



Version : 1.1, 2023-01-01

Directive

Concernant la construction d'un modèle réduit d'hélicoptère > 30k

Référence : BAZL-351.01-7/4/6/11/v1.1



Table des matières

1	Champ d'application	4
2	Procédure d'homologation	4
3	Comportement en exploitation	4
4	Étendue des justificatifs	4
5	Poids de l'aéromodèle	5
5.1	Poids maximum au décollage	5
5.2	Poids à vide	5
6	Essais au sol	5
6.1	Centre de gravité	5
6.2	Jeu des commandes	5
6.3	Contrôles de fonctionnement des commandes	5
6.4	Test de la portée de la radiocommande	5
6.5	Comportement du ou des rotors et moteur	5
6.6	Vibrations	5
6.7	Vitesse de pale maximale	6
6.8	Autres équipements d'exploitation	6
7	Essais en vol	6
7.1	Départ et atterrissage	6
7.2	Manœuvrabilité	6
7.3	Vitesse ascensionnelle	6
7.4	Descente à la verticale et rétablissement	6
7.5	Rétablissement en vol horizontal	7
7.6	Vol rapide	7
8	Résistance	7
8.1	Coefficient de sécurité	7
8.2	Justificatif de la résistance	7
8.3	Calcul de la force centrifuge [N]	7
8.4	Essais	7
9	Structure et montage	7
9.1	Commandes de vol	7
9.2	Articulations de tête de rotor	8
9.3	Course des commandes	8
9.4	Protection du rotor principal contre les collisions	8
9.5	Solidité des fixations	8
9.6	Pales du rotor	8
9.7	Motorisation	8
9.8	Train d'atterrissage	10
9.9	Installations électriques	10
9.10	Radiocommande	11
10	Vérification et contrôle de l'aéromodèle	11

11	Plaque d'identification	11
12	Instructions pour l'exploitation et l'entretien	12
12.1	Dossier du modèle réduit d'avion (classeur bleu).....	12
13	Annexe	13
13.1	Exemple de liste des équipements.....	13
13.2	Vue des équipements installés.....	14

1 Champ d'application

Ce guide s'applique aux modèles réduits d'aéronefs dont le poids maximum autorisé au décollage est supérieur à 30 kg et inférieur ou égal à 150 kg.

Le règlement sur les aéronefs de catégories spéciales (OACS) constitue la base légale. Ce guide concerne les modèles réduits d'aéronefs mentionnés au chapitre 3, section 4. Les cerfs-volants, les parachutes et les ballons captifs¹ ainsi que les drones au sens large² ne sont pas concernés par ce guide.

Les modèles réduits d'aéronefs d'un poids supérieur à 30 kg ne peuvent être utilisés qu'avec l'autorisation de l'OFAC. L'OFAC fixe les exigences en matière d'homologation et les conditions d'exploitation au cas par cas³.

2 Procédure d'homologation

L'autorisation est demandée à l'OFAC au moyen du formulaire de demande. Après un examen technique, l'OFAC délivre une autorisation provisoire d'exploitation pour une durée de 6 mois. Après cet examen, le modèle réduit d'aéronef doit démontrer un comportement opérationnel sûr, qui est confirmé par le détenteur au moyen du programme de vol reconnu par l'OFAC.

Pour se familiariser avec le modèle réduit d'aéronef et pour terminer le programme de vol, il faut effectuer au moins dix vols. Le programme de vol achevé doit être envoyé à l'OFAC avec une copie du carnet de vol du modèle réduit d'aéronef.

Ce n'est qu'ensuite que l'autorisation d'exploitation définitive peut être délivrée pour une durée de deux ans.

3 Comportement en exploitation

L'hélicoptère doit pouvoir être dirigé en toute sécurité et être suffisamment maniable :

- a) Au départ
- b) En vol (vol montant, vol horizontal et vol descendant compris)
- c) À l'atterrissage
- d) Au roulage (si applicable).

4 Étendue des justificatifs

Toutes les configurations de vol souhaitées pour la certification doivent être testées en vol ou au sol (p. ex. charge largable, etc.).

Les justificatifs doivent être fournis conformément à un programme d'essais défini par l'OFAC. Ce dernier remet le programme au requérant après le contrôle technique du modèle. Il est interdit de prendre part à des manifestations publiques d'aviation avant d'avoir accompli les essais en vol.

¹ OACS chapitre 3, section 2

² OACS chapitre 3, section 3

³ OACS article 32

5 Poids de l'aéromodèle

5.1 Poids maximum au décollage

Le poids maximum au décollage doit être établi de manière à ne pas être supérieur au poids au décollage défini par le requérant et lors du contrôle.

5.2 Poids à vide

Le poids à vide de l'aéromodèle comprend le ballast intégré de manière fixe dans l'aéromodèle et l'équipement défini. Le carburant est considéré comme charge utile.

6 Essais au sol

Tous les tests de fonctionnement au sol doivent avoir été réalisés avant d'effectuer l'essai en vol.

6.1 Centre de gravité

Le centre de gravité doit être déterminé et consigné par écrit.

6.2 Jeu des commandes

Les commandes doivent avoir aussi peu de jeu que possible afin d'empêcher le battement des pales du rotor. Le contrôle s'effectue au débattement minimum et maximum du plateau cyclique et de la commande de rotor et pour des angles de pale de 90°, 180°, 270° et 360°. Valeur indicative : 2° de jeu au maximum.

6.3 Contrôles de fonctionnement des commandes

Il convient de contrôler le débattement maximal des pales du rotor et le sens de débattement. Il convient également de vérifier la compatibilité électromagnétique des installations électroniques entre elles.

6.4 Test de la portée de la radiocommande

Pour le test de la portée, on respectera les données du constructeur de l'installation émettrice.

Il y a lieu de vérifier la bonne transmission des signaux de l'installation émettrice à l'installation réceptrice et aux divers éléments de commande.

Pour autant que l'aéromodèle le permette, effectuer le test, moteur en marche et toutes les fonctions enclenchées (p. ex. télémétrie, récepteur GPS, etc.).

6.5 Comportement du ou des rotors et moteur

Un test de fonctionnement est à réaliser pour s'assurer que les rotors et ses accessoires fonctionnent parfaitement.

Il y a lieu de vérifier et de consigner par écrit le comportement du moteur au démarrage, au ralenti, lors de transitions ou en sursrégime, etc. À l'intérieur de la plage d'exploitation, le fonctionnement et les réglages doivent être impeccables. Ne pas oublier également de vérifier l'alignement des pales.

6.6 Vibrations

- a) Dans des conditions normales d'exploitation, les sollicitations vibratoires des pales du rotor ne doivent pas compromettre l'exploitation continue de l'aéromodèle.
- b) Tous les éléments structurels de l'aéromodèle doivent être suffisamment résistants et rigides pour supporter les effets des vibrations induites.

6.7 Vitesse de pale maximale

Il convient de contrôler le respect de la vitesse maximale admise en bout de pale en mesurant la vitesse de rotation au régime maximum et lorsque la vitesse de déplacement en avant est à son maximum. Celle-ci ne doit jamais être dépassée peu importe le mode d'exploitation et doit être consignée dans les manuels d'exploitation. La vitesse en bout de pale ne doit pas dépasser la valeur prescrite par le fabricant ou la vitesse maximale déterminée par d'autres techniques.

$$V_R = d_{RO} \cdot \pi \cdot \frac{n_{RO} \cdot 1.2}{60} + V_{H,max}$$

- V_R Vitesse en bout de pale [m/s]
- d_{RO} Diamètre du rotor [m]
- n_{RO} Vitesse de rotation maximale du rotor [1/min]
- n_{RO} Vitesse maximale de vol [m/s]
- 1.2 Facteur de vitesse de rotation

6.8 Autres équipements d'exploitation

Tout autre équipement d'exploitation doit être contrôlé et son bon fonctionnement attesté.

7 Essais en vol

7.1 Départ et atterrissage

Au départ, l'appareil doit être capable de décoller à la verticale et d'effectuer la transition au vol stationnaire. Il doit en outre être possible d'effectuer les approches en diminuant graduellement la hauteur et la vitesse. Les approches se terminent en vol stationnaire et se poursuivent jusqu'au sol. Il doit être possible de poser l'appareil en un point prédéfini.

7.2 Manœuvrabilité

Il doit être possible de manœuvrer facilement l'aéromodèle dans toutes les directions et selon tous les axes. Le rotor anti-couple doit être capable de compenser le couple maximum qui peut être atteint. L'effet anti-couple du rotor anti-couple doit être nettement perceptible à vitesse ascensionnelle maximale. L'hélicoptère doit rester manœuvrable en cas de panne du moteur ou du rotor anti-couple (p. ex. en autorotation).

7.3 Vitesse ascensionnelle

La force portante en vol stationnaire doit comprendre une marge de sécurité au poids maximum au décollage. À cet effet, l'hélicoptère doit être amené verticalement au vol stationnaire à une hauteur du vol stationnaire n'étant pas inférieure au double du diamètre du rotor (hors effet de sol). À partir de cette situation, l'hélicoptère doit être capable de passer rapidement en vol ascendant. Au cours de cette manœuvre, le pas maximal ne doit pas être atteint (max. pitch).

7.4 Descente à la verticale et rétablissement

L'aéromodèle doit pouvoir accomplir un rétablissement après une descente rapide d'une hauteur équivalant au double du diamètre du rotor à une hauteur équivalant à la moitié environ dudit diamètre. Au cours de cette manœuvre, le pas maximal ne doit pas être atteint (max. pitch).

7.5 Rétablissement en vol horizontal

Lorsque l'hélicoptère est lancé à pleine vitesse en vol horizontal, il doit être possible de le freiner brutalement en le cabrant. L'hélicoptère ne doit ni monter, ni descendre jusqu'à ce qu'il retrouve l'assiette horizontale. Immédiatement après le freinage, le pilote relève l'hélicoptère sans retard ou perturbation et le fait monter.

7.6 Vol rapide

À 60 % - 80 % du pas maximal (suivant le type), l'hélicoptère doit avoir un comportement stable en vol horizontal et être suffisamment manœuvrable.

8 Résistance

Les exigences en matière de résistance sont déterminées sur la base des charges limites (les charges maximales attendues en exploitation) et des charges de rupture (les charges limites multipliées par le(s) coefficient(s) de sécurité prescrits).

8.1 Coefficient de sécurité

Le coefficient de sécurité (j) 1,5 doit être utilisé si aucune valeur n'est spécifiée. Pour les cas ci-après, le coefficient de sécurité est employé :

- Pale du rotor : $j = 2$
- Raccords de pale : $j = 2$
- Axes de traînée et de battement : $j = 2$
- Tige de fixation de pale : $j = 2$
- Toutes les tringles de commande du rotor principal et du rotor d'anti-couple $j = 3$

8.2 Justificatif de la résistance

Il doit être établi que l'hélicoptère est capable de supporter en toute sécurité les charges attendues en exploitation. Le requérant doit calculer la force centrifuge afin de déterminer les forces de traction qui s'exercent sur les têtes de rotor, le plateau pivotant et le cas échéant sur les axes de traînée et de battement.

8.3 Calcul de la force centrifuge [N]

$$F_{ZF} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot d_{ROM} \cdot \left(\frac{\pi \cdot n_{RO,max}}{30} \right)^2$$

- F_{ZF} = force centrifuge [N]
- m = poids pale rotor [kg]
- d_{ROM} = diamètre centre de gravité de la pale [m]
- $n_{RO,max}$ = vitesse de rotation max. du rotor [tr/min] (y compris une majoration correspondant à l'augmentation de la vitesse de rotation en autorotation)

8.4 Essais

S'il est impossible de démontrer la résistance par calcul ou si les données empiriques quant à la résistance du modèle choisi sont inexistantes voire insuffisantes, des essais doivent être réalisés.

9 Structure et montage

9.1 Commandes de vol

Les tringles, leurs articulations et les fixations des éléments de commande doivent être conçues pour absorber les moments et forces, p. ex. provenant des servos, compte tenu du coefficient de sécurité applicable. Il convient d'utiliser des servos adaptés au couple de commande attendu.

9.2 Articulations de tête de rotor

Les articulations doivent supporter le couple de commande de tous les servos actionnés sans que les tiges de poussée, etc. sautent ou que des réglages soient durablement modifiés. Le test s'effectue en bloquant les inclinaisons de deux pales de rotor. Des justificatifs de la résistance des articulations employées doivent être fournis.

9.3 Course des commandes

En actionnant à fond toutes les fonctions (pas collectif, tangage, roulis), même simultanément, la mécanique ne doit pas arriver à la butée.

9.4 Protection du rotor principal contre les collisions

Lorsque l'amortisseur de rotor a atteint la butée, il doit rester suffisamment d'espace entre le bout de pale du rotor principal et les éléments voisins de la structure (p. ex. tube de queue) pour éviter toute collision.

9.5 Solidité des fixations

Tous les éléments de liaison mobiles et rigides de la tête du rotor, des rotors et de leurs commandes doivent être solidement fixés.

9.6 Pales du rotor

9.6.1 Généralités

Les pales du rotor ne doivent présenter aucune caractéristique dont on sait par expérience qu'elles sont dangereuses ou non fiables.

9.6.2 Conformité

- a) La conformité et la résistance des matériaux utilisés pour fabriquer les pales doivent être attestées.
- b) Les pales du rotor doivent être équilibrées et présenter un centre de gravité identique.

9.6.3 Résistance et élasticité

La conformité de la pale du rotor, de la construction, des matériaux utilisés et des limites de charge (charge de traction au centre du rotor) doit être attestée par calcul ou au moyen d'essais de traction.

Le fabricant/constructeur des pales du rotor doit établir une attestation indiquant que les pales du rotor sont capables de supporter ces forces de traction compte tenu du coefficient de sécurité.

9.7 Motorisation

9.7.1 Moteur à combustion

Ne sont admis que les moteurs ayant un bon comportement en marche. Les moteurs montés doivent être facilement accessibles aux fins de l'entretien.

9.7.2 Réacteurs

Il convient d'observer les consignes du constructeur de réacteur.

9.7.3 Moteur électrique

Les câbles d'alimentation des moteurs électriques doivent présenter une section suffisante pour éviter la surchauffe. Les câbles et prises doivent être pourvus de marques d'identification et de raccords protégés contre une inversion de polarité.

9.7.4 Fixation du moteur

Le support de moteur et ses suspensions doivent être dimensionnés de manière à supporter toutes les accélérations en vol.

9.7.5 Dimensionnement

Le moteur doit être suffisamment adapté aux performances. Il ne doit pas s'étouffer même lorsque l'inclinaison des pales est au maximum. L'embrayage et/ou la roue libre doivent être adaptés aux vitesses de rotation et couples attendus.

9.7.6 Refroidissement

Un refroidissement suffisant doit être assuré. Le cas échéant, il sera assuré au moyen d'un système de ventilation. Les régulateurs électroniques ne doivent pas dépasser les paramètres d'exploitation maximum admissibles du moteur pour l'ensemble de la plage d'exploitation.

9.7.7 Protection contre l'incendie

On veillera à limiter au maximum le risque d'incendie en choisissant un moteur, des flexibles d'alimentation et des matériaux appropriés. Dans le cas des moteurs à combustion, il est recommandé d'utiliser des valves anti-retours.

9.7.8 Vibrations

Dans les plages d'utilisation normales, le moteur ne doit générer aucune vibration critique susceptible de le solliciter lui et la cellule excessivement. Le phénomène de résonance à certains régimes doit être annulé par des moyens appropriés (élasticité des suspensions, contrôle du régime, etc.). Un justificatif doit être fourni dans le cadre des essais au sol.

9.7.9 Allumage

L'allumage doit être suffisamment fiable et ne doit pas perturber le fonctionnement de la radiocommande.

9.7.10 Circuit de lubrification

Si un circuit de lubrification est installé, il doit être conçu et monté de manière à fonctionner parfaitement à l'intérieur de la plage d'exploitation normale de l'appareil et dans les conditions d'exploitation prévues.

9.7.11 Échappement

Le système d'échappement doit être installé en tenant compte de la problématique des dégagements de chaleur. Le cas échéant, utiliser des matières ignifuges.

9.7.12 Arrêt du moteur

Il doit être possible de couper à tout moment le moteur à l'aide de la radiocommande en cas de circonstances particulières lors de l'exploitation.

9.7.13 Circuit de carburant

Le circuit de carburant doit être en mesure d'alimenter le propulseur en carburant en suffisance et en toute sécurité en exploitation normale et compte tenu des conditions d'exploitation prévisibles.

9.7.14 Réservoirs à carburant

Les réservoirs doivent être conçus pour supporter toutes les contraintes résultant de l'exploitation de l'aéromodèle (conformément au type d'exploitation choisi). Ils doivent être adaptés à la situation.

9.7.15 Conduites et flexibles

Les conduites de carburant et flexibles doivent être adaptés à leur usage. Ils doivent être montés et fixés de manière à ne pas vibrer excessivement et à supporter les contraintes résultant du mode d'exploitation.

9.8 Train d'atterrissage

Le train d'atterrissage doit être suffisamment résistant.

9.9 Installations électriques

9.9.1 Documentation

Une liste des éléments de l'installation électrique de l'aéromodèle doit être établie (comprise dans le formulaire de demande) et mentionner le type et la section des câbles et fils utilisés.

9.9.2 Câblage

Les fils électriques doivent être flexibles et être montés et fixés correctement.

La résistance maximale des fils ne doit pas être dépassée.

Calcul de la section des câbles :

$$A = \frac{I \cdot \rho \cdot 2 \cdot L}{U_V}$$

- A = section du câble
- I = intensité maximale du courant (ampères)
- ρ = résistivité du cuivre 0,0172 Ω mm² / m
- 2·L = longueur de câble nécessaire en mètre (bifilaire à double conducteur)
- U_V = perte de tension admise théorique, p. ex. 0,5 V.
(admis entre 3 % et 5 %, en volt)

9.9.3 Branchements

Compte tenu des vibrations, les connexions doivent être de type à pince ou à fiche et montées de manière à ce qu'elles ne se débranchent pas d'elles-mêmes.

9.9.4 Pontage électrique

Afin d'éviter des impulsions de frottement, les parties métalliques qui se frottent doivent être pontées.

9.9.5 Alimentation

L'alimentation (accus) doit être adaptée à l'usage de l'aéromodèle. L'intensité maximale admissible et la capacité de l'installation d'alimentation doit être suffisante pour fournir l'énergie nécessaire, plus une réserve, pour la durée de vol envisagée.

L'installation réceptrice doit être alimentée par deux sources de courant indépendantes. Son fonctionnement doit être assuré au moyen d'un dispositif approprié.

9.9.6 Bilan énergétique

Il convient d'établir le bilan énergétique de l'ensemble de l'installation électrique. L'intensité maximale de l'alimentation en courant doit être conçue de manière à pouvoir fournir 1,2 fois le courant maximal compte tenu de tous les consommateurs pendant la durée du vol. Les accus doivent être en mesure de fournir la puissance nécessaire en charge de pointe (charge d'impulsion).

9.9.7 Accessoires

Les accessoires comme les phares, etc. doivent être alimentés par un circuit distinct ou être conçus de manière à ne pas influencer les fonctions primaires de l'aéromodèle.

9.10 Radiocommande

9.10.1 Généralités

Les radiocommandes employées doivent respecter les dispositions légales.

Elles ne doivent pas posséder de propriétés connues de nature à compromettre la sécurité de l'exploitation. S'il y a lieu, certains éléments devront être doublés.

Le manche ou les commandes proportionnelles de la radiocommande doivent permettre de piloter en permanence l'aéromodèle en temps réel. Le modèle réduit d'hélicoptère doit être capable de réagir aux signaux du manche quel que soit le mode d'exploitation.

9.10.2 Vibrations

Les récepteurs et servos doivent être pourvus de dispositifs anti-vibrations.

9.10.3 Antennes

Les antennes montées sur l'aéromodèle doivent être positionnées de manière à relayer parfaitement les signaux dans toutes les directions. Elles doivent être montées et fixées dans le respect des exigences de sécurité et conformément aux consignes du constructeur.

9.10.4 Stabilisateurs électroniques

Les stabilisateurs sont admis pour autant qu'ils remplissent les critères suivants.

a) Gyroscopie de queue

Ne sont admis que les appareils qui correspondent à l'état de la technique et sont conçus pour fonctionner sur des aéromodèles ou testés pour l'aviation. La sensibilité du gyroscope doit pouvoir être réglée à partir de l'émetteur. Le capteur doit être solidement fixé.

b) Stabilisateurs électroniques supplémentaires (autres que le gyroscope de queue)

D'autres stabilisateurs de vol électroniques, en tant que facteur de sécurité supplémentaire, sont admis. Il doit être possible de désactiver en tout temps le mode de fonctionnement du stabilisateur sélectionné à partir de l'émetteur et de reprendre le contrôle manuel de l'appareil.

9.10.5 Installations

Toutes les installations comme les batteries, les accus, les réservoirs, etc. doivent être conçues et montées pour supporter les accélérations sans céder. Elles doivent en outre être capables de supporter des charges correspondant à deux fois leur poids, horizontalement et latéralement.

10 Vérification et contrôle de l'aéromodèle

Les dispositions qui s'imposent doivent être prises aux fins du contrôle et de l'entretien réguliers lors de la construction de l'aéromodèle. Les éléments et installations doivent être facilement accessibles.

11 Plaque d'identification

Une plaque d'identification solidaire de la cellule doit être apposée sur l'aéromodèle à un endroit bien visible. Elle peut être apposée à l'intérieur de l'aéromodèle pour autant qu'elle soit facilement accessible en tout temps (p. ex. sous la verrière amovible).

Les informations suivantes doivent au moins figurer sur la plaque d'identification :

- Nom et adresse du propriétaire
- Identification attribuée par l'OFAC à l'aéromodèle (SUI-XXXX)

12 Instructions pour l'exploitation et l'entretien

Les documents et certificats suivants sont considérés comme documents contraignants pour l'aéromodèle et doivent être tenus à disposition lors de toute utilisation de l'aéromodèle.

12.1 Dossier du modèle réduit d'avion (classeur bleu)

- Fiche technique
- Photo
- Autorisation d'exploiter
- Attestation d'assurance
Afin de garantir les prétentions des tiers au sol, l'exploitant doit conclure une assurance responsabilité civile d'une somme d'un million de francs au moins.⁴
- Carnet de vol pour modèles réduits d'aéronefs de plus de 30 kg.
Les vols effectués ainsi que les éventuelles remarques et perturbations doivent être consignés dans le carnet de vol
- Attestation des travaux d'entretien pour modèles réduits d'aéronefs d'un poids supérieur à 30 kg.
Sont consignés dans le carnet d'entretien les entretiens, contrôles, maintenances, révisions, modification et réparations de l'aéromodèle et de ses éléments.
- Rapport du test de charge
- Rapport d'examen et éventuels avis de remise en état
- Check-lists pour le montage et les contrôles prévol
Pour exploiter l'aéromodèle en toute sécurité, les check-lists décriront toutes les étapes importantes pour le montage et les contrôles prévol.

⁴ OACS article 13

13 Annexe**13.1 Exemple de liste des équipements**

Liste des équipements					
#	Module/élément	Type	Fabricant, constructeur	Longueur de câble (mm)	Section de câble (mm²)
1	Interrupteur principal	Interrupteur sensitif	Power Box Systems	-	-
2	PowerBox	COMPETITION SRS	Power Box Systems	-	-
3	Récepteur RX	RX2541	DK-System	-	-
4	Servo tangage	DK 3218	DK-System	400	0,50
5	Servo roulis gauche	DK 3218	DK-System	800	0,50
6	Servo roulis droite	DK 3218	DK-System	800	0,50
7	Servo de queue	AD 3129	DK-System	1800	0,50
8	Stabilisateur FBL	HC 3X	Bavarian Demon	550	0,50
9	Accus récepteur	2 x LiPo 2S / 2400 mAh	Swaytronic	300	2,50
10	Accus turbine	LiPo 2S / 2800 mAh	Swaytronic	400	2,50
11	Accus éclairage	LiPo 2S / 2800 mAh	Swaytronic	700	2,50
12	Train principal gauche et droite	Pneumatique	Construction propre	-	-
13	Roulette de nez	Pneumatique	Construction propre	-	-
14					
15					

13.2 Vue des équipements installés

