

Matrice de conformité MoC2511 FTS – V2



Note : ce document est basé sur le [MOC Light-UAS.2511-01](#).

Le postulant est invité à vérifier si une version plus récente du MoC existe, et à lire en détail les exigences contenues dans ce Means of Compliance.

Item		Source de l'exigence (§ du MOC)	Élément de réponse	Références documentaires
Généralités	Le FTS interrompt le vol	Note introductive	Oui, interfacé entre les batteries et le drone, le FTS coupe l'alimentation générale du drone. Ce qui provoque l'arrêt des moteurs et donc l'interruption du vol Un schéma fonctionnel est montré dans le dossier technique	Page 2 du Dossier technique Mavic 3E
	UAS utilisé en opération SAIL I ou SAIL II	§ 1	<input type="checkbox"/> SAIL I <input type="checkbox"/> SAIL II	
	UAS de dimension caractéristique inférieure à 3 mètres ou justification de l'applicabilité (couple énergie cinétique / vitesse)	§ 1	Dimension caractéristique de l'UAS : 62 cm	Document descriptif de l'UAS: Page 11 dossier technique Mavic 3E
	Activation du système : <ul style="list-style-type: none"> • Manuelle, ou • Automatique 	§ 2.1	Activation manuelle	
	Document décrivant l'architecture du FTS et son principe de fonctionnement	§ 2.1	Un schéma fonctionnel de l'ensemble UAS + FTS est donné dans le dossier technique	Page 2 du Dossier technique Mavic 3E
	Document décrivant l'installation du FTS sur l'UAS	§ 2.1	Le coupe-circuit s'installe par Flying Eye mais un guide d'installation du parachute se trouve dans le manuel	Manuel de vol, page 6 à 8

Item		Source de l'exigence (§ du MOC)	Élément de réponse	Références documentaires
	Le télépilote doit avoir les moyens de détecter si le FTS n'est pas disponible en raison de la défaillance de l'un des éléments contribuant à son bon fonctionnement (y compris le lien de commande) Note : pour les UAS en essaim, le télépilote doit avoir les moyens de détecter une perte du lien de commande FTS pour chaque UAS	§ 2.1	L'affichage sur l'écran de l'état de la liaison, bidirectionnelle et du segment à bord permet au télépilote de détecter toute défaillance	Manuel de vol, page 11
	Les fréquences utilisées pour le FTS sont libres d'utilisation et les puissances sont inférieures aux limites	Réglementation nationale	Fréquences et puissances : 869MHz, 100mW (duty cycle : 10%)	Page 2 et 6 dossier technique Mavic 3E
Ségrégations	Généralités			
	Le segment embarqué du FTS doit être ségrégué de l'architecture du système de commande de vol du drone ainsi que de tout autre élément dont la défaillance peut entraîner une perte de confinement. (1)	§ 2.1.1	Oui, le segment embarqué est complètement indépendant excepté l'alimentation électrique.	Page 2 dossier technique Mavic 3E
	Cas d'un FTS à activation manuelle			
	Le récepteur embarqué du FTS doit être indépendant de celui utilisé pour la liaison C2 (C2 = « Command & Control »).	§ 2.1.1	Oui un récepteur est dédié uniquement à la liaison radio du FTS	Page 2 dossier technique Mavic 3E
	La ou les unité(s) utilisée(s) pour déclencher le FTS doivent être ségréguées de l'unité de commande (CU) utilisée pour le contrôle de l'UAS en opérations. La ségrégation doit être telle que le fonctionnement correct du FTS ne sera pas affecté en cas de perte ou de dysfonctionnement de l'unité de commande.	§ 2.1.2	La télécommande du FTS est complètement indépendante de l'unité de commande de l'UAS	Page 2 dossier technique Mavic 3E
La bande de fréquence utilisée par le FTS est séparée de celle(s) utilisée(s) pour la liaison C2 (si la technologie cellulaire est utilisée à la fois pour le C2 et le FTS, il est recommandé d'utiliser des opérateurs différents).	§ 2.1.3	La bande de fréquence utilisée par le FTS est 869mhz quant à celles utilisées pour la liaison C2 sont 2.4GHz et 5.8Ghz	Page 2 et 6 dossier technique Mavic 3E	
Cas d'un FTS à activation automatique				

	Item	Source de l'exigence (§ du MOC)	Élément de réponse	Références documentaires
	Le déclenchement automatique du FTS doit reposer sur des systèmes qui ne sont pas utilisés pour le maintien du drone dans l'enveloppe de vol en situation normale. En particulier l'information de positionnement utilisée pour le déclenchement du FTS ne peut provenir de la même source que celle(s) utilisée(s) par l'autopilote (mais la technologie utilisée peut être la même).	§ 2.1.1	Non applicable	Non applicable
Essais	Un rapport d'essai doit être disponible pour chaque essai, contenant a minima : <ul style="list-style-type: none"> • La date et l'heure de l'essai ; • La configuration de l'essai (configuration du drone, du FTS, équipement d'essai utilisé, etc.) ; • Les résultats de l'essai • L'analyse des causes et les actions prises en cas d'essai non réussi (2) 	§ 2.2		
	Essais au banc (3)	§ 2.2.1	Nombre d'activations : 12 Commentaires : Le test est réussi	Rapport de test FTS01
	Essais d'intégration au sol (4)	§ 2.2.2	Nombre d'activations : Portée max vérifiée : 2km Commentaires : 10 déclenchements ont été effectués avec succès à 2000 m de distance	Rapport de test FTS02
	Essais en vol (5)	§ 2.2.3	Nombre d'activations : 31 Distance max vérifiée : 2km Hauteur min vérifiée :20m Hauteur max vérifiée :120m Commentaires : Des tests avec un drone captifs ont été réalisé jusqu'à 4900m, des tests supplémentaires avec un drones non captifs ont été réalisé jusqu'à 1000m (limites légale)	Rapport de test FTS03A + Rapport de test FTS03B

	Item	Source de l'exigence (§ du MOC)	Élément de réponse	Références documentaires
	Essais d'endurance (6)	§ 2.2.4	Nombre d'activations : 700 Commentaires : L'UAS est en parfait état à après les 700 activations	Rapport de test FTS04
	Moyen de réduction de la dynamique d'impact (ex : parachute) : l'intégration d'un tel moyen dans le FTS n'est pas obligatoire mais si elle prévue, il convient de s'assurer par des essais en vol qu'elle n'a pas d'incidence négative sur la sécurité de l'opération et le bon fonctionnement du FTS. <u>Note</u> : le MOC ne traite pas des performances de ces moyens en termes de capacité à réduire l'énergie cinétique.	§ 3	Surface du parachute : 1 parachutes de 1.1 mètre carré Commentaires : Aucun incident n'a été observé durant la totalité des tests.	Tous les rapport de tests
Utilisation, entretien et suivi	Le manuel de vol (MV) de l'UAS contient les limites et conditions d'utilisation du FTS, y compris les fréquences utilisées (7).	§ 2.3	Les limites opérationnelles sont indiquées dans le Manuel de vol Fréquence utilisée : 869MHz	Manuel de vol, page 14 Manuel de vol page 4
	Le MV contient les procédures d'utilisation du FTS	§ 2.3	Des instructions sont présentes dans le Manuel de vol	Manuel de vol, page 13
	Le MV prévoit un contrôle au sol du FTS avant le premier vol de la journée sur un site d'opération donné. (8)	§ 2.3	Un tests pré-vol est prévu dans le Manuel de vol	Manuel de vol, page 12
	Le MV contient la procédure de détermination de la dimension minimale de la zone tampon (« ground risk buffer »). (9)	§§ 2.3 et 2.5	Taille minimum du « ground risk buffer » : Commentaires : La méthode de détermination du GRB est décrite dans le Manuel de vol	Manuel de vol, page 14
	Des instructions de maintenance doivent être établies pour garantir que le FTS fonctionnera comme prévu pendant toute la durée de vie du système installé. Ces instructions doivent inclure notamment les actions à prendre après avoir atteint le nombre maximal d'activations déterminé lors des essais d'endurance.	§ 2.4	Nombre maximum de déclenchements du FTS : 700 Commentaires : Ces instructions sont présentes dans le Manuel de vol	Manuel de vol, page 15
	Un document ou logiciel permet le suivi des heures de vol et des activations FTS. (10)	§ 2.4	Ce document est remis au client lors de la vente du produit	Fiche suivi parachute.pdf

(1) Ne sont pas concernées les défaillances qui entraîneraient un crash exclusivement dans le volume opérationnel ou la zone tampon (ground risk buffer). Par exemple, le segment embarqué du FTS peut utiliser la même alimentation électrique que l'UAS, car la perte de l'alimentation électrique pourrait être considérée comme une défaillance entraînant un crash dans le volume opérationnel. Dans ce cas, un fonctionnement erroné de l'alimentation électrique embarquée (tension hors plage, inversion de polarité) ne devrait pas entraîner une perte de confinement et une perte du FTS. Lorsque le MOC est utilisé de manière déclarative et n'est pas complété par une Design Verification de l'EASA, la seule exception à la ségrégation architecturale complète concerne l'alimentation électrique.

(2) Quand un essai n'est pas réussi (FTS non activé, incorrectement activé ou indûment activé), le rapport doit faire état de l'analyse des causes racines ainsi que des modifications du FTS et/ou de la configuration de l'équipement d'essai qui ont pu s'avérer nécessaires. La série d'essais ne doit pas être reprise sans que la défaillance ait été enregistrée et analysée. Les essais ne sont considérés comme réussis que lorsque les essais au banc, au sol, en vol et de bout en bout exécutés consécutivement conformément au MOC ont été réussis. Toute défaillance nécessite une analyse de la cause racine, une modification éventuelle du système, la justification de cette modification et son enregistrement dans la documentation, ainsi qu'une nouvelle exécution des essais en commençant par les essais au banc.

(3) Les essais au banc doivent être effectués sur le FTS désinstallé, dans un environnement contrôlé.

En cas d'activation manuelle, l'opérateur doit déclencher la fonction de terminaison avec la commande sol et vérifier qu'un signal de terminaison correct est reçu par le récepteur du FTS (typiquement, il faut vérifier que le signal causant la coupure de l'alimentation des moteurs est correctement activé).

En cas d'activation automatique, doivent être fournies en entrée du FTS les informations qui entraîneraient son déclenchement en vol (exemple : lorsque l'activation du FTS est déterminée sur la base de la position de l'UAS ou d'une élaboration de cette position, cette information doit être fournie au FTS pour entraîner son activation).

Le nombre d'essais doit être adapté à la complexité du FTS, avec un minimum de dix (10) essais.

Les essais au banc sont considérés comme réussis lorsque l'ensemble des essais est réussi consécutivement.

(4) Ces essais doivent démontrer l'activation correcte du FTS tel qu'il est installé sur l'UAS et l'obtention de l'effet souhaité sur l'UAS.

En cas d'activation manuelle, les essais doivent permettre de tester la distance opérationnelle maximale du drone par rapport à l'antenne qui transmet la commande de terminaison. L'unité FTS au sol doit être connectée à l'antenne comme dans le cas d'une opération réelle.

En cas d'activation automatique, doivent être fournies en entrée du FTS les informations qui entraîneraient son déclenchement en vol. Dans ce cas, l'activation doit être vérifiée pour un ensemble de conditions couvrant uniformément toute l'enveloppe d'activation, tout en limitant la granularité de ces vérifications.

Lorsque le FTS déploie un parachute, il est possible de ne pas installer le parachute ; il suffit de s'assurer que l'arrêt du vol serait déclenché correctement et que le signal provoquant le déploiement du parachute est correctement reçu.

Le nombre d'essais doit être adapté à la complexité du FTS, avec un minimum de dix (10) essais.

Les essais au sol sont considérés comme réussis lorsque l'ensemble des essais est réussi consécutivement.

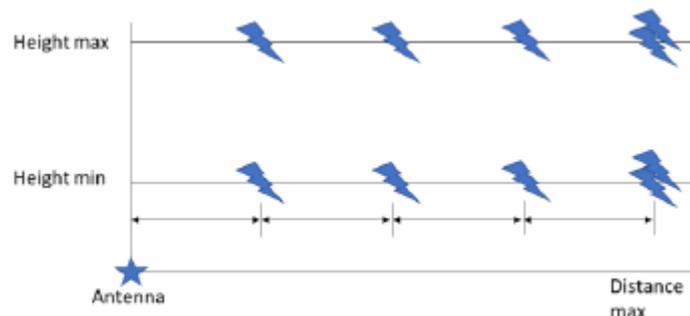
(5) Les essais en vol doivent être effectués dans des conditions à faible risque (typiquement : une opération VLOS dans une zone contrôlée au sol, où la probabilité de rencontrer un autre aéronef est négligeable, et avec un risque très faible lié aux zones adjacentes).

Les essais en vol ne sont pas obligatoires pour les UAS de moins de 900 grammes (à moins qu'ils ne remplacent les essais au sol). Ils sont toutefois fortement recommandés notamment lorsque ces UAS sont utilisés dans le cadre de spectacles aériens.

Les essais en vol doivent démontrer l'activation correcte du segment embarqué du FTS, mais une configuration « non destructive » représentative peut être envisagée (par exemple, enregistrement numérique du signal FTS censé couper l'alimentation des moteurs lorsque le FTS est actionné, mais sans que ce signal ne coupe effectivement les moteurs pendant les essais).

Les scénarios minimaux suivants doivent être testés :

- UAS volant en ligne droite et en palier depuis ou vers l'antenne transmettant le signal d'interruption de vol, à la hauteur minimale et maximale prévue pendant l'opération. Au moins 10 activations doivent être testées :
 - 5 à la hauteur minimale, dont 2 testant la distance maximale de fonctionnement à cette hauteur, les 3 autres étant réparties de manière à peu près égale, comme indiqué ci-dessous :



- 5 à hauteur maximale, dont 2 testant la distance maximale de fonctionnement à cette hauteur, les 3 autres étant répartis de manière à peu près égale comme indiqué ci-dessus.
- UAS volant en ligne droite et en palier dans une direction perpendiculaire aux trajectoires mentionnées ci-dessus, aux mêmes hauteurs que ci-dessus, avec la même répartition que ci-dessus.

(6) Ces essais visent à évaluer le bon fonctionnement du système FTS intégré à un UAS particulier pendant toute la durée de vie de l'UAS.

Les essais doivent être effectués en utilisant la même combinaison FTS-UAS qui a été soumise aux essais au sol et en vol.

Le nombre d'activations (déclenchement du FTS et observation du bon fonctionnement) doit être égal au nombre d'activations prévues du FTS pendant toute sa durée de vie (en tenant compte des vérifications avant le vol, des vérifications de maintenance et des vérifications de remise en service). Le laps de temps pendant lequel ces essais sont effectués dépend de l'organisation des essais (c'est-à-dire que les activations peuvent être effectuées dans une séquence rapide, en tenant compte du fait que l'unité peut avoir besoin de se reposer suffisamment longtemps pour éviter des effets néfastes).

Les informations relatives à ce nombre maximal d'activations doivent figurer dans le manuel d'entretien.

(7) En cas de présence dans la zone de vol de sources émettrices de radiofréquences de haute puissance, les fréquences utilisées par le FTS ne doivent pas être interférées avec de telles fréquences. Le manuel de vol doit contenir les informations pertinentes sur les bandes de fréquences utilisées et l'évitement des zones susceptibles de provoquer des interférences.

(8) Ce contrôle est destiné à minimiser la possibilité de défaillances latentes. En cas d'échec, le FTS doit être remplacé avant le vol, puis revérifié. Lorsque le FTS est associé à des moyens de réduction de la dynamique d'impact (par exemple, un parachute), le déploiement de ces moyens peut être évité lors du test, à condition que tous les autres éléments de la chaîne contribuant au bon fonctionnement du FTS soient vérifiés.

(9) La procédure de détermination de la dimension minimale de la zone tampon (« ground risk buffer ») doit être spécifiée dans le manuel de vol et doit garantir que toute activation du FTS entraîne un crash de l'UAS dans les limites du buffer.

Pour les facteurs et hypothèses à prendre en compte, voir le § 2.5 du MOC.

Dans le cadre de la délivrance de l'autorisation d'exploitation, l'autorité peut imposer pour le calcul de la dimension du buffer la prise en compte de considérations opérationnelles, pouvant conduire à une dimension différente de celle établie sur la base des éléments décrits dans le MOC.

Dans le cas des giravions et des multirotors, la DGAC a publié une note relative à la détermination de la dimension du buffer, ainsi qu'un outil de calcul sous Excel.

(10) La fiabilité en service du FTS doit être suivie en enregistrant les données suivantes :

- Nombre d'heures de vol (HV) accumulées par l'UAS avec le FTS installé ;
- En cas d'échec de l'activation du FTS lors de la visite pré-vol, enregistrer le nombre d'HV de l'UAS au moment de l'échec de l'activation ;
- En cas d'échec de l'activation du FTS pendant le vol, enregistrer :
 - le nombre d'HV de l'UAS au moment de l'échec de l'activation ;
 - la distance entre la CU et l'UAS au moment de la tentative d'activation (le cas échéant) ;
 - le lieu précis de l'opération ;
 - la présence ou non d'émetteurs de forte puissance dans le volume opérationnel.
- En cas d'activation du FTS pendant le vol, enregistrer :
 - si l'activation a été commandée ou non ;
 - le nombre d'HV de l'UAS au moment de l'activation ;
 - la distance entre la CU et l'UAS au moment de l'activation (le cas échéant) ;
 - le lieu précis de l'opération ;
 - la présence ou non d'émetteurs de forte puissance dans le volume opérationnel.

Si la probabilité de défaillance observée en service est supérieure à $10^{-2}/FH$ (compte tenu de l'incertitude statistique), l'exploitant doit le signaler à l'autorité compétente.