

# AÉRONEF TÉLÉPILOTÉ

## MANUEL D'UTILISATION ET D'ENTRETIEN

**REFERENCE :** MUE\_HXDTUN\_001 **RÉVISION :** Rev.01 **DATE :** 25/10/2021

**CONSTRUCTEUR :** HEXADRONE

**MODELE/TYPE :** TUNDRA

**TITULAIRE DE L'ATTESTATION DE CONCEPTION [DE TYPE] (\*) :** HEXADRONE

(\*) délivrée conformément au chapitre II de l'Annexe à l'Arrêté du 3 décembre 2020 relatif à « la définition des scénarios standard nationaux et fixant les conditions applicables aux missions d'aéronefs civils sans équipage à bord exclues du champ d'application du règlement (UE) 2018/1139.

**DOSSIER TECHNIQUE REF :** DT\_HXDTUN\_001 REV. 01

### **Note importante :**

Ce document contient les informations minimales pour la mise en œuvre des dispositifs de sécurité requis par la réglementation.

Il ne dispense pas de la fourniture au télépilote d'instructions plus détaillées sur la mise en œuvre de l'aéronef.

En cas d'informations contradictoires avec d'autres documents d'utilisation, le présent document prévaut.

# Table des matières

Table des matières .....	2
Historique des Versions .....	4
Liste des acronymes utilisés dans ce manuel .....	4
1 Limites opérationnelles .....	5
2 Description du drone .....	7
2.1 Vue d'ensemble de l'aéronef : .....	7
2.2 Schéma de principe .....	8
2.3 Caractéristiques techniques de l'aéronef : .....	9
3 Configuration autorisée .....	10
3.1 Matériel .....	10
3.1.1 Aéronef .....	10
3.1.2 Radiocommande télépilote .....	11
3.1.3 Radiocommande opérateur de charge utile et sécurité .....	12
3.2 Paramétrage logiciel .....	12
4 Préparation du vol .....	13
4.1 Détermination des limites du vol .....	13
Gestion des règles de l'air .....	13
4.2 Zone minimale d'exclusion des tiers au sol .....	13
4.3 Configuration des protections .....	15
4.3.1 Limiteur d'altitude : .....	15
4.3.2 Limites latérales (obligatoires pour le scénario S2) : .....	19
4.3.3 Fonctions « FailSafe » : .....	22
4.3.4 Initialisation .....	24
4.4 Inspections/contrôles .....	29
4.4.1 Vérifications .....	29
4.4.2 Éléments de sécurité .....	30
4.4.3 Utilisation de l'aéronef en mode Captif .....	32
4.4.4 Test du système de déclenchement du parachute .....	33
5 Procédures d'urgence .....	36
5.1 Scénarios .....	36
5.1.1 Scénario S1 .....	36
5.1.2 Scénario S2 .....	36
5.1.3 Scénario S3 .....	36

5.1.4	Scénario S3 Captif .....	37
5.2	Systèmes de sécurité .....	37
5.2.1	Mode RTL.....	37
5.2.2	Système de parachute .....	38
5.2.3	Perte de liaison avec la radiocommande .....	38
5.3	En cas de crash de l'aéronef .....	39
6	Entretien .....	40
6.1	Préconisation/stockage .....	40
6.2	Entretien de la structure/cellule principale.....	40
6.3	Entretien des bras, moteurs et hélices.....	41
6.4	Entretien de l'électronique intérieure.....	42
6.5	Entretien et utilisation des batteries.....	43
6.6	Entretien de la radiocommande et de la station de vol.....	43
6.7	Pliage et utilisation du parachute.....	43
7	Tableau de suivi de maintenance et d'entretien.....	46
8	Avis de responsabilité.....	46
9	Synthèse des opérations de maintenance .....	46
	ANNEXE : Utilisation en mode Captif .....	48
	A1. PREPARATION DU VOL .....	48
	A1.1. Détermination des limites du vol .....	48
	A1.2. Distance de sécurité .....	48
	A1.3. Limiteur d'altitude.....	48
	A1.4. Inspection/contrôles .....	48
	A1.5. Réglage de la longueur du câble .....	48
	A1.6. Mise en Œuvre .....	48
	Réunion et fixation des élingues .....	52
	A1.7. Utilisation .....	54
	A2. PROCEDURES D'URGENCE.....	54

## Historique des Versions

Version	Date révision	Objet
Rev 00	10/11/2020	Création du document.
Rev 01	25/10/2021	Ajout des informations pour l'utilisation de SOLEX

## Liste des acronymes utilisés dans ce manuel

Abréviation	Signification
Ah-mAh	Ampère-heure – Milliampère-heure (unité de capacité de batterie)
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DSAC	Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile
GNSS	Géolocalisation et Navigation par un Système de Satellites (regroupe des systèmes de géo positionnement tels que : GPS, Galiléo, Beidou, Glonass).
GPS	Global Positioning System (système de géo positionnement par satellite)
Hz-MHz-GHz	Hertz – MégaHertz – GigaHertz (unité de fréquence)
IP	Indice de protection
Km-mm	Kilomètre – Millimètre (unité de distance)
Km/h – m/s	Kilomètre par heure – mètres par seconde (unités de vitesse)
Lipo	Technologie de batterie : Lithium Polymère
MANEX	MANuel d'EXploitation
MAP	Manuel d'Activité Particulière
METAR	METEorological Aerodrome Report - message météo qui rapporte le temps effectif sur un aéroport
MTOW	Maximum Take-Off Weight (masse maximale au décollage)
N/A	Non applicable
QGC	QGroundControl (Logiciel / Interface de pilotage)
RTH	Return To Home (fonction permettant le retour automatique de l'aéronef à son point de décollage).
RTL	Return to Launch (Retour au lieu de lancement).
s –ms	Seconde – Milliseconde (unité de temps)
TAF	Types of Aeronautical Forecasts - message météo qui rapporte une prévision du temps qu'il fera sur un aéroport
Télépilote	Pilote du drone
USB	Universal Serial Bus (connectique informatique)
WP	WayPoint – Point de Passage

# 1 Limites opérationnelles

L'aéronef peut être utilisé dans le cadre des scénarios suivants, dans les limites de masse indiquées :

	☒ Scénarios S1 et S1 Captif	☒ Scénario S2	☒ S3 non captif	☒ S3 captif
Masse maximale	15 kg	15 Kg	8 kg	15 Kg

## Rappels :

### S1

Hauteur 120m Max	Distance 200m Max	Poids 25kg Max	Survol de tiers interdit
Vol à vue	Zone non peuplée		

**S1**

Vol hors zone peuplée, de jour, en vue du télépilote, à moins de 200 m du télépilote et 120m de hauteur maximum

### S2

Hauteur 120m-250g Max	Distance 1000m Max	Poids 2kg/25kg Max	Survol de tiers interdit
Vol hors vue possible	Zone non peuplée		

**S2**

Vol hors zone peuplée, de jour, à moins de 1000 m du télépilote et 120m de hauteur maximum

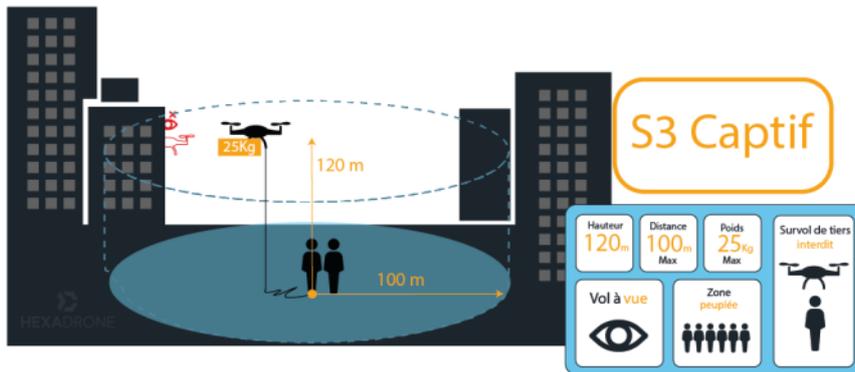
### S3

Hauteur 120m Max	Distance 100m Max	Poids 8kg Max	Survol de tiers interdit
Vol à vue	Zone peuplée		

**S3**

Vol zone peuplée, de jour, en vue du télépilote, à moins de 100 m du télépilote et 120m de hauteur maximum

## S3 Captif



Vol zone peuplée, de jour, en vue du télépilote, à moins de 100 m du télépilote et 120m de hauteur maximum

Les aéronefs télépilotes doivent aussi être utilisés en conformité avec l'Arrêté du 3 décembre 2020 relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs sans équipage à bord.

Arrêté enregistré sous la référence : [TREA2025061A](#)



**Attention : la limite de masse du scénario S3 non captif est limitée à 8kg. Vérifier avant tout vol que votre aéronef se situe bien dans la plage de masses définie par ce manuel d'utilisation. Enlever la configuration ELISTAIR pour une utilisation sur batterie.**

**Se référer au §3.1.1.3 de ce document pour connaître les configurations possibles de l'aéronef.**

Puissance maximale de la charge utile : 150W

Vitesse de vent limite autorisée : 12 m/s à hauteur du vol.

Températures minimales et maximales d'utilisation : -10 et 45 degrés Celsius.

Utilisation par temps de pluie :

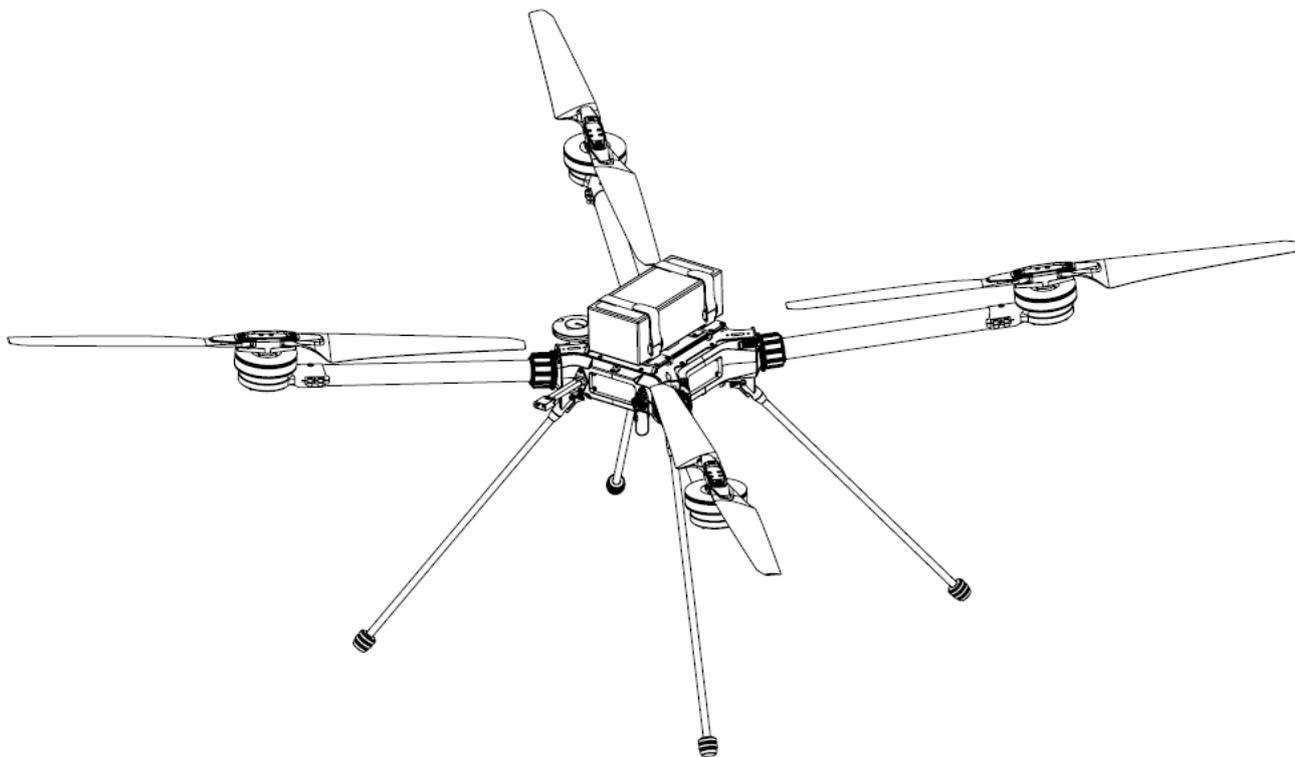
Possible sous une pluie modérée, il est recommandé d'opérer en conditions sèches.

Le corps du Tundra à un indice de protection équivalent à l'IP 43\*, il est donc protégé contre les poussières solides de plus de 1mm et contre une pluie avec une inclinaison jusqu'à 60° de la verticale de l'aéronef. Il est cependant conseillé de ne pas l'utiliser sous la pluie de manière prolongée et de sécher le matériel avant de le stocker. Les bras quant à eux ont un indice de protection équivalent à IP 45 (l'indice de protection des moteurs), il convient donc de réduire au maximum leur contact avec l'eau et les poussières.

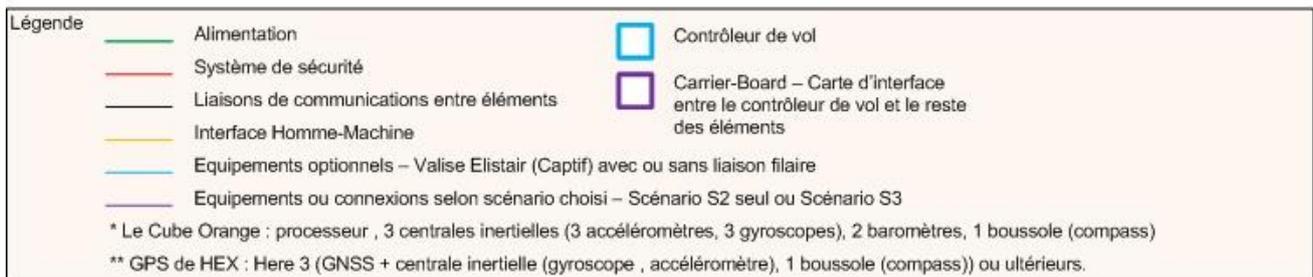
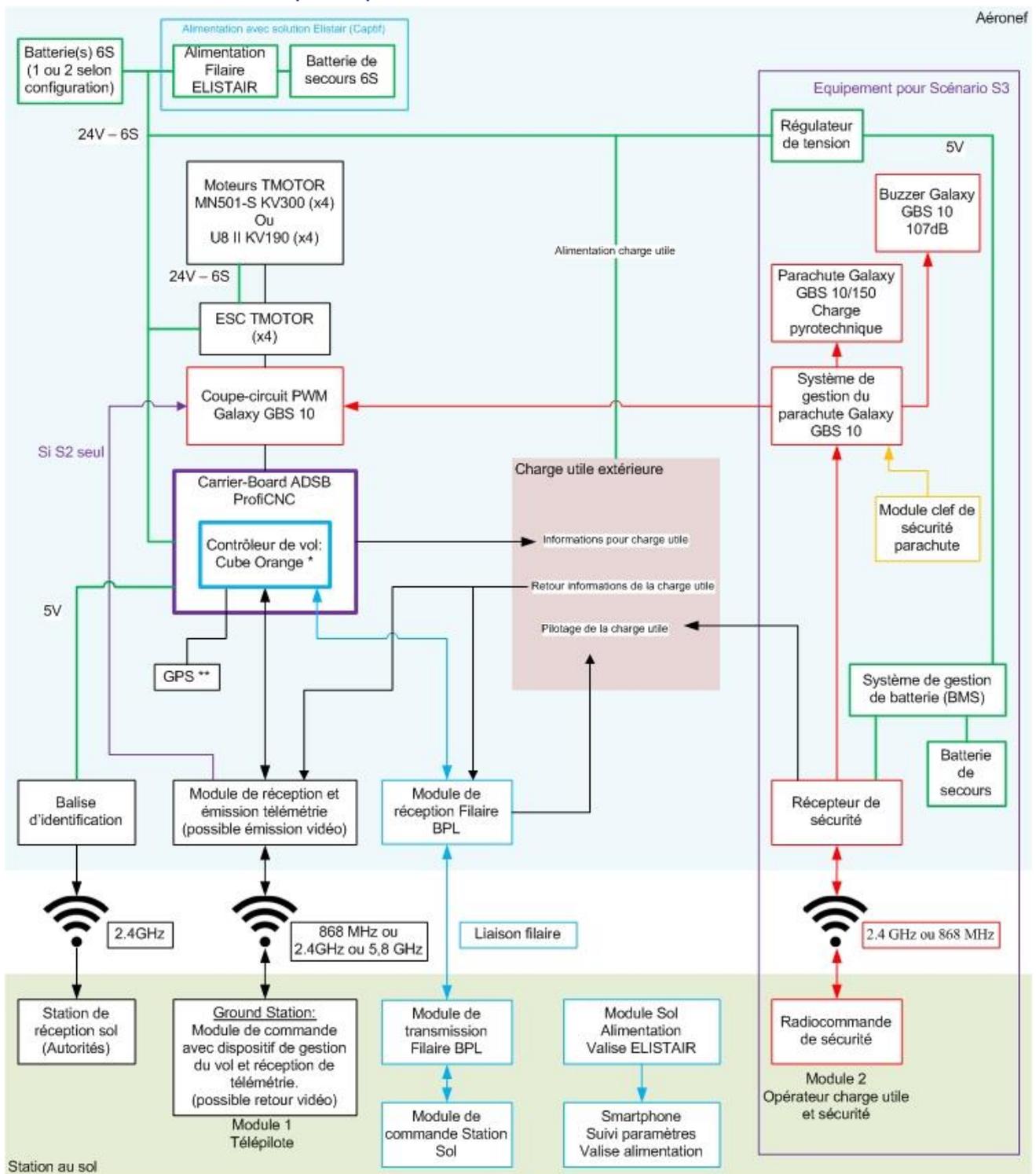
*L'indice de protection de l'ensemble de l'aéronef dépend de sa configuration, des équipements et de la charge utile qui équipe celui-ci. Ainsi cet indice de protection peut être fortement dégradé et ne plus permettre l'utilisation sous la pluie.*

## 2 Description du drone

### 2.1 Vue d'ensemble de l'aéronef :



## 2.2 Schéma de principe



## 2.3 Caractéristiques techniques de l'aéronef :

<b>Marque</b>	HEXADRONE
<b>Modèle</b>	TUNDRA
<b>Type</b>	Multirotors : 4 Hélices
<b>Vitesse maximale</b>	13 m/s
<b>Masse Maximale</b>	8 Kg en S3 et 15 kg en S3 captif et S2
<b>Fréquences utilisées :</b>	Module télépilote : 868MHz et/ou 2,4Ghz et/ou 5,8GHz Module Sécurité : 2.4 GHz ou 868 MHz
<b>Moteurs</b>	4 moteurs avec les caractéristiques suivantes (selon option) : <ul style="list-style-type: none"> <li>• T-MOTOR – MN 501-S KV300 – 916 W</li> <li>• T-MOTOR – U8II KV190 – 929 W</li> </ul>
<b>Contrôleur de vol</b>	ProfiCNC – Cube Orange Firmware : Arducopter Version : 4.0.6 ou ultérieure
<b>Parachute</b>	Système de déclenchement pyrotechnique : GALAXY GBS 10/150 Voile : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marque : Fruity Chutes Inc</li> <li>• Modèle : Iris 84" Ultra Light</li> <li>• Surface projetée : 3.46m<sup>2</sup></li> <li>• Surface de la voile : 6.17m<sup>2</sup></li> <li>• Poids : 194 g</li> </ul> <p>Pour une masse de 8Kg en vol :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Énergie à l'impact : 67.13 J</li> <li>• Vitesse de descente : 4.1 m/s</li> </ul>
<b>Dispositif d'alimentation et de retenue (Mode Captif)</b>	Modèle (selon option) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valise ELISTAIR - Safe-T V2 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Poids de la station sol : 25kg</li> </ul> </li> <li>- Valise ELISTAIR – LIGH-T <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Poids de la station sol : 26kg</li> </ul> </li> </ul> <p>Poids du module Air : 700g</p> <p>Résistance du câble d'alimentation : 150 DaN</p>

## 3 Configuration autorisée

### 3.1 Matériel

Se reporter à l'autorisation de conception pour les exigences de configuration et d'équipements obligatoires.

#### 3.1.1 Aéronef

##### 3.1.1.1 Motorisation

L'aéronef TUNDRA est un drone modulable permettant de répondre à différents besoins pour des missions variées.

Il est possible de modifier les configurations de motorisation des bras. Deux types de motorisations sont disponibles :

- T-MOTOR - MN 501 S KV300
- T- MOTOR - U8II KV190

L'utilisateur peut donc facilement changer son aéronef en fonction de ses besoins.

##### 3.1.1.2 Alimentation

L'aéronef TUNDRA peut voler avec deux types d'alimentations :

- Batteries
- Alimentation Filaire

L'alimentation est laissée au choix du télépilote en fonction de ses besoins, mission courte et a distance ou mission longue sur un point ou zone fixe.

Pour l'utilisation en mode filaire avec une valise ELISTAIR, se reporter à l'[Annexe](#).

L'aéronef fonctionne avec une alimentation en 6S soit 22,2V. Différentes batteries sont compatibles avec l'aéronef.

- 6S : 22,2V - 30000mAh ;
- 6S : 22,2V - 16000mAh ;
- 6S : 22,2V - 4500mAh

La batterie 4500mAh est prévue pour une utilisation avec une valise Elistair comme batterie de secours. Sa fonction est alors de permettre l'alimentation de l'aéronef afin de le poser en cas de rupture du câble d'alimentation.

La batterie 30000mAh est conseillée pour une utilisation en scénario S2, permettant ainsi une plus grande autonomie.

La batterie 16000mAh est recommandée pour le scénario S3, car d'une masse moins importante afin de privilégier une charge utile plus importante.

**En cas de modification de la batterie en scénario S3, il est obligatoire de peser l'aéronef en ordre de vol afin de vérifier que sa masse ne dépasse pas les 8kg réglementaires.**

### 3.1.1.3 Configurations

Quelle que soit la motorisation de l'aéronef, MN 501S KV300 ou U8II KV190, le tableau ci-dessous rappelle les configurations de l'aéronef recommandées avec les batteries recommandées.



**En aucun cas les masses totales au décollage (MTOW) ne doivent être dépassées.**

**Il est IMPERATIF d'effectuer une pesée de l'aéronef dans sa configuration finale avant chaque vol.**

Scénario	S1 et S1 Captif	S2	S3	S3 Captif
Nombre Batteries	1 (Jusqu'à 2 de faible capacité)	1 (Jusqu'à 2 de faible capacité)	1 (Jusqu'à 2 de faible capacité)	1 (secours)
Capacité Batterie recommandée	30 Ah	30 Ah	16 Ah	4,5 Ah
Alimentation Elistair	Possible	NON	NON	OUI
Parachute	selon besoin	selon besoin	Obligatoire	Possible
Masse maximale de la charge utile (hors batterie)	4 kg sans parachute 3,5 kg avec parachute ou Elistair 3 kg avec parachute et Elistair	4 kg sans parachute 3,5 kg avec parachute	3,5 kg	3,5 kg
Masse totale maximum recommandée	11,6 kg	11,6 kg	11,6 kg	11,6 kg
<b>MTOW</b>	<b>15 kg</b>	<b>15 kg</b>	<b>8 kg</b>	<b>15 kg</b>

1 Ah = 1000 mAh

MTOW : Maximum Take-Off Weight – Masse maximale au décollage

### 3.1.2 Radiocommande télépilote

Le pilotage de l'aéronef se fait à l'aide d'une radiocommande. Pour la gestion du vol il est indispensable au télépilote d'avoir également un retour de la télémétrie qui peut se faire sur la radiocommande directement ou sur un dispositif électronique séparé : ordinateur, Smartphone. Le retour de télémétrie peut également être accompagné d'un retour vidéo.

Pour des besoins de compréhension, nous appellerons Ground Station l'ensemble des dispositifs mentionnés ci-dessus. Cette Ground Station peut fonctionner en fonction des besoins et des équipements retenus sur les fréquences suivantes : 868 MHz et/ou 2,4 GHz et/ou 5,8 GHz dans la limite des puissances réglementaires.



**L'aéronef ne doit en aucun cas être utilisé sans une Ground Station disposant du logiciel QGroundControl ou SOLEX capable d'intervenir sur les commandes de vols.**

En cas de doute sur la configuration approuvée, contacter le titulaire de l'autorisation de conception pour s'assurer de la conformité au dossier technique.

### 3.1.3 Radiocommande opérateur de charge utile et sécurité

L'opérateur de charge utile et sécurité doit être muni d'une radiocommande compatible avec les protocoles de communication 2,4GHz ou 868 MHz.

Le choix de la radiocommande reste à l'appréciation de l'utilisateur Il faut que le récepteur intégré dans le drone pour la gestion du déclenchement d'urgence soit compatible avec cette télécommande et dans la bande de fréquence de 2,4GHz ou 868 MHz en respectant la puissance maximale d'émission réglementaire dans le pays ou l'aéronef est utilisé (100mW pour la France).

Hexadrone recommande toutefois l'utilisation d'une radiocommande :

- 2.4 GHz FUTABA parmi les modèles suivants :
  - T14SG
  - T12K
  - T16SZ
- 868MHz : Crossfire TBS
- Radiocommande de sécurité dédiée au système de limitation d'énergie

## 3.2 Paramétrage logiciel

Pour utiliser l'aéronef Hexadrone Tundra, il est tout d'abord impératif de posséder et d'utiliser une Ground Station ([§3.1.2](#)), permettant le pilotage du drone, de gérer le vol et disposant d'un retour de télémétrie.

Sur cette Ground Station, l'utilisateur utilisera selon sa préférence le logiciel QGroundControl ou le logiciel SOLEX. Ces logiciels sont en général préinstallés sur les radiocommandes fonctionnant sous le système d'exploitation ANDROID.

Ces deux applications permettent de bénéficier de toutes les fonctionnalités du drone ainsi que de l'accès aux données télémétriques (altitude, distance, vitesse, qualité du signal, etc.).

## 4 Préparation du vol

### 4.1 Détermination des limites du vol

Avant toutes interventions, le télépilote doit faire une phase de reconnaissance de sa future zone de travail qui lui permettra de visualiser son espace d'évolution et les risques possibles. Suivant la configuration de la zone de vol, le télépilote doit se déplacer sur site pour effectuer son repérage ou utiliser des cartographies adaptées et à jour (Géoportail, Mach7, etc.). Il devra par ailleurs confirmer son étude sur site avant d'effectuer le vol le jour de l'intervention. Ensuite, une vérification sur carte aéronautique (valable en agglomération et hors agglomération) permettra de connaître le couloir aérien. Avant l'intervention, le télépilote doit consulter le METAR et TAF des aérodromes les plus proches pour connaître les conditions dans lesquelles il va évoluer. (Pluie, Orages, vents importants, etc.) Le télépilote désigné ainsi que le téléopérateur peuvent et doivent s'échanger des informations avant un vol, qui permettront une évolution en toute sécurité.

Quelque soient les conclusions des études faites lors de la préparation du vol, le télépilote reste le seul habilité à prendre la décision de voler ou d'interrompre le vol. A ce titre il est autorisé à refuser l'exécution d'une prestation si celle-ci conduit à enfreindre la réglementation applicable ou s'il considère que sa propre sécurité ou celle de tiers est mise en jeu ou s'il y a un risque d'entraîner des dégâts matériels ou physiques.

#### Gestion des règles de l'air

- Pour chaque vol doit être défini le volume d'évolution à l'intérieur duquel le télépilote doit veiller à maintenir l'aéronef à tout instant.
- Le télépilote doit impérativement éviter de voler en présence d'autres aéronefs et de tout usager de l'espace aérien.
- Ce volume « limite » (plafond et limites horizontales) est déterminé en tenant compte :
  - ✓ Des trajectoires prévues pour satisfaire l'objectif opérationnel de la mission, avec une marge suffisante pour tenir compte d'imprécisions dans la tenue de trajectoire (précision de pilotage ou de navigation automatique, vent, etc.) et du temps de réaction nécessaire au télépilote pour mettre en œuvre les procédures de sauvegarde décrites au [chapitre 5](#) ;
  - ✓ De l'environnement du lieu de la mission ;
  - ✓ Des contraintes réglementaires (espace aérien, proximité d'un aérodrome, limite de zone peuplée etc.) ;
  - ✓ Des obligations de protection vis-à-vis des tiers : autres usagers de l'espace aérien et tiers au sol. Voir en particulier le [§ 4.2](#).

### 4.2 Zone minimale d'exclusion des tiers au sol

La zone minimale d'exclusion aux tiers au sol doit être définie pour chaque vol afin de limiter les risques pour les tiers au sol en cas de crash de l'aéronef ou d'atterrissage d'urgence.

Cette zone doit assurer qu'à tout instant du vol est respectée la distance horizontale minimale par rapport aux tiers, applicable à l'aéronef et au scénario, telle que spécifiée au paragraphe 3.6 de l'Annexe III de

l'«arrêté Scénario standard nationaux » du 03 décembre 2020 (Voir aussi § 23.3 et Annexe 7 du Guide DSAC «Usages Professionnels des aéronefs sans équipage à bord : Catégorie Spécifique» :

[https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide\\_categorie\\_Specifique\\_0.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide_categorie_Specifique_0.pdf)

La nécessité d'une distance plus grande doit être évaluée en fonction des hauteurs et des vitesses de vol prévues, du vent, etc. Au minimum, elle doit être suffisante pour couvrir le cas d'un crash suite à une perte totale d'alimentation électrique du contrôleur pour lequel la formule de portée balistique peut être utilisée :

$$\text{Distance} = V \sqrt{\frac{2H}{g}} \text{ avec :}$$

g : accélération de la pesanteur que l'on prendra égale à 9,81 m/s

H est la hauteur (en m)

V la vitesse horizontale (en m/s)

La distance de sécurité minimale par rapport aux tiers au sol doit être définie pour chaque vol afin de limiter les risques pour les tiers au sol en cas de crash de l'aéronef. Elle ne peut être inférieure à 30 mètres.

Une zone de protection (Périmètre de sécurité) doit être établie le jour de l'intervention. Le télépilote doit baliser un espace dans lequel aucune personne extérieure ne peut venir le gêner lors du décollage, de l'atterrissage, et durant son vol. Cette zone doit correspondre à une distance de sécurité minimum de 30 m horizontalement entre l'aéronef et toute personne extérieure à l'activité. Cette distance doit être respectée lors de chacune des phases du vol (décollage, atterrissage et pendant les évolutions).

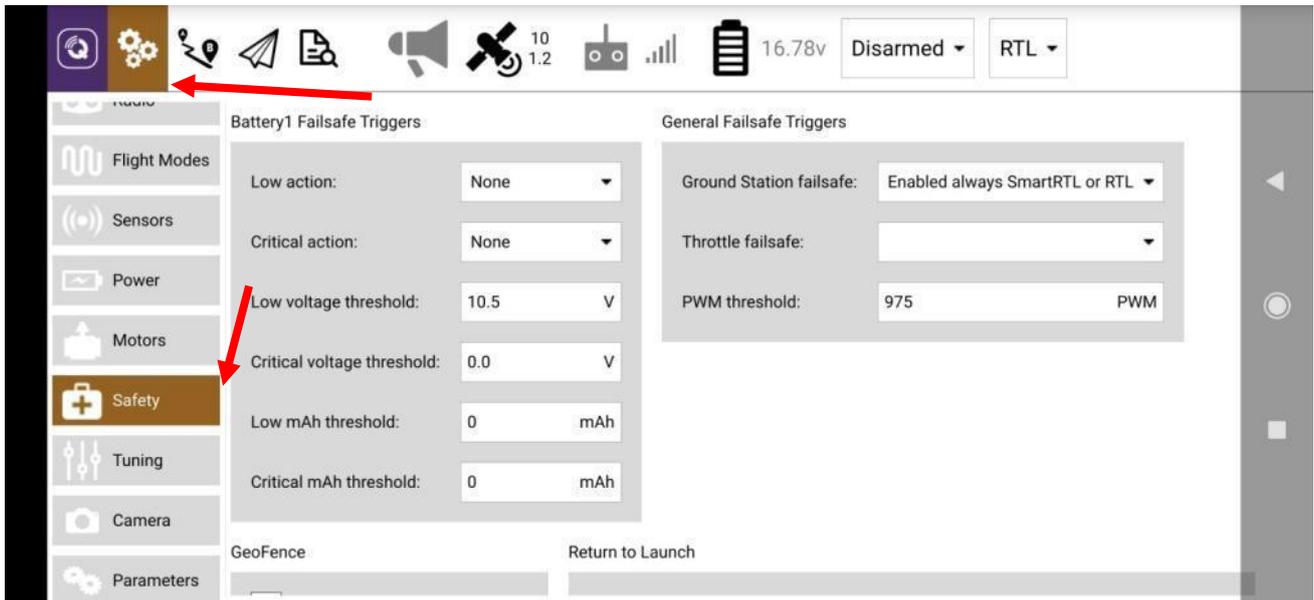
## 4.3 Configuration des protections

### 4.3.1 Limiteur d'altitude :

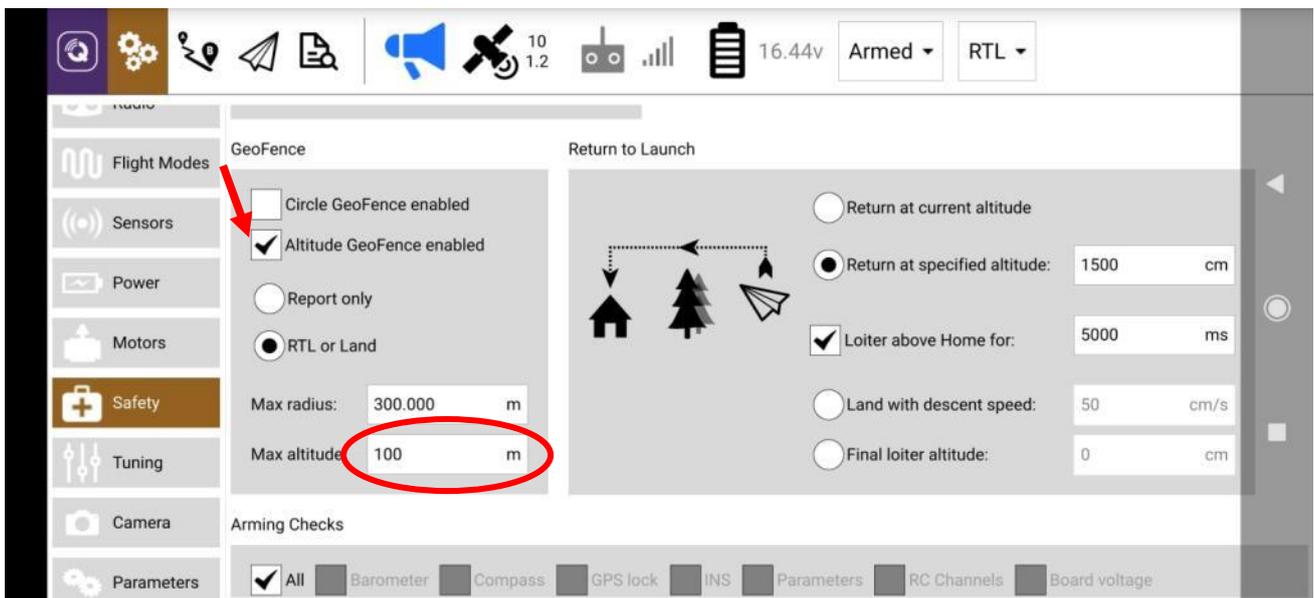
Le limiteur d'altitude doit être configuré avec une hauteur inférieure ou égale à la hauteur maximale de vol déterminée conformément au § 4.1 ci-dessus, en tenant compte si nécessaire du dénivelé du terrain dans la zone d'opération.

#### Modalités de configuration sur QGroundControl

La limite d'altitude doit impérativement être activée dans les paramètres du logiciel. Pour cela il faut atteindre le menu « Safety » après avoir sélectionné le symbole avec les roues dentées.

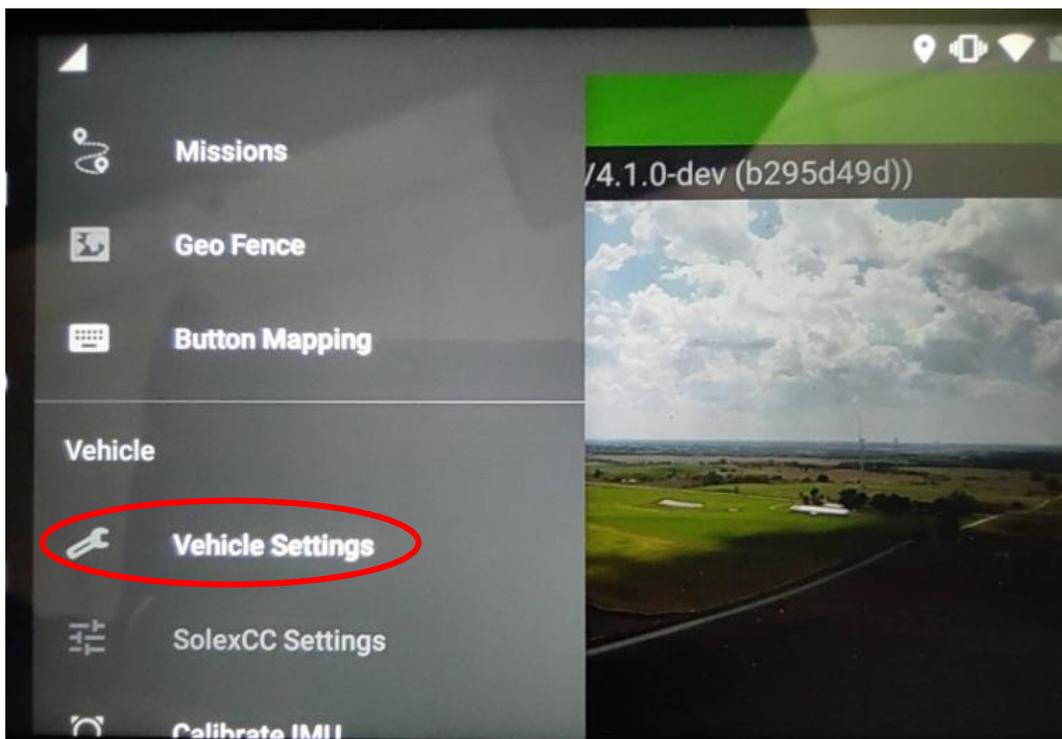


Dans l'encadré « Geofence » Activer la ligne « Altitude Geofence enabled » et définir ensuite une altitude maximale dans la case « Max altitude ».

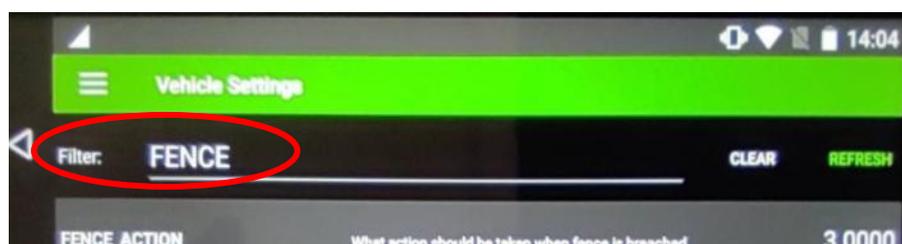


## Modalités de configuration sur SOLEX

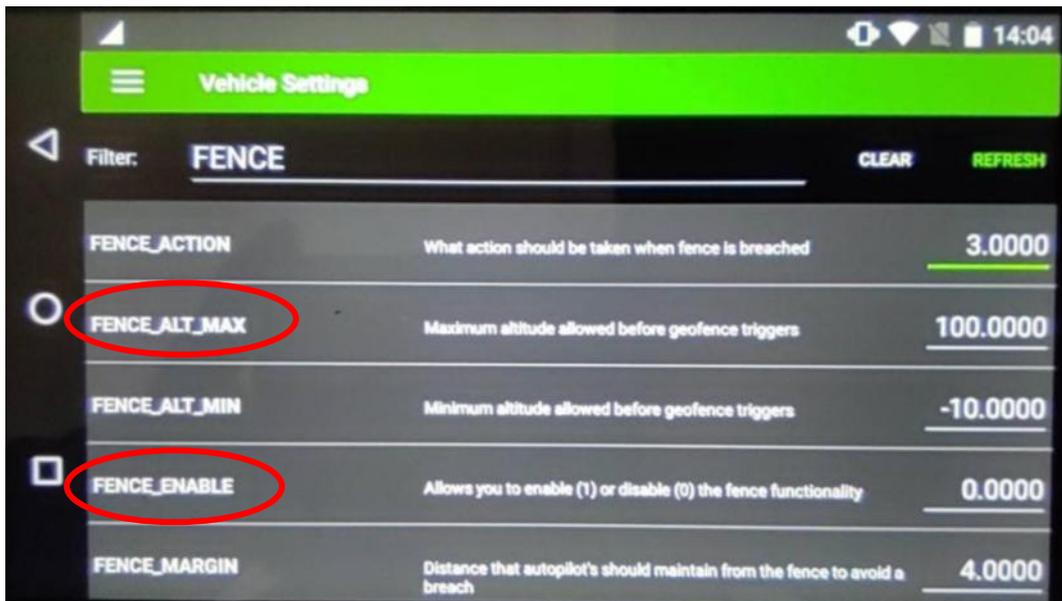
Pour paramétrer la limite d'altitude il faudra se rendre dans le menu principal (symbole de 3 traits horizontaux en haut a gauche de l'application) puis dans le menu « véhicule settings ».



Sur la ligne « Filter » saisir comme mot clé : « FENCE »

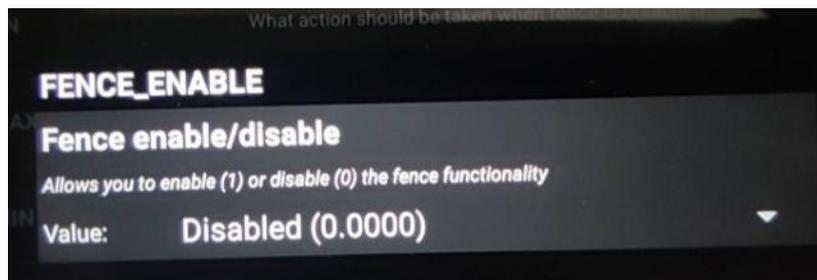


Les paramètres à prendre en compte sont : « FENCE\_ENABLE » et « FENCE\_ALT\_MAX »

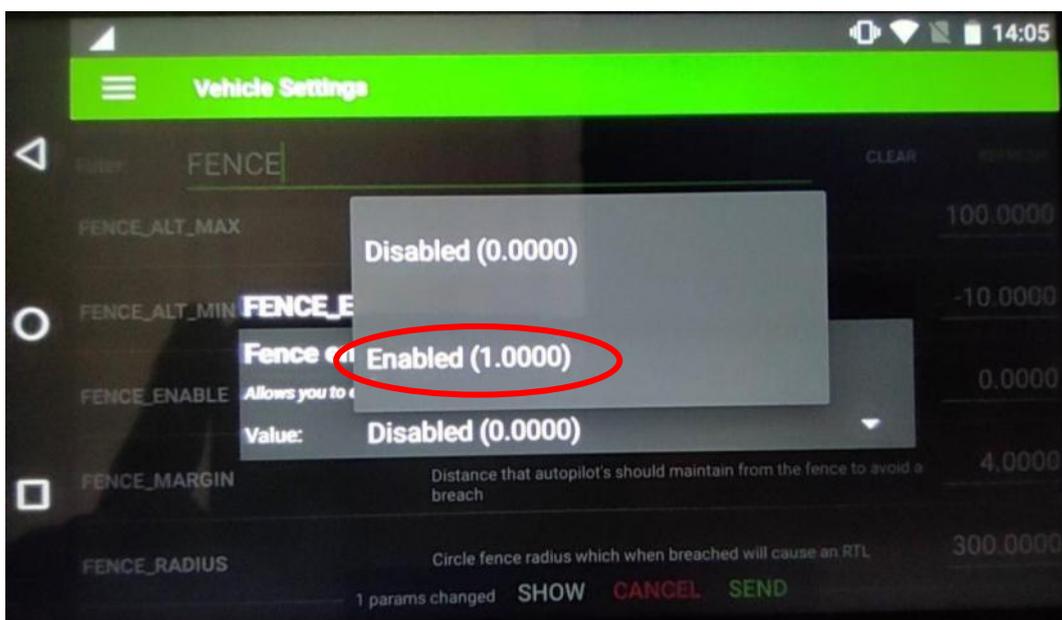


Le paramètre « FENCE\_ENABLE » doit avoir comme valeur 1 afin que les limites soient actives.

Pour cela une pression sur la description du paramètre permet d'accéder au menu :

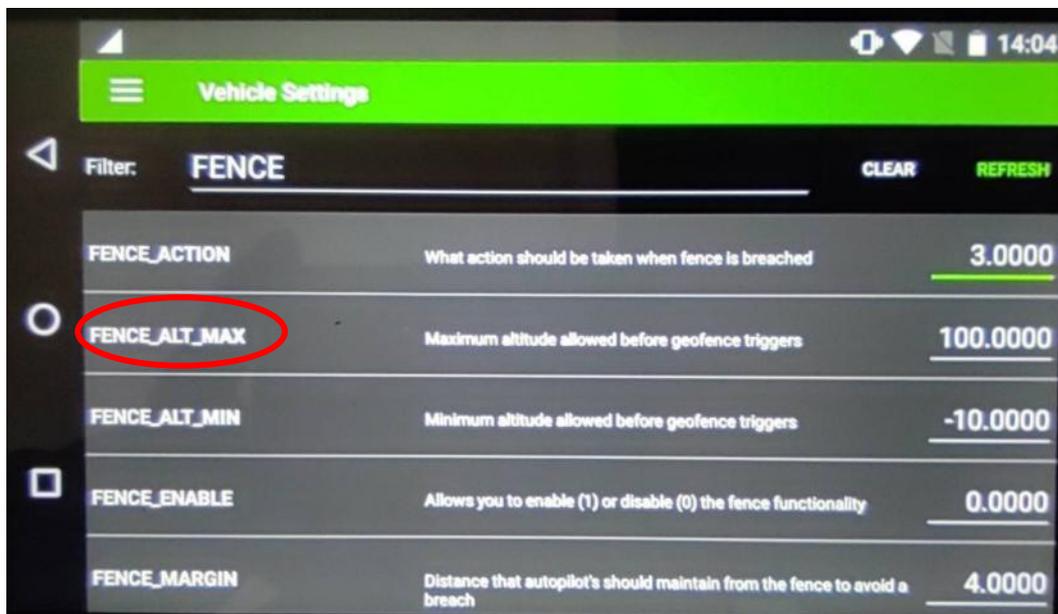


Une pression sur la flèche en bas à droite du menu permet de changer la valeur du paramètre.



Afin de transmettre les nouvelles données au contrôleur de vol, il est indispensable de sélectionner le bouton « SEND » apparu après toute modification en bas de l'écran.

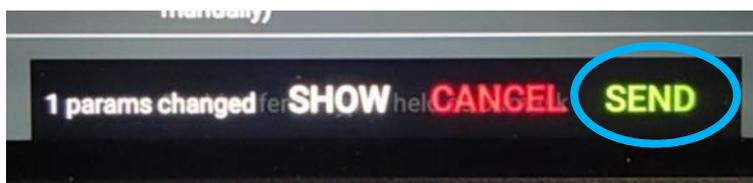
Un redémarrage du contrôleur de vol est nécessaire après que tous les paramètres nécessaires aient été envoyés au Cube. Le redémarrage peut se faire en débranchant l'alimentation de l'aéronef.



L'altitude maximale dans l'exemple ci-dessus correspond à la valeur de la ligne « FENCE\_ALT\_MAX » de 100m.

L'aéronef ne pourra donc pas dépasser une hauteur de 100m par rapport à son point de décollage.

Sauvegarder la configuration dans le Cube (SAVE) et redémarrer le contrôleur de vol.



Tous les paramètres de distance pour les paramètres FENCE sont exprimés en mètre(m)

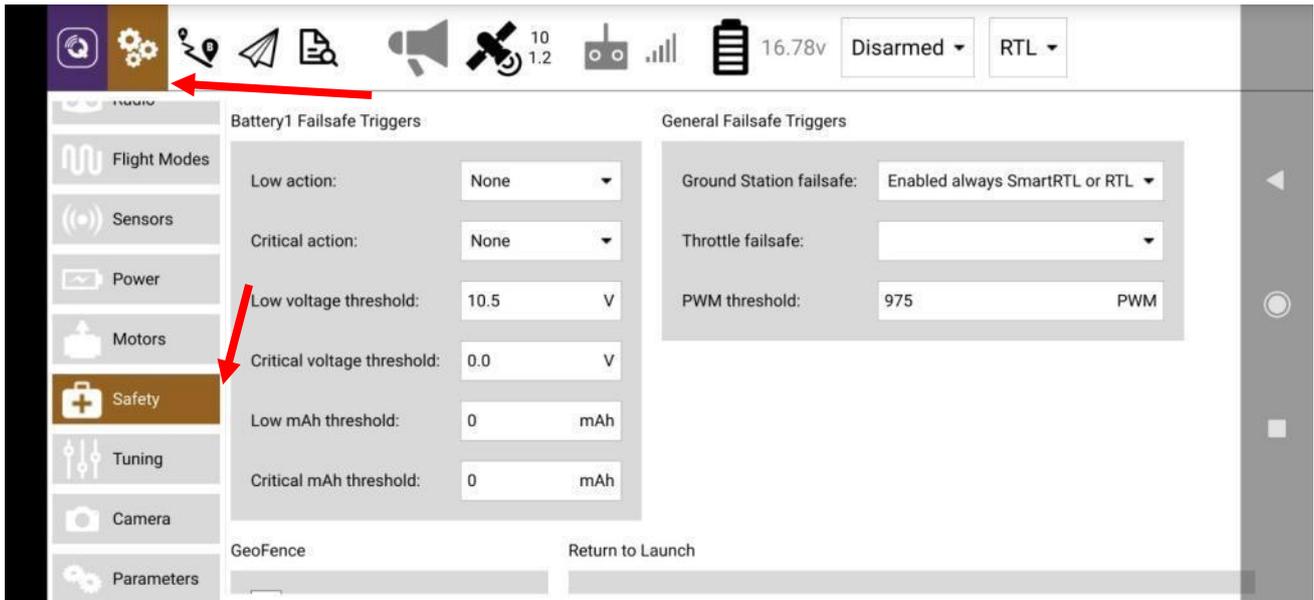
### 4.3.2 Limites latérales (obligatoires pour le scénario S2) :

#### 4.3.2.1 Géofences circulaires

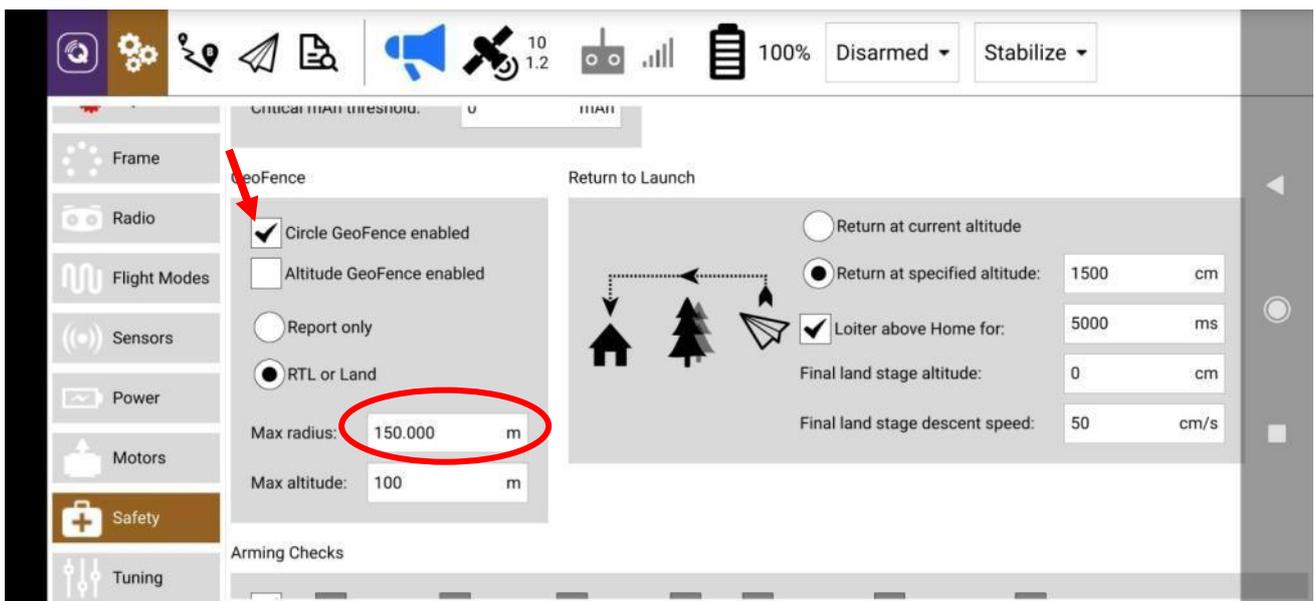
Les limites de la zone de vol doivent être configurées en fonction des limites déterminées conformément au § 4.1 ci-dessus.

Modalités de configuration sur QGroundControl :

Pour cela il faut atteindre le menu « Safety » après avoir sélectionné le symbole avec les roues dentées.



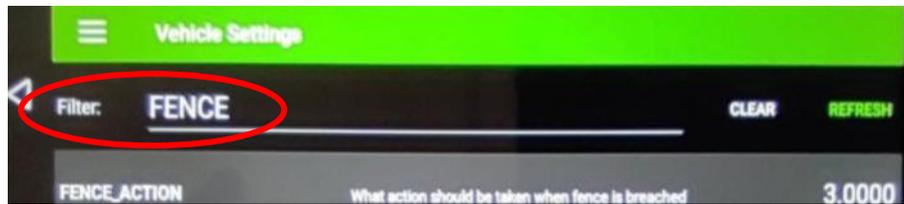
Dans l'encadré « Geofence » Activer la ligne « Circle Geofence enabled » et définir ensuite le rayon maximal « Max Radius ».



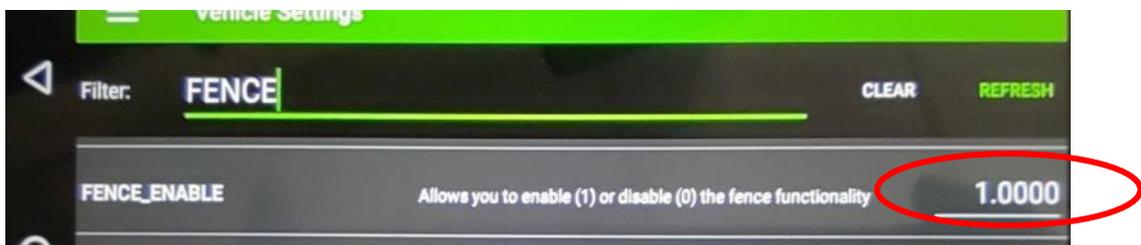
Modalités de configuration sur SOLEX :

Pour paramétrer la Géofence il faudra se rendre dans le menu principal (symbole de 3 traits horizontaux en haut a gauche de l'application) puis dans le menu « véhicule settings ».

Sur la ligne « Filter » saisir comme mot clé : « FENCE»

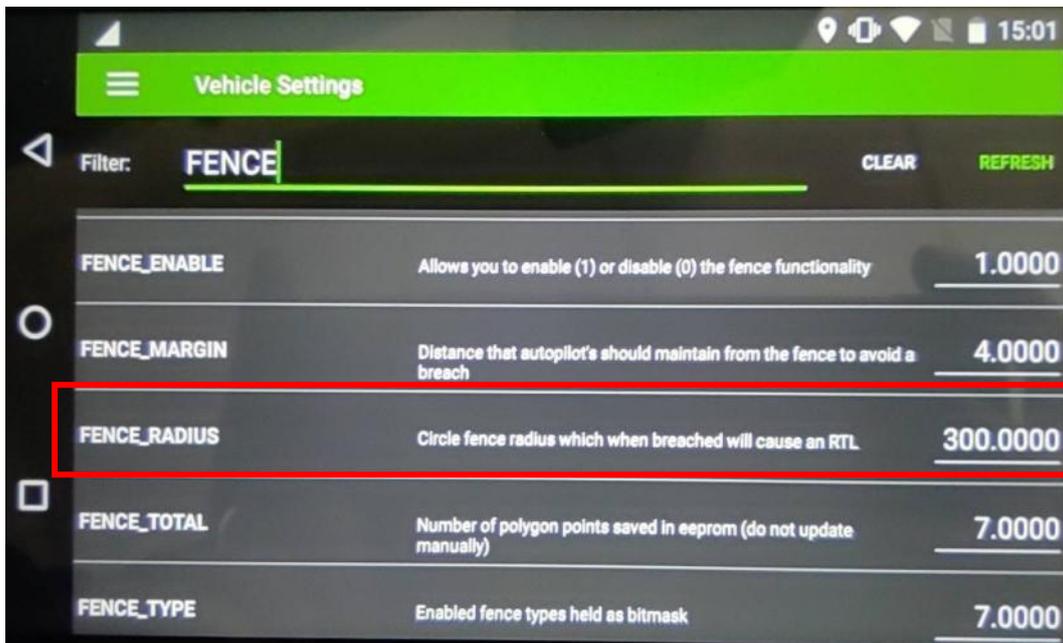


Le paramètre « FENCE\_ENABLE » doit avoir comme valeur 1 afin que les limites soient actives.

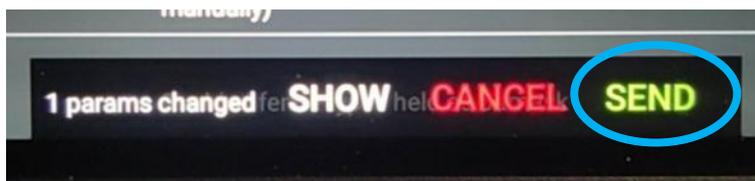


Renseigner alors la distance du rayon de cercle de la géofence souhaitée sur le paramètre « FENCE\_RADIUS ».

Dans l'exemple ci-dessous l'aéronef ne pourra pas dépasser une distance horizontale de son point de décollage de plus de 300m.



Sauvegarder la configuration dans le Cube (SAVE) et redémarrer le contrôleur de vol.



Tous les paramètres de distance pour les paramètres FENCE sont exprimés en mètre(m)

#### 4.3.2.2 Géofences polygonales

##### **Utilisation sous QGroundControl :**

La version de QGroundControl installée jusqu'à présent dans les radiocommandes fonctionnant sous ANDROID est la version 3.5.6. Cette version n'est pas capable de gérer les Géofences de forme polygonale sous Android. Seules les Géofences circulaires sont acceptées, voir procédure ci-dessus.

D'après le développeur de l'interface QGroundControl, cette gestion devrait être prise en compte à partir de la version 4.0.



Si une évolution du logiciel QGroundControl doit être mise en oeuvre, l'utilisateur devra s'adresser au détenteur de l'attestation qui vérifiera l'impact exact de cette nouvelle version du logiciel. Le détenteur de l'attestation demandera éventuellement une mise à jour de ce document à la DGAC.

##### **Utilisation sous SOLEX :**

L'activation des géofences polygonales avec la version actuelle de l'application SOLEX ne peut se faire que lorsque l'aéronef est déjà en vol.

L'utilisation de cette interface lors d'une phase de vol est vivement déconseillée compte tenu de la charge de travail déjà nécessaire à la réalisation d'un vol en toute sécurité. **Ainsi, la société HEXADRONE interdit l'utilisation des géofences polygonales.**



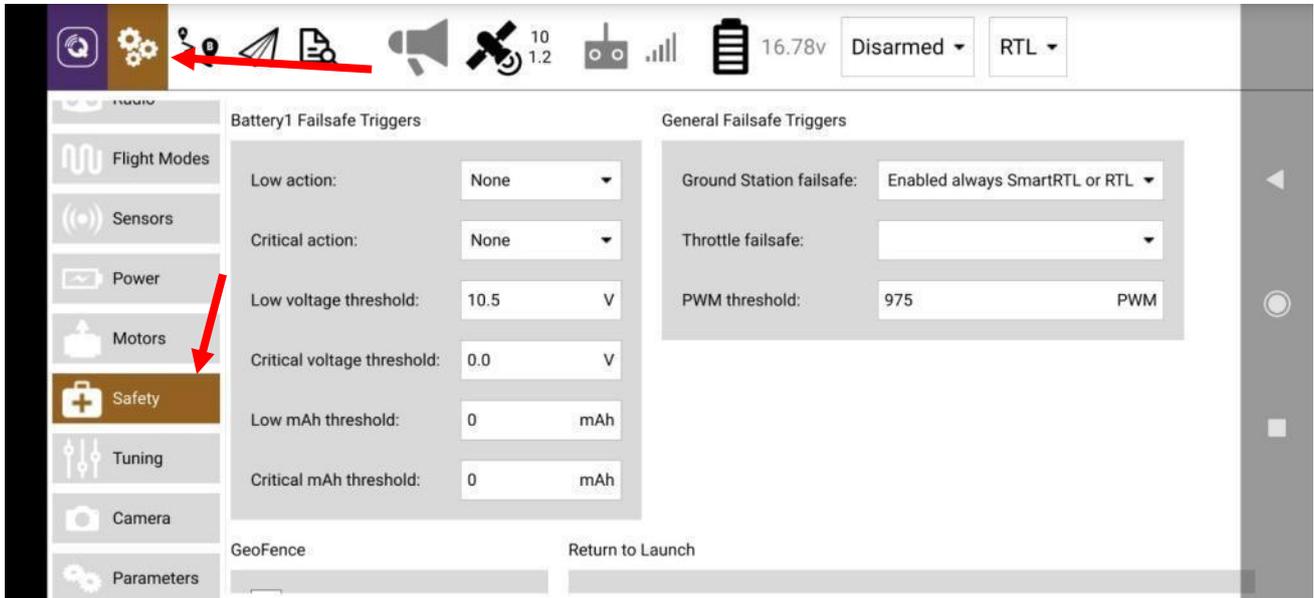
Si une évolution du logiciel SOLEX doit être mise en oeuvre, l'utilisateur devra s'adresser au détenteur de l'attestation qui vérifiera l'impact exact de cette nouvelle version du logiciel. Le détenteur de l'attestation demandera éventuellement une mise à jour de ce document à la DGAC.

### 4.3.3 Fonctions « FailSafe » :

#### 4.3.3.1 QGroundControl

Sélection du mode :

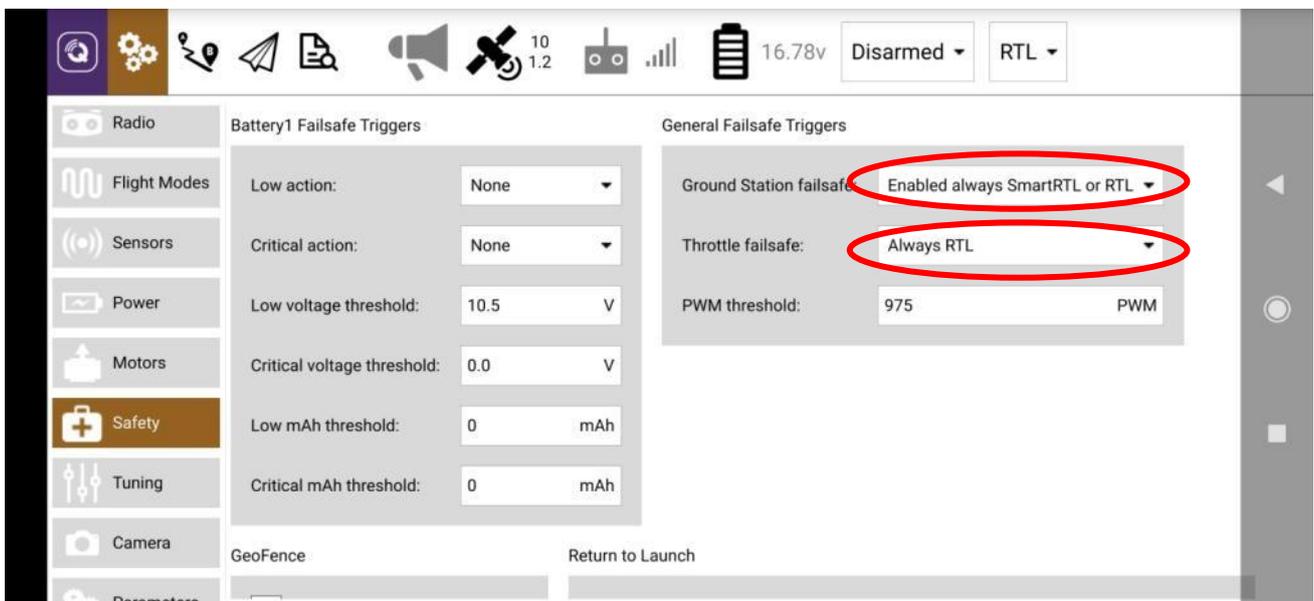
Dans le menu « Safety » après avoir sélectionné le symbole avec les roues dentées.



Dans l'encadré « Général FailSafe Triggers » :

Ground Station FailSafe : sélectionner le mode « Always RTL ».

Throttle FailSafe : sélectionner le mode « Always RTL »



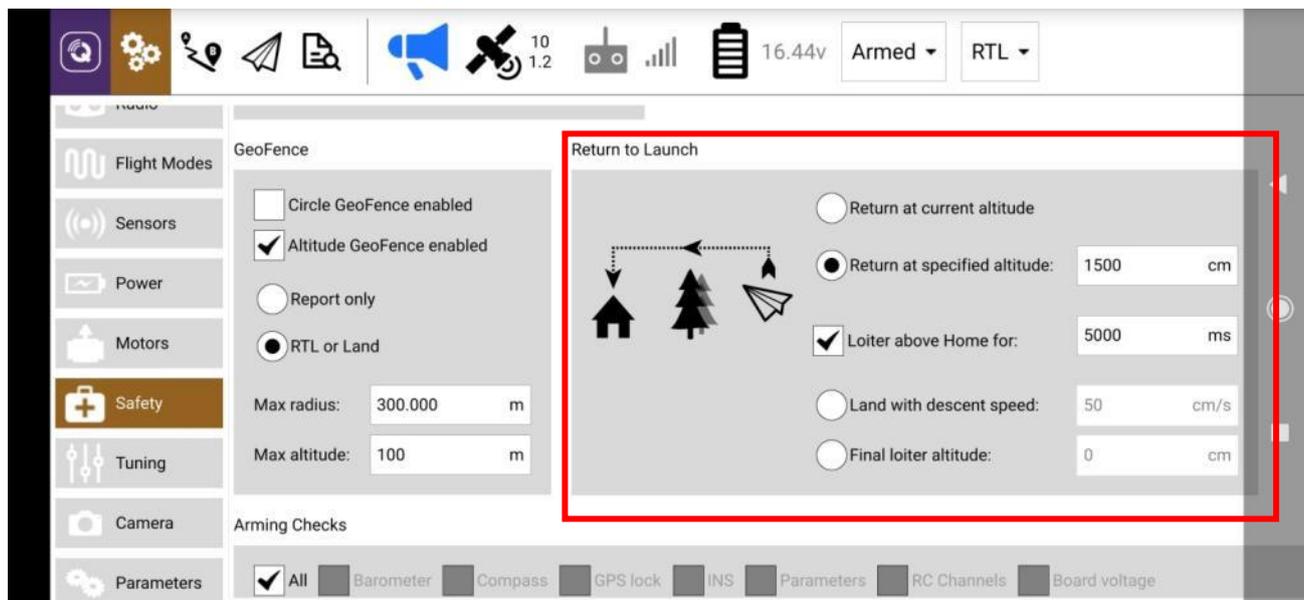
Il est indispensable de paramétrer les modes de Retour de l'aéronef.

Certains paramètres du « FailSafe » sont éditables comme l'altitude de retour au point de décollage, le voltage minimum de déclenchement ou la vitesse de descente de l'aéronef.

Toutefois, il s'enclenchera automatiquement en cas de perte de liaison avec la radiocommande et il sera possible de reprendre le contrôle à tout moment en cas de reconnexion avec cette dernière.

Il sera souvent important de choisir une hauteur de retour (SmartRTL Altitude) cohérente avec son environnement afin d'éviter de rencontrer des obstacles sur un éventuel retour automatique volontaire ou involontaire.

Pour cela descendre dans le menu Safety puis dans l'encadré « Return to Launch ».



#### 4.3.3.2 [SOLEX](#)

Pour le paramétrage des FailSafe, accéder aux paramètres du « Vehicle settings » comme défini au [§4.3.3.](#)

Le mode RTL s'enclenche automatiquement en cas de perte de liaison avec la radiocommande de plus de 5 secondes et il sera possible de reprendre le contrôle à tout moment en cas de reconnexion avec l'aéronef.

Il sera souvent important de choisir une hauteur de retour (SmartRTL Altitude) cohérente avec son environnement afin d'éviter de rencontrer des obstacles sur un éventuel retour automatique volontaire ou involontaire.

Les paramètres suivants doivent donc **impérativement** être configurés :

RTL_ALT	Hauteur que l'aéronef atteindra pour effectuer un RTL Attention valeur en centimètres (cm) !
RTL_SPEED	Vitesse de retour de l'aéronef en mode RTL Attention valeur en centimètres par seconde (cm/s) !
FS_THR_ENABLE	Paramètre permettant le déclenchement d'une procédure de FailSafe avec la manette de puissance moteur. Valeur du paramètre recommandé : 4
FS_GCS_ENABLE	Paramètre permettant le déclenchement d'une procédure de FailSafe lors de la perte de liaison avec la radiocommande après 5s. Valeur du paramètre recommandé : 3

#### 4.3.4 Initialisation

##### Calibration accéléromètres

La calibration des accéléromètres se réalise théoriquement qu'une seule fois à la mise en service, mais il est préférable de réaliser l'opération de temps à autre pour contrer les dérives temporelles. La manipulation se réalise en positionnant le drone sur chacune de ses faces pour les calibrer. Suivez les indications à l'écran et énoncées par la synthèse vocale.

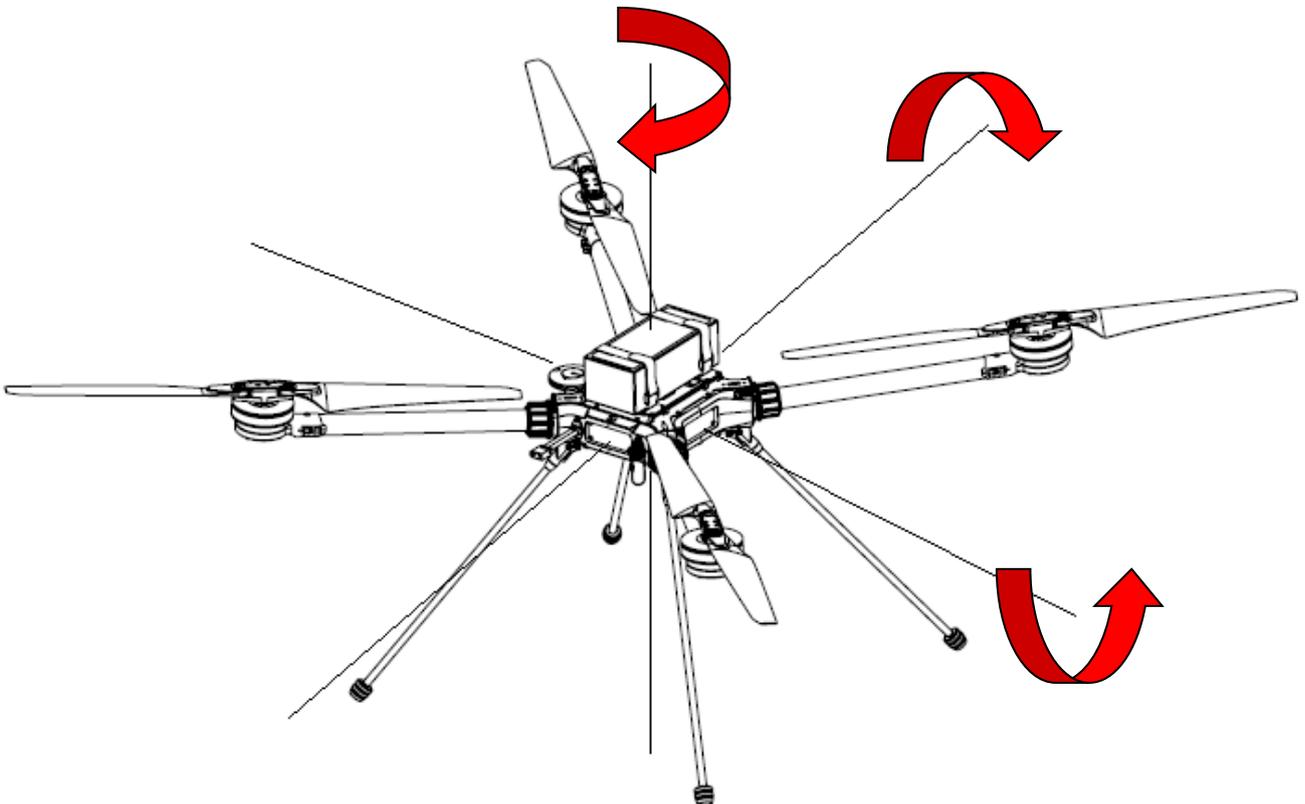


Un redémarrage (reboot) du contrôleur de vol est nécessaire une fois la calibration effectuée.

##### Calibration compas

Si vous initialisez le drone à un autre endroit que lors du vol précédent, il est impératif de réaliser une calibration des compas afin de prendre en compte la déclinaison magnétique de l'environnement de vol. Il sera nécessaire que la machine soit dans sa configuration de vol nominale. La machine doit donc être équipée de l'ensemble de ses équipements pour pouvoir prendre en compte les perturbations magnétiques engendrées. Dans le cas du TUNDRA, les bras doivent être montés et l'ensemble des batteries connectées.

La calibration nécessite de faire tourner le drone sur lui-même pour valider chaque axe de rotation du drone. Elle doit se faire lentement, en maintenant au mieux le drone fixe sur son axe de rotation. Un tour complet dans un sens, puis une rotation complète dans l'autre sens, permettent de renforcer la calibration. Pour la succession des axes de rotation, il n'y a pas d'ordre à respecter, mais **il est important de tous les réaliser : lacet, roulis, tangage.**



Pour démarrer la procédure, maintenir le stick gauche de la radiocommande en haut et à droite (en mode 2). Le buzzer du drone va signifier que la calibration s'est lancée. Les mouvements à réaliser pour la calibration restent les mêmes.

Il est par contre important de s'éloigner de tout objet ou structure pouvant perturber le champ magnétique :

- De plus de 10 mètres de véhicules lourds ou machines ;
- 5 m de toute ligne électrique, voiture, ou bâtiment en béton armé ;
- 2 m de tout aimant, barrière ou grillage, plaque d'égout, bicyclette ;
- 50 cm des ordinateurs, portables, télécommandes radios ;
- 15 cm de tout élément métallique d'apparence insignifiant comme des stylos, lunettes, montres, boucle de ceinture, etc.



**Un redémarrage du contrôleur de vol est nécessaire une fois la calibration effectuée. Pour cela, débranchez la batterie.**

## Commandes de vol de base (modes de vol, mouvements, cartographie et menu supérieur)

ArduPilot comprend 22 modes de vol, disponibles pour divers cas d'utilisations. Cinq d'entre eux sont en revanche à maîtriser pour disposer d'un contrôle suffisant sur la machine :

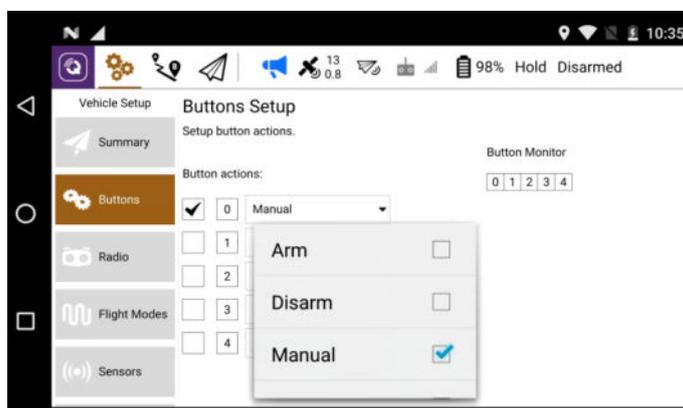
<u>Modes de vol</u>	<u>Actions</u>
<b>Stabilize</b>	Stabilisation basique de la machine au travers de ses IMU. Contrôle manuel des gaz.
<b>Alt-Hold</b>	Stabilize, mais avec un asservissement supplémentaire en altitude par le baromètre.
<b>Loiter</b>	Asservissement complet par les GPS
<b>RTL</b>	Segment automatique pour revenir à point de décollage
<b>Auto</b>	Lancement de la mission automatique préalablement déterminée

## Réglages des boutons pour les différents modes de vol :

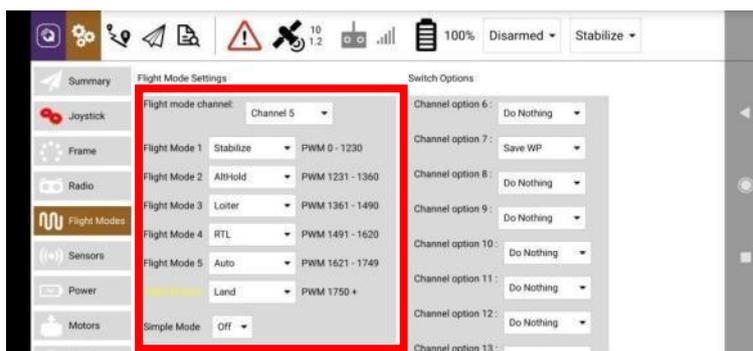
### QGroundControl

Les réglages des modes de vol se font à partir des menus « Buttons » et « Flight Modes ».

Dans le menu « Buttons », attribuer a chaque bouton la fonction « Manual »

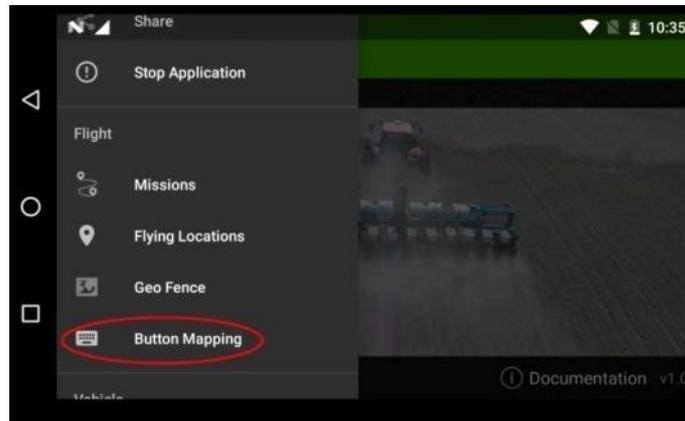


Pour cela aller dans le menu « Parameters » puis « Flight Modes ».

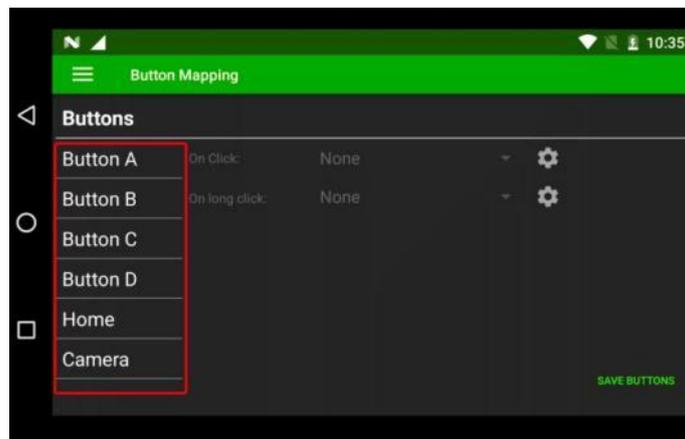


## SOLEX

Dans le menu principal, sélectionné « Button Mapping »

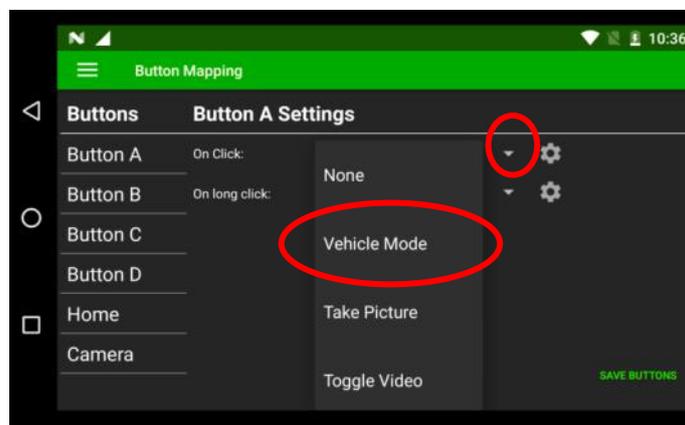


Les modes de vol sont associés à des boutons de la radiocommande, pour cela choisissez le bouton auquel vous voulez associer un mode :

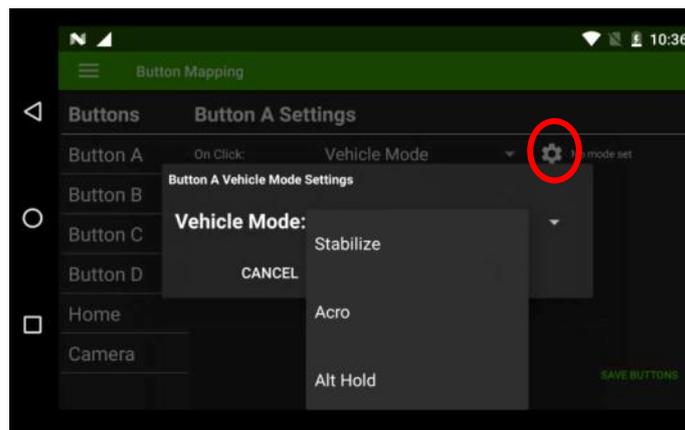


Il est possible d'attribuer deux modes différents par bouton en fonction du mode de sélection, appui court ou long sur le bouton.

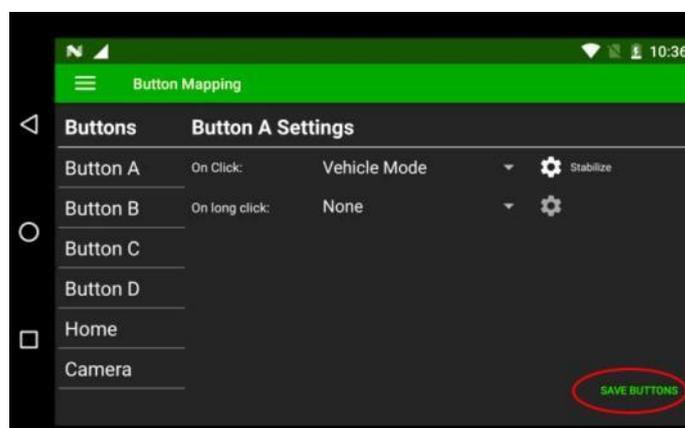
Sélectionner le mode long ou court puis appuyer sur la flèche associée(1). Dans le menu déroulant sélectionné « Vehicle Mode » (2).



Sur la roue crantée, sélectionner ensuite le mode de vol souhaité :



Sauvegarder la configuration à l'aide de « SAVE BUTTONS ».



Procéder de la même manière pour chaque mode de vol à associer.

## 4.4 Inspections/contrôles

Avant chaque vol, il est nécessaire d'effectuer les vérifications d'usage, vous permettant une utilisation optimale et un vol en toute sécurité, à savoir :

### 4.4.1 Vérifications

#### 4.4.1.1 L'aéronef

- Vérifier qu'aucun élément du drone n'est endommagé (cellule, bras, hélices, moteur, etc.)
- Vérifier qu'aucune vis ne soit desserrée ou manquante (cellule, bras, hélices, etc.)
- Vérifier que les batteries, la nacelle (si équipée) et les bras soit bien fixés et sans jeux anormaux
- Vérifier que rien ne gêne la rotation des moteurs et qu'ils ne génèrent pas de bruit

Il est important d'assembler les bras et autres accessoires nécessitant une alimentation avant de brancher les batteries du drone au risque de créer un arc électrique et d'endommager les connecteurs.

#### 4.4.1.2 La zone de vol

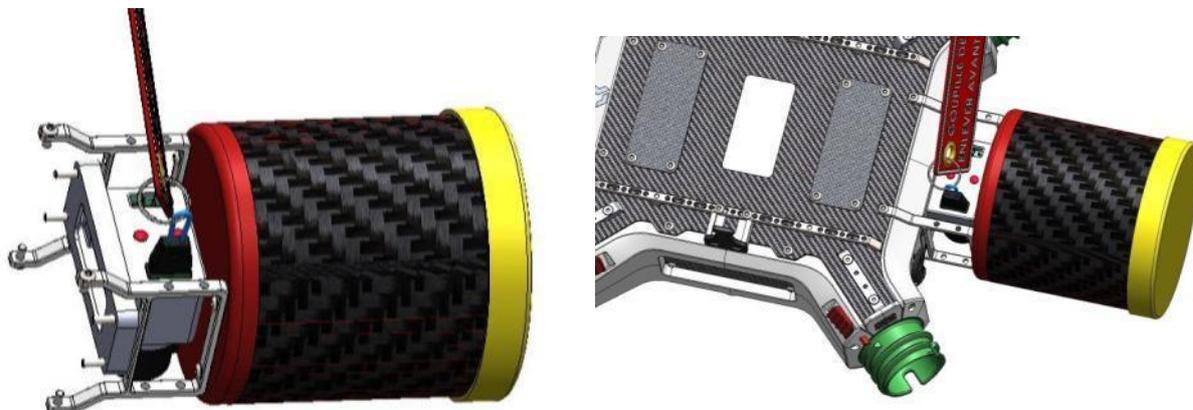
- S'assurer que la zone de vol soit dégagée pour le bon fonctionnement de l'aéronef et que rien ne vient se mettre entre l'aéronef et le pilote (arbres, bâtiments, lignes électriques, etc.)
- Il est important de noter que les relais d'antennes GSM peuvent perturber les fréquences de l'aéronef. Il est donc primordial de garder une distance de sécurité assez conséquente en fonction de leur type et puissance.
- S'assurer d'avoir effectué les démarches si nécessaire auprès des autorités compétentes du pays où le système est déployé.
- Établir un périmètre de décollage/atterrissage balisé afin de prévenir de tout danger et prévoir une zone d'atterrissage d'urgence en cas d'avarie technique.

#### 4.4.1.3 Avant vol

- Poser la machine sur une zone de décollage horizontale ;
- Vérifier la liaison avec la radiocommande ;
- Vérifier la charge de chaque batterie (drone, radiocommande, nacelle, etc.) ;
- Vérifier le mode de vol actif sur la radiocommande ou sur l'écran affichant le retour de télémétrie :
  - Il est conseillé de décoller en mode Loiter ;
- Vérifier en armant/désarmement les moteurs afin de s'assurer du bon fonctionnement du système et la cohérence du sens de rotation des hélices en cas de changement de ces dernières ;
- Tester le système de déclenchement du parachute **avant chaque vol** en suivant la procédure détaillée du [§4.4.4.3](#).

## 4.4.2 Éléments de sécurité

### **Clef de sécurité parachute (selon option)**



Une clef de sécurité est située à l'arrière de l'aéronef. Elle empêche un déclenchement accidentel de la charge pyrotechnique et doit être retirée avant toute autre étape de mise en route.

De la même manière, elle doit obligatoirement être insérée dans sa prise de gauche « Sécu » après tout atterrissage afin de sécuriser la charge pyrotechnique.

### **Démarrage des moteurs**

Une commande sur le joystick des gaz permet de démarrer ou d'éteindre les moteurs.

Actionnez le manche de gaz sur la radiocommande: Joystick de gauche en mode 2 ; vers le bas et à droite jusqu'au démarrage des moteurs. Une fois le manche des gaz revenu à son neutre, augmenter le régime moteur progressivement afin d'effectuer un décollage.



*Exemple de démarrage des moteurs sur une radiocommande HERELINK*

### **Coupure des moteurs**

Pour stopper volontairement les moteurs il suffit, au sol, de maintenir le même manche en bas à gauche pendant 2 secondes. Sinon, l'arrêt se fait automatiquement en maintenant le manche des gaz en bas et en attendant le laps de temps qui a été paramétré dans le menu adéquat.



*Exemple de coupure des moteurs sur une radiocommande HERELINK*

### **Coupure d'urgence des moteurs**

Dans le cadre de l'utilisation de cet aéronef en mode S2, la coupure d'urgence des moteurs est effective et immédiate lors du déclenchement du système de limitation d'énergie. Voir le [paragraphe 5.2.2.](#)

#### 4.4.3 Utilisation de l'aéronef en mode Captif

L'utilisation de l'aéronef TUNDRA en mode captif ne peut se faire qu'avec les solutions proposées ELISTAIR :

- LIGH-T V4
- SAFE-T V2

**Tout autre configuration de système de retenue ou d'alimentation filaire devra faire l'objet d'une demande au constructeur HEXADRONE et sera soumis à l'obtention d'une nouvelle attestation de conception de type auprès de la DGAC.**

L'installation de la solution ELISTAIR est décrite en Annexes.

Les deux valises ELISTAIR sont compatibles avec les deux types de motorisations proposées. Attention toutefois aux différentes puissances des valises :

Valise	Puissance maximale en continu (selon version)
LIGH-T V4	700W - 1200W
SAFE-T V2	1500W – 1800 W – 2200W

En fonction de ces valeurs, le comportement en vol de l'aéronef peut s'en trouver modifié.

L'application connectée ELISTAIR indique à tout moment la puissance consommée. Il est important de garder ces informations à proximité lors d'un vol.



**IL est impératif de suivre scrupuleusement le manuel d'utilisation de la valise utilisée. Les manuels sont différents pour chaque type de valise. Il convient de s'assurer de posséder et connaître ce manuel pour utiliser la valise ELISTAIR.**

Les manuels d'utilisation des deux valises sont annexés à ce document (les versions indiquées ci-dessous sont celles en vigueur au jour de rédaction de ce document, il est indispensable de vérifier si les manuels d'utilisations ont été mis à jour) :

- Pour la valise SAFE-T v2 : EN - Safe-T 2.1 - User Manual V1.pdf ;
- Pour la valise LIGH-T : EN - Ligh-T 4 - User Manual V4.0 - 25\_07\_2019.pdf

#### **Paramètre d'utilisation :**

Dans tous les cas de figure, et ce quelque soit la valise ELISTAIR utilisée, la vitesse maximale verticale est limitée à 0,5m/s.

#### 4.4.4 Test du système de déclenchement du parachute

##### 4.4.4.1 Description du dispositif

Avant tout vol il est indispensable de vérifier le bon fonctionnement du système de déclenchement du parachute.

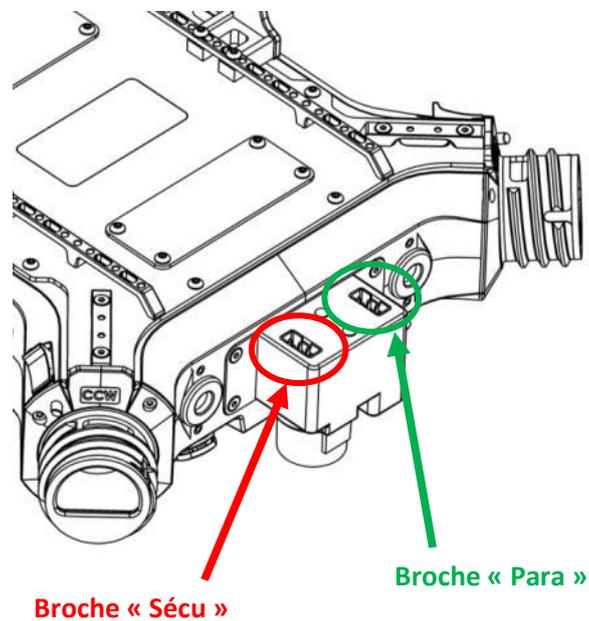
Ce test se fait à l'aide du « Pyro-Trainer » :

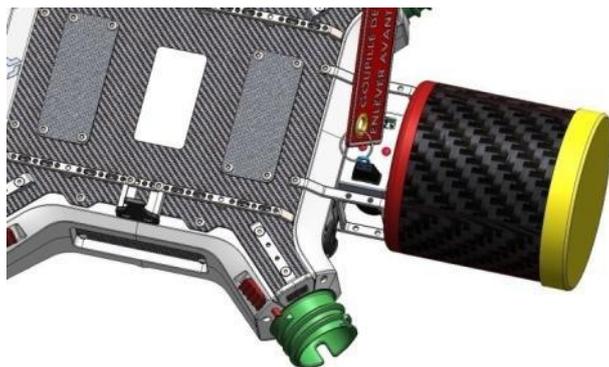


Ce dispositif se branche en lieu et place du câble du parachute sur le système de sécurité.

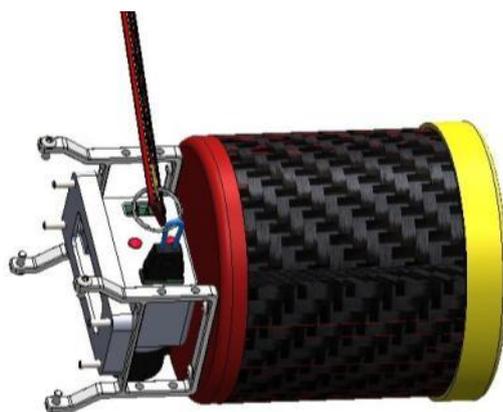
Il se compose d'un circuit électronique permettant de simuler la présence de la charge pyrotechnique et d'une LED rouge permettant la visualisation du déclenchement.

Sur la base de fixation du parachute se trouve également un module de contrôle permettant de déterminer le bon fonctionnement de la solution GBS.





Ce module de contrôle accueille la clef de sécurité et présente deux LEDS distinctes permettant de connaître l'état du système.



---

*Exemple de LED indiquant l'état du système.*

#### 4.4.4.2 Codes couleurs

##### **Pyrotrainer**

LED éteinte	Système normal
LED allumée	Déclenchement du parachute effectué

##### **Module de contrôle**

LED Rouge clignotante	Une erreur est apparue, les causes peuvent être multiples : <ul style="list-style-type: none"><li>- Charge pyrotechnique usagée ;</li><li>- Signal de radiocommande de contrôle manquant ;</li><li>- Signal de déclenchement de parachute activé ;</li><li>- Etc.</li></ul> Se référer au manuel d'utilisation.
LED Rouge Fixe	Parachute déclenché S'accompagne du déclenchement du Buzzer
LED Verte clignotante	Système prêt à être armé
LED Verte fixe	Système armé et prêt au décollage

#### 4.4.4.3 Procédure de test

Pour les explications suivantes le drone est vu de dessus, avec le parachute situé à l'arrière. Pour tester le bon fonctionnement du système, mettre l'aéronef en configuration prête à voler, puis :

- Insérer la clef de sécurité dans la broche "Sécu" située sur le coté gauche du module (voir [§4.4.2](#));
- Débrancher le câble du parachute, dans la broche « Para » située sur le côté droit du module.
- Insérer le « Pyro-Trainer » dans la broche "Para" située sur le coté droit du module;
- Alimenter la radiocommande de sécurité en vérifiant que les interrupteurs de déclenchement soient bien en position non activé;
- Alimenter le module de sécurité en activant l'interrupteur situé en dessous du module;
- Alimenter le drone;
- Enlever la clef de sécurité;
  - Une LED verte s'allume alors fixement, indiquant que tout est en ordre de vol
- Déclencher le parachute via la radio de sécurité;
  - Si le Buzzer retentit et la LED rouge du « Pyro-Trainer » s'allume fixement, alors le test de déclenchement est concluant : l'ensemble du système est fonctionnel et peut donc être utilisé avec un parachute;
- Remettre les commandes de déclenchement à l'état initial;
- Débrancher le drone;
- Mettre la clef de sécurité sur la broche "Sécu";
- Enlever le « Pyro-Trainer » de la broche "Para" et brancher le câble sortant du conteneur du parachute sur cette broche "Para";
- Alimenter le drone;
- Enlever la clef de sécurité;
- Le drone est prêt pour le vol.



**IL EST IMPERATIF DE BIEN REBRANCHER LE PARACHUTE AVANT DE DECOLLER.**  
A défaut, le module de contrôle clignotera en rouge signalant ainsi une erreur dans le système.

## 5 Procédures d'urgence

Note : Pour une utilisation en mode captif, voir [Annexe 1](#).

### **Note importante :**

Les procédures ci-dessous ne décrivent pas de façon exhaustive les actions que doit prendre le télépilote en réponse à tous les types d'anomalies possibles.

Elles supposent que le télépilote a préalablement tenté de retrouver une situation de vol normale et se limitent à décrire les mesures de sauvegarde ultimes lorsque :

L'aéronef ne peut être maintenu dans les limites de vol prévues, ou

En cas de vol hors vue, le télépilote ne dispose plus des informations suffisantes pour piloter l'aéronef ou s'assurer qu'il reste dans les limites de vol prévues.

### 5.1 Scénarios

#### 5.1.1 Scénario S1

Si l'aéronef ne peut être maintenu dans les limites de vol prévues, le télépilote doit interrompre le vol par coupure des moteurs.

Si l'aéronef est équipé du système de limitation d'énergie (parachute), le télépilote peut activer son déclenchement. La coupure des moteurs se fera automatiquement. Le déclenchement se fait selon la procédure décrite dans le [paragraphe 5.2.2](#).

#### 5.1.2 Scénario S2

Vol hors vue : si le télépilote ne dispose plus de l'information d'altitude ou de localisation de l'aéronef, ou en cas de doute sur la validité de ces informations, il doit interrompre la mission, par activation d'un dispositif FailSafe, de retour au point de décollage (Voir le [§5.2.1](#) pour le mode RTL), manuellement ou, si nécessaire, par coupure des moteurs.

Si l'aéronef ne peut être maintenu dans les limites de vol prévues, le télépilote doit interrompre le vol par coupure des moteurs.

Si l'aéronef est équipé du système de limitation d'énergie (parachute), le télépilote peut activer son déclenchement. La coupure des moteurs se fera automatiquement. Le déclenchement se fait selon la procédure décrite dans le [paragraphe 5.2.2](#).

#### 5.1.3 Scénario S3

En cas de dysfonctionnement de l'aéronef, le télépilote doit enclencher le mode RTL (retour au point de décollage) : voir le [§5.2.1](#).

Sur le drone, le contrôleur de vol Cube enclenche automatiquement une procédure de RTL après 0,5s en cas de perte de liaison avec le sol.

En cas de défaillance de la commande de retour ou de défaillance de l'aéronef, entraînant la chute de celui-ci ou empêchant de le maintenir dans les limites de vol prévues, le télépilote doit **immédiatement** :

Déclencher le système de limitation d'énergie (parachute) selon la procédure décrite dans le [paragraphe 5.2.2](#).

Cette procédure de sauvegarde qui est composée d'une séquence d'actions :

- Coupure de moteurs (coupe-circuit) ;
- Déclenchement du parachute ;
- Activation d'un Buzzer.

#### 5.1.4 Scénario S3 Captif

Se référer aux annexes pour l'utilisation de l'aéronef TUNDRA en mode Captif avec la valise ELISTAIR

Si l'aéronef est équipé du système de limitation d'énergie (parachute), le télépilote peut activer son déclenchement. La coupure des moteurs se fera automatiquement. Le déclenchement se fait selon la procédure décrite dans le [paragraphe 5.2.2](#).

Dans le cadre d'un scénario S3 Captif où la source d'alimentation n'est pas la cause de la défaillance, la valise Elistair continuera de fonctionner et enroulera le câble excédentaire automatiquement.

## 5.2 Systèmes de sécurité

### 5.2.1 Mode RTL

En cas de dysfonctionnement de l'aéronef, le télépilote doit enclencher le mode RTL (retour au point de décollage).

Le déclenchement du mode RTL se fait de la manière suivante :

Un interrupteur est programmé de la manière suivante

- Alt Hold
- Loiter
- RTL

Une action sur cet interrupteur permet donc a tout moment d'enclencher le retour au point de décollage.

L'aéronef interrompt alors sa mission, atteint tout d'abord l'altitude de sécurité qui a été paramétrée (par défaut 15m) et reviens au point de décollage en suivant les paramètres enregistrés dans QGroundControl.

Pour le paramétrage de la fonction RTL, voir [§4.3.3](#)

### 5.2.2 Système de parachute

En cas de défaillance de l'aéronef, entraînant la chute de l'aéronef ou empêchant de le maintenir dans les limites de vol prévues, l'opérateur de charge utile et sécurité doit immédiatement activer le dispositif de limitation d'énergie (le parachute).

Pour cela l'opérateur doit actionner deux commandes paramétrées PARA1 et PARA2 sur l'émetteur radio afin de déclencher le parachute.



Exemple de radiocommande et d'interrupteurs à actionner

Les deux interrupteurs sont dédiés à cette fonction d'urgence.

Ils doivent obligatoirement être **abaissés tous les deux** pour que le dispositif s'enclenche.

Cette action entraîne instantanément la coupure des moteurs et entraîne le déclenchement du système pyrotechnique libérant le parachute.

### 5.2.3 Perte de liaison avec la radiocommande

Sur le drone, le contrôleur de vol CUBE peut permettre en fonction des réglages prévus une procédure de retour au point de lancement en cas de perte de liaison avec la radiocommande.

Le réglage de la machine est fixé sur RTL. ([Voir §4.3.3](#)) Cette fonction permet de faire revenir le drone en ligne droite à son point de décollage. Il convient alors de bien paramétrer l'altitude de retour afin d'éviter les obstacles présents sur le terrain.

Pour régler le paramètre relatif à la perte de liaison avec la radiocommande, il faut ajuster la composante « Pwm Threshold ». C'est la valeur de signal radio en deçà de laquelle le mode Failsafe se déclenche.

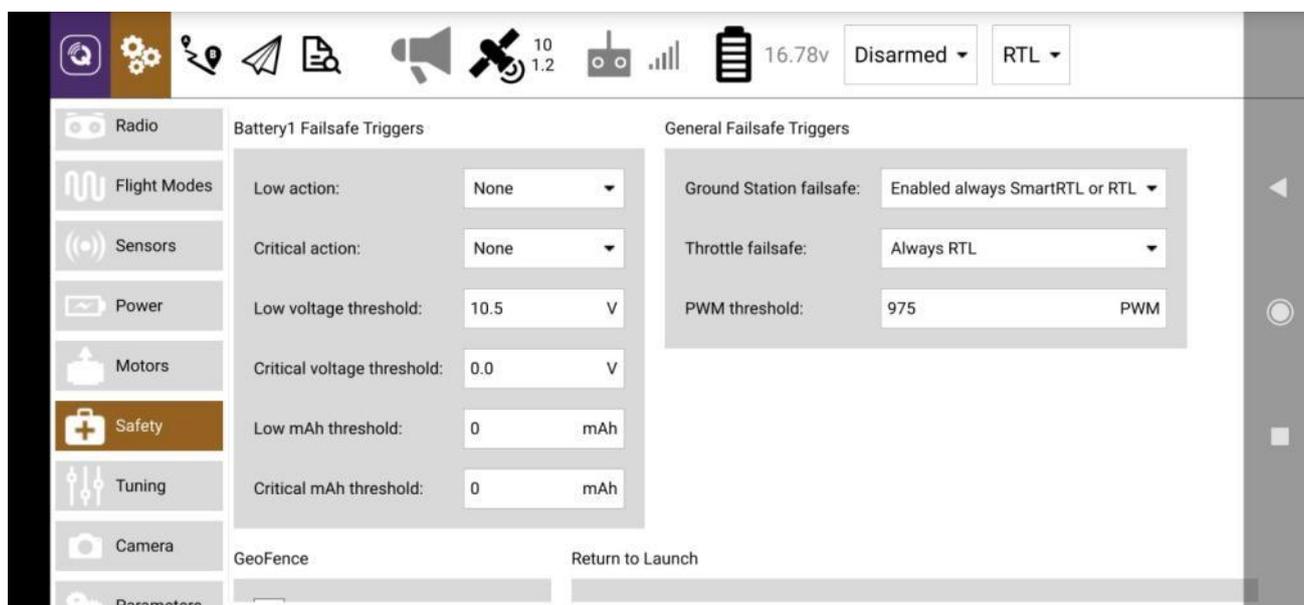
Cette valeur doit correspondre à la valeur transmise par la radiocommande en cas de défaut.

Il faut vérifier cette valeur dans les paramètres de la radiocommande. Pour cela se référer au manuel d'utilisation de celle-ci.

Le réglage se fait en suivant les procédures qui suivent.

### Pour QGroundControl :

Dans le menu suivant : Parameters / Safety / General FailSafe Triggers :



### Pour Solex :

Pour cela, dans le menu **Vehicle Settings** saisir comme mot clef « FS\_THR\_VALUE ».

Attribuer à ce paramètre la valeur de PWM souhaitée. Sauvegarder la configuration dans le Cube (SAVE) et redémarrer le contrôleur de vol.

## 5.3 En cas de crash de l'aéronef

En cas d'accident, il est primordial de :

- 1) Couper en priorité les moteurs manuellement si cela n'a pas été fait automatiquement.
- 2) Enlever les batteries et vérifier leur état (si elles sont endommagées, les placer dans un sac anti-feu avant de les neutraliser).
- 3) Inspecter l'ensemble du matériel et établir la liste des parties endommagées.
- 4) Remplacer toutes les pièces qui ont été abîmées et surveiller que les pièces périphériques ne sont pas elles aussi endommagées.
- 5) S'assurer qu'aucune des cartes électroniques n'a été abîmée (un choc violent peut mettre hors-service certains capteurs).
- 6) Une fois la machine réparée, refaire une calibration accéléromètres et compas.
- 7) Remplir le formulaire de notification d'incident disponible à l'adresse suivante :

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Formulaire%20de%20compte-rendu%20d%E2%80%99%C3%A9v%C3%A9nement%20%28Fiche%20REX%29.pdf>

## 6 Entretien

### 6.1 Préconisation/stockage

Il est impératif de stocker le matériel nettoyé, dans un endroit sec et tempéré, à l'abri de la poussière, à plat dans la caisse de transport livrée avec le système. Les batteries devront être retirées et mises en stockage à 30% de leur capacité si ce dernier dépasse les 2 semaines. Leur niveau de charge doit être surveillé tous les deux mois afin de ne pas descendre en tension.

### 6.2 Entretien de la structure/cellule principale

La machine doit être maintenue propre pour une durée de vie optimale. Pour cela il est important de :

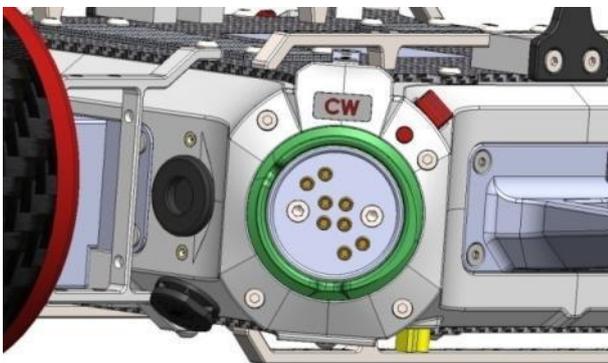
- Nettoyer toutes les parties salies par les utilisations à l'aide d'aérosols d'air comprimé et un d'un pinceau. Il peut être utilisé également des produits non agressifs, pour éviter d'altérer les éléments de la machine.
- Vérifier que la structure de la machine ne comporte pas d'usure anormale, qu'aucune pièce ne soit cassée ou fissurée.
- Vérifier la bonne fermeture de la partie supérieure ainsi que la fixation de l'ensemble des capots ou optionnels.
- Vérifier que tous les éléments, comme les trains d'atterrissage, soient bien en place sans jeux anormaux.
- Avant toute opération sur le drone, s'assurer que ce dernier soit bien sec afin d'éviter des infiltrations d'humidité.

## 6.3 Entretien des bras, moteurs et hélices

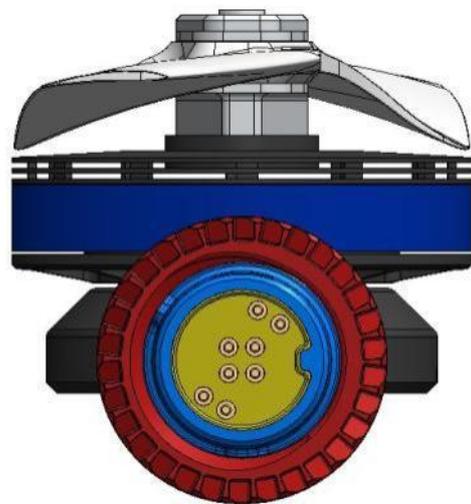
Sur le Tundra les bras sont des organes essentiels et complexes. Leur entretien et remplacement sont facilités par leur modularité mais **il est important de :**

Vérifier que les connectiques des bras ne soient pas endommagées ou oxydées et s'assurer du bon fonctionnement des connectiques situées sur l'embase des bras. Vérifier la bonne insertion de chaque bras dans la glissière de la cellule et s'assurer qu'il n'existe aucun jeu anormal.

- Il est à noter que les bras sont équipés de détrompeurs mécaniques qui évitent les inversions de position de ces derniers ;
- Vérifier que les connectiques des bras sont libres et propres ;



Aperçu des connecteurs sur le corps du drone



Aperçu des connecteurs sur le bras du drone

- Avant chaque vol, vérifiez que les bras ne comportent aucun jeu une fois serrés ;
- Ne jamais fixer ou enlever un bras lorsque l'aéronef est alimenté ;
- Vérifier le fonctionnement des éclairages de position situés à l'extrémité des bras ;
- S'assurer du bon état des hélices, qui ne doivent pas être détériorées ni déséquilibrées ;
- Vérifier les fixations des hélices ;
- Vérifier l'état visuel des moteurs, s'assurer en les faisant tourner à la main qu'ils tournent sans gêne et qu'ils ne génèrent aucun bruit anormal ;
- Prévoir le remplacement des moteurs brushless toutes les 500 heures de service, ce qui peut être diminué selon le type de mission effectué (sable, matière ferreuse... etc.). Un nettoyage périodique est indispensable à leur bon vieillissement (notamment à l'aide d'un aérosol d'air comprimé pour enlever les particules fines et d'un pinceau pour les plus grosses) ;
- Vérifier que rien ne vient altérer le bon fonctionnement des systèmes Gore disposés sur le dessous du corps.

En cas de remplacement des hélices, choisir un modèle exactement équivalent et s'assurer du bon sens de rotation via le schéma ci-dessous :

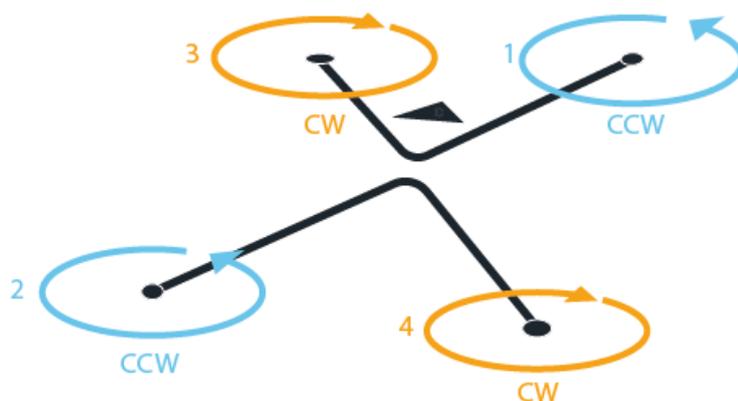


Schéma synthétisant le sens de rotation des 4 groupes propulsifs.

## 6.4 Entretien de l'électronique intérieure

La partie intérieure étant accessible, il est également important de s'assurer que le capot supérieur se referme de manière étanche et que rien ne vient gêner les organes essentiels au vol (dont il faut également vérifier le bon état visuel). En cas de problème rencontré sur l'électronique embarquée, il est important d'effectuer un retour en maintenance afin de faire une vérification préventive.

## 6.5 Entretien et utilisation des batteries

Le bon entretien des batteries Lithium-Polymère a pour but de leur assurer une durée de vie optimale et d'éviter tout risque lors de leur utilisation. Il est préconisé de :

- Recharger les batteries à maximum 50 % de leur capacité.
- Ne jamais surcharger les batteries. Ne pas dépasser le voltage indiqué sur ces dernières.
- Ne jamais les charger lorsqu'elles ne sont pas froides à cœur (3 heures après une utilisation standard).
- Si la batterie comporte la moindre partie abîmée, percée ou gonflés il est important de la neutraliser afin d'éviter tout incident.
- Ne pas descendre en dessous de 3,5 volts /élément.
- Stocker les batteries dans un endroit sec et à l'abri de la lumière, des chocs et les confiner dans un sac anti-feu.
- Ne pas jeter les batteries dans les ordures ménagères. Utilisez les moyens mis à votre disposition pour leur recyclage.
- En cas de veille prolongée, stocker les batteries à 50% de leur capacité et de vérifier tous les mois leur bon vieillissement.
- Prévoir leur remplacement tous les 200 cycles charge/décharge.

## 6.6 Entretien de la radiocommande et de la station de vol

Il est important de garder propres les radiocommandes/station sol.

Si la radiocommande est amenée à être utilisée dans des milieux à forte teneur en particules grossières (poussière, sable, etc.) elle peut subir des dégradations accélérées de certains de ses éléments, notamment au niveau des manches de contrôle où le sable peut pénétrer et venir accentuer l'usure des pièces en mouvement.

En cas de diminution flagrante de la portée de la radiocommande, cela peut signifier qu'une antenne est défectueuse (câble rompu complètement ou partiellement). Prévoir son remplacement.

## 6.7 Pliage et utilisation du parachute

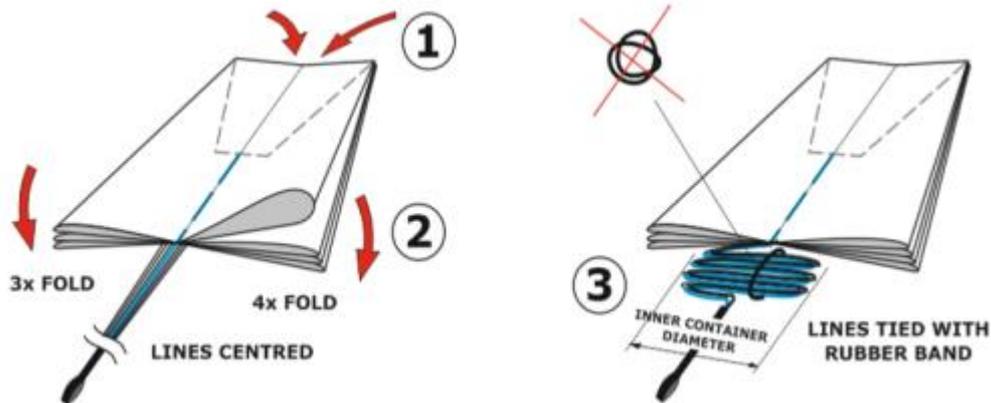
Le bon fonctionnement du parachute dépend de son état de stockage. Il est donc primordial de :

- Vérifier la bonne fixation de chaque élément.
- Contrôler l'état de la toile et des suspentes (pas de déchirure, pas d'humidité, ou de produit pouvant entraîner un mauvais fonctionnement).
- Effectuer un test du système parachute avec le « Pyro-Trainer » toutes les 5 heures de fonctionnement selon la procédure du [§4.4.4.3](#).
- Déplier et aérer au moins durant 12 heures la toile, une fois tous les 3 mois.

## Pliage du parachute :

Le parachute est constitué de plusieurs cellules qui, accolées les une aux autres constituent la voile. Il est indispensable de plier cette voile parfaitement afin de permettre une ouverture correcte lorsque nécessaire.

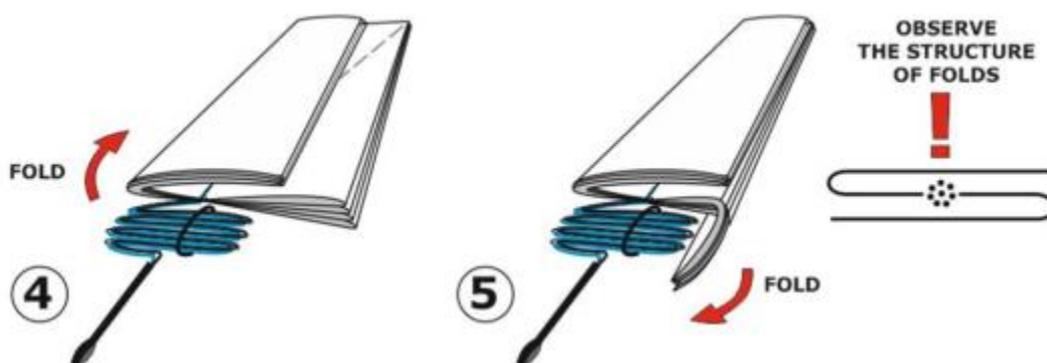
Pliez chaque cellule en deux de manière à ce que toutes les suspentes sortent du centre du parachute et divisent les plis dans un rapport de 3:4 comme sur les figures 1-2



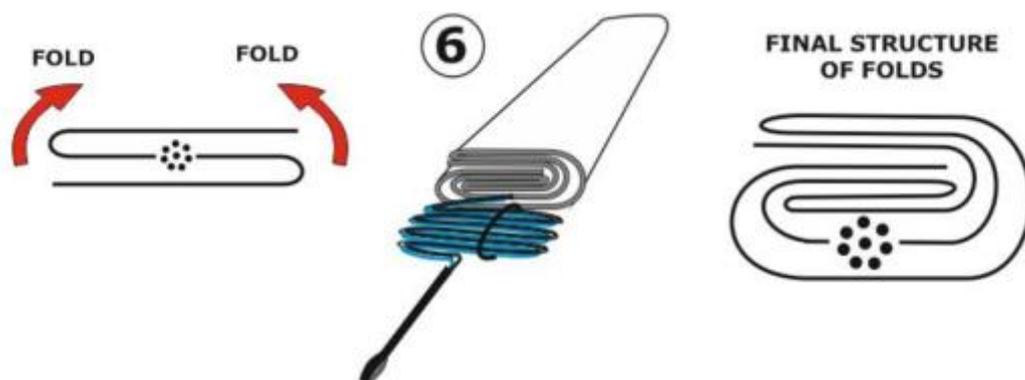
Pliez les suspentes de serrage et alignées sous forme d'accordéon.

Il est possible de maintenir les suspentes pliées à l'aide d'un élastique fin, comme indiqué sur la figure 3. Dans ce cas, ne surtout pas plier l'élastique, prévoir l'enlacement le plus lâche possible. L'élastique doit être positionné de telle sorte qu'il soit éjecté lorsque les suspentes se déploieront.

La longueur des plis des suspentes doit être approximativement égale au diamètre du conteneur.

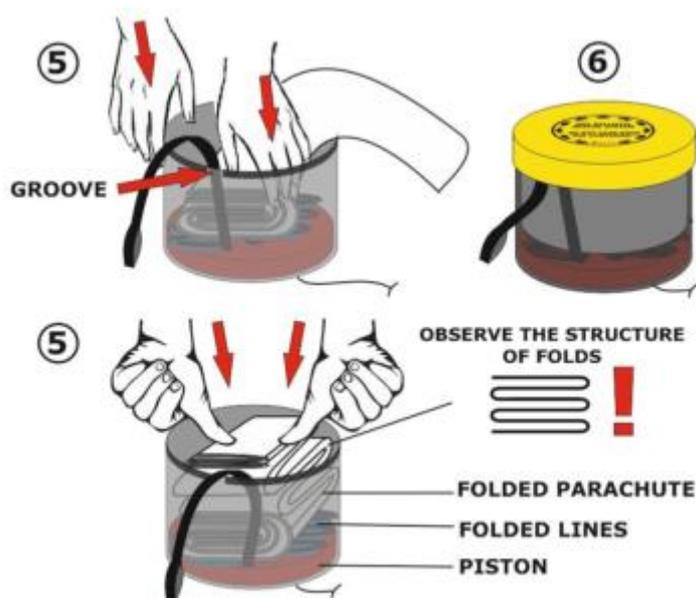


Les 2/3 des plis gauches se replient vers le centre du parachute : Figure 4. Les 2/3 des plis droits se replient vers le centre du parachute, mais du côté opposé : Figure 5. Les suspentes doivent toujours être centrées par rapport au parachute.



Les parties gauches et droites du parachute replié se plient comme indiqué à la figure 6. Il est important de préserver la structure des plis.

Le parachute est maintenant prêt à être pressé dans le conteneur, plié en accordéon.



Dès que la voile est insérée dans le conteneur, pliez en accordéon l'excédant de la sangle avec le mousqueton qui sert de liaison avec les élingues fixées sur le drone.

Lors de l'utilisation, il est recommandé de plier également l'excédant des élingues dans le conteneur afin que celles-ci ne soient pas lâches le long du corps du drone, risquant ainsi d'interférer avec les hélices.

Seules doivent sortir du conteneur les élingues reliées au corps du drone. Celles-ci doivent être tendues.

## 7 Tableau de suivi de maintenance et d'entretien

Date	Contrôle effectué	Problème rencontré	Solution apportée	Pièce remplacée	Signature

## 8 Avis de responsabilité

Le pilotage d'un drone, qu'il soit en manuel ou en automatique est une activité qui demande de l'attention, des connaissances spécifiques et un bon jugement. Soyez prudents, formez-vous dans des structures adaptées, contactez les assurances et conformez-vous aux exigences définies par les arrêtés DGAC :

- du 3 décembre 2020 :
  - o relatif à la définition des scénarios standard nationaux : [TREA2025061A](#)
  - o relatif aux exigences applicables par certains aéronefs captifs : [TREA2025063A](#)
  - o relatif à l'utilisation de l'espace aérien : [TREA2017575A](#)
- du 10 juin 2021 fixant la liste des zones interdites à la prise de vue aérienne par appareil photographique, cinématographique ou tout autre capteur de télédétection : [PRMD2114101A](#)

Pour la France, nous vous recommandons de consulter le site du Ministère de la transition écologique en cas de doutes ou de questions :

<https://www.ecologie.gouv.fr/exploitation-drones-en-categorie-specifique>

## 9 Synthèse des opérations de maintenance

<u>Opérations</u>	<u>Périodicité</u>
Vérification de la charge de toutes les batteries	Avant chaque vol
Vérification état des hélices	Avant chaque vol
Vérification des serrages des hélices	Avant chaque session de vols
Vérification des jeux des fixations des bras, batteries	Avant chaque session de vols
Vérification des serrages des vis d'éléments en mouvements (train, moteurs etc.)	Toutes les 5 heures de vol
Vérification des couples de serrage de l'ensemble des vis	Toutes les 5 heures de vol
Vérification de toute pièce anormalement usée (fissures, usures prononcées, câbles endommagés)	Toutes les 5 heures de vol
Vérification du système parachute	Toutes les 5 heures de vol
Remplacement des batteries Lithium-Polymère du drone	Tous les 200 cycles de charge/décharge
Remplacement des moteurs	Toutes les 500 heures de vol
Vérification, aération, et repliage parachute	Tous les 3 mois
Maintenance rapide de la valise ELISTAIR	A réaliser après 50 heures d'utilisations ou après 10 campagnes d'utilisation.  Se référer au manuel d'utilisation
Maintenance complète de la valise ELISTAIR	Réalisée par ELISTAIR  Pour la valise SAFE-T V2 : toutes les 400 heures d'utilisation ou après 50 campagnes d'utilisation. Pour la Valise LIGH-T : toutes les 200 heures d'utilisation ou après 50 campagnes d'utilisation.  Se référer au manuel d'utilisation

## ANNEXE : Utilisation en mode Captif

### A1. PREPARATION DU VOL

#### A1.1. Détermination des limites du vol

Voir [§ 4.1](#) du manuel.

#### A1.2. Distance de sécurité

La distance de sécurité minimale par rapport aux tiers au sol doit être au minimum égale à la longueur du câble de retenue augmentée de 5 mètres.

La valise Elistair SAFE T V2 peut être livrée avec deux longueurs de câble distinctes : 100m et 130m. Les distances de sécurités seront donc respectivement de 105 m et 135m.

La valise Elistair LIGH-T est livrée avec une longueur de câble de 70 m soit une distance de sécurité de 75m.

#### A1.3. Limiteur d'altitude

Voir [§ 4.3.1](#) du manuel.

#### A1.4. Inspection/contrôles

Inspecter l'état du dispositif de retenue, et appliquer [§ 4.4](#) du manuel.

#### A1.5. Réglage de la longueur du câble

L'application compagnon du système d'alimentation Elistair permet d'afficher la longueur de câble déployé.

La valise Elistair maintient en permanence la longueur de câble la plus optimale en rembobinant automatiquement l'excédent de câble.

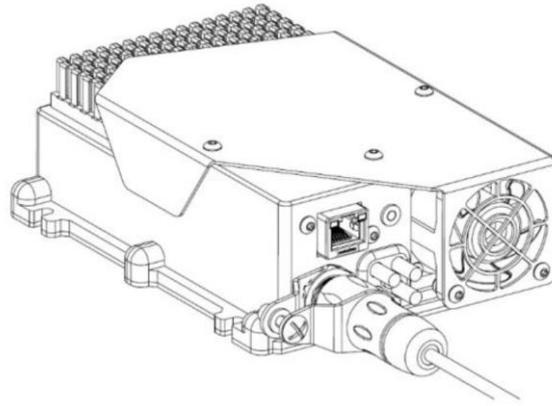
#### A1.6. Mise en Œuvre

##### Présentation

Le module ELISTAIR est un module d'alimentation permettant une autonomie quasi-illimitée au drone. Il est composé de deux modules majeurs : la valise qui reste au sol et le module Air.

L'ensemble permet, via un câble relié au sol, la transmission de l'alimentation du drone.

Le module Air se présente sous la forme suivante :



Le module AIR doit être placé sur les rails situés sur le dessus du drone. Un assemblage contenant le module AIR et la batterie de secours, fixés sur une plaque support en carbone, a été développé : il permet une intégration rapide sur le drone.

La valise sol peut se présenter sous les formes suivantes (en fonction de l'option choisie) :



SAFE-T V2

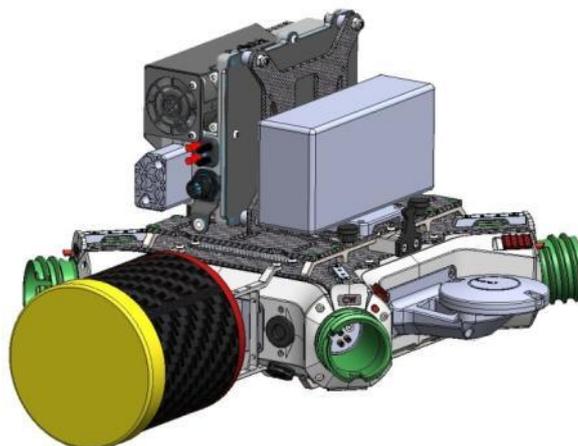


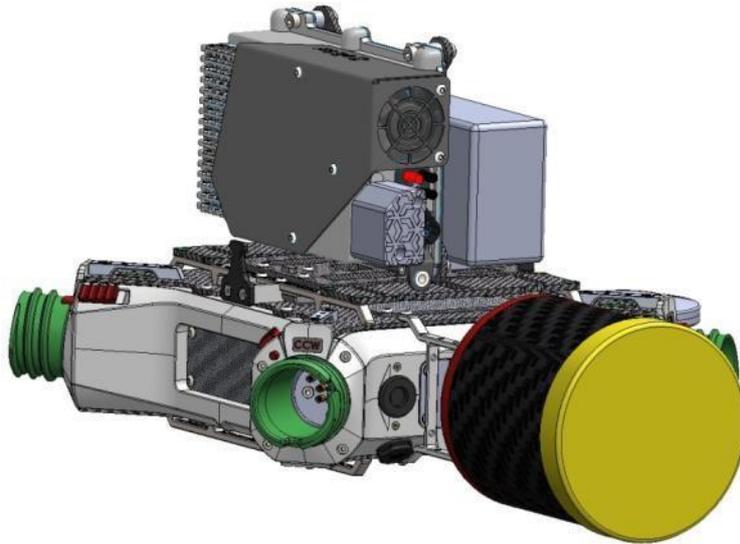
LIGH-T

### [Installation du module Air](#)

Le module AIR est associé à une batterie de sécurité : en cas de problème avec le module (rupture de câble, problème d'alimentation, etc.), la batterie prendra le relais le temps de poser le drone en sécurité.

Le module Air se positionne avec la batterie de secours sur la platine carbone supérieure du drone à l'aide d'un support spécifique.





### Installation de la batterie

Le module Air doit être raccordé à une batterie de secours, permettant en cas de défaillance du câble d'alimentation de continuer à alimenter le drone pour le poser sans risques.

La batterie est maintenue en position à l'aide de sangles sur le support en carbone.

Les câbles d'alimentation doivent être dirigés vers l'arrière du drone.



En cas de présence de parachute, prendre un soin particulier à laisser les élingues libre de tout mouvement.

### Retrait de la batterie

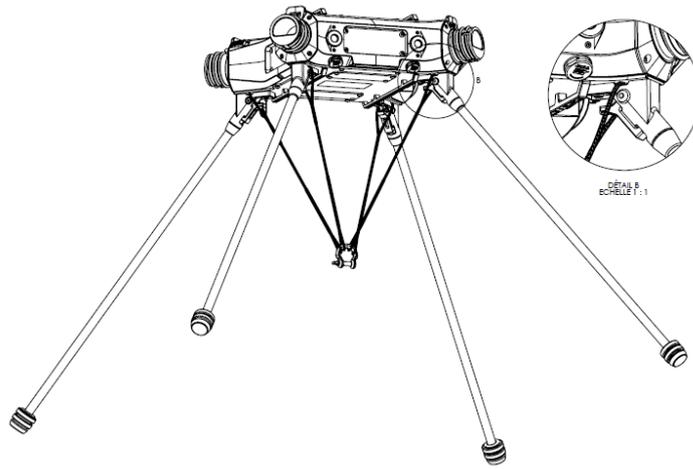


Ne Jamais tirer sur les câbles d'alimentation ou d'équilibrage pour retirer la batterie.

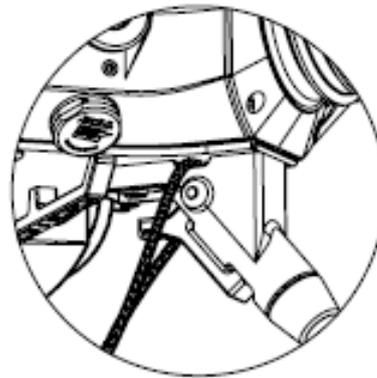
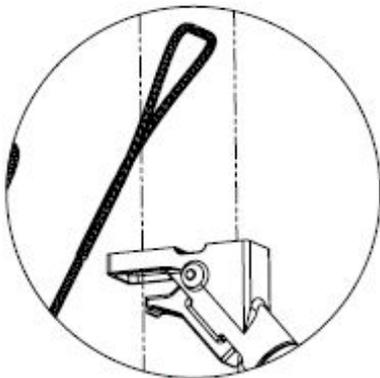
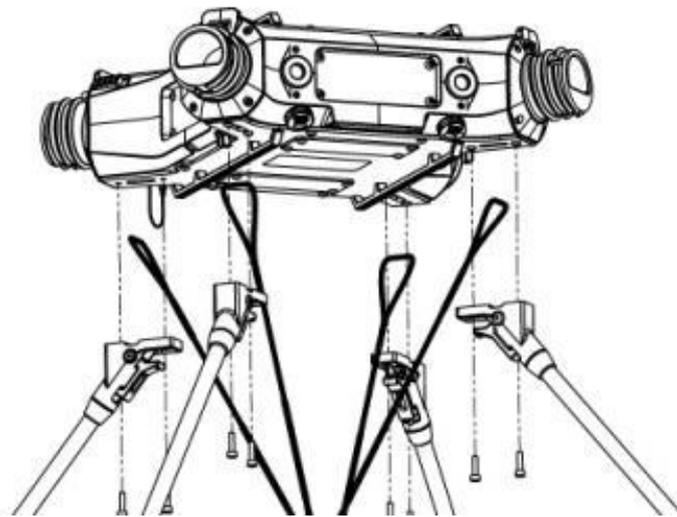
### Fixation câble sur le drone :

Le câble d'alimentation Elistair doit être sécurisé sous le drone en étant attaché aux élingues à l'aide de la manille.

Le câble d'alimentation ELISTAIR est attaché sous le drone à l'aide de 4 élingues (fixées au drone sur les embases de pieds)



Réunir les 4 élingues et les fixer sur les embases de pieds sous le drone.



## Réunion et fixation des élingues

Réunir les 4 élingues et les rassembler sous le drone avec la manille de levage.

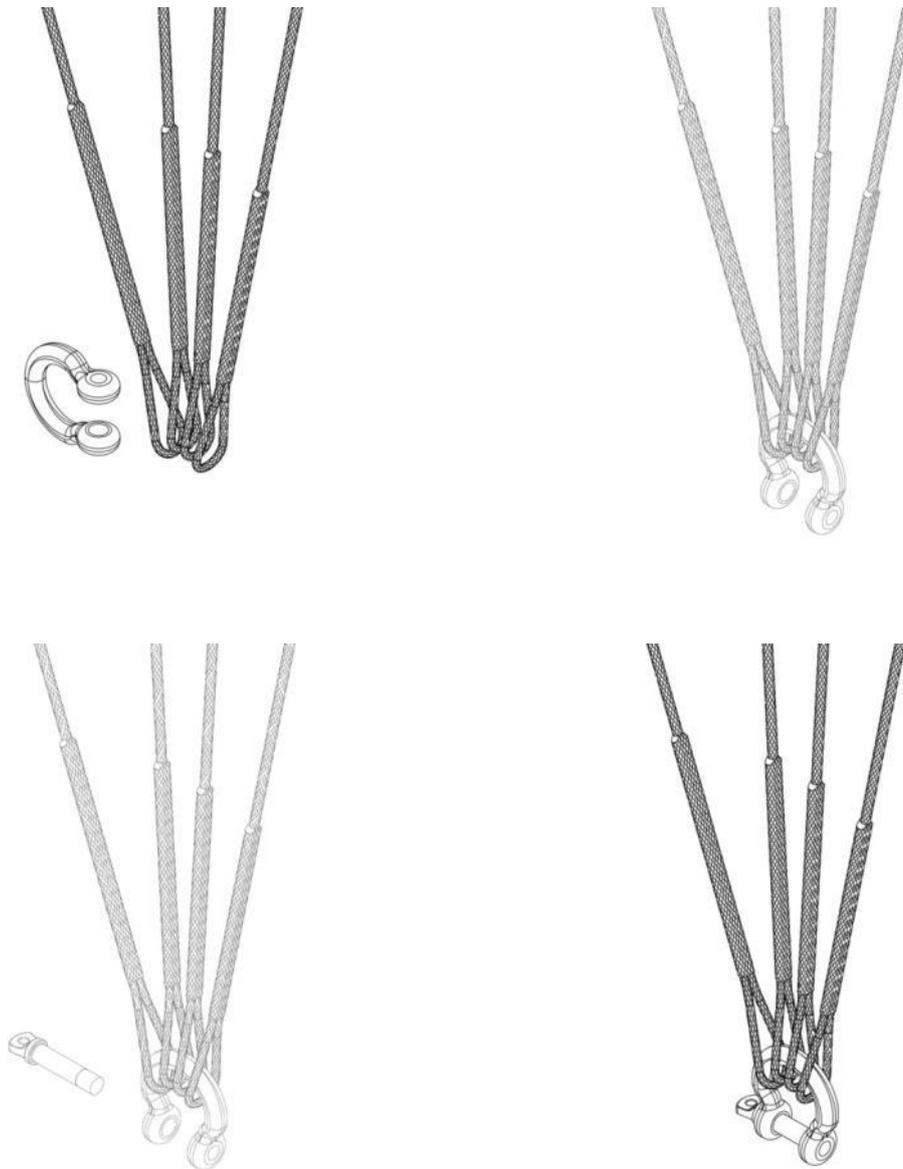
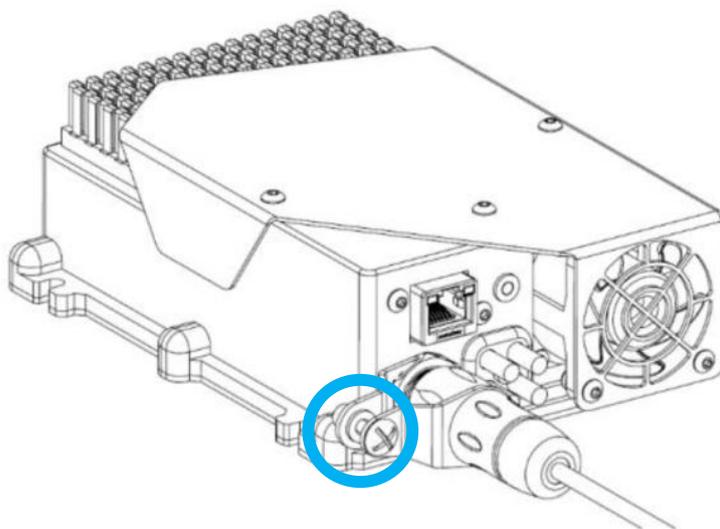


Figure 1 : regroupement des 4 élingues de maintien de la solution ELISTAIR

La manille est ensuite insérée dans l'anneau du câble ELISTAIR.

### Alimentation

Le câble d'alimentation est alors relié au module ELISTAIR puis sécurisé à l'aide de la vis cruciforme prévue à cet effet.



Branchement du câble au module Air

Pour toute opération avec le module ELISTAIR, se référer au manuel d'utilisation ELISTAIR pour la mise en œuvre de l'ensemble, ou se référer au site : <https://elistair.com/self-training/>

Les manuels d'utilisation des deux valises sont annexés à ce document (les versions indiquées ci-dessous sont celles en vigueur au jour de rédaction de ce document, il est indispensable de vérifier si les manuels d'utilisations ont été mis à jour) :

- Pour la valise SAFE-T v2 : EN - Safe-T 2.1 - User Manual V1.pdf ;
- Pour la valise LIGH-T : EN - Ligh-T 4 - User Manual V4.0 - 25\_07\_2019.pdf

### Branchements

Deux câbles sortent du module Air :

- un pour l'alimentation directe du drone ;
- un pour la connexion à la batterie de secours.



**Ne jamais connecter les deux prises du module Air entre elles**

Le raccordement même accidentel de ces deux prises entraînerait une détérioration irréversible du module Air.

La fiche marquée d'un « L » vert se branche sur le drone dans la prise d'alimentation.



**ATTENTION ! Tous les câbles relatifs à l'alimentation du drone doivent bien passer sous les élingues de retenue du parachute**

### Télépilote + opérateur

L'opérateur devra surveiller le déroulement et l'enroulement du câble de retenue en fonction des évolutions du drone à l'aide de l'application dédiée Elistair. La hauteur maximum autorisée devra être respectée.

#### A1.7. Utilisation

Pour l'utilisation d'une valise Elistair, se référer scrupuleusement aux indications du manuel d'utilisation approprié joint à ce document (les versions indiquées ci-dessous sont celles en vigueur au jour de rédaction de ce document, il est indispensable de vérifier si les manuels d'utilisations ont été mis à jour) :

- Pour la valise SAFE-T v2 : EN - Safe-T 2.1 - User Manual V1.pdf ;
- Pour la valise LIGH-T : EN - Ligh-T 4 - User Manual V4.0 - 25\_07\_2019.pdf

Il est à noter que lors de l'utilisation d'une valise ELISTAIR, la **vitesse ascensionnelle maximale** à respecter est de : **0,5m/s**

Cette valeur peut être paramétrée dans le contrôleur de vol sous les références :

- PILOT\_SPEED\_UP pour un vol en mode manuel, exprimée en cm/s ;
- WPNAV\_SPEED\_UP pour un vol en mode automatique, exprimée en cm/s.

## A2. PROCEDURES D'URGENCE

Les valises Elistair proposées avec le Tundra ne possèdent pas de frein intégré, la distance maximale d'échappée de l'aéronef correspond à la longueur maximale du câble disponible varie donc en fonction de la configuration de valise retenue.

Il conviendra donc de définir une zone de sécurité correspondante à cette contrainte augmentée de 5m lors de la préparation du vol afin de tenir compte d'une éventuelle perte de contrôle et d'échappée de l'aéronef.

La zone de sécurité sera donc de :

Pour la valise LIGH-T V4 : 75m

Pour la valise SAFE-TV2 :

- 105m pour la configuration de valise disposant de 100 m de câble ;
- 135 m pour la configuration de valise disposant de 130 m de câble.