



Accident survenu au CESSNA – 401 B
immatriculé **N517HC**
le 30 octobre 2020
à proximité de l'aérodrome de Toussus-le-Noble (78)

Heure	Vers 17 h 25 ¹
Exploitant	Privé
Nature du vol	Vol local
Personnes à bord	Pilote et deux passagers
Conséquences et dommages	Avion fortement endommagé

**Feu du moteur gauche lors de l'approche, atterrissage
forcé dans un champ**

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, ainsi que des données du calculateur moteur, CGR-30, de l'aéronef.

Le pilote, accompagné d'un passager également pilote en place droite et d'un mécanicien en place arrière, décolle vers 17 h 10 de l'aérodrome de Toussus-le-Noble, pour un vol local d'une durée prévue de trente minutes environ. C'est le premier vol de cet avion après un stockage de plus de douze ans, puis une période d'environ huit mois de remise en état de vol après son acquisition par le nouveau propriétaire. L'objectif du vol est la vérification du bon fonctionnement général de l'avion.

Juste après le décollage, la température du cylindre n° 4 du moteur gauche dépasse 460 °F (environ 238 °C) ce qui provoque l'affichage de cette température en rouge sur l'écran du calculateur moteur et déclenche l'allumage d'un voyant d'alerte sur le tableau de bord. Le passager mécanicien estime qu'il s'agit probablement d'une fausse alerte due à un défaut de la sonde de température et le verbalise. Le pilote et le passager en place droite effectuent toutefois des actions visant à réduire la température du moteur, notamment en diminuant la puissance et en stabilisant l'avion en palier à 1 500 ft. Après ces actions, la température du cylindre n° 4 diminue et le voyant s'éteint. En s'appuyant sur l'avis exprimé par le passager mécanicien, le commandant de bord décide de poursuivre le vol.

Vers 17 h 20, lors de la branche retour du vol, le voyant d'alerte s'allume de nouveau et le pilote, le passager en place droite ainsi que le passager mécanicien constatent un départ de feu au niveau du moteur gauche. Le pilote, assisté par le passager en place droite, coupe l'arrivée de carburant sur le moteur gauche, sans effet notable sur l'incendie, puis actionne la commande de passage en drapeau de l'hélice.

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

Le passager en place droite déclare alors un MAYDAY sur la fréquence de la tour de contrôle de Toussus-le-Noble et le commandant de bord décide de rejoindre directement la piste 25.

Peu après, n'étant pas certain d'être en mesure de rejoindre la piste en toute sécurité, il décide d'effectuer un atterrissage d'urgence dans un champ labouré. L'atterrissage d'urgence se déroule sans événement particulier, trains rentrés et volets complètement sortis. Dès l'arrêt de l'avion au sol, les passagers évacuent sans difficulté.

Les pompiers, alertés par le contrôleur de Toussus-le-Noble, interviennent rapidement et éteignent l'incendie qui reste circonscrit au moteur gauche.

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur les personnes à bord

Le pilote en place avant gauche, âgé de 47 ans, est titulaire d'une licence de pilote commercial d'avion CPL(A) depuis 2018, assortie d'une qualification de vol aux instruments sur avions multimoteurs IR-ME en cours de validité. Il totalisait environ 650 heures de vol, dont 183 sur avions bimoteurs. Au cours du mois précédent, il avait effectué trois heures de vol sur avion bimoteur et 6 h 10 sur avion monomoteur.

Il indique qu'aucun programme de vérification particulier n'était prévu, l'objectif étant uniquement de réaliser un vol local pour vérifier le comportement de l'avion et son bon fonctionnement en conditions normales². Il ajoute avoir effectué un briefing « sécurité » renforcé avant le vol, se concentrant notamment sur les procédures d'évacuation et la présence d'extincteurs à bord. Il justifie sa décision de se poser en urgence dans un champ par le fait que l'incendie semblait être particulièrement violent et qu'il n'était pas certain de pouvoir maintenir l'avion en vol jusqu'à la piste de l'aérodrome. De plus, il note que l'hélice du moteur gauche n'était pas passée en drapeau, malgré l'action sur la commande, ce qui dégradait la finesse de l'avion.

Le passager en place avant droite, âgé de 51 ans, est titulaire d'une licence de pilote de ligne ATPL(A). Il totalisait 4 450 heures de vol en avion, dont 23 réalisées au cours du mois précédent. Il n'avait pas effectué de vol en Cessna 401 au cours des trois mois précédents.

Les responsables de l'atelier de maintenance indiquent avoir recommandé au propriétaire de recourir à des pilotes professionnels pour le premier vol de l'avion, ce qu'il a accepté.

Remarque : Le propriétaire de l'avion est lui-même pilote, titulaire d'une licence de pilote privé avion PPL(A) assortie des qualifications de vol aux instruments et multimoteurs à pistons, sans expérience préalable sur ce modèle d'avion.

Le passager en place arrière est le chef d'atelier de la société ayant réalisé les opérations de remise en état de vol du N517HC. Il est titulaire d'une licence de mécanicien FAA³ part 65 et est ainsi habilité à réaliser des opérations de maintenance sur les aéronefs immatriculés aux USA. Il déclare n'avoir eu aucun rôle particulier à bord et n'avoir été qu'un simple passager, les pilotes lui ayant proposé « d'aller faire un tour ».

² Le vol ne s'inscrivait donc pas dans un cadre de vol de contrôle de maintenance (MCF) et la réglementation applicable était celle d'un vol d'aviation générale (NCO).

³ Federal Aviation Administration : Autorité des Etats-Unis chargée de l'aviation civile.

2.2 Renseignements météorologiques

Le METAR automatique de l'aérodrome de Toussus-le-Noble de 17 h 30 donnait les informations suivantes :

- vent du 220° pour 8 kt ;
- visibilité supérieure à 10 km ;
- quelques nuages à 1 700 ft, ciel couvert à 3 400 ft ;
- température 14 °C, point de rosée 11 °C ;
- QNH 1 024.

La situation météorologique décrite par les témoins le jour de l'accident était favorable au vol à vue, avec un temps clair, sans turbulence.

2.3 Renseignements sur l'avion

2.3.1 Renseignements généraux

Le N517HC est un Cessna 401B, avion bimoteur équipé de deux moteurs à pistons Continental TSIO-520-E de 300 chevaux.

Jusqu'en février 2020, l'avion était la propriété de l'atelier de maintenance et n'était plus en service depuis 2006. Il n'a pas fait l'objet de mesures de préservation particulières lors de cette période et a été simplement stocké dans un hangar de l'atelier.

Les motoristes ont développé des procédures spécifiques pour la préservation des moteurs lorsque ceux-ci doivent subir une longue période d'inutilisation. Continental en particulier décrit dans son Manuel de maintenance⁴ les procédures de stockage pour une durée indéterminée et celles de remise en état après stockage, ainsi que la checklist qui leur est afférente. Ces procédures impliquent entre autres le changement de l'huile, le remplacement des bougies par des bouchons déshydratants, l'insertion de sachets absorbants d'humidité dans l'échappement et l'application d'une huile de préservation à l'intérieur des cylindres. De plus, le constructeur préconise des inspections régulières, le renouvellement du matériel déshydratant au besoin et l'application d'huile de préservation tous les 90 jours.

L'avion a été acquis au début de l'année 2020 par le propriétaire actuel, à un prix faible auquel s'ajoutait un devis de remise en service de l'avion incluant 300 heures de main-d'œuvre.

Le moteur gauche était sorti d'usine en 2000, année au cours de laquelle il a été installé sur l'avion. En 2020, les documents de maintenance montrent un temps total de fonctionnement pour ce moteur de 408 heures.

⁴ Publication M-0 de janvier 2017.

2.3.2 Cadre réglementaire du maintien de navigabilité

L'avion étant immatriculé aux USA, il est soumis à la partie 91 du titre 14 du code de réglementation fédérale⁵ américain. En ce qui concerne l'entretien, la Part 91 renvoie à la Part 43⁶. Cette dernière indique que, pour un aéronef tel que le N517HC, la seule obligation d'entretien est la réalisation d'une visite 100 heures ou annuelle pour le renouvellement du certificat de navigabilité.

La visite 100 heures ou annuelle doit au moins couvrir :

- le contenu de l'annexe D de la Part 43, qui contient des tâches simples d'entretien (vérification des taux de compression, endoscopie des cylindres, inspections visuelles...). Le principe de cette visite repose sur de la maintenance « on condition⁷ » ;
- la réalisation de toutes les consignes de navigabilité applicables ;
- les *Airworthiness Limitation Items* (ALI) et *Certification Maintenance Requirements* (CMR) définis dans le Manuel de maintenance (AMM) du constructeur.

Les actions d'une visite 100 heures ou annuelle doivent être réalisées par un mécanicien disposant d'une licence Part 65⁸. Un mécanicien non agréé peut cependant travailler sous la supervision d'un mécanicien agréé, ce dernier endossant alors la responsabilité des actions associées.

L'approbation pour remise en service (APRS) de l'avion après la visite 100 heures ou annuelle ne peut pas être délivrée par un mécanicien disposant uniquement de la licence Part 65 dans le cas de modifications et altérations majeures. Le signataire de l'APRS doit avoir obtenu une autorisation dite « *Inspection Authorization* » (IA) délivrée par la FAA⁹. En France, une dizaine de personnes sont titulaires de cette IA.

Il convient de noter que le constructeur du moteur fournit par ailleurs dans une *Service Information Letter*¹⁰ des butées calendaires avant révision générale (RG) du moteur. La réglementation FAA ne conditionne toutefois pas la validité du certificat de navigabilité au respect de ces butées. Dans le cas des moteurs du N517HC, la durée maximale préconisée par le constructeur entre deux révisions générales est de douze ans, incluant les éventuelles périodes de stockage ou d'inactivité. La butée calendaire recommandée par Continental était donc échue depuis environ huit ans en 2020.

2.3.3 Remise en état de vol de l'avion

La remise en état de l'avion a été réalisée sous la supervision d'un inspecteur IA français, engagé à cette fin par le propriétaire, sur présentation de l'atelier. C'est à l'IA qu'incombait la responsabilité de déterminer la liste précise des opérations de maintenance réglementairement obligatoires pour le renouvellement du certificat de navigabilité du N517HC et de s'assurer de la bonne réalisation de ces opérations.

⁵ Part 91 of Title 14 of the Code of Federal Regulations (14 CFR Part 91 - *GENERAL OPERATING AND FLIGHT RULES*).

⁶ 14 CFR Part 43 - *MAINTENANCE, PREVENTIVE MAINTENANCE, REBUILDING, AND ALTERATION*.

⁷ Examen des aspects d'une installation qui sont prédictifs d'une panne imminente, suivi de la réalisation d'activités de maintenance préventive avant l'apparition d'une panne totale. (*Source : McGraw-Hill Dictionary of Scientific & Technical Terms*).

⁸ 14 CFR Part 65 - *CERTIFICATION: AIRMEN OTHER THAN FLIGHT CREWMEMBERS*.

⁹ Dans la suite du présent rapport, le détenteur de l'IA sera désigné inspecteur IA.

¹⁰ Continental SIL 98-9C.

Les responsables de l'atelier de maintenance déclarent que, préalablement à la vente du N517HC, une endoscopie des cylindres en présence du propriétaire et de son inspecteur IA avait été réalisée avec des résultats satisfaisants. Le propriétaire déclare quant à lui ne pas avoir assisté à l'endoscopie et ne pas avoir été destinataire des photographies issues de celle-ci, mais que les responsables de l'atelier lui ont assuré que les examens avaient montré que les deux moteurs étaient « sains », sans trace d'usure, d'endommagement, ou de corrosion.

Ni l'atelier ni l'inspecteur IA ayant signé l'APRS après la visite 100 heures n'ont été en mesure de fournir ces images au BEA¹¹.

D'après le propriétaire, cette évaluation de bonne santé des moteurs ainsi que la possibilité offerte par l'atelier et validée par l'inspecteur IA de ne pas effectuer de révision générale des moteurs a favorisé sa décision de réaliser l'achat¹².

L'essentiel du programme suivi par l'atelier de maintenance pour la remise en état de vol de l'avion est très proche de celui d'une visite 100 heures ou annuelle, telle que définie dans l'annexe D de la Part 43. À ces points relevant du maintien de navigabilité se sont notamment ajoutés :

- l'installation d'une nouvelle suite avionique, réalisée par le propriétaire ; l'inspecteur IA a endossé la responsabilité des travaux et s'est appuyé sur les compétences d'électrotechnicien du propriétaire pour s'assurer de la bonne réalisation de cette modification ;
- la peinture de l'avion a été réalisée, dans les locaux de l'atelier, par une société spécialisée, aux frais du propriétaire ;
- l'aménagement de la cabine.

Durant la phase de travaux de maintenance sur l'avion, des essais au sol des moteurs ont été réalisés entre le 7 août 2020 et le 30 octobre 2020. Les données enregistrées par les CGR (voir § 2.5) au cours de ces essais n'ont pas été partagées avec l'atelier ou l'inspecteur IA. L'enquête n'a pas permis de déterminer la nature et les conditions précises de ces essais ni par qui ils ont été réalisés.

2.4 Site et épave

L'avion accidenté se trouvait à 900 m au sud de la piste 07R de l'aérodrome de Toussus-Le-Noble, dans un champ dégagé de tout obstacle, à proximité d'une route.

¹¹ L'enregistrement et l'archivage des images obtenues lors des endoscopies ne sont pas une obligation réglementaire.

¹² L'ordre de prix pour la révision générale d'un moteur est au minimum de 70 000 € d'après les mécaniciens interrogés.



Figure 1: vue d'ensemble de l'épave sur site

L'appareil a subi peu de dommages lors de son atterrissage d'urgence. L'examen sur site s'est concentré sur le moteur gauche, qui a été prélevé et ramené au BEA pour examens complémentaires. Aucune des deux hélices n'a été retrouvée en drapeau.

Le compartiment arrière de la nacelle du moteur gauche était très fortement endommagé par l'incendie. Les longerons de support du moteur étaient par ailleurs presque totalement détruits par l'incendie.

Lors des examens pratiqués sur le moteur environ trois semaines après l'accident, des traces d'échauffement significatif ont été observées, en particulier dans la zone des cylindres n° 2 et 4. Les chemises de l'ensemble des cylindres de ce moteur ont été trouvées fortement marquées par des traces de corrosion et de frottement (voir **Figure 2**). Compte tenu de l'ampleur constatée de cette corrosion et des marques de passage du piston, il est très peu probable que cette corrosion soit apparue postérieurement à l'accident.

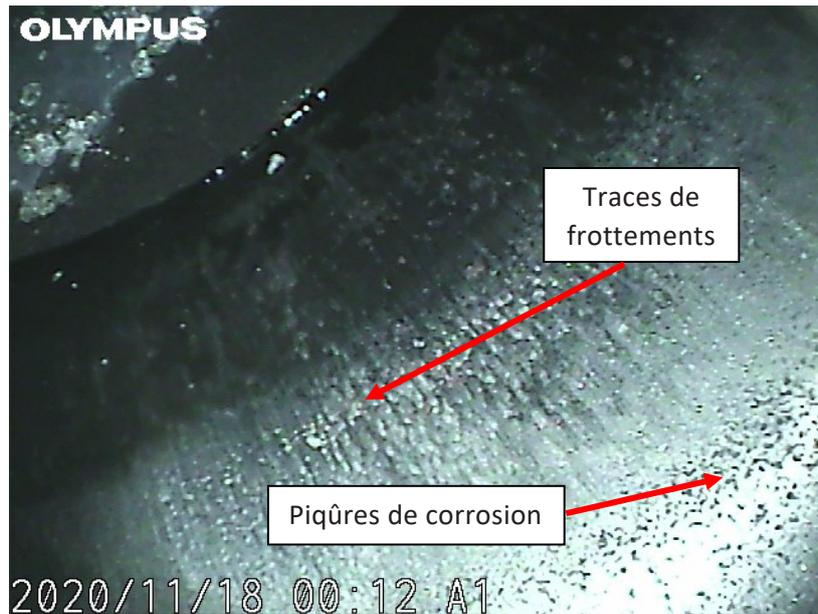


Figure 2 : endoscopie du cylindre n° 4 (Source : BEA)

Les examens n'ont pas permis de déterminer le point de départ de l'incendie ni le cheminement exact de propagation du feu.

Les examens n'ont pas permis d'expliquer le non-passage en drapeau de l'hélice du moteur gauche.

2.5 Exploitation des données enregistrées

Le CGR 30 est un calculateur installé en poste et permettant d'afficher en temps réel des informations liées au fonctionnement du moteur. Ce calculateur permet aussi d'enregistrer les données à des fins de maintenance.



Figure 3 : affichage du calculateur CGR-30 (Source : Manuel d'instructions CGR-30P, page 1)

L'étude des données enregistrées a permis de constater que certains des essais au sol montraient une tendance pour la température des culasses des cylindres n° 2 et 4 du moteur gauche à excéder significativement celle des autres cylindres des moteurs gauche et droit, sans toutefois atteindre le seuil défini par le constructeur (460 °F)¹³. Cependant, compte tenu de l'incertitude sur les conditions de réalisation de ces essais, il n'a pas été possible de conclure de façon certaine quant à l'existence d'un dysfonctionnement du moteur antérieur au vol de l'accident. Les autres paramètres enregistrés ne montraient pas de déviation significative par rapport à la norme.

Les responsables de l'atelier de maintenance indiquent avoir été informés par le propriétaire de la réalisation de ces essais, mais ne pas avoir été autorisés à exploiter le CGR pour en analyser les résultats. Le propriétaire de l'avion quant à lui déclare ne pas avoir reçu de demande de l'atelier en ce sens.

Les données du vol de l'accident ont également été exploitées. Elles montrent dès la mise en puissance au sol une montée rapide de la température du cylindre n° 4 et, dans une moindre mesure, du cylindre n° 2. La température de la culasse du cylindre n° 4 a atteint 536 °F¹⁴, ce qui excède la limite maximale de température définie dans le manuel du constructeur. Selon le Manuel du CGR 30, cela entraîne l'affichage en rouge du paramètre CHT¹⁵ correspondant sur l'écran du CGR 30 et l'allumage d'un voyant rouge sur le tableau de bord. La température est ensuite redescendue avant de remonter quelques minutes plus tard au-dessus du seuil critique.

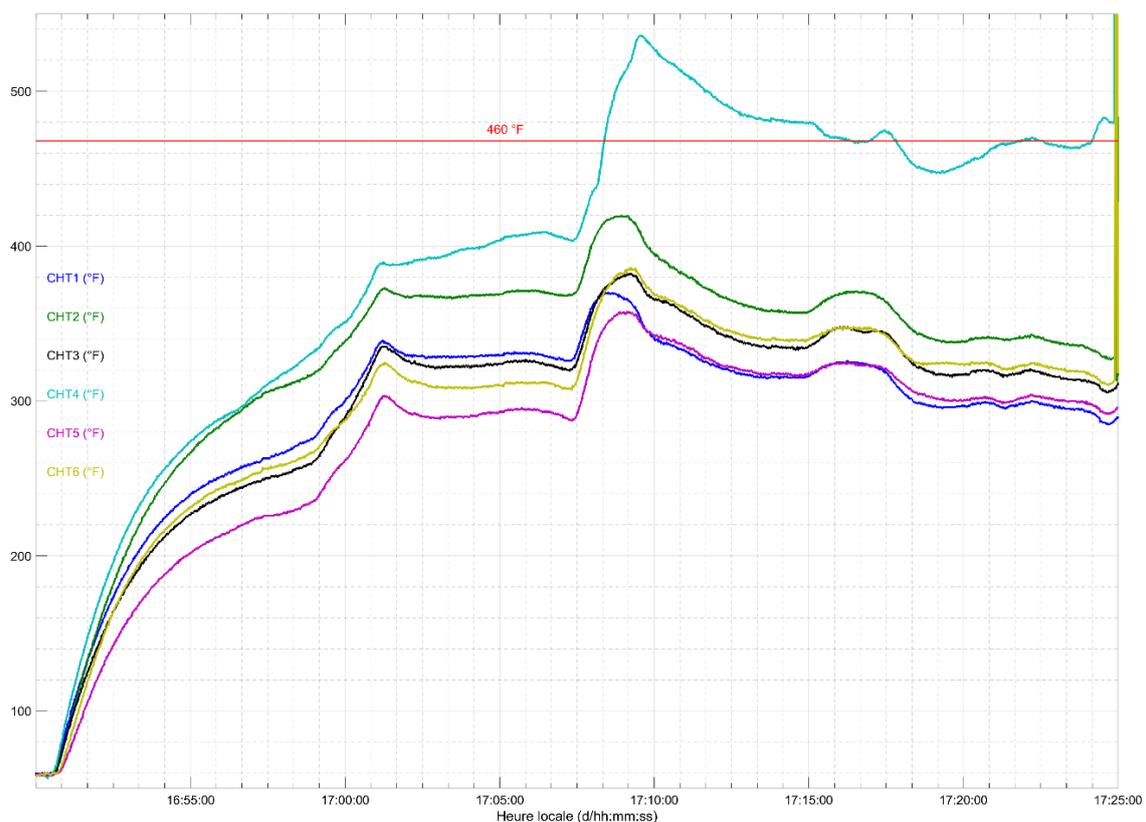


Figure 4 : température des têtes de cylindres du moteur gauche lors du vol du 30 octobre 2020
(Source : BEA)

¹³ Soit environ 238 °C.

¹⁴ 280 °C.

¹⁵ Cylinder Heat Temperature.

3 CONCLUSIONS

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

Scénario

Le N517HC est resté inutilisé pendant une période de quatorze ans environ dans un hangar, sans précaution de stockage particulière. La butée calendaire recommandée par le constructeur avant la révision générale des moteurs était dépassée depuis huit ans et l'avion a été vendu pour un prix réduit par l'atelier de maintenance qui en avait la propriété. Pour des raisons probablement économiques et conformément aux possibilités offertes par la réglementation américaine, la révision générale des moteurs n'a pas été réalisée.

Il est très probable que de la corrosion interne affectait alors le moteur gauche, le faible temps de fonctionnement sur une longue période étant propice à cette dégradation, sans que cela ait été détecté lors des inspections préalables à la vente.

Au cours du processus de remise en service, divers travaux et contrôles ont été réalisés en parallèle sur l'avion par l'atelier de maintenance, le propriétaire et l'inspecteur délivrant l'autorisation dite « *Inspection Authorization* » (IA). Ce dernier a ensuite approuvé la remise en service de l'avion.

Au cours du vol, des paramètres anormaux ont été détectés sur le moteur gauche et une alarme s'est déclenchée. Le commandant de bord a initialement poursuivi le vol, le passager mécanicien lui ayant indiqué qu'il s'agissait probablement d'une fausse alarme.

Lors de la branche retour, l'alarme s'est à nouveau déclenchée et le moteur gauche a pris feu. Le commandant de bord, estimant ne pas pouvoir rejoindre la piste, a décidé de réaliser un atterrissage d'urgence dans un champ.

L'enquête n'a pas permis de déterminer l'origine de l'incendie. Il est néanmoins probable que le point de départ du feu se situait au niveau du cylindre n° 4 du moteur gauche.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à l'incendie du moteur gauche en vol :

- le stockage de très longue durée de l'avion, sans qu'aucune procédure particulière de préservation des moteurs et de remise en service n'ait été mise en place, contrairement aux préconisations du constructeur du moteur ;
- la non-réalisation de la révision générale des moteurs, bien que celle-ci soit préconisée par le constructeur, sans précaution ou inspection alternative à cette révision. La réglementation américaine permet cet allègement ;
- le partage d'information insuffisant entre l'atelier de maintenance et le nouveau propriétaire lors des opérations de remise en état de vol ;
- la poursuite du vol après l'apparition d'une alarme associée à la température du cylindre n° 4 du moteur gauche dans un contexte de premier vol après une longue période d'immobilisation et d'importantes opérations de maintenance.

A contribué à atténuer les conséquences de l'incendie après l'apparition de celui-ci :

- la réalisation d'un atterrissage d'urgence dans un champ, plutôt qu'une tentative de rejoindre la piste, distante de 900 m environ, au vu de l'intensité du feu et de l'urgence de la situation.

Enseignements de sécurité

Maintenance des avions immatriculés aux États-Unis

La réglementation américaine permet aux propriétaires d'avions immatriculés aux États-Unis des allègements notables en matière de maintien de navigabilité par rapport à l'équivalent européen. Ce cadre établit un socle minimum d'exigences qui est applicable dans le cas général des aéronefs en circulation. Cependant, des situations particulières – notamment un stockage de très longue durée – devraient entraîner des vérifications et précautions supplémentaires qui ne sont pas explicitement mentionnées dans la réglementation.

Il revient alors au propriétaire de l'aéronef, à l'atelier de maintenance et à l'inspecteur IA de chacun faire preuve d'adaptabilité et de discernement vis-à-vis de ces cas singuliers, pour veiller à la bonne prise en compte de la sécurité des vols face aux contraintes économiques.

Stockage de longue durée des aéronefs en aviation générale

Le maintien au sol prolongé d'un aéronef peut avoir des conséquences importantes sur sa navigabilité. Il est communément admis que la maintenance préventive la plus efficace pour un aéronef devant subir une importante période d'inactivité est de le faire voler au minimum une fois par mois. Il convient de noter que le fait de simplement « faire tourner » un moteur au sol ne constitue pas une mesure alternative satisfaisante et peut en réalité s'avérer néfaste pour le moteur.

Certaines situations – la crise sanitaire liée à la pandémie de la COVID-19 en est un exemple récent – ne permettent pas toujours de respecter ces bonnes pratiques. Dans ce cas, des mesures de préservation devraient être mises en place pour prévenir, ou au moins ralentir, la dégradation de l'état de l'aéronef.

Dans le cadre des mesures prises à l'issue de la pandémie de la COVID-19, l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (EASA) a publié un [guide](#) à destination des CAMO¹⁶ et AMO¹⁷ pour le retour en service des aéronefs après stockage.

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.

¹⁶ Continuing Airworthiness Management Organisation.

¹⁷ Approved Maintenance Organisation.