

RAPPORT D'ANALYSE DE DÉFAILLANCE

TRANSPONDEURS MODE S

AIRBUS A320

Référence: RAF-A320-TMS-2025-090

Classification: TECHNIQUE / USAGE INTERNE

Date d'analyse: 23 mai 2025

Échantillon: Transpondeur Mode S #TMS-47-85632

Catégorie: Éléments électroniques de communication

Niveau d'urgence pour changement: Normal

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Ce rapport présente les résultats de l'analyse de défaillance effectuée sur un transpondeur Mode S déposé lors de la maintenance programmée d'un Airbus A320-251N (MSN 9245). L'analyse a été réalisée suite à des pertes intermittentes de l'identification Mode S signalées par plusieurs centres de contrôle aérien.

Objectifs de l'analyse: - Identifier la nature et l'étendue de la défaillance - Déterminer les mécanismes de dégradation - Évaluer l'impact sur la sécurité des vols - Formuler des recommandations pour la maintenance de la flotte

Historique du composant: - Heures de vol: 9,850 - Cycles: 5,420 - Date de mise en service: Août 2022 - Dernière inspection: Février 2025

2. MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

2.1 Examen visuel et macroscopique

L'inspection visuelle a révélé une usure normale de l'équipement sans dommage externe apparent. L'ouverture du boîtier a mis en évidence des traces d'oxydation sur certains connecteurs internes et une légère décoloration des cartes électroniques près des composants de puissance.

Observations macroscopiques: - Boîtier externe en bon état - Connecteurs externes propres et sans corrosion - Traces d'oxydation sur connecteurs internes J3 et J7 - Décoloration thermique autour de l'amplificateur de puissance - Accumulation de poussière sur les dissipateurs thermiques - Absence de dommage mécanique interne majeur

2.2 Analyse électrique

Des tests électriques ont été effectués pour évaluer les performances du transpondeur.

Paramètre	Valeur nominale	Tolérance	Valeur mesurée	Écart
Tension d'alimentation	28,0 V DC	$\pm 1,0$ V	27,8 V	-0,2 V
Consommation (veille)	0,8 A	$\pm 0,2$ A	0,9 A	+0,1 A
Consommation (émission)	3,5 A	$\pm 0,5$ A	4,2 A	+0,7 A
Résistance d'isolement	>10 M Ω	-	8,5 M Ω	Non conforme
Impédance de sortie RF	50 Ω	± 2 Ω	53 Ω	+3 Ω
Temps de réponse	<100 μ s	-	95-180 μ s	Intermittent

Les mesures révèlent une consommation électrique excessive en mode émission et un temps de réponse instable.

2.3 Analyse RF

Des tests RF ont été effectués pour évaluer les performances d'émission et de réception.

Paramètre	Valeur nominale	Tolérance	Valeur mesurée	Écart
Puissance de sortie	250 W	± 30 W	210-245 W	Instable
Fréquence d'émission	1090 MHz	$\pm 0,2$ MHz	1089,9 MHz	-0,1 MHz
Sensibilité réception	-74 dBm	-	-71 dBm	+3 dBm
Sélectivité	>60 dB	-	58 dB	-2 dB
Taux d'erreur bit	$<10^{-6}$	-	3×10^{-5}	Non conforme
Suppression des lobes secondaires	>45 dB	-	42 dB	-3 dB

Les mesures montrent une puissance de sortie instable et une dégradation de la sensibilité et du taux d'erreur bit.

2.4 Analyse fonctionnelle

Des tests fonctionnels ont été réalisés pour évaluer les performances du transpondeur dans différents modes.

Mode	Test	Résultat	Observation
Mode A	Identification	Conforme	Stable
Mode C	Altitude	Conforme	Stable
Mode S élémentaire	Adresse 24 bits	Intermittent	Perte d'identification
Mode S amélioré	Données ADS-B	Défaillant	Transmission incomplète
Mode S EHS	Paramètres avion	Défaillant	Données corrompues
TCAS	Résolution de conflit	Intermittent	Réponses manquantes

Les tests révèlent des défaillances principalement dans les fonctions Mode S avancées et TCAS.

2.5 Analyse des composants

L'analyse détaillée des composants a été réalisée après démontage complet.

Composant	Observation	Impact
Amplificateur de puissance	Surchauffe, dégradation	Puissance instable
Oscillateur local	Dérive de fréquence	Précision réduite
Processeur de signal	Fonctionnel	Aucun
Mémoire EEPROM	Corruption partielle	Perte de configuration
Alimentation	Régulation instable	Fluctuations de performance
Connecteurs internes	Oxydation contacts	Intermittences
Circuit de codage	Fonctionnel	Aucun
Circuit de décodage	Dégradation	Erreurs de réception

L'analyse révèle des problèmes multiples affectant plusieurs sous-systèmes.

2.6 Tests de simulation

Le transpondeur a été soumis à des tests de simulation pour reproduire les conditions de défaillance.

Test	Conditions	Résultat	Observation
Cycle thermique	-55°C à +70°C	Défaillance à +65°C	Perte de Mode S

Test	Conditions	Résultat	Observation
Test d'endurance	12h à pleine puissance	Dégradation progressive	Surchauffe
Test d'altitude	Simulation 43,000 ft	Conforme	Pas d'anomalie
Test EMI/EMC	DO-160G	Sensibilité accrue	Interférences
Test vibratoire	10-2000 Hz, 6g	Intermittences	Problèmes de contact

Les tests confirment que les conditions thermiques et les vibrations aggravent les symptômes de défaillance.

3. INTERPRÉTATION ET CONCLUSIONS

3.1 Mécanisme de défaillance

L'analyse indique que la défaillance est due à une combinaison de facteurs: - Dégradation thermique de l'amplificateur de puissance due à une accumulation de poussière sur les dissipateurs - Oxydation des connecteurs internes entraînant des contacts intermittents - Corruption partielle de la mémoire EEPROM affectant les paramètres de configuration Mode S - Instabilité de l'alimentation causant des fluctuations de performance - Dérive de l'oscillateur local réduisant la précision en fréquence

Les facteurs contributifs probables sont: 1. Exposition prolongée à des températures élevées (installation près de sources de chaleur) 2. Vibrations excessives dues à une fixation insuffisamment serrée 3. Cycles thermiques répétés (altitude/sol) 4. Vieillesse normal des composants électroniques

3.2 Évaluation de la sécurité

La défaillance observée présente un niveau de risque **MODÉRÉ** pour les raisons suivantes: - Les fonctions Mode A et C restent opérationnelles, assurant l'identification de base - La défaillance est progressive et détectable par les systèmes de surveillance - Les pertes d'identification Mode S sont intermittentes et non permanentes - Le système TCAS reste partiellement fonctionnel - La redondance des systèmes de surveillance ATC limite l'impact opérationnel

Cependant, la dégradation des fonctions Mode S et TCAS pourrait affecter: - La précision de la surveillance ATC dans les espaces aériens à forte densité - La résolution des conflits TCAS dans certaines situations - La fiabilité des données ADS-B utilisées par d'autres aéronefs

3.3 Recommandations

Sur la base de cette analyse, les recommandations suivantes sont formulées:

1. Pour le composant analysé:

2. Mise au rebut définitive (non réparable)

3. Conservation comme échantillon de référence pour formation

4. Pour la flotte:

5. Inspection spéciale des transpondeurs Mode S sur les appareils ayant accumulé >4000 cycles

6. Réduction de l'intervalle d'inspection de 2000 à 1500 cycles pour les transpondeurs Mode S

7. Vérification de la fixation mécanique et de la ventilation des équipements

8. Nettoyage préventif des dissipateurs thermiques lors des visites A-check

9. Pour la maintenance:

10. Mise à jour de la procédure d'inspection avec attention particulière aux connecteurs internes

11. Formation spécifique des techniciens sur la détection précoce des défaillances

12. Révision de la procédure de test fonctionnel (ajout test d'endurance thermique)

13. Pour la conception:

14. Évaluation de l'utilisation de connecteurs plaqués or pour les futures installations

15. Amélioration de la dissipation thermique autour des amplificateurs de puissance

16. Considération d'un revêtement conforme pour les cartes électroniques

Analyse réalisée par:

[Signature]

Dr. Éric Martin

Ingénieur Avionique Senior

Certification EASA Part-66 B2 #FR.66.2588

Approuvé par:

[Signature]

Isabelle Renaud

Responsable Bureau d'Analyse Technique

EASA Part-145 #FR.145.0824

Ce rapport est conforme aux exigences EASA Part-145.A.45 et FAA AC 43-210.

Note concernant le changement de pièce:

Niveau d'urgence: **NORMAL**

Le remplacement de ce composant doit être planifié dans les 500 heures de vol ou 300 cycles, selon la première échéance. Une surveillance renforcée des performances du transpondeur est requise jusqu'au remplacement.