

Bureau enquêtes accidents Défense

RAPPORT PUBLIC D'ENQUETE TECHNIQUE

BEAD-A-2004-012-A



Date de l'évènement : 6 mai 2004

**Lieu de l'évènement : BA 365 « Le Lamentin »
(Martinique)**

Appareil :

– **Type :** C 160 R Transall

– **Immatriculation :** F-RAZR

Organisme : CFAP

Unité : ETOM 00.058 « Antilles »

AVERTISSEMENT

COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'évènement 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.

UTILISATION DU RAPPORT

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'évènement et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation exclusive 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.

TABLE DES MATIÈRES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	6
<i>Synopsis</i>	8
1. Renseignements de base	10
1.1. Déroulement de la mission	10
1.1.1. Mission	10
1.1.2. Déroulement chronologique de la mission.....	10
1.1.3. Localisation.....	11
1.2. Tués et blessés	11
1.3. Dommages à l'aéronef	12
1.4. Autres dommages	12
1.5. Renseignements sur le personnel	12
1.5.1. Membres d'équipage.....	12
1.5.1.1. Equipage de conduite	12
1.5.1.2. Mécaniciens contrôleurs.....	12
1.5.2. Autre personnel.....	12
1.6. Renseignements sur l'aéronef	13
1.6.1. Maintenance.....	13
1.6.2. Carburant	13
1.7. Conditions météorologiques	15
1.7.1. Observations	15
1.8. Aides à la navigation	16
1.9. Télécommunications	16
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	17
1.11. Enregistreur de bord	17
1.12. Renseignements sur l'aéronef et sur la zone de l'accident	18
1.12.1. Examen de la zone	18
1.12.2. Examen de l'aéronef	19
1.12.2.1. Dégâts visibles sur l'aile gauche	20
1.12.2.2. Dégâts à l'intérieur du réservoir A gauche.....	21
1.12.2.3. Autres dégâts sur l'avion.....	22
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	22
1.14. Incendie	22
1.15. Survie des occupants	23
1.15.1. Abandon de bord.....	23
1.15.2. Organisation des secours	24
1.16. Essais et recherches	26
1.17. Renseignements sur les organismes	26
1.18. Renseignements supplémentaires	27
1.18.1. Constats au poste de pilotage.....	27
1.18.2. Constatation sur le câblage des pompes carburant immergées	27
1.18.2.1. Concernant les câblages à l'intérieur du réservoir A gauche	27
1.18.2.2. Concernant les câblages FILOTEX 2100 des autres réservoirs	28
1.19. Techniques spécifiques d'enquête	28
2. Analyse	29
2.1. Analyse des éléments recueillis par le groupe d'enquête	29
2.1.1. Constats visuels	29
2.1.2. Expertises menées.....	30
2.2. Analyse des causes de l'évènement	30

2.2.1. Cause environnementale	31
2.2.1.1. Inflammabilité d'un réservoir de kérosène JET A1	31
2.2.1.2. Cas du C 160 R 100 :	32
2.2.2. Cause technique	33
2.2.2.1. Types de câbles utilisés	33
2.2.2.2. Etanchéité des gaines isolantes	33
2.2.2.3. Défaut de rigidité diélectrique	35
2.2.2.4. Effet du vieillissement des câbles avionnés	36
2.2.3. Autres causes	38
2.3. Conclusion partielle	38
2.4. Facteurs ayant pu favoriser le choix et le maintien du câble FILOTEX 2000B sur C160 1 ^{ère} série ..	39
2.4.1. Conception des C 160 1 ^{ère} série	39
2.4.1.1. Aspect réglementaire	39
2.4.1.2. Aspect technique	39
2.4.2. Traitement des précurseurs	40
2.4.2.1. 1969 – Essais d'homologation du FILOTEX 2000B	40
2.4.2.2. 1971 – Retrait d'homologation du FILOTEX 2000B	41
2.4.2.3. 1971 – Modification AV 1351 / S 907F	43
2.4.2.4. 1977 – Modification AV 4060 / S 1036	44
2.4.2.5. 1979 – PV de la 16 ^{ème} réunion du CLIT	44
2.4.2.6. 1983 – Projet de modification avorté de la CIT	45
2.4.3. Bilan sur la prise en compte et le traitement des précurseurs	46
2.5. Eléments relevés n'ayant pas trait directement à l'évènement	46
2.5.1. Pratiques de maintenance à l'AIA de Clermont-Ferrand	46
2.5.2. Signaux au sol : instruction des personnels incomplète	47
3. Conclusion	49
3.1. Eléments établis utiles à la compréhension de l'évènement	49
3.1.1. Concernant le C 160 R 100	49
3.1.2. Concernant le câble incriminé FILOTEX 2000B	49
3.1.3. Concernant le câblage FILOTEX 2100	50
3.1.4. Concernant la traçabilité et le suivi de la documentation	50
3.1.5. Concernant l'homologation des câbles électriques	51
3.1.6. Concernant la cohérence des actions technico-logistiques	51
3.2. Causes de l'évènement	51
4. Recommandations de sécurité	53
4.1. Rappels	53
4.1.1. Traçabilité et suivi de la documentation	53
4.1.2. Règles de sécurité pour les équipements de réservoir carburant	53
4.2. Mesures déjà adoptées	54
4.2.1. Mesures concernant le câblage des pompes immergées du C 160	54
4.2.2. Mesures concernant l'utilisation du câble de type FILOTEX 2000B	54
4.3. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement	55
4.3.1. Mesures concernant la maintenance	55
4.3.2. Mesures concernant le traitement des faits techniques	55
4.3.3. Mesures concernant la cohérence des modifications adoptées	55
4.3.4. Mesures concernant les câbles de technologie similaire au FILOTEX 2000B	56
4.4. Mesure de prévention n'ayant pas trait directement à l'évènement	56
Annexes	58
1. Carburéacteur JET A1	59
1.1. Origine du JET A1	59
1.2. Caractéristiques du JET A1	59
1.3. Inflammabilité d'un réservoir de kérosène	61
2. Caractéristiques constructeur du FILOTEX 2000B	63
3. Caractéristiques constructeur du FILOTEX 2100	65
4. Le cycle de GV C 160	66

4.1. Les différentes GV	66
4.2. Evolution du cycle des GV C 160	67
4.3. Effets de l'évolution du cycle des GV sur le vieillissement des matériels avionnés	67
4.3.1. Cas général de tous les matériels devant être remplacés en GV	67
4.3.2. Cas particulier du C 160 R 100 : âge du câble incriminé	69
5. Essais d'homologation du FILOTEX 2000B 1969	70
6. Lettre de retrait d'homologation du FILOTEX 2000B de 1971	71
6.1. Fac similé	71
6.2. Transcription	72
7. Modification AV 1351 / S 907 F de 1971	73
8. modification AV 4060 / S 1036 de 1977	76
8.1. Fiche d'état de modification du maître d'œuvre (aérospatiale)	76
9. PV de la 16^{ème} réunion du CLIT 1979	77
10. Projet de modification avorté de la CIT 1983	81
11. Signaux conventionnels au sol	82
12. Rapport d'expertise du CEAT	83

GLOSSAIRE

AIA	Atelier industriel de l'aéronautique
BEA défense	Bureau enquêtes accidents défense
CDB	Commandant de bord
CEAT	Centre d'essais aéronautique de Toulouse
CEPr	Centre d'essais des propulseurs
CIT	Cellule industrielle Transall
CLIT	Comité de liaison et d'information Transall
CVR	<i>Cockpit voice recorder</i> Enregistreur de voix
ETOM	Escadron de transport outre-mer
FAA	<i>Federal aviation administration</i> Autorité fédérale responsable de l'aviation civile (Etats-Unis)
FEW	Quelques nuages – nébulosité : 1 à 2 octats
ft	<i>Feet</i> pieds : 1 ft = 0,30 mètre
GTP	Groupe turbo propulseur
GV	Grande visite
hPa	Hectopascal
kt	<i>Knots</i> nœuds : 1 kt = 1,852 km/h
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OTAN	Organisation du traité de l'atlantique nord

PTFE	Polytétrafluoréthylène
QNH	Pression atmosphérique ramenée par calcul au niveau de la mer dans les conditions de l'atmosphère standard
SCT	<i>Scattered</i> nuages épars
SPAé	Service des programmes aéronautiques
STANAG	<i>Standardization agreement</i> accord de standardisation OTAN

SYNOPSIS

- Date de l'évènement : 6 mai 2004 à 13h58¹.
- Lieu de l'évènement : BA 365 « Le Lamentin » – Parking ETOM² - Fort de France (Martinique).
- Armée : armée de l'air.
- Commandement organique : force aérienne de projection (FAP).
- Unité : ETOM 00.058 « Antilles ».
- Aéronef : C 160 R Transall.
- Nature du vol : vol de contrôle.
- Nombre de personnes à bord : huit.

Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Le 6 mai 2004, en début d'après midi, un équipage de huit personnes, trois personnels de conduite et cinq mécaniciens contrôleurs, prend place à bord du C 160 R 100 pour un vol de contrôle.

Au début du roulage, un réservoir de carburant de l'aile gauche explose. Le carburant enflammé s'écoule rapidement de l'aile endommagée.

L'équipage stoppe le roulage et procède à une évacuation d'urgence au sol.

Les pompiers civils de l'aérodrome du Lamentin interviennent et maîtrisent l'incendie en trois minutes.

Le personnel est indemne, le Transall est endommagé.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures locales de la Martinique en vigueur le jour de l'évènement. Il convient d'y rajouter quatre heures pour obtenir l'heure en temps universel coordonné (UTC) ou six heures pour obtenir l'heure locale française.

² ETOM : escadron de transport outre-mer.

Composition du groupe d'enquête technique

- Un officier enquêteur du bureau enquêtes accidents défense (BEA défense), enquêteur désigné et responsable du groupe d'enquête,
- un personnel du BEA défense, adjoint à l'enquêteur désigné,
- un enquêteur de première information (EPI),
- un officier mécanicien ayant une expertise sur le C 160,
- autres experts consultés :
 - ⇒ deux personnels du CEAT³.

Enquête judiciaire

La Parquet de Fort de France s'est saisi de l'affaire.

³ CEAT : centre d'essais aéronautique de Toulouse.

1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1. DÉROULEMENT DE LA MISSION

1.1.1. Mission

Le Transall est programmé pour un vol de contrôle à la suite d'un échange standard du GTP⁴ 2.

1.1.2. Déroulement chronologique de la mission

Les précisions horaires sont obtenues par l'exploitation des enregistrements radios avec la tour de contrôle, et celle du CVR⁵ de l'avion.

Conformément à la procédure, l'équipage effectue les vérifications intérieures et extérieures avant vol⁶ et ne décelle aucune anomalie. La mise en route est effectuée sur les réservoirs B (les quatre pompes des réservoirs B sur « marche » et les quatre pompes des réservoirs A sur « arrêt ») conformément à la procédure.

Après la mise en route, le mécanicien navigant place les quatre interrupteurs des pompes des réservoirs A sur « marche ».

Le roulage est autorisé par la tour de contrôle ; le mécanicien place le frein de parc sur « desserré ». Il est 13h58.

Les tests freins sont alors effectués : test des freins place pilote gauche, puis place pilote droite, et enfin test frein secours. Ces tests sont terminés dix secondes après le lâcher du frein de parc.

Six secondes plus tard, l'équipage perçoit un bruit et ressent un choc sans pouvoir en déceler l'origine. Le commandant de bord (CDB), aux commandes place gauche, arrête aussitôt l'aéronef.

⁴ GTP : groupe turbo-propulseur.

⁵ CVR : *cockpit voice recorder* (enregistreur de voix).

⁶ Ces vérifications comprennent un test de toutes les pompes carburant immergées.

Le « pistard » est témoin de l'accident. Il visualise l'explosion du réservoir A gauche et l'incendie qui en résulte. Il accourt près du *cockpit* côté droit et fait un signe réglementaire à l'équipage pour lui signifier la présence d'un incendie. Aucun des membres de l'équipage ne sait interpréter ce signe.

Treize secondes après l'explosion, le CDB, devant l'agitation des personnels sur le parking, ordonne la coupure des moteurs.

Dix huit secondes après l'explosion, le CDB se penche sur sa gauche et visualise l'incendie.

Vingt quatre secondes après l'explosion, le CDB donne l'ordre d'évacuer.

La coupure par la barrette *crash* est effective trente deux secondes après l'explosion.

L'équipage évacue l'appareil par la porte équipage. Le vent rejette les flammes vers l'arrière de l'avion, préservant l'accessibilité de cette porte.

Les pompiers arrivent trois minutes après le déclenchement de l'alerte. Ils maîtrisent l'incendie sans difficulté.

1.1.3. Localisation

L'accident survient au roulage, juste après le lâcher des freins sur le parking de l'ETOM 00.058.

1.2. TUÉS ET BLESSÉS

Blessures	Membres d'équipage	Autres personnes
Mortelles	/	/
Graves	/	/
Légères	/	/
Aucune	X	X

1.3. DOMMAGES À L'AÉRONEF

Aéronef	Disparu	Détruit	Endommagé	Intègre
	/	/	X	/

Compte tenu des coûts d'une éventuelle réparation, l'armée de l'air a choisi la réforme de l'appareil.

1.4. AUTRES DOMMAGES

Néant.

1.5. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL

1.5.1. Membres d'équipage

1.5.1.1. Equipage de conduite

L'équipage de conduite est constitué de personnels expérimentés.

	Pilote CDB (place gauche)	Mécanicien d'équipage	Pilote (place droite)
Heures de vol sur C 160	4306 heures	3487 heures	2564 heures

1.5.1.2. Mécaniciens contrôleurs

Les cinq mécaniciens sol à bord de l'aéronef sont également expérimentés sur C 160. Ils ont été choisis pour leur expertise, chacun dans leur domaine, afin de participer à ce vol de contrôle.

1.5.2. Autre personnel

La mise en route et le départ de l'avion sont suivis par un mécanicien de piste qui cumule plus de deux ans de pratique de ce travail.

1.6. RENSEIGNEMENTS SUR L'AÉRONEF

	Type - série - Numéro	Livré à l'armée de l'air	Heures de vol totales	Type et date de la dernière GV ⁷	Heures de vol depuis la dernière GV
Cellule	C 160 1 ^{ère} série R 100	14 décembre 1970	18530h55	7 ^{ème} GV – BLOC « C » 30 septembre 1999	2410h45

Nota : l'avion devait rentrer en GV « BLOC D » en septembre 2004.

1.6.1. Maintenance

L'examen de la documentation technique témoigne d'un entretien conforme aux programmes de maintenance en vigueur.

La dernière visite programmée, réalisée en avril 2004, est une visite secondaire (VS), l'avion totalisant 18530 heures 55 minutes de vol. Au cours de cette visite, une déféctuosité du GTP 2 est constatée, nécessitant son échange standard. Pour cette intervention, deux moteurs⁸ seront successivement montés et plusieurs points fixes réalisés, immobilisant l'avion jusqu'au 6 mai. L'avion aura été immobilisé 36 jours.

Les points fixes de réglage et de bon fonctionnement sont effectués sur les réservoirs carburant B : les quatre pompes immergées des réservoirs B sur « marche », les quatre des réservoirs A sur « arrêt ».

1.6.2. Carburant

Les réservoirs sont des réservoirs structuraux d'aile.

Ils sont situés à l'intérieur des ailes extrêmes.

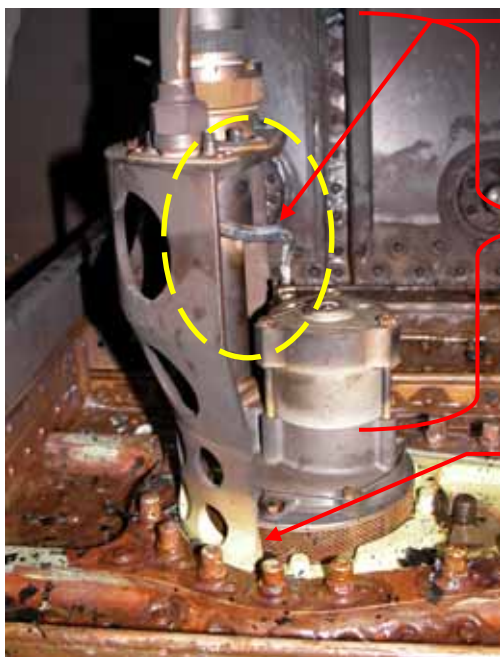
Chaque aile extrême renferme deux réservoirs : réservoir A et réservoir B.

Chaque réservoir est équipé de deux pompes carburant immergées, une à l'avant du réservoir et une à l'arrière.

⁷ GV : grande visite - Voir annexe 4, *Le cycle de GV C 160*.

⁸ Le premier moteur, en stock à l'unité s'avèrera lui aussi défectueux et il faudra en faire venir un de métropole pour remettre l'avion en ligne de vol après un dernier point fixe réalisé le 4 mai à 08h30 locale.

- Type de carburant utilisé : F35.
- Quantité de carburant avant mise en route : six tonnes réparties comme suit :
 - ⇒ réservoirs B : deux tonnes,
 - ⇒ réservoirs A : une tonne (les réservoirs A ont une contenance de 4,295 tonnes).
- Avec une tonne de carburant, les réservoirs A sont aux $\frac{3}{4}$ vides. Les pompes carburant sont en grande partie émergées. La hauteur de carburant depuis le fond du réservoir est de l'ordre de 15 cm.

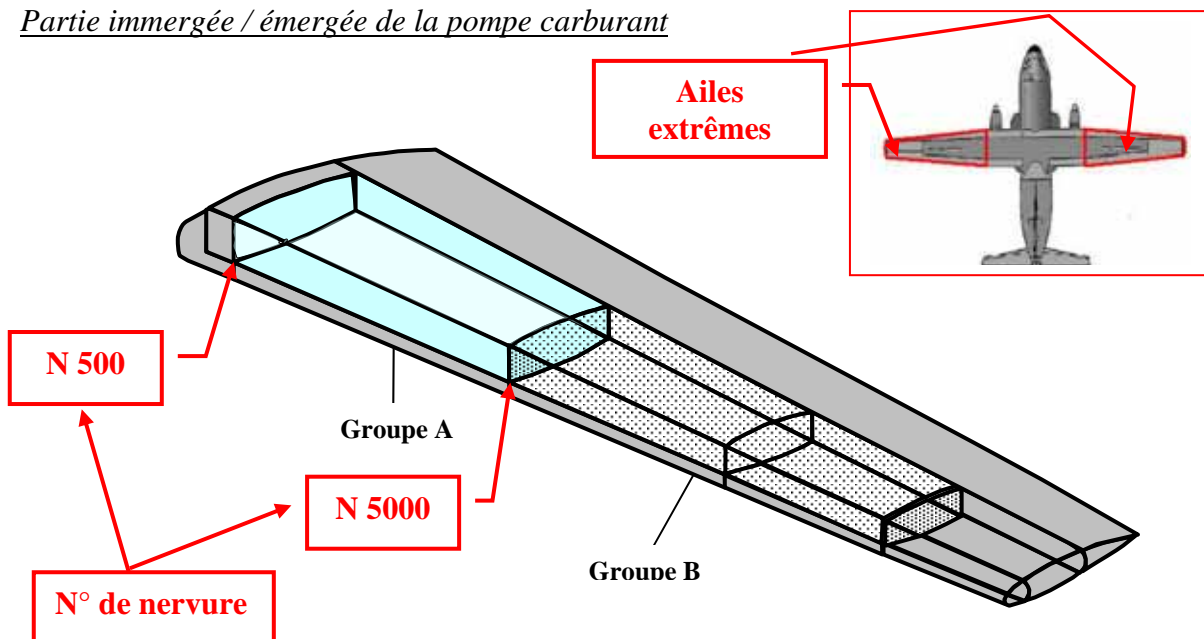


Câblage d'alimentation électrique de la pompe

Partie émergée de la pompe

Absence de noircissement : zone immergée dans le carburant.

Partie immergée / émergée de la pompe carburant



Ailes extrêmes

N 500

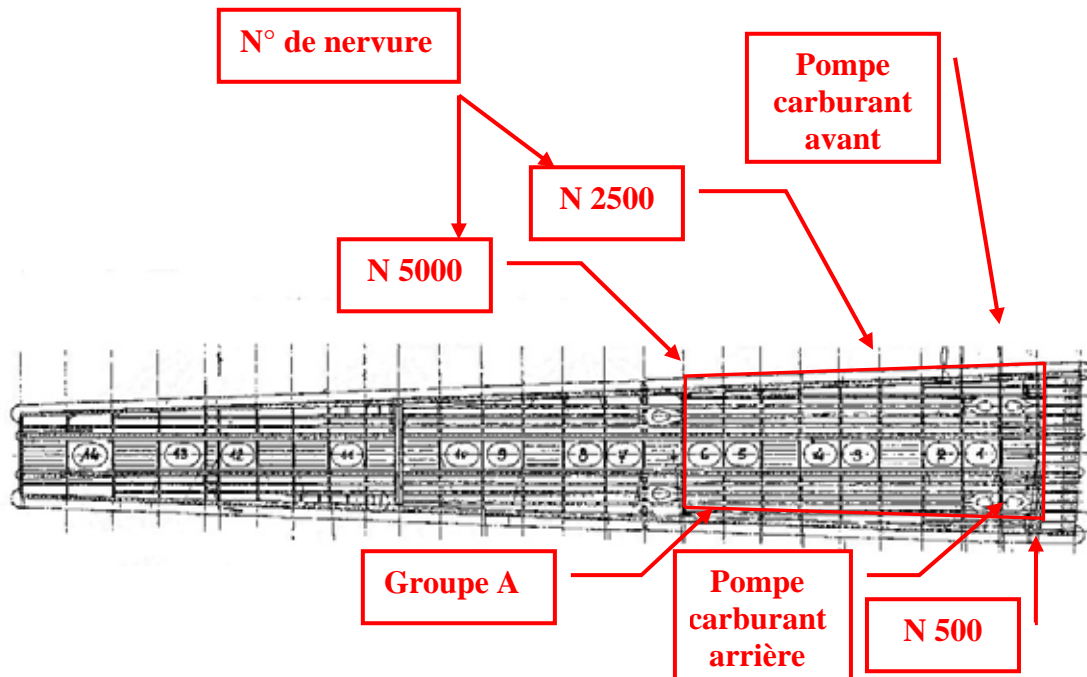
Groupe A

N 5000

Groupe B

N° de nervure

Emplacement du réservoir A sur l'aile extrême gauche



Emplacement des pompes carburant du réservoir A

1.7. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

1.7.1. Observations

Source : Météo France / Aéroport du Lamentin / dossier météo du vol.

METAR⁹ : de 12h00 :

- vent : 100° / 14 kt¹⁰ variable entre le 060° et le 130°,
- visibilité : supérieure à 10 km,
- QNH¹¹ : 1015 hPa¹²,
- température : 30° C, point de rosée : 24° C,
- nébulosité : FEW¹³ à 2000 ft¹⁴, SCT¹⁵ à 2300 ft avec TCU¹⁶.

⁹ METAR : message d'observation météorologique régulière pour l'aviation.

¹⁰ kt : *knot* (nœuds – 1 kt = 1.852 km/h).

¹¹ QNH : pression atmosphérique ramenée par calcul au niveau de la mer dans les conditions de l'atmosphère standard.

¹² hPa : hectoPascal.

¹³ FEW : quelques nuages – nébulosité : 1 à 2 octats.

¹⁴ ft : *feet* (pied – 1 ft = 0.30 mètre).

¹⁵ SCT : *scattered* (nuages épars).

¹⁶ TCU : *tower cumulus* (congestus cumulus).

Dernière météo donnée par la tour de contrôle et notée par l'équipage :

- vent : 080° / 13 kt,
- visibilité : supérieure à 10 km,
- nébulosité : FEW à 2300 ft, SCT à 2800 ft,
- température : 30°C
- QNH : 1015 hPa.

1.8. AIDES À LA NAVIGATION

Sans objet.

1.9. TÉLÉCOMMUNICATIONS

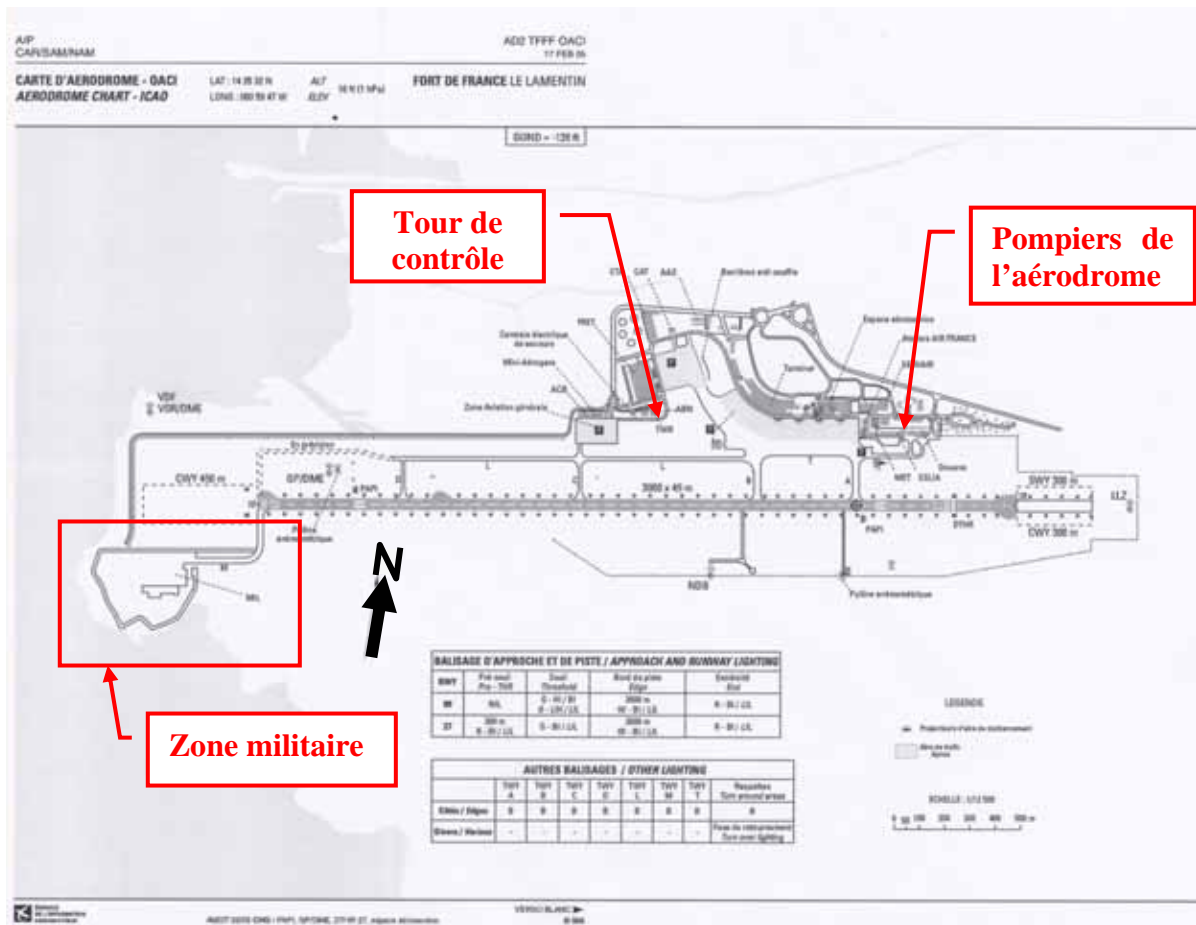
La mise en route est effectuée en contact et sous autorisation de la tour de contrôle.

Le roulage est demandé et accordé.

La tour de contrôle, constatant le début de l'incendie, actionne immédiatement les pompiers de l'aérodrome.

Elle n'informe pas l'équipage.

1.10. RENSEIGNEMENTS SUR L'AÉRODROME



1.11. ENREGISTREUR DE BORD

- Enregistreur « d'accident » (FDR¹⁷) :

il se met en fonctionnement lorsque l'appareil atteint la vitesse de 40 kt.

L'accident se produit en tout début de roulage, à vitesse inférieure à 40 kt.

L'enquête ne bénéficie donc d'aucun enregistrement.

- Enregistreur « de voix » (CVR¹⁸) :

il enregistre quatre pistes :

- ⇒ téléphone de bord pilote place gauche,
- ⇒ téléphone de bord pilote place droite,
- ⇒ téléphone de bord mécanicien conduite,

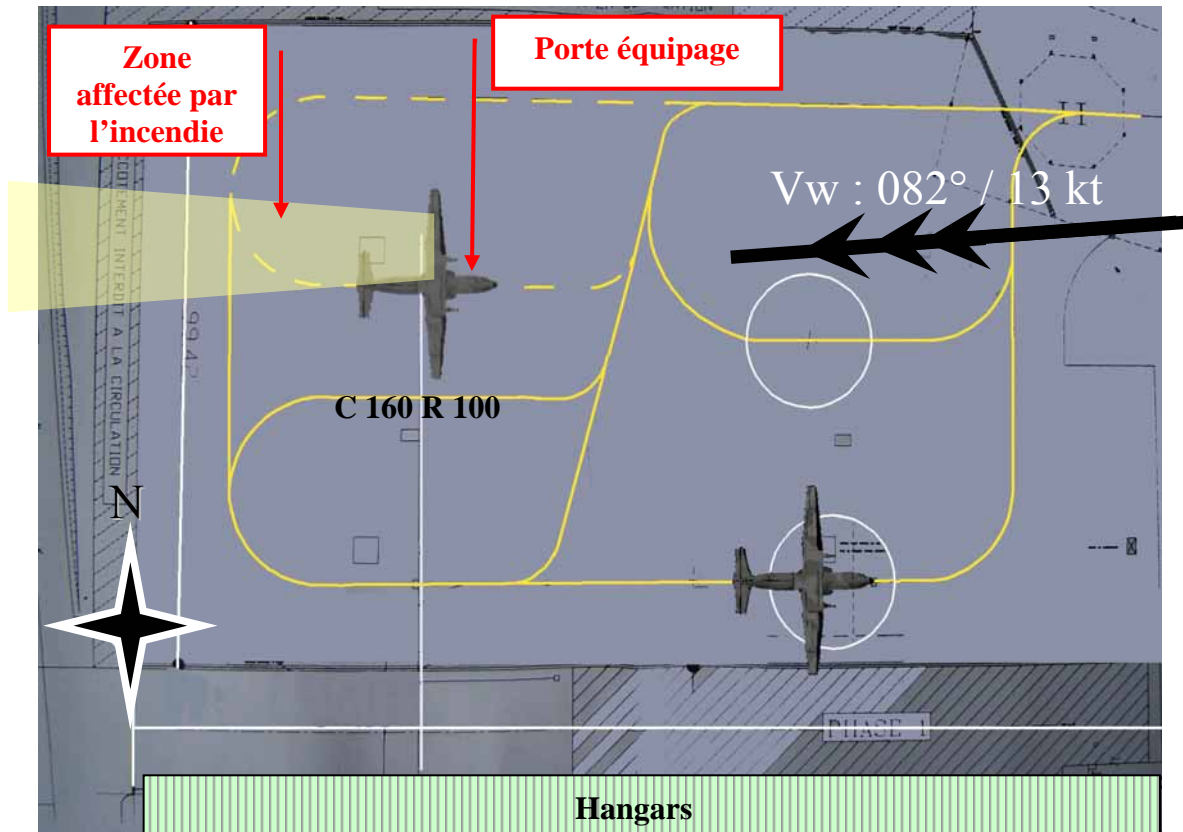
¹⁷ FDR : *flight data recorder* (enregistreur de paramètres d'accidents).

¹⁸ CVR : *cockpit voice recorder* (enregistreur de voix).

⇒ micro d'ambiance *cockpit*.

1.12. RENSEIGNEMENTS SUR L'AÉRONEF ET SUR LA ZONE DE L'ACCIDENT

1.12.1. Examen de la zone



Position des avions sur le parking militaire

L'accident se produit sur le parking de l'ETOM, quelques mètres seulement après le début du roulage. Un autre Transall est stationné sur cette même aire.

Les avions étaient stationnés face au vent. Le souffle des hélices, puis le vent, ont permis :

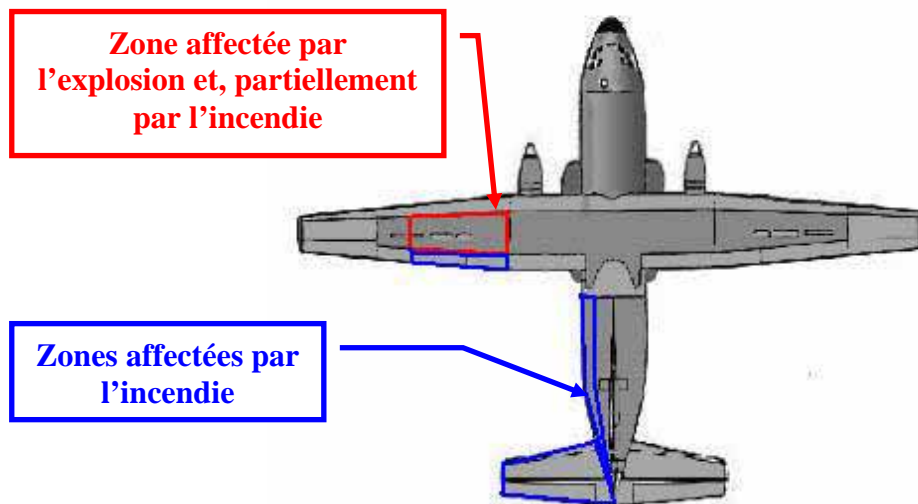
- de laisser accessible la porte équipage,
- de limiter les dégâts de l'incendie en rejetant ses effets sur une partie dégagée de l'aire de parking.



*Le vent pousse les flammes vers l'arrière de l'avion
(l'équipage a déjà évacué l'appareil)*

1.12.2. Examen de l'aéronef

L'examen visuel des dégâts montre qu'il y a eu explosion du réservoir A de l'aile gauche, puis inflammation du carburant qui s'est écoulé sur le parking.



Répartition des dégâts

1.12.2.1. Dégâts visibles sur l'aile gauche

Seul le réservoir A gauche est endommagé par l'explosion.

Le revêtement du réservoir a été arraché vers l'extérieur sur l'extrados.



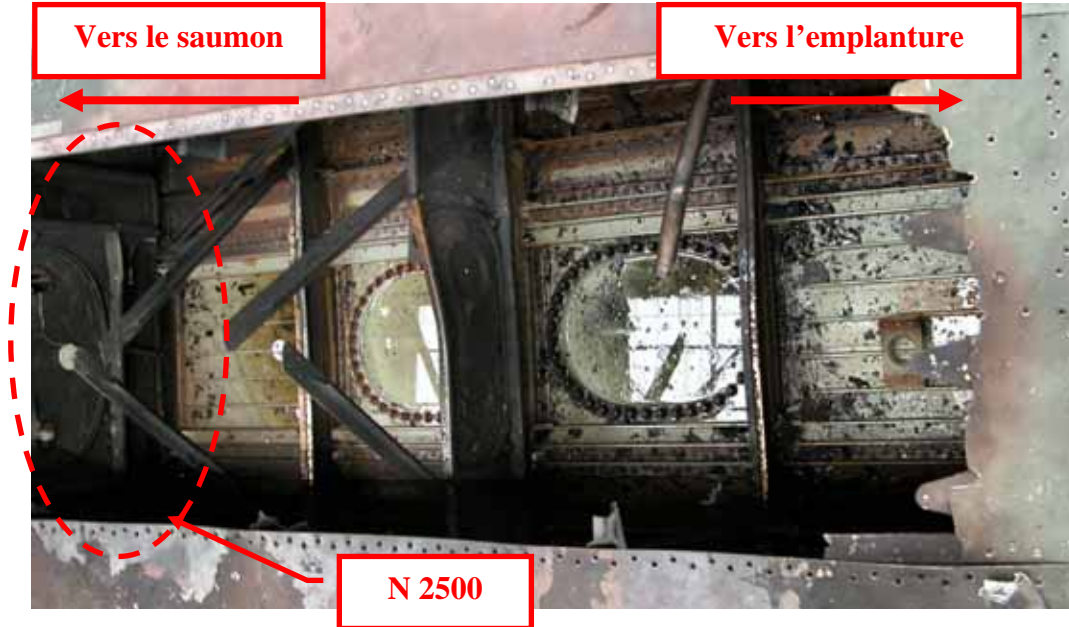
Extrados de l'aile gauche
Les dégâts sont circonscrits au réservoir A



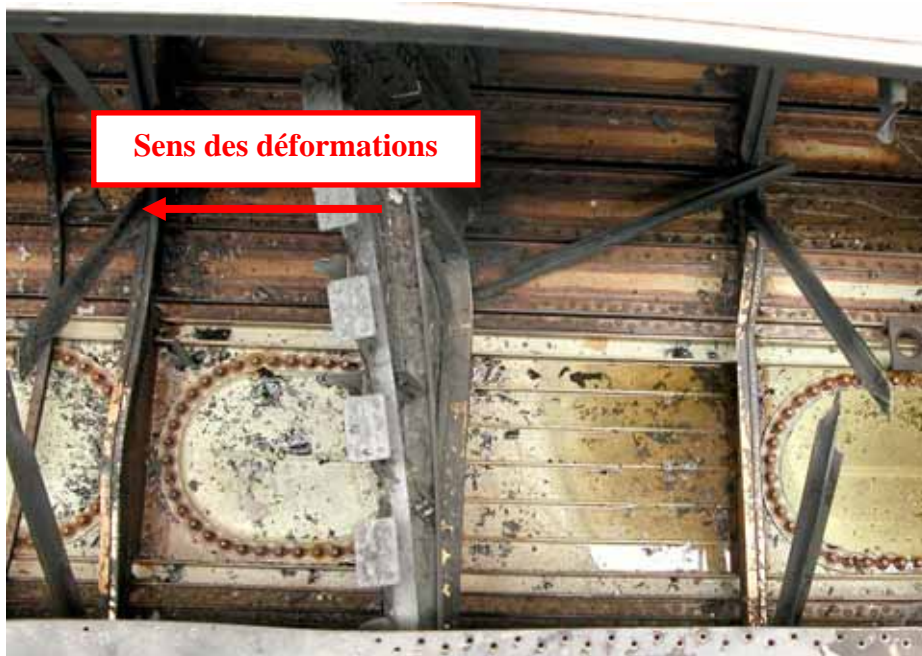
Vue de l'intrados
Le réservoir est perforé et brûlé

1.12.2.2. Dégâts à l'intérieur du réservoir A gauche

L'intérieur du réservoir est soufflé par l'explosion. Les déformations vont de l'emplanture vers le saumon.

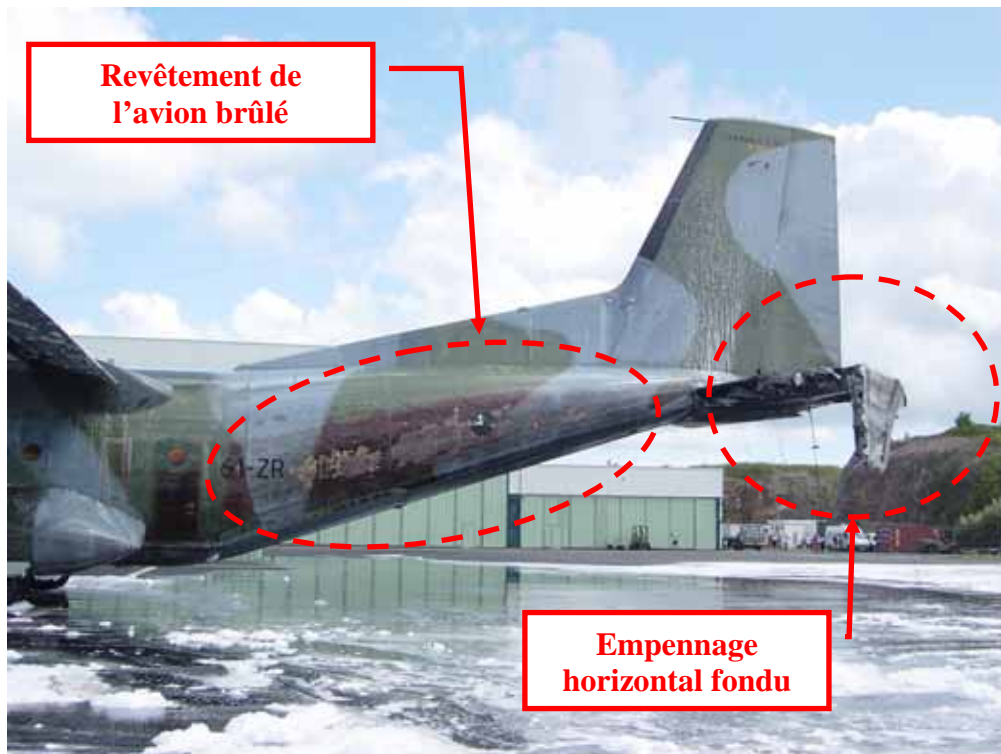


Vue de dessus



Détail de la nervure anti-clapotis (N 2500)

1.12.2.3. Autres dégâts sur l'avion



Flanc arrière gauche et empennage

1.13. RENSEIGNEMENTS MÉDICAUX ET PATHOLOGIQUES

Sans objet.

1.14. INCENDIE

L'explosion embrase le carburant présent dans le réservoir et provoque la fissuration du longeron arrière. Le carburant enflammé s'écoule par ces fissures sur le parking.

Le souffle des moteurs, puis le vent, quasiment face à l'avion, rejettent les flammes et la chaleur de l'incendie vers la partie arrière de l'appareil.



Vue de l'incendie – photo prise après évacuation de l'équipage (moteurs coupés)

L'incendie est une conséquence de l'accident.

1.15. SURVIE DES OCCUPANTS

1.15.1. Abandon de bord

➤ Evacuation au sol :

⇒ l'évacuation de l'appareil est effectuée par la porte équipage dans l'ordre suivant :

- les cinq mécaniciens contrôleurs,
- le pilote place droite,
- le mécanicien,
- le pilote place gauche (CDB).

- La décision d'évacuation a été retardée par une prise de conscience tardive de la situation par l'équipage, due aux facteurs suivants :
 - ⇒ l'incendie est situé derrière l'aile gauche de l'avion, hors du champ visuel direct de l'équipage. Le pilote place gauche devra se retourner pour le visualiser,
 - ⇒ aucun instrument en cabine ne rend compte de la situation,
 - ⇒ la tour de contrôle qui visualise immédiatement la situation ne communique pas avec l'équipage,
 - ⇒ Le signe « FEU » effectué par le « pistard » à destination de l'équipage n'est pas compris par l'équipage.

1.15.2. Organisation des secours

Les éléments exposés proviennent du témoignage du chef d'équipe qui a dirigé la manœuvre des secours.

- Délais d'intervention :

il s'est passé moins de trois minutes entre le déclenchement de la sirène d'alerte et l'arrivée de l'équipe sur les lieux¹⁹.
- Manœuvres exécutées :
 - ⇒ secours aux victimes :

le chef d'équipe est immédiatement informé par l'équipage qu'ils sont tous sortis indemnes de l'appareil,
 - ⇒ extinction du brasier :

un véhicule projette de la mousse sur l'ensemble du C 160 pour le refroidir, tandis qu'un deuxième véhicule attaque directement l'incendie.

L'extinction de l'incendie est assurée en moins de trois minutes,

¹⁹ Les horaires fournis par l'équipe d'intervention laissent supposer que la sirène d'alerte a été actionnée par la tour de contrôle quasiment à l'instant du déclenchement de l'incendie.



Arrivée des véhicules, début d'intervention



Deux véhicules en action, incendie rapidement maîtrisé

⇒ intervention à l'intérieur de l'appareil :

la cabine de pilotage étant enfumée, une équipe est intervenue pour refroidir l'intérieur à l'aide d'un extincteur CO².



Une équipe monte à bord pour refroidir l'intérieur au CO²

➤ Rôle de l'entraînement régulier :

l'équipe de pompiers déclare n'avoir rencontré aucune difficulté pour maîtriser le sinistre. Ces pompiers civils considèrent que la parfaite connaissance des lieux et de l'appareil, obtenue grâce à la pratique régulière d'exercices avec les militaires, a été un atout majeur pour cette intervention.

1.16. ESSAIS ET RECHERCHES

Le CEAT, sollicité dès le départ de l'enquête, a dépêché deux experts sur site. Il leur a été demandé de :

- localiser la zone du réservoir où s'est produit le départ de l'explosion,
- expertiser les pièces prélevées.

Les prélèvements carburant ont été analysés par le CEPr²⁰.

1.17. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES

Sans objet.

²⁰ CEPr : centre d'essais des propulseurs.

1.18. RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES

1.18.1. Constats au poste de pilotage

- Tous les robinets carburant sont sur la position « fermé ».
- La barrette de *crash* est abaissée.
- Les interrupteurs des huit pompes carburant sont sur « marche ».
- Le disjoncteur de la pompe arrière du réservoir A gauche est déclenché²¹ (les autres enclenchés).



Position des disjoncteurs des huit pompes carburant

1.18.2. Constatation sur le câblage des pompes carburant immergées

Sur les huit pompes équipant les quatre réservoirs, sept sont câblées en FILOTEX 2100 et une, la pompe avant du réservoir A gauche (celui qui a subi l'explosion) en FILOTEX 2000B.

1.18.2.1. Concernant les câblages à l'intérieur du réservoir A gauche

La gaine des câbles (FILOTEX 2000B) équipant la pompe avant n'a pas subi d'exposition directe aux flammes et semble intacte.

Les câbles (FILOTEX 2100) équipant la pompe arrière, exposés directement au feu, ont fondu.

1.18.2.2. Concernant les câblages FILOTEX 2100 des autres réservoirs

Les six autres câblages (FILOTEX 2100) équipant les réservoirs intacts présentent des marquages ou usures plus ou moins prononcés²².

1.19. TECHNIQUES SPÉCIFIQUES D'ENQUÊTE

Néant.

²¹ L'analyse de l'accident démontrera que cela constitue une conséquence de l'accident et non une cause.

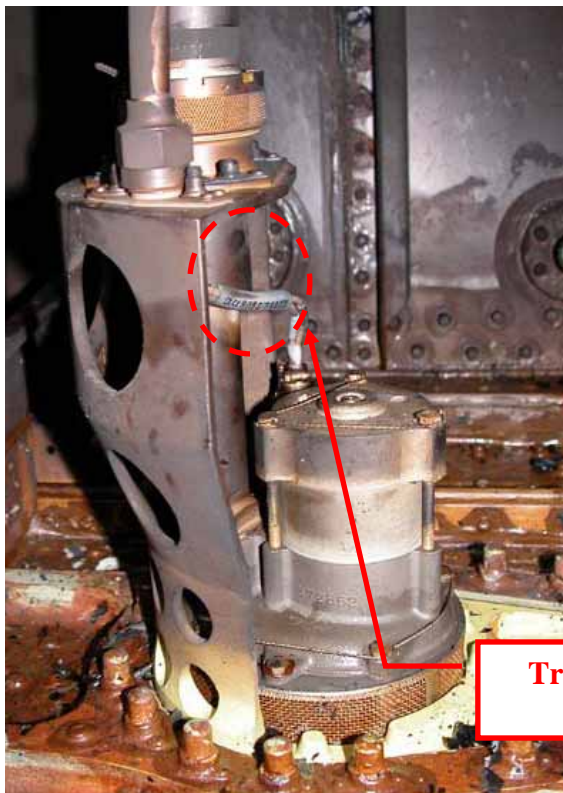
²² Des problèmes similaires ont été mis en évidence sur de nombreux câblages (FILOTEX 2100) après vérifications sur l'ensemble de la flotte C 160.

2. ANALYSE

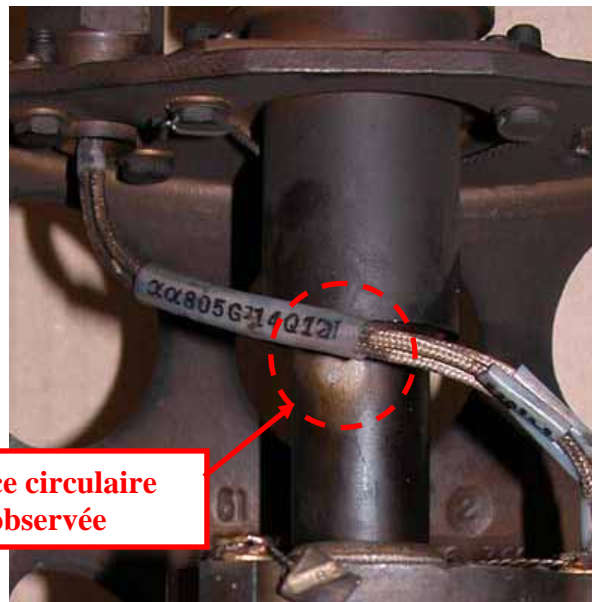
2.1. ANALYSE DES ÉLÉMENTS RECUEILLIS PAR LE GROUPE D'ENQUÊTE

2.1.1. Constats visuels

- Aucun projectile n'a pénétré le réservoir. L'origine de l'amorçage de la réaction explosive est interne au réservoir.
- Le sens des déformations désigne la zone de la pompe avant comme départ de l'explosion.
- Une trace s'apparentant à une trace d'arc électrique est constatée sur la pipe de refoulement de la pompe avant en regard du câble d'alimentation électrique. Cette trace est située sur une partie de la pompe restée émergée par le plein à une tonne.



Observation de la pompe encore montée dans le réservoir



Détail, pompe démontée

2.1.2. Expertises menées

Le réservoir « A » du C 160 est un réservoir structurel d'aile ne contenant que les éléments et circuits suivants :

- deux pompes carburant (une pompe avant et une pompe arrière),
- les circuits électriques d'alimentation de ces deux pompes, protégés chacun par un disjoncteur,
- quatre jauges capacitatives de carburant,
- le circuit d'alimentation électrique de ces jauges,
- trois thermistances (les circuits électriques alimentant ces thermistances ne sont pas situés dans le réservoir).

Tous ces éléments ont été prélevés, étudiés et expertisés. L'intégralité du rapport d'expertise est disponible en annexe 12, *Rapport d'expertise du CEAT*, page 83.

Le résultat de ces expertises permet de mettre hors de cause chacun de ces éléments, à l'exception du câble d'alimentation électrique de la pompe avant. Pour ce dernier, l'expertise réalisée confirme qu'un arc électrique s'est produit entre le câble et la pipe de refoulement du carburant de la pompe.

Un arc électrique s'est produit entre le câble d'alimentation électrique de la pompe carburant avant du réservoir et la pipe de refoulement de cette même pompe.

2.2. ANALYSE DES CAUSES DE L'ÉVÈNEMENT

Rappels sur l'inflammabilité et l'explosibilité des réservoirs carburant :

➤ **Inflammation - explosion**

L'explosion, comme l'inflammation, correspond à une transformation chimique exothermique d'une matière en une autre matière ayant un volume plus grand, généralement sous forme de gaz. Cette transformation chimique est appelée la combustion.

La vitesse de déplacement du front de flamme constitue le critère principal de classification entre :

- ⇒ inflammation : faible vitesse de déplacement du front de flamme,
- ⇒ explosion : vitesse de déplacement du front de flamme très élevée :
 - déflagration : vitesse subsonique,
 - détonation : vitesse supersonique.

Les dégâts observés et les témoignages recueillis permettent de déduire que le réservoir du C 160 R 100 a subi une déflagration.

La combustion ne peut se produire que si les trois conditions suivantes sont réunies (triangle du feu) :

- **présence d'un combustible dans des proportions adéquates,**
- **présence d'un comburant dans des proportions adéquates,**
- **présence d'une source d'énergie apte à initier et à entretenir la réaction.**

2.2.1. Cause environnementale

2.2.1.1. Inflammabilité d'un réservoir de kérosène JET A1

A l'heure actuelle, il n'existe pas de moyen de prédiction d'inflammabilité des gaz présents dans les réservoirs. L'inflammabilité de ces gaz est un phénomène complexe faisant intervenir de nombreux paramètres.

Une approche simplifiée de la problématique²³ consiste à considérer que le kérosène est inflammable, dès lors qu'il a atteint sa température « point éclair ».

La température point éclair du JET A1 est de 38° C. Cette valeur élevée fait du JET A1 un carburacteur difficilement inflammable en extérieur dans les conditions atmosphériques des zones climatiques tempérées.

Au sol, la température régnant à l'intérieur des réservoirs carburant dépend de nombreux paramètres dont :

- la température de la masse d'air (température sous abri donnée par les services de la météorologie),

²³ Voir annexe 1, *Carburacteur JET A1*.

- les effets de l'ensoleillement (particulièrement significatifs pour les réservoirs structuraux d'aile où la surface soumise aux rayonnements est importante et où la transmission de chaleur est facilitée par la conductivité du métal),
- la présence éventuelle de systèmes exothermiques adjacents au réservoir.

En tout état de cause, obtenir à l'intérieur d'un réservoir une température supérieure à 38° C reste une situation peu courante (sous fort ensoleillement, en été en France).

Malgré son point éclair élevé, le kérosène confiné dans les réservoirs carburant des avions est susceptible de générer des vapeurs inflammables, même en zone climatique tempérée.

2.2.1.2. Cas du C 160 R 100 :

Des prélèvements de carburant ont été effectués par la gendarmerie locale, et analysés au CEPr de Saclay. Les analyses n'ont révélé aucune anomalie, le carburant est conforme aux spécificités du JET A1.

Au moment de l'explosion du réservoir, la température de la masse d'air extérieure était de 30° C, soit de 8° C en dessous de la valeur du point éclair.

Cependant, le Transall était resté stationné toute la journée en extérieur sur le parking de l'ETOM et soumis au fort ensoleillement de ce 6 mai.

La longue exposition du Transall au soleil a permis de porter la température à l'intérieur du réservoir au-delà de la valeur du point éclair, rendant le mélange air –vapeur de carburant explosible.

L'environnement concourt de manière CERTAINE aux causes de l'évènement.

2.2.2. Cause technique

L'analyse de la situation environnementale explique que les vapeurs dans le réservoir étaient explosibles.

L'arc électrique a ainsi suffi à amorcer la déflagration.

Cette partie analyse les causes de la création de cet arc électrique.

2.2.2.1. Types de câbles utilisés

Sur les huit pompes carburant immergées équipant le C 160 R 100, sept étaient pourvues d'un câblage de type FILOTEX 2100, une seule d'un câblage FILOTEX 2000B.

➤ **L'arc électrique se produit sur l'unique pompe câblée en FILOTEX 2000B.**

2.2.2.2. Etanchéité des gaines isolantes

Les caractéristiques des deux types de câbles sont disponibles dans les notices respectives du constructeur²⁴.

Ces notices précisent leur *constitution générale* (âme et gaine isolante), ainsi que leurs *caractéristiques principales* qui dressent, en fait, un inventaire de leurs qualités et permettent de leur envisager un domaine d'emploi.

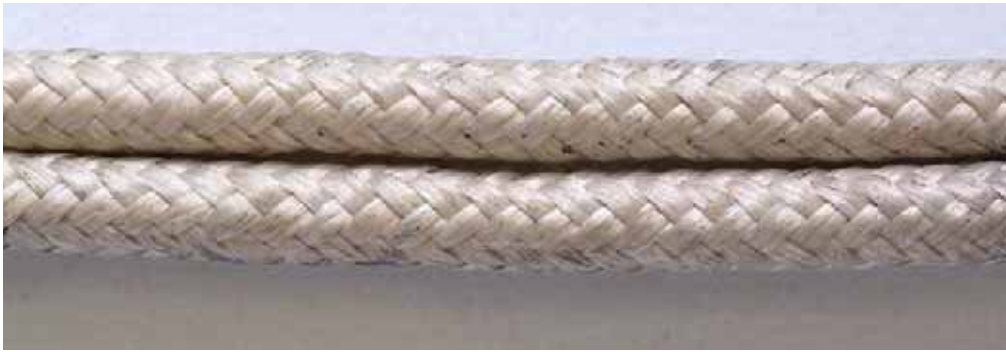
➤ Câble de type FILOTEX 2000B :

la gaine isolante est formée de trois couches constituées de fibres de verre et de PTFE²⁵, soit enrubannées, soit tressées.

²⁴ Voir annexe 2, *Caractéristiques constructeur du FILOTEX 2000B* et annexe 3, *Caractéristiques constructeur du FILOTEX 2100*.

²⁵ PTFE : polytétrafluoréthylène.

La couche extérieure est constituée d'un tressage de fibre de verre.



Aspect tressé du type 2000B

➤ Câble de type FILOTEX 2100

La gaine isolante est également constituée de trois couches (fibre de verre, polyimide, PTFE).

La couche extérieure est ici en PTFE.

La notice précise : « les composants de l'isolation sont intimement soudés entre eux pour former un ensemble étanche ».

Les *caractéristiques principales* dressent un inventaire des qualités du câble en tout point identique à celui du type 2000B, mais précise une qualité supplémentaire : « la gaine PTFE leur confère une étanchéité superficielle absolue ».



Aspect lisse et imperméable du type 2100

Ainsi, les principales différences entre les deux types de câble présentées par leur notice respectives sont :

- la constitution générale :
 - ⇒ les composants de l'isolation sont intimement soudés entre eux **pour former un ensemble étanche** dans le cas du type 2100,
 - ⇒ ces composants ne sont pas soudés entre eux dans le cas du type 2000B,
- les caractéristiques principales :
 - ⇒ font état d'une qualité d'étanchéité absolue pour le type 2100,
 - ⇒ il n'est pas fait mention d'une qualité d'étanchéité particulière pour le type 2000B.

La gaine isolante du FILOTEX 2000B n'est pas conçue pour assurer une étanchéité absolue du câble.

2.2.2.3. Défaut de rigidité diélectrique

- Expertise du câble FILOTEX 2000B ayant provoqué l'arc électrique.
 - ⇒ Hormis les fines traces d'arcs électriques, aucune défektivité n'est relevée sur sa gaine isolante :
 - absence de brûlure, le câble n'a pas subi d'exposition directe au feu,
 - aucune déchirure, aucune trace d'usure.

Les mesures d'isolement ne révèlent aucune anomalie.

- ⇒ Les mesures de rigidité diélectrique révèlent des caractéristiques de « porosité électrique ²⁶ » de la gaine isolante.

Cette anomalie, avec le courant de fuite qu'elle génère, expliquerait parfaitement l'apparition d'un arc électrique.

Cependant, ce câble ayant subi les effets de l'incendie, cette anomalie peut être une conséquence de l'accident.

²⁶ Porosité électrique : présence d'un courant de fuite dans le diélectrique.

- Expertise d'un câble FILOTEX 2000B n'appartenant pas au C 160 R 100 et supposé intègre.

Les tests, identiques aux précédents, démontrent :

⇒ l'existence d'un courant de fuite câble sec lorsque celui-ci est vieilli (artificiellement),

⇒ que ce courant de fuite est accentué lorsque le câble est imbibé de kérosène (défaut d'étanchéité).

Un défaut d'étanchéité (absorption de liquide de bord par la tresse de la gaine isolante) avait déjà été mis en évidence en 1969 suite à des essais d'homologation²⁷ de ce câble.

Les câbles FILOTEX 2000B présentent des caractéristiques de porosité électrique accentuées par un défaut d'étanchéité.

Ces caractéristiques expliquent l'apparition de l'arc électrique.

Nota : des tests similaires démontrent que les câbles FILOTEX 2100 ne présentent pas ces défauts.

2.2.2.4. Effet du vieillissement des câbles avionnés

Le câblage de type FILOTEX 2000B équipe l'alimentation des pompes carburant des C 160 1^{ère} série, depuis leur mise en service en 1967. Le défaut de rigidité diélectrique n'a pas été révélé jusqu'à l'évènement.

Avionnés dans les réservoirs carburant, les câbles sont soumis aux vibrations, aux brusques écarts thermiques, aux variations de pression et à l'agression chimique des liquides de bord.

Pour le cas particulier du câble de type 2000B, les chapitres précédents ont montré qu'à l'état neuf, la constitution de sa gaine isolante n'est pas de nature à assurer une étanchéité absolue. On peut supposer que les contraintes liées à son vieillissement sur avion auront tendance à dégrader progressivement les qualités d'étanchéité de cette gaine.

²⁷ Voir annexe 5, *Essais d'homologation du FILOTEX 2000B 1969.*

Il est prévu de changer les câbles d'alimentation électrique des pompes carburant immergées, de manière systématique lors des GV correspondantes²⁸.

L'évolution de la maintenance des C 160 a conduit à rallonger le cycle des GV. Ainsi, les câbles des pompes carburant restent avionnés de plus en plus longtemps.

La dernière évolution du cycle de maintenance des C 160 1^{ère} série date de 1994. Le pas entre deux GV est alors passé de quatre à cinq ans, portant ainsi une révision complète de l'avion sur vingt ans au lieu de seize.

Conséquences sur le vieillissement du câblage :

- le vieillissement maximal des câblages avionnés tend vers vingt ans, valeur qui ne sera atteinte par l'ensemble de la flotte qu'en 2014,
- en 2004, pour la première fois, des câbles d'alimentation de pompe immergée atteignaient l'âge de dix neuf ans. Seuls quelques avions étaient concernés du fait de leur position dans leur cycle de GV,
- **le câble à l'origine de l'arc électrique était avionné depuis dix neuf ans et trois mois. Le C 160 R 100 est l'un des tout premiers avions dont le câblage atteint dix neuf ans.**

Ainsi, en 2004 l'accident est causé par un arc électrique survenu sur un câble âgé de plus de dix neuf ans. De 1967 à 2004, aucun évènement similaire n'est survenu, mais aucun câble n'avait encore atteint l'âge de dix neuf ans.

Le vieillissement du câblage semble être un critère déterminant de la détérioration de sa rigidité diélectrique.

Les caractéristiques du type de câble utilisé, ses insuffisances technologiques et son vieillissement sur avion constituent les causes techniques CERTAINES de l'évènement.

²⁸ Voir annexe 4, *Le cycle de GV C 160*.

2.2.3. Autres causes

Les investigations menées montrent que le montage du câble incriminé était réglementaire. Aucune anomalie n'a été relevée ni concernant sa fabrication, ni concernant son entretien.

2.3. CONCLUSION PARTIELLE

- Le mélange gazeux contenu dans le réservoir était inflammable. Cela correspond à un état de fait normal compte tenu des conditions atmosphériques et de l'ensoleillement.
- L'amorçage de la réaction explosive provient d'un arc électrique apparu entre le câble d'alimentation de la pompe carburant avant du réservoir A gauche et sa pipe de refoulement.
- L'apparition de l'arc électrique est causée par un défaut de rigidité diélectrique du câble électrique utilisé (FILOTEX 2000B).
- Ce défaut de rigidité diélectrique tient à la nature de sa gaine isolante :
 - ⇒ celle-ci n'est pas conçue pour assurer une absolue étanchéité. De fait, ce type de câble présente des caractéristiques de porosité laissant passer un courant de fuite, accentué ici par la présence de kérosène,
 - ⇒ sa tenue au vieillissement n'est sans doute pas favorisée par son mode de constitution.
- Un câble d'alimentation électrique de pompe immergée n'est jamais resté avionné aussi longtemps (dix neuf ans et trois mois).

La dégradation des caractéristiques de rigidité diélectrique de la gaine isolante, de par son vieillissement et de par son absorption de kérosène, a permis l'apparition d'un arc électrique.

2.4. FACTEURS AYANT PU FAVORISER LE CHOIX ET LE MAINTIEN DU CÂBLE FILOTEX 2000B SUR C160 1^{ÈRE} SÉRIE

Les chapitres précédents ont montré que le câble électrique de type FILOTEX 2000B ne semblait pas adapté à l'alimentation de pompes immergées. Sur C 160 1^{ère} série, ils sont cependant utilisés à cet usage depuis la conception de l'aéronef dans les années 60.

Ce chapitre analyse les raisons qui ont abouti au choix de ce câble lors de la conception des C 160 et celles qui ont présidé à son maintien sur C 160 1^{ère} série jusqu'en 2004.

2.4.1. Conception des C 160 1^{ère} série

2.4.1.1. Aspect réglementaire

L'homologation du câblage type FILOTEX 2000B a été prononcée par lettre n°32 256/STAé/EQ.E2 du 27 février 1964.

- Les premiers C 160 sont livrés à l'armée de l'air en 1967. Le câble de type 2000B était donc homologué à cette époque.

Le choix du câble FILOTEX 2000B pour l'alimentation des pompes carburant immergées des C 160 s'inscrit dans une démarche réglementaire.

2.4.1.2. Aspect technique

L'homologation d'un câblage électrique n'est prononcée qu'après qu'il ait satisfait à certaines exigences définies dans la « norme AIR » correspondante en vigueur. En l'occurrence, il s'agit de la norme AIR 4524 éd. 3/55 (1955). Cette réglementation prévoyait :

- pour la rigidité diélectrique :
 - ⇒ un test destiné à vérifier l'absence de claquage du diélectrique avec une mise sous tension de 1,5 kV du câble pendant cinq minutes, après 20 heures d'immersion dans l'eau à 20° C.

Ce test ne permet pas de mettre en évidence un courant de fuite.

➤ pour le vieillissement :

⇒ un test de vieillissement à chaud pendant 120 heures à température de service (280° C pour le 2000B).

Ce test ne permet pas d'avoir une idée précise des effets du vieillissement du câble sur plusieurs années.

Le choix de ce câblage pour l'alimentation des pompes carburant des C 160 était donc cohérent, bien que les essais d'homologation de câblage définis dans la « norme AIR » en vigueur en 1962, ne permettaient pas de mettre en évidence ni la porosité électrique de la gaine isolante du câble type 2000B, ni les effets induits par son vieillissement.

Ce câble était considéré comme techniquement satisfaisant pour l'emploi.

Pendant le choix de ce câble pour les pompes carburant des C 160 s'inscrit donc dans une démarche techniquement cohérente.

Les essais d'homologation des câbles électriques, en vigueur à l'époque, n'ont pas permis de déceler le problème de porosité électrique du type 2000B.

2.4.2. Traitement des précurseurs

La défaillance (échauffement, court-circuit, arc électrique, etc.) d'un câblage d'une pompe immergée est susceptible d'engendrer l'explosion du réservoir. En vol, un tel évènement est irrémédiablement fatal pour l'aéronef. Il n'existe aucune échappatoire.

La sûreté des câblages électriques des pompes immergées constitue un point vital de l'aéronef et mérite, à ce titre, une attention toute particulière.

2.4.2.1. 1969 – Essais d'homologation du FILOTEX 2000B²⁹

➤ Doute relevé : **défaut d'étanchéité du câble.**

Des essais sur les câbles sont réalisés en 1969 dans le cadre de vérifications concernant l'équipement électrique du Mirage IV, et à la demande du constructeur.

²⁹ Voir annexe 5, *Essais d'homologation du FILOTEX 2000B 1969*.

Le résultat de ces essais montre une faiblesse du type 2000B conduisant à l'échec du test à la tenue aux fumées : il fait état de « l'absorption de liquide de bord par la tresse de la gaine isolante ».

➤ Prise de mesures afférentes sur la flotte C 160 :

⇒ l'enquête n'a retrouvé aucune trace de suite donnée à ces essais.

➤ Observations en 2004, soit trente cinq ans après :

le défaut d'étanchéité du câble n'est observé par ces essais que par l'absorption de liquide, et sans mesure de courant de fuite.

Pourtant, l'absorption de liquide constitue une anomalie du câble dont le courant de fuite est une conséquence probable et dangereuse.

A ce titre, ce fait technique aurait pu inciter à mener une étude sur l'opportunité de le conserver dans des réservoirs carburant.

L'absence de toute réaction sur la flotte C 160 peut tenir :

⇒ soit d'une sous estimation du problème (résultats des essais connus des services en charge de la flotte C 160, qui n'auront pas jugé utile de mener d'études complémentaires),

⇒ soit d'un défaut de traçabilité (une étude a été menée à l'époque mais dont on n'a pas pu retrouver trace),

⇒ soit d'un défaut de circulation de l'information (les services chargés de la flotte C 160 n'ont pas été mis au courant, à l'époque, des résultats menés sur les câblages des Mirage IV).

2.4.2.2. 1971 – Retrait d'homologation du FILOTEX 2000B³⁰

En 1971, une lettre signifie à la société FILOTEX le retrait d'homologation de ses câbles type 2000B avec la précision suivante : « *le présent retrait implique l'interdiction d'emploi de ce matériel sur les matériels à usage aéronautique spécialisé en étude* ».

Ce retrait d'homologation n'envisage donc pas d'action rétroactive.

³⁰ Voir annexe 6, *Lettre de retrait d'homologation du FILOTEX 2000B de 1971*.

Or, il n'apparaît pas comme une évidence, que les raisons qui ont conduit à une interdiction totale d'emploi de ces câbles sur les aéronefs futurs, ne concernent en rien les appareils, sur lesquels ils étaient déjà avionnés, quel que soit le type d'appareil et quel que soit l'usage fait du câble.

Le fait de ne pas envisager de mesures rétroactives peut ressortir d'un choix d'acceptation des risques en regard d'autres considérations.

- Aujourd'hui, bien que ce câble soit encore avionné sur plusieurs flottes, aucun service n'a été en mesure de fournir la motivation de ce retrait d'homologation. Aucune trace écrite n'a pu être retrouvée et il n'en a pas été non plus conservé de mémoire.
- Il n'a pas été retrouvé de document justifiant une absence totale de mesures rétroactives.
- Aucune trace d'étude concernant l'éventuelle problématique du maintien du câble de type 2000B sur C 160 1^{ère} série n'a pu être retrouvée :
 - ⇒ soit la motivation du retrait d'homologation était connue et ne soulevait aucune problématique,
 - ⇒ soit la motivation était connue, qu'une étude ait été menée conduisant au choix du maintien de ce câblage mais sans qu'il n'en ait été conservé de trace,
 - ⇒ soit la motivation n'était pas connue, le maintien du câblage s'inscrivant alors dans la stricte application des termes du retrait d'homologation (qui tels que rédigés, exclus les aéronefs anciens qui peuvent alors être considérés comme « non concernés »).

Par défaut de traçabilité, on ignore aujourd'hui :

- **les motivations qui ont conduit au retrait d'homologation du câble de type 2000B,**
 - **les véritables raisons qui ont conduit au choix de ne pas envisager de mesure rétroactive pour ce retrait d'homologation.**
- Dès lors, il n'est pas possible d'en envisager la pertinence.**

2.4.2.3. 1971 – *Modification AV 1351 / S 907F*³¹

➤ **Doute relevé : défaut de résistance à l'abrasion.**

En 1971, un câble FILOTEX 2000B appartenant à un toron extérieur aux réservoirs carburant est retrouvé dénudé sur un C 160 1^{ère} série.

L'analyse de ce fait technique conclut à une fragilité à l'abrasion du câble type 2000B.

➤ **Mesures afférentes :**

⇒ la flotte C 160 est modifiée. Sur le toron incriminé, le type 2000B est remplacé par un type jugé plus performant (FILOTEX 2100),

⇒ il n'a été retrouvé aucune action concernant les autres torons de l'avion équipés de ce type de câble.

➤ **Observations en 2004 soit 33 ans après :**

La justification de cette modification est libellée comme suit :

« Les conducteurs utilisés sont du type 2000-B FILOTEX, homologués lors de la conception du Transall, mais relativement fragiles à l'abrasion. Ce câble est maintenant interdit d'emploi, pour les études nouvelles, au bénéfice du type 2100-A d'une technique plus évoluée. ».

Elle met en regard l'homologation ancienne de ce câble ainsi que le défaut de qualité constaté, et souligne la récente interdiction d'emploi dont il a été frappé.

Ces arguments semblent applicables à l'ensemble des torons de l'avion équipés de ce type de câble. A ce titre, ce fait technique aurait pu inciter à mener une étude plus complète sur les risques liés à l'utilisation de ce câble et, en particulier, sur l'opportunité de le conserver dans des réservoirs carburant.

Il est probable que les risques aient été, à l'époque, mal appréciés.

³¹ Voir annexe 7, *Modification AV 1351 / S 907 F de 1971.*

2.4.2.4. 1977 – *Modification AV 4060 / S 1036*³²

➤ **Doute relevé : défaut de résistance à l'abrasion.**

A l'occasion des clauses de définition de la nouvelle série de C 160 (C 160 NG, ou relance, ou 2^{ème} série), il est jugé utile de modifier le câblage des pompes carburant en substituant les câbles FILOTEX 2000B par des types 2100. La justification de cette modification fait état de « *détérioration de l'installation électrique – conducteurs fragiles à l'abrasion* ».

➤ **Mesures afférentes :**

⇒ tous les câblages des pompes carburant des C 160 2^{ème} série sont équipés de nouveaux câbles (type 2100),

⇒ il n'a été retrouvé aucune action concernant les pompes carburant des C 160 1^{ère} série qui restent donc équipées de type 2000B.

➤ **Observations en 2004 soit 25 ans après :**

⇒ le câblage des pompes carburants des C 160 1^{ère} série étant strictement identique à celui des C 160 2^{ème} série, le maintien du type 2000B sur C 160 1^{ère} série apparaît incohérent, compte tenu des mesures adoptées pour les C 160 2^{ème} série.

⇒ aucune justification n'a pu être retrouvée concernant le choix du maintien du type 2000B sur les avions de 1^{ère} série.

Il est probable que les risques liés au maintien de ce câble aient été, à l'époque, sous-estimés.

2.4.2.5. 1979 – *PV de la 16^{ème} réunion du CLIT*³³

➤ **Doute relevé : défaut de cohérence**

Cette réunion franco-allemande fait, notamment, le point sur les modifications adoptées pour les avions de 1^{ère} et de 2^{ème} série. Elle dresse la liste des modifications adoptées au bénéfice de la 2^{ème} série qui sont applicables à la 1^{ère} série. La modification concernant le câblage des

³² Voir annexe 8, *Procès-verbal de la 16^{ème} réunion du Comité de liaison et d'information Transall (CLIT) 1979.*

³³ Voir annexe 9, *Procès-verbal de la 16^{ème} réunion du CLIT 1979.*

pompes carburant (AV 4060 étudiée précédemment) y est identifiée comme applicable aux avions de 1^{ère} série.

➤ Mesures afférentes :

⇒ il n'a été retrouvé aucune réponse, ni aucune action, faisant suite à la diffusion de ce procès-verbal.

➤ Observations en 2004 soit 25 ans après :

⇒ ce procès-verbal de réunion incitait à étudier la problématique des pompes des C 160 1^{ère} série. Il relevait sans ambiguïté l'incohérence des mesures adoptées pour les deux flottes de C 160.

2.4.2.6. 1983 – Projet de modification avorté de la CIT³⁴

➤ Doute relevé : **détérioration de l'installation électrique sous l'action du kérosène.**

La CIT débute un dossier de demande de modification pour les C 160 pré et 1^{ère} série concernant le câblage des pompes carburant. Il n'est en fait qu'un rattrapage de la modification AV4060/S1036 adoptée pour les avions de 2^{ème} série à laquelle d'ailleurs il se réfère.

➤ Mesures afférentes :

⇒ aucune suite n'est donnée à cette amorce de dossier de demande de modification.

⇒ on ne retrouve aucune justification permettant d'interpréter l'arrêt de cette procédure.

➤ Observations en 2004 soit 21 ans après :

⇒ la poursuite de cette procédure jusqu'à l'adoption de la modification proposée aurait permis :

- de remettre en cohérence les mesures adoptées pour les deux flottes de C 160,
- **sans doute d'éviter l'explosion du réservoir du Transall C 160 R 100.**

³⁴ Voir annexe 10, *Projet de modification avorté de la Cellule industrielle Transall (CIT) 1983.*

2.4.3. Bilan sur la prise en compte et le traitement des précurseurs

L'étude du traitement de ces faits techniques, qui remontent pour certains d'entre eux à plus de 30 ans, laisse apparaître une certaine confusion.

En tout état de cause, bien avant l'accident, le câble de type 2000B était connu pour ne pas offrir toutes les garanties nécessaires à l'alimentation de pompes carburant immergées, au point d'avoir été écarté des C 160 de 2^{ème} série.

Il eût été pertinent que cette même mesure soit étendue aux avions de 1^{ère} série.

Dans cette perspective, il semble bien que les précurseurs énoncés précédemment n'aient pas été perçus comme tels. L'analyse dégage des imperfections dans le traitement des faits techniques qui ont pu contribuer à l'évènement, sans cependant pouvoir en mesurer nettement le poids. Ils relèvent en partie du facteur humain et en partie du domaine organisationnel :

Eléments de facteur humain, causes PROBABLES de l'évènement :

- sous-estimation des risques,
- manque de globalisation de la problématique.

Eléments du domaine organisationnel, causes PROBABLES de l'évènement :

- absence de traçabilité,
- manque de circulation de l'information,
- erreur d'appréciation dans les mesures adoptées.

2.5. ELÉMENTS RELEVÉS N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT À L'ÉVÈNEMENT

2.5.1. Pratiques de maintenance à l'AIA³⁵ de Clermont-Ferrand

La documentation de référence (liasse avion) indique que pour les C 160 1^{ère} série, l'alimentation électrique des pompes immergées carburant doit être réalisée par des câbles FILOTEX 2000B.

³⁵ AIA : atelier industriel aéronautique.

Pourtant, de très nombreux montages électriques de ces pompes immergées sont réalisés en type 2100.

De plus, l'usage du type 2100 au lieu du type 2000B n'est ni justifié ni mentionné nulle part.

Ainsi, sur le C 160 R 100, sept des huit pompes carburant sont connectées par du câble FILOTEX 2100 et une seule avec du FILOTEX 2000B, sans que cela n'apparaisse sur la documentation afférente à l'avion.

De la même manière, après vérification sur l'ensemble de la flotte C 160 1^{ère} série, des câblages des deux types ont été retrouvés montés de manière aléatoire sans prédiction possible.

- Cet état de fait démontre que l'AIA ne rencontrait aucun problème logistique qui aurait pu justifier du maintien du câblage 2000B.
- Au-delà de la contradiction avec la liasse avion qui ne prévoit que l'utilisation du FILOTEX 2000B pour les C 160 1^{ère} série, cette absence de traçabilité ne peut être que préjudiciable à la bonne connaissance des matériels, et donc à la sécurité globale des aéronefs.

Une bonne traçabilité aurait aussi facilité la prise de mesures de rattrapage après l'accident en permettant de cibler rapidement les avions concernés.

La vérification de la maintenance des câbles des pompes immergées révèle :

- **l'emploi de type 2100 non conforme à la liasse avion,**
- **un défaut de traçabilité du type de câble monté.**

2.5.2. Signaux au sol : instruction des personnels incomplète

L'explosion du réservoir se trouve hors du champ visuel de l'équipage (dans les huit heures du pilote place gauche). Aucun des instruments disponibles en cabine ne permet à l'équipage de déceler rapidement l'origine de la secousse qu'il a ressentie. Il ignore alors que son aile gauche est en feu.

En revanche, le pistard chargé de la supervision de la mise en route visualise parfaitement l'incendie. Il communique l'information par signes conventionnels à l'équipage.

Incapable d'interpréter le message gestuel du pistard, l'équipage perd plusieurs secondes avant de réaliser la gravité de la situation et la nécessité d'évacuer l'aéronef de toute urgence.

- Le personnel de piste est instruit sur les signaux conventionnels au sol d'après une documentation spécifiquement militaire : le RRM³⁶ 101 (documentation française) et le STANAG³⁷ 3117 (documentation OTAN³⁸). Dans cette documentation, le signe « FEU » y est répertorié.
- Les équipages sont instruits sur les signaux conventionnels au sol d'après la documentation « OACI³⁹ » où n'apparaît pas de signe conventionnel représentant le feu. L'équipage du C 160 R 100 ne pouvait donc pas connaître la signification du signe effectué par le pistard.

Les équipages et les personnels au sol, ne reçoivent pas une instruction identique et complète sur les signaux conventionnels au sol.

³⁶ RRM : règlement relatif à la mise en œuvre et à la maintenance.

³⁷ STANAG : *standardization agreement* (accord de standardisation OTAN).

³⁸ OTAN: organisation du traité de l'atlantique nord.

³⁹ OACI: organisation de l'aviation civile internationale.

3. CONCLUSION

3.1. ELEMENTS ÉTABLIS UTILES À LA COMPRÉHENSION DE L'ÉVÈNEMENT

3.1.1. Concernant le C 160 R 100

- Les conditions atmosphériques du jour (température de la masse d'air et effet de l'ensoleillement) ont amené la température interne du réservoir au-dessus de la valeur du point éclair du carburant.
- Un arc électrique s'est produit entre le câble d'alimentation de la pompe carburant immergée avant du réservoir et la pipe de refoulement de cette pompe. Cet arc a provoqué l'inflammation des gaz contenus dans le réservoir.
- Sur les huit pompes carburant équipant les quatre réservoirs de l'avion, sept sont alimentées avec un câblage électrique nouvelle génération.
- L'arc électrique s'est produit sur la seule pompe alimentée par un câble d'ancienne génération.
- Ce câble électrique était âgé de plus de 19 ans. De l'entrée en service des Transall en 1967, jusqu'en 2004, les câbles des pompes carburant immergées n'auraient pas dû atteindre un tel vieillissement.

3.1.2. Concernant le câble incriminé FILOTEX 2000B

- La notice du constructeur n'évoque pas de qualité particulière d'étanchéité.
- Ce câble avait été homologué en 1962. Cette homologation courait toujours lors de la conception et de la fabrication des C 160 1^{ère} série.
- Ce type de câble a été écarté d'un toron extérieur au réservoir au profit d'un type 2100 d'une technologie plus récente. Cette modification fait suite à l'étude d'un fait technique qui conclut à la fragilité à l'abrasion de sa gaine isolante

- De nouveaux tests d'homologation sont conduits en 1969. Le câble ne satisfait pas au test de « fumée » qui met en évidence l'absorption de liquide de bord par la tresse de la gaine isolante.
- Ce type de câble a été écarté au profit du type 2100 plus évolué pour l'alimentation des pompes carburant des C 160 2^{ème} série, par le biais d'une modification. La motivation de cette modification fait état de la fragilité à l'abrasion du type 2000B, et situe donc la problématique dans sa capacité de résistance dans le temps.
- Cette modification n'a pas été adoptée pour les avions de la 1^{ère} série sans qu'il n'ait été possible d'en retrouver la justification.
- Ce type de câble a fait l'objet d'un retrait d'homologation en 1971 dont la portée a été limitée aux matériels aéronautiques spécialisés en étude.

3.1.3. Concernant le câblage FILOTEX 2100

- Des traces d'usures sont observées sur de nombreux câblages des pompes immergées de la flotte C 160 1^{ère} et 2^{ème} série équipés de ce câble.

3.1.4. Concernant la traçabilité et le suivi de la documentation

- Les raisons qui ont motivé le retrait d'homologation en 1971 ne sont détenues par aucun des organismes chargés du suivi technique des C 160.
- Les raisons qui ont pu conduire au choix du maintien des câbles de type 2000B sur C 160 1^{ère} série, alors que leur qualité a été mise en cause à plusieurs reprises, ne sont détenues par aucun des organismes chargés du suivi technique des C 160.
- Le PV de la 16^{ème} réunion du CLIT (1979 - document cosigné par la France et l'Allemagne) relevait que la modification du câblage des pompes carburant immergées adoptée pour les C 160 2^{ème} série devrait être applicable aux avions de la 1^{ère} série. Aucune suite éventuellement donnée à ce document n'a pu être retrouvée.

3.1.5. Concernant l'homologation des câbles électriques

- Les câbles de type FILOTEX 2000B avaient été homologués en 1962 suivant la norme AIR 4524 3^{ème} édition de 1955.
- Cette norme ne prévoit pas d'évaluation de la durée de vie des câbles.

3.1.6. Concernant la cohérence des actions technico-logistiques

- La problématique soulevée par l'apparition d'un fait technique débouche sur l'adoption d'une solution qui n'est pas toujours mise en cohérence avec la globalité des systèmes de l'avion.
- Les modifications jugées indispensables pour un aéronef peuvent être adoptées sans que soient justifiées les raisons qui présideraient à ne pas les envisager sur d'autres flottes confrontées à une problématique identique.

3.2. CAUSES DE L'ÉVÈNEMENT

L'accident est causé par l'apparition d'un arc électrique au niveau du câble d'alimentation d'une pompe carburant immergée. Cet arc électrique se produit au-dessus du kérosène liquide, dans l'enceinte du réservoir rempli de vapeurs de carburant. Le type de câble utilisé avait été choisi à l'époque de la conception de l'avion.

Les conditions atmosphériques régnant sur le parking de Fort de France ont porté la température interne du réservoir au-delà du point éclair du kérosène. Les vapeurs contenues dans ce réservoir étaient donc explosibles, et l'arc électrique a suffi à amorcer la déflagration.

A ce titre, les conditions atmosphériques constituent une cause certaine d'origine environnementale de l'accident.

L'apparition de l'arc électrique relève, quant à elle, de causes exclusivement techniques :

- les qualités du câble utilisé et son âge sont, en effet, à l'origine de la création de l'arc électrique.
- la constitution de la gaine isolante de ce type de câble n'est pas de nature à assurer une absolue étanchéité. Cette qualité n'est d'ailleurs pas revendiquée par son constructeur.

De fait, les expertises menées démontrent une porosité électrique de ce câble, même neuf, dès lors qu'il est imbibé de kérosène. La présence de kérosène accentue le phénomène de porosité sur un câble vieilli.

La dégradation des caractéristiques de rigidité diélectrique de l'isolant du câble explique l'apparition de l'arc électrique.

L'accident se produit alors que le câble était âgé de plus de 19 ans.

Ces câblages des pompes carburant n'avaient jamais posé de problème jusqu'ici. Mais jamais un câble n'avait encore atteint cet âge de 19 ans.

Le vieillissement de ce câble a pu dégrader encore son étanchéité.

Enfin, le maintien de ce type de câble sur les C 160 1^{ère} série jusqu'à cet accident s'inscrit dans une démarche complexe, dont la traçabilité n'a pas pu être formellement établie.

Des doutes étaient en effet apparus dès 1969 sur les qualités de ces câbles, doutes qui peuvent être considérés aujourd'hui comme des précurseurs. Des mesures avaient été justement adoptées pour pallier ces insuffisances. A cet égard, le remplacement sur le câblage des pompes carburant des C 160 2^{ème} série de ces câbles par un type plus récent et jugé plus performant est particulièrement significatif. Son extension aux avions de 1^{ère} série aurait pu paraître pertinente, et aurait sans doute permis d'éviter l'accident.

Les raisons qui ont présidé au maintien de ce type de câble sur les C 160 1^{ère} série tiennent à la fois du facteur humain (sous-estimation des risques, absence de vue globale sur la problématique) et de facteurs organisationnels, où l'on peut relever un défaut de traçabilité des actes technico-logistiques, un défaut de cohérence des mesures adoptées, et de probables insuffisances dans la circulation de l'information.

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

4.1. RAPPELS

4.1.1. Traçabilité et suivi de la documentation

Les investigations conduites à l'issue de cet évènement se sont heurtées à plusieurs reprises à la difficulté, voire l'impossibilité, de retrouver des documents afférents à des matériels, des décisions prises, des justifications de ces décisions, concernant des matériels anciens, mais toujours en service.

Il est donc nécessaire de rappeler l'importance du suivi de la documentation et de la traçabilité des actes techniques, qui seuls peuvent permettre une bonne compréhension des choix effectués dans le passé, indispensable pour préparer les choix à venir.

4.1.2. Règles de sécurité pour les équipements de réservoir carburant

Une explosion de réservoir en vol génère des conséquences fatales. Il n'existe aucune échappatoire à un tel évènement.

À la suite de plusieurs accidents de ce type survenus dans l'aviation commerciale, les enquêtes du NTSB⁴⁰ ont conclu, prenant en compte d'une part l'aspect fatal quasi systématique et d'autre part l'impossibilité de s'assurer de toute défaillance d'un système électrique, qu'il fallait s'acheminer vers l'interdiction à l'intérieur des réservoirs :

- de tout passage de câbles électriques,
- de toute installation d'appareils électriques (pompes, jauges, etc.).

Les autorités européennes (AESA⁴¹) travaillent à renforcer leurs règles dans ce domaine en collaboration avec les autorités américaines (FAA⁴²).

⁴⁰ NTSB : *National transportation safety board*.

⁴¹ AESA : agence européenne de sécurité aérienne.

⁴² FAA : *Federal aviation administration* (autorité fédérale responsable de l'aviation civile – États-unis).

4.2. MESURES DÉJÀ ADOPTÉES

4.2.1. Mesures concernant le câblage des pompes immergées du C 160

Suite aux premiers éléments obtenus par cette enquête, les autorités techniques ont fait réaliser les modifications suivantes adoptées en C2M2A3 (décembre 2004) sous le numéro AV2292/3404 :

- **Sur la flotte C 160 1ère série :**
 - ⇒ **le câble FILOTEX 2000B a été remplacé par le câble type 2100 pour l'alimentation des pompes carburant immergées.**
- **Sur toute la flotte C 160 :**
 - ⇒ **les câbles de type 2100 alimentant les pompes carburant ont été protégés des risques d'abrasion par une gaine de protection.**
 - ⇒ **l'isolant des prises de traversée étanche et des prises mobiles des pompes immergées a été remplacé par un type plus performant.**

4.2.2. Mesures concernant l'utilisation du câble de type FILOTEX 2000B

Les premiers résultats de l'enquête permettaient de dégager, fin juin 2004, des doutes sur l'étanchéité des câbles électriques de type FILOTEX 2000B, avant que ceux-ci ne soient officiellement confirmés par les expertises six mois plus tard.

Compte tenu de la dangerosité potentielle de cette caractéristique, le bureau enquêtes accidents défense communiquait ces doutes au SPAé⁴³ par lettre datée du 29 juin 2004, et lui demandait de dresser la liste des aéronefs d'Etat utilisant ou ayant utilisé ce câblage et, le cas échéant, l'usage fait de ces câbles sur les appareils concernés.

Les recherches menées par les services du SPAé donnent les résultats suivants :

Outre le Transall, deux appareils d'Etat utilisent encore des câbles FILOTEX 2000B :

- le Nord 262,
- le Falcon 20.

⁴³ SPAé : service des programmes aéronautiques.

Sur ces deux types d'appareil, le SPAé note que les câbles FILOTEX 2000B ne sont pas immergés dans les réservoirs carburant et considère donc qu'ils ne sont pas concernés par la problématique soulevée par cet évènement.

4.3. MESURES DE PRÉVENTION AYANT TRAIT DIRECTEMENT À L'ÉVÈNEMENT

4.3.1. Mesures concernant la maintenance

Dans le cas d'un allongement des pas de maintenance, le bureau enquêtes accidents défense recommande qu'une analyse exhaustive des conséquences soit menée sur les flottes et les matériels avionnés.

4.3.2. Mesures concernant le traitement des faits techniques

Le bureau enquêtes accidents défense recommande de veiller à l'exhaustivité de l'étude des faits techniques d'un matériel particulier sur l'ensemble des flottes.

4.3.3. Mesures concernant la cohérence des modifications adoptées

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande que :

sur la flotte C 160 :

- **soient revues les modifications adoptées pour l'une des deux séries et non appliquées sur l'autre, afin de s'assurer de la pertinence d'un tel choix.**

Cette démarche pourrait être généralisée à toutes les flottes comprenant plusieurs versions du même aéronef.

4.3.4. Mesures concernant les câbles de technologie similaire au FILOTEX 2000B

La porosité du câble FILOTEX 2000B est liée à la constitution et au mode de fabrication de sa gaine isolante.

En conséquence, le bureau enquêtes accidents défense recommande que :

soit vérifié le bon usage, et notamment la porosité potentielle, de tous les câbles électriques de technologie similaire au FILOTEX 2000B.

4.4. MESURE DE PRÉVENTION N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT À L'ÉVÈNEMENT

Connaissance des signaux conventionnels au sol.

Le bureau enquêtes accidents défense recommande :

qu'une action soit menée pour s'assurer que les personnels au sol concernés, et les équipages, connaissent tant les signaux réglementaires de l'OACI que ceux inscrits dans les STANAG.

Bureau enquêtes accidents Défense

RAPPORT PUBLIC D'ENQUETE TECHNIQUE

BEAD-A-2004-012-A



Annexes

ANNEXES

1 : Carburéacteur JET A1 _____	page 59
2 : Caractéristiques constructeur du FILOTEX 2000B _____	page 63
3 : Caractéristiques constructeur du FILOTEX 2100 _____	page 65
4 : Le cycle de GV C 160 _____	page 66
5 : Essais d'homologation du FILOTEX 2000B 1969 _____	page 70
6 : Lettre de retrait d'homologation du FILOTEX 2000B de 1971 _____	page 71
7 : Modification AV 1351 / S 907 F de 1971 _____	page 73
8 : modification AV 4060 / S 1036 de 1977 _____	page 76
9 : PV de la 16 ^{ème} réunion du CLIT 1979 _____	page 77
10 : Projet de modification avorté de la CIT 1983 _____	page 81
11 : Signaux conventionnels au sol _____	page 82
12 : Rapport d'expertise du CEAT _____	page 83

1. CARBURÉACTEUR JET A1

1.1. ORIGINE DU JET A1

Le kérosène de type JET A1 (code OTAN F35) correspond à l'aboutissement du développement des carburéacteurs initié à la fin des années 40 destiné à limiter les risques d'inflammation par élévation du point éclair.

La valeur du point éclair est à l'origine du classement des carburéacteurs entre JP-2 (1945), JP-3 (1947), JP-4 (1951, code OTAN F-40, code civil JET B+). Le JP-8 apparaît en 1965, il correspond à un dérivé du JP-4 dont le point éclair a encore été fortement relevé (JP-8 = F34 = JET A1 + additif anti-glace).

Le carburéacteur est désormais divisé en deux catégories :

- carburant Jet A : kérosène pur, à densité élevée et point d'éclair haut,
- carburant Jet B : naphtha kérosène à haute volatilité, densité et point d'éclair bas.

1.2. CARACTÉRISTIQUES DU JET A1

Le kérosène liquide n'est pas inflammable. Ses vapeurs, mélangées avec l'air peuvent être inflammables dans des conditions particulières.

- L'inflammabilité du JET A1 (de ses vapeurs), est caractérisée par les trois valeurs suivantes :

⇒ température d'auto inflammation : 238° C.

La température d'auto inflammation est la température minimale pour laquelle un mélange combustible, de pression et de composition données s'enflamme spontanément sans autre apport d'énergie comme flamme ou étincelle.

⇒ point éclair : $\geq 38^\circ$ C.

Température la plus basse à laquelle la concentration de vapeurs émises est suffisante pour produire une déflagration au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'un point chaud mais insuffisante pour produire la propagation de la combustion en l'absence de la "flamme pilote".

⇒ limites d'explosibilité (ou d'inflammabilité) :

Ces limites sont exprimées en pourcentage du volume des vapeurs du produit dans l'air.

- **LIE : 0,7%** limite inférieure d'explosibilité.

En dessous de cette valeur, le mélange air – vapeur de kérosène ne contient pas suffisamment de combustible pour pouvoir s'enflammer.

- **LSE : 6,0%** limite supérieure d'explosibilité.

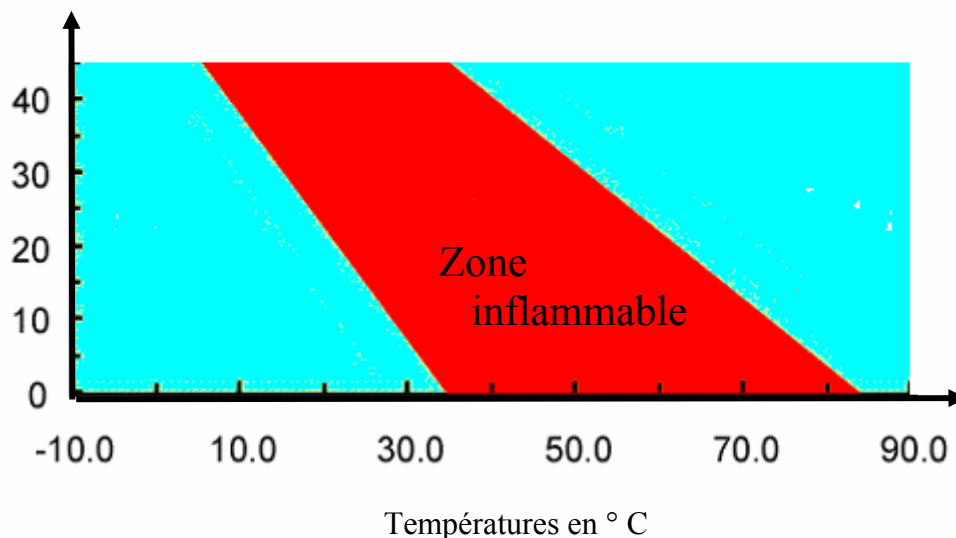
Au dessus de cette valeur, le mélange air – vapeur de kérosène ne possède pas suffisamment de comburant pour pouvoir s'enflammer.

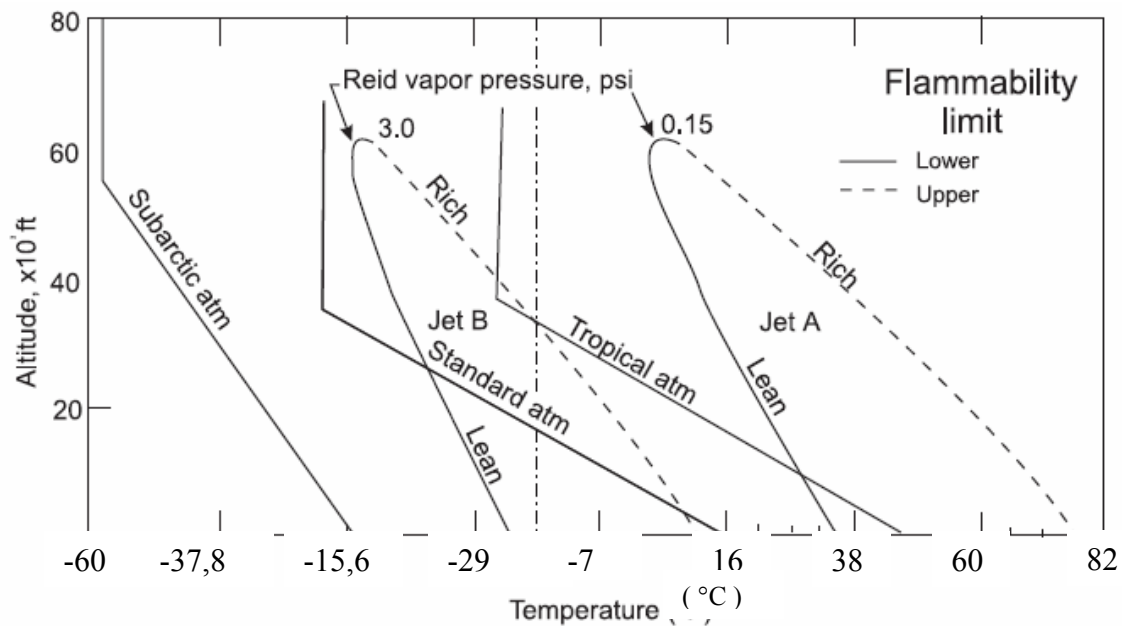
Ces valeurs sont expérimentales et obtenues dans des conditions normalisées.

En particulier, la valeur du point éclair est obtenue au niveau moyen des mers.

La température du **point éclair effectif** varie avec la pression (et donc de l'altitude). Le diagramme suivant donne la zone de température d'inflammabilité du kérosène en fonction de l'altitude, et en atmosphère standard :

Altitude en atmosphère standard
En milliers de pieds



Inflammabilité du JET A1 en atmosphère standardComparaison des zones d'inflammabilité des JET B (F40) et Jet A1 (F35)**1.3. INFLAMMABILITÉ D'UN RÉSERVOIR DE KÉROSÈNE**

L'inflammabilité d'un réservoir partiellement rempli de kérosène est un phénomène complexe dépendant de nombreux paramètres variables :

- propriétés d'inflammabilité du kérosène,
- géométrie du réservoir,
- proportions entre le volume de kérosène et celui de la partie vide dans le réservoir,
- conditions atmosphériques,
- présence de système avion pouvant influencer sur la température interne du réservoir.

En l'état actuel, il n'existe pas de modélisation connue pouvant permettre d'établir une prédictibilité de l'inflammabilité des réservoirs. Ce problème a été mis en évidence lors de l'enquête sur l'accident du Boeing 747 TWA 800 et a fait l'objet d'un rapport de la FAA⁴⁴.

⁴⁴ Ce rapport est disponible sur le site de la FAA (www.faa.gov) sous la dénomination DOT/FAA/AR-98/26 « A review of the flammability hazard of Jet A fuel vapor in civil transport aircraft fuel tanks ».

Une approche simplifiée de la problématique consiste à considérer que le réservoir est inflammable dès lors que sa température atteint la température effective du point éclair du carburant, à la pression ambiante.

2. CARACTÉRISTIQUES CONSTRUCTEUR DU FILOTEX 2000B

CABLES ELECTRIQUES POUR TEMPERATURE AMBIANTE ELEVEE TYPE 2000 B

Ces câbles ont été retirés d'emploi par le Ministère de l'Air le 4.2.71 (lettre STAé/EQ/E2 N° 31 267). Ils sont remplacés par les séries 2100 & 2101 (notices AS 105 D et 106 D) respectivement homologuées par le Ministère de l'Air par lettre, N° 42707 STAé/EQ/E2 du 3.12.68 et N° 42195 STAé/EQ/E2 du 8.12.70, et enregistrées au BNAé sous les numéros de fiche 6.418.40) et 6.418.402.

CONSTITUTION GENERALE

Câbles souples *de série classique* constitués par :

- 1 Une âme à plusieurs brins en *cuivre* électrolytique recuit nickelé.
- 2 Une enveloppe en polytétrafluoréthylène (P.T.F.E.) assurant l'isolement et l'étanchéité de l'ensemble.
- 3 Un ruban en fibre de verre enduit au polytétrafluoréthylène.
- 4 Une tresse de maintien en fibre de verre, enduite de vernis au polytétrafluoréthylène,

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Ces câbles sont réservés pour utilisation en ambiance à haute température **pouvant atteindre 280° en pointe.**

Ils résistent :

- à des températures de service comprises entre : - 50°C et + 250°C (température ambiante + échauffement),
- à l'Oronite M2V, aux liquides de bord (huile, skydrol, essence, alcool isopropylique, éthylène-glycol, kérosène), à l'eau salée et à de nombreux solvants,
- à l'abrasion et aux courts-circuits,
- aux hydrocarbures et à la plupart des agents chimiques,
- aux moisissures et aux champignons.

Ils sont ininflammables.

Ils sont exécutés en teinte naturelle ou repérés par filets de couleur (1).

Tension de Service : 600 V.CA.

Nota : Ces câbles existent en version "blindés protégés"
(type 1000 B notice AS 300 B)

(1) Pour les repères réalisables, consulter notre Service Commercial.

**CÂBLES ELECTRIQUES
POUR TEMPERATURE AMBIANTE ELEVEE
TYPE 2000 B**

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Section réelle mm ²	M E C A N I Q U E S					E L E C T R I Q U E S		Gaug U.S. equiv AWG
	A M E			E L E M E N T		Résist. ohmique à 20°C (max) Ω/km	Intensité admissible A	
	Composition n × mm	Ø nominal mm	Resist. traction (min) daN	Ø ext. + 0,1 mm	Masse moyenne g/m			
0,38	12 × 0,20	0,85	8	1,9	6,4	54,50	7	22
0,60	19 × 0,20	1,00	16	2,2	9,6	34,40	11	20
0,93	19 × 0,25	1,25	> 20	2,4	13,3	27,00	16	18
1,34	19 × 0,30	1,50	"	2,7	16,8	15,30	22	16
1,91	27 × 0,30	1,85	"	3,2	25,9	10,80	32	14
3,18	45 × 0,30	2,40	"	3,7	36,6	6,40	41	12
5,15	73 × 0,30	3,10	"	4,9	62,1	4,00	55	10
8,98	127 × 0,30	4,00	"	6,2	98,3	2,30	75	8
13,40	27 × 7 × 0,80	5,10	"	7,5	164,8	1,60	100	6
21,80	37 × 12 × 0,25	6,60	"	9,2	232,2	0,97	135	4
34,50	37 × 19 × 0,25	8,10	"	10,9	351,5	0,61	181	2
41,80	37 × 23 × 0,25	9,50	"	12,1	429,4	0,50	211	1
52,70	37 × 29 × 0,25	10,50	"	13,6	562,40	0,40	245	0
67,20	37 × 37 × 0,25	11,50	"	15,3	703,0	0,31	283	00

*Remarques Les intensités indiquées sont valables pour les câbles hors faisceau.
Pour les intensités admissibles en faisceau, voir règlement Air 7822.*

CONDITIONS D'HOMOLOGATION ET DE RÉCEPTION

- Règlement Air 4524 de Septembre 1965 - Catégorie 250/280°C.
- Norme BNAé NFI 52- I25 A - Catégorie C, de décembre 1971 - câbles classiques.

Interchangeabilité : spécification américaine MIL.W.7139 8 – classe 2 de Mars 1961.

Recommandation AICMA N° 1116 de Février 1961.

L'VRAISON (pour plus de détails, se reporter aux "GENERALITES" § A, Conditions Générales de Vente)

Les difficultés que nous rencontrons dans l'exécution de ces câbles ne nous permettent pas de définir des longueurs de fabrication. Nous nous efforçons de réaliser des tronçons de la plus grande longueur possible.

3. CARACTÉRISTIQUES CONSTRUCTEUR DU FILOTEX 2100

aérospatial
type
2100

250°C

cables souples isolés PTFE - polyimide

U. maxi = 600 V.CA.

FILOTEX

Ces câbles sont homologués par le Ministère des Armées, par lettre N° 42707 STA/EQ/CE du 23/2/88

Ils sont enregistrés au R.M.A. sous le numéro de fiche : 5413401.

• CONSTITUTION GENERALE

Câbles souples de série classique constitués par :

- 1) Une âme à plusieurs brins en cuivre électrolytique recuit nickelé.
- 2) Une fine pellicule de P.T.F.E. rubané.
- 3) Une enveloppe isolante constituée de polyimide rubané et intimement soudée à la gaine de protection.
- 4) Une gaine de protection constituée par :
 - a) dans les sections comprises entre 0,38 et 3,18 mm² inclus :
 - une gaine isolante en P.T.F.E. extrudé (Filoflon HR) qualité spéciale, conférant au câble une haute résistance à l'abrasion.
 - b) pour les sections à partir de 5,15 mm² :
 - une isolation composite à base de fibre de verre et de P.T.F.E.
 - une gaine en P.T.F.E. (FILOFLON) rubané et soudé.

Dans tous les cas, les différents composants de l'isolation sont intimement soudés entre eux pour former un ensemble étanche, de dénuçage aisé.

• CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

Ces câbles sont réservés pour utilisation en ambiance à haute température pouvant atteindre 280°C en pointe. - La gaine P.T.F.E. leur confère une étanchéité superficielle absolue. - Le présence de polyimide leur donne une tenue améliorée à la flamme.

Ils résistent :

- à des températures de service comprises entre - 50°C et + 250°C (température ambiante + échauffement).
- à l'abrasion, à l'Oronite M2V, aux liquides de bord (huile, skydrol, essence, alcool isopropylique, éthylène-glycol, kérosène), à l'eau salée et à de nombreux solvants.
- aux moisissures et aux champignons.

Ils sont ininflammables.

Ils sont exécutés conformément au code des couleurs prévu par la norme Air 0107 A d'Octobre 1961.

Gauge	Section	MECANIQUES				ELECTRIQUES	
		AME		ELEMENT		Résistance ohmique à 20°C (max.) Ω/km	Intensité admissible A
		Composition n x φ	φ nominal mm	φ extérieur mm	Masse moyenne g/m		
U.S.	réelle						
AWG	mm ²						
22	0,38	12 x 0,20	0,85	1,90 ± 0,10	8,7	54,50	7
20	0,60	19 x 0,20	1,00	2,20 ± 0,10	12,2	34,40	11
18	0,93	19 x 0,25	1,25	2,40 ± 0,10	16,0	22,00	16
16	1,34	19 x 0,30	1,50	2,70 ± 0,10	21,0	15,30	22
14	1,91	27 x 0,30	1,85	2,95 ± 0,10	26,5	10,80	32
12	3,18	45 x 0,30	2,40	3,60 ± 0,15	42,5	6,40	41
10	5,15	73 x 0,30	3,10	4,20 ± 0,20	60,0	4,00	55
8	8,98	127 x 0,30	4,00	5,30 ± 0,20	101,0	2,30	75
6	13,40	27 x 7 x 0,30	5,10	7,00 ± 0,30	148,0	1,60	100
4	21,80	37 x 12 x 0,25	6,60	9,00 ± 0,30	227,0	0,97	135
2	34,50	37 x 19 x 0,25	8,10	10,60 ± 0,30	367,0	0,61	181
1	41,80	37 x 23 x 0,25	9,50	11,80 ± 0,30	430,0	0,50	211
0	52,70	37 x 29 x 0,25	10,50	13,10 ± 0,30	540,0	0,40	245
00	67,20	37 x 37 x 0,25	11,50	14,20 ± 0,30	675,0	0,31	280

Les intensités indiquées sont valables pour les câbles hors fabrication. Pour les intensités admissibles en faisceau, voir Règlement Ab 2822.

• CLASSEES TECHNIQUES & CONDITIONS DE RECEPTION

- Règlement Air 4824 (Santé 65) - Catégorie 250/280°C.
- Norme D.N.Ah NF 1. 95-126 A - Catégorie C, de 04/08/1971 - Câbles électriques.

- Interchangeabilité :
- Spécification US MIL-W-22759 D - Indice 9 A de Juin 1973 et MS 18007 (jusqu'à la preuve 12).

1 & CABLES **FILOTEX** 140 - 146 RUE F. DELACROIX TEL. 942-40-00

adition

4. LE CYCLE DE GV C 160

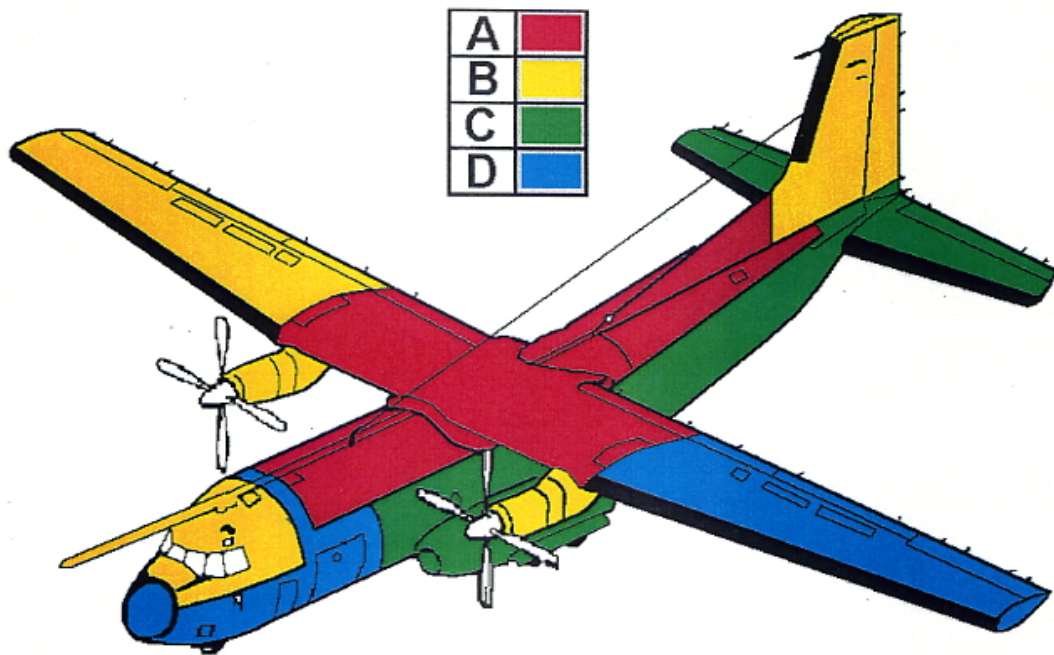
4.1. LES DIFFÉRENTES GV

Les révisions générales des C 160 sont effectuées par l'AIA de Clermont-Ferrand.

L'appareil est tronçonné en 4 parties et l'une de ces parties est traitée lors d'une GV par l'AIA de Clermont-Ferrand de sorte que l'appareil aura été vérifié dans son intégralité au bout d'un cycle de quatre GV.

Les différentes GV sont dénommées « bloc » associé à une lettre identifiant la partie considérée de l'avion.

La figure suivante schématise les parties concernées par les différents blocs A, B, C ou D :



Représentation schématique des tronçons de GV

L'aile extrême gauche de l'avion est inspectée en GV « bloc D ».

4.2. EVOLUTION DU CYCLE DES GV C 160

Juillet 1967 : entrée en service du C 160 dans l'armée de l'air.

En 1970 le pas entre deux GV est de deux ans. Il est prévu que l'ensemble de l'aéronef soit revu en GV sur un cycle de huit ans.

En 1973, le pas passe à trois ans. Il est prévu que l'ensemble de l'aéronef soit revu en GV sur un cycle de douze ans.

En 1976, le pas passe à quatre ans. Il est prévu que l'ensemble de l'aéronef soit revu en GV sur un cycle de seize ans.

En 1992, le pas passe à cinq ans. Il est prévu que l'ensemble de l'aéronef soit revu en GV sur un cycle de vingt ans.

4.3. EFFETS DE L'ÉVOLUTION DU CYCLE DES GV SUR LE VIEILLISSEMENT DES MATÉRIELS AVIONNÉS

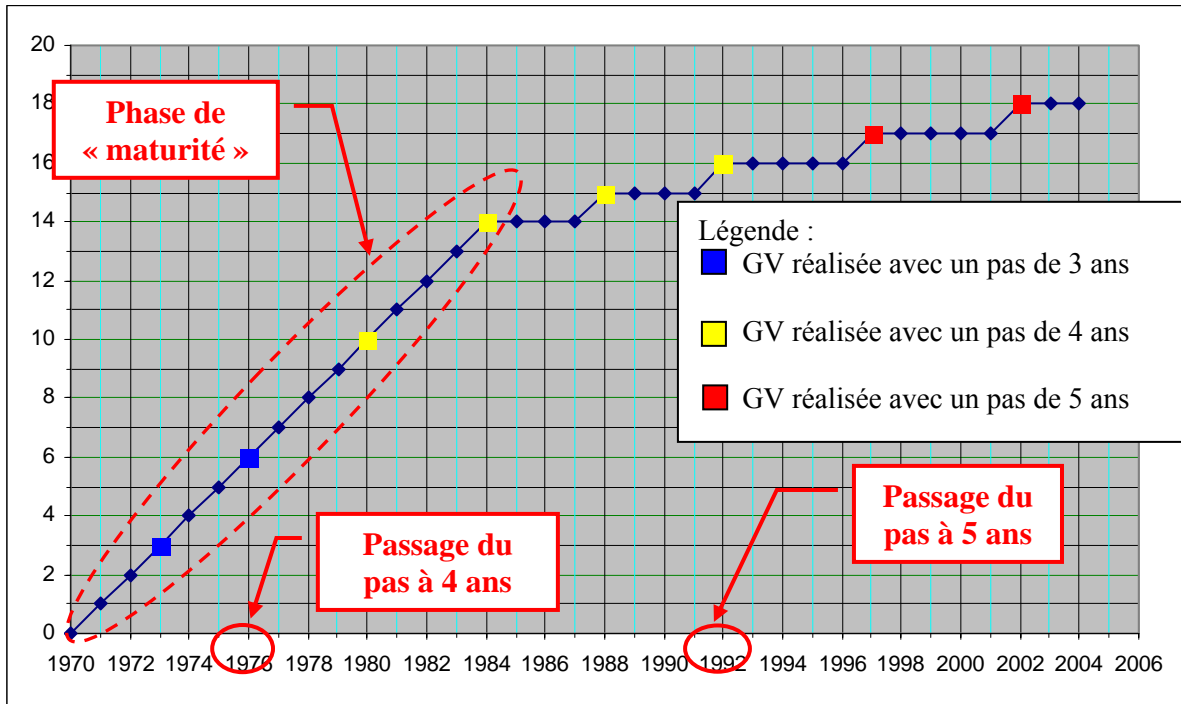
4.3.1. Cas général de tous les matériels devant être remplacés en GV

Cette évolution de la maintenance influe directement sur le vieillissement des éléments devant être changés systématiquement au cours des GV.

L'évolution rapide du cycle de maintenance rappelé précédemment amène une évolution dans le vieillissement maximum des matériels avionnés qui se caractérise par :

- une phase de maturité avec un vieillissement linéaire jusqu'à un cycle complet de quatre GV qui correspond au vieillissement de l'avion lui même.
- une stabilisation du vieillissement maximum par paliers successifs traduisant l'augmentation du pas entre deux GV et qui tend vers seize ans de vieillissement maximum (pas de quatre ans entre deux GV).
- une reprise de la montée de ces paliers successifs vers un maximum de vingt ans, depuis 1997, suite à l'allongement du pas qui passe à cinq ans en 1992.

En 2004, aucun avion n'a encore atteint un écart de vingt ans entre ses quatre dernières GV, cet écart devant être atteint au bout d'un cycle complet de quatre GV à un pas de cinq ans, vers 2012.



Courbe théorique de l'âge maximum atteint par un matériel avionné

Pour un C 160 livré en 1970

Cette courbe montre qu'avant 1984 le matériel avionné sur C 160 était âgé de moins de quatorze ans, et que ce vieillissement maximum s'accroît progressivement pour atteindre dix-huit ans aux environs de 2004, valeur qui n'avait encore jamais été atteinte.

C'est en particulier le cas des câbles des pompes immergées.

Depuis la mise en service des Transall en 1967, les câbles d'alimentation électrique des pompes immergées n'avaient jamais atteint un âge aussi élevé qu'en 2004.

4.3.2. Cas particulier du C 160 R 100 : âge du câble incriminé

GV BLOC	ENTREE	SORTIE	H° CELLULE	ATR	Légende	
livré à l'armée de l'air le 14/12/1970						GV avec un pas de 3 ans
A	04/06/1973	17/09/1973	1236h40	NR		GV avec un pas de 4 ans
B	28/09/1976	NR	NR	NR		GV avec un pas de 5 ans
C	08/10/1980	07/01/1981	5048h15	4 526	NR	Non renseigné
D	16/10/1984	08/02/1985	7473h20	6 957		
A	27/01/1989	23/05/1989	1250h45	9 289		
B	08/02/1994	24/05/1994	13445h10	12 031		
C	25/03/1999	30/09/1999	16120h10	13 823		
Accident du 06/05/04			18530h55			

Le câble incriminé dans l'accident a été changé en GV bloc D. L'avion sort de cette dernière GV le 8 février 1985 soit dix-neuf ans et trois mois avant l'accident.

Le C 160 R 100 devait repasser en GV bloc D (ce câble y aurait donc été changé) en septembre 2004, soit trois mois après l'accident.

La position du C 160 R 100 dans son cycle de GV fait qu'en 2004 aucun câble de pompe carburant immergée de tous les avions de la flotte C 160 1^{ère} série ne pouvait être plus âgé que celui incriminé dans l'accident. En revanche, ils sont tous destinés à atteindre cet âge et à le dépasser pour atteindre 20 ans.

5. ESSAIS D'HOMOLOGATION DU FILOTEX 2000B 1969

FILOTEX

Procès-verbal – DF

– N° 1.03

DRAVEIL

Laboratoire BF

Le 23 avril

1969

DB/MA

ESSAIS D'HOMOLOGATIONS SUR 2000 A - 2000 B

APRES 2000 HEURES DE VOL.

I. OBJET

Essais d'homologation effectués suivant AIR 4524 éd. 3/5 et 9/65 sur câbles 2000 A et 2000 B, après 2000 heures de vol sur Mirage IV.

Ces essais sont entrepris à la demande de Monsieur ... (Direction contrôle DASSAULT) .

II. DESIGNATION DES ECHANTILLONS

Ces essais sont effectués sur les câbles suivants :

- 2000 A - 0,6 M
- 2000 A - 0,93
- 2000 B - 13,4
- 2000 A - 21,8

III. RESULTATS DES ESSAIS

Ils sont- consignés dans les feuilles de mesures ci-jointe.

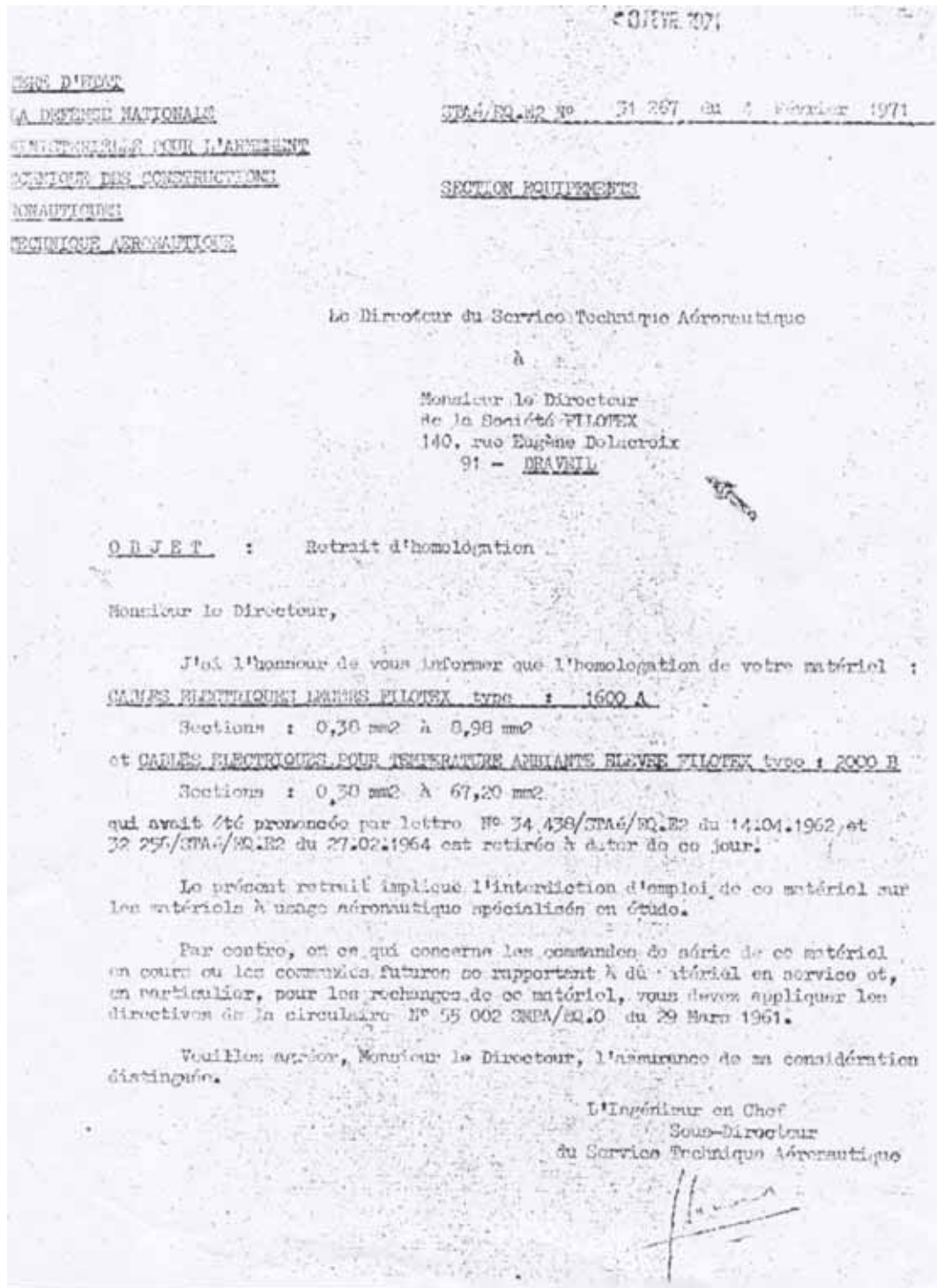
IV. CONCLUSION

Résultats satisfaisants à l'ensemble des essais, à l'exception de celui de tenue à la fumée. Lors de cette épreuve un dégagement important de fumée se produit pendant 30 minutes, cette fumée est due à la présence de liquides de bord absorbés par la tresse.

**Le câble ne satisfait pas à tous les essais.
Le défaut d'étanchéité de la gaine isolante est mis en évidence.**

6. LETTRE DE RETRAIT D'HOMOLOGATION DU FILOTEX 2000B DE 1971

6.1. FAC SIMILÉ



6.2. TRANSCRIPTION

STAé/EQ.E2 n°31 267 du 4 février 1971

Objet : retrait d'homologation

Monsieur le Directeur,

J'ai l'honneur de vous informer que l'homologation de votre matériel :

CABLES ELECTRIQUES LEGERS FILOTEX type : 1600 A

Section : 0.38 mm² à 8.98 mm²

et CABLES ELECTRIQUES POUR TEMPERATURE AMBIANTE ELEVEE FILOTEX
type : 2000 B

sections : 0.38 mm² à 67.20 mm²

qui avait été prononcée par lettre n° 34 438/STAé/EQ.E2 du 14.04.1962 et 32 256/STAé/EQ.E2 du 27.02.1964 est retirée à dater de ce jour.

Le présent retrait implique l'interdiction d'emploi de ce matériel sur les matériels à usage aéronautique spécialisée en étude.

Par contre, en ce qui concerne les commandes de série de ce matériel en cours ou les commandes futures se rapportant à du matériel en service et, en particulier, pour les rechanges de ce matériel, vous devez appliquer les directives de la circulaire N° 55 002 SMPA/EQ.O du 29 Mars 1961.

Veillez agréer, Monsieur le directeur, l'assurance de ma considération distinguée.

L'Ingénieur en chef ████████
Sous-Directeur
du Service Technique Aéronautique

7. MODIFICATION AV 1351 / S 907 F DE 1971

TRANSALL C 160 NORD AVIATION		Änderungsvorschlag / Propos de Modific. Änderungsanweisung / Fiche de Modific.		AV 1351 S 907 . F . X Bl. / F. 1/4	
Antr. Steller / Demand.	Vorgang / Référence	Datum / Date	Antr. Steller / Demand.	Vorgang / Référence	Datum / Date
BA 123 ORLEANS	RTS 27/71	1-07-71			
	27° CMT	7.10.71			
Benennung / Designation Austausch der Steckverbindungen und elektrischen Verkabelungen der Thermistoren und Behälter für größere Reichweite.				Dringlichkeit / Urgence B2	
Remplacement des prises et câblages électriques des thermistances des réservoirs agrandis.				Reperaturstufe / Degrés de réparat.	
Zweck der Änderung / But Das Beschädigungen der elektrischen Anlage der Thermistoren-Messgeräte für die B-Behälterauffüllung die im Rahmen der Änderung S 149/AV 233 "Erhöhung der Reichweite", vergrößert wurden, abhelfen.			Remédier aux détériorations de l'installation électrique des unités sensibles à thermistance du remplissage des réservoirs "B" agrandis, au titre de la modification S 149/AV 233 "Augmentation de la distance franchissable".		
I - <u>UNTERSUCHUNG.</u> Diese Beschädigungen wurden am Flugzeug F 92 festgestellt, gelegentlich der Ermittlung der Ursache die des Auffüllen des B-Behälters (links unter Druck unmöglich machte, da das Auffüllventil nicht funktionierte.			I <u>ANALYSE</u> Ces détériorations ont été découvertes sur l'avion F 92, en recherchant la cause de l'impossibilité d'effectuer, sous pression, le plein du réservoir B (côté gauche) par suite du non fonctionnement de la vanne de remplissage.		
... / / ...		
Anwendung Appliquée	Laufende Fertigung / Chaine	Umrüstung Rattrapage avant livraison	Nachrüstung Rattrapage après livraison	Kostenträger / Imputation	
		F88, F153 bis F160	F86 bis F100 ohne/sans F98		
Auswirkungen auf Reparaturen sur	Gewicht / Poids	Energiebilanz / Bilan	Austauschbarkeit Interchangeabilité	Bed - Geräte / Matériel servitude	
	Schwerpunktlage / Centrage	Dokumentation / Documentat.	Ersatzteilbeschaffung Approvisés en Rechange ja/oui	Banc EMI ; Trainer	
Versuche / Essais	Durchzuführen / à effectuer			Flugzeug / Avion	
	Ergebnisse : Resultats			Anlage / Documents joints INTERTECHNIQUE und/et SOURIAU	
Bemerkungen / Observations			19 71	Datum / Date	Name / Nom
			ausgestellt / établi par	10-9	[REDACTED]
			Ausg. / Ed.	2	3
			Dat. / Date	10.10.71	31.4.72

<p>TRANSALL C 160 NORD AVIATION</p>	<p>Änderungsvorschlag/Propos de Modific. Änderungsanweisung/Fiche de Modific.</p>	<p>AV 1351 S 907 X B1/F 2</p>
<p>I ...</p> <p>Bei Überprüfung der Anlage an den angelieferten F-Flugzeugen, an denen die Änderung S 149 durchgeführt wurde (ab F 86) wurden die gleichen Beschädigungen festgestellt :</p> <p>1) Dehnung des Isolierkörpers des Steckers, wodurch der Rückstoß der inneren Elemente der Steckdose des Thermistors hervorgerufen wird und den Kontakt zwischen Stift und Hülse gefährdet und oft denselben unterbricht.</p> <p>Die Dehnung des Isoliermaterials (Neopren) ist durch das Tauchen des Steckers im Kerosin (JP4) hervorgerufen und der Rückstoß des Isolierkörpers der Steckdose und der eingesetzten Hülse ist dadurch hervorgerufen da der Isolierkörper im Gehäuse mechanisch ungenügend festgehalten ist.</p> <p>Diese Stecker (Typ 85) entsprechen der Norm Pr.L 54125 und sind zugelassen.</p> <p><u>Anmerkung :</u></p> <p>Die Stecker (Typ 84), die für die Schaltung der im Kraftstoff versenkten Pumpen verwendet sind, sind mit dem gleichen Isolierkörper versehen (Neopren), die mechanische Bauart jedoch ist nicht die gleiche und entspricht der Norm Pr.L 54 120, die eine bessere Haltung versichert. Seit deren Verwendung in Kerosin am TRANSALL ist bislang keine Beanstandung gemeldet worden.</p> <p>2) An einem der überprüften Flugzeuge (F 86) wurde ein abisoliertes Kabel vorgefunden, vermutlich durch Reibung des Kabelbündels an der Wandung der Durchgangsöffnung des Thermistors bei dessen wiederholten ausbauen.</p>	<p>I ...</p> <p>Après vérification sur des avions "F" livrés modifiés S 149 (à partir du F 86) les mêmes détériorations ont été constatées :</p> <p>1) Dilatation de l'isolant de la prise mobile qui, par suite, provoque le recul des éléments internes de la prise fixe de la thermistance et se traduit par des mauvais contacts entre les broches et les douilles de ces prises et, à la limite, la rupture de ces contacts.</p> <p>La dilatation de l'isolant (Neoprene) est due à l'immersion de ces prises dans le kérosène (JP4), le recul de l'isolant de la prise fixe, et des douilles qui y sont insérées, est consécutif à l'insuffisance de sa tenue mécanique dans le corps du boîtier.</p> <p>Ces prises (type 85) sont conformes à la Norme Pr.L 54125 et sont homologuées.</p> <p><u>Remarque :</u></p> <p>Les prises (type 84), utilisées pour le branchement des pompes immergées dans le carburant, possèdent le même isolant (néoprène) mais la conception mécanique différente, conforme à la Norme Pr.L 54 120, en assure une meilleure tenue. Aucun incident n'est apparu depuis leur utilisation dans le kérosène, sur le TRANSALL.</p> <p>2) Sur un des avions vérifiés (F 86) un conducteur a été trouvé dénudé, vraisemblablement en raison du frottement du tron contre la paroi de l'orifice de passage de la thermistance lors des démontages successifs de celle-ci.</p>	
<p>2 18/10/71</p>		

<p>TRANSALL C 160 NORD AVIATION</p>	<p>Änderungsvorschlag/Propos de Modific. Änderungsanweisung/Fiche de Modific.</p>	<p>AV 1351 . . . S 907 . . . X BI/F 3</p>									
<p>2) ... Die verwendeten Kabel sind der Typ 2000-B-Filotex, die bei der Konstruktion des TRANSALLs zugelassen wurden sind aber nicht sehr abriebfest. Die Verwendung dieses Kabels ist für die neuen Konstruktionen untersagt und ist durch den Kabel Typ 2100A einer vielmehr entwickelter Technik ersetzt.</p>	<p>2) ... Les conducteurs utilisés sont du type 2000-B FILOTEX, homologués lors de la conception du TRANSALL, mais relativement fragiles à l'abrasion. Ce câble est maintenant interdit d'emploi, pour les études nouvelles, au bénéfice du type 2100-A d'une technique plus évoluée.</p>										
<p><u>II-MASSNAHME</u></p> <p>Solange die Änderung nicht vollzogen ist, werden die Thermistoren (16 Q1-16 Q2) ausser Betrieb gesetzt, indem diese von den Steckern (949Δ1a-949Δ2a) in der Höhe der Rippe 10913 der Tragfläche links und rechts abgeschaltet werden.</p>	<p><u>II MESURES PRISES</u></p> <p>En attendant l'aboutissement de la modification, les thermistances (16 Q1-16 Q2) sont mises hors-circuit par débranchement des prises mobiles (949 Δ1a - 949 Δ2 a) au niveau de la nervure 10913 sur les voilures gauche et droite.</p>										
<p><u>III-ABHILFE</u></p> <p>1) -a- Die Steckdose der Thermistoren (16 Q1- 16 Q2) wird durch eine mittels "Glasperlen und Viton-Dichtung" abgedichtete Steckdose, ersetzt. -b- Der Stecker (16 Q1a- 16 Q2a) wird gegen einen Stecker mit Isoliermaterial u. Vitonkabelklemme ausgetauscht.</p> <p>2) Die 6 vorhandenen Leitungen Typ 2000-B) werden durch 6 neue Leitungen (Typ 2100-A) in den Kabelbündeln (αα 807H und αα 808H) ersetzt.</p> <p>3) Sicherheitshalber, obwohl keine Beanstandungen aufgetreten sind, wird die Steckdose mit rundem Flansch (949Δ1-949Δ2) an den abgedichteten Rippen-durchgängen, gegen Stecker mit Viton-isolierung ausgetauscht.</p>	<p><u>III-REMEDE</u></p> <p>1) -a- La prise fixe des thermistances (16 Q1 - 16 Q2) sera remplacée par une prise fixe étanche " à perle de verre et avec joint viton". -b- La prise mobile (16Q1a -16Q2a) sera remplacée par une prise "à isolant et serre-câbles en viton".</p> <p>2) Les 6 conducteurs existants (type 2000-B) seront remplacés par 6 nouveaux conducteurs (type 2100-A) dans les torons (αα 807H et αα 808H)</p> <p>3) Par sécurité, bien qu'il n'y ait eu aucune anomalie constatée, la prise fixe à collerette rond (949 Δ1- 949 Δ2), à la traversée des nervures étanches, sera remplacée par une prise à "isolant viton".</p>										
<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Ausg. Nr</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">2</td> <td style="width: 20px;"></td> <td style="width: 20px;"></td> <td style="width: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Dat. / Jahr</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">18.10.71</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Ausg. Nr	2				Dat. / Jahr	18.10.71			
Ausg. Nr	2										
Dat. / Jahr	18.10.71										

8. MODIFICATION AV 4060 / S 1036 DE 1977

8.1. FICHE D'ÉTAT DE MODIFICATION DU MAÎTRE D'ŒUVRE (AÉROSPATIALE)

La fiche est réalisée pour les C 160 2^{ème} série

numéro : 8238426989 ET 83-061 POITOU 83/11/84 18:00

aérospatiale	Fiche D'Etat de Modification Repère	51035	EDITION, 4960
		5	DATE : 14/7/77
TRANSALL C160. RELANCE			
Titre : REMPLACEMENT DES PRISES ET DU CABLAGE DES POMPES IMMERSEES			
Justifications Détériorations de l'installation électrique - Dilatation de l'isolant des prises mobiles sous l'action du Kérosène - Conducteurs fragiles à l'abrasion.			
Origine Demande AAP - Réunion à SURSENES du 29.9.76 - Compte rendu 499. 2/76			
Description 1)- Remplacer les conducteurs type 2000 B - FILOTEK par des conducteurs type 2100 A 2)- Remplacer les pièces suivantes par des pièces } annulé par lettre 477 200/83 AEROSPATIALE/A du 0203 1983 0525-10-02-3A-1-M sur pompes 0525-16-02-3A-2-M sur faisceaux NOTA : L'interchangeabilité des pompes peut être conservée si on limite la modification aux câblages en conservant les anciens types de prise. 029 Interception procédant du 500 11/77			
Equipement : Néant Croquis : Néant			
REPERCUSSION SUR	POIDS	BILAN	INTERCHANGEABILITE
	Non	Non	Oui
REPERCUSSION SUR	CENTRAGE	DOCUMENTATION	RECHANGE
	Non	Oui	Oui
RESPONSABILITE : VFW MBB AS		FICHE FINANCIERE : OUI NON	
N° de Modif d'Etude		N° de Modif Attribuée	
APPLICATION	C.160 2 ^e Série	Accord Technique	
	Applicabilité 1 ^{re} Série	A Dé	

Justification
Détérioration de l'installation électrique – dilatation de l'isolant des prises mobiles sous l'action du kérosène – Conducteurs fragiles à l'abrasion.

Cartouche « application »
Non renseigné

9. PV DE LA 16^{ÈME} RÉUNION DU CLIT 1979

AR/NM le 8.11.80

ARMEE DE L'AIR

5

CIT
 1
 1
 1
 2
 1
 3
 8

N° 104 /DEF/EMAA/4/MA-TECH
 PARIS, le 21 JAN. 1980

- BORDEREAU DE REPARTITION -

Procès-verbal de la 16^è réunion du comité de liaison
 et d'information Transall tenue à Clermont Ferrand le 28.11.79.

Destinataires	Nombre	Observations
- Co-Président allemand BONN (RFA)	3	Transmis pour attributions.
- Co-Président français EMAA/4 PARIS	3	"
- SPA6/AV/S4 PARIS	1	"
- STA6/A/6 PARIS	2	"
- STAR/DSO 46, rue des Couteliers 31068 TOULOUSE CEDEX	1	"
→ CIT 161, av. de l'Agriculture 63035 CLERMONT FERRAND CEDEX	2	"
- COTAM/DT 78129 VILLACOUBLAY AIR	1	"
- COTAM/2° Bureau 78129 VILLACOUBLAY	1	"
M 18.061 - 45 ORLEANS	2	"
✓ 61° ET 45 ORLEANS	2	"
- DCMAA/MEA PARIS	2	"
- DTCA/MR PARIS	1	Transmis pour information.
- EMAA/3° Bureau PARIS	1	"
- EMAA/BPM PARIS	1	"

29 JAN. 80 - 000981

Par ordre
 Chef du 4° Bureau
 de l'EMAA.



ARMEE DE L'AIR

N° 104 / DEF/EMAA/4/MA/TECH

PARIS, le 21 JAN. 1980

- PROCES - VERBAL -

de la 16^e réunion du comité de
liaison et d'information Transall
tenue le 28 novembre 1979 à Clermont Ferrand.

Référence : Ordre du jour diffusé par message 1645/DEF/EMAA/4/MA/TECH du 31 octobre 1979.

P. Jointes : - Annexes 1 et 2 - Liste des participants.
- Annexes 3 et 4 - Fiches de constat n° 49 et 50.
- Annexe 5 - Extrait de fiche analytique.
- Annexe 6 - Liste des modifications AV 4000 adoptées pour la 2^{ème} série et applicables à la 1^{ère} série.

L'ordre du jour examiné lors de la 16^e réunion du CLIT à Clermont-Ferrand le 28.11.79 a fait l'objet des conclusions ci-dessous.

Point 0 - Organisation

0.1 - Observation sur le PV du 15^e CLIT

Version française page 19 § 5.3 au lieu de : "remplacé"
lire : "changé de place"

0.2 - Numérotation AV 4000

Les principes retenus pour la numérotation des AV (première et deuxième série) ont été présentés au cours du 15^e CLIT et sont rappelés ci-dessous :

- 1- Les modifications spécifiques à la première série ou intéressant à la fois la première et la deuxième série reçoivent un numéro de modification dans la série des AV 1700.
- 2- Les modifications applicables uniquement aux avions de la deuxième série reçoivent un numéro de modification dans la série des AV 4000.
- 3- Au moment de la définition de l'avion de la relance, un nombre restreint de modifications qui pouvaient intéresser les avions de la première série ont été numérotées par erreur dans la série des AV 4000. Pour des raisons financières la renumérotation de ces quelques modifications n'est pas envisagée.

./...

410 - 1.000 43-11-77

104

ANNEXE 6 au procès-verbal n° 104 /DEF/EMAA/4/MA/TECH

DU 21 JAN. 1980

- TRANSALL C160 -

Liste des modifications AV Série 4000 adoptées pour la deuxième série et applicables à la première série.

- AV 4009/S1006 - Amélioration de la tenue des queues de nervures et stabilisation des lisses panneaux intrados de volets hypersustentateurs.
- Amélioration intrados de volets de plan central et ailes extrêmes.
- AV 4022/S1012 - Remplacement des vis de fixation des éléments démontables de voilure et empennages en titane par des vis en acier.
- AV 4025/S1015 - Amélioration capot protection système verrouillage radôme long.
- AV 4026/S1016 - Adaptation de la protection des commandes de vol pour permettre le montage des plaques de blindage.
- AV 4027/S1017 - Amélioration charnières portes arrière du plan central.
- AV 4029/S1018 - Nouveau montage commande de robinets d'isolement carburant sur longeron plan central côté gauche.
- AV 4031/S1019 - Remplacement des VHF 1 et 2 COLLINS 618 par SOCRAT TRAP 138.
- AV 4034/S1021 - Remplacement VOR/ILS 1 et 2 RR 89 par EAS RNA 720 (NR.AX 8).
- AV 4035/S1022 - Remplacement radio-altimètre EAC AN/APN 22 par TRT NRAS 11.
- AV 4041/S1035 - Changement du joint d'étanchéité nacelle moteur sur voilure.
- AV 4042/S1027 - Amélioration du cheminement électrique dans nacelle GTG.
- AV 4043/S1028 - Remplacement anémomètre KOLLSMAN par anémomètre JAEGER côté pilote.
- AV 4044/S1029 - Suppression des conduits de dégivrage sur radôme radar de temps.
- AV 4045/S1030 - Renforcement carénage central avant voilure fuselage (voir AV 1702 ouverte par D).
- AV 4057/S1034 - Remplacement variomètre GAUTING par variomètre BADIN-CROUZET.
- AV 4059/S1057 - Remplacement des contacteurs MF par contacteurs ECE sur circuit dégivrage.
- AV 4060/S0136 - Remplacement du câblage des pompes immergées.
- AV 4063/S1037 - Changement de matériau utilisé en isolation thermique et phonique.

- AV 4065/S1038 - Remplacement des pièces coulées en Mg par des pièces coulées en AS7G dans la zone voileure.
- AV 4067/S1040 - Suppression de la chaîne contrôle trim carburant.
- AV 4068/S1041 - Renforcement chape support de vérin trim gauchissement.
- AV 4072/S1043 - Amélioration de l'ouverture et fermeture des portes parachutistes.
- AV 4073/S1044 - Remplacement radar météo AIR * Equip. RDR/DMB par radar OMERA ORB 37.
- AV 4074/S1045 - Remplacement SP 40 par PA SFIM 51.
- AV 4075/S1046 - Echelles de corde AR (voir S713).
- AV 4076/S1047 - Amélioration de l'étanchéité des antennes de fond du fuselage.
- AV 4077/S1048 - Remplacement du système de navigation Doppler BENDIX - Calculateur CROUZET type 62 par Doppler EMD RDN 72 - Calculateur CROUZET NADIR.
- AV 4081/S1049 - Clapets de surpression - Remplacement embout alliage léger par embout inox.
- AV 4082/S1050 - Réservoir circuit vert (amélioration fiabilité clapet navette).
- AV 4086/S1055 - Modification du dégivrage GTG.
- AV 4087/S1056 - Adjonction IVD numérique sur planche de bord C/P.
- AV 4090/S1059 - Chaîne de jaugeage combustible.

- AV 4065/S1038 - Remplacement des pièces coulées en Mg par des pièces coulées en AS7G dans la zone voileure.
- AV 4067/S1040 - Suppression de la chaîne contrôle trim carburant.
- AV 4068/S1041 - Renforcement chape support de vérin trim gauchissement.
- AV 4072/S1043 - Amélioration de l'ouverture et fermeture des portes parachutistes.
- AV 4073/S1044 - Remplacement radar météo AIR * Equip. RDR/DMB par radar OMERA ORB 37.
- AV 4074/S1045 - Remplacement SP 40 par PA SFIM 51.
- AV 4075/S1046 - Echelles de corde AR (voir S713).
- AV 4076/S1047 - Amélioration de l'étanchéité des antennes de fond du fuselage.
- AV 4077/S1048 - Remplacement du système de navigation Doppler BENDIX - Calculateur CROUZET type 62 par Doppler EMD RDN 72 - Calculateur CROUZET NADIR.
- AV 4081/S1049 - Clapets de surpression - Remplacement embout alliage léger par embout inox.
- AV 4082/S1050 - Réservoir circuit vert (amélioration fiabilité clapet navette).
- AV 4086/S1055 - Modification du dégivrage GTG.
- AV 4087/S1056 - Adjonction IVD numérique sur planche de bord C/P.
- AV 4090/S1059 - Chaîne de jaugeage combustible.

10. PROJET DE MODIFICATION AVORTÉ DE LA CIT 1983

Provenance : CIT
Date : octobre 1983

Référence à la modification adoptée en 1977 sur la 2^{ème} série : il s'agit donc d'un rattrapage

Antr. Stelle / Demand.		Vorgang / Référence		Datum / Date		Antr. Stelle / Demand.		Vorgang / Référence		Datum / Date		
C.I.T.				10.83								
Beschreibung / Description Ersatz der Verkabelung der eingetauchten Pumpen.						Remplacement du câblage des pompes immergées.			Dringlichkeit / Urgence D-4 U			
Zweck der Änderung / But Gültig fuer 1. Serie Abhilfe fuer die Schwaedigung der elektrischen Installation unter Kerosin-Wirkung.						Valable 1^{ère} Série Pallier la détérioration de l'installation électrique sous l'action du kérosène.						
Kurzbeschreibung; Folge-Nr. Beschreibung zusammenf. Nr. Plan Ersetzen der Leiter Typ FILOTEX 2000B durch Leiter Typ 2100.						Remplacer les conducteurs type 2000B FILOTEX par des conducteurs type 2100.						
Anwendung / Application	Laufende Fertigung / Chain		Umrüstung / Rattrapage avant livraison		Nachrüstung / Rattrapage après livraison		Kostenträger / Imputation					
	S.O.		S.O.		AO et 1 ^{ère} série F							
Anschlüsse auf / Références sur	Gewicht / Poids		Energiebilanz / Bilan		Anforderbarkeit / Intérêt		Bed.-Geräte / Matériel service					
	NEIN / NON		NEIN / NON		NEIN / NON		NEIN / NON					
Verweise / Enco	Schwarzschaltung / Centrale		Dokumentation / Documentat.		Ersatzteilbeschaffung / Approvisionnement		Banc EMI - Palmer					
	NEIN / NON		JA / OUI		JA / OUI		NEIN / NON					
Bemerkungen / Observations	Durchzuführen / à effectuer						Flugzeug / Avion					
	Ergebnisse / Résultats						Anlage / Documents joints					
				19 83	Datum / Date	Name / Nom						
				ausgestellt / établi par	10.83	[REDACTED]						
				Ans. / Ed.	1							
				Dat. / Date	10.83							

Problématique clairement exposée, solution envisagée dès 1983.

Portée : toute la flotte pré et première série.

11. SIGNAUX CONVENTIONNELS AU SOL

FICHE N° 1

SIGNAUX DE CIRCULATION DES AERONEFS AU SOL

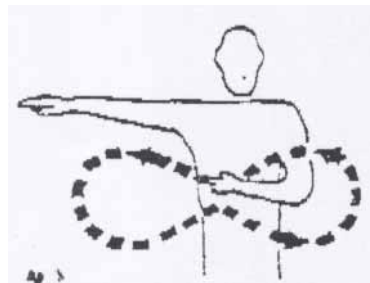
Les signaux de circulation des aéronefs au sol sont décrits par l'instruction XXVI-30, mémento du chef d'escale et de l'officier d'embarquement en matière de transport aérien militaire, chapitre 2, annexe. II.

Ils sont conformes à la signalisation adoptée par l'OTAN et définis dans le **STANAG 3117**.

Le personnel chargé des signaux de circulation au sol doit porter une tenue distinctive (gilet de signalisation d'une couleur fluorescente internationale orange ou jaune) sauf lorsque les conditions opérationnelles l'empêchent.

Pour les opérations de nuit, les barres lumineuses seront utilisées en paires de la même couleur.

FEU



- **DE JOUR** : Agiter rapidement le bras en formant un huit horizontal au niveau de la taille avec un bras et pointer avec l'autre bras en direction du foyer d'incendie.
- **DE NUIT** : Identique au signal de jour, mais en utilisant des barres lumineuses.

12. RAPPORT D'EXPERTISE DU CEAT

L'intégralité de ce rapport est fournie en pièce jointe.

Page intentionnellement blanche