

robopololy



Introduction à la robotique volante

1. Présentation

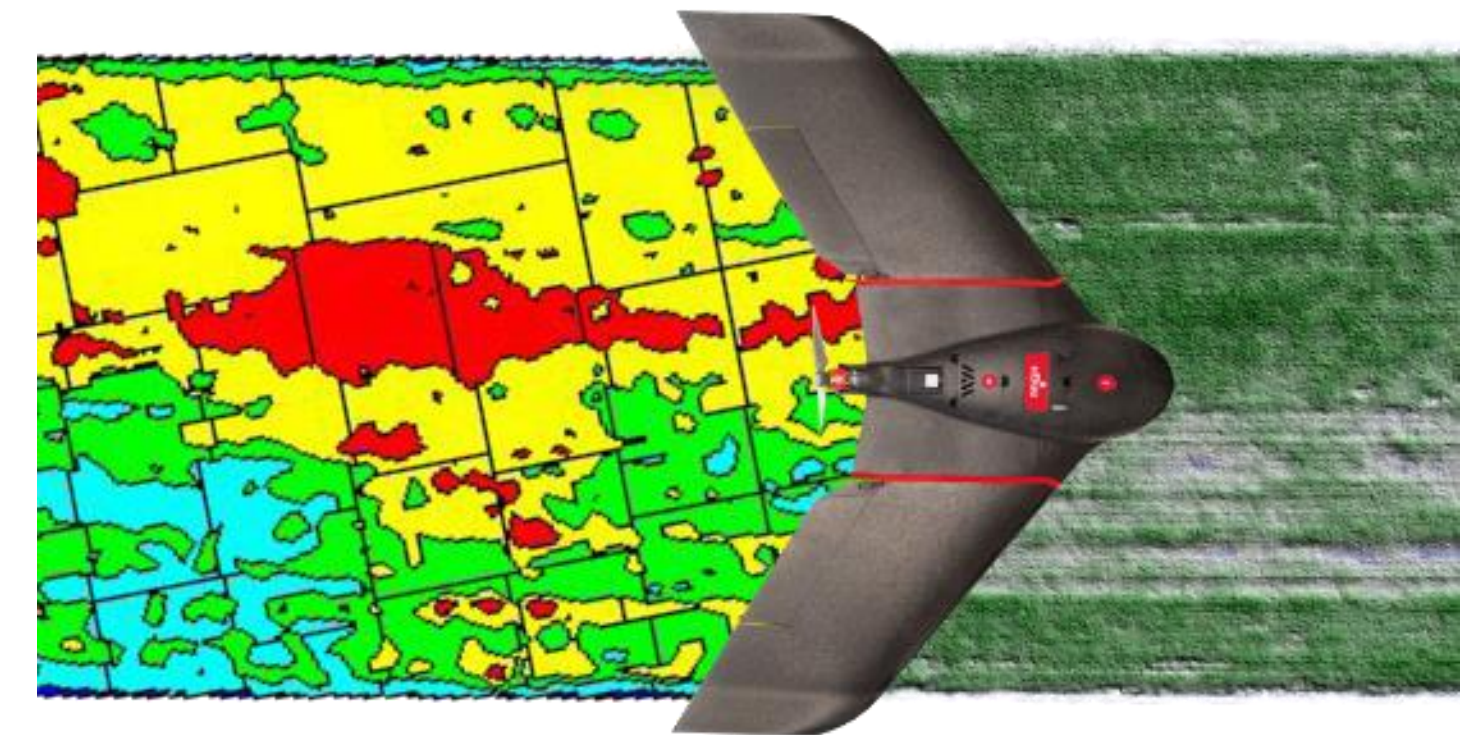
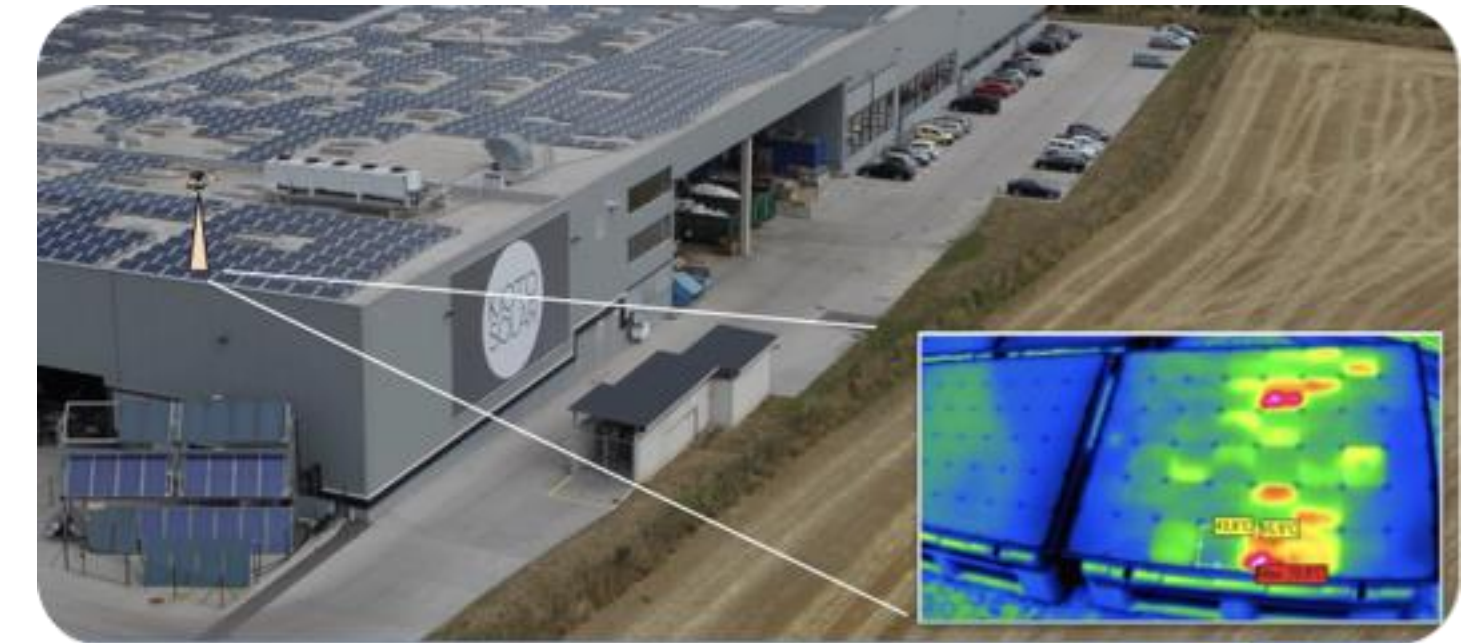
2. Définitions

3. Dimensionner et s'équiper

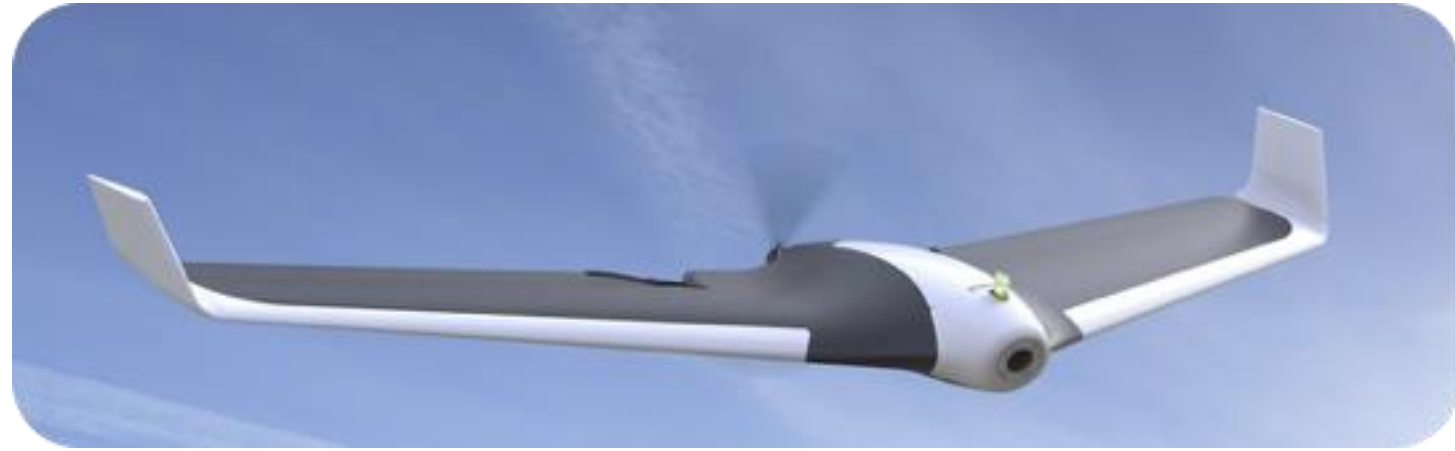
4. Réglementation

1. Présentation

- Vaste champ d'application (prises de vues, **inspection, agriculture, logistique...**)
- Secteur porteur et en plein essor
- Réduction des coût, temps de mise en oeuvre, bilan carbone



1. Présentation



1. Présentation

2. Définitions

3. Dimensionner et s'équiper

4. Réglementation

2.1 Terminologie

- **DIY** (**D**o **I**t **Y**ourself) : kit complet à monter soit même
- **ARF** (**A**lmost **R**eady **T**o **F**ly) : livré assemblé, certains composants électroniques peuvent manquer (récepteur, contrôleur, ..)
- **RTF** (**R**eady **T**o **F**ly) : appareil complet, prêt à voler sans récepteur
- **BNF** (**B**ind and **F**ly) : appairez un émetteur et volez
- Dimensions [mm] : distance entre les axes des moteurs (ex : 450 mm)

2.2 Capteurs

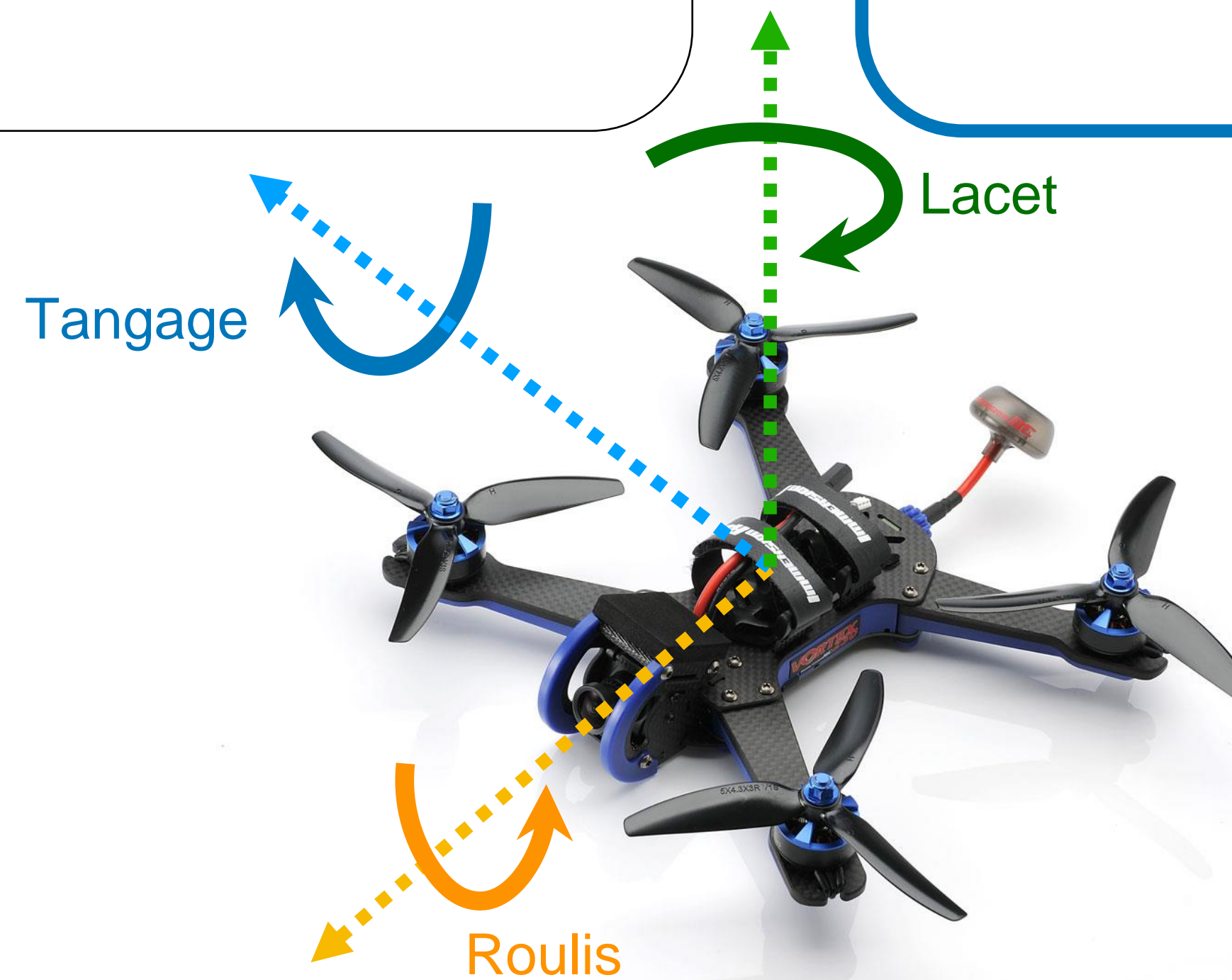
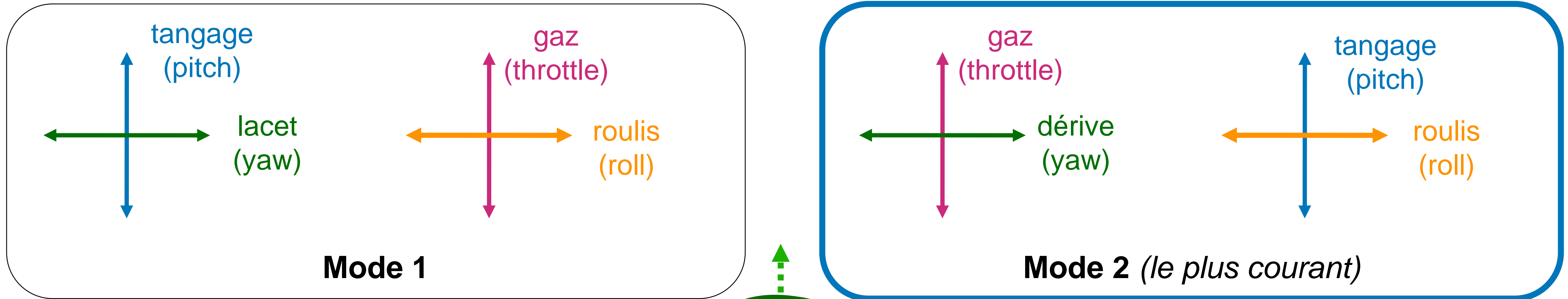
- **Accéléromètre** : mesure de l'accélération linéaire sur 1 à 3 axes
- **Gyroscope** : mesure de l'accélération angulaire sur 1 à 3 axes
- **Boussole** : compas magnétique (orientation nord / sud / est / ouest)
- **IMU (Inertial Measurement System)** : "centrale inertiel" composée de gyroscopes et accéléromètres
- **GPS (Global Positioning System)** : fournit les coordonnées géographiques

2.3 Orientation

- **Roulis (Roll)** : rotation autour de l'axe traversant l'appareil dans son axe de vol
-> tonneau droite / gauche
- **Tangage (Pitch)** : rotation autour de l'axe perpendiculaire à l'axe de vol
-> avant / arrière
- **Lacet (Yaw)** : rotation autour de l'axe vertical
-> rotation dans le plan horizontal
- **Gaz (Throttle)** : -> monter / descendre



2.4 Commandes / Modes



+ Mode 3
+ Mode 4

1. Présentation

2. Définitions

3. Dimensionner et s'équiper

4. Réglementation

3.1 Puissance

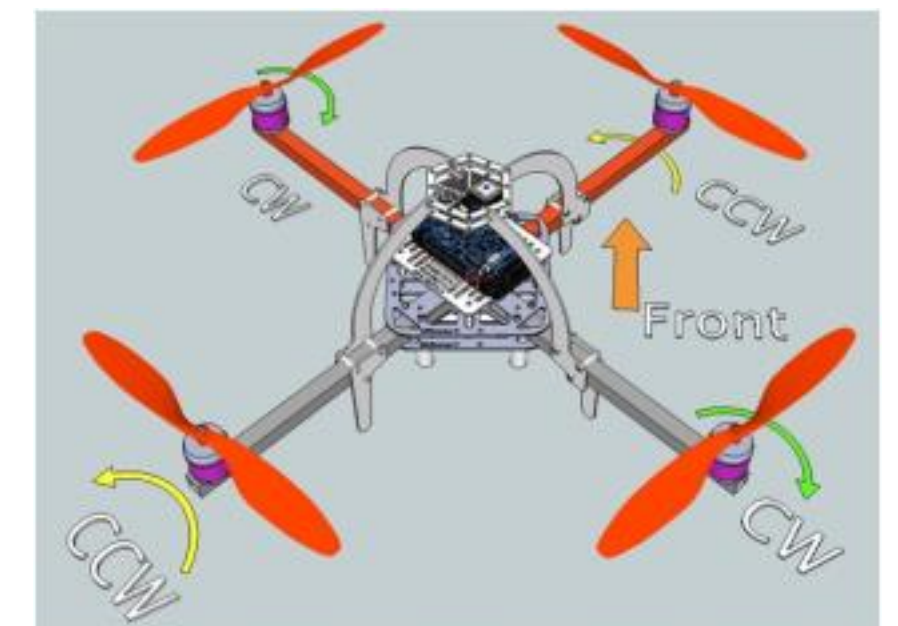
- **Moteur :**

- DC Brushless (\neq brush) : moins bruyant et rapport poids/puissance plus élevé
- Cage tournante (\neq rotor interne) : boîtier extérieur avec aimants en rotation autour des bobines fixes au centre. Généralement doté de plus de couple
- Coefficient KV [tr/min/volt] : rapport vitesse / tension
ex : 2300 KV | 7,4V \Rightarrow 14,8 V x 2300 tr/mn/V = 34 040 tr/mn



- **Hélices :**

- Sens horaire / anti-horaire (CC / CCW)
- **Diamètre** et **Pas** (en pouces 1" = 25.4mm) : **5045** -> \varnothing 5 inch | pas 4.5 pouces
 - ▶ Pas élevé / diamètre petit \Rightarrow vitesse
 - ▶ Pas petit / diamètre élevé \Rightarrow traction
- Conversion nombre de pales :
 - ▶ 2 pales -> 3 pales \Rightarrow réduire 10% diamètre
 - ▶ 2 pales -> 4 pales \Rightarrow réduire 16% diamètre



3.1 Puissance

- **ESC (*Electronic Speed Controllers*) :**

- Contrôle de la vitesse du moteur en fonction du signal transmis par la carte de vol
- Prendre un ESC légèrement au dessus du courant max demandé par le moteur
ex : moteur 14A \Rightarrow choisir un ESC 20A pour éviter l'échauffement

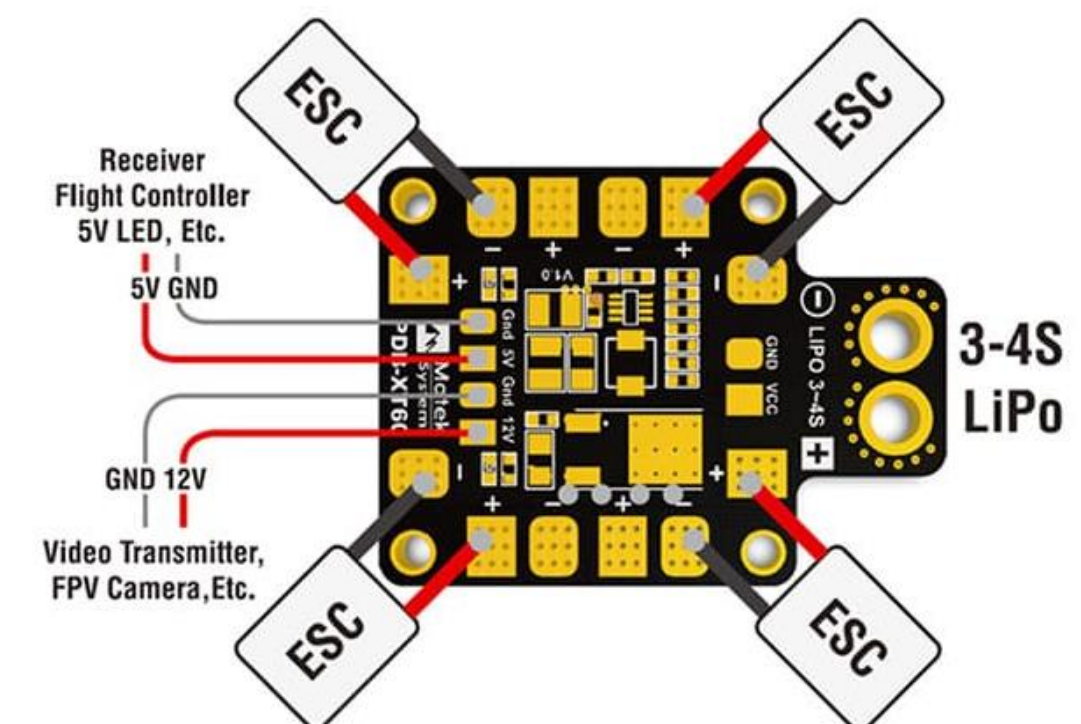


- **BEC (*Battery Eliminator Circuit*) :**

- Alimente l'électronique embarqué sur un modèle réduit (récepteur, servos...)
- Implémenté généralement sur l'ESC, il évite d'utiliser 2 batteries (1 propulsion & 1 réception)

- **PDB (*Power Distribution Board*) :**

- Alimente tous les composants du drone (surtout pour ceux de course)
- Remplace la fonction du BEC



3.1 Puissance

- **Batterie :**

- **LiPo** (Lithium Polymère) : capacité élevée pour faible poids et bonne décharge | 4.2V / élément
- **LiHV** (LiPo High Voltage) (**interdit en compétition**) : plus légère, voltage plus élevé | 4.35V / élément
- **Capacité** (mAh) : plus la capacité est élevée, plus le vol est long mais plus la batterie est lourde !
- Taux de décharge en **C** : rapport courant de décharge max / capacité
ex : 4 esc à 20A, batterie 1300 mAh -> nombre de C ?
 $C > 4 * 20 / 1,3 = 61.53 \Rightarrow 65C \text{ minimum}$
- Charge : uniquement avec un chargeur LiPo à 1C (*ex: 1.3 A pour une batterie 1300mAh*)
- Attention à la charge et au stockage ! Les LiPo peuvent s'enflammer !
[Plus d'info : https://robopoly.epfl.ch/infrastructures/lipo](https://robopoly.epfl.ch/infrastructures/lipo)

3.2 Carte de vol

- Composé de : accéléromètres, gyroscopes, IMU, (compas, baromètre, gps)

Mode	Niveau	Gyroscope	Accéléromètre	Baromètre	Compas	GP S	Assistance
GPS + BARO	★	X	X		X	X	Maintien position + altitude
BARO	★★	X	X	X	X		Maintien de l'altitude
MAG	★★	X	X		X		Manitien du cap
ANGLE	★★★	X	X				Maintien d'un niveau stable
HORIZON	★★★★	X					Maintien de niveau et pilotage rapide
ACCRO	★★★★★	X					Contrôles rapides, pas de remise à plat

- Les plus performantes pour le racing : [BetaflightF4](#), [RevoltF4](#)
- Pour professionnels : [DJI N3](#)
- Processeurs actuels: STM32F4 et STM32F7

3.3 Radio-commande

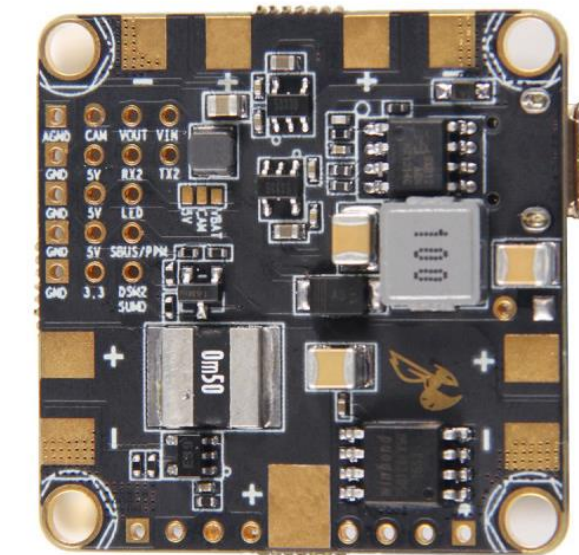
- **Protocoles de communication**



TX protocol
(TX - RX)



RX protocol
(RX - FC)



- D8 / D16 / LR12 (Frsky)
- DSM / DSM2 / DSMX (Spektrum)
- AFHDS / AFHDS 2A (Flysky)
- A-FHSS (Hitec)
- FASST (Futaba)
- CRSF, CRSFShot (TBS)

- PWM, PPM, PCM (obsolète)
- SBUS (universal)
- IBUS (Flysky)
- XBUS (JR)
- MSP (Multiwii)
- CRSF (TBS)
- FBUS (FrSky)

3.4 Vol en Immersion FPV

- Intégration sur tout type de modèles (avions, quadcoptères...)
- Rediffusion en temps réel de l'image sur le masque du pilote



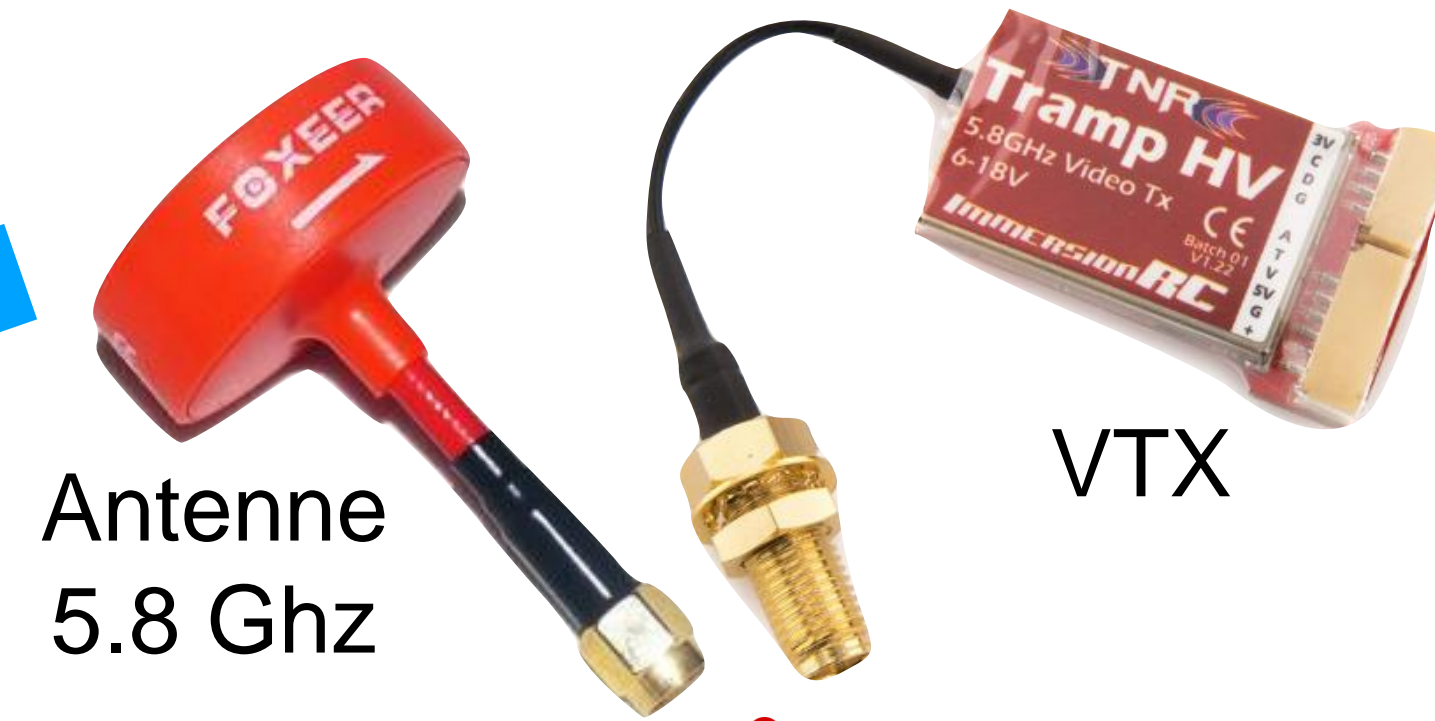
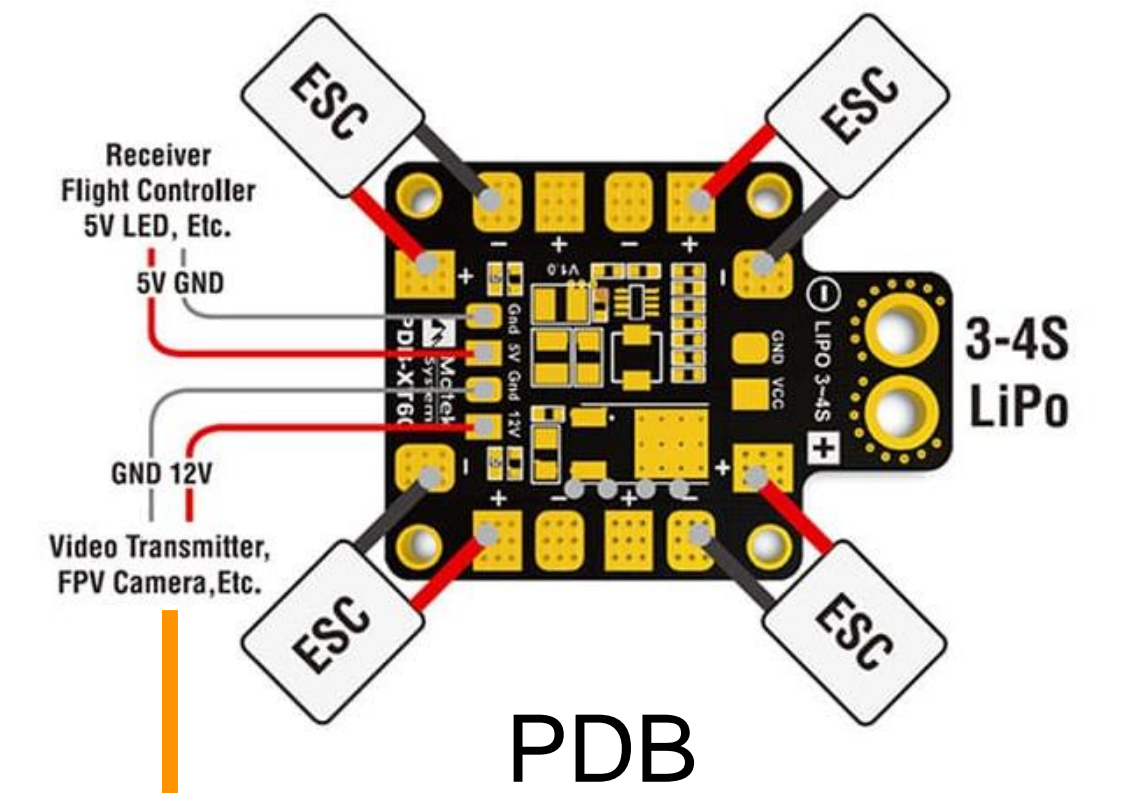
3.4 Vol en Immersion FPV



Masque FPV



DRONE



3.5 Où acheter

CH En Suisse

- Livraison en 24h / 48h
- + cher
- [fpvracing](#), [rc-tech](#)
- Bientôt Aéropoly (vente de kit, spare)

EU En Europe

- Chez des amis en France !
- + cher | livraison en 48 heures
- [fpv4drone](#), [studiosport](#), [hobbyking EU](#) ...

CN En Chine

- Attention à la douane !
- - - cher | 3 semaines de délais
- [bangood](#), [aliexpress](#)

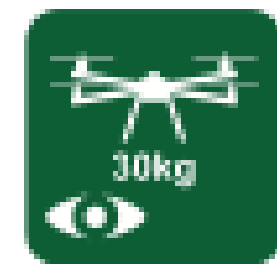
3.6 Exemples avancés

- [Intel's 500 Drone Light Show | Intel](#)
- [The eBee Plus Drone | Sensefly](#)
- [Elios | Flyability](#)
- [DJI MG-1S Agricultural Wonder Drone | DJI](#)

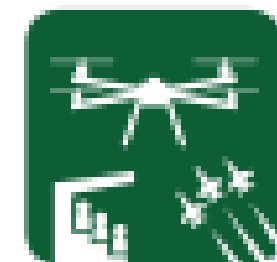
1. Présentation
2. Définitions
3. Dimensionner et s'équiper
- 4. Réglementation**

4.1 Réglementation en Suisse

Admis sans autorisation



Télépilotage de multicoptères d'un poids total de moins de 30 kg pour autant que le pilote maintienne un contact visuel direct avec l'appareil



Multicoptère exploité sur des aérodromes pour aéromodélisme ou participant officiellement à une manifestation aéronautique



Evolution de multicoptères en plein air et dans les zones résidentielles à l'écart de rassemblements de personnes (concentration de plus de 24 personnes). Respecter la sphère privée et les réserves naturelles ! -> Voir carte

-> [Carte des espaces avec restriction](#)

Admis uniquement avec autorisation



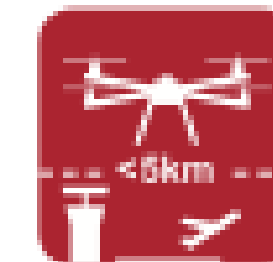
Multicoptère piloté à l'aide de lunettes vidéo sans qu'un deuxième télépilote conserve le multicoptère dans son champ de vision



Multicoptères d'un poids total supérieur à 30 kg



Evolutions de multicoptères à moins de 100 m d'un rassemblement de personnes en plein air, sauf dans le cadre d'une manifestation aéronautique publique ou sur une base d'aéromodélisme



Exploitation de drones à moins de 5 km d'un aérodrome ou drones volant à une hauteur de plus de 150 m dans une zone de contrôle. Une autorisation du chef d'aérodrome ou du contrôle aérien est requise. -> Voir carte



Observer les restrictions cantonales ou communales de même que les zones temporairement fermées à la circulation aérienne (p. ex. pendant la tenue du WEF à Davos).

4.2 Réglementation à l'EPFL

- Accord passé avec l'aérodrome de la Blécherette pour des vol < 50m
- Responsabilité civile > 1'000'000 CHF pour les drones > 500 g
- Contact visuel
- [Formulaire de demande d'autorisation DSPS](#)
- ! Vols interdit à Lausanne !
- Changement de loi en Juillet, on a pas encore d'infos

4.3 Règlementation Emissions

- 2,4GHz max 100mW (RIR1010-01)
- 5,8 GHz max 25mW sur les fréquences autorisées (RIR 1008-12)
- 868MHz (TBS) max 25mW (RIR 1008-...)
- Plus d'infos: voir site BAKOM (<https://www.bakom.admin.ch/bakom/en/homepage/frequencies-and-antennas/national-frequency-allocation-plan/harmonisierte-frequenzbereiche.html>)

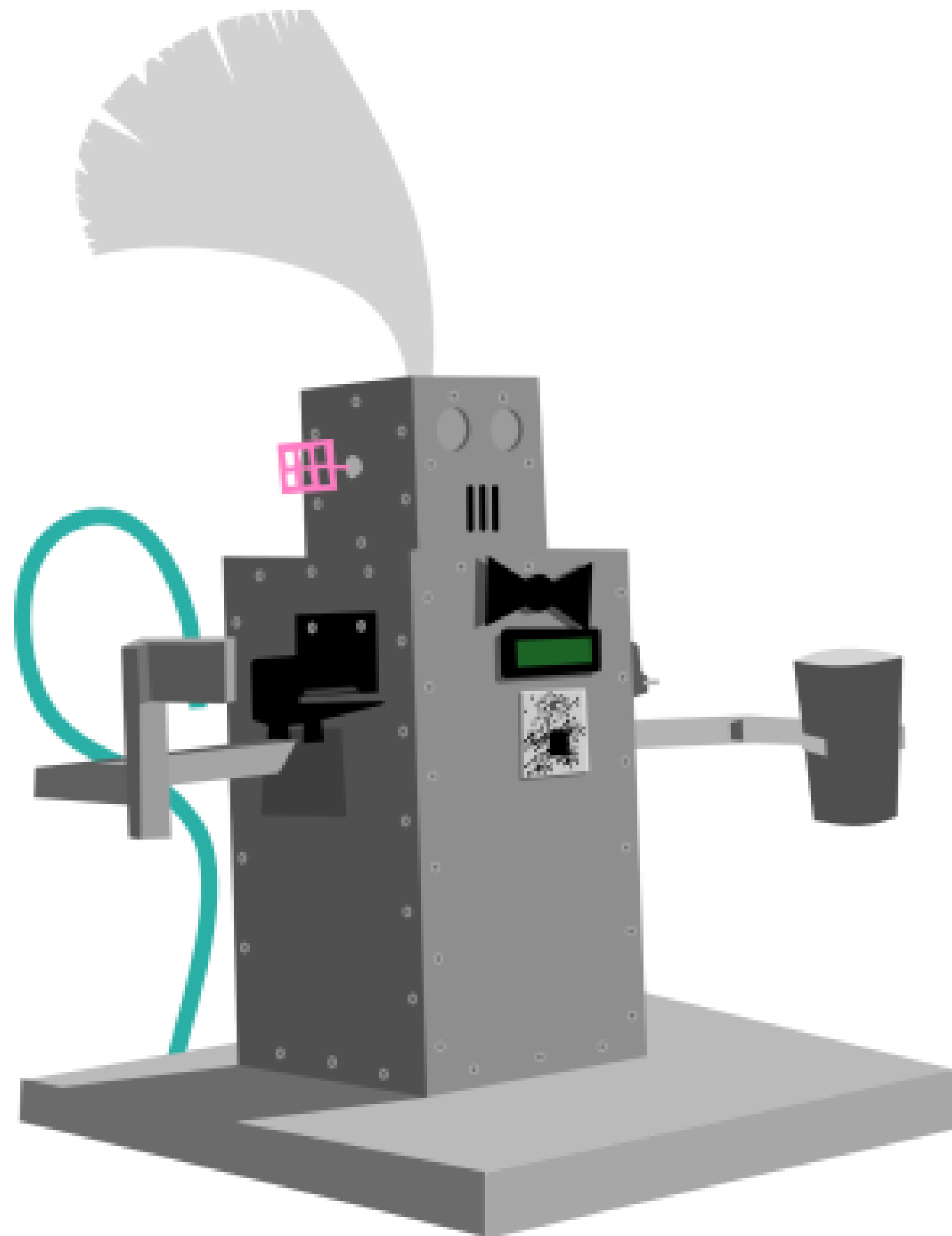
5. Crédits

- Documentation, explications
 - ▶ Roboshop, cours en ligne de robotique
<https://www.robotshop.com/blog/fr/robots/gorobotics/tutoriels/comment-fabriquer-un-drone>
 - ▶ <https://quantumdevices.wordpress.com/2010/08/27/brushless-motors-vs-brush-motors-whats-the-difference/>
 - ▶ http://chrismeme11.over-blog.com/pages/1_Calcul_dune_helice_pour_quel_moteur_2_Calcul_de_la_vitesse_theorique_3_Conversion_helice_bipale_tripale_4_Comment_equilibrer_une_helice_tripale_-1371149.html

N'hésitez pas à aller y jeter un coup d'oeil pour plus de précisions !

robotooly

AÉRO
POLY



MERCI !

Questions ?