

Rapport

Accident survenu le 6 août 2014
à Saint-Jean-les-Deux-Jumeaux (77)
à l'avion **Socata TBM700**
immatriculé N129AG

BEA

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

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

Les enquêtes de sécurité

Le BEA est l'autorité française d'enquêtes de sécurité de l'aviation civile. Ses enquêtes ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement la détermination des fautes ou responsabilités.

Les enquêtes du BEA sont indépendantes, distinctes et sans préjudice de toute action judiciaire ou administrative visant à déterminer des fautes ou des responsabilités.

Table des matières

LES ENQUÊTES DE SÉCURITÉ	2
GLOSSAIRE	5
SYNOPSIS	6
ORGANISATION DE L'ENQUÊTE	7
1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE	8
1.1 Déroulement du vol	8
1.2 Tués et blessés	9
1.3 Dommages à l'aéronef	9
1.4 Autres dommages	9
1.5 Renseignements sur le pilote	9
1.6 Renseignements sur l'aéronef	11
1.6.1 Cellule	11
1.6.2 Moteur et hélice	12
1.6.3 Entretien	12
1.7 Renseignements météorologiques	12
1.8 Aides à la navigation	13
1.9 Télécommunications	13
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	13
1.11 Enregistreurs de bord	14
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	14
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	15
1.14 Incendie	15
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	15
1.16 Essais et recherches	16
1.16.1 Vidéo	16
1.16.2 Examens sur l'épave	16
1.16.3 Exploitation des données ATM	17
1.16.4 Essais en vol et en simulateur	18
1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion	19
1.17.1 Propriétaire et exploitant de l'avion	19
1.17.2 Réglementation sur l'emport d'enregistreur de bord	19

1.18 Renseignements supplémentaires	20
1.18.1 Le virage engagé et la vrille	20
1.18.2 Accidents mortels sur les avions « hautes performances »	21
2 - ANALYSE	22
2.1 Scénario	22
2.2 Perte de contrôle en vol	23
2.3 Vol de voyage en avions « Hautes Performances » en IMC en mono-pilote	25
3 - CONCLUSION	26
3.1 Faits établis par l'enquête	26
3.2 Causes de l'accident	26
4 - RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ	27

Glossaire

AESA	Agence Européenne de la Sécurité Aérienne
ATM	Air Traffic Management
CRNA	Centre en Route de la Navigation Aérienne
ETM	Engine Trend Monitor Surveillance des tendances du moteur
FAA	Federal Aviation Administration
HPA	High Performance Aircraft Avion à hautes performances
IFR	Règle de vol aux instruments
IMC	Instrument Meteorological Conditions
KIAS	Vitesse indiquée (en Nœuds, kt)
MMDC	Masse Maximale au Décollage Certifiée
PA	Pilote Automatique
PPL	Private Pilot License
SB	Service Bulletin
SET	Single engine turbine Qualification de classe d'avion monomoteur à turbine
SL	Service Letter
STC	Supplemental Type Certificate Certificat de type supplémentaire
TSN	Time Since New Depuis la mise en service initiale (en heures)
VMO	Velocity Maximum Operating Vitesse maximale en opérations

Synopsis

Perte de contrôle en vol, vrille à plat, collision avec le sol

Aéronef	Avion Socata TBM700 immatriculé N129AG
Date et heure	6 août 2014 à 12 h 23 ⁽¹⁾
Exploitant	Privé
Lieu	Saint-Jean-les-Deux-Jumeaux (77)
Nature du vol	Aviation générale
Personnes à bord	Un pilote et quatre passagers
Conséquences et dommages	Pilote et un passager décédés, trois passagers blessés, avion détruit

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

Le pilote, accompagné de quatre passagers, décolle de l'aérodrome de Cannes-Mandelieu (06) vers 10 h 40 min à destination de l'aérodrome de Courtrai en Belgique, sous plan de vol IFR. La croisière s'effectue au FL240 dans une épaisse couche nuageuse. Après 1 h 40 min de vol environ, l'avion descend subitement en virage à droite, jusqu'au FL149. Pendant cette descente, la vitesse augmente fortement et l'alarme de survitesse (alarme VMO) se déclenche. Quarante-cinq secondes environ après le début de la descente rapide, l'avion remonte en atteignant une vitesse ascensionnelle de plus 10 000 ft/min. La vitesse chute jusqu'au décrochage vers le FL201, alors que l'avion est toujours en conditions IMC. L'avion entre ensuite en vrille, qui s'aplatit au cours de la descente. Lorsque l'avion sort des nuages entre 1 000 et 2 000 ft d'altitude, en vrille à plat, la hauteur est insuffisante pour permettre au pilote d'effectuer les actions nécessaires pour sortir de la vrille et de récupérer le contrôle de l'avion.

La difficulté à identifier la vrille et à appliquer les actions adéquates de sortie de vrille lorsqu'il n'y a pas de références visuelles extérieures n'a pas permis au pilote de récupérer le contrôle de l'avion et d'éviter la collision avec le sol.

En l'absence d'enregistreur de vol, l'enquête n'a pas permis d'établir avec certitude les circonstances et les causes de l'accident. Huit recommandations de sécurité ont déjà été émises par des autorités d'enquêtes européennes visant à introduire l'emport d'enregistreur pour les avions légers. En réponse, l'AESA étudie ce sujet au travers d'une tâche réglementaire. Le BEA a donc adressé à l'AESA deux recommandations de sécurité supplémentaires pour inclure le cas de cet accident dans l'évaluation de la tâche réglementaire en cours et pour installer des enregistreurs de bord sur les avions classés comme « *Hautes Performances* ».

ORGANISATION DE L'ENQUÊTE

Le 6 août 2014, le BEA a été informé de l'accident d'un avion de type Socata TBM700, immatriculé N129AG survenu sur la commune de Saint-Jean-les-Deux-Jumeaux. Conformément aux dispositions du règlement (UE) n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une enquête de sécurité a été immédiatement ouverte par le BEA.

Une équipe de trois enquêteurs du BEA s'est rendue sur le site de l'accident les 6 et 7 août 2014. Ceci a notamment permis d'étudier la répartition des débris et de recueillir les premiers témoignages.

Trois groupes de travail ont été constitués dans les domaines suivants : aéronef, systèmes avion et exploitation.

Conformément aux dispositions internationales de l'Annexe 13 à la convention relative à l'aviation civile internationale, le BEA a associé à l'enquête de sécurité ses homologues étrangers :

- le NTSB (Etats-Unis), l'avion étant immatriculé aux Etats-Unis ;
- le BST (Canada), le moteur étant de construction canadienne, ce qui a permis de bénéficier de l'assistance de conseillers techniques de Pratt & Whitney Canada ;
- l'AAIU (Belgique), le pilote étant de nationalité belge.

1 - RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Note : les éléments suivants sont issus de données radar, de radiocommunications, de témoignages et de l'étude du site de l'accident. Les vitesses ont été calculées à partir des positions enregistrées.

Le mercredi 6 août 2014, le pilote accompagné de quatre passagers décolle de l'aérodrome de Cannes-Mandelieu vers 10 h 40 min à destination de l'aérodrome de Courtrai, sous plan de vol IFR. L'objectif du vol est de ramener le Président Directeur Général de la société à qui appartient l'avion et qui était en vacances à Cannes. Les passagers assis à l'arrière de l'avion sont des enfants d'amis du pilote.

A 11 h 02 min l'avion atteint son altitude de croisière au FL240.

A 12 h 20 min 16 (point **2** de la trajectoire ci-contre⁽²⁾), alors que l'avion est à environ 25 NM à l'est de Paris en IMC avec une vitesse sol d'environ 270 kt (soit une vitesse indiquée de l'ordre de 190 kt), il vire à droite et commence à descendre jusqu'au niveau de vol FL149. La vitesse verticale moyenne pendant cette descente est d'environ 11 500 ft/min et la vitesse sol atteint 390 kt (soit une vitesse indiquée de l'ordre de 300 kt).

⁽²⁾La trajectoire présentée dans la figure 1 est par ailleurs analysée dans la partie 1.16 du rapport.

A 12 h 21 min 03 (point **3**), l'avion est toujours en IMC et commence à remonter.

A 12 h 21 min 09, le pilote, en réponse à un appel du contrôle aérien, émet un bref message radio non compréhensible sur la fréquence du service de contrôle aérien de Paris. A 12 h 21 min 15 (point **4**), le pilote indique au service de contrôle « *We have a problem* », puis l'avion atteint le niveau de vol FL201 (point **5**). La vitesse sol atteint environ 100 kt. L'avion commence alors à descendre de nouveau, avec une vitesse verticale moyenne de plus de 10 000 ft/min.

Des témoins voient l'avion sortir des nuages entre 1 000 et 2 000 ft du sol. L'avion est en vrille à plat, en rotation antihoraire (vers la gauche). Il entre en collision avec le sol à 12 h 23, selon une trajectoire quasiment verticale, à plat (point **6**).

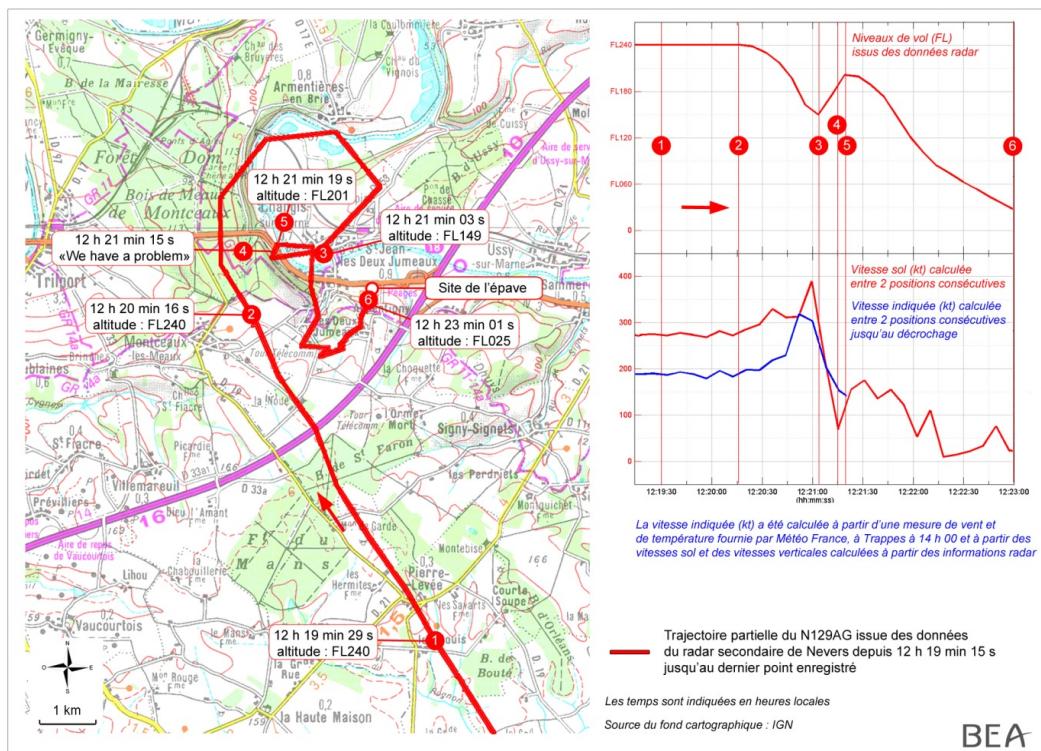


Figure 1 - trajectoire

1.2 Tués et blessés

	Blessures		
	Mortelles	Graves	Légères/Aucune
Membres d'équipage	1	-	-
Passagers	1	3	-
Autres personnes	-	-	-

Les trois passagers blessés étaient assis à l'arrière de l'avion. Ils indiquent avoir dormi dans l'avion depuis le décollage de Cannes et ne pas avoir de souvenir de l'accident.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion est détruit.

1.4 Autres dommages

Des arbres ont été endommagés.

1.5 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 63 ans, était titulaire d'une licence de pilote privé belge PPL (A) délivrée en juillet 1988. Il avait obtenu une SET TBM700 en mai 2006. La dernière prorogation de cette qualification avait eu lieu le 30 mai 2014. Cette qualification était restreinte au vol à vue⁽³⁾.

⁽³⁾Le pilote ne possédait pas de qualification de vol aux instruments sur sa licence de pilote privée délivrée par la Belgique.

Le pilote avait converti en 1993 sa licence de pilote privé belge en une licence américaine de pilote privé avion. En 1995, il avait obtenu sa qualification de vol aux instruments aux Etats-Unis sur PA46 Malibu. La réglementation américaine classe le TBM700 dans la catégorie des monomoteurs terrestres. Elle ne requiert ni qualification de classe TBM700, ni qualification de type.

Aux Etats-Unis, pour proroger sa licence, un pilote doit effectuer tous les 24 mois un vol de vérification des compétences avec un instructeur. Ces vols sont uniquement inscrits dans le carnet de vol et ne sont pas enregistrés par la FAA. La validité de la qualification de vol aux instruments est soumise à des conditions d'expérience récente de moins de six mois ou à un contrôle en vol. Par ailleurs, la réglementation fédérale américaine⁽⁴⁾ impose aux pilotes d'aéronefs comme le TBM700 d'avoir suivi les formations suivantes, à noter dans le carnet de vol :

- une formation avion complexe (train rentrant, hélice à pas variable notamment) ;
- une formation avion à hautes performances (avion équipé d'un moteur délivrant plus de 200 Cv) ;
- une formation aéronef pressurisé capable de voler à haute altitude.

⁽⁴⁾FAR 61.31.

Seul un carnet de vol américain ouvert en août 2003 a été retrouvé. A partir des informations contenues dans ce carnet, il n'a pas été possible de déterminer si la qualification aux instruments du pilote était en cours de validité au moment de l'accident. Aucun vol de vérification des compétences avec un instructeur n'est mentionné dans ce carnet. La licence américaine du pilote n'était pas au format en vigueur au moment de l'accident⁽⁵⁾. La conversion en une licence de nouveau format n'a pas été effectuée.

⁽⁵⁾Le format de la licence retrouvée n'est plus en vigueur depuis 2010.

Le pilote possédait un certificat d'aptitude médicale de classe 2 délivrée par la FAA, renouvelé pour la dernière fois en septembre 2013. Lors de ce renouvellement, le pilote avait déclaré environ 3 000 heures de vol.

Il totalisait environ 700 heures de vol sur TBM700, la quasi-totalité sur le N129AG, dont 88 réalisées en 2014 et 92 en 2013.

Le jour de l'accident, le pilote s'était levé à 5 h 00 pour effectuer un premier vol entre Courtrai et Cannes. Il avait décollé de Courtrai à 7 h 17 avec les trois passagers qui étaient assis en places arrières lors du vol de l'accident. Il avait atterri à Cannes à 9 h 34.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Cellule

Constructeur	Daher-Socata
Type	TBM700 (version B)
Numéro de série	171
Immatriculation	N129AG
Année de construction	2000
Certificat de navigabilité	N°DART111002EA du 20/12/2007 délivré par la FAA
Date du certificat d'examen de navigabilité	29/08/2013 valable jusqu'au 31/08/2016
Utilisation totale	1 385 heures de vol et 1 219 cycles

Le TBM700 est un avion monomoteur à turbine mono-pilote construit par Daher-Socata. Il contient six sièges, dont celui du pilote. Sa masse maximale certifiée au décollage est de 2 984 kg (pour les versions A et B).

Sa VMO est de 266 KIAS. Le dépassement de cette vitesse en vol génère une alarme sonore dans le poste de pilotage et un enregistrement dans le calculateur de maintenance du moteur, appelé « *Shadin ETM* ».

La masse de l'avion au moment de l'accident était d'environ 2 500 kg. La vitesse de décrochage de l'avion à cette masse, avec les ailes à plat en configuration lisse est 70 kt.

La masse et le centrage de l'avion étaient dans les limites définies par le constructeur.

Deux volants, placés devant les sièges avant de la cabine, permettent de commander l'assiette et l'inclinaison de l'avion. Ces deux volants sont reliés mécaniquement et possèdent chacun un bouton de déconnexion du PA. Il est possible également de déconnecter le PA en exerçant une force sur le volant supérieure à 36 lbs en tangage ou 26 lbs en roulis.

La chaîne du pilote automatique installée dans le N129AG est de type « *KFC325 Flight Control System with EFS40/50* » de Bendix King⁽⁶⁾. Les actions commandées par le PA sont transmises aux gouvernes au travers de quatre servocommandes (tangage, roulis, lacet et compensateur de profondeur).

⁽⁶⁾Aujourd'hui Honeywell.

Les informations d'attitudes de l'aéronef sont mesurées par plusieurs calculateurs, dont le « *KVG350 vertical gyro* » qui fournit des informations précises sur l'assiette et le roulis. Ce calculateur vérifie l'intégrité des vitesses des gyroscopes et des signaux de sortie. Il fournit un signal de validité au calculateur du PA. Si ce signal indique une invalidité, le PA se désengage automatiquement. Le PA surveille également les vitesses des gyroscopes du KVG350 afin de se déconnecter si les vitesses de variations d'assiette et de roulis dépassent respectivement 5°/s et 10°/s.

1.6.2 Moteur et hélice

Constructeur	Pratt & Whitney
Type	PT6A-64
Numéro de série	PCR-PM0049
Heures de vol du moteur	1 385
Hélice	MT-Propeller MTV-37-1-E-C-F-R(P)/CFR225-55f
Numéro de série de l'hélice	140231
Heures de vol de l'hélice	99

1.6.3 Entretien

La dernière opération d'entretien a été effectuée à 1 286 heures de vol (TSN 1286), en avril 2014. Il s'agissait de l'installation par Air Alliance GmbH de l'hélice MT Propeller 5 pales, neuve, en accord avec le STC n°SA02958NY.

En juillet 2014, une facture a été émise par Air Alliance GmbH concernant le remplacement prévu des trois générateurs d'oxygène. L'intervention était en cours de planification.

La dernière opération d'entretien programmé a eu lieu à TSN 1276 en février 2014 et comprenait :

- une visite « A-check » - maintenance annuelle (100 h) de l'avion, et
- une révision des 600 h du moteur.

Le constructeur Socata avait diffusé, en août 2004, le bulletin de service SB KDC222-4 de Honeywell par la lettre de service SL 70-036 22. Ce bulletin de service traite d'une évolution au niveau du calculateur de paramètres air (KDC 222) du PA qui visait à en réduire la déconnection en condition de turbulence légère (pour des accélérations verticales de l'ordre de 1,6 g). Ce bulletin de service était recommandé en cas de déconnexion intempestive du PA. Il s'appliquait au N129AG, mais aucune modification n'avait été demandée par le propriétaire.

1.7 Renseignements météorologiques

Au moment de l'accident, une perturbation active passait à proximité du lieu de Saint-Jean-les-Deux-Jumeaux. La pluie était intense. La carte de prévision des vents et des températures de 10 h 00 prévoit au FL240 un vent provenant de l'ouest / sud-ouest pour 40 kt et une température de -26°C.

L'étude de la situation météorologique effectuée par Météo France indique :

- une base de la couverture nuageuse entre 1000 et 2000 ft et son sommet entre le FL300 et FL340, avec des visibilités obliques et horizontales fortement réduites ;
- un risque modéré de givrage entre le FL120 et le FL210 ;
- un risque de givrage fort entre les FL140 et FL180 ;
- un risque de givrage faible au FL240.

Les observations⁽⁷⁾ faites à 12 h 00 et à 12 h 30 sur l'aéroport de Roissy-Charles-de-Gaulle (LFPG), distant de 35 km, indiquaient de la pluie, une base des nuages à 1 600 ft, une température de 17 °C à 18 °C et une visibilité entre cinq et sept kilomètres.

⁽⁷⁾METAR LFPG
061000Z VRB11G25KT
5000 -RA FEW016
BKN050 BKN083
18/15 Q1015 NOSIG=
METAR LFPG 061030Z
17012G22KT 120V180
7000 RA FEW016
BKN040 BKN083
17/15 Q1015 NOSIG=

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Télécommunications

L'enregistrement des communications avec le service de contrôle aérien montre que le pilote du N129AG était en contact avec Paris contrôle depuis 11 h 37 min 09, en annonçant le niveau de vol FL240. Plusieurs communications de routine sur des points tournants de la trajectoire et sur des changements de fréquence sont ensuite enregistrées. Les communications radio avec le N129AG à partir de 12 h 19 min 12 sont :

Heure	Locuteur	Messages
12 h 19 min 12	N129AG	We're overhead Charlie Lima Mike and request for a direct to Charlie Mike Bravo if possible.
12 h 19 min 18	Paris contrôle	I'll call you back
12 h 19 min 22	Paris contrôle	November one two nine Alpha Golf, heu for the direct contact heu Reims..., Paris one three five decimal five five zero bye bye
12 h 19 min 30	N129AG	Three five, five five zero
12 h 19 min 51	N129AG	One two nine Alpha Golf, overhead Charlie Lima Mike for direct to Charlie Mike Bravo?
12 h 21 min 07	Paris contrôle	November Alpha Golf?
12 h 21 min 09	N129AG	(*)
12 h 21 min 11	Paris contrôle	November Alpha Golf, bonjour, what are you doing?
12 h 21 min 15	N129AG	We have a problem (*)
12 h 21 min 17	Paris contrôle	November Alpha Golf, call me back with your intentions
12 h 21 min 22	N129AG	(*)
12 h 22 min 14	Paris contrôle	November one two nine Alpha Golf, Paris?

(*): Mot ou groupe de mots non compris.

Tous les messages émis du N129AG proviennent d'une seule et même personne.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'avion n'était pas équipé d'enregistreur de vol. La réglementation en vigueur ne l'impose pas pour les avions de MMDC de moins de 5 700 kg, comme le TBM700.

Il est à noter que depuis le 1^{er} janvier 2016, les TBM700 à partir du numéro de série 1106 sont livrés équipés d'enregistreurs de vol⁽⁸⁾.

⁽⁸⁾De type LDR1000 de la marque L-3 Communications.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Le site de l'épave est situé dans le fond d'un jardin sur la commune de Saint-Jean-les-Deux-Jumeaux (77). Tous les éléments de l'avion étaient regroupés sur le site de l'accident, ce qui exclut une rupture en vol.

Les arbres qui entourent l'épave sont hauts d'une douzaine de mètres. Les dommages dans la végétation sont peu nombreux. Un arbre est étêté à l'arrière gauche de l'aéronef, à une dizaine de mètres du sol, un autre à l'arrière droit de l'aéronef, à environ sept mètres du sol (*voir figure 2*).



Figure 2 - vue aérienne du site de l'accident, avec positions des arbres endommagés

Le fuselage est endommagé par flexion générale selon l'axe longitudinal. Une déchirure principale est présente en avant de la porte principale, une seconde plus en arrière, dans le prolongement de l'arête de la dérive.



Figure 3 - vue du fuselage, côté gauche

Ces déformations de l'épave et les dommages sur les arbres sur le site de l'accident montrent que l'avion est entré en collision avec le sol à plat, selon une trajectoire présentant un angle d'environ 30° par rapport à la verticale.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Les occupants du poste de pilotage ont subi à l'impact des blessures mortelles localisées sur la moitié supérieure du corps.

L'examen des blessures du pilote indique qu'il se trouvait en position assise sur le siège avant gauche.

Le passager assis sur le siège avant droit était un homme de 62 ans. Il a été retrouvé dans une position fléchie, avec le buste reposant sur les cuisses, la tête et la ligne des épaules engagées sous le tableau de bord. Il présente des blessures compatibles avec une telle position et des forces d'impact orientées à la verticale.

Les trois passagers assis en places arrières ont survécu à l'accident et souffrent principalement de lésions cérébrales traumatiques et de fractures.

1.14 Incendie

Sans objet.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Les deux occupants assis à l'avant ne portaient que la ceinture de sécurité ventrale au moment de la collision avec le sol. Les ceintures à enrouleur passant diagonalement le long du torse n'étaient pas utilisées.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Vidéo

Tous les témoins indiquent avoir vu l'avion sortir des nuages entre 1 000 et 2 000 ft, à plat en rotation sur lui-même vers la gauche.

Un témoin a enregistré la trajectoire finale de l'avion à l'aide de son téléphone portable pendant environ cinq secondes. Les images qui composent cette séquence vidéo ont été exportées par le BEA puis mises à la même échelle en prenant en compte les mouvements de la caméra et les zooms utilisés. Ces images ont ensuite été superposées pour former le montage suivant :



Figure 4 - images superposées de la vidéo montant la vrille à plat du N129AG

Ce montage montre l'avion en chute selon une trajectoire sensiblement verticale en vrille à plat. L'altitude de l'avion sur la première image de la vidéo est d'environ 1 000 ft. La vitesse de rotation moyenne autour de l'axe de lacet pendant la séquence est d'environ 60 °/s. La vitesse verticale est d'environ - 5 000 ft/min. L'analyse des images sur lesquelles l'avion est vu de profil indique un angle de roulis à gauche de l'ordre de 10° et une assiette à piquer d'environ 10°. Sur les dernières images, l'angle de roulis diminue vers 5° environ et l'assiette est comprise entre 0° et 5° à piquer.

1.16.2 Examens sur l'épave

L'examen de l'hélice et du moteur montre que ce dernier délivrait de la puissance au moment de la collision avec le sol.

L'examen de l'ensemble des commandes de vol montre qu'elles étaient continues.

Les compensateurs de roulis, de direction et de profondeur étaient en position « neutre » au moment de la collision avec le sol.

Les examens des servocommandes du pilote automatique et de leurs poulies n'ont pas mis en évidence de défaut susceptible d'altérer leur fonctionnement.

La barre de coupure d'urgence, permettant de couper la génération électrique de l'avion, a été retrouvée baissée (position génération électrique coupée).



Figure 5 - barre de coupure d'urgence

Les boutons de commande du système antigivrage de la cellule et du séparateur inertiel⁽⁹⁾ ont été retrouvés sur la position OFF sur le site de l'accident. Par contre le bouton de commande du système antigivrage de l'hélice a été retrouvé sur la position ON⁽¹⁰⁾.



Figure 6 - panneau de commande de dégivrage

L'examen du panneau d'alarmes et du sélecteur de mode du PA ne permet pas de conclure sur l'état « *allumé* » ou « *éteint* » des voyants.

Le calculateur « *Shadin ETM* » a été retrouvé sur le site de l'accident. Sa carte mémoire, lue au BEA, contient un dépassement de VMO daté du 6 août 2014 à 12 h 20 min 50 s, à une altitude de 18 710 ft et une vitesse indiquée maximale atteinte de 303 kt.

Les examens sur le système de pressurisation n'ont pas mis en évidence de défaillance susceptible d'entrainer un problème de pressurisation en cabine.

1.16.3 Exploitation des données ATM

Les données radar du CRNA Sud-Est et du CRNA Nord contiennent le vol de l'accident. Elles ont permis de reconstituer la trajectoire de la *figure 1* et de calculer des vitesses sol et des vitesses verticales.

Les données radar enregistrées le jour de l'accident montrent la présence de dix avions entre 12 h 10 et 12 h 25 à moins de 20 NM du point ② de la trajectoire de la *figure 1* entre le FL200 et le FL280. Aucun des équipages de ces avions n'a rapporté de givrage ou de turbulences dans cette zone. Les séparations entre les trajectoires de ces avions rend improbable l'existence de turbulences de sillage pouvant affecter le N129AG pendant le vol de l'accident.

Des analyses spectrales ont été réalisées sur les derniers messages émis par le pilote. La faible sensibilité au bruit des micros des casques à bord du N129AG n'a pas permis d'identifier le régime de rotation du moteur.

⁽⁹⁾Le séparateur inertiel est un système permettant de protéger l'entrée d'air du moteur contre l'ingestion de particules de glace, d'eau, de sable.

⁽¹⁰⁾Cette combinaison ne correspond pas à une procédure décrite dans le manuel du constructeur : en cas de givre, tous les systèmes antigivrage doivent être sur la position ON.

1.16.4 Essais en vol et en simulateur

Des essais ont été effectués dans un simulateur d'entraînement de TBM700 pour déterminer si des actions sur les commandes pouvaient reproduire la trajectoire issue des données radar, représentée en *figure 1*.

La séquence d'actions suivante effectuée dans le simulateur de vol permet de reproduire les caractéristiques de la trajectoire radar⁽¹¹⁾, en termes de :

- rayons de virage ;
- temps de descente entre les points ❷ et ❸ ;
- temps de remontée entre les points ❸ et ❹.

L'instant de passage au point ❷ de la figure 1 est notée t_0 .

⁽¹¹⁾Cette séquence est une séquence possible déterminée lors des essais, elle n'est pas nécessairement la seule séquence permettant de reproduire les caractéristiques de la trajectoire radar.

Temps	Position correspondante sur la figure 1	Observations et actions au simulateur
t_0-47 s	point ❶	Conditions initiales du simulateur : FL240 stable en croisière, vitesse indiquée=190 kt, vent 240° / 40kt
t_0	point ❷	Actions sur le volant pour afficher et maintenir : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> une assiette à piquer de 20° et <input type="checkbox"/> une inclinaison à droite comprise entre 60° et 75°
t_0+27 s		Altitude de 19 500 ft Apparition de l'alarme VMO Réduction de la puissance du moteur vers IDLE
t_0+47 s	point ❸	Altitude de 15 000 ft Ressource en maintenant l'inclinaison et en tenant le volant à deux mains
t_0+50 s		Affichage de la puissance maximale du moteur Actions sur le volant pour afficher et maintenir : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> les ailes à plat <input type="checkbox"/> une assiette à cabrer comprise entre 45° et 50°
t_0+65 s		Altitude de 19 000 ft Apparition de l'alarme de décrochage
t_0+70 s	point ❹	Arrêt de la montée (Sortie du domaine d'utilisation du simulateur)

Les essais effectués sans réduire la puissance du moteur pendant la descente à l'apparition de l'alarme VMO entre les points ❷ et ❸ ou sans remettre de la puissance dans la montée entre les points ❸ et ❹ ne permettent pas de reproduire la trajectoire radar.

Un test a été effectué avec une personne assise sur le siège droit du poste de pilotage du simulateur et qui s'écroule sur la partie droite du volant. Ceci provoque l'appui sur le bouton de déconnexion du pilote automatique et engendre un début de trajectoire similaire à celle de l'accident.

Par ailleurs, les tests effectués dans la cabine du simulateur de vol, qui possède les mêmes dimensions que celles de l'avion, permettent d'établir que :

- il est impossible pour une personne de taille et de poids similaires à ceux du passager assis sur le siège avant lors du vol de l'accident de passer sous le volant et le tableau de bord en se penchant simplement droit vers l'avant, car le buste vient buter contre le volant, même avec le siège complètement reculé ;
- il est possible mais difficile de le faire, en passant la tête entre la console centrale et le volant. Dans ce cas le volant vient très vite en butée dans la nuque. Avec une personne placée ainsi, il n'est donc pas possible d'effectuer une ressource de l'amplitude de celle de l'accident.

Par ailleurs des essais en vol réel ont été effectués dans un TBM700 de même type que celui de l'accident afin d'observer le comportement de l'avion à la déconnection du pilote automatique sans toucher au volant avec différentes positions de compensateurs.

Ces essais ont montré que :

- si le compensateur de roulis et celui de direction sont au neutre, l'avion reste stable ;
- si le compensateur de roulis est réglé sur la gauche ou sur la droite, alors l'avion part en quelques secondes en virage engagé du côté du réglage du compensateur ;
- si le compensateur de direction est réglé sur la position décollage, l'avion part en virage à droite, mais moins rapidement qu'avec le compensateur de roulis non au neutre.

1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.17.1 Propriétaire et exploitant de l'avion

Le propriétaire et l'exploitant de l'avion était la société Allan Thomsen and Co SA. L'avion a été acheté en mai 2006 par cette société sous l'immatriculation D-FBOY. En octobre 2007 il a été immatriculé N129AG par une société américaine.

Le passager qui était assis en place avant droite le jour de l'accident était le Président Directeur Général de la société. Le pilote était le pilote exclusif de l'avion. Il ne travaillait pas pour la société Allan Thomsen and Co SA et n'était pas rémunéré pour effectuer ces vols.

1.17.2 Réglementation sur l'emport d'enregistreur de bord

La réglementation européenne impose l'emport d'enregistreur de bord pour les aéronefs exploités en Transport Public et de MMDC supérieure à 5 700 kg.

Pour les avions exploités en Aviation Générale, l'emport d'enregistreur de bord sur les avions à turbomachines de MMDC égale ou inférieure à 5 700 kg, dont le nombre de sièges passagers est supérieur à cinq et dont le premier certificat de navigabilité individuel a été délivré après le 1^{er} janvier 2016 est recommandé par l'Annexe 6 à la convention relative à l'aviation civile internationale sur l'Exploitation technique de aéronefs.

La réglementation européenne n'impose pas l'emport d'enregistreur de bord pour les avions qui ne sont pas des « *avions à motorisation complexe* » exploités à des fins non commerciales.

Note : Un « *avion à motorisation complexe* » est un avion :

- ayant une masse maximale certifiée au décollage supérieure à 5 700 kg, ou
- certifié pour une configuration maximale en sièges passagers supérieure à dix-neuf, ou
- certifié pour être exploité par un équipage de conduite minimal d'au moins deux pilotes, ou
- équipé d'un ou de plusieurs turboréacteurs ou de plus d'un turbopropulseur.

Le TBM n'est donc pas un « *avion à motorisation complexe* ».

Le sujet de l'emport d'enregistreur pour les avions légers (de masse inférieure à 5 700 kg) est à l'étude par l'AESA au travers de la tâche réglementaire RMT.0271 (In-flight recording for light aircraft). Cette tâche a débutée en 2013 et est prévue de s'achever en 2016. Les termes de référence de cette tâche réglementaire incluent huit recommandations de sécurité déjà émises par des autorités d'enquêtes européennes (dont le BEA) visant à introduire l'emport d'enregistreur pour les avions légers.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Le virage engagé et la vrille

Le virage engagé est un virage au cours duquel l'assiette longitudinale évolue à piquer pendant que l'inclinaison augmente. La vitesse s'accroît alors rapidement et l'avion descend en spirale. Le facteur de charge est souvent proche de un dans cette manœuvre. La manœuvre de sortie consiste à réduire la puissance, annuler l'inclinaison et effectuer une ressource souple. La sortie de virage engagé est au programme de formation de la licence de pilote privé.

La vrille est la conséquence d'une incidence proche du décrochage et d'une dissymétrie. Si l'incidence de décrochage est dépassée et la dissymétrie maintenue, alors l'avion chute suivant une trajectoire hélicoïdale, le dérapage et les vitesses angulaires autour des trois axes peuvent être importants. L'entrée par inadvertance dans une vrille peut intervenir si les références visuelles sont dégradées, lors d'un vol en IMC par exemple.

Aucun entraînement pratique à la vrille n'est requis pour l'obtention d'un PPL, mais une formation théorique est prévue.

La procédure d'urgence du manuel du constructeur pour arrêter une vrille est la suivante :

ACCIDENTAL SPINS	
<i>(Voluntary spins are prohibited)</i>	
<i>In case of accidental spins</i>	
1 - Control wheel	NEUTRAL : PITCH AND ROLL
2 - Rudder	FULLY OPPOSED TO THE SPIN
3 - Power lever	IDLE
4 - Flaps	UP when rotation is stopped
5 - Level the wings and ease out of the dive	

(Source : Dahir-Socata)

Figure 7 - extrait du manuel d'exploitation du TBM 700

Un ordre en roulis contraire à l'inclinaison pendant une vrille, qui peut paraître comme une réaction instinctive naturelle d'un pilote non entraîné aux vrilles, peut entretenir la vrille.

Si lors d'une vrille, le pilote tire sur le volant et maintient la commande de profondeur à cabrer et tente de contrer la rotation perçue en utilisant les ailerons contre cette rotation, l'assiette longitudinale à piquer augmente, le taux de lacet augmente puis la vrille s'aplatit.

1.18.2 Accidents mortels sur les avions « hautes performances »

Le BEA a publié en 2013 une étude spécifique aux pertes de contrôle sur monoturbopropulseurs rapides⁽¹²⁾. La conclusion de cette étude insiste sur la nécessité de mettre l'accent sur :

- la formation à l'utilisation de l'avion aux faibles vitesses et lors des variations de puissance (avec et sans références visuelles extérieures) ;
- la sensibilisation du pilote à la dégradation du niveau de performance en fin de vol ;
- la sensibilisation du pilote à la gestion de ses ressources personnelles.

Le rapport sur la sécurité aérienne 2014⁽¹³⁾ publié par la DGAC contient un article, rédigé en collaboration avec le BEA, sur les accidents d'avions « *hautes performances* ». Cet article recense huit accidents mortels survenus en France entre 2011 et 2014 à des avions classés par l'AESA comme HPA, dont le N129AG. Le BEA a ouvert des enquêtes de sécurité pour chacun d'entre eux :

Date	Type	Immat.	Nb. morts	Phase de vol	Catégorie	Circonstances
28/10/2011	PA31T	OE-FKG	4	Approche	LOC-I ^(*)	Lors de l'approche finale ILS, débutée en IMC, sur l'aéroport de Toulouse Blagnac (31), le pilote perd le contrôle après avoir précisé avoir eu un problème vers 900 ft de hauteur.
09/11/2011	TBM700	N228CX	1	Remise de gaz	LOC-I	Lors de l'arrivée sur l'aérodrome de Lyon-Bron (69) (approche LOC-DME), le pilote débute la descente finale dans la couche nuageuse bien après le passage du point de descente publié. Lors de l'approche interrompue, il perd le contrôle de l'avion.
28/08/2012	PC12	HB-FPZ	4	Croisière	LOC-I	Alors que l'avion est en début de descente au FL260 par conditions météorologiques défavorables (givrage, cumulonimbus) et en IMC, le pilote perd le contrôle de l'avion qui se rompt en vol.
04/03/2013	RA390	VP-CAZ	2	Décollage	ICE/LOC-I	L'avion décroche en raison de la présence de contaminants givrés sur la surface des ailes juste après le décollage d'Annemasse (74).
08/08/2013	TBM850	N850GC	3	Remise de gaz	LOC-I	Le pilote ne parvient pas à stabiliser son approche sur l'axe ILS de Clermont-Ferrand (63) en conditions IMC. Il décide de faire une approche. Il perd le contrôle de son avion.
24/09/2013	C421	N556MB	4	Décollage	LOC-I	Des témoins indiquent que l'avion décolle avant la moitié de la piste de Lyon-Bron (69), puis qu'il monte avec une faible pente jusqu'à environ 200 ft en conditions VMC. Le pilote perd le contrôle de l'avion, qui entre en collision avec le sol.
19/11/2013	TBM850	N115KC	6	Croisière	LOC-I	En croisière au niveau de vol 180, l'équipage est autorisé à descendre au niveau 120 à destination de Toussus-le-Noble (78). Le pilote perd le contrôle de l'avion en IMC et les données radar montrent que l'avion descend en dessous du niveau de la clairance puis disparaît. L'épave est retrouvée dans un champ.
06/08/2014	TBM700	N129AG	2	Croisière	LOC-I	L'avion est en croisière au FL240 en IMC, puis descend soudainement en virage à droite jusqu'au FL150, remonte au FL200, avant de redescendre rapidement. L'avion heurte le sol en vrille à plat.

⁽¹²⁾Voir :
https://www.bea.aero/uploads/txt_scalae_tude_ssecurite/pertes.de.controle.sur.monoturbopropulseur_rapide_02.pdf

⁽¹³⁾Voir :
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_securite_2014.pdf

A cette liste, on pourrait ajouter un neuvième accident survenu le 22 mars 2014 au TBM700 immatriculé N702H dans le Colorado (Etats-Unis), et au cours duquel le pilote et les quatre passagers sont décédés. Le rapport préliminaire⁽¹⁴⁾ publié par le NTSB indique que l'avion était en approche⁽¹⁵⁾ vers l'aérodrome de Montrose lorsque le pilote a informé le contrôleur aérien que l'avion était dans une vrille et qu'il tentait de récupérer le contrôle. L'avion est ensuite entré en collision avec la surface d'un lac artificiel et a coulé.

Tous ces accidents sont des pertes de contrôle en vol sur des avions mono-pilote, et ont eu lieu en régime de vol IFR. La majorité d'entre eux se sont produits en conditions IMC. Au total, 31 personnes ont été mortellement blessées au cours de ces neuf accidents. A l'exception du RA390 immatriculé VP-CAZ, aucun de ces avions accidentés n'était équipé d'enregistreur de vol. Les enquêtes conduites sur cinq de ces accidents⁽¹⁶⁾ n'ont pas permis de déterminer avec certitude les circonstances de ces pertes de contrôles en vol en l'absence d'enregistreur de vol.

2 - ANALYSE

2.1 Scénario

Le matin de l'accident, le pilote s'est levé tôt, vers 5 h 00, et a effectué un vol avec trois passagers entre Courtrai et Cannes. Le vol a duré 2 h 15 min environ. Après une escale à Cannes d'environ une heure, le pilote a décollé, sous plan de vol IFR, pour retourner à Courtrai avec quatre passagers : les trois mêmes qu'au vol aller et un homme de 62 ans qui s'est assis sur le siège avant droit. Ce passager ne possédait pas de licence de pilote.

L'avion est monté jusqu'au niveau de vol FL240. La croisière a été effectuée à cette altitude dans une épaisse couche nuageuse, selon une route orientée au nord-ouest. La trajectoire de l'avion était stable en vitesse, route et altitude jusqu'à un point situé à environ 25 NM à l'est de Paris (point ② de la figure 1). Ceci indique que le vol était alors probablement effectué sous PA. Le niveau de vol FL240 présentait un risque de givrage faible et la vitesse enregistrée au radar pendant la croisière était constante. Ceci rend improbable la survenue de problème de givrage en croisière. Par ailleurs les communications radiophoniques entre le pilote et le contrôle aérien enregistrées pendant la croisière étaient normales et cohérentes, rendant peu probable des problèmes d'hypoxie à bord de l'avion.

Après 1 h 40 min de vol environ, l'avion est descendu subitement, en virage à droite. Pendant cette descente, la vitesse a augmenté fortement et l'alarme VMO s'est déclenchée. Les examens effectués sur les commandes de vol et sur les éléments du PA n'ont pas montré de défaut susceptible d'altérer leur fonctionnement. Des essais en simulateur de vol ont aussi montré qu'une réduction de la puissance du moteur à l'apparition de l'alarme VMO permet de reproduire la trajectoire du vol de l'accident enregistrée au radar. Il est possible que le pilote ait fait cette action, car il est le seul à savoir piloter à bord et donc probablement le seul à pouvoir identifier cette alarme. Il était donc probablement conscient à cet instant.

⁽¹⁴⁾Voir :
http://www.ntsb.gov/_layouts/ntsb.aviation/brief.aspx?ev_id=20140322X03239&key=1

⁽¹⁵⁾L'avion N702H était probablement en IMC lors de la perte de contrôle, mais il est aussi possible qu'il ait été entre deux couches nuageuses.

⁽¹⁶⁾N228CX du 09/11/2011, HB-FPZ du 28/08/2012, N850GC du 08/08/2013 (enquête en cours), N556MB du 24/09/2013(enquête en cours), et N115KC du 19/11/2013 (enquête en cours).

Quarante-cinq secondes environ après le début de la descente rapide, l'avion est remonté jusqu'au FL201 en atteignant une vitesse ascensionnelle de plus 10 000 ft/min. Les essais en simulateur ont montré qu'une telle montée est possible en affichant progressivement une assiette à cabrer de 45° environ, en remettant les ailes à plat et en remettant de la puissance moteur. Sans ces actions, l'avion aurait continué à descendre jusqu'au sol. Ces actions ont probablement été effectuées par le pilote, car :

- il était le seul à savoir piloter à bord, et
- il était conscient à ce moment-là. En effet, il émet deux messages radiophoniques à six secondes d'intervalle pendant la montée, dont un qui contient la phrase « *We have a problem* »

Ces actions ne sont possibles que si l'occupant du siège de droite du poste de pilotage n'interfère pas avec les commandes, et en particulier s'il n'est pas courbé sous le volant et le tableau de bord. En effet sinon, il n'est pas possible de tirer sur le volant pour effectuer une ressource de l'ampleur de celle enregistrée au radar.

La vitesse a chuté pendant la montée, jusqu'à atteindre la vitesse de décrochage vers le FL201, alors que l'avion était toujours en conditions IMC. L'avion est ensuite entré en vrille, qui s'est aplatie au cours de la descente. Lorsque l'avion est sorti des nuages entre 1 000 et 2 000 ft d'altitude, établi en vrille à plat, la hauteur était insuffisante pour permettre au pilote d'effectuer les actions nécessaires pour récupérer le contrôle de l'avion.

Peu avant la collision avec le sol, la barre de coupure d'urgence a probablement été baissée indiquant que le pilote se préparait à la collision avec le sol. Par ailleurs l'occupant du siège de droite du poste de pilotage s'est courbé possiblement dans l'intention d'adopter une position de sécurité.

2.2 Perte de contrôle en vol

Après 1 h 40 min de vol environ, alors que l'avion était en croisière au FL240 et en IMC, il est descendu subitement, en virage à droite. En l'absence d'enregistreur de vol, l'enquête n'a pas pu déterminer avec certitude les raisons de ce changement de trajectoire. Les explications suivantes sont possibles :

- Une des hypothèses, que les examens médicaux n'ont pas permis d'exclure, est le basculement de l'occupant du siège de droite du poste de pilotage sur la partie droite du volant en raison d'un malaise ou d'un assoupissement⁽¹⁷⁾. Un tel basculement, rendu possible par le non-port de la ceinture à enrouleur passant diagonalement le long du torse, peut provoquer la déconnexion du PA, soit par un appui avec la tête sur le bouton de déconnexion, soit en raison du poids du haut du corps sur le volant qui surpasserait l'effort nécessaire pour déconnecter le PA. Des essais en simulateur de vol indiquent que des ordres sur un des volants du poste de pilotage permettant d'afficher et maintenir une assiette à piquer de 20° et une inclinaison de 60° pendant environ 45 secondes génèrent une trajectoire similaire à celle enregistrée par le radar.

⁽¹⁷⁾Les trois passagers à l'arrière indiquent qu'ils étaient endormis pendant le vol.

- Une déconnexion involontaire du PA, par exemple à la suite d'une turbulence, avec le compensateur de roulis réglé sur la droite et/ou le compensateur de direction réglé sur la position décollage. Des essais en vol ont en effet montré que dans ce cas, si le pilote ne touche pas au volant, la trajectoire générée est similaire au début de descente constatée sur la trajectoire radar du vol de l'accident. Ce scénario implique que le ou les compensateurs aient été remis au neutre avant la collision avec le sol, puisque l'examen de l'épave a montré que telle était leur position au moment de l'impact.

Une dernière hypothèse, très peu probable en raison des logiques internes de vérifications des données d'entrée du système du PA, consisterait en une trajectoire commandée par le pilote automatique, qui recevrait des mesures d'attitudes fausses et qui provoquerait le début de descente en virage à droite. Les mêmes informations erronées auraient alors été affichées sur les instruments et le pilote aurait repris le contrôle de l'avion pour effectuer la ressource au FL149.

Lors de la montée après la ressource, l'avion a évolué avec une vitesse qui chutait rapidement dans une couche nuageuse présentant un risque de givrage fort. Le pilote n'avait probablement pas activé le système d'antigivrage de la cellule. Il n'est pas possible de déterminer si les ailes de l'avion ont alors été contaminées par du givre ou de la glace, ce qui aurait fait augmenter la vitesse de décrochage de l'avion. Néanmoins, la vitesse verticale élevée de l'avion a réduit le temps d'exposition dans cette couche nuageuse ce qui rend improbable une contamination importante par du givre.

L'avion a ensuite décroché. Ce décrochage a eu lieu en conditions IMC, donc sans que le pilote ne puisse avoir de références visuelles extérieures. Il est alors possible qu'il ait eu des difficultés à comprendre la situation et à identifier les positions inusuelles de l'avion. Cette difficulté d'identification a pu être accentuée :

- par la fatigue du pilote, qui s'était levé tôt, et qui avait déjà accumulé plus de quatre heures de vol dans la journée, et/ou
- par le stress généré par cette situation qu'il n'avait probablement jamais rencontrée.

Les actions à effectuer pour récupérer du décrochage, s'il est correctement identifié, consistent à mettre les ailes à plat, mettre le volant à piquer pour faire diminuer l'incidence et regagner de la vitesse.

La trajectoire de l'avion en vrille à plat vers la gauche dans les dernières secondes du vol est un fait établi. Or, pour finir en vrille à plat à gauche, il faut que l'avion ait été auparavant en vrille à gauche. Cette mise en vrille est probablement le résultat de la vitesse faible, proche de celle du décrochage, du maintien du manche en secteur arrière et d'une action sur le palonnier à gauche.

Les actions de récupération de cette vrille, à savoir volant au neutre, palonnier à fond à droite, puissance réduite et volets rentrés, dépendent d'abord du fait que le pilote identifie la vrille, et dans quel sens elle est. Aucun entraînement pratique à la vrille n'est requis pour l'obtention d'un PPL. Il est donc difficile pour un pilote non entraîné d'identifier la mise en vrille involontaire. Cette identification sans disposer de références extérieures est d'autant plus difficile même pour des pilotes d'essai entraînés à ce type de manœuvre.

Les actions du pilote en IMC pendant la descente jusqu'à 1 000 ou 2 000 ft d'altitude n'ont pas permis de sortir de la vrille à plat. Une fois sorti des nuages, la hauteur restante était insuffisante pour reprendre le contrôle de l'avion et éviter la collision avec le sol.

L'enquête n'a pas permis de déterminer avec précision la séquence des actions qui ont provoqué le décrochage, l'entrée en vrille et les actions que le pilote a pu faire pour tenter d'en sortir. La présence d'enregistreurs de vol aurait peut-être permis de déterminer ces actions.

2.3 Vol de voyage en avions « Hautes Performances » en IMC en mono-pilote

Note : les informations de ce paragraphe ont été reprises du rapport sur la sécurité aérienne 2014 publié par la DGAC.

L'utilisation d'avions HPA, comme le TBM700, impose une grande rigueur et des méthodes de travail structurées. La conduite des vols en mono-pilote, souvent en IMC et sur ces avions complexes amène en effet les pilotes, même en situation normale, à être confrontés à une charge de travail importante. En cas de panne, ou même d'incompréhension d'un automatisme, cette charge de travail augmente rapidement et peut vite dépasser les capacités des pilotes.

Même si ces utilisations sont réglementaires, elles ne sont pas forcément sûres. L'expérience, les compétences, la fatigue et d'autres composantes peuvent en effet altérer le niveau opérationnel d'un pilote.

Pour faire face à ces contraintes, les équipages en Transport Public sont généralement composés de deux pilotes entraînés à voler ensemble, l'un assurant la gestion du vol et l'autre la surveillance. Cette redondance est un gage de sécurité, en particulier en cas d'incapacité de l'un d'entre eux. Ils bénéficient aussi le plus souvent d'un cadre et de procédures définis par l'exploitant, qui les amènent à ne pas dépasser leurs limites. Dans un cadre de vol privé, le jugement du pilote ainsi que la connaissance des limites de ses compétences sont essentiels pour que le vol aux instruments avec un avion HPA en mono-pilote se déroule en sécurité.

3 - CONCLUSION

3.1 Faits établis par l'enquête

- L'avion avait un certificat de navigabilité en état de validité; il était entretenu conformément à la réglementation.
- L'avion était dans les limites de masse et de centrage définies par le constructeur.
- Le pilote détenait une licence de pilote privé belge délivrée en juillet 1988, et convertie en licence de pilote privé américaine en 1993.
- La licence de pilote privé américaine n'était pas au format en vigueur au moment de l'accident.
- Le pilote avait obtenu sa qualification de vol aux instruments aux Etats-Unis en 1995.
- Le pilote avait obtenu une qualification de classe SET TBM700 en mai 2006.
- Le pilote possédait un certificat médical de classe 2 délivrée par la FAA et en cours de validité.
- Le pilote, accompagné de quatre passagers, a décollé de Cannes le 6 août 2014 vers 10 h 40 à destination de Courtrai, sous plan de vol IFR.
- La croisière a été effectuée au FL240 dans une épaisse couche nuageuse.
- Après 1 h 40 de vol, l'avion est descendu, en IMC, en virage à droite jusqu'au FL149. Pendant cette descente l'alarme VMO s'est déclenchée.
- Quarante-cinq secondes après le début de descente, l'avion est remonté, en IMC, jusqu'au FL201. Pendant cette montée, le pilote a émis deux messages radiophoniques, dont un qui contient la phrase « *We have a problem* ».
- L'avion a décroché vers le niveau de vol FL201, en IMC.
- L'avion est redescendu et est entré en vrille en IMC.
- L'avion était en vrille à plat vers la gauche dans les dernières secondes du vol, puis est rentré en collision avec le sol selon une trajectoire quasi verticale.
- Le passager assis sur le siège avant-droit était recourbé avec le buste fléchi sur les cuisses au moment de la collision avec le sol.

3.2 Causes de l'accident

Au cours de la croisière en IMC, l'avion est subitement descendu en virage à droite pour des raisons indéterminées. Des actions au manche ont probablement permis au pilote de commander une remontée rapide de l'avion. L'avion a ensuite décroché puis des actions inappropriées du pilote, probablement dans l'intention de récupérer le contrôle de l'avion, ont provoqué une vrille, puis une vrille à plat.

La difficulté à identifier la vrille et à appliquer les actions adéquates de sortie de vrille lorsqu'il n'y a pas de références visuelles extérieures n'a pas permis au pilote de récupérer le contrôle de l'avion et d'éviter la collision avec le sol.

En l'absence d'enregistreur de vol, l'enquête n'a pas permis d'établir avec certitude les circonstances et les causes de l'accident.

4 - RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement (UE) n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

Emport d'enregistreur de vol sur avions légers

L'avion n'était pas équipé d'enregistreur de vol. La réglementation européenne en vigueur ne l'impose pas pour les avions de masse maximale au décollage certifiée (MMDC) de moins de 5 700 kg, comme le TBM700⁽¹⁸⁾. Cependant, la présence d'un enregistreur d'images, ou à défaut d'un enregistreur de son et de paramètres aurait probablement permis d'établir de manière plus précise les circonstances de l'accident, en particulier les raisons de la descente soudaine en croisière, les actions éventuelles du pilote avant et après la perte de contrôle en vol et les états des systèmes de l'avion. En l'absence d'enregistreur de vol, les causes de la perte de contrôle en vol restent indéterminées, et les enseignements de sécurité tirés de cet accident sont limités.

⁽¹⁸⁾Même si la réglementation ne l'impose pas encore, tous les TBM700 construits depuis le 1^{er} janvier 2016 sont livrés équipés d'enregistreurs de vol.

Pour les avions exploités en Aviation Générale, l'emport d'enregistreur de bord sur les avions à turbomachines de MMDC égale ou inférieure à 5 700 kg, dont le nombre de sièges passagers est supérieur à cinq et dont le premier certificat de navigabilité individuel a été délivré après le 1^{er} janvier 2016 est recommandé par l'Annexe 6 à la convention relative à l'aviation civile internationale sur l'Exploitation technique de aéronefs.

Le sujet de l'emport d'enregistreur pour les avions légers (de masse inférieure à 5 700 kg) est à l'étude par l'AESA au travers de la tâche réglementaire RMT.0271 (In-flight recording for light aircraft). Cette tâche a débuté en 2013 et est prévue de s'achever en 2016. Les termes de référence de cette tâche réglementaire incluent huit recommandations de sécurité déjà émises par des autorités d'enquêtes européennes (dont le BEA) visant à introduire l'emport d'enregistreur pour les avions légers.

L'enquête a identifié neuf accidents entre 2011 et 2014 impliquant des avions « Hautes Performances » pour lesquels 31 personnes au total ont été mortellement blessées. Les enquêtes de sécurité conduites sur cinq de ces accidents, en plus de celle du N129AG, ont montré que l'absence d'enregistreur de vol n'a pas permis de déterminer avec certitude les circonstances et les causes de ces accidents.

En conséquence le BEA recommande que :

- **I'AESA ajoute cet accident survenu au TBM700 immatriculé N129AG le 6 août 2014 à Saint-Jean-les-Deux-Jumeaux dans les termes de référence de la tâche réglementaire RMT.0271. [Recommandation FRAN-2016-045]**
- **I'AESA impose ou fasse la promotion de l'installation d'enregistreur de bord sur les avions classés comme « Hautes Performances », en fonction du type d'exploitation des aéronefs. [Recommandation FRAN-2016-046]**

BEA

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

10 rue de Paris
Zone Sud - Bâtiment 153
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

