



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

BEAD-air

Bureau enquêtes accidents défense air

RAPPORT D'ENQUÊTE



BEAD-air-A-2012-006-I

Date de l'événement	18 avril 2012
Lieu	Zone réservée R 201 B (Sud de Pau)
Type d'appareil	C 160 R « Transall » NG
Immatriculation	N° 217 F-RAGQ
Organisme	Armée de l'air
Unité	Escadron de transport 02.064 « Anjou »

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'événement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que celle de la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS

Page de garde : photo SIRPA-air

Photos :

- Page 29 : BEAD-air
- Page 44 et 45 : DGA-TA

Illustrations :

- Pages 13, 19 et 48 : armée de l'air
- Page 16 : Météo France

Schémas :

- Page 24 : BEAD-air
- Page 42 : armée de l'air
- Page 46 et 47 : Airbus Industries

TABLE DES MATIERES

AVERTISSEMENT	2
CREDIT PHOTOS ET ILLUSTRATIONS	2
TABLE DES MATIERES	3
GLOSSAIRE	4
SYNOPSIS	5
1. Renseignements de base	6
1.1. Déroulement du vol	6
1.2. Tués et blessés	8
1.3. Dommages à l'aéronef	8
1.4. Autres dommages	8
1.5. Renseignements sur le personnel	9
1.6. Renseignements sur l'aéronef	12
1.7. Conditions météorologiques	15
1.8. Aides à la navigation	16
1.9. Télécommunications	16
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	16
1.11. Enregistreurs de bord	17
1.12. Examen de l'appareil	17
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	19
1.14. Incendie	19
1.15. Questions relatives à la survie des occupants	20
1.16. Essais et recherches	20
1.17. Renseignements sur les organismes	20
1.18. Renseignements supplémentaires	20
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	21
2. Analyse	22
2.1. Séquence d'événement	22
2.2. Recherche de l'origine du blocage temporaire de la commande de gauchissement	24
3. conclusion	33
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement	33
3.2. Mécanisme et causes de l'événement	33
4. Recommandations de sécurité	35
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement	35
4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement	37
ANNEXES	40
ANNEXE 1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA CHAINE DE GAUCHISSEMENT	41
ANNEXE 2 SYNTHESE DES ANTECEDENTS	42
ANNEXE 3 DEMONTAGE DES TRAVERSEES ETANCHES PROVENANT DES C160 N° R217 ET N° R51 ET COMPARAISON DE L'ASPECT DES ZONES GRAISSEES	43
ANNEXE 4 PLAN REFERENCE DE GRAISSAGE	45
ANNEXE 5	47
PROCEDURE PANNES DE COMMANDE DE VOL	47

GLOSSAIRE

AIA CF	atelier industriel de l'aéronautique de Clermont-Ferrand
CVR	<i>cockpit voice recorder</i> (enregistreur de conversations)
ET	escadron de transport
FA	fiche analytique
FDR	<i>flight data recorder</i> (enregistreur de paramètres)
GV	grande visite
HDG	<i>heading</i> (cap)
LMTGH OB	largage de matériel à grande hauteur – ouverture basse
NSI	niveau de soutien industriel
NSO	niveau de soutien opérateur
OAE	organe accessoire équipement
PA	pilote automatique
PRE	plan recommandé d'entretien
PV	petite visite
SIAé	service industriel de l'aéronautique
SIAé / BNAV	service industriel aéronautique / bureau navigabilité
UGMN	unité de gestion et de maintien de la navigabilité

SYNOPSIS

Date et heure de l'événement : 18 avril 2012 à 10h32 locales
 Lieu de l'événement : zone réglementée R 201 B au sud de Pau
 Organisme : armée de l'air
 Commandement organique d'emploi : commandement des forces aériennes (CFA)
 Unité : Escadron de transport (ET) 02.064 « Anjou »
 Aéronef : C160 R « Transall » n° 217
 Nature du vol : entraînement au largage à haute altitude
 Nombre de personnes à bord : onze

Résumé de l'événement selon les premiers éléments recueillis

Lors d'un vol d'entraînement au largage au niveau de vol 180, cabine dépressurisée, l'équipage constate l'impossibilité de manœuvrer la commande de gauchissement, pilote automatique (PA) enclenché puis déconnecté. L'équipage interrompt la mission, se dérouté vers Pau, puis réussit à débloquent le gauchissement au cours de la descente. La finale et l'atterrissage se déroulent normalement, sans dysfonctionnement ultérieur.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un directeur d'enquête technique du bureau enquêtes accidents défense air (BEAD-air).
- Un enquêteur de première information (EPI) de l'école des troupes aéroportées de Pau (ETAP).
- Un officier pilote ayant une expertise sur Transall (officier d'utilisation opérationnelle C160).
- Un officier mécanicien ayant une expertise sur Transall (UGMN Evreux).

Autres experts consultés

- Direction générale de l'armement -techniques aéronautiques (DGA-TA).
- Direction générale de l'armement-essais propulseurs / Division analyse et investigations (DGA-EP/DAI).
- Service industriel de l'aéronautique (SIAé), bureau navigabilité (BNAV) et atelier industriel de l'aéronautique de Clermont-Ferrand (AIA CF).
- Laboratoire du service des essences des armées (LSEA).
- Airbus Industries.
- Sagem.
- Dassault Aviation.

Déclenchement de l'enquête technique

Le BEAD-air a été prévenu par le bureau maîtrise des risques de l'armée de l'air le 18 avril 2012 vers 12h00.

Un EPI a été mandaté et s'est rendu le 19 avril sur l'aérodrome de Pau. Après évaluation des informations complémentaires rapportées par l'EPI, l'enquête technique a été déclenchée le même jour dans l'après midi.

L'expert mécanicien s'est rendu sur le site de Pau le 20 avril et a débuté les investigations sur l'appareil.

Le directeur d'enquête technique et l'expert pilote se sont rendus le 20 avril sur la base aérienne d'Evreux afin de recueillir les témoignages des membres d'équipage.

Enquête judiciaire

Un renseignement judiciaire a été établi par la brigade de gendarmerie de l'air de Mont-de-Marsan.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. Déroulement du vol

1.1.1. Mission

Indicatif mission : CTM 1481

Type de vol : CAG IFR¹

Type de mission : entraînement à la mission de largage de matériel à très grande hauteur avec ouverture basse des voiles (LMTGH OB)

Dernier point de départ : Toulouse Francazal

Heure de départ : 09h50

Point d'atterrissage prévu : Toulouse Francazal

1.1.2. Déroulement

1.1.2.1. Contexte

Le vol est réalisé dans le cadre de l'instruction des équipages et des personnels à la mission LMTGH OB, dédié à l'ET.02.064 « Anjou ».

Ces vols sont exécutés cabine dépressurisée au niveau de vol 180² avec l'équipage sous oxygène, sans ouverture de la rampe ni largage réel. Un chargement est embarqué et symbolise le matériel à larguer fictivement.

Le détachement se met en place à Toulouse Blagnac le 16 avril en fin d'après-midi et opère à partir du terrain de Toulouse Francazal le lendemain. Le 17 avril, deux missions d'instruction LMTGH OB sont effectuées sans incident.

1.1.2.2. Préparation du vol

Un rappel des procédures spécifiques à cette mission a été effectué aux équipages le 17 avril. L'équipage a calculé les éléments propres au largage simulé. Il a consulté les NOTAM et pris les informations météorologiques par internet. L'accessibilité du terrain de Pau a été soulignée lors du briefing conformément à la prévision météorologique.

Le briefing mission a été effectué une heure avant le décollage. Les différentes étapes y ont été détaillées.

L'équipage et les largueurs³ ont assisté à la réunion spécifique entre personnels de l'armée de l'air et de l'armée de terre. Cette réunion a été conduite selon un canevas type et les différents cas de non-conformité ont été abordés.

¹ Circulation aérienne générale, en régime de vol aux instruments.

² Le niveau de largage prévu est le 210, limité au 180 en l'absence d'un médecin à bord.

³ Les largueurs sont des personnels de l'armée de terre provenant du régiment du train parachutistes de Toulouse.

1.1.2.3. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement

Aucune anomalie n'a été signalée sur l'appareil lors de la préparation pour le vol effectué en début de journée.

L'avion, stationné sur le parking durant la nuit, est observé couvert d'humidité suite aux précipitations nocturnes et à la condensation.

Aucun dysfonctionnement n'est signalé lors de la mise en route et des tests des différents systèmes, dont les commandes de vol.

Après le décollage de Toulouse Franczal en piste 30, l'appareil rencontre une couche nuageuse entre les niveaux de vol 30 et 60, puis évolue ensuite en conditions de vol à vue (VMC). Aucun givrage apparent n'est constaté. La montée est poursuivie jusqu'au niveau de vol 140, puis 180, en route directe vers la zone de travail.

Peu après avoir atteint le niveau 180, à l'entrée de la zone R 201 B, l'équipage passe sous équipement oxygène et débute la dépressurisation de la cabine. La température extérieure relevée est de -22 °C. L'appareil évolue entre 160 et 180 nœuds, PA enclenché.

L'axe de largage est établi en fonction du vent à un cap 300, ainsi que le point de début de dérive (PDD)⁴. L'équipage effectue un circuit de positionnement par la gauche.

1.1.2.4. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol

L'appareil est d'abord aligné au cap 300 sur l'axe de largage puis vire par la gauche au cap opposé à environ 15 degrés d'inclinaison par action du pilote sur la commande « *turn* ».

Stable au cap opposé, la check-list « H-5⁵ » est effectuée. Quelques instants plus tard, alors qu'il initie le virage de rejointe de l'axe, le pilote aux commandes réalise que l'appareil ne répond pas à la sollicitation du « *turn* ». Il sélectionne le mode « *heading* » du PA et tente de diriger l'appareil dans ce nouveau mode, mais l'appareil ne réagit pas. Il débraye le PA à l'aide du poussoir de manche, observe l'allumage de l'alarme ambre associée et tente sans succès d'actionner manuellement le manche en gauchissement. Le commandant de bord effectue une tentative en place droite et confirme l'impossibilité d'actionner le manche en gauchissement.

Les trois chaînes du PA sont ensuite coupées par les interrupteurs de commande et une nouvelle tentative d'action au manche confirme le blocage aux deux postes de la commande de gauchissement. Le mécanicien navigant vérifie et confirme que le réchauffage des servocommandes est en service.

Après bilan de la situation et concertation au sein de l'équipage, le déroutement est entrepris vers Pau en emergency.

L'appareil est dirigé à l'aide des commandes de profondeur et de direction.

La descente est effectuée GTP réduits, vitesse 180 nœuds, vers le niveau 100.

L'avion est re-pressurisé au cours de la descente.

Sur ordre du commandant de bord, le pilote effectue un essai de trim électrique de 2 graduations vers la droite et réalise que ce dernier est opérant et fait bouger les manches, contrairement aux actions manuelles. Le trim est aussitôt remis au neutre et n'est plus utilisé.

Parvenu au niveau 100, altimètre cabine éteint, l'équipage ôte les équipements oxygène et le CDB demande au pilote de refaire un essai au gauchissement. Le pilote exerce un effort au manche qui se débloque sans à-coup. L'équipage constate ensuite un fonctionnement libre de la commande de gauchissement et l'efficacité des gouvernes.

Le PA n'est pas remis en service et le déroutement est poursuivi en emergency vers le terrain de Pau, en limitant l'inclinaison de l'aéronef.

⁴ PDD : point de début de dérive de la charge, soit le point de largage.

⁵ H-5' : repère temporel 5 minutes avant le largage.

Aucune anomalie n'est plus constatée sur la commande de gauchissement et l'atterrissage se déroule normalement. Au parking, l'équipage manœuvre les commandes, et teste le fonctionnement du PA sans constater d'anomalie.

1.1.3. Localisation

- Lieu :
 - pays : France métropolitaine
 - département : Pyrénées atlantiques
 - coordonnées géographiques :
 - N 43° 06' 00''
 - E 000° 25' 00''
 - hauteur / altitude du lieu de l'événement : niveau de vol 180
- Moment : jour
- Aéroport le plus proche au moment de l'événement : Pau

1.2. Tués et blessés

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Autres personnes
Mortelles			
Graves			
Légères			
Aucune	6		5

1.3. Dommages à l'aéronef

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
C 160 R NG n°217				X

1.4. Autres dommages

Néant.

1.5. Renseignements sur le personnel

1.5.1. Membres d'équipage de conduite

1.5.1.1. Commandant de bord, place droite

- Age : 36 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : escadron de transport 02.064 « Anjou »
 - fonction dans l'unité : chef des opérations
- Formation :
 - qualification : moniteur C160, chef de peloton
 - école de spécialisation : école de l'aviation de transport
 - année de sortie d'école : 1998
- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur C160	sur tous types	dont sur C160	sur tous types	dont sur C160
Total (h)	3 500	3 000	100	100	25	25
Dont nuit	360	310	16	16	5	5

- Date du dernier vol comme pilote : 17 avril 2012, sur l'aéronef, de jour
- Carte de circulation aérienne :
 - type : QT C160R
 - date d'expiration : août 2012

1.5.1.2. Pilote en fonction, place gauche

- Age : 39 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : escadron d'utilisation et d'appui tactique 05.061
 - fonction dans l'unité : adjoint à l'officier d'utilisation opérationnelle C160 (forme les personnels des unités aux procédures particulières, dont le largage)
- Formation :
 - qualification : moniteur C160, chef de section
 - école de spécialisation : école de l'aviation de transport
 - année de sortie d'école : 1996

- Heures de vol comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur C160	sur tous types	dont sur C160	sur tous types	dont sur C160
Total (h)	5 020	4 010	134	134	21h30	21h30
Dont nuit	512	380	12	12	3h20	3h20

- Date du dernier vol comme pilote : 17 avril 2012, sur l'aéronef, de jour
- Carte de circulation aérienne :
 - type : QT C160R
 - date d'expiration : septembre 2012

1.5.1.3. Navigateur

- Age : 34 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : escadron d'utilisation et d'appui tactique 05.061
 - fonction dans l'unité : adjoint à l'officier d'utilisation opérationnelle C160
- Formation :
 - qualification : moniteur, chef de section
 - école de spécialisation : école des navigateurs officiers systèmes d'armes
 - année de sortie d'école : 1998
- Heures de vol comme navigateur :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tous types	dont sur C160	sur tous types	dont sur C160	sur tous types	dont sur C160
Total (h)	3 000	2 550	91	92	14h15	14h15
Dont nuit	310	280	12	12	3h15	3h15

- Date du dernier vol comme navigateur : 17 avril 2012, sur l'aéronef, de jour

1.5.1.4. Mécanicien de conduite, place centrale

- Age : 33 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : escadron de transport 06.064 « Anjou »
 - fonction dans l'unité : adjoint à l'officier de sécurité des vols
- Formation :
 - qualification : repère en 8
- Expérience aéronautique : 2 200 heures de vol sur C160
- Date du dernier vol : 17 avril 2012, sur l'aéronef, de jour

1.5.1.5. Mécanicien de conduite instructeur, sur la banquette

- Age : 48 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : escadron de transport 01.061 « Touraine »
 - fonction dans l'unité : chef de spécialité
- Formation :
 - qualification : moniteur
- Expérience aéronautique : 7 600 heures de vol sur C160
- Date du dernier vol : 17 avril 2012, sur l'aéronef, de jour

1.5.1.6. Mécanicien d'équipage « soute »

- Age : 36 ans
- Sexe : masculin
- Unité d'affectation : escadron de transport 01.064 « Béarn »
 - fonction dans l'unité : adjoint à l'officier de sécurité des vols
- Formation :
 - qualification : moniteur
- Expérience aéronautique : 3 000 heures de vol sur C160
- Date du dernier vol : 17 avril 2012, sur l'aéronef, de jour

1.5.2. Autres personnels

Cinq personnels de l'armée de terre, largueurs du régiment du train parachutiste de Toulouse, sont présents dans la soute.

1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : armée de l'air
- Commandement organique d'appartenance : commandement du soutien des forces aériennes (CSFA)
- Commandement d'emploi : CFA
- Base aérienne de stationnement : base aérienne 105 Evreux
- Unité d'affectation : ESTA 2E.064
- Type d'aéronef : C160 NG, configuration LMTGH (kit TGH oxygène)
- Livraison à l'armée de l'air le 30 septembre 1983
- caractéristiques :

	Type - série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis
Cellule	C160R NG (2 ^{ème} série)	R217	14 908h25	GV ⁶ Bloc C : 1643,69	PV ⁷ : 72

1.6.1. Maintenance

1.6.1.1. Organisation

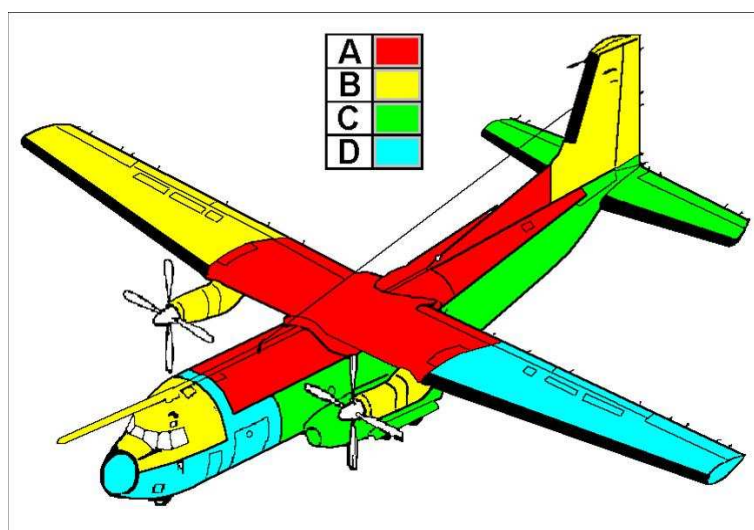
La maintenance des C160 « Transall » est de type fractionnée progressive.

Le cycle complet de maintenance est découpé en 4 blocs, dénommés A, B, C, D.

Le cycle d'entretien majeur des C160 R NG est composé de 4 blocs GV espacés de 4 320 heures de vol et/ou 72 mois (première échéance atteinte).

La limite calendaire d'un cycle complet (4 blocs effectués) est de 24 ans \pm 1 mois pour les C160 R NG.

L'entretien majeur est réalisé au niveau soutien industriel (NSI) par le SIAé / AIA CF.



Répartition des blocs GV et des parties correspondantes sur l'avion

⁶ GV Bloc C = troisième grande visite

⁷ PV = petite visite

Le cycle d'entretien mineur est composé comme suit.

- Petites visites (PV), espacées de 2 160 heures maxi ou 36 mois \pm 1 mois, effectuées au niveau soutien opérateur (NSO) par l'ESTA 2E.061 à Orléans, ou au niveau NSI par l'AIA CF.
- Visites intermédiaires (VI), espacées de 1 080 heures maxi ou 18 mois \pm 1 mois, effectuées au niveau NSO par l'ESTA 2E.064 à Evreux.
- Visites de sécurité (VS), espacées de 540 heures mois \pm 30 heures et visites réduites (VR), espacées de 270 heures \pm 30 heures, effectuées au niveau NSO par l'unité support (ESTA, OPEX, ETOM...).

L'entretien des commandes de vol est effectué lors des PV et GV.

- Au pas des PV, il consiste en une protection contre la corrosion, en une vérification générale et des tests fonctionnels de la commande de gauchissement et en un examen et entretien de la commande de gauchissement dans le fuselage, y compris la liaison du PA.
- Au pas des GV, il consiste, en plus des opérations de PV, en un examen et entretien des commandes au poste d'équipage, en une vérification et réglage de la tension des câbles et en une vérification des frottements, de rigidité et des jeux résultants de la commande de gauchissement.

1.6.1.2. Entretien réalisé

Conformément au plan recommandé d'entretien, l'appareil a subi 4 GV depuis sa mise en service :

- GV Bloc « D », le 18/01/1989 à 2 778,55 heures ;
- GV Bloc « A », le 23/02/1994 à 3 954,30 heures ;
- GV Bloc « B », le 24/05/2000 à 10 051,10 heures ;
- GV Bloc « C », le 06/03/2009 à 13 264,31 heures.

Nota : Dans le cadre d'une étude sur le stockage aéronautique, le C160 n° R217 a subi une période de stockage de 2 ans (11 juillet 2006 au 08 septembre 2008) sur le site l'AIA CF précédant son dernier bloc C.

Depuis la dernière GV, il a subi les visites significatives suivantes :

- VI, le 10/12/2010 à 14 294 heures ;
- PV calendaire, le 27/03/12 réalisée à 14 835h35.

Les derniers entretiens intéressant les commandes de vol et la commande de gauchissement ont été réalisés à l'occasion de cette PV calendaire. Ils ont consisté en une protection contre la corrosion, un contrôle, des tests fonctionnels et un graissage. Aucun élément saillant en rapport avec l'événement n'a été rapporté. L'appareil a volé 72 heures depuis sans rencontrer d'anomalie relative aux commandes de vol.

Entretien des organes accessoires équipements (OAE) de la chaîne de gauchissement

Les OAE sont entretenus au niveau NSI par le SIAé / AIA CF / UP Transall⁸.

- Boîte à ressort et bielles élastiques

Aucun potentiel ou limite de vie n'est définie sur ces organes. La boîte à ressort et les bielles élastiques ont subi un entretien mineur (examen, réglage) lors de la dernière GV bloc C.

Après leur entretien, ces organes sont contrôlés au banc. Aucune anomalie n'a été rapportée.

- Traversée étanche

Ces organes subissent un entretien mineur (démontage, contrôle dimensionnel, échange des roulements en état neuf et graissage) à chaque GV et un entretien majeur (opérations d'entretien mineur et cadmiage⁹ des surfaces prévues) une GV sur deux.

Le dernier entretien, mineur, a été effectué lors de la dernière GV bloc C.

- Boîte de commande PA, calculateur PA et servomoteur de gauchissement

Aucun entretien n'est programmé sur ces trois organes. Des essais fonctionnels ont été réalisés en GV bloc C selon la FA 1-28 71 20 sans révéler d'anomalie.

1.6.2. Performances

L'appareil ne faisait l'objet d'aucune restriction de vol.

Les performances observées sont conformes à une utilisation normale de l'aéronef.

1.6.3. Masse et centrage

Masse au décollage : 44,7 tonnes (masse maximale au décollage 49,150 tonnes).

Masse estimée au moment de l'événement : 43,7 tonnes.

Centrage : dans les normes.

1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : JET A1.

- Masse de carburant au décollage : 12 tonnes.

- Masse de carburant restant au moment de l'événement : 11 tonnes.

1.6.5. Autres fluides

Fluide hydraulique type H515.

⁸ UP Transall : Unité de production Transall, faisant partie de l'AIA CF.

⁹ Opération de métallurgie qui consiste à recouvrir une surface de cadmium.

1.7. Conditions météorologiques

1.7.1. Prévisions

Depuis Toulouse Franczal, l'équipage s'est informé via internet sur les conditions météorologiques et une protection météo a été imprimée. Selon leur témoignage, les prévisions faisaient état d'un ciel relativement dégagé sur la zone de travail avec un vent assez fort, perpendiculaire à l'axe de piste sur le terrain de Toulouse Blagnac et parallèle à l'axe de piste sur le terrain de Pau.

Aucun risque de givrage n'était identifié du fait de l'absence de couche nuageuse sur zone, au niveau de travail (FL180).

Ces conditions ont été jugées favorables à la mission LMTGH.

1.7.2. Observations

Les conditions observées sur la zone sont conformes aux prévisions.

Les observations des mécaniciens et membres d'équipage font état de conditions froides et humides avec des précipitations durant la nuit.

La température relevée avant le décollage est de 9 °C, avec des précipitations.

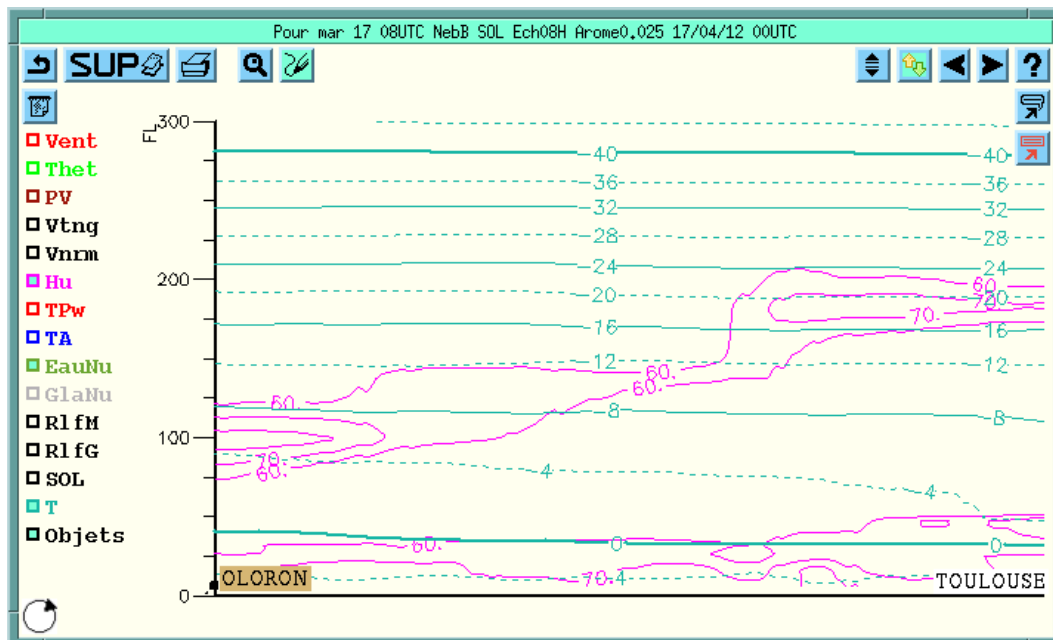
Une légère couche nuageuse a été traversée entre 3 000 et 6 000 pieds sans constat de givrage.

Le transit et le travail sur la zone ont été effectués en ciel clair, sans aucun givrage apparent. La température observée au niveau de vol 180 est de – 22 °C.

Les conditions observées sont jugées plus humides que la veille, lors des vols précédents.

1.7.3. Données fournies par Météo France :

1.7.3.1. Conditions du 17 avril 2012 (vols LMTGH effectués la veille)

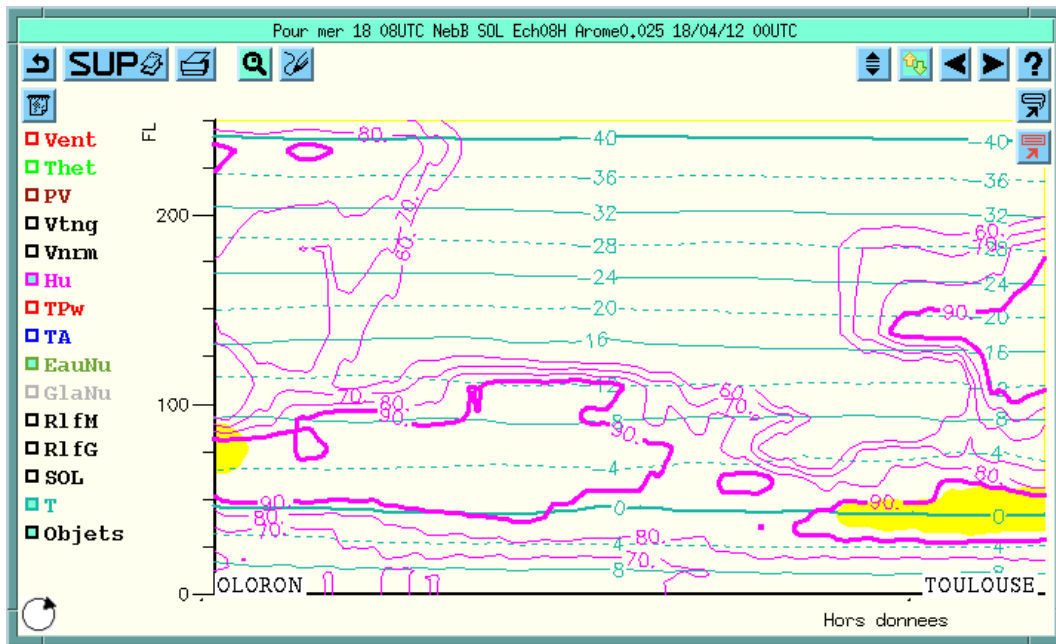


Coupe verticale du 17 avril 2012 sur le trajet Toulouse – Pau

Les zones délimitées indiquent le pourcentage d'humidité relative contenue dans l'air.

Aucune couche nuageuse n'est observable sur le trajet ni dans la zone de travail. Le ciel est dégagé au FL 180, avec des températures négatives de l'ordre de -20 °C.

1.7.3.2. Conditions du 18 avril 2012



Coupe verticale du 18 avril 2012 sur le trajet Toulouse – Pau

Les aires délimitées en trait gras « 90 » indiquent des couches nuageuses (> 90 % d'humidité relative) avec, en fond jaune, la présence d'eau liquide.

Au départ de Toulouse, le risque de givrage est faible dans la couche traversée.

Dans la zone de travail, au FL 180, le ciel est clair sans turbulence avec une humidité relative de 60 à 70 %, et des températures négatives de l'ordre de -25°C. Au dessus du FL 200, on observe également une concentration d'humidité relative signalant une couche nuageuse.

1.8. Aides à la navigation

L'appareil est équipé de systèmes de navigation autonome (centrale inertielle hybridée GPS) et de moyens de radionavigation, fonctionnels au moment de l'événement.

1.9. Télécommunications

L'équipage est en contact avec Bordeaux contrôle sur une fréquence VHF lors de l'apparition de l'événement, puis lors du déroutement. Le transfert est ensuite effectué avec la tour de Pau.

1.10. Renseignements sur l'aérodrome

L'aérodrome de Pau est ouvert au trafic civil et militaire, avec une activité régulière, pouvant accueillir un C160. Les capacités de secours sont compatibles avec l'accueil de l'aéronef sur le terrain aux horaires de la mission.

L'appareil a été stationné sur le parking de l'ETAP en partie militaire de l'aérodrome depuis son déroutement. Aucun hangar de maintenance n'est susceptible d'abriter l'appareil.

1.11. Enregistreurs de bord

L'appareil est équipé d'un enregistreur de paramètres (FDR) et d'un enregistreur de conversations (CVR).

– FDR : type SFIM A2615, à bande photographique.

Sont enregistrés l'heure, l'altitude, le cap, la vitesse, l'accélération normale, la position de la gouverne de profondeur ainsi que le signal « top pilote » permettant de marquer la bande.

La position de la gouverne de gauchissement et le fonctionnement du pilote automatique ne sont pas enregistrés.

L'enregistrement débute lorsque la vitesse atteint 40 nœuds.

Cet équipement a fonctionné correctement et les paramètres ont été exploités.

– CVR : type Fairchild Schlumberger A100A.

Sont enregistrées les communications des deux pilotes, du mécanicien de conduite et l'ambiance sonore du cockpit.

L'enregistrement débute dès la mise sous tension de l'aéronef et s'effectue en boucle sur la bande. Sa capacité est de trente minutes, ce qui signifie que seules les dernières trente minutes de fonctionnement sont restituées.

Cet équipement a fonctionné correctement. Cependant, les conversations ayant eu lieu lors de l'apparition de l'incident et de son traitement n'ont pu être récupérées en regard du temps de fonctionnement du CVR après l'atterrissage et lors des tests effectués ensuite par l'équipage et les équipes de mécaniciens.

1.12. Examen de l'appareil

L'appareil, intègre, a été stationné sur un parking du terrain de Pau. La cellule ne présente aucun endommagement ou anomalie visible.

Les examens effectués par l'équipe d'experts mécaniciens ont porté sur l'ensemble de la chaîne de gauchissement de l'appareil et se sont déroulés en deux phases, compte tenu de l'environnement (en extérieur) et des conditions météorologiques défavorables.

1.12.1. Inspection visuelle

- La timonerie de commande de gauchissement des voilures droite et gauche, depuis les servocommandes jusqu'au fuselage et dans le plan central ;
- la timonerie de commande de gauchissement dans la partie pressurisée du fuselage depuis le cadre 13 jusqu'à la traversée étanche ;
- la timonerie et les câbles en cabine depuis les postes de pilotage ;
- la chaîne de commande de gauchissement cheminant sous la banquette en cabine jusqu'au cadre 13 par endoscopie ;
- les poulies des manches aux postes pilotes.

Ces examens n'ont pas révélé d'anomalie.

1.12.2. Autres observations

Sous le plancher cabine, une tresse de métallisation de la timonerie de profondeur adjacente à la timonerie de gauchissement a été constatée rompue. Cette anomalie est sans relation avec l'événement.

Les caissons des voilures et du plan central sont exempts d'humidité stagnante lors de leur ouverture.

Le montage des bielles élastiques est conforme (drains d'évacuation bien orientés et non obstrués).

1.12.3. Tests et vérifications

- Essai fonctionnel de la commande de gauchissement et du trim électrique.
- Vérification des valeurs de débattement des gouvernes et du trim (selon la fiche analytique FA 2-13 12 04).
- Vérification du fonctionnement du circuit de dégivrage des servocommandes (selon FA 2-29 16 01).
- Test fonctionnel du PA (selon FA 1-28 71 20).

Ces opérations n'ont révélé aucune anomalie.

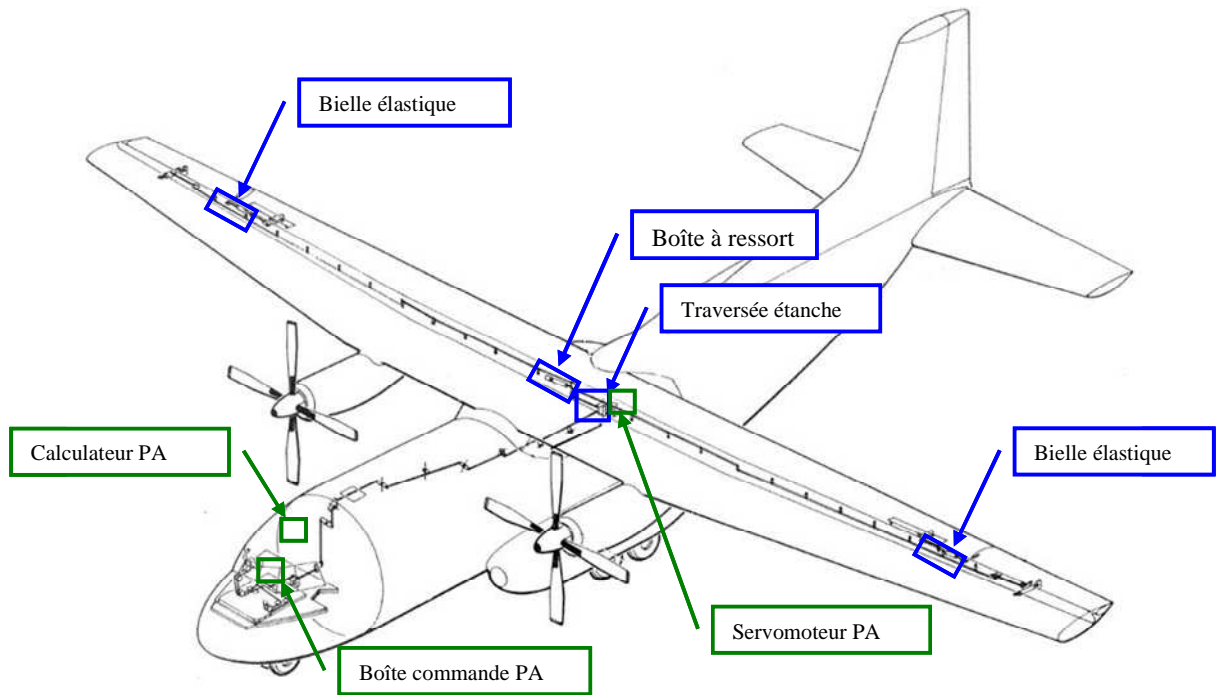
1.12.4. Prélèvements

Fluides et lubrifiants

- Echantillons de graisse sur des renvois de la timonerie de gauchissement cheminant dans les voilures.
- Liquide hydraulique des deux bâches (bleue et verte).

Organes accessoires équipements (OAE)

- La boîte à ressort.
- Les bielles élastiques.
- Les organes du PA (boîtier de commande, servomoteur et calculateur).
- L'ensemble traversée étanche (ultérieurement, lors de l'expertise de la chaîne de commande par le SIAé / AIA CF).



Emplacement des OAE prélevés à des fins d'expertises sur la chaîne de gauchissement

Ces examens et tests ont été suivis d'une expertise au niveau soutien industriel (NSI) de la chaîne de gauchissement sur champ par l'AIA CF avec le concours de la société Airbus. Cette expertise a nécessité le remplacement des OAE prélevés.

1.12.5. Expertise NSI

Cette expertise a consisté en une inspection détaillée de l'ensemble de la timonerie de la chaîne de gauchissement, en un contrôle et un réglage du débattement des gouvernes, ainsi qu'en une vérification des frottements, de la rigidité et des mesures de jeux de commande. L'ensemble de ces inspections, réglages et contrôles n'a pas révélé d'anomalie susceptible d'être en relation avec l'événement.

1.13. Renseignements médicaux et pathologiques

Sans objet.

1.14. Incendie

Sans objet.

1.15. Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1. Organisation des secours :

Un message de détresse « MAYDAY » a été émis par l'équipage lors de la confirmation du blocage de la commande de gauchissement et de la décision de déroutement vers Pau.

La détresse a été maintenue jusqu'à l'atterrissage à Pau.

Les secours (pompiers et véhicules d'intervention) ont été mis en alerte sur le terrain de Pau suite au message de détresse mais n'ont pas eu à intervenir.

1.16. Essais et recherches

L'expertise de la chaîne de gauchissement sur champ a été réalisée par le SIAé / AIA CF.

Une expertise des organes incriminés de la chaîne de gauchissement (OAE) a été confiée à la DGA-TA, avec le concours des industriels équipementiers et le SIAé / AIA CF. Des essais en caisson climatique ont été conduits sur certains de ces organes, dans le but de vérifier leur fonctionnement dans des conditions sévères de température et d'hygrométrie.

L'analyse des prélèvements de lubrifiants a été confiée au LSEA.

L'analyse des prélèvements de fluide hydraulique a été confiée à la DGA-EP.

La restitution des données des enregistreurs a été effectuée dans les locaux de RESEDA.

1.17. Renseignements sur les organismes

Le SIAé / BNAV est détenteur du certificat de type de l'aéronef.

Le SIAé / AIA CF/ UP Transall en assure l'entretien NSI.

1.18. Renseignements supplémentaires

1.18.1. Cadre de la mission LMTGH-OB (largage matériel très grande hauteur avec ouverture basse des voiles)¹⁰ :

La mission LMTGH permet le ravitaillement des forces depuis la haute altitude. Elle impose de travailler sous oxygène, et peut être exécutée sans référence visuelle. Peu courante, elle est pratiquée uniquement par quelques équipages qui ont suivi la formation.

Les conditions météorologiques requises concernent uniquement le largage de la charge et la sécurité liée à la chute de celle-ci jusqu'au sol. Les turbulences sont proscrites et le largage en conditions givrantes n'est pas recommandé car l'ouverture des voiles n'est pas démontrée dans ce cas.

¹⁰ Défini dans les procédures C160 – Titre 5 « la livraison par air ».

Cette mission est également exécutée dans le cadre de l'expérimentation ou de l'entraînement.

Lors des expérimentations, le largage doit s'effectuer dans des conditions similaires à celui du théâtre. Il est donc nécessaire de disposer d'une zone étendue et dégagée pour éviter tout incident (mauvaise ouverture des voiles, largage imprécis...). Cette mission est alors réalisée en zone désertique à l'étranger (Sénégal, Djibouti).

Concernant la formation des équipages, les conditions sont moins restrictives car le largage est simulé et aucune charge n'est larguée. Cette mission est alors simplement effectuée dans une zone réservée en métropole et toute la procédure est répétée jusqu'au TOP largage.

1.18.2. Évolutions des traversées étanches

Deux modifications techniques ont été proposées sur ces organes.

- AV 799 : confirmée en **S 499** en commission de modification technique (CMT) le 22 février 1973 et à appliquer sur l'ensemble du parc. Cette modification a pour but d'empêcher l'accumulation d'eau de condensation pouvant provoquer en gelant des durs mécaniques et d'éliminer les pointes de moments de frottements en chargement axial sur les roulements.
- AV 2297 : proposée par le partenaire allemand suite à un antécédent de blocage au sol en 2004 et appliquée sur son parc, elle n'a pas été retenue sur le parc français. Elle avait pour but d'empêcher la pénétration de poussière dans le joint labyrinthe. L'application de cette modification prévoyant l'obturation de l'alésage supérieur de ventilation n'est pas recommandée par l'avionneur.

1.18.3. Modifications de la boîte à ressort

Trois modifications sont applicables et appliquées sur la boîte à ressort :

- La modification X573 (permettre un montage correct de la tresse de métallisation sur chape de la boîte à ressort AMD).
- La modification X826 (amélioration de l'évacuation de l'eau de condensation et de ruissellement dans le cylindre).
- La modification 3274 (permet d'améliorer le guidage en translation de la liaison palier-tige).

1.19. Techniques spécifiques d'enquête

Néant.

2. ANALYSE

Les témoignages recueillis auprès de l'équipage de conduite indiquent que celui-ci a été confronté à un blocage de la commande de gauchissement sans aucun signe précurseur quelques instants après avoir stabilisé le palier en haute altitude, puis a retrouvé l'usage de cette commande après être redescendu en moyenne altitude.

L'analyse qui suit établira la séquence d'événement puis déterminera les causes possibles du blocage temporaire de commande décrit par l'équipage.

2.1. Séquence d'événement

2.1.1. Synthèse des témoignages

Les témoignages des divers membres d'équipage mentionnent les actions suivantes :

- La dépressurisation de la cabine est entamée lorsque le niveau de vol 180 est atteint et l'équipage sous oxygène. La procédure dure de 10 à 15 minutes.
- Les virages lors du circuit de mise en place sont effectués au « *turn* », à environ 15 degrés d'inclinaison.
- Lors de la branche vent arrière, la dernière action au « *turn* », inopérante, est estimée à 2 minutes environ après la stabilisation au cap.
- Le PA est débrayé et un essai infructueux est effectué en mode HDG.
- Le PA est déconnecté et une tentative infructueuse est effectuée en manuel. Le blocage du gauchissement est confirmé aux deux postes.
- L'avion est mis en descente et en virage à gauche à l'aide de la direction et la re-pressurisation de l'appareil est entamée.
- Le trim électrique est testé opérant en descente, les ailes à plat, de deux graduations à droite et remis au neutre.
- L'avion est stabilisé en palier au niveau de vol 100, puis le pilote parvient à débloquent le manche en gauchissement.
- L'équipage effectue deux 360° par la droite en descente vers l'axe de finale de la piste 31 à Pau. Le pilotage est effectué manuellement, sans réenclencher le PA.

2.1.2. Exploitation des données enregistrées

La restitution des paramètres disponibles permet d'établir le profil de vol et apporte une précision chronologique sur la trajectoire sans pour autant traduire toutes les actions rapportées par l'équipage.

La phase de survenue du blocage jusqu'au déblocage de la commande est matérialisée en couleur sur le tableau ci-dessous.

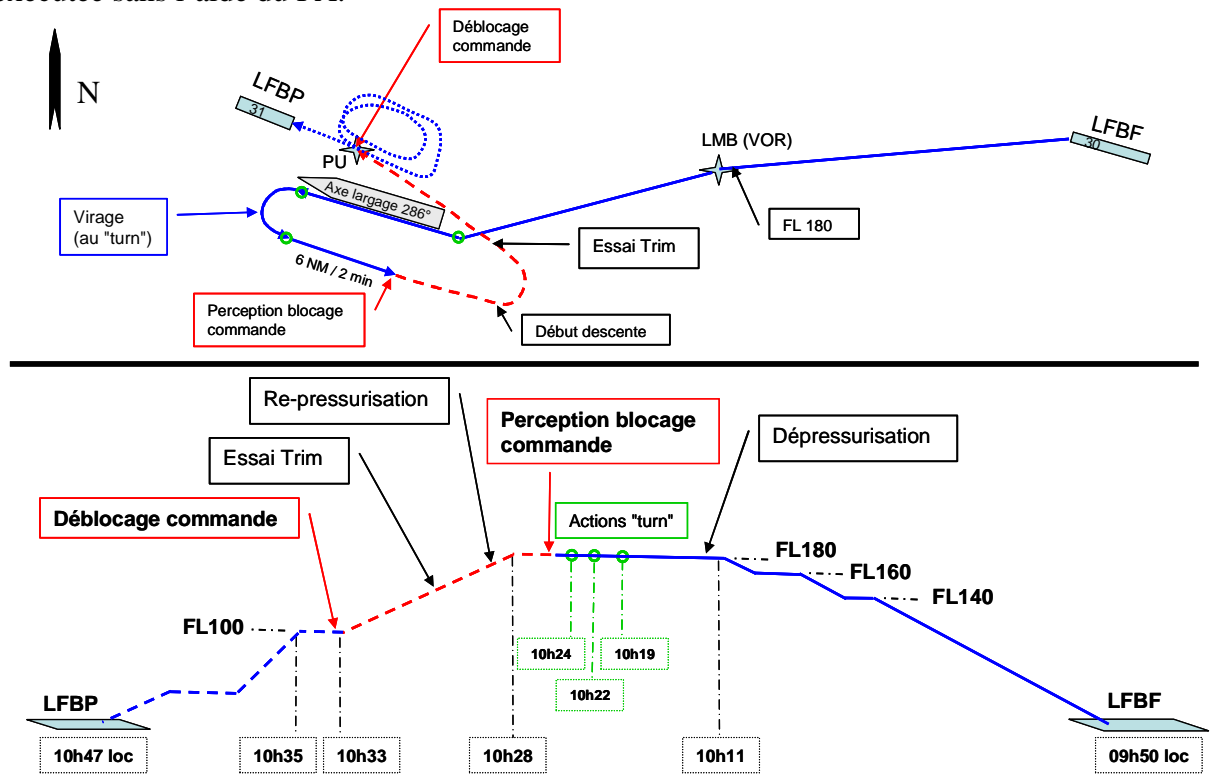
Horaires	ΔT	Événements observés
09h50mn	T0	Décollage de Toulouse Francazal en piste 30 et montée 150 nds
10h03mn	T0+13mn	Atteinte du FL 140 et stabilisation
10h04mn	T0+14mn	Reprise de montée
10h06mn	T0+16mn	Atteinte FL 160 et stabilisation
10h09mn	T0+19mn	Reprise de montée
10h11mn	T0+21mn	Atteinte du FL 180 et stabilisation ; Vi 180 nds
10h19mn	T0+29mn	Action « turn » virage droite vers l'axe de largage 286°
10h22mn	T0+32mn	Action « turn » virage gauche vers branche vent arrière
10h24mn	T0+34mn	Stabilisation en vol horizontal branche vent arrière cap 110°
10h28mn	T0+38mn	Mise en descente Vi 200 nds et mise en virage à gauche (à la direction)
10h30mn	T0+40mn	Annulation de l'inclinaison au cap 320°
10h32mn 30s	T0+42mn30s	Atteinte FL 100 et stabilisation en palier
10h33mn	T0+43mn	Mise en virage à droite
10h35mn	T0+45mn	Mise en descente Vi 180 nds en virage à droite
10h40mn	T0+50mn	Stabilisation vers 3500 pieds en virage à droite
10h42mn	T0+52mn	Annulation de l'inclinaison puis finale cap 300°
10h47mn	T0+57mn	Atterrissage en piste 31 à Pau.

2.1.3. Représentation schématique de la trajectoire sol et du profil de vol

Celle-ci est établie à partir des témoignages de l'équipage et de l'exploitation des paramètres enregistrés.

La trajectoire en pointillés rouges représente la phase de blocage de la commande.

La trajectoire en pointillés bleus représente la phase de vol après le déblocage de la commande, exécutée sans l'aide du PA.



Trajectoire sol (partie supérieure), profil de vol correspondant et chronologie

Synthèse et commentaires :

Le niveau de vol 180 est atteint sur la balise LMB en 21 minutes environ, après de courtes stabilisations aux niveaux 140 et 160.

Trois actions au « *turn* » opérantes sont effectuées au niveau 180.

La non-réponse du « *turn* » est ressentie 2 minutes environ après la précédente action et après 16 minutes environ de palier au niveau 180.

La descente est amorcée 2 minutes environ après la perception de l'anomalie et la re-pressurisation est entamée aussitôt. Elle dure environ 4 minutes jusqu'au niveau 100.

L'essai de trim à droite, efficient, est effectué en cours de descente, approximativement passant le niveau 140, à inclinaison nulle après le virage à gauche, soit au minimum 2 minutes après la mise en descente et la re-pressurisation.

Le déblocage de la commande est obtenu en vol horizontal et en palier au niveau 100, soit 4 minutes environ après la mise en descente et 2 minutes après l'essai de trim.

L'impossibilité d'agir au gauchissement soit selon un mode du PA, soit manuellement, à l'exception du trim, est observée par l'équipage après 36 minutes de vol et durant un peu moins de 7 minutes environ, depuis le niveau 180 jusqu'au niveau 100.

Les deux virages de 360° sont effectués en descente afin de rejoindre le plan de descente et l'axe de finale. Ces évolutions sont effectuées par l'usage normal de la commande de gauchissement, sans reconnecter le PA.

Le blocage de la commande de gauchissement survient après une montée quasi-continue, en vol horizontal après 16 minutes environ au niveau 180 et peu de virages à faible inclinaison, alors que la cabine est dépressurisée.

L'usage intégral de la commande est récupéré environ 7 minutes plus tard, après la re-pressurisation de la cabine et une descente au niveau 100.

2.2. Recherche de l'origine du blocage temporaire de la commande de gauchissement

Le blocage rapporté par l'équipage peut avoir pour origine :

- l'interférence d'un corps étranger dans la cinématique de la chaîne de commande de gauchissement ou d'une interférence de cette dernière avec la cellule ;
- le dysfonctionnement d'un organe de la chaîne de commande de gauchissement.

L'ensemble des inspections, tests et contrôles effectués sur l'appareil à différents niveaux d'expertise permettent de rejeter toute hypothèse liée à la présence d'un corps étranger, à une interférence dans la cinématique, à une non-conformité ou un endommagement dans la chaîne de gauchissement.

La recherche de l'origine du blocage temporaire de commande décrit par l'équipage en l'absence de constat d'anomalie lors des tests au sol a donc conduit à identifier et à expertiser les différents organes de la chaîne de commande susceptibles d'être affectés par un dysfonctionnement pouvant conduire à l'événement, dans les conditions rencontrées au cours du vol.

2.2.1. Hypothèses liées à un dysfonctionnement d'un organe de la chaîne de gauchissement.

Les résultats de l'expertise NSI permettent d'écarter les hypothèses liées à un dysfonctionnement intervenu au niveau de la timonerie, des câbles et des poulies.

Selon le principe de fonctionnement de la chaîne de gauchissement (Annexe 1), un dysfonctionnement apparu au niveau des organes suivants est susceptible d'induire des durs sensibles ou des blocages aux commandes :

- la boîte à ressort ;
- la traversée étanche ;
- le PA ;
- le trim électrique ;
- les bielles élastiques spoilers ;
- les servocommandes d'aileron.

2.2.1.1. Dysfonctionnement du trim électrique, des bielles élastiques spoilers ou des servocommandes d'aileron

Le témoignage de l'équipage souligne que le trim électrique a été testé opérant et efficace et que l'avion a répondu en inclinaison lors de l'action au trim (2 graduations à droite puis retour au neutre). Ceci atteste de la réponse des servocommandes d'aileron et des bielles élastiques spoilers.

De plus, les tests, analyses et contrôles effectués sur le circuit de réchauffage des servocommandes d'aileron¹¹, sur le fluide hydraulique des circuits alimentant ces servocommandes et sur les bielles élastiques spoilers, n'ont mis en évidence aucune anomalie.

Ces éléments permettent de rejeter l'hypothèse d'un dysfonctionnement du trim électrique de gauchissement, des servocommandes d'aileron et des bielles élastiques spoilers en relation avec l'événement.

2.2.1.2. Dysfonctionnement du PA

Les témoignages de l'équipage attestent que toute action au manche demeurerait impossible en gauchissement, que ce soit par transparence ou après la déconnection des trois chaînes du PA.

Le test fonctionnel du PA au sol n'a révélé aucune anomalie de fonctionnement.

Dans le périmètre des tests au banc¹² du boîtier de commande PA, du calculateur et du servomoteur (sur lequel aucun blocage n'a été constaté pendant la durée des tests), aucune anomalie n'a été mise en évidence.

L'hypothèse d'un dysfonctionnement du PA en relation avec l'événement est rejetée.

2.2.1.3. Dysfonctionnement de la boîte à ressort

Dans l'hypothèse d'un blocage de la boîte à ressort, seul le trim électrique pourrait faire bouger la timonerie et ce mouvement serait traduit, en l'absence d'autre dysfonctionnement, par une rotation des volants de manches en cabine.

Cette hypothèse est compatible avec le scénario rapporté par l'équipage.

¹¹ Le fonctionnement de ces servocommandes est susceptible d'être perturbé par le gel. Elles sont protégées par un système de réchauffage électrique.

¹² De par la nature et la configuration du banc de test, les servomoteurs ne peuvent être testés en charge (couple).

Un blocage de cet élément, situé dans un caisson du plan central en zone non pressurisée, peut avoir pour origine un endommagement interne ou l'action du gel en présence d'humidité à l'intérieur de l'organe.

Les constats effectués lors de l'inspection visuelle de la chaîne de commande sur l'appareil et avant le prélèvement des OAE ont confirmé que le montage de la boîte à ressort était conforme (positionnement des drains d'évacuation vers le bas et non obstrués).

Les constats et expertises effectués par la DGA-TA et par le constructeur sur cet organe (passages au banc, essais de givrage en caisson climatique et examen interne) n'ont pas mis en évidence d'anomalie endogène ou de fonctionnement en conditions givrantes susceptible d'avoir contribué à l'événement.

L'étude des antécédents sur la flotte C160 depuis 1990 révèle néanmoins que la boîte à ressort a été incriminée dans 3 cas de points durs ressentis au gauchissement, dont un cas de blocage observé au sol et pour lequel la présence d'eau a pu être détectée.

La modification X826 appliquée sur cet élément (amélioration de l'évacuation de l'eau de condensation et de ruissellement dans le cylindre) montre que celui-ci est sensible à l'humidité relative.

De plus, les conditions météorologiques observées indiquent que l'appareil était stationné en atmosphère humide avant le décollage et évoluait en températures froides.

L'hypothèse d'un dysfonctionnement de la boîte à ressort (blocage sous l'action du gel en présence d'humidité) ayant pu contribuer à l'événement n'a pu être confirmée par les expertises et essais climatiques réalisés. Elle est en conséquence peu probable dans le scénario de cet événement.

Toutefois, cette éventualité est compatible avec le scénario rapporté par l'équipage ainsi qu'avec le principe de fonctionnement de la chaîne de commande de gauchissement. Ayant de plus été vérifiée par au moins un antécédent de blocage au sol en ambiance humide et froide, une telle éventualité ne peut être totalement écartée.

2.2.1.4. Dysfonctionnement de la traversée étanche

Un blocage de cet organe, situé au niveau du plan central en partie en zone pressurisée et non pressurisée peut avoir pour origine un endommagement interne ou l'action du gel en présence d'humidité à l'intérieur de l'organe.

L'étude des antécédents révèle que la traversée étanche a été incriminée dans 2 cas de points durs ressentis au gauchissement, dont un cas où la présence d'eau a été détectée.

Les expertises effectuées par la DGA-TA sur cet organe ont consisté en des essais de givrage en caisson climatique et en un examen interne après démontage.

- Les essais de givrage en caisson climatique ont démontré **la possibilité d'un blocage par action du gel ainsi que la disparition progressive de celui-ci avec la remontée de la température.**
- L'examen interne a révélé une absence d'endommagement ou de défaut des composants constituants mais a mis en évidence la présence non préconisée d'une graisse de type G354 au niveau de la bague d'étanchéité de l'arbre ainsi que l'obstruction d'un trou de ventilation de l'arbre par un excès de graisse de type G353.

Expertises complémentaires

Les résultats des expertises précédentes ont donné lieu à des expertises complémentaires par la DGA-TA sur les roulements internes de la traversée étanche.

Hormis des références différentes de la définition prévue (roulements SARMA ZT40 / 45 SP4 et ADRT45 en lieu et place des FJG TT40/45EK), aucune anomalie de fonctionnement n'a été mise en évidence au niveau des roulements.

Selon le principe de fonctionnement de la commande de gauchissement, un blocage complet de la traversée étanche sous l'action du gel impliquerait, par construction, une immobilisation de la chaîne de commande, avec impossibilité de la manœuvrer que ce soit manuellement ou par le trim électrique. Cette option entre en contradiction avec le témoignage de l'équipage.

Cependant, la séquence d'événement montre que le trim a été manipulé alors que la re-pressurisation de l'appareil avait commencé et que l'appareil était en descente, ce qui avait pour effet d'augmenter la température ambiante.

L'essai climatique en conditions givrantes ayant montré que la résistance au mouvement de l'organe diminuait avec la remontée de la température et disparaissait vers -13 °C, il est donc possible que l'action au trim effectuée dans ces conditions ait pu vaincre le couple résistant provoqué par un givrage de l'organe.

De plus, l'équipage, témoignant d'une résistance aux volants de manches, ne peut néanmoins quantifier précisément cette résistance ni l'effort nécessaire à un éventuel déblocage en insistant immédiatement, ce qui est contraire à la culture en pareil cas, *a fortiori* sans connaître la raison du blocage ressenti.

Ces observations rendent l'hypothèse d'un blocage partiel de la traversée étanche sous l'action du gel, démontrée par essais, compatible avec le principe de fonctionnement de la chaîne de gauchissement et la séquence d'événement. Elles conduisent à retenir cette éventualité comme probable.

2.2.1.5. Synthèse des hypothèses liées à un dysfonctionnement d'un organe de la chaîne de gauchissement

**Les résultats des expertises et essais conduisent à retenir l'hypothèse d'un dysfonctionnement de la traversée étanche, provoqué par l'action du gel en présence d'humidité résidente dans le corps de l'organe, comme probable.
L'hypothèse d'un dysfonctionnement de la boîte à ressort provoqué par les mêmes raisons, non démontrée par essais climatiques, ne peut néanmoins être totalement écartée.**

Les essais effectués sur la traversée étanche en conditions givrantes ont montré que le blocage obtenu résultait de la congélation d'eau ayant pénétré **à l'intérieur** du corps de l'organe et pas de l'humidité déposée sur les parties externes.

L'appareil évoluant fréquemment en températures négatives (c'était le cas des vols effectués la veille) sans pour autant subir de tels incidents, il convient de déterminer les raisons de la présence de cette humidité résidente dans le corps de l'organe.

2.2.2. Causes possibles de la présence d'humidité résidente dans la traversée étanche

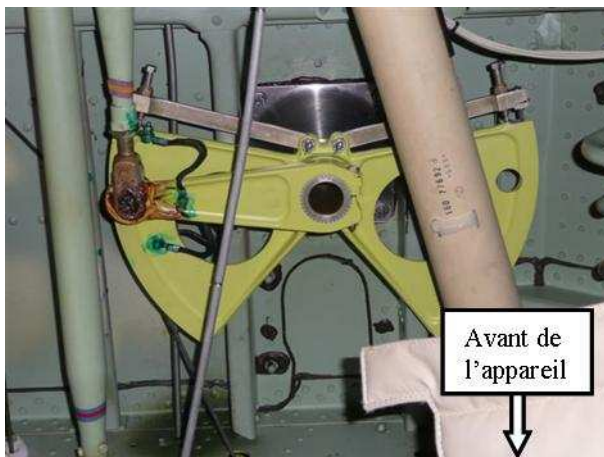
2.2.2.1. Les conditions environnementales

Les observations et l'étude des données fournies par météo France montrent que l'appareil, stationné en extérieur durant la nuit, a rencontré des conditions humides au sol et dans les basses couches, a contrario des vols effectués la veille. Les températures observées à tous les niveaux étaient également plus froides que lors des vols de la veille. En particulier au niveau 180, les températures observées le 18 avril étaient plus froides d'environ 9 °C (voir chapitre 1.7). Ces conditions sont favorables au phénomène de condensation sur des parties froides de l'eau contenue dans un air ambiant saturé d'humidité.

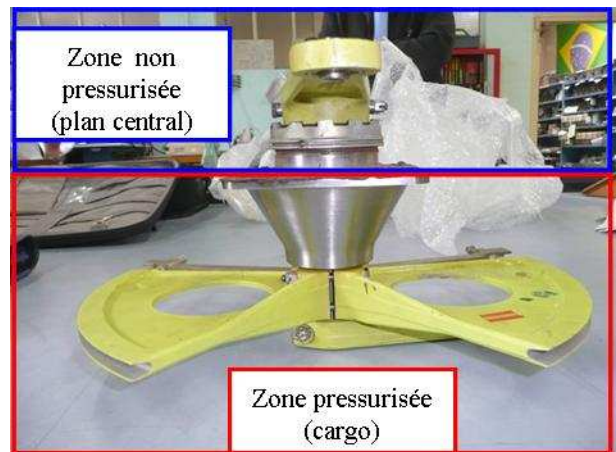
2.2.2.2. Caractéristiques et contraintes de la traversée étanche

Installée dans le plan central et en partie supérieure du cargo, elle transmet le mouvement de la commande de gauchissement depuis la zone pressurisée et chauffée du cargo vers les caissons des ailes non pressurisés. Enfin, la vanne de dépressurisation débouche dans l'environnement de la traversée étanche, en zone non pressurisée.

De par son positionnement à la frontière de deux milieux ambiants, cet organe subit des contraintes particulières liées aux variations de pression, de température et d'hygrométrie.



Partie de la traversée étanche située au plafond du cargo, sous le plan central en zone pressurisée



Traversée étanche déposée et positionnement spatial des différentes parties dans la structure de l'appareil

La traversée étanche a fait l'objet d'une modification (S499) adoptée en 1973. Un des buts de cette modification (perçement de trous dans le boîtier externe et le corps de l'axe) est d'empêcher l'accumulation d'eau de condensation dans le corps de l'organe, par un meilleur drainage et une meilleure ventilation (du fait de la pressurisation, un flux d'air traverse le corps de l'organe vers l'extérieur).

Ces éléments attestent de la sensibilité particulière de cet organe à l'humidité de condensation, pouvant geler et provoquer des durs dans la commande de gauchissement.

2.2.2.3. Influence de la dépressurisation

Lors d'une dépressurisation commandée, le mécanicien agit sur le régulateur cabine de manière à équilibrer avec progressivité la pression de la cabine avec l'extérieur. Lorsque les pressions sont quasiment équilibrées, la vanne de dépressurisation est ouverte et les vannes de conditionnement sont fermées¹³, ce qui a pour effet de faire chuter rapidement la température dans le cargo et de favoriser la condensation de l'humidité ambiante sur les parties froides.

En fin de dépressurisation, le flux d'air ventilant l'intérieur de la traversée étanche s'arrête. L'ouverture de la vanne de dépressurisation, libérant l'air cabine en surpression résiduelle, peut accentuer localement le phénomène de condensation sur la partie supérieure de l'organe.

Dans un air cabine saturé d'humidité au sol comme c'était le cas, il est probable que la condensation ait été significative au niveau de la traversée étanche lors de la dépressurisation à haute altitude, en atmosphère froide.

La sensibilité de la traversée étanche à la condensation d'humidité est avérée.

La dépressurisation à haute altitude en atmosphère froide, avec un air cabine saturé d'humidité au départ, est de nature à accentuer le phénomène de condensation au niveau de la traversée étanche.

2.2.2.4. Examen interne et avis du constructeur

L'examen interne a montré que de la graisse de type G354 (base ester) était présente sur la bague d'étanchéité interne de l'arbre, et qu'un excès de graisse de type G353 obstruait un des trous de drainage de l'arbre. La présence de graisse sur cette bague et l'obstruction d'un trou de drainage ne sont pas conformes au plan référence de graissage de la gamme de travail.

L'analyse de la graisse de type G354 prélevée sur la bague d'étanchéité révèle que celle-ci contient 2 % d'eau¹⁴. Ce résultat témoigne de la présence d'humidité résidente à l'intérieur de l'organe en dépit du séchage après la remontée de la température lors du test en caisson climatique.

Selon l'avis du constructeur, « *l'application de graisse au niveau de la bague d'étanchéité peut compromettre la fonction qui sert à empêcher l'accumulation d'eau de condensation dans la traversée étanche* ». Le constructeur précise que la bague d'étanchéité doit être libre de graisse pour garantir une ventilation de la boîte palier par une fuite d'environ 1,6 litre par minute.

Ce point a été confirmé auprès du partenaire étatique allemand, également opérateur du C160.

Il est donc probable que la présence non préconisée de graisse et l'obstruction d'un trou de drainage aient perturbé l'évacuation d'eau de condensation venue à se trouver dans le corps de la traversée étanche dans un contexte d'air ambiant saturé d'humidité et lors de la dépressurisation en haute altitude.

¹³ L'air de pressurisation et de climatisation en provenance des GTP n'est plus envoyé en cabine.

¹⁴ Contre 0,1% d'eau contenue dans une graisse neuve.

2.2.2.5. Expertises comparatives

Suite aux résultats des expertises effectuées sur la traversée étanche du R217, des expertises similaires ont été conduites sur l'organe de même type prélevé sur un autre appareil (R51).

Les résultats de ces expertises sont comparables et permettent de constater :

- l'obtention d'un blocage temporaire de l'organe en conditions givrantes ;
- la présence de graisse G354 sur la bague d'étanchéité ;
- l'obstruction partielle des trous de drainage de l'axe par de la graisse G353 en excès.

Afin de confirmer l'hypothèse d'une perturbation de l'évacuation d'humidité résidente dans le corps de la traversée étanche, de nouveaux essais en caisson climatique ont été conduits selon le même protocole sur l'organe du R217 reconditionné conformément au plan de graissage de la définition S499 (bague d'étanchéité exempte de graisse et trous de drainage libres).

Les résultats de ces tests attestent de l'absence d'apparition d'un blocage en conditions givrantes ainsi que d'une meilleure ventilation interne de l'organe.

La comparaison des résultats des différents tests réalisés d'une part sur des traversées étanches présentant des anomalies de graissage similaires et d'autre part sur un organe conforme au plan de graissage préconisé met en évidence l'influence d'un graissage non conforme perturbant l'évacuation d'humidité résidente.

2.2.2.6. Synthèse partielle et évaluation du risque

La présence d'humidité de condensation résidente dans le corps de la traversée étanche résulte de conditions environnementales humides et froides rencontrées le jour du vol, ainsi que de la sensibilité particulière de cet organe à ce phénomène.
La non-conformité du graissage par rapport au plan de définition S499 perturbe la ventilation de l'organe et gêne l'évacuation de l'humidité de condensation, rendant *in fine* l'organe sensible au gel, en particulier lors d'une dépressurisation en haute altitude.
Le risque de blocage dans de telles conditions (atmosphère humide et dépressurisation à haute altitude) d'une traversée étanche présentant les non-conformités de graissage décrites supra est avéré.

2.2.3. Origine possible des non-conformités de graissage des traversées étanches

Ces organes sont entretenus au niveau NSI par l'AIA CF et subissent un entretien comprenant un démontage et un graissage à chaque GV, soit tous les 6 ans. Selon l'avis des opérateurs de l'AIA CF, les non-conformités observées lors du démontage résultent d'une dérive du processus d'entretien au cours du temps et ne peuvent être retracées avec précision.

Cette dérive trouve vraisemblablement ses origines dans l'imprécision de la documentation de travail concernant en particulier l'opération de graissage et de l'absence de contrôle avant remontage de l'ensemble.

La documentation utilisée par l'AIA CF (gamme de travail) préconise que l'opérateur se rapporte au plan de référence¹⁵ pour l'application de graisse G353 sur l'axe et que de la graisse G354 soit appliquée entre le roulement et l'écrou de la partie supérieure afin de combler les cavités.

L'application de graisse G354, à proximité de la bague d'étanchéité n'est pas mentionnée sur le plan de référence, mais est compatible avec la procédure de l'opérateur allemand. En aucun cas, la documentation de travail de l'AIA CF ou du constructeur n'indique d'appliquer cette graisse sur la bague d'étanchéité.

Le plan de référence signale sur un schéma en noir et blanc la surface de l'axe à protéger de la corrosion par de la graisse G353, sans autre indication.

Aucune mention particulière n'attire l'attention de l'opérateur sur le fait de ne pas polluer la bague d'étanchéité et les trous de drainage de l'axe, ou sur la quantité de graisse à appliquer, qui relève des règles de l'art non écrites.

Enfin, aucun contrôle de l'état interne de l'organe n'est possible après remontage de l'ensemble.

Les non-conformités de graissage des traversées étanches observées par rapport à la définition S499 résultent d'une dérive du processus d'entretien. Cette dérive procède vraisemblablement de l'imprécision de la documentation utilisée, d'une connaissance parcellaire par les opérateurs des fonctions des constituants internes de l'organe et de l'absence de contrôle avant le remontage.

2.2.4. Gestion de l'événement par l'équipage

2.2.4.1. Actions de l'équipage

Confronté à l'absence de réponse de l'action au « turn », sans signalisation en cabine, l'équipage a dans un premier temps suspecté un problème de PA. La procédure associée à la panne du PA consiste alors à lever le doute en débrayant le PA, ce qui a été fait jusqu'à la déconnexion des trois chaînes. Cette démarche est logique car les dysfonctionnements du PA sont fréquents et les équipages sont sensibilisés et formés de la sorte sur Transall.

Ce n'est qu'après avoir déconnecté le PA et constaté la persistance du problème que l'équipage incrimine dans un deuxième temps un blocage de la commande mais sans en connaître la raison, ce qui le conduit à la décision d'interrompre la mission et de dérouter l'appareil vers Pau, compte-tenu des conditions aérologiques favorables (vent dans l'axe de piste) à une finale envisagée sans l'aide du gauchissement.

N'ayant pas identifié l'origine du problème une fois l'usage de la commande récupéré, la décision de l'équipage de poursuivre le déroutement en emergency sans l'aide du PA et en limitant l'inclinaison est cohérente avec sa représentation de la situation.

Le plan d'actions de l'équipage, orienté dans un premier temps vers le traitement d'un problème de PA, puis vers un déroutement sans réenclencher ce dernier et en maintenant l'urgence une fois l'usage de la commande récupéré, est cohérent avec sa représentation de la situation (origine du problème non identifiée) et s'inscrit dans une logique de sécurité.

¹⁵ Documentation constructeur.

2.2.4.2. La procédure de secours

La procédure à appliquer en pareil cas (pannes de commande de vol) décrite dans la documentation de l'équipage se limite à des vérifications pour situer le dysfonctionnement sur la chaîne de commande par rapport au PA¹⁶. Cependant, la procédure n'est d'aucun secours dans le cas rencontré car, en dépit de son application, elle ne pouvait permettre à l'équipage de situer le dysfonctionnement ni d'utiliser le PA en secours.

De plus, la procédure ne mentionne des problèmes possibles de givrage qu'au niveau des servocommandes, dont le fonctionnement du circuit de réchauffage doit être vérifié, et recommande dans ce cas de perdre de l'altitude.

La procédure de traitement relative aux pannes de commandes de vol, succincte, ne permet pas à l'équipage d'identifier l'origine du problème rencontré et ne lui est d'aucun secours.

2.2.4.3. Connaissance des pannes de commandes de vol

La sensibilisation des équipages C160 aux pannes de commandes de vol est effectuée lors de leur entraînement à la qualification de type (QT) sur simulateur.

Ces pannes peuvent ensuite être abordées à l'occasion des séances de simulateur dédiées au traitement de pannes (2 séances par an). En règle générale, ce sont surtout des pannes liées au PA, dans la rubrique dédiées aux commandes vol, qui sont revues lors de ces séances.

A l'exception de cas de durs aux commandes, les équipages ne relatent pas d'antécédent connu de blocage franc de commande où l'action du gel a été suspectée.

Le type de dysfonctionnement rencontré par l'équipage (blocage franc et temporaire de la commande de gauchissement où l'action du gel peut être suspectée) n'est pas évoqué en entraînement aux pannes ni inscrit dans la mémoire collective.

¹⁶ L'essai du trim permet de situer le problème en amont ou en aval du PA. D'après la procédure, l'action au trim positive indiquait que le problème se situait en amont du PA et donc que ce dernier pouvait en théorie servir de secours, ce qui n'était pas le cas.

3. CONCLUSION

3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'événement

3.1.1. Éléments relatifs à la séquence de vol

- L'appareil a été employé la veille de l'événement pour le même type de mission sans rencontrer d'anomalie.
- Aucun précurseur n'est signalé depuis le décollage et avant la détection du blocage de la commande de gauchissement par l'équipage.
- Le blocage du gauchissement, décrit comme total, est constaté après environ 16 minutes en palier au niveau de vol 180 avec peu de virages et après la dépressurisation de la cabine.
- Le PA est déconnecté, sans que cette action ne fasse disparaître le dysfonctionnement.
- La mission est annulée et le déroutement est aussitôt entrepris vers le terrain de Pau, en re-pressurant la cabine.
- Le trim de gauchissement est testé efficace en cours de descente et fait bouger les manches.
- L'usage du gauchissement est récupéré au niveau 100 après une action franche du pilote.
- Aucun dysfonctionnement du gauchissement n'est plus constaté jusqu'à l'atterrissage et lors des tests au sol.

3.1.2. Éléments relatifs aux conditions environnementales

- L'appareil est stationné en extérieur et subit des conditions humides durant la nuit précédent l'événement.
- Les conditions météorologiques du jour de l'événement sont plus humides et plus froides comparativement aux conditions rencontrées la veille lors des vols précédents.

3.1.3. Éléments relatifs à l'entretien de l'aéronef

- L'appareil est entretenu selon le plan de maintenance en vigueur dans l'armée de l'air. Aucun élément saillant ni dysfonctionnement relatif aux commandes de vol n'est rapporté lors des dernières opérations d'entretien.
- Les examens effectués sur les OAE de la chaîne de gauchissement ont révélé des anomalies au niveau de la traversée étanche.

3.2. Mécanisme et causes de l'événement

Les causes du blocage temporaire de la commande de gauchissement ressenti par l'équipage au cours de ce vol, difficiles à déterminer avec certitude, relèvent d'une combinaison de facteurs relatifs aux conditions environnementales rencontrées en mission LMTGH et à la maintenance.

Ce blocage de la chaîne de gauchissement trouve probablement son origine dans l'action du gel d'humidité de condensation au niveau de la boîte à ressort ou de la traversée étanche, dans un contexte de dépressurisation de la cabine en altitude et en très basses températures avec un appareil ayant subi des conditions humides avant le vol.

L'hypothèse d'un blocage de la boîte à ressort sous l'action du gel, non confirmée par essais climatiques mais demeurant compatible avec le scénario décrit et vérifiée lors d'au moins un antécédent de blocage au sol, ne peut être totalement écartée.

L'hypothèse d'un blocage de la traversée étanche pour les mêmes raisons, démontrée par essais, est la plus probable.

Le blocage probable de la traversée étanche sous l'action du gel résulte vraisemblablement d'une perturbation de la fonction de ventilation interne de l'organe et donc de l'évacuation de l'humidité résidente par un graissage non conforme au plan de définition.

Cette non-conformité de graissage, par obstruction de trous de drainage et réduction de flux d'air au niveau de la bague labyrinthe d'étanchéité, rend ainsi l'organe sensible au gel en particulier lors d'une dépressurisation en haute altitude.

Cette non-conformité de graissage résulte d'une dérive du processus d'entretien de ces organes au niveau industriel.

Cette dérive peut trouver ses origines dans l'imprécision de la gamme de travail employée par les opérateurs d'exécution et dans l'absence de contrôle de l'opération avant le remontage de l'ensemble.

4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'événement

4.1.1. Actions de prévention initiées et en cours

Les investigations et les essais menés en cours d'enquête sur la traversée étanche ont mis à jour une anomalie de graissage identifiée comme étant probablement à l'origine de la sensibilité au gel de cet organe dans les conditions d'emploi décrites précédemment.

Cette anomalie ayant été retrouvée sur une autre traversée étanche, le BEAD-air a émis une recommandation (message Muse 519/DEF/BEAD-AIR/CDT/DR du 05/10/2012) visant à prévenir le risque sur l'ensemble de la flotte C160 par :

- la vérification et la mise en conformité de l'ensemble des traversées étanches avec la définition de référence (modification S499) ;
- l'intégration du risque dans les règles d'emploi des appareils dont la conformité de la traversée étanche n'a pas été vérifiée. (Cette vérification / mise en conformité ne peut être effectuée qu'au niveau NSI et selon un calendrier défini par l'opérateur).

L'autorité technique a ensuite émis un acte technique valant consigne de navigabilité (n° 1219-12/DT/ASA/TSP) tenant compte de la recommandation ainsi que des préconisations émises dans les mêmes termes par le SIAé au travers de ses CRE et a fixé une échéance au 30 avril 2013 pour la réalisation de l'inspection du parc C160.

4.1.2. Origine des anomalies de graissage des traversées étanches

L'anomalie de graissage identifiée sur plusieurs traversées étanches traduit vraisemblablement une dérive dans les opérations d'entretien de ces organes.

Cette dérive peut trouver ses origines en particulier dans l'imprécision de la documentation de travail employée et dans l'absence de contrôle de l'opération avant le remontage de l'ensemble.

4.1.2.1. Imprécision de la documentation

La documentation de travail utilisée par l'organisme en charge de la maintenance (AIA CF) fait appel au plan référence de la liasse de l'avionneur mais ne comporte pas de schéma explicite à même d'aider l'opérateur pour le graissage avant le remontage de l'organe.

Le seul croquis se rapportant au graissage consiste en l'utilisation de graisse AIR 4210 (référence OTAN G354) sur le bouchon lors du remontage (ce bouchon se situe près du joint labyrinthe d'étanchéité). Ce croquis ne comporte pas de mise en garde sur le fait de ne pas polluer la bague d'étanchéité labyrinthe.

Le plan référence de la liasse avionneur mentionne la zone à traiter avec de la graisse (contre la corrosion) mais de manière peu visible sur une figure en noir et blanc selon un trait légèrement plus épais (voir annexe 4). Ce plan ne comporte pas de mise en garde contre les risques de pollution de drains d'évacuation.

Ainsi, cette opération de graissage, non détaillée de manière précise sur les différents schémas ou croquis employés, relève des règles de l'art non écrites et est laissée à l'appréciation de l'opérateur quand aux quantités à appliquer et à l'esprit du geste technique à exécuter.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

- **au détenteur du certificat de type (SIAé), de préciser explicitement dans le PRE C160 la définition et l'entretien prescrits pour les traversées étanches, en précisant les réserves associées (joint labyrinthe) ;**
- **aux organismes en charge de la maintenance (AIA CF), d'améliorer la documentation de travail employée par les opérateurs techniques en précisant les descriptifs des différentes opérations à effectuer sur les traversées étanches avec l'inclusion de schémas détaillés et de recommandations concernant la localisation et le type d'application de graisse ainsi que les réserves associées (joint labyrinthe).**

4.1.2.2. Appréhension erronée de l'opération de graissage et absence de contrôle avant le remontage de l'ensemble

La pollution de la bague d'étanchéité labyrinthe ne résulte pas à l'évidence d'un dépôt en excès au niveau du bouchon mais d'une application volontaire de graisse témoignant d'une interprétation erronée de l'opération de graissage à l'endroit de l'écrou supérieur de serrage (employée par l'opérateur allemand).

Aucun contrôle des opérations n'est réalisé avant le remontage de l'ensemble et le contrôle à posteriori de l'état interne n'est pas possible.

Il convient donc de s'assurer de la bonne exécution des gestes techniques relevant des règles de l'art non écrites.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

- **au détenteur du certificat de type (SIAé), d'introduire une opération de contrôle pendant le remontage de la traversée étanche dans le PRE C160 ;**
- **aux organismes en charge de la maintenance (AIA CF), de mettre à jour les cartes de travail en conséquence.**

4.1.3. Procédure de traitement et entraînement des équipages

L'équipage a été confronté à un blocage de la commande de gauchissement, PA engagé, lors d'une mission LMTGH, sans pouvoir en identifier ou en soupçonner l'origine (blocage d'un élément sous l'action du gel autre qu'un givrage des servocommandes).

En particulier, la procédure décrite dans le manuel de vol et le mémento de l'équipage n'évoque des problèmes possibles de givrage qu'au niveau des servocommandes et recommande dans ce cas de perdre de l'altitude.

De plus, la panne ne peut être localisée par rapport au PA dans le cas présent.

Ainsi, la procédure de traitement des pannes de commandes de vol, succincte, ne peut véritablement aider l'équipage.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande :

- **au détenteur du certificat de type (SIAé), en liaison avec la DGA, d'étudier une amélioration de la procédure de traitement des « pannes de commandes de vol » décrite dans le manuel de vol et reprise dans le memento équipage afin qu'elle permette une réponse face à cette panne.**
- **a l'armée de l'air, de mentionner dans le Manex C160 le risque de survenue de ce type de panne (blocage possible de la chaîne de gauchissement sous l'action du gel) dans les procédures de largage à grande et très grande hauteur.**

4.2. Mesures de prévention n'ayant pas trait directement à l'événement

4.2.1. Autre anomalie de configuration au niveau de la traversée étanche

Il a été constaté sur deux traversées étanches que les références des roulements internes ne correspondaient pas aux références définies par la modification S499 et mentionnée dans la gamme de travail utilisée par l'AIA CF.

Selon le SIAé/ BNAV et l'AIA CF, cette situation résulte d'une ancienne modification d'approvisionnement (1992) qui n'avait pas donné lieu à une définition d'interchangeabilité des roulements SKF officialisée.

Le processus de validation de cette configuration est désormais engagé auprès de l'autorité technique.

De plus, l'AIA CF prévoit que ces roulements soient remplacés à chaque entretien de la traversée étanche à l'occasion d'une GV, soit tous les 6 ans. Cependant, l'opération de remplacement n'apparaît pas systématisée dans la gamme de travail (contrôle final de l'état et fonctionnement, remplacement si mauvais état ou constat de référence T40/45 EG20).

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

- Au détenteur du certificat de type (SIAé),**
- **d'engager systématiquement une démarche de validation auprès de la SIMMAD en interchangeabilité de composants équivalents lorsque l'origine de leur approvisionnement est modifiée, au titre de la gestion de configuration de l'aéronef et après avoir vérifié l'approbation de navigabilité ;**
 - **de mentionner clairement l'interchangeabilité de ces roulements dans le programme d'entretien des C160.**

4.2.2. Spécificité des roulements SKF/SARMA des traversées étanches

Aucun dysfonctionnement de ces roulements utilisés en remplacement des roulements FJG n'a été constaté.

Aucune limite de vie n'est définie pour ces roulements, à l'exception d'une limite de stockage de 5 ans. Au-delà de cette limite, l'huile se sépare de la base de graisse entraînant une diminution des performances du roulement et un risque de blocage.

La modification S499 prenait en compte l'élimination des pointes de moments de frottements en chargement axial sur les roulements, témoignant des charges particulières que ces éléments peuvent avoir à supporter et qui doivent donc conserver leurs caractéristiques durant leur utilisation.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

aux organismes en charge de la maintenance (AIA CF), de s'assurer de l'emploi de ces roulements avant l'atteinte de la limite de stockage afin de conserver leurs performances optimales.

4.2.3. Suivi des traversées étanches

Les traversées étanches constituent des ensembles qui font partie de la cellule et des commandes de vol mais ne comportent pas de numéro de série et ne disposent pas de fiche suiveuse indiquant leurs opérations d'entretien, de démontage ou de reconditionnement.

L'enquête a démontré qu'il n'était pas possible de retracer l'historique de ces ensembles ni d'établir le standard d'un organe avionné sans démontage et ouverture.

Ce point a été discuté en cours d'enquête et le SIAé / BNAV a pris la mesure en compte en instaurant une fiche suiveuse pour les traversées étanches.

Le bureau enquêtes accidents défense air appuie la mesure adoptée par le détenteur du certificat de type et recommande son application lors de la campagne de mise en conformité des traversées étanches selon les préconisations de l'acte technique 1219-12/DT/ASA/TSP.

4.2.4. Contrôle des boîtes à ressort

La boîte à ressort a été incriminée dans un antécédent de blocage de commande au sol en raison de la présence d'eau à l'intérieur de l'organe. Identifiée comme sensible à l'humidité et au risque de blocage sous l'action du gel, elle a été modifiée (X826) par le percement de drains destinés à faciliter l'évacuation de l'humidité de condensation venant à se trouver dans le corps de l'organe.

L'hypothèse d'un dysfonctionnement de cet organe sous l'action du gel ne pouvant être totalement écartée dans le scénario de cet événement, le SIAé / BNAV préconise de vérifier à chaque visite intermédiaire la bonne orientation des drains¹⁷ d'évacuation sur la boîte à ressort avionnée (conformité d'installation sur l'avion) et leur non obstruction et de rendre compte via un compte-rendu de fait technique (CRFT) de toute non conformité, ainsi que de mettre à jour la documentation de travail en conséquence (FA 2-13-12-01).

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

¹⁷ L'installation de la boîte à ressort sur l'avion doit être effectuée de manière à ce que les drains soient positionnés vers le bas. Une étiquette apposée sur le corps cylindrique porte la mention « haut » de façon à éviter un mauvais positionnement lors de la pose.

A l'armée de l'air, d'appliquer les préconisations émises par le détenteur du certificat de type.

4.2.5. Échanges d'informations vers l'opérateur

Le SIAé a le privilège d'adopter des solutions de réparation sur l'aéronef. Ces opérations font l'objet de « fiches anomalie réparation » (FAR).

Certaines FAR sont tracées sur les formules 114 des livrets cellule quand elles font l'objet d'un suivi (par exemple : réparation suite à contrôle CND par application d'un acte technique)

Les autres FAR apparaissent dans ou avec les comptes-rendus de visites.

Les références de ces FAR demeurent obscures vis-à-vis de l'opérateur qui assure le NSO.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense air recommande :

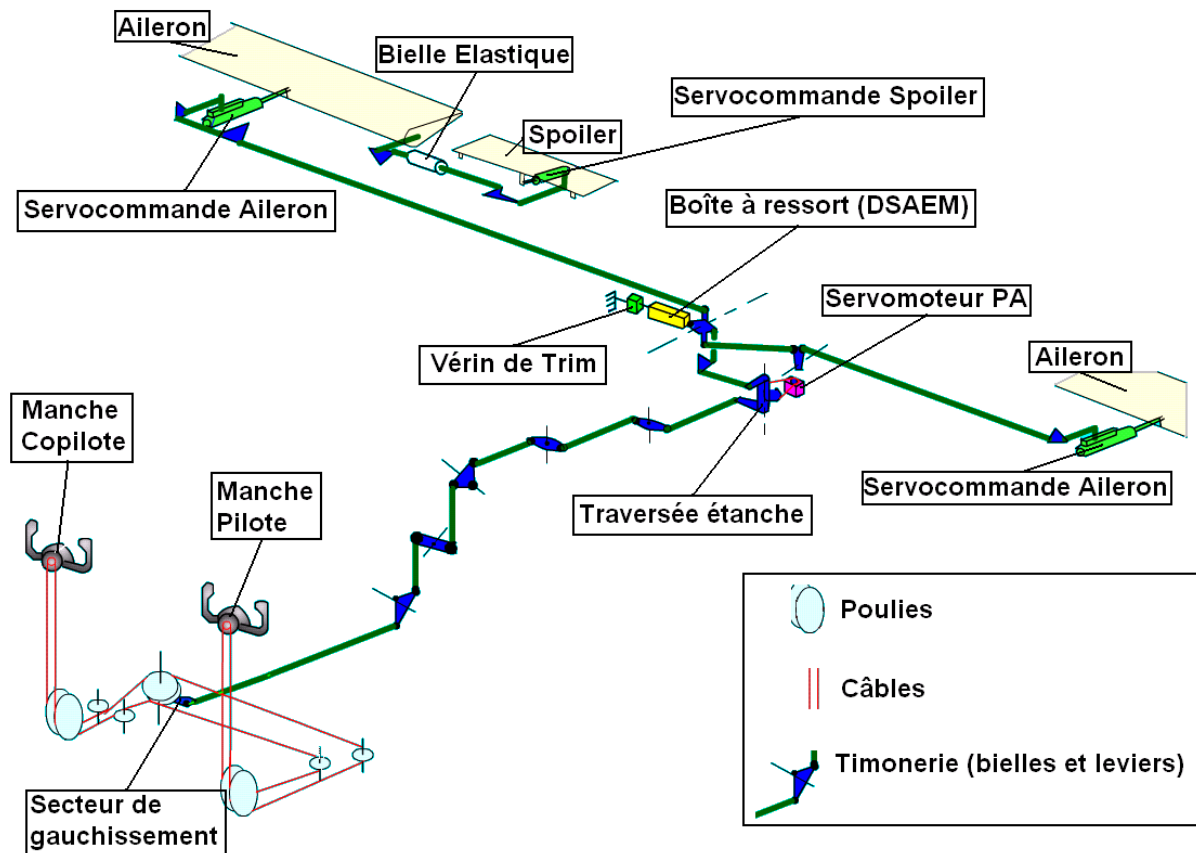
Aux organismes en charge de la maintenance (AIA CF), de préciser autant que possible le contenu des FAR réalisées dans les comptes-rendus de visite à destination de l'opérateur.

ANNEXES

ANNEXE 1 Principe de fonctionnement de la chaîne de gauchissement	41
ANNEXE 2 Synthèse des antécédents	42
ANNEXE 3 Démontage des traversées étanches provenant des C160 n°R217 et n°R51 et comparaison de l'aspect des zones graissées.....	43
ANNEXE 4 Plan référence de graissage	45
ANNEXE 5 Procédure Pannes de commande de vol.....	47

ANNEXE 1

Principe de fonctionnement de la chaîne de gauchissement



La commande de gauchissement est actionnée depuis le poste de pilotage par rotation d'un ou des deux volants montés sur les manches des postes pilote et copilote. Un ensemble de câbles et de poulies transmet le mouvement à la timonerie via un secteur de gauchissement jusqu'à la traversée étanche en soute qui l'amène ensuite dans le plan central, en zone non pressurisée. Le mouvement se poursuit alors, via un dispositif de sensation artificielle d'effort musculaire (DSAEM), jusqu'aux servocommandes d'aileron qui actionnent simultanément et en sens inverse les ailerons.

Afin de renforcer l'efficacité des ailerons, ceux-ci commandent directement des volets supplémentaires (spoilers) par l'intermédiaire d'une bielle élastique, d'une timonerie et d'une servocommande spoiler.

En outre, la commande de gauchissement peut être actionnée par le trim de gauchissement. Par sollicitation des boutons situés sur les volants des manches pilote et copilote, le moteur électrique du vérin de trim situé dans le plan central décale la position neutre de l'ensemble de la commande de gauchissement (du manche jusqu'à l'aileron) dans le sens sélectionné.

Enfin, l'utilisation du pilote automatique (PA) permet également d'actionner cette commande via le servomoteur du PA, qui asservit la traversée étanche en se substituant à la commande du poste de pilotage. La traversée étanche étant solidaire de l'ensemble de la chaîne, l'action du PA engendre le mouvement de la commande de gauchissement du manche jusqu'à l'aileron.

ANNEXE 2

Synthèse des antécédents

Parc C160 français

Quatorze cas de dysfonctionnement de la chaîne de gauchissement ont été recensés sur C160 depuis 1990 (base VORTEX et CRFT).

Parmi ces cas, onze points durs ou raideurs ont été observés, ainsi que trois cas de points durs suivis d'un blocage (dont deux en exploitation).

- Origines techniques des cas recensés :
 - roulements (4 cas, dont **2 blocages**) sur des renvois de commande, levier de gauchissement et bielle équipée ;
 - boîte à ressort (3 cas dont **1 blocage** identifié au sol) ;
 - traversée étanche (2 cas) ;
 - pilote automatique (1 cas) ;
 - roulements de commande volant de manche (2 cas).

Les origines de deux cas restent indéterminées. Les trois cas de blocage sont relatifs à des roulements défectueux ou corrodés. Les autres cas sont liés à un problème de corrosion par manque de graisse (environ 50% des cas recensés).

La présence d'eau a été détectée dans un cas de point dur au niveau de la traversée étanche ainsi que dans un cas de blocage au niveau de la boîte à ressort.

Parc C160 allemand

Deux cas de blocage de gauchissement ont été rapportés (source avionneur) :

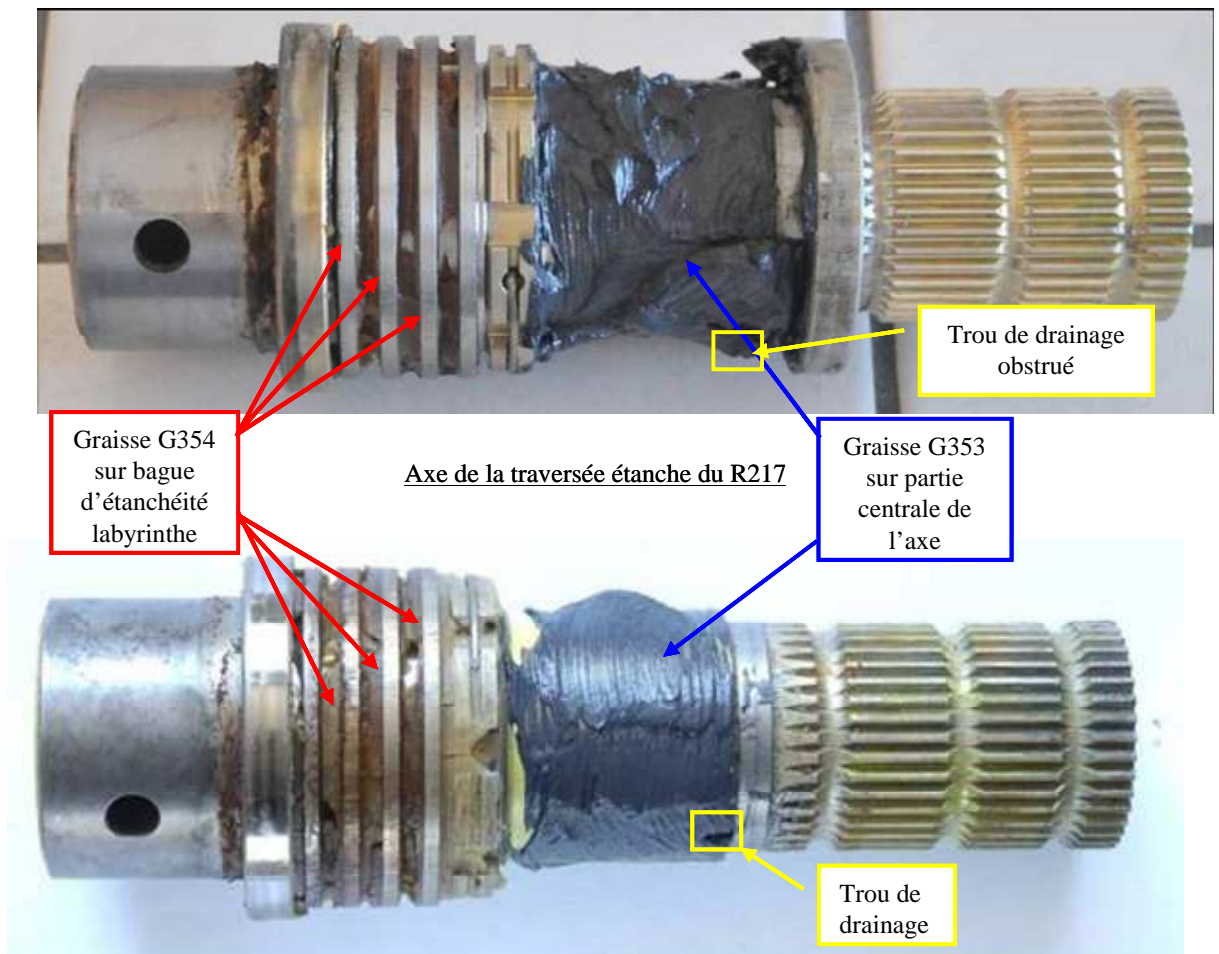
- 2004 : blocage rencontré au sol, la traversée étanche a été identifiée comme étant la cause du fait technique. Un endommagement interne a été constaté (usure bague d'étanchéité par pénétration de poussières).
- 2009 : blocage lors d'un virage après décollage ayant contraint l'équipage à un atterrissage d'urgence. Aucune cause n'a pu être identifiée.

ANNEXE 3

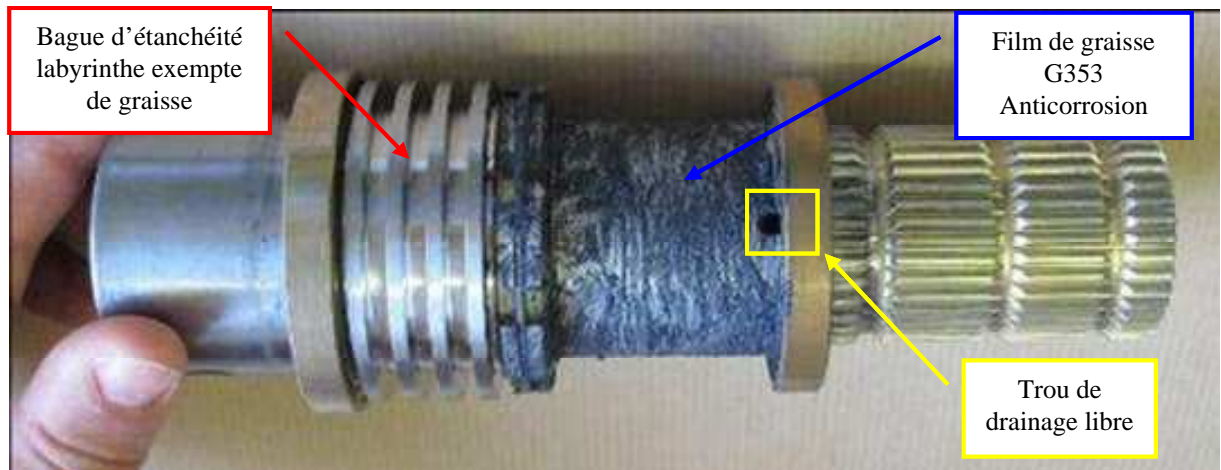
Démontage des traversées étanches provenant des C160 n° R217 et n° R51 et comparaison de l'aspect des zones graissées



Étapes du démontage et extraction de l'axe de la traversée étanche



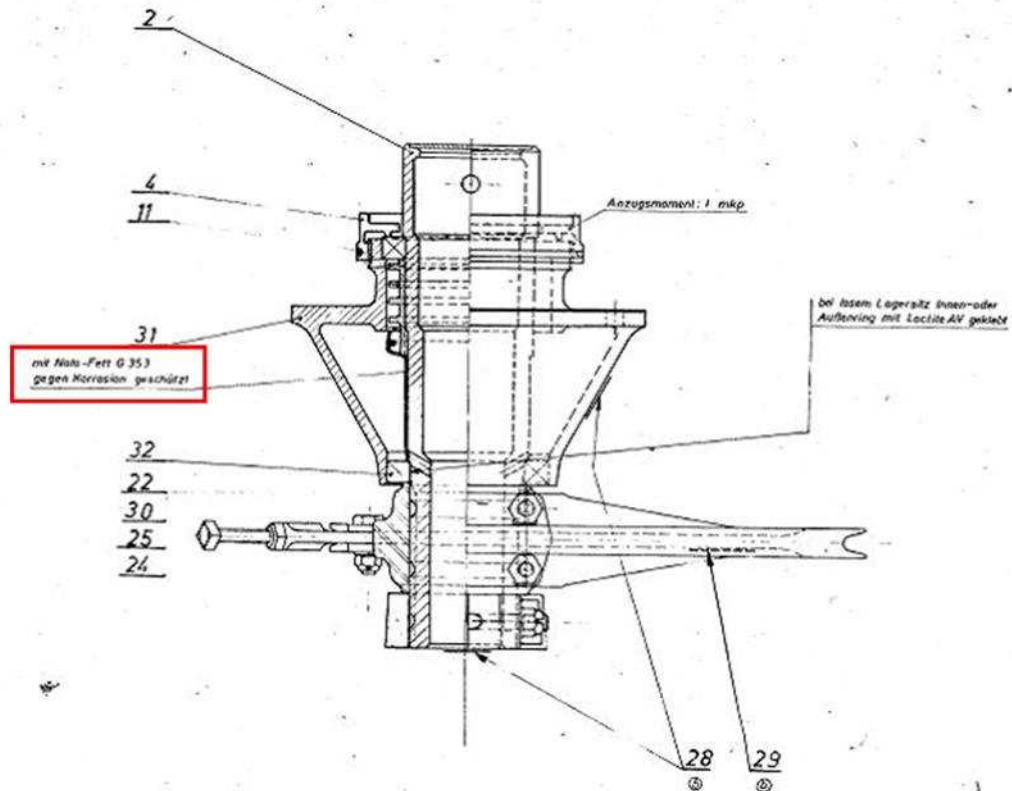
Axe de la traversée étanche du R51



Axe de traversée étanche du R217 reconditionné avant essai selon la définition S499

ANNEXE 4

Plan référence de graissage

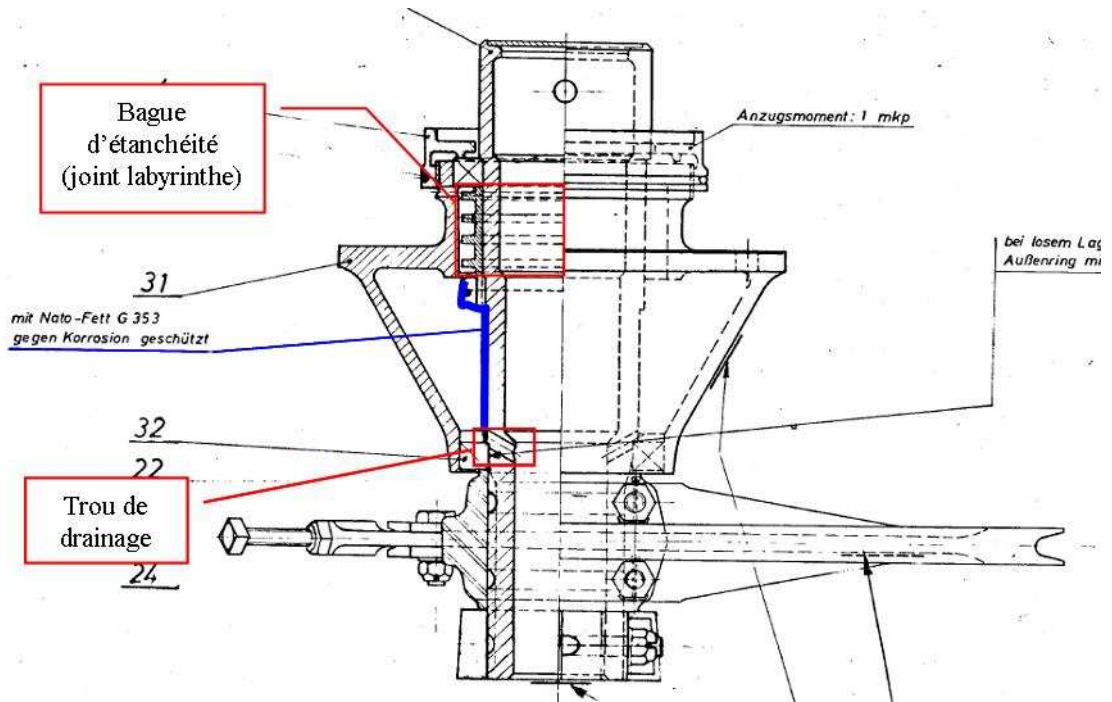


Extrait du plan de référence et indication relative à la partie de la traversée étanche à graisser

L'encadré rouge souligne l'indication en allemand "Mit NATO-Fett G353 gegen Korrosion geschützt" (zone à protéger contre la corrosion avec de la graisse G353). La zone d'application est surlignée d'un trait noir plus épais, sans autre indication.

Sur le détail du plan ci-après sont indiquées la zone d'application de la graisse G353, la position des trous de drainage et du joint labyrinthe à laisser libres de graisse.

Aucune recommandation ou précaution particulière relative aux zones qui doivent rester libres de graisse n'est mentionnée.



Détail de la zone d'application de la graisse G353 (en bleu) et des zones à laisser libre de graisse (en rouge)

ANNEXE 5

Procédure Pannes de commande de vol

	TRANSALL RENOVE LISTE DE VERIFICATIONS EQUIPAGE	16.1
PANNES DE COMMANDES DE VOL		
LORSQU'UNE COMMANDE NE REPOND PLUS		
<p>VERIFIER :</p> <ul style="list-style-type: none"> - QUE LA COMMANDE DE RECHAUFFAGE SERVOCOMMANDE EST SUR MARCHE. - QU'IL NE S'AGIT PAS DE GIVRAGE DE LA SERVOCOMMANDE (EN CAS DE GIVRAGE ESSAYER DE PERDRE DE L'ALTITUDE) - MANOEUVRER LE TRIM CORRESPONDANT POUR SITUER LA PANNE - SI L'ACTION DU TRIM EST POSITIVE, LA PANNE SE SITUE EN AMONT DU P.A. QUI PEUT SERVIR DE SECOURS - SI L'ACTION DU TRIM EST NEGATIVE, LA PANNE SE SITUE EN AVAL DU P.A. QUI N'EST D'AUCUN SECOURS. 		
PANNE DE PROFONDEUR		
PANNE EN AMONT DU P.A.		
<p>L'ATTERRISSAGE SE FERA AU "PITCH" POUR LA PROFONDEUR ET AU GAUCHISSEMENT ET AU PALONNIER POUR LES AUTRES COMMANDES.</p>		
PANNE EN AVAL DU P.A.		
<p>IL N'Y A PAS DE REMEDE POSSIBLE.</p>		
<p>CEPENDANT VERIFIER :</p> <ul style="list-style-type: none"> - QUE LA COMMANDE DE RECHAUFFAGE SERVOCOMMANDE EST SUR MARCHE - QU'IL NE S'AGIT PAS DE GIVRAGE DE LA SERVOCOMMANDE (EN CAS DE GIVRAGE ESSAYER DE PERDRE DE L'ALTITUDE). 		
PANNE DE DIRECTION OU DE GAUCHISSEMENT		
PANNE EN AMONT DU P.A.		
<p>L'ATTERRISSAGE SE FERA AU "TURN KNOB" POUR LE LACET ET LE ROULIS, AU MANCHE POUR LA PROFONDEUR.</p>		
PANNE EN AVAL DU P.A.		
<p>ATTERRISSAGE AVEC LES 2 COMMANDES RESTANTES.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - PROFONDEUR ET GAUCHISSEMENT. OU - PROFONDEUR ET DIRECTION. 		

Extrait du MCD