisé par un autre instructeur avec ses élèves le matin de l'événement. Lorsque le vol est devenu possible, compte tenu des conditions météorologiques, il a convenu avec son collègue qu'il utiliserait l'avion en premier. Pressé, il a rejoint l'avion sans avoir consulté le carnet de route. Constatant que l'élève s'était absenté quelques minutes, il est monté sur l'aile et a vérifié la quantité de carburant à travers l'orifice de remplissage situé devant le pare-brise. Il explique qu'à ce moment-là, il ne se sentait plus particulièrement pressé. Il a estimé que la quantité embarquée était légèrement inférieure à cinquante-cinq litres.

Il précise que l'emport de cinquante-cinq litres, habituel, permet de garantir le respect des limitations de masse. Cette quantité de carburant est suffisante pour ce type de vol dont la durée est généralement inférieure à une heure.

Le jour de l'événement, il a procédé comme à son habitude pour cette estimation : il a utilisé comme repère un évidemment dans la paroi d'un raidisseur du réservoir, visible à travers l'orifice de remplissage de celui-ci. La hauteur de carburant par rapport à ce repère lui a permis de déterminer la quantité embarquée.

1.7.1.2 Le mécanicien

Le mécanicien explique qu'au début de son service, le matin, le carnet de route de l'avion était posé en dehors de son emplacement habituel au bureau des opérations. Un message, laissé par le mécanicien de la veille, indiquait que l'avitaillement à cinquante-cinq litres n'avait pas été fait et qu'une action de maintenance mineure était nécessaire sur les carénages de roue. Le mécanicien a effectué cette action mais a décidé de différer l'avitaillement car il n'était pas certain que l'avion allait être utilisé dans la matinée. Il a ensuite continué ses tâches à l'atelier. Lorsqu'il a aperçu l'instructeur à proximité du F-GYZB sur le parking, il lui a fait un signe pour lui demander s'il voulait du carburant. L'instructeur a répondu, par signes également, qu'il n'en voulait pas.

Il précise qu'une règle graduée, construite par le SEFA, visant à mesurer la quantité de carburant dans le réservoir avant des CAP 10C était disponible dans le camion d'avitaillement. La veille, il avait utilisé cette règle lorsqu'il a avitaillé à cinquante-cinq litres le F-GYZB, avant le dernier vol de cette journée. Depuis l'incident, cette règle est disponible au bureau des opérations pour les pilotes et les mécaniciens.

1.7.1.3 Le constructeur de l'avion, APEX Aircraft

L'étanchéité de l'interface jaugeur/réservoir est assurée par un joint fourni avec le jaugeur par Westach. L'étanchéité au niveau de la trappe de visite est assurée par du mastic appliqué lors de la fabrication.

Des tests ont été réalisés avec les connecteurs et les fils électriques de diamètre référencé 22 pour vérifier l'étanchéité de l'ensemble. Ces essais ont été satisfaisants.

1.7.1.4 Le fabricant du connecteur, Deutsch

L'usage de fils de diamètre inférieur au diamètre référencé 18 ne garantit plus l'étanchéité du connecteur.

1.7.1.5 Des mécaniciens assurant la maintenance d'autres CAP 10C

Sept autres ateliers assurant la maintenance de CAP 10C dont le numéro de série est supérieur à 300 ont été contactés. Tous indiquent la présence de mastic ou de silicone assurant l'étanchéité au niveau de la trappe de visite du jaugeur à l'exception d'un d'entre eux qui fournit la photo suivante sur laquelle sont visibles :

- des traces de corrosion sur les vis de fixation du jaugeur,
- des morceaux d'adhésif sur la trappe de visite.



Un autre mécanicien explique que des pilotes avaient signalé une odeur de carburant en cabine. A l'ouverture de la trappe, il avait constaté la présence d'humidité et de carburant à proximité du jaugeur. En refermant la trappe, il avait ajouté un joint de silicone qui n'existe pas à l'ouverture. L'odeur de carburant n'a pas été signalée à nouveau par la suite. Cet avion avait été entretenu par un autre atelier auparavant.

1.7.2 Incident antérieur

Le 23 mai 2006, un équipage du SEFA effectuant une mise en vol dos à bord du F-GYZC a observé une projection d'essence sur le pare-brise. L'origine de cette projection a été attribuée à un défaut d'étanchéité au niveau des vis de fixation du jaugeur qui pénètrent dans le réservoir. Il avait alors été décidé d'ajouter du mastic sous les têtes de vis du F-GYZC et F-GYZB.

2 - ANALYSE

Il est difficile d'estimer la quantité de carburant contenue dans le réservoir avant le vol de l'incident compte tenu de la variabilité possible de la consommation en voltige, constatée à l'étude du carnet de route. Toutefois, le fait qu'un vol d'environ quarante minutes ait été fait la veille après un avitaillement à cinquante-cinq litres permet d'affirmer que la quantité embarquée était assez nettement inférieure à cinquante-cinq litres au départ du vol de l'incident.

L'instructeur avait l'habitude de procéder à une estimation visuelle avec une quantité de cinquante-cinq litres. Son témoignage ne permet pas de comprendre pourquoi son estimation visuelle a été erronée cette fois-ci.

Ce constat montre toutefois que le contrôle visuel de la quantité de carburant peut parfois être défaillant et qu'il ne permet pas, à lui seul, d'assurer systématiquement une estimation fiable de la quantité embarquée, d'autant que le réservoir est dépourvu d'une échelle graduée. La consultation du carnet de route aurait peut-être pu préparer l'instructeur à ce contrôle visuel. Le caractère précipité de la décision d'entreprendre le vol a pu contribuer à ce que l'élève, comme l'instructeur, ne s'interrogent pas davantage sur l'absence du carnet de route à son endroit habituel.

Il convient d'observer que l'exploitation du CAP 10C, telle que prévue par le SEFA, est plus contraignante que celle des autres avions de la flotte. En effet, la limitation de vent et la définition d'un plein partiel à cinquante-cinq litres, rendue nécessaire pour respecter les limitations de masse, compliquent l'exploitation de cet avion. Celle-ci exige ainsi une attention et une coordination particulières entre les différents intervenants, instructeurs, stagiaires et mécaniciens.

En fin de vol, l'absence d'allumage du témoin « bas niveau d'essence », n'a pas permis aux occupants de prendre conscience de l'imminence de la panne d'essence.

Les fonctionnements erronés du témoin lumineux et de l'indicateur de quantité de carburant peuvent s'expliquer par la présence de liquide dans le connecteur JG1/JG2. Ce liquide est vraisemblablement un mélange d'eau de pluie, ou de condensation, ou de lavage, et de carburant.

Les éléments suivants ont pu rendre possible la présence de ce liquide dans le connecteur :

- l'absence d'étanchéité, pourtant prévue par le constructeur, au niveau de la trappe de visite du jaugeur, permettant un éventuel ruissellement d'eau ou de carburant, pendant les opérations d'avitaillement, sur le jaugeur puis le long des fils électriques. L'enquête n'a pas permis de déterminer si ce défaut d'étanchéité est le résultat d'une action de maintenance erronée ou d'une erreur de fabrication. Dans les deux cas, l'absence de mention explicite relative à la vérification de cette étanchéité dans le programme de maintenance ne favorise pas la correction de ces erreurs. Les éléments

recueillis pendant l'enquête ne permettent pas de conclure sur la qualité de l'étanchéité à l'interface réservoir/jaugeur dont le contrôle est prévu en grande visite ;

- au niveau du connecteur lui-même, l'usage de fils d'un diamètre inférieur à celui prescrit par Deutsch.

Les observations suivantes, effectuées par le personnel d'entretien, montrent toutefois que d'autres phénomènes interviennent sans que l'enquête ait permis de les identifier avec précision :

- le fonctionnement du témoin lumineux et de l'indicateur de quantité de carburant a été corrigé par le changement du jaugeur sans que le connecteur ait été manipulé,
- l'appui sur le bouton de test des voyants a modifié les indications de ces deux équipements.

3 - CONCLUSION

La panne d'essence résulte :

- d'une estimation visuelle erronée de la quantité de carburant embarquée avant le vol, non confirmée par la consultation du carnet de route ou par l'utilisation d'une règle graduée,
- d'un fonctionnement défectueux du témoin lumineux « bas niveau d'essence » et de l'indicateur de quantité de carburant. L'enquête a permis d'établir que la présence de liquide dans le connecteur reliant le jaugeur à ces deux équipements a contribué à ce dysfonctionnement. La présence de ce liquide a été rendue possible par :
 - l'emploi, pendant la fabrication, de fils de diamètre inférieur à celui préconisé par le constructeur du connecteur,
 - le manque d'étanchéité au niveau de la trappe du jaugeur, bien que celle-ci soit prévue par le constructeur.

BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Zone Sud - Bâtiment 153
200 rue de Paris
Aéroport du Bourget
93352 Le Bourget Cedex - France
T : +33 1 49 92 72 00 - F : +33 1 49 92 72 03
www.bea.aero

N° ISBN : 978-2-11-098716-7

