

REPUBLIQUE DU CONGO



MINISTERE DES TRANSPORTS, DE L'AVIATION CIVILE ET DE LA MARINE MARCHANDE
BUREAU DES ENQUETES ET DES ACCIDENTS D'AVIATION

RAPPORT FINAL

Enquête : BEA-02-2022

Type d'exploitation : Transport aérien commercial - passager

Accident survenu le **19 septembre 2022**
à **l'aéroport Agostinho Neto (Pointe Noire/République du Congo)**
impliquant **l'aéronef de type Beechcraft 1900C**
immatriculé **TN-AIQ**
exploité par **Equaflight Service (EKA)**

Table des matières

SYNOPSIS	1
ORGANISATION DE L'ENQUETE	1
RENSEIGNEMENTS DE BASE	2
1.1 DÉROULEMENT DU VOL.....	2
1.2 DOMMAGES À L'AÉRONEF.....	4
1.3 RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL.....	4
1.3.1 ÉQUIPAGE DE CONDUITE.....	4
1.3.2 ÉQUIPAGE DE CABINE	5
1.4 RENSEIGNEMENTS SUR L'AÉRONEF	5
1.4.1 CELLULE.....	5
1.4.2 MOTEURS	6
1.4.3 HELICES.....	6
1.4.4 TRAINS D'ATERRISSAGE	6
1.4.5 MASSE ET CENTRAGE.....	8
1.4.6 SUIVI DES OPERATIONS DE MAINTENANCE	9
1.5 CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	9
1.6 AIDES À LA NAVIGATION.....	9
1.7 TÉLÉCOMMUNICATIONS.....	9
1.8 RENSEIGNEMENTS SUR L'AÉRODROME.....	10
1.9 ENREGISTREURS DE BORD	10
1.10 RENSEIGNEMENTS SUR L'ÉPAVE ET SUR L'IMPACT	10
1.10.1 EXAMEN DU SITE	10
1.10.2 EXAMEN DE L'AERONEF APRES L'ACCIDENT	11
1.11 RENSEIGNEMENTS MÉDICAUX ET PATHOLOGIQUES	15

1.12	INCENDIE	15
1.13	ESSAIS ET RECHERCHES	15
1.13.1	TEST AU SOL DES TRAINS D'ATERRISSAGE	15
1.13.2	FONCTIONNEMENT DES ENREGISTREURS DE BORD.....	16
1.13.3	FLUIDE ET FILTRE HYDRAULIQUES	19
1.13.4	VERIN DU TRAIN D'ATERRISSAGE PRINCIPAL DROIT	19
1.14	RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES ET LA GESTION	24
1.14.1	EQUAFLIGHT SERVICE.....	24
1.14.2	ORGANISATION DE LA MAINTENANCE	24
1.14.3	LES SERVICES DE LA CIRCULATION AERIENNE	27
1.14.4	LES SERVICES METEOROLOGIQUES	27
1.14.5	L'AUTORITE DE REGLEMENTATION, DE CERTIFICATION ET DE VALIDATION DES LICENCES	27
2	ANALYSE	28
3	CONCLUSIONS	30
3.1	FAITS ÉTABLIS PAR L'ENQUÊTE.....	30
3.2	CAUSE ET FACTEURS CONTRIBUTIFS.....	31
3.2.1	CAUSE PRINCIPALE	31
3.2.2	FACTEURS CONTRIBUTIFS.....	31
4	RECOMMANDATIONS DE SECURITE	32
	ANNEXE – SIGLES ET ABREVIATIONS	1

SYNOPSIS

Aéronef	Beechcraft 1900C, TN-AIQ
Date et heure	19 septembre 2022 à 18 H 55 (heure locale)
Exploitant	Equaflight Service
Lieu	Aéroport Agostinho Neto (Pointe Noire), piste 17
Nature du vol	Transport aérien commercial
Personnes à bord	Commandant de bord , Officier pilote de ligne, 01 Personnel complémentaire de bord, 16 passagers (dont 1 enfant et 1 bébé)
Conséquences et dommages	L'aéronef et ses éléments ont subis des dommages

ORGANISATION DE L'ENQUETE

Le Bureau des enquêtes et des accidents d'aviation (BEA) a ouvert une enquête de sécurité n°BEA-02-2022 concernant l'accident survenu le 19 septembre 2022, vers 18 h 55 locales, à l'aéroport Agostinho-Neto de Pointe-Noire, impliquant l'aéronef de type Beechcraft 1900C immatriculé TN-AIQ, exploité par la compagnie Equaflight Service.

Cette enquête a été ouverte conformément à l'annexe 13 de la Convention relative à l'aviation civile internationale et aux dispositions pertinentes du code de l'aviation civile.

Les organismes suivants ont pris part à cette enquête :

- Bureau national de la sécurité des transports (NTSB) des États Unis d'Amérique, État de conception et de construction de l'aéronef ;
- Bureau de la sécurité des transports (TSB) du Canada, État de conception et de construction des moteurs Pratt & Whitney PT6A-65B installés sur l'aéronef ;
- Textron Aviation, constructeur de l'aéronef;
- Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) français, Etat fournissant une assistance technique pour la lecture des enregistreurs de vol.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Note : Les éléments suivants sont issus des enregistrements de radiocommunications entre « la tour de contrôle et l'aéronef » et des interviews du personnel d'exploitation (pilotes, contrôleurs de la circulation aérienne, personnel du gestionnaire de l'aéroport).

Le 19 septembre 2022, un aéronef de type Beechcraft 1900C, de numéro de série UC-40, immatriculé TN-AIQ, exploité par la compagnie Equafight Service effectuait un vol commercial selon les règles de vol aux instruments (IFR), entre l'aéroport Maya-Maya (FCBB) de Brazzaville et l'aéroport Agostinho Neto (FCPP) de Pointe-Noire.

A bord se trouvaient 16 passagers, deux membres d'équipage de conduite et un personnel complémentaire de bord (PCB). Le commandant de bord occupant le siège gauche était pilote surveillant (PM), tandis que le premier officier, occupant le siège de droite, était le pilote aux commandes (PF).

A 18h21, lors de l'approche de sa destination, l'équipage a reçu les informations météorologiques du contrôleur de la circulation aérienne (contrôleur). A 18h38, il a été autorisé à descendre à 2000 pieds et, cinq minutes plus tard, a signalé le survol du point de cheminement BORKA. L'aéronef a été autorisé à l'atterrissage sur la piste 17.

Lors de la configuration finale pour l'atterrissage, l'équipage a actionné la sortie des trains d'atterrissage, mais n'a pas obtenu l'indication de verrouillage du train principal droit. Une seconde tentative de sortie en procédure normale a conduit aux mêmes résultats. L'équipage a alors remis les gaz et a informé le contrôleur à 18h47. Une demande de virage en vent-arrière droite a été formulée et approuvée.

L'équipage a ensuite appliqué la procédure de secours pour la sortie du train d'atterrissage. Les trois indicateurs de verrouillage se sont allumés, laissant penser que tous les trains étaient correctement déployés. À 18h53, l'équipage a confirmé son intention d'atterrir, ce que le contrôleur a autorisé.

A 18h55, l'aéronef a touché la piste. Lors du roulage, alors que l'appareil décélérait et que le transfert de charge des ailes vers les trains s'opérait, le train principal droit a commencé à s'effacer. Cela a provoqué un contact de l'hélice droite, du volet de bord de fuite et de l'extrémité de l'aile droite avec la surface de la piste. L'équipage de conduite a immédiatement déclaré au contrôleur une situation d'urgence (appel MAYDAY).

Le contrôleur, ayant observé des étincelles lors de la course à l'atterrissage, a alerté les services d'urgence et activé la sirène. A 18h56, l'équipage a demandé explicitement l'assistance des pompiers, ce à quoi le contrôleur a répondu en signalant qu'un véhicule de secours se trouvait en approche derrière l'aéronef.

L'appareil s'est immobilisé à 1 166 mètres du seuil de la piste 17. La piste, mesurant 2 620 mètres de long sur 45 mètres de large, présentait une surface asphaltée nue et sèche.

Après l'arrêt complet de l'aéronef, le commandant de bord a ordonné l'évacuation. Le copilote a ouvert l'entrée principale afin de permettre aux occupants de quitter l'appareil.

Le réservoir de carburant de l'aile droite a été perforé lors de l'impact et son contenu s'est déversé sur la piste dans la zone d'immobilisation.

Les deux véhicules d'incendie de l'aéroport, stationnés initialement sur la voie d'accès d'urgence U1 (à 1 000 mètres du seuil de piste), ont rejoint l'aéronef. Environ 9 000 litres d'eau et 800 litres d'émulseur ont été projetés sur l'appareil pour prévenir tout risque d'incendie.



Figure 1. TN-AIQ après l'accident sur la piste d'atterrissage (Source : AERCO)

Pendant les opérations d'enlèvement de l'aéronef, le train principal droit s'est librement déployé sous l'effet du levage. Une fois l'appareil positionné sur vérins du côté droit, le train a été verrouillé manuellement par le personnel de maintenance d'Equafly.

L'aéronef a ensuite été tracté jusqu'au hangar d'Equafly où il a été placé sur vérins.



Figure 2. TN-AIQ après l'accident sur la piste d'atterrissage (Source : AERCO)

1.2 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a subi plusieurs dommages (conf. § 1.10).

1.3 Renseignements sur le personnel

1.3.1 Équipage de conduite

L'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

1.3.1.1 Commandant de bord

Homme, 30 ans, de nationalité française.

- Licence : CPL(A) n°FAR.FCL.CA 00312581 du 14 décembre 2012
- Validation de licence - ANAC : n°33/ANAC/DSA/SPAA du 28 juillet 2022, valable jusqu'au 24 décembre 2022
- Qualification
 - Règles de vol aux Instruments (IFR) du 27 avril 2022, valable jusqu'au 30 avril 2023
- Stage
 - Maintien de compétences (MDC), du 10 juin 2022, valable jusqu'au 31 décembre 2022
- Contrôle
 - Contrôle en ligne, B1900C, du 31 janvier 2022, valable jusqu'au 31 décembre 2022
- Dernière visite d'aptitude médicale de classe 1 effectuée le 14 décembre 2021 et valable jusqu'au 24 décembre 2022
- Expérience
 - totale : 3.265 heures de vol, dont 2.690 en qualité de commandant de bord
 - sur type : 1 818 heures de vol en qualité de commandant de bord
 - dans les 3 derniers mois : 41,35 heures
 - dans les 7 derniers jours : 6,55 heures

1.3.1.2 Co-pilote

Homme, 44 ans, de nationalité turque.

- Licence : CPL(A) n°0272322926 du 31 mai 2012
- Validation de licence - ANAC : n°20/22/ANAC/DSA/SPAA du 31 mai 2022, valable jusqu'au 30 novembre 2022
- Qualification
 - Règles de vol aux Instruments (IFR) du 25 février 2022, valable jusqu'au 26 février 2023
- Stage
 - Maintien de compétences (MDC), du 09 septembre 2022 valable jusqu'au 30 septembre 2023
- Contrôle
 - Contrôle en ligne, B1900C1, du 30 août 2022, valable jusqu'au 28 février 2023
- Dernière visite d'aptitude médicale de classe 1 effectuée le 27 février 2022 et valable jusqu'au 28 février 2023
- Expérience
 - totale : 1 966 heures de vol
 - sur type : 1 966 heures de vol
 - dans les 3 derniers mois : 12,2 heures
 - dans les 7 derniers jours : 6,4 heures

1.3.2 Équipage de cabine

Outre le personnel navigant technique, un personnel complémentaire de bord (PCB) était présent à bord, affecté exclusivement au service des passagers

1.4 Renseignements sur l'aéronef

Le Beechcraft 1900C est un aéronef bimoteur turbopropulseur pressurisé. L'aéronef est doté d'hélices à 4 pales en matériau composite, à vitesse constante, qui permettent une mise en drapeau complète et une inversion de pas.

Le TN-AIQ était configuré pour transporter 2 membres d'équipage de conduite et jusqu'à dix-neuf passagers.

Les dossiers indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément à la réglementation applicable et aux procédures approuvées.

1.4.1 Cellule

Constructeur	RAYTHEON AIRCRAFT COMPANY
Type	Beechcraft 1900C1
Numéro de série	UC-40
Immatriculation	TN-AIQ
Mise en service	01 Janvier 1988

Certificat de navigabilité	n°004/2013 du 30 août 2013 délivré par l'ANAC valable jusqu'au 08 août 2023
Utilisation au 19/09/2022	20 921,27 heures et 21 555 cycles de vol
Utilisation depuis la dernière grande visite	38,7 heures et 35 cycles de vol

1.4.2 Moteurs

Constructeur	PRATT & WHITNEY CANADA	
Type	PT6-65B	
Position	Gauche	Droit
Numéro de série	PCE-32308	PCE-32071
Date d'installation	01/01/1988	29/11/2018
Heures et cycles depuis fabrication	19 878,85 heures et 20 504 cycles de vol	19 667,85 heures et 20 420 cycles de vol

1.4.3 Hélices

Constructeur	HARTZELL	
Type	HC-B4MP-3A	
Position	Gauche	Droit
Numéro de série	FWA4719	FWA3881
Date d'installation	10/05/2022	01/05/2021
Heures et cycles depuis fabrication	38,85 heures et 35 cycles de vol	19350 heures et 1386 cycles de vol
Date de la dernière révision générale	-	30/04/2021
Heures depuis la dernière révision générale	-	209,15 heures de vol

1.4.4 Trains d'atterrissage

Le B1900C est muni d'un train d'atterrissage tricycle escamotable. Les trains d'atterrissage avant et principaux sont dotés d'amortisseurs oléopneumatiques.

La jambe de chaque train d'atterrissage est dotée de deux ensembles roue-pneu.

Les trains d'atterrissage sont rentrés et sortis par l'intermédiaire des vérins et ensembles de contrefiches individuels, lesquels sont connectés à chaque jambe.

L'ensemble de contrefiches du train d'atterrissage principal (supérieure et inférieure) est installé entre la jambe et les composants structuraux du puits de train.

Le vérin est installé entre les contrefiches supérieures et les composants structuraux du puits de train. Lorsque le vérin passe à la position rentrée,

l'ensemble de contrefiches se plie vers le haut, ce qui fait pivoter la jambe vers l'arrière dans le puits de train.

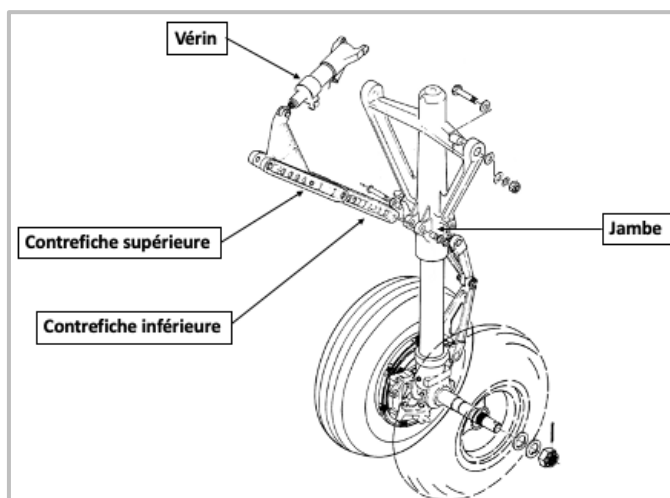


Figure 3. Train d'atterrissage principal d'un Beechcraft B1900C

(Source : Textron Aviation, avec annotation du BEA)

Lorsque le train d'atterrissage principal est sorti, les contrefiches sont alignées. L'ensemble de contrefiches agit alors comme un composant rigide du train d'atterrissage, résistant à la force de traînée et maintenant la jambe en position.

Le fonctionnement du train d'atterrissage est commandé et surveillé depuis le panneau de commande situé sur le tableau de bord du poste de pilotage.

L'entrée et la sortie du train est réalisée au moyen du levier de commande du train d'atterrissage.

Les indications visuelles concernant la position du train d'atterrissage sont fournies par deux voyants rouges situés sur le levier de commande ainsi que par un ensemble de voyants verts sur le sous-panneau du tableau de bord.

Un **indicateur visuel**, marqué **GEAR DOWN**, s'allume lorsque les trains sont en position sortie et verrouillée. Dans ce cas, les voyants verts individuels « **NOSE** » (train avant), « **L** » (train principal gauche), « **R** » (train principal droit) s'illuminent.

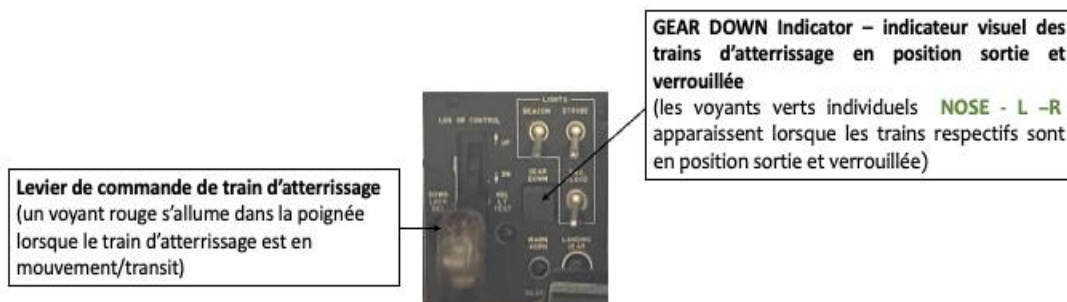


Figure 4. Panneau de commande du train d'atterrissage du Beechcraft B1900C

Lorsque le train d'atterrissage est correctement verrouillé, un voyant rouge dans le levier s'éteint, signalant la position des trains d'atterrissage est correcte.

Le voyant de signalisation rouge du levier s'allume lorsque :

- le train d'atterrissage est en transit ;
- le train d'atterrissage n'est pas correctement verrouillé en position sortie ou rentrée ;
- la position du train d'atterrissage ne correspond pas à celle du levier.

L'aéronef est équipé d'un système d'avertissement de train d'atterrissage destiné à informer le pilote lorsque le train d'atterrissage n'est pas sorti et verrouillé pendant certains régimes de vol. Ce système comprend un avertisseur sonore (klaxon) et un voyant situé sur le levier de commande du train.

Le klaxon et les voyants du levier s'activent quelle que soit la position des leviers de puissance lorsque les volets sont au-delà de la position APPROACH.

Si le train d'atterrissage n'est pas sorti et verrouillé et que la position d'au moins l'une des deux manettes des gaz ne correspond pas à une puissance moteur suffisante pour maintenir l'aéronef en vol, le klaxon retentit de façon intermittente et le voyant du levier de train s'allume.

Si le train d'atterrissage ne peut être sorti en suivant la procédure normale, l'équipage de conduite doit le sortir en suivant la procédure de secours figurant sur la liste de vérifications de sortie d'urgence du train d'atterrissage.

Le système de secours de sortie des trains d'atterrissage, comprenant une pompe à main, est utilisé pour sortir manuellement le train en cas de défaillance du système principal.

Position	Avant	Gauche	Droit
Type	114-820021-651	114-810000-655	114-810000-656
Numéro de série	030311	AS1962PS	38933PS
Date d'installation	28/08/2018	28/08/2018	28/08/2018
Date de la dernière révision générale	03/08/2018	07/08/2018	07/08/2018
Cycles cumulés depuis la dernière révision générale	1 284 cycles	1 284 cycles	1 284 cycles
Prochaine révision générale	27.8.2023 30 271 cycles (aéronef)	27.8.2023 30 271 cycles (aéronef)	27.8.2023 30 271 cycles (aéronef)

1.4.5 Masse et centrage

Lors de l'événement, la masse et le centrage de l'aéronef étaient conformes aux limites définies par le constructeur.

1.4.6 Suivi des opérations de maintenance

L'aéronef est entretenu par l'organisme de maintenance français AIRMAIN conformément au programme d'entretien, référencé EKA/PE. B1900, édition 4, révision 1 du 12 janvier 2021, approuvé par l'agence nationale de l'aviation civile.

L'aéronef était à jour de son cycle d'entretien.

La dernière grande visite de l'aéronef a été réalisée du 15 novembre 2021 au 23 mai 2022, à Saint Brioux, Tremuson, France, par AIRMAIN. Cette visite portait principalement sur les tâches de maintenance périodiques (phases 4, 5 et 6), l'inspection des parties chaudes des moteurs, le remplacement de l'hélice du moteur gauche ainsi que les travaux supplémentaires liés aux défauts constatés.

Parmi ces défauts figuraient des fuites hydrauliques au niveau du vérin de relevage du train d'atterrissage principal droit et du pack hydraulique, ayant conduit à leur remplacement.

Les inspections prévol effectuées le 19 septembre 2022, par le commandant de bord, incluant notamment une inspection visuellement de l'aéronef et de ses équipements de sécurité, n'ont révélé aucune anomalie.

1.5 Conditions météorologiques

Le message d'observation météorologique régulière pour l'aviation (METAR) en vigueur pour l'aéroport international Agostinho Neto (FCPP) au moment de

l'événement faisait état des conditions suivantes :

Vent : 190/08 kts,
Visibilité : 10 km,
Nuages : SCT 013, OVC 023
Température : 25°C
Point de rosée : 22°C
QNH : 1011 hPa.

L'accident est survenu dans les conditions météorologiques compatibles avec le vol à vue.

1.6 Aides à la navigation

L'aéronef en cause était équipé des aides à la navigation appropriées pour effectuer l'approche, lesquelles étaient en bon état de service au moment de l'occurrence.

1.7 Télécommunications

Au moment de l'accident, l'équipage communiquait avec la tour de contrôle de Pointe-Noire sur la fréquence 124.3 MHz.

1.8 Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome Agostinho Neto de Pointe-Noire dispose d'une piste asphaltée (17/35) mesurant 2 620 mètres de longueur et 45 mètres de largeur.

L'altitude du début du seuil coté extrémité de la piste 17 est de 17 mètres, celle de la piste 35 est de 16 mètres, avec une ondulation du géoïde de 4 mètres.

Le point de référence de l'aérodrome (ARP) est situé sur la piste, à l'intersection de l'axe de la piste avec l'axe de la voie de circulation principale A.

Les coordonnées géographiques WGS84 du point de référence de l'aérodrome sont : Latitude sud 4°48'53''S – Longitude 11°53'11''E.

L'altitude minimale de sécurité est de 2 000 pieds.

1.9 Enregistreurs de bord

L'aéronef était équipé d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) et d'un enregistreur de données de vol (FDR) conformément à la réglementation en vigueur :

	Modèle	Numéro de type	Numéro de série
FDR	F1000	S703-1000-00	01672
CVR	A100S	S100-0080-00	01940

Ces enregistreurs ont été envoyés au Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile français (BEA Fr) pour exploitation.

1.10 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

1.10.1 Examen du site

L'aéronef s'est immobilisé à environ 1 166 mètres du seuil de la piste 17 et 782 mètres du point cible (point de touchée de roues).

La première marque d'impact de l'aéronef sur la piste a été relevée à 28 mètres du point cible. A partir de ce point, l'aéronef a parcouru environ 754 mètres avant de s'immobiliser.

La piste a subi de nombreuses éraflures causées par le contact de l'hélice droite et l'extrémité de l'aile droite avec la surface.

Au total, 132 marques des pales de l'hélice, d'une longueur moyenne de 0,7 mètre et d'une profondeur de 1 centimètre, ont été relevées sur une distance de 423 mètres.

Soixante mètres après la dernière marque des pales de l'hélice sur la piste, l'aéronef a laissé une marque longue de 91 mètres, située à 180 mètres avant son point d'immobilisation.

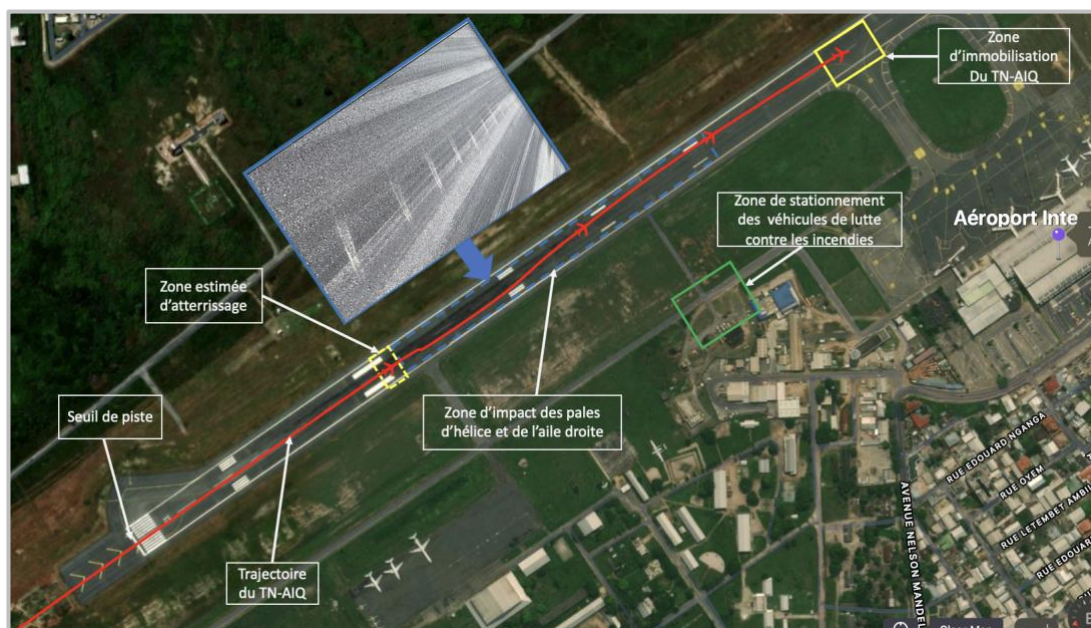


Figure 5. Illustration de la trajectoire de l'aéronef (Source : GPS Tracks, avec annotation du BEA)

1.10.2 Examen de l'aéronef après l'accident

Après l'atterrissage, le train principal droit s'est affaissé et l'hélice droite, l'extrémité de l'aile, les commandes de vol ainsi que le fuselage ont subi des dommages importants.

L'aéronef présente des dommages majeurs sur la structure du fuselage, l'extrémité de l'aile droite, les commandes de vol et l'hélice droite, résultant de l'effacement du train d'atterrissage principal droit après l'atterrissage. Ces dommages sont attribués au frottement avec la piste.

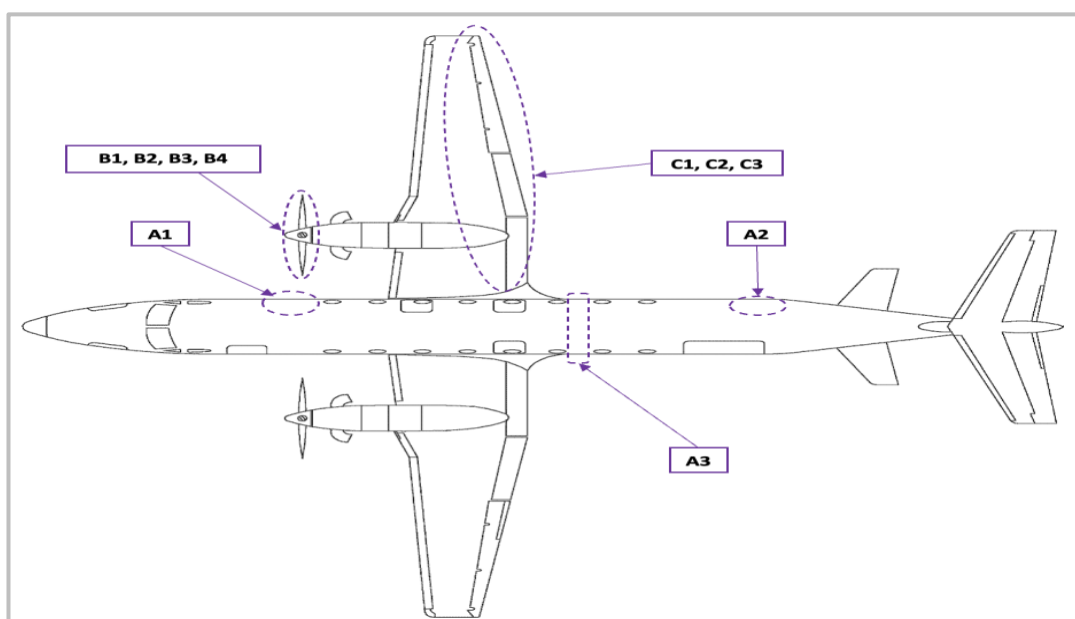


Figure 6. Plan d'impact de l'aéronef
(Source : Textron aviation, avec annotation du BEA)

1.10.2.1 Examen de l'aéronef après l'accident

Des plis dans le revêtement extérieur du fuselage, causé par la pression exercée par une sangle lors du levage de l'aéronef pendant son enlèvement, ont été identifiés. (A3, figure 7)

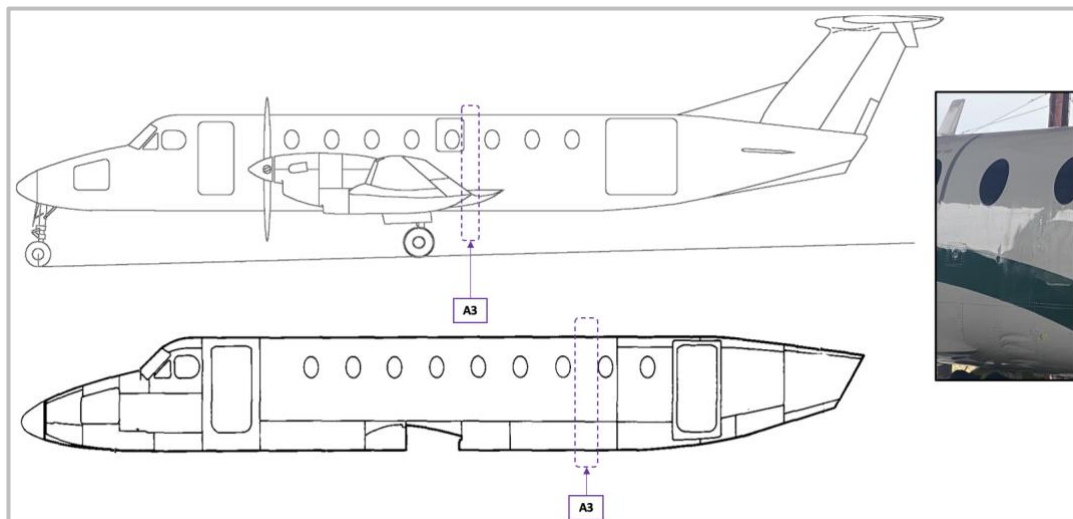


Figure 7. Plan d'impact de l'aéronef (vue — côté gauche)

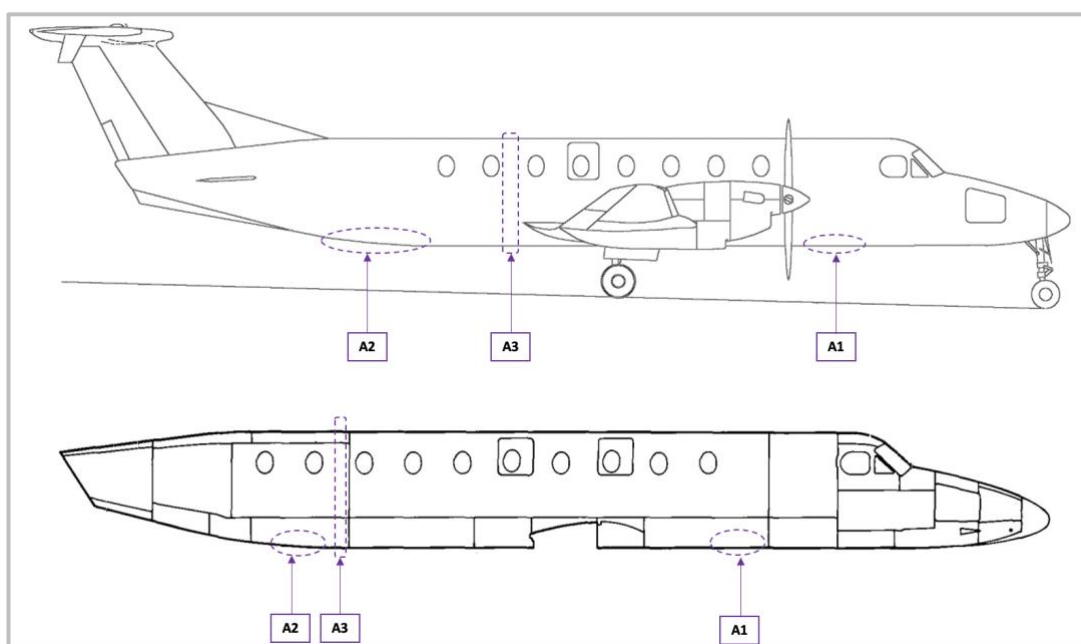


Figure 8. Plan d'impact de l'aéronef (vue — côté droit)

Une perforation du fuselage a été observée dans le revêtement de la partie inférieure avant du fuselage, côté droit. (A1, figure 9)

L'examen a également révélé des traces d'impact et de frottement sur les revêtements de la partie inférieure du fuselage. (A2, figure 9)

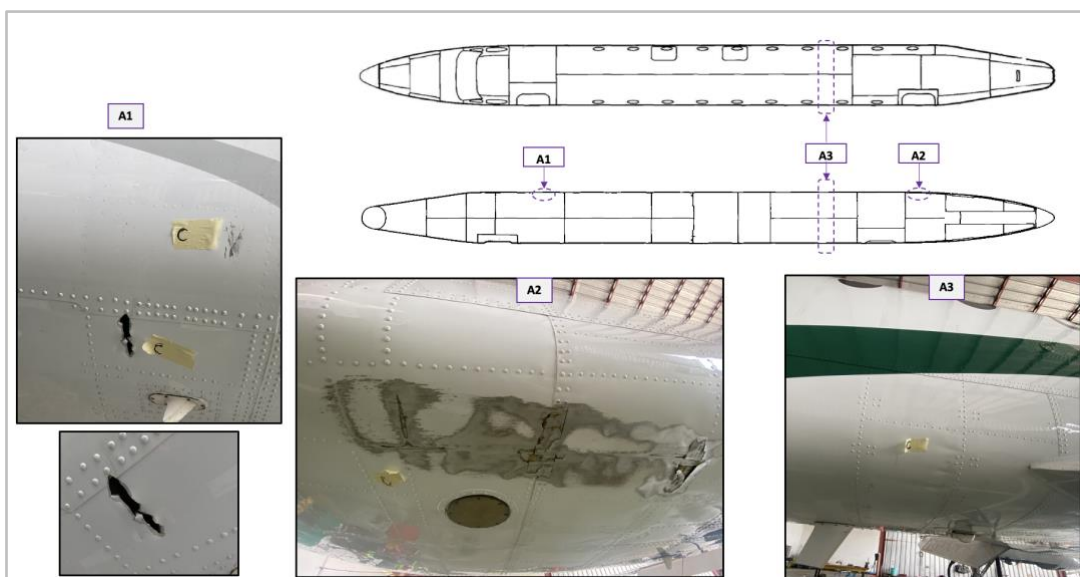


Figure 9. Plan d'impact de l'aéronef (Source - BEA-Congo)

Les quatre pales de l'hélice droite sont entrées en contact avec la piste à l'atterrissage et ont été endommagées à divers degrés.

L'hélice gauche n'a subi aucun dommage.

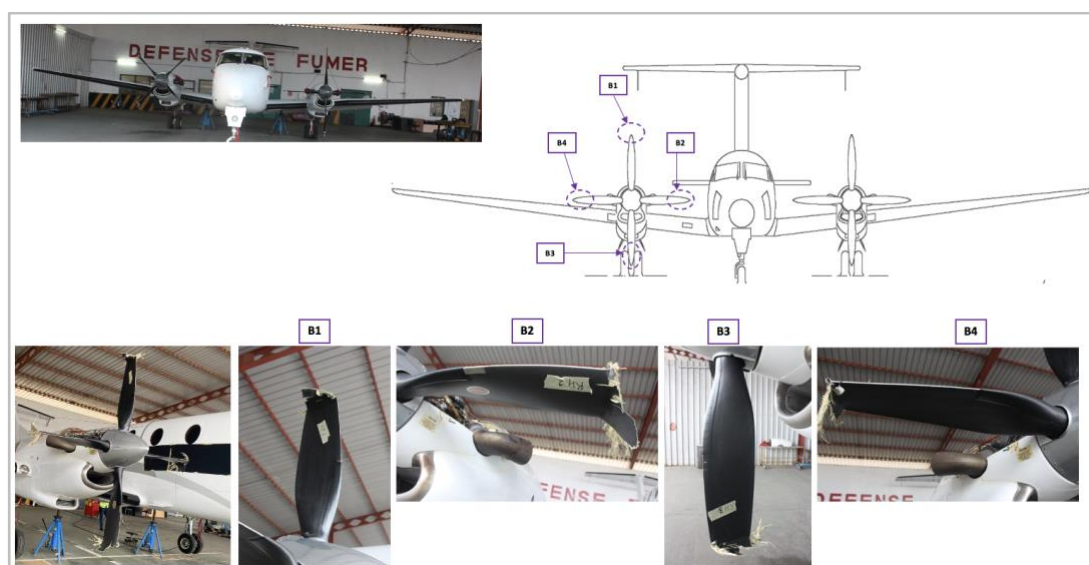


Figure 10. Plan d'impact de l'aéronef (vue — face avant)

Les volets étant complètement sortis, en position atterrissage, les bords de fuite ont été abrasés.

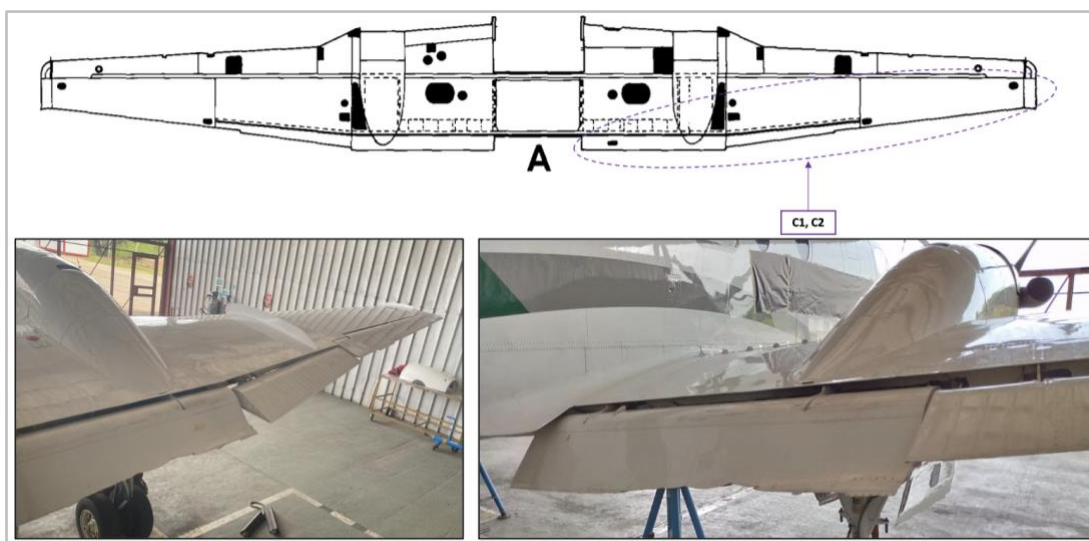


Figure 11. Plan d'impact de l'aile droite (vue de haut)

L'extrémité de l'aile droite et l'aileron présentent des éraflures dues aux frottements avec la piste. Le réservoir de carburant situé dans l'aile droite a été perforé. (C1, figure 12)

Le volet intérieur droit et les trappes du train principal droit ont été endommagés suite aux frottements avec la piste lors de l'effacement du train. (C2, figure 13)

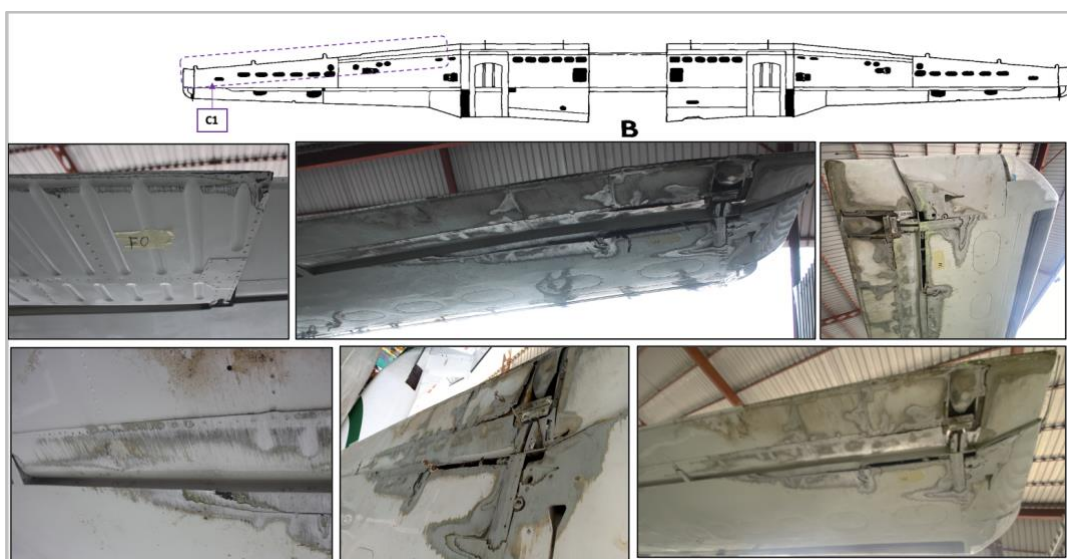


Figure 12. Plan d'impact de l'aile droite (vue d'en bas)

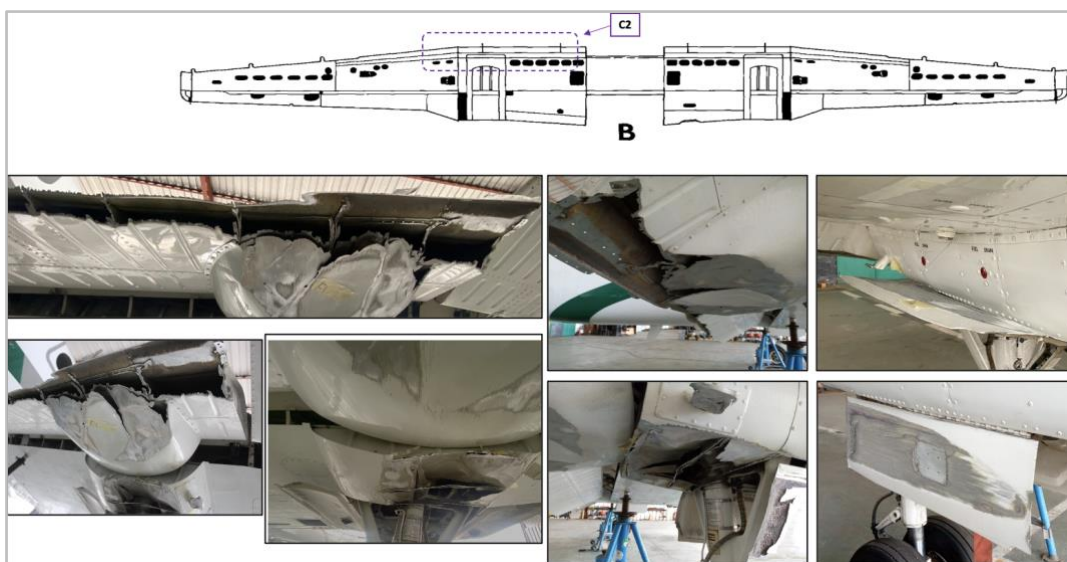


Figure 13. Plan d'impact de l'aile droite (vue d'en bas)

1.11 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux, pathologiques ou physiologiques aient pu affecter le rendement de l'équipage de conduite.

1.12 Incendie

Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact.

1.13 Essais et recherches

Les actions suivantes ont été réalisées dans le cadre de l'enquête technique:

- test fonctionnel au sol du système de sortie des trains d'atterrissage de l'aéronef;
- extraction et exploitation des enregistreurs de bord (FDR et CVR);
- examen des fluide et filtre hydrauliques;
- examen du vérin du train d'atterrissage principal droit et de ses composantes.

1.13.1 Test au sol des trains d'atterrissage

Mis sur vérins dans le hangar de la compagnie aérienne après l'accident, le test au sol des trains d'atterrissage a été réalisé suivant les procédures normale (pompe électrique) et de secours (pompe manuelle) prévues dans le manuel de maintenance du constructeur (AMM 32-30-00).

Le test a révélé des dysfonctionnements lors de la sortie du train d'atterrissage droit :

- Qu'il s'agisse de la procédure normale ou de la procédure de secours, lorsque le levier du train a été mis en position DOWN :

- le voyant rouge de signalisation, indiquant que le train n'est pas verrouillé, s'est allumé,
 - le voyant indiquant la sortie et le verrouillage du train principal droit est resté éteint ;
 - le disjoncteur s'est déclenché, suite à une surcharge liée à une résistance mécanique anormale lors du déploiement du train principal droit.
- En procédure normale, après l'arrêt de la pompe électrique, la contrefiche supérieure du train s'est repliée vers le haut.
 - En procédure de secours, avec utilisation de la pompe manuelle, les contrefiches se sont d'abord alignées, puis se sont déverrouillées.

Durant le test, la position du train principal droit a pu être observée visuellement depuis le siège du pilote, sans que son verrouillage ne puisse être confirmé.

Le test au sol a permis de reproduire une défaillance similaire à celle survenue lors de l'occurrence.

1.13.2 Fonctionnement des enregistreurs de bord

Une analyses des enregistreurs de bord a été effectuée au laboratoire du BEA-Fr.

	FDR	CVR
Constructeur	L3Com F1000	L3Com A100S
Numéro de type	S703-1000-00	S100-0080-00
Numéro de série	01672	01940

1.13.2.1 Enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR)

L'analyse de l'enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) a permis de récupérer quatre pistes audio couvrant les 30 minutes et 20 secondes précédant la coupure d'alimentation, conformément à la réglementation applicable à cette classe d'enregistreur.

L'acquisition des quatre canaux audio numériques s'est correctement déroulée, sans anomalie ni défaut détecté. La qualité audio était globalement bonne, malgré un niveau sonore relativement faible.

L'enregistrement a permis d'identifier la phase d'approche finale, l'atterrissage ainsi que l'événement associé à l'effondrement du train principal droit. Toutefois, en l'absence de référence horaire absolue (absence d'horodatage synchronisé à l'UTC), il n'a pas été possible d'aligner précisément les données audio avec les autres sources d'information (radar, FDR, communications ATC).

1.13.2.2 Enregistreur de données de vol (FDR)

Le fichier de données du Flight Data Recorder (FDR) a été extrait et converti au format RBS, puis analysé à l'aide du logiciel dédié du BEA. Il contenait 413 599 secondes (soit environ 114 heures) de données réparties sur 293 segments synchronisés.

La grille de décodage issue du Component Maintenance Manual du modèle F1000 (réf. S703-1000-00) a été utilisée pour l'analyse des 43 paramètres théoriquement enregistrés. 39 d'entre eux se sont révélés invalides ou incohérents, y compris des données essentielles telles que la date, l'heure, la position GPS, le roulis et l'accélération longitudinale.

L'enregistrement ne contenait donc aucune référence horaire, ce qui a rendu impossible toute datation en temps UTC. Le traitement des données s'est appuyé sur le temps cumulé croissant (TCC).

Malgré ces limitations, plusieurs éléments indiquent que le vol de l'événement était bien contenu dans les données FDR :

- Le décollage enregistré au cap 230° est cohérent avec un départ depuis la piste 23 de Brazzaville (FCBB) ;
- L'atterrissage au cap 167° correspond à l'axe de la piste 17 de Pointe-Noire (FCPP) ;
- La durée du vol (1h17) est compatible avec un vol FCBB-FCPP ;
- Un pic d'accélération verticale a été observé lors du toucher des roues, suggérant un atterrissage dur.

Toutefois, l'absence de paramètres valides concernant l'accélération longitudinale et le roulis n'a pas permis de détecter ou de confirmer l'effondrement du train d'atterrissage principal droit à travers les seules données FDR.

Les quatre seuls paramètres exploitables étaient :

- Altitude pneumatique élaborée (Pneumatic Altitude Elab) ;
- Cap (Heading) ;
- Vitesse indiquée pneumatique (Pneumatic IAS) ;
- Accélération verticale (Vertical Acceleration).

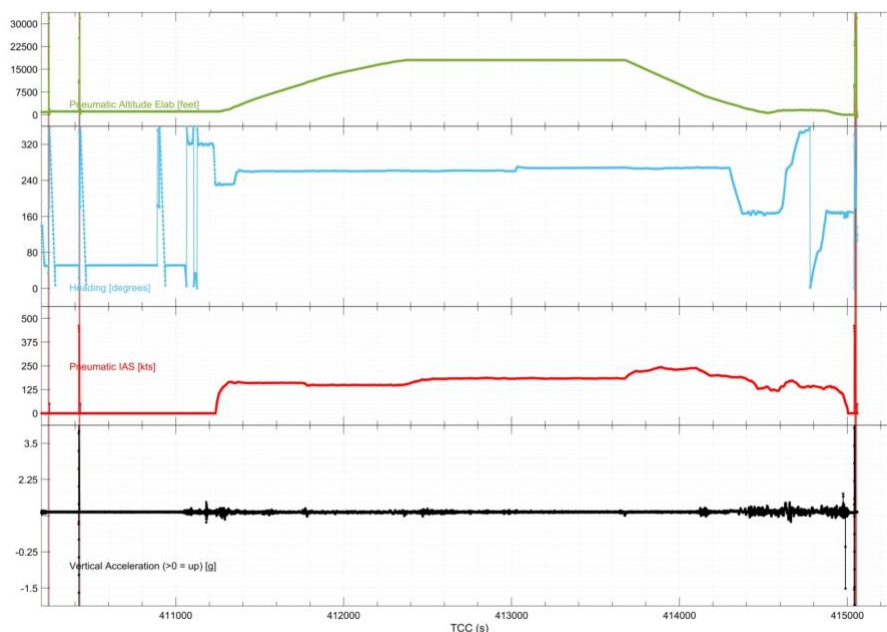


Figure 14 - Paramètres enregistrés du vol

1.13.2.2.1 Suivi de maintenance du FDR

Conformément au programme d'entretien approuvé par l'ANAC, les tâches de maintenance applicables au FDR (type DFDR) ont été exécutées selon les périodicités prescrites. La tâche B19/31-00-04, relative à l'analyse de l'ensemble des paramètres et programmée tous les 1460 jours ou 8000 heures de vol, avait quant à elle été accomplie le 30 janvier 2021. Lors de cette intervention, le FDR de numéro de série 00440 a été remplacé par le FDR 01672 en service lors de l'évènement.

La tâche B19/31-00-02, prévoyant l'analyse de l'ensemble des paramètres enregistrés tous les 730 jours ou 4000 heures de vol, a également été réalisée le 23 mai 2022 sur le FDR actuellement installé (numéro de série 01672), lequel avait été testé au cours de cette opération. Le rapport de lecture (Readout Report) du FDR a été établi par l'organisme Express Aviation en mai 2022.

Les résultats du test ont montré que certains paramètres étaient correctement enregistrés tandis que d'autres étaient absents ou non exploitables. Les paramètres d'altitude pneumatique, de vitesse indiquée pneumatique et de cap étaient enregistrés de manière satisfaisante. Les paramètres relatifs à l'assiette en tangage et en roulis figuraient également et étaient considérés comme satisfaisants. L'accélération normale apparaissait comme enregistrée mais était signalée comme « non enregistrée » dans le rapport. Les paramètres liés aux volets et à l'autopilote engagé étaient mentionnés comme pouvant ne pas être connectés. Les informations de date et d'heure ainsi que le temps écoulé n'étaient pas enregistrées, confirmant l'absence de référence temporelle dans l'enregistrement.

Les rubriques FDR fault, SD fault et AD fault indiquaient toutes l'absence d'anomalie, révélant que les lacunes provenaient des enregistrements et non d'un dysfonctionnement technique de l'équipement. Aucune action corrective n'a été

enregistrée pour remédier aux insuffisances constatées dans l'enregistrement des paramètres.

Le tableau des paramètres, extrait du rapport de lecture du FDR (numéro de série 01672), se présente comme suit :

<u>Readout Show/ No Show</u>				
Aircraft Registration Number: TN-AIQ				
Aircraft Type: BEECH 1900C. FDR Pt No: S703-1000-00				
DFL Ident: F1000 PNEU (Avionica)				
S = Show, N/S = No Show, ? = Suspect				
PARAMETER	S	N/S	?	COMMENTS
ALTITUDE PNEU	X			SATIS
AIRSPEED PNEU	X			SATIS
HEADING	X			SATIS
NORMAL ACCEL	X		X	NOT RECORDED
PITCH ATT	X			SATIS
ROLL ATT	X			SATIS
FLAP			X	MAY NOT BE CONNECTED
COMM PTT 1	X			SATIS
COMM PTT 2	X			SATIS
AP ENGAGED		X		MAY NOT BE CONNECTED
TRIP AND DATE		X		NOT RECORDED
FDR FAULT		X		NO FAULT
FDR TYPE	X			S703
ELAPSED TIME				NOT RECORDED
SD FAULT		X		NO FAULT
AD FAULT		X		NO FAULT
TIME/FRAME COUNTER	X			SATIS
EVENT MARKER		X		NOT ENGAGED

Figure 15 Extrait du rapport EASI de lecture du FDR, numéro de série 01672, daté du 20/05/2022

Les résultats du test du FDR réalisés en 2022 corroborent les constats de l'analyse effectuée dans le cadre de l'enquête, à savoir la présence d'un nombre limité de paramètres exploitables.

1.13.3 Fluide et filtre hydrauliques

L'analyse au microscope de fluide hydraulique et du filtre hydraulique prélevés sur l'avion n'a révélé aucune anomalie.

1.13.4 Vérin du train d'atterrissage principal droit

Le vérin du train principal droit, portant la référence PN 114-380041-12, S/N 40600-12, a été fabriqué par la société APPH Wichita Inc. (anciennement Airight, Inc.) qui n'est plus en service. Les droits de propriété intellectuelle relatifs à ce composant ont été repris par Textron Aviation (anciennement Raytheon, Hawker Beechcraft, Beech Aircraft Company).

1.13.4.1 Principe de fonctionnement du vérin

Lorsqu'un pilote sélectionne la position « train sorti » (DOWN) via la commande dans le poste de pilotage, la pression hydraulique alimente le vérin, provoquant l'extension de son piston et le déploiement du train d'atterrissage.

Une fois la course achevée, un verrouillage mécanique interne s'engage automatiquement par l'action d'un ressort (slide lock spring) qui applique une force sur un coulisseau (slide lock). Ce dispositif maintient le piston en position étendue, garantissant la stabilité du train lors du roulage, de l'atterrissage et du stationnement.

La rétraction du train nécessite une pression hydraulique suffisante pour déverrouiller le système, permettant la rentrée du vérin et le repositionnement du train dans son logement.

1.13.4.2 Inspection physique externe

Avant les essais fonctionnels, une inspection visuelle détaillée a été réalisée sur le vérin dans les locaux de Lee Air Inc. Les constats suivants ont été relevés:

- L'état général du vérin était jugé bon ;
- Cependant, le commutateur lock/unlock présentait des anomalies (voir figure 16) :
 - le fil de sécurité du commutateur sectionné ;
 - le mastic de blocage (torque putty) brisé ;
 - la vis de fixation inappropriée (trop longue, référence incorrecte), empêchant un serrage correct.



- Aucun dommage apparent sur les composants externes n'a été relevé.

Ces anomalies ont été considérées comme potentiellement contributives à un dysfonctionnement de l'indication de verrouillage.

1.13.4.3 Tests fonctionnels

Le vérin a été soumis à plusieurs tests sur un banc hydraulique étalonné et conforme aux spécifications techniques. Les résultats obtenus sont les suivants :

Test	Paramètre nominal	Résultat
1. Cyclage du vérin : 25 cycles à 3 000 psi	Aucun blocage ou fuite	PASS
2. Cycles répétés à 2 000 psi et 1 000 psi	—	PASS
3. Mesure de la course	6,23 ± 0,03 pouces	6,222 pouces
4. Jeu de verrouillage maximal	≤ 0,020 pouce	0,003 pouce
5. Fonctionnement du clapet navette	65–105 psi	75 psi
6. Test de fuite au clapet à 6 500 psi	≤ 10 DPM	PASS
7. Test de pression statique à 4 500 psi	—	PASS
8. Pression de déverrouillage	200–400 psi	Pression minimale atteinte mais de façon intermittente
9. Longueur déployée	21,98 ± 0,25 pouces	21,73 pouces
10. Longueur rentrée	15,75 ± 0,25 pouces	15,93 pouces
11. Contrôle du commutateur lock/unlock	Fonctionnement normal attendu	anomalie détectée, le switch ne s'est pas toujours activé correctement
12. Vidange et protection du vérin	—	PASS

Les dysfonctionnements suivants ont été observés :

- Le vérin ne restait pas verrouillé de manière fiable en position étendue. Lorsque la pression hydraulique était coupée, le piston du vérin se déployait partiellement, indiquant un défaut de verrouillage mécanique.
- Le commutateur de position de verrouillage/déverrouillage ne signalait pas systématiquement l'état réel. Lorsqu'il était installé sur le vérin sous pression hydraulique, il ne s'enclenchait pas toujours en position verrouillé, entraînant des indications de verrouillage lorsque le vérin ne l'était pas et des absences d'indication lorsque le vérin était verrouillé. Testé séparément sur un banc, le commutateur fonctionnait normalement, montrant que le problème provenait de l'interaction mécanique avec le vérin.

1.13.4.4 Inspection détaillée des composants internes du vérin

Face aux résultats des tests fonctionnels, le vérin du train principal droit a été démonté pour une inspection complète des composants internes dans les installations de Textron Aviation, conformément aux plans d'ingénierie du constructeur.

Chaque composant interne a été identifié, examiné visuellement, mesuré et comparé aux tolérances figurant sur les plans d'ingénierie.

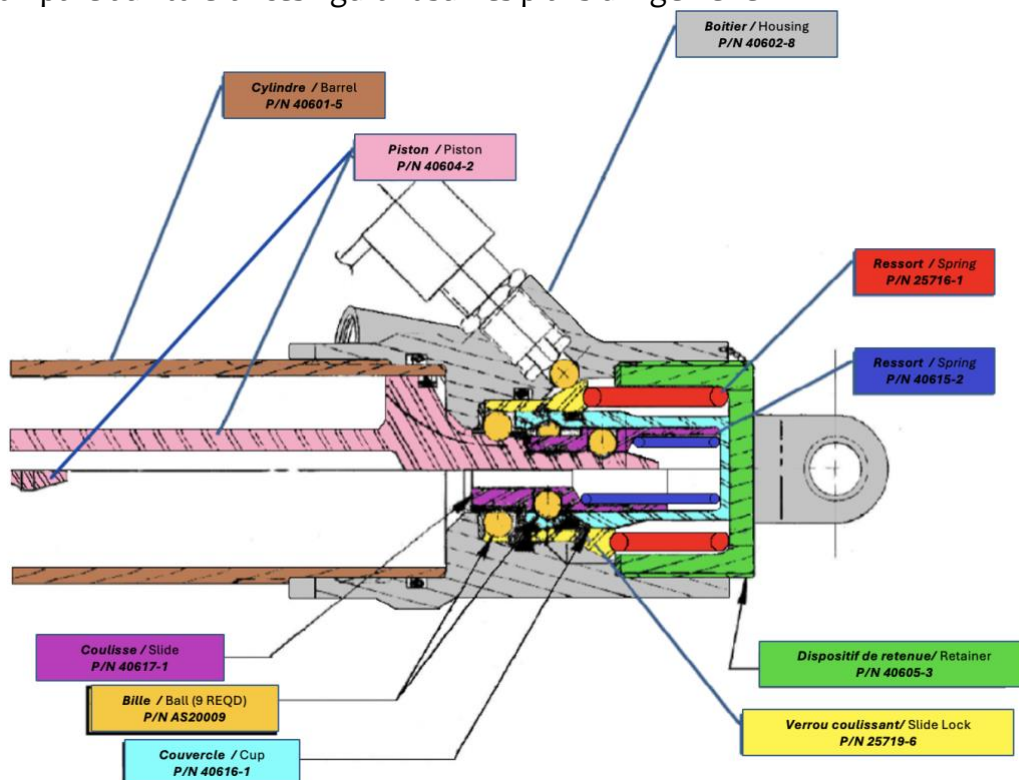


Figure 17 Composants internes du vérin

Les constats suivants ont été relevés :

a) Ressort de verrouillage (Slide Lock Spring – P/N 25716-1)

- Fonction : Ce ressort applique une pression sur le coulisseau de verrouillage (slide lock) afin de maintenir le piston du vérin en position étendue une fois le train sorti.
- Résultat de mesure :
 - Longueur libre mesurée : 0,196 pouce,
 - Longueur nominale attendue : $2,06 \pm 0,06$ pouces.
- Conséquence : Cette compression excessive du ressort a réduit la force appliquée au mécanisme de verrouillage. Des essais ont estimé cette force à **69** livres, contre les 125 livres spécifiées par les exigences d'ingénierie. (voir figure 18)



Figure 18 Ressort du vérin (installé sur l'UC-40) vs Ressort neuf

b) Coulisseau de verrouillage (Slide Lock – P/N 25719-6)

- Fonction : Verrouille mécaniquement le piston du vérin en position étendue.
- Observation : Aucune anomalie visuelle ni trace de fissure, d'usure excessive ou de corrosion. Toutefois, le déplacement du coulisseau était partiellement entravé en raison de la faiblesse du ressort.

c) Piston du vérin et logement de verrouillage

Aucun dommage structurel ou usure anormale n'a été observé. Les surfaces internes étaient propres, sans dépôts ni contaminants.

d) Pistons, joints, bagues de guidage et clapets

Etat satisfaisant, aucun défaut, aucune fuite d'huile ni jeu excessif n'a été détecté. Les joints présentaient une élasticité correcte et un aspect conforme aux spécifications du fabricant.

e) Commutateur Lock/Unlock

Lors du démontage, il a été confirmé que le commutateur de position n'était pas activé correctement par le déplacement du coulisseau, en raison de son mauvais positionnement et de l'absence d'action franche du ressort de verrouillage.

Le commutateur, testé indépendamment en dehors du vérin, a montré un fonctionnement normal, confirmant que le défaut était lié à son intégration mécanique dans l'assemblage du vérin et à l'action déficiente du coulisseau.

1.13.4.5 Synthèse des tests

L'inspection interne a mis en évidence une cause probable de non-verrouillage mécanique du vérin en position sortie, attribuable à une perte significative de la force du ressort de verrouillage. Bien que les autres composants aient été trouvés en bon état, la force appliquée mesurée (69 lb au lieu de 125 lb spécifiés) ne garantissait pas un verrouillage fiable, surtout sous les sollicitations dynamiques liées à l'atterrissage et aux vibrations.

Cette défaillance du ressort, associée à un commutateur lock/unlock présentant un défaut d'installation, a contribué à une mauvaise indication de l'état du train ainsi qu'au non-verrouillage effectif du vérin, conduisant à l'effacement du train principal droit lors de l'atterrissage.

1.13.4.6 Historique de maintenance du vérin

Le vérin a été installé sur l'aéronef en mai 2022 lors de la visite de type C, suite à une fuite hydraulique constatée sur le train d'atterrissage droit.

Selon les documents disponibles, la dernière révision complète de ce vérin avait été effectuée en octobre 2020 par l'organisme APPH Wichita Inc., alors en activité. La révision était accompagnée d'un certificat de remise en service FAA FORM 8130-3 n° 25926.

Cependant, l'enquête n'a pas permis de retracer l'historique complet du vérin, ni de ses composants internes, ni de confirmer la nature exacte des tâches réalisées lors de la révision d'octobre 2020.

1.14 Renseignements sur les organismes et la gestion

1.14.1 Equafight Service

La compagnie Equafight Service a été certifiée par l'agence nationale de l'aviation civile du Congo (ANAC) pour le transport commercial des passagers. Son certificat de transporteur aérien (CTA) numéro CG-CTA 002 du 10 mai 2010 était valide jusqu'au 14 septembre 2023.

1.14.2 Organisation de la maintenance

Equafight Service a sous-traité le suivi du maintien de la navigabilité de son aéronef à l'organisme dénommé Aero 4M, détenteur d'un agrément valide émis par l'autorité d'aviation civile de Slovaquie ainsi qu'un certificat d'acceptation de l'ANAC valide.

La maintenance en ligne et en base du TN-AIQ a été réalisée par son sous-traitant de maintenance "AIRMAIN", détenteur d'un agrément valide émis par l'autorité d'aviation civile de France et d'un certificat d'acceptation de l'ANAC valide.

1.14.2.1 Procédure de réception et d'inspection du matériel

La réception et l'inspection des composants sont réalisées conformément aux lignes directrices de la section 2.2 du manuel de l'organisme d'entretien (MOE), complétées par le chapitre 1 de la procédure Proc-AQ-018, laquelle intègre les dispositions complémentaires pour une conformité aux normes IOSA.

Lors de la réception du matériel, le personnel du magasin vérifie tous les documents accompagnant le matériel, tels que les certificats de conformité et les formulaires de libération. L'emballage est inspecté pour s'assurer qu'il n'est ni endommagé ni ouvert de manière non contrôlée. La pièce est ensuite examinée visuellement afin de vérifier l'absence de dommages apparents et la conformité avec les spécifications techniques, notamment les numéros de pièce et de série, les modifications applicables et les directives de navigabilité. Le personnel s'assure que le composant répond aux standards de conception et de modification approuvés et que les parties critiques ou à durée de vie limitée sont correctement identifiées. Les résultats de cette inspection sont enregistrés dans le système de gestion des stocks, tandis que toute pièce non conforme est mise en quarantaine.

Lors du stockage, le matériel conforme est placé dans les racks appropriés avec un marquage clair de la date d'expiration pour les pièces à durée de vie limitée. Le personnel effectue également un contrôle périodique des stocks pour identifier tout composant périmé ou défectueux.

Lors de l'installation à bord de l'aéronef, l'ingénieur en charge procède à une inspection complémentaire pour vérifier l'intégrité du composant et sa compatibilité avec l'aéronef. Il contrôle l'exactitude des documents de certification avant le montage et identifie immédiatement toute non-conformité, en mettant les pièces concernées en quarantaine si nécessaire.

Les responsabilités sont réparties de la manière suivante : le personnel de magasin est chargé de l'inspection initiale et du stockage, l'ingénieur en maintenance effectue l'inspection lors de l'installation et valide la conformité des composants, et le responsable qualité supervise l'ensemble du processus, approuve les documents et archive les informations relatives à la conformité.

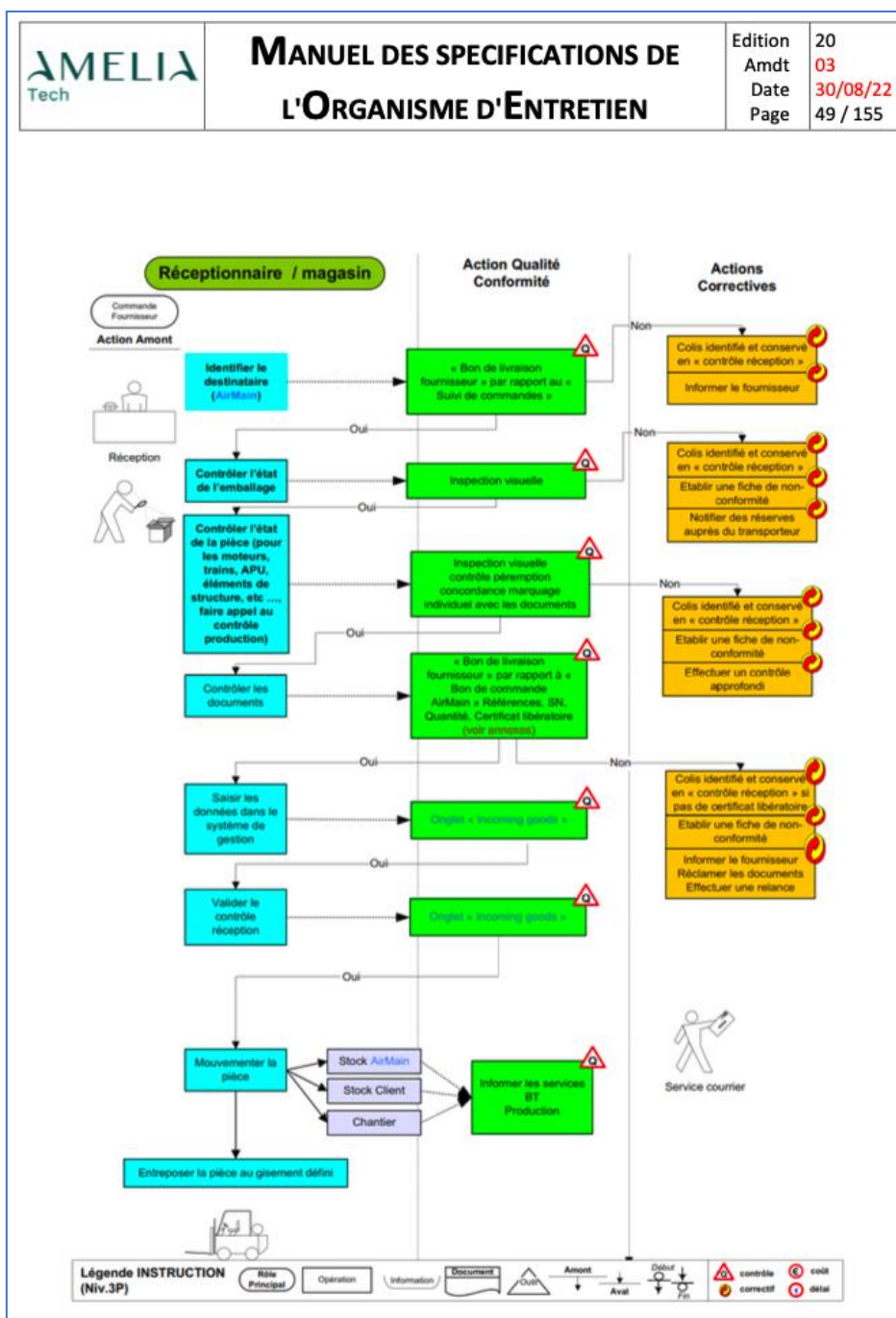


Figure 19. Diagramme du processus de réception du matériel (chap. 2.2 du MOE)

Lors de l'enquête, il a été constaté que le processus mis en œuvre pour la réception du vérin n'a pas permis de détecter certaines non-conformités du vérin et de ses composants.

La procédure Proc-AQ-018 prévoit une checklist d'inspection du matériel détaillant chaque étape de la vérification et pouvant permettre de consigner l'exécution de l'inspection. Cette checklist n'a toutefois pas renseignée, son renseignement n'étant pas obligatoire selon la procédure. Le certificat libératoire du vérin est le seul enregistrement disponible du processus de réception et d'inspection, enregistré dans le système de gestion, ce qui n'a pas permis d'évaluer de manière complète la conformité du processus d'inspection mis en œuvre.

	MANUEL DES PROCEDURES <i>PROCEDURES MANUAL</i>		Edition : 01 Date : 11/04/22 Page : 5 / 19
	Proc-AQ-018	Procédures supplémentaires selon les normes IOSA <i>Additional procedures as per IOSA standards</i>	

INCOMING INSPECTION CHECK LIST

No	Action	Criteria	Note
1	Check the documents	Order – shipment	
2	Check the package	Is it damaged? Leaking?	
3	Check the goods	Quantity, weight	
		ESD sensitive?	
		P/N, S/N, modification	
		Software status	
		General condition of a component	
		Connectors protection	
		Is a component of required standard?	
		Check if any AD is related to component	
		4	Check the documents
		EASA form 1 (or equivalent)	
		Is FORM filled correctly?	
		Date of manufacturing	
		Expiry date	
		Shelf-life limit	
		Any special storing condition?	
5	Sign the Form	Record date and initial to the form	
6	Record incoming goods to Computer system or Card file		

Figure 20. Checklist de réception du matériel (chap. 1 de la procédure Proc-AQ-018)

1.14.3 Les services de la Circulation Aérienne

La fourniture des services de circulation aérienne a été assurée par l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar (ASECNA).

1.14.4 Les services météorologiques

Les services de météorologie aéronautique ont été également assurés par l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar (ASECNA).

1.14.5 L'autorité de réglementation, de certification et de validation des licences

La surveillance de la compagnie Equafight Service a été assurée par l'ANAC .

Cette surveillance s'exerce au travers d'instructions de dossiers et d'inspections et n'a relevé aucun dysfonctionnement majeur. Les dernières inspections d'Equafight ont été réalisées par l'ANAC du 16 au 19 août 2022.

Les inspections de l'ANAC portaient sur l'organisation du transporteur aérien et plus spécifiquement sur la supervision de l'exploitation, la préparation des vols, le personnel navigant, les systèmes de gestion de la qualité et de la sécurité, l'entretien et le maintien de navigabilité du TN-AIQ.

Elles n'ont détecté aucun écart majeur à la réglementation.

MANEX PART B – B1900C Page 3-54
EMERGENCY & ABNORMAL PROCEDURES Edition 02
ABNORMAL PROCEDURES Amdt 00-01/08/15

Model Beech 1900C Airliner Pilot's Check List
Abnormal Procedures

12

LANDING GEAR SYSTEM

HYDRAULIC FLUID LOW (HYD FLUID LOW Annunciator)

If the HYD FLUID LOW annunciator illuminates during flight, attempt to extend landing gear normally upon reaching destination. If landing gear fails to extend, follow LANDING GEAR MANUAL EXTENSION procedures.

(End)

LANDING GEAR MANUAL EXTENSION

If the Landing Gear Fails to Extend After Placing the Landing Gear Control Down, Perform the Following :

- ☐ 1. Landing Gear Circuit Breaker (pilot's right subpanel) PULL
- ☐ 2. Landing Gear Control CONFIRM DOWN
- ☐ 3. Alternate Extension Handle UNSTOW AND PUMP
 - a. Pump handle up and down until the three green gear-down annunciators are illuminated.
 - b. While pumping, do not lower handle to the level of the securing clip as this will result in loss of pressure.

(Cont'd)

© EquaFlight

MANEX PART B – B1900C Page 3-55
EMERGENCY & ABNORMAL PROCEDURES Edition 02
ABNORMAL PROCEDURES Amdt 00-01/08/15

Model Beech 1900C Airliner Pilot's Check List
Abnormal Procedures

If All Three Three Green Gear-down Annunciators are illuminated :

- ☐ 4. Alternate Extension Handle STOW
- ☐ 5. Landing Gear Controls DO NOT ACTIVE
 - a. The Landing Gear Control and the Landing Gear Relay Circuit Breaker MUST NOT BE ACTIVATED.
 - b. The Landing gear should be considered UNSAFE until the airplane is on jacks and the system has been cycled and checked.

If One or More Green Gear-down Annunciators Do Not Illuminate for Any Reason and a Decision is Made to Land in this Condition :

- ☐ 6. Alternate Extension Handle CONTINUE PUMPING
 - a. Continue to pump the handle until maximum resistance is felt.
 - b. When pumping is complete, leave handle at the top of the stroke. DO NOT LOWER AND STOW.

Prior to Landing :

- ☐ 7. Alternate Extension Handle PUMP AGAIN
 - a. Pump the handle again until maximum resistance is felt.
 - b. When pumping is complete, leave handle at the top of the stroke. DO NOT LOWER AND STOW.

After Landing :

- ☐ 8. Alternate Extension Handle PUMP AGAIN WHEN CONDITIONS PERMIT
 - a. Pump the handle again, when conditions permit, to maintain hydraulic pressure until the gear can be mechanically secured.
 - b. DO NOT STOW HANDLE.
 - c. DO NOT ACTIVATE THE LANDING GEAR CONTROL OR THE LANDING RELAY CIRCUIT BREAKER.
 - d. The landing gear should be considered UNLOCKED until the airplane is on jacks and the system has been cycled and checked.

(End)

© EquaFlight

Figure 22. Procédure anormale de sortie de train d'atterrissage (MANEX PART B, Edition 02)

A 18h53, l'équipage de conduite informe la tour de contrôle de son intention d'atterrir sur la piste 17. Le contrôleur autorise l'atterrissage de l'aéronef.

A 18h55min, l'aéronef touche la piste d'atterrissage.

À 18h55, au moment où l'aéronef touche la piste et entame son roulage, le train d'atterrissage droit commence à s'effacer. En parallèle, les pales de l'hélice droite, le volet de bord de fuite de l'aile droite, et l'extrémité de l'aile droite raclent la piste lorsque le train d'atterrissage s'effondre.

La première marque d'impact sur la piste a été observée à 28 m du point de contact initial. L'aéronef a parcouru environ 754 m avant de s'immobiliser.

Analyse:

L'aéronef est équipé d'un système hydraulique d'extension et de rétraction des trains d'atterrissage, fonctionnant grâce à des vérins et des mécanismes de verrouillage internes.

Lors des tests du vérin du train principal droit en laboratoire, il a été constaté que la longueur libre du ressort de verrouillage (P/N 25716-1) était inférieure de 0,196 pouce à la longueur nominale spécifiée par le fabricant ($2,06 \pm 0,06$ pouces).

Le ressort de verrouillage, conçu pour appliquer une force de 125 livres sur le coulisseau de verrouillage (P/N 25719-6), n'a pu fournir qu'une force de 69 livres en raison de cette longueur de ressort réduite. Cela a empêché le coulisseau de

verrouillage (P/N 25719-6) de maintenir correctement le piston du vérin en position étendue, compromettant ainsi le verrouillage du train d'atterrissage.

Cette défaillance a été aggravée par un dysfonctionnement du commutateur de verrouillage. Bien qu'il ait fonctionné correctement lorsqu'il a été testé séparément, son intégration au mécanisme du vérin a été affectée par la faible force exercée par le ressort. Ce dysfonctionnement a entraîné une signalisation erronée de l'état du verrouillage.

L'effacement du train d'atterrissage a été directement causé par le dysfonctionnement du mécanisme de verrouillage du vérin, résultant d'une défaillance du ressort de verrouillage couplée à un problème du commutateur de verrouillage.

3 CONCLUSIONS

3.1 Faits établis par l'enquête

À l'issue de l'enquête, les faits suivants ont été établis sur la base des éléments collectés et analysés :

1. l'équipage possédait les licences et les qualifications requises et en cours de validité au moment du vol ;
2. la conduite du vol était conforme aux procédures établies dans le manuel d'exploitation de la compagnie ;
3. l'aéronef disposait d'un certificat de navigabilité valide ;
4. les documents de bord et les dossiers techniques indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et à jour de son cycle d'entretien conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées ;
5. Le test au sol du système de trains d'atterrissage, réalisé après l'événement, a reproduit une défaillance similaire au niveau du train principal droit.
6. L'examen en laboratoire du vérin a révélé :
 - un ressort de verrouillage (P/N 25716-1) considérablement comprimé (0,196 pouce mesuré contre $2,06 \pm 0,06$ pouces spécifiés), générant une force de 69 lb au lieu de 125 lb attendus ;
 - un commutateur de position (lock/unlock switch) présentant un défaut d'installation, ne fonctionnant pas de manière fiable.
7. Aucun défaut n'a été observé sur les autres composants internes du vérin, ni dans le fluide et le filtre hydraulique.
8. Le CVR a été exploité sans difficulté et contenait un enregistrement conforme couvrant la phase d'approche, d'atterrissage et de l'événement.
9. Le FDR contenait 114 heures de données, mais seuls 4 paramètres étaient exploitables. L'absence de données dynamiques (roulis, accélération longitudinale) et de datation UTC a limité la reconstitution complète des séquences d'effacement du train.

10. Le vérin du train principal droit, installé en mai 2022 après une fuite hydraulique et révisé pour la dernière fois en octobre 2020, n'a pas pu faire l'objet d'une reconstitution complète de son historique, limitant ainsi l'identification précise des tâches effectuées lors de sa dernière révision et l'origine du ressort défaillant.

Faits établis quant aux risques

1. L'inefficacité des contrôles qualité et des inspections lors de la réception ou de l'installation du vérin sur l'aéronef accroît le risque de non-détection de défauts ou de non-conformités.
2. L'absence d'enregistrements fiables sur la condition et l'historique de maintenance des composants compromet l'identification des causes de défaillance et limite le suivi de leur performance dans le temps.
3. L'absence ou l'incohérence des enregistrements de données de vol limite l'évaluation des procédures d'exploitation et du comportement des systèmes de l'aéronef lors des phases critiques du vol.
4. Les limitations techniques du FDR, notamment l'invalidité de certains paramètres et l'absence de datation UTC, restreignent l'analyse technique de l'événement, empêchant une reconstitution complète des séquences de l'événement.

3.2 Cause et facteurs contributifs

3.2.1 Cause principale

Le non-verrouillage mécanique du train principal droit en position étendue, dû à un ressort de verrouillage non conforme aux spécifications du constructeur (longueur et force insuffisantes) a provoqué l'effacement du train d'atterrissage principal droit lors du roulage après l'atterrissage.

3.2.2 Facteurs contributifs

1. Le commutateur de position du vérin (lock/unlock switch) présentait une installation non conforme, ce qui a entraîné une indication erronée du verrouillage du train dans le poste de pilotage.
2. Le contrôle qualité à la réception du vérin ainsi que les inspections lors de son installation à bord de l'aéronef n'ont pas permis d'identifier les non-conformités du vérin et de ses composants.

4 RECOMMANDATIONS DE SECURITE

Conformément aux dispositions de la section XIII du Règlement 05/23-UEAC-066-CM-40 du 18 juin 2024 portant adoption du code de l'aviation civile des États membres de la communauté économique et monétaires des États de l'Afrique centrale, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident ou un incident.

A. Recommandations à l'attention de l'exploitant de l'aéronef (Equaflight Service)

RECO_BEA-02-2022_01. Renforcement de la gestion et de la traçabilité des dossiers de maintenance

Le Bureau recommande à Equaflight Service de renforcer la gestion des dossiers de maintenance et la traçabilité des composants critiques, notamment les vérins et leurs sous-ensembles, en s'assurant que chaque composant réceptionné soit systématiquement accompagné d'une documentation complète (certificat libératoire, rapports des travaux réalisés, et autres pièces justificatives). Il convient que cette documentation soit archivée, tenue à jour et facilement accessible afin de faciliter l'identification rapide des causes potentielles de défaillance.

RECO_BEA-02-2022_02. Optimisation de la maintenance et de la fiabilité des enregistreurs de vol (FDR, CVR)

Le Bureau recommande à Equaflight Service d'optimiser la maintenance, la vérification régulière des enregistreurs de vol (FDR, CVR) afin de garantir la fiabilité des paramètres enregistrés et la précision des datations, conformément aux prescriptions du constructeur et aux exigences réglementaires.

B. Recommandation à l'attention de l'organisme de maintenance (AIRMAIN)

RECO_BEA-02-2022_03. Renforcement des procédures de contrôle qualité et sensibilisation du personnel

Le Bureau recommande à AIRMAIN de renforcer les procédures de contrôle qualité lors de la réception et de l'installation des composants critiques, notamment les vérins de train d'atterrissage, d'en assurer la mise en œuvre et de sensibiliser son personnel aux critères d'acceptation incluant les signes critiques et indicateurs de non-conformité afin de garantir la détection précoce de toute non-conformité susceptible d'affecter la sécurité de l'aéronef.

C. Recommandation à l'attention de l'Autorité de supervision (ANAC)

RECO_BEA-02-2022_04. Renforcement de la surveillance réglementaire des dossiers de maintenance et des enregistreurs de vol

Le Bureau recommande à l'ANAC de renforcer la surveillance réglementaire relative à la tenue des dossiers de maintenance, ainsi qu'à la maintenance et à la fiabilité des enregistreurs de vol (FDR, CVR) pour l'ensemble des aéronefs sous sa juridiction, par le biais d'audits réguliers, d'inspections ciblées et de mécanismes de suivi efficaces , afin d'assurer la conformité aux exigences applicables et la disponibilité de données fiables en cas d'événement.

ANNEXE – SIGLES ET ABREVIATIONS

AERCO	AÉROPORTS DU CONGO
AMM	AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL
ANAC	AGENCE NATIONALE DE L'AVIATION CIVILE
ASECNA	AGENCE POUR LA SÉCURITÉ DE LA NAVIGATION AÉRIENNE EN AFRIQUE
BEA	BUREAU DES ENQUETES ET DES ACCIDENTS D'AVIATION
BZV	BRAZZAVILLE
CVR	COCKPIT VOICE RECORDER
CTA	CERTIFICAT DE TRANSPORTEUR AÉRIEN
FDR	FLIGHT DATA RECORDER
PNR	POINTE NOIRE