

RAPPORT 1186

UTILISATION DE LA BANDE DE FREQUENCES 4 200 A 4 400 MHZ
PAR LES RADIOALTIMETRES
(Question 94/8)1. Introduction

(1990)

1.1 En réponse à la Recommandation 606 (MOB-87), la Question 94/8 demande quelle est la largeur de bande nécessaire pour maintenir la précision de fonctionnement que doivent présenter les radioaltimètres. L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a fait une enquête auprès de ses Etats Membres et des principaux fabricants de radioaltimètres. En outre, les autorités de l'aviation civile au Royaume-Uni ont fait une étude [Ingless, 1989] couvrant les types actuels et prévus de radioaltimètres.

2. Besoins opérationnels

2.1 Les radioaltimètres constituent une partie intégrante essentielle des systèmes d'aéronef. Ils assurent une fonction opérationnelle importante pour les appareils en vol et ils sont utilisés dans une large gamme de types d'aéronef. Eu égard à leur précision et à leur exactitude très élevées à des altitudes égales ou inférieures à 1000 pieds, ils assument une fonction de contrôle d'altitude dans de nombreux systèmes d'approche et d'atterrissage automatiques d'aéronef. En particulier, l'altitude indiquée par le radioaltimètre sert à contrôler lors des manoeuvres d'arrondi la transition entre la descente et le point d'atterrissage sur la piste au cours des dernières phases de l'atterrissage automatique. Des normes de sécurité de l'ordre d'une panne sur 10^9 opérations ne sont pas rares et témoignent du très haut niveau de fiabilité de ces équipements. Des configurations reposant sur le doublement, voire le triplement des éléments sont les méthodes types utilisées pour obtenir les très hauts niveaux de fiabilité des systèmes.

2.2 Dans bien des aéronefs, les radioaltimètres sont aussi couplés directement avec les dispositifs avertisseurs de proximité de sol (GPWS), qui avertissent quand l'aéronef descend dangereusement au-dessous de sa trajectoire de descente ou si monte à sa rencontre un aéronef, dont la trajectoire risque de couper sa trajectoire de descente. De nombreux pays exigent l'installation du GPWS sur tous les aéronefs commerciaux immatriculés chez eux.

2.3 Pour les mesures d'altitudes supérieures, les radioaltimètres du type à impulsions sont très couramment utilisés.

2.4 Le radioaltimètre installé pendant la construction d'un aéronef y reste normalement pendant toute la durée de vie de l'appareil. Il est donc peu probable qu'une modification de spécification ou de conception puisse être pleinement efficace avant de nombreuses années, le délai étant d'au moins 25 ans entre le moment où les spécifications sont adoptées et leur mise en oeuvre complète.

3. Besoins de précision opérationnels

3.1 Pour satisfaire aux besoins opérationnels de précision d'altimètre qui ont été fixés par les autorités chargées de la réglementation dans les divers Etats, des normes de fonctionnement des altimètres ont été décidées au niveau international. Ces normes de fonctionnement sont spécifiées dans le Document ARINC 707-1 (fondé sur le Technical Standard Order C87 et le Document RTCA DO-155) d'Aeronautical Radio Incorporated et sur le Document ED-30 de l'Organisation européenne pour l'électronique de l'Aviation civile (EUROCAE). Compte tenu de la relation directe, dans les altimètres à modulation de fréquence et onde entretenue entre l'excursion de fréquence et la précision, les spécifications de précision provenant des documents précités et mentionnées ci-après présentent un intérêt particulier:

ARINC 707-1, section 3.7

- Précision: celle des deux valeurs qui est la plus grande: 1,5 pied ou 2% entre 20 et 2 500 pieds
- Bruit de sortie: 0,25 pied (valeur efficace)
- Résolution de sortie: 0,125 pied.

EUROCAE ED-30, section 3.2.4

- Précision: celle des deux valeurs qui est la plus grande: 1,5 pied ou 2%, entre 3 et 100 pieds
- Bruit de sortie: 0,25 pied.

3.2 De plus, des spécifications ont été énoncées pour une précision meilleure que celle indiquée ci-dessus. Les aéronefs équipés de systèmes d'atterrissage entièrement automatiques et dotés d'une nouvelle aptitude d'approche courbe et d'autres perfectionnements techniques qui sont mis en service visent à alléger un peu l'encombrement croissant constaté dans la quasi-totalité des aéroports. Mais cela se traduit par la nécessité de disposer d'altimètres plus précis.

4. Types et applications d'altimètres

4.1 Altimètres à modulation de fréquence et onde entretenue (FMCW)

4.1.1 Les altimètres FMCW sont utilisés sur la quasi-totalité des aéronefs civils, y compris sur de nombreux appareils d'aviation générale. La technique FMCW assure une meilleure précision que les autres types; elle se prête donc mieux à un couplage avec les dispositifs avertisseurs de proximité de sol et les systèmes d'atterrissage de précision.

4.1.2 Les paramètres d'un certain nombre de radioaltimètres actuels ont été étudiés par les autorités britanniques (UK CAA [Ingless, 1989]) et sont reproduits au Tableau I. Cet échantillon réduit montre qu'il est possible que la limite de déviation inférieure soit aussi basse que 4 200 MHz et que la limite supérieure soit aussi haute que 4 392 MHz. Cela suggère qu'il serait imprudent de réduire la bande de fréquences tant que l'équipement actuel est encore en service.

TABLEAU I

Détails des altimètres FMCW

	Fréq. centrale (MHz)	Stabilité (MHz)	Excursion de fréquence (MHz) ⁵	Limite de fréquence (MHz)
EQUIP 1	4 300	± 30	123	4 208 - 4 392
EQUIP 2	4 300	± 10	130 ¹	4 210 - 4 390 ²
EQUIP 3	4 300	± 15	100	4 200 - 4 300 ³
EQUIP 4	4 300	± 40	100 ¹	4 235 - 4 362 ⁴
EQUIP 5	4 300	± 50	100	4 225 - 4 375

Note 1 - Il s'agit d'une valeur nominale.

Note 2 - Cité par le constructeur.

Note 3 - Cité par le constructeur mais ne concorde pas avec les autres paramètres.

Note 4 - Valeur arrondie à partir des mesures d'échantillon [Ingless, 1989].

Note 5 - Différence entre les valeurs maximales et minimales de la fréquence pendant un cycle de modulations.

4.1.3 Lorsqu'on étudie l'intégrité du fonctionnement des radioaltimètres, il est indispensable d'évaluer le brouillage potentiel dû à des services fonctionnant dans les bandes adjacentes afin d'établir une bande de garde. En particulier, il faut noter que les signaux avec une fréquence porteuse ou de bande latérale dont les battements peuvent se combiner avec le signal du radioaltimètre pour produire une basse fréquence sont potentiellement préjudiciables.

4.1.4 Selon certaines indications, de nouvelles techniques ou d'autres techniques FMCW pourraient fournir la même précision avec une moindre largeur de bande. Si cela se révèle exact, il pourra être possible (vers 2015) de réduire la largeur de bande attribuée.

4.2 Altimètres du type à impulsions

4.2.1 La largeur de bande occupée par un radioaltimètre type à impulsions est de 70 MHz. Mais certains constructeurs et/ou exploitants répartissent la fréquence centrale sur la bande de 200 MHz disponible pour améliorer l'intégrité du signal dans certaines conditions opérationnelles. Toute réduction de la largeur de bande disponible compromettrait ce gain d'intégrité. Ces altimètres du type à impulsions sont destinés à être utilisés à haute altitude et ne satisfont pas aux exigences de précision à basse altitude.

4.3 Altimètres à étalement du spectre

4.3.1 Les programmes actuels de mise au point utilisent des techniques d'étalement du spectre pour obtenir la précision et l'intégrité de signal requises. Un système de ce type, qui sera bientôt dans le commerce, emploie toute la largeur de bande de 200 MHz. Les progrès ultérieurs permettront peut-être un fonctionnement avec une largeur de bande réduite sans diminution de la précision requise dans des conditions défavorables.

5. Conclusion

5.1 La totalité de la bande 4 200 à 4 400 MHz actuellement attribuée est nécessaire jusqu'à l'an 2015 au moins.

5.2 Les spécifications actuelles de précision peuvent être satisfaites avec une moindre largeur de bande, mais un complément d'étude est nécessaire compte tenu de la possibilité que soient spécifiées de nouvelles normes de précision améliorées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INGLESS, R.M. [septembre 1989] - Report on the feasibility of reducing the radio altimeter band (4 200 - 4 400 MHz).
