

Qu'est-ce qu'un drone ?

<https://www.wearefpv.fr/le-drone-fpv-pour-les-nuls/>

Un drone, ou véhicule sans pilote (UV), est un véhicule robotique contrôlé manuellement ou de manière autonome.

Il existe plusieurs types :

- UAV (aérien),
- UGV (terrestre),
- USV (de surface sur l'eau),
- UUV (sous-marin).

Le système complet comprenant le drone, la station au sol (GCS), et d'autres composants est appelé Système Aérien sans Pilote (UAS).



STARDICE

Types de drones

Types de drones

- **Multirotors (Multicopters)** : Décollage vertical précis, adaptés à la prise de vue, mais autonomie réduite.
- **Hélicoptères** : Plus complexes mais efficaces.
- **Avions (Aile fixe)** : Vol rapide et longue portée, mais nécessitent une piste d'atterrissage.
- **VTOL (décollage/atterrissage vertical)** : Combinaison d'aile fixe et multirotor.
- **Dirigeables/Ballons** : Pour des vols prolongés avec contrôle limité.
- **Rovers (terrestres) et bateaux** : Stables, capables de porter des charges lo
- **Submersibles** : Véhicules sous-marins.

Autopilotes

Autopilotes

Un **autopilote** est le "cerveau" d'un drone. Il se compose d'un logiciel (par exemple stack de vol PX4) fonctionnant sur un système d'exploitation en temps réel (RTOS) sur un contrôleur de vol (FC).

Par exemple le PX4 offre :

- Compatibilité avec plusieurs types de véhicules.
- Modes de vol flexibles et intégration avec ordinateurs compagnons et API comme ROS 2 (Robot Operating System) .

De quoi est constitué un drone ?



Fabien FREROT Service Electronique 16/10/2024



1. Structure de base

- **Châssis** : Cadre principal du drone, fabriqué en matériaux légers comme la fibre de carbone ou le plastique pour offrir à la fois solidité et légèreté.
- **Hélices** : Génèrent la poussée nécessaire pour faire voler le drone.
- **Bras** : Prolongements du châssis qui supportent les moteurs et les hélices.

2. Contrôleur de Vol et Système de Propulsion d'un Drone

- Le **contrôleur de vol** est l'unité centrale qui gère la stabilité et le comportement du drone. Il reçoit des données des capteurs (IMU, GPS, baromètre) et calcule l'orientation, la position et l'altitude du drone. En fonction de ces données et des commandes de l'utilisateur, il envoie des signaux PWM aux **ESC** (Electronic Speed Controllers), qui régulent la vitesse des moteurs **brushless**.
- **Moteurs Brushless** : Génèrent la poussée pour le décollage, les manœuvres et la stabilité du drone.
- **ESC** : Recevront les commandes PWM du contrôleur de vol et ajustent la vitesse des moteurs en conséquence.
- Ce système garantit la stabilité, la navigation autonome et la réactivité du drone.

3. Système de commande et de contrôle

- **Carte de contrôle de vol (Flight Controller)** : Cerveau du drone, gère la stabilité, interprète les signaux des capteurs et applique les commandes de vol.
- **Radio (Émetteur et Récepteur)** : Facilite la communication entre le pilote et le drone, permettant un contrôle à distance.

4. Système d'Alimentation et Énergie

- **Batterie (LiPo)** : Fournit l'alimentation principale au drone, alimentant les moteurs via les ESC, ainsi que les capteurs et autres composants via le contrôleur de vol.
- **Connecteurs et câbles** : Assurent la liaison entre la batterie, les ESC, et le contrôleur de vol pour distribuer l'énergie.
- **Connexion** : La batterie alimente directement les ESC pour les moteurs et le contrôleur de vol pour les capteurs et autres systèmes via un régulateur de tension intégré

5. Capteurs

IMU (Gyroscope + Accéléromètre) : Connecté via I2C au contrôleur de vol, il fournit des données pour stabiliser et corriger l'orientation du drone.

GPS (u-blox NEO-M8N) : Connecté via UART, il permet la navigation autonome et le positionnement précis.

Baromètre (BMP388) : Connecté via I2C, il mesure l'altitude pour maintenir une hauteur constante en vol.

6. Système de Communication et Bus I2C

•Système de Communication :

- Transmetteur vidéo** : Diffuse des images en temps réel pour le vol FPV.
- Antenne** : Améliore la portée et la qualité des transmissions.
- Contrôleur de vol** : Traite les données des capteurs (IMU, baromètre, GPS) et ajuste les signaux PWM des ESC pour contrôler les moteurs.

•Bus I2C :

- SDA et SCL** : Lignes pour la communication entre le contrôleur de vol et les capteurs.
- Connexion** : Capteurs connectés en parallèle sur SDA et SCL pour la communication bidirectionnelle.
- Pull-up Resistors** : Résistances (4.7k Ω) stabilisant la communication.

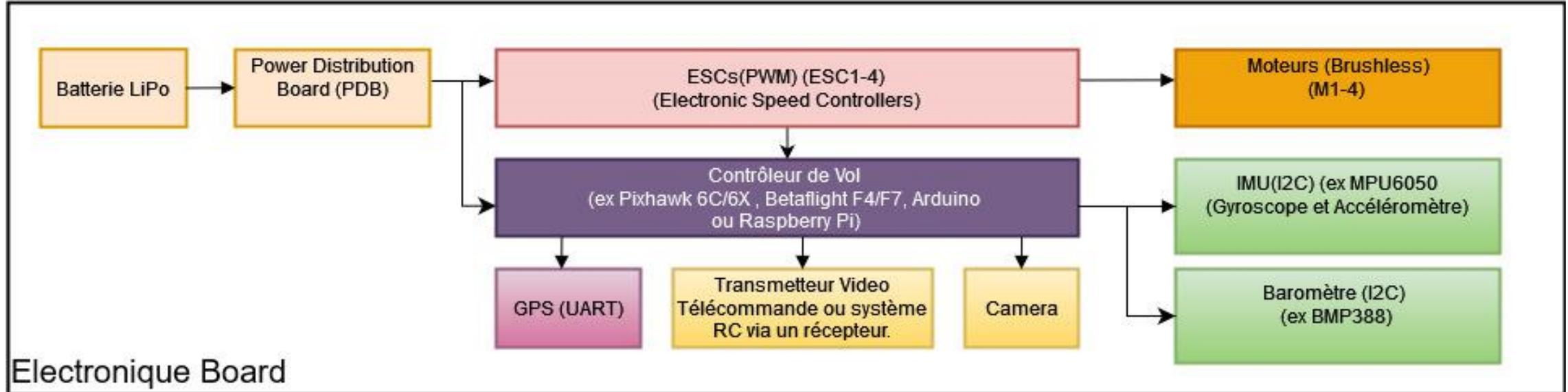
7. Caméra (optionnelle)

- **Caméra embarquée** : Capture des images ou vidéos aériennes pour diverses applications (loisir, inspection, surveillance).
- **Gimbal** : Stabilisateur mécanique ou électronique pour garantir des prises de vue nettes et stables malgré les mouvements du drone. (3 axes (pitch, roll, yaw))

8. Logiciels et applications

- **Firmware** : Logiciel intégré à la carte de contrôle, responsable de la gestion des algorithmes de vol.
- **Application mobile** : Interface utilisateur pour configurer le drone, programmer des missions ou accéder au retour vidéo en direct.

9. Synoptique de l'électronique



Composants principaux

Composants principaux

- **Contrôleur de vol (Flight Controller, FC)** : Matériel pour exécuter PX4, connecter les capteurs et actionner les moteurs.
- **Capteurs** : Gyroscope, accéléromètre, magnétomètre, baromètre, GNSS, capteurs de distance.
- **Moteurs et ESC** : Contrôle de la puissance des moteurs.
- **Batteries/Alimentation** : Typiquement des batteries LiPo connectées via un module d'alimentation.
- **Commandes manuelles** : Par émetteur radio (RC) ou joystick connecté via QGroundControl.
- **Switch de sécurité** : Interrupteur pour armer le drone en sécurité.
- **LED et buzzer** : Notifications visuelles et sonores de l'état du drone.
- **Radio télémétrique** : Liaison de données entre le drone et la station au sol.
- **Ordinateurs compagnons** : Fournissent des commandes de haut niveau via des API comme MAVSDK.
- **Cartes SD** : Stockage des journaux de vol et gestion des missions.

10. Kit de développement X650 - Holybro

<https://holybro.com/collections/x650-kits/products/x650-development-kit>

<https://docs.holybro.com/>

<https://holybro.com/collections/autopilot-flight-controllers>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pixhawk>



Kit de développement X650 - Holybro:

- 1 x Contrôleur de vol **Pixhawk 6X & PM02D**
 - 1 x Module **GPS M10**
 - 1 x **Module de télémétrie radio V3 433/915MHz**
 - 1 x **Châssis X650 V2**
 - 4 x Moteurs **T-Motor MN4014 330Kv**
 - 4 x **Module LED NeoPixel WS2812**
 - 4 x **ESC Tekko32 F4 45A**
 - 4 x **Hélices en carbone Gemfan 1555**
 - 1 x Carte de distribution d'alimentation (**XT60 pour batterie, XT30 pour périphériques**)
 - 4 x **Bras pliables**
- Compatible **PX4 et Ardupilot**
- Charge Utile : 4,5kg (sans Batterie) , 3,5kg (avec 5200mAh [0,750kg]), **3.1kg** (avec 10000mAh 1,2kg)

PX4:

<https://docs.px4.io/main/en/>
<https://docs.px4.io/v1.15/en/>
https://docs.px4.io/main/en/flight_controller/pixhawk6x.html
https://docs.px4.io/main/en/assembly/quick_start_pixhawk6x.html

Ardupilot:

<https://ardupilot.org/copter/docs/common-holybro-pixhawk6x.html>

Holybro:

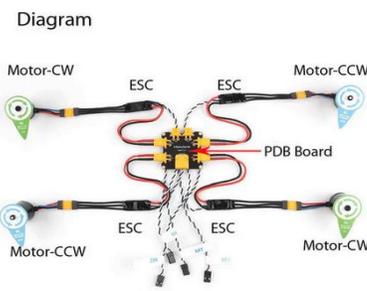
<https://docs.holybro.com/autopilot/pixhawk-6x>
<https://holybro.com/pages/downloads>
<https://docs.holybro.com/autopilot/pixhawk-6x/supported-firmware>
<https://docs.holybro.com/drone-development-kit/x650-development-kit/neoixel-ws2812-led-setup-instruction>



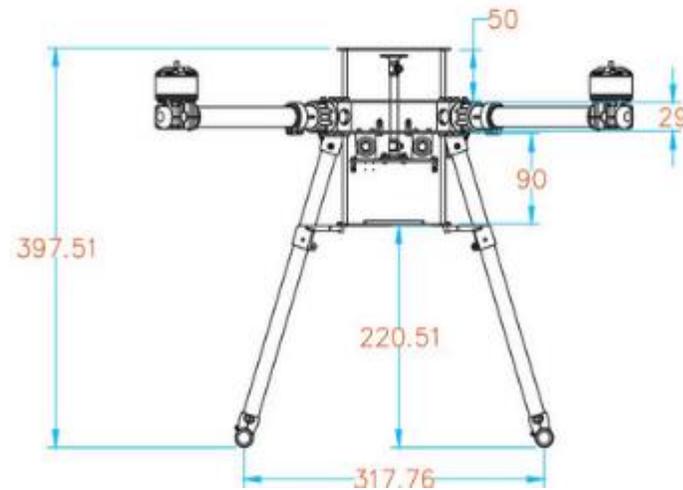
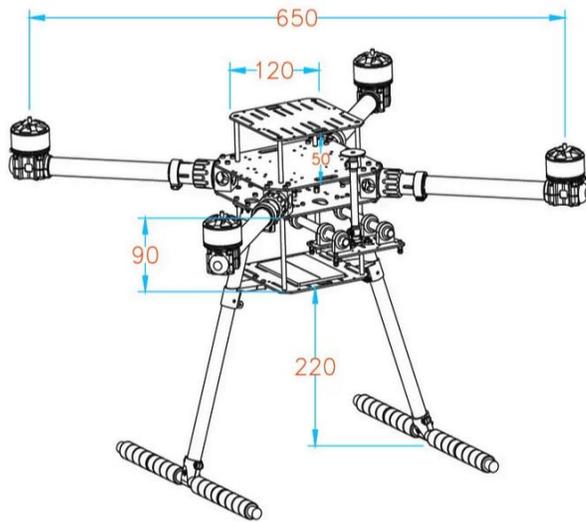
11. Kit de développement X650 - Holybro:



Hélices 1555



12. Châssis X650 V2



13. Accessoires de Pilotage



2 X Accu US18650
VTC6 3000mAh -
Sony pour
radiocomande



Radiocommande TX16S
Max Mark II
AG01 -
RadioMaster



Récepteur Nano RP1/RP2
ExpressLRS 2.4GHz -
RadioMaster



Batterie LiPo 6S 4000mAh
130C (XT60) - ManiaX
Pour alimenter le Drone ou
Cinelifter



Kit Avatar HD Moonlight -
Walksnail



Goggles X Avatar HD -
Walksnail



Clef Steam TRYP FPV
(Logiciel de Simulation Drone)



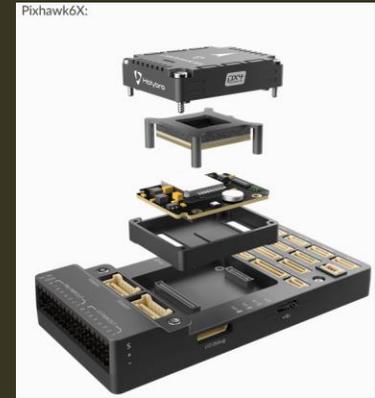
Chargeur M6DAC -
ToolkitRC pour charger
pack entre 1S et 16S



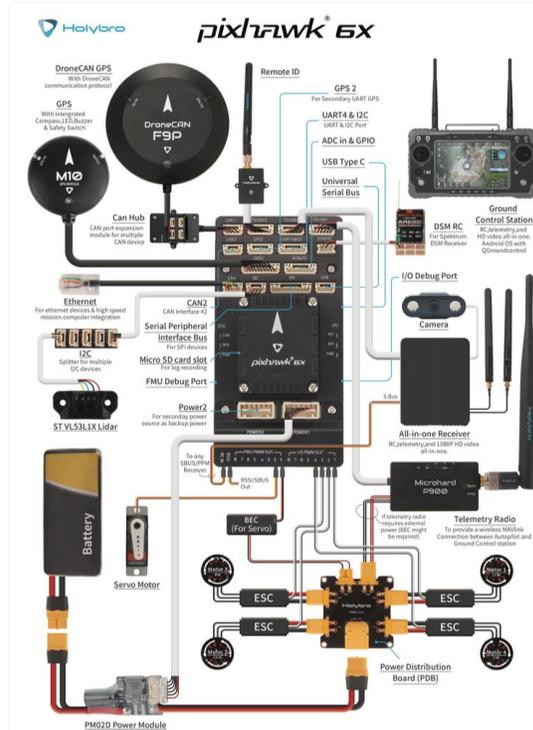
Batterie Li-Ion VTC6 4S
3000mAh 10C (XT60) -
Auline

14. Pixhawk 6X Flight Controller

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pixhawk>
<https://docs.holybro.com/autopilot/pixhawk-6x>
<https://docs.holybro.com/autopilot/pixhawk-baseboards/pixhawk-baseboard-v2-ports>
<https://docs.holybro.com/autopilot/pixhawk-6x/dimensions/rev-8-current>



Sample Wiring Diagram

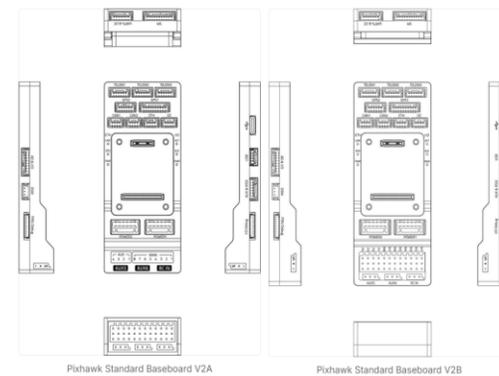


Pixhawk Baseboard v2 Ports

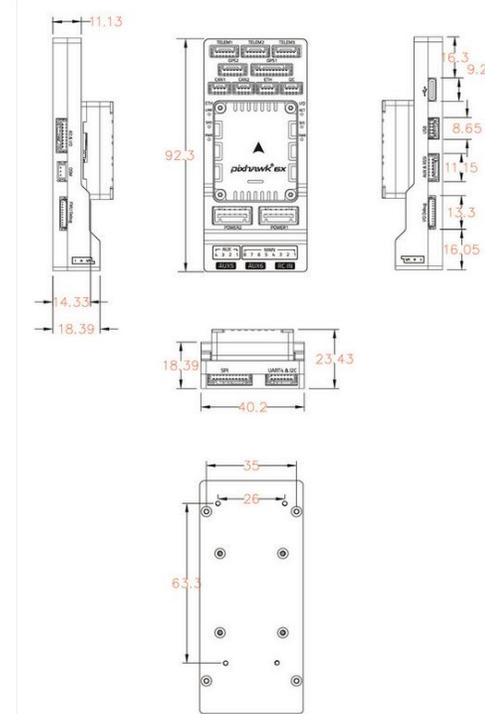
This baseboard is compatible with both Pixhawk 5X & 6X, and any flight controller that follow the Pixhawk Autopilot Bus Standard.

2A ou 2B ?

The ports and pinout of the Pixhawk Baseboard v2A and v2B are identical. The only difference is the orientation of the header pins.



Standard Baseboard v2A

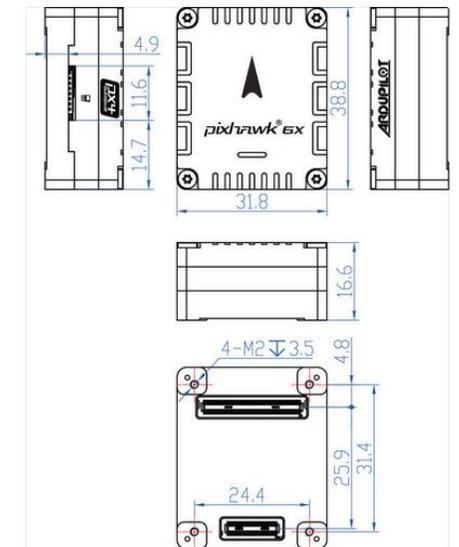


Rev 8 (Current)

Dimension in Millimeters

This version is currently being shipped.

FC Module Only





15. Pixhawk 6X Flight Controller

Le Pixhawk® 6X un outil parfait pour les developpement des laboratoires de recherche d'entreprise, des startups, des universitaires (recherche, professeurs, étudiants) et des applications commerciales.



Technical Specification

Processors & Sensors

- FMU Processor: **STM32H753**
 - 32 Bit Arm® Cortex®-M7, 480MHz, 2MB flash memory, 1 MB RAM
- IO Processor: **STM32F103**
 - 32 Bit Arm® Cortex®-M3, 72MHz, 64KB SRAM
- On-board sensors ([Shipping Currently, Rev8](#))
 - Accel/Gyro: 3x **ICM-45686** (with BalancedGyro™ Technology)
 - Barometer: **ICP20100 & BMP388**
 - Mag: **BMM150**

Mechanical data

- Dimensions
 - Flight Controller Module: 38.8 x 31.8 x 14.6mm
 - Standard Baseboard: 52.4 x 103.4 x 16.7mm
 - Mini Baseboard: 43.4 x 72.8 x 14.2 mm
- Weight
 - Flight Controller Module: 23g
 - Standard Baseboard: 51g
 - Mini Baseboard: 26.5g

Electrical data

- Voltage Ratings:
 - Max input voltage: 6V
 - USB Power Input: 4.75~5.25V
 - Servo Rail Input: 0~36V
- Current Ratings:
 - Telem1 output current limiter: 1.5A
 - All other port combined output current limiter: 1.5A

Interfaces

- 16- PWM servo outputs
- R/C input for Spektrum / DSM
- Dedicated R/C input for PPM and S.Bus input
- Dedicated analog / PWM RSSI input and S.Bus output
- 4 general purpose serial ports
 - 3 with full flow control
 - 1 with separate 1.5A current limit (Telem1)
 - 1 with I2C and additional GPIO line for external NFC reader
- 2 GPS ports
 - 1 full GPS plus Safety Switch Port
 - 1 basic GPS port
- 1 I2C port
- 1 Ethernet port
 - Transformerless Applications ([AN2190 50 Ohm termination](#))
 - 100Mbps
- 1 SPI bus
 - 2 chip select lines
 - 2 data-ready lines
 - 1 SPI SYNC line
 - 1 SPI reset line
- 2 CAN Buses for CAN peripheral
 - CAN Bus has individual silent controls or ESC RX-MUX control
- 2 Power input ports with SMBus
 - 1 AD & IO port
 - 2 additional analog input
 - 1 PWM/Capture input
 - 2 Dedicated debug and GPIO lines

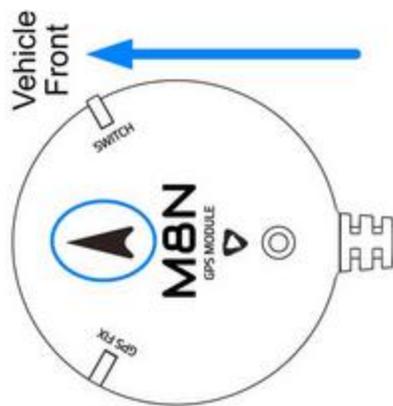
16. Pixhawk 6X Flight Controller

https://docs.px4.io/main/en/assembly/quick_start_pixhawk6x.html#pixhawk-6x-standard-set

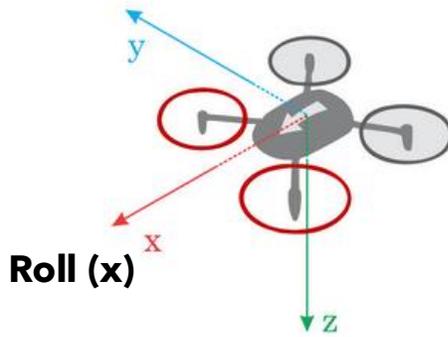
https://docs.px4.io/main/en/assembly/mount_gps_compass.html

https://docs.px4.io/main/en/config/flight_controller_orientation.html#calculating-orientation

Les décalages **ROLL, PITCH and/or YAW** du contrôleur de vol sont calculés par rapport au véhicule autour des axes avant (x), droit (y) et bas (z).

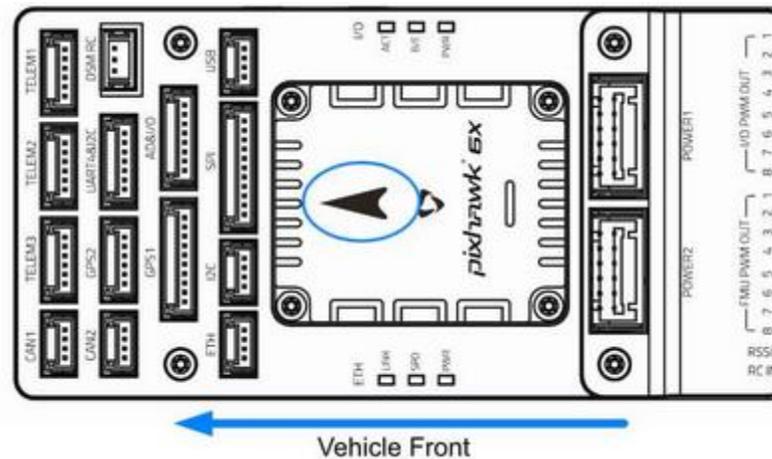


Pitch (y)

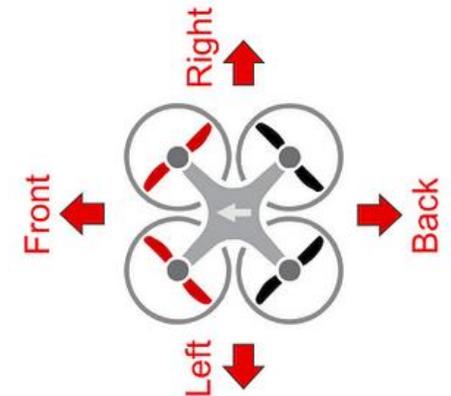


Roll (x)

Yaw (z)

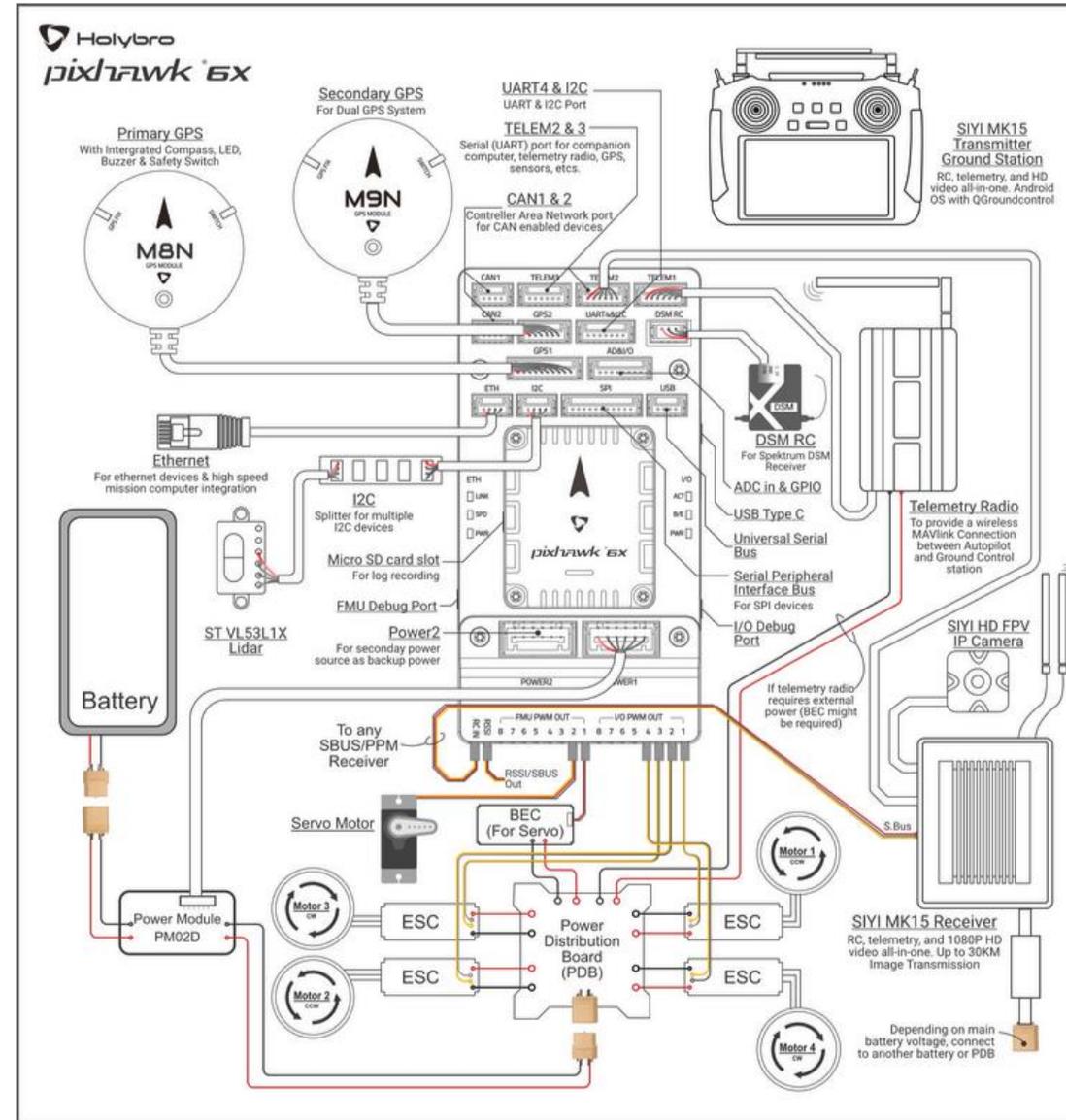


Le Pixhawk 6X peut être monté sur le châssis à l'aide du **ruban adhésif double face** inclus dans le kit. Il doit être positionné aussi **près que possible du centre de gravité** de votre véhicule, orienté vers le haut **avec la flèche pointant vers l'avant du véhicule**.



Le GPS/la boussole doit être monté sur le châssis aussi loin que possible des autres appareils électroniques, avec **le marqueur de direction vers l'avant du véhicule** (séparer la boussole des autres appareils électroniques réduira les interférences).

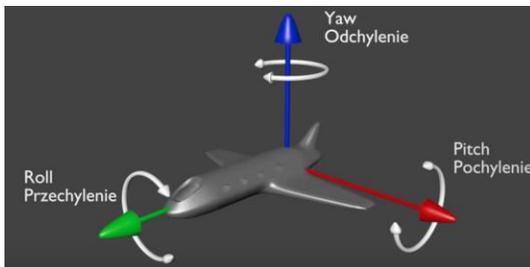
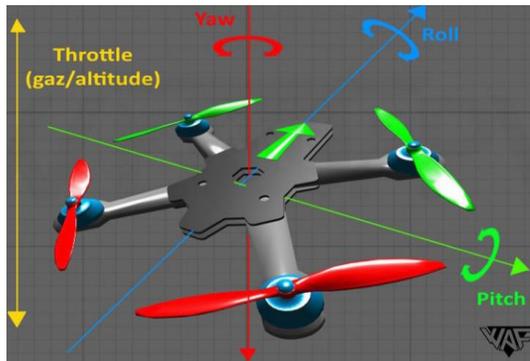
17. Pixhawk 6X Flight Controller



Fabien FREROT Service Electronique 16/10/2024

18. Les axes du drone et les sticks de la radiocommande

<https://www.youtube.com/watch?v=pQ24NtnaLl8>



Pour se déplacer, un drone évolue suivant 4 axes, retenir les nom anglais, ils sont les plus utilisés :

- Le **Roll** (roulis) : qui permet de pencher d'un côté ou de l'autre.
- Le **Pitch** (tangage) : qui permet de se pencher vers l'avant ou l'arrière.
- Le **Yaw** (lacet) : permet de tourner au drone de tourner sur lui même tout en restant à plat.
- Le **Throttle** (les gaz, l'altitude) : qui permet d'appliquer une poussée dans la direction définie par l'ensemble des 3 autres axes.

Les sticks des radiocommandes permettent de déplacer les **gimbals** sur deux axes, transmettant ces mouvements au drone via des capteurs.

- **Entrée de gamme** : Gimbals avec **potentiomètres**, suffisants pour débuter, mais sujets à l'usure à cause des frottements, ce qui réduit leur précision avec le temps.
- **Milieu et haut de gamme** : Gimbals à **capteurs à effet Hall**, utilisant des phénomènes magnétiques. Sans frottement, ils offrent une meilleure précision et une durabilité accrue.
- **Très haut de gamme** : Gimbals **Full CNC**, entièrement en métal, garantissant une durabilité et une précision exceptionnelles, avec un ressenti supérieur pour les pilotes exigeants.



19. Le Gimbal c'est quoi ?



Un **gimbal** est un stabilisateur mécanique qui réduit les tremblements en stabilisant un appareil sur trois axes (Roll, Pitch, Yaw) pour une orientation optimale.

Grâce à des moteurs et capteurs, il ajuste en temps réel l'orientation sur **3 axes** :

- **Rouge (Roll)** : Stabilise l'inclinaison latérale.
- **Vert (Pitch)** : Stabilise les mouvements de haut en bas.
- **Bleu (Yaw)** : Stabilise les rotations horizontales.
- **Le cadre noir** représente une caméra ou un dispositif stabilisé

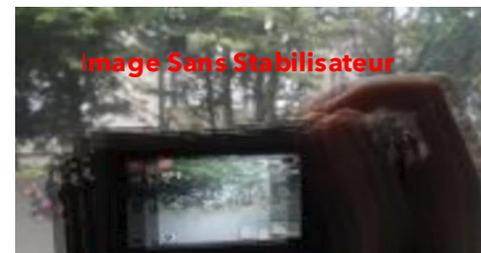
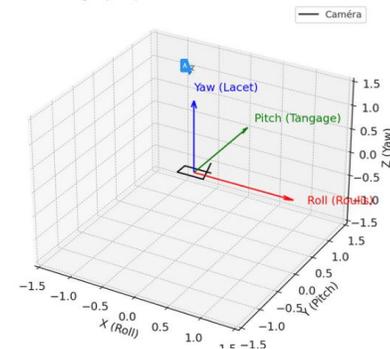
Utilité :

- Vidéos fluides et cinématographiques.
- Prises de vue créatives avec des angles dynamiques.
- Applications avancées comme la réalité virtuelle ou le suivi d'objets.

Les gimbals sont courants en vidéo, photographie, drones et smartphones.

Dans notre application, le gimbal sera utilisé pour affiner la calibration d'un instrument au sol, asservi par un dispositif de moins de 0,5 kg installé sur un drone, afin de maximiser la réception d'une onde.

Représentation graphique d'un Gimbal (Stabilisateur 3 axes)



19. Le Gimbal DIY 2 Axe

<https://rctimer.com/rctimer-asp-2-axis-nex-gh5-series-brushless-gimbal-p0455.html>



RCTIMER ASP 2-Axis Nex-GH5 Series Brushless Gimbal :

- **Matériau** : Alliage d'aluminium, léger et durable.
- **Mécanisme** : Entraînement direct par moteurs brushless.
- **Compatibilité** : Caméras Sony Nex (**276 -353g**) et Panasonic GH5 (**725 grammes**) ,
à adapter pour STARDICE ajouter 3 ème axe .
- **Poids** : 311 g (sans moteurs).
- **Inclus** : 2 moteurs BGM5010
(**dia = 50mm, ep = 10mm, poids =150g, U = 6V et 12V**)

Idéal pour un gimbal personnalisé sans carte de contrôle.

Prix = 88.01€

Poid total = 311g + 2*150g = 611g



20. Cardan 3 axes sans balais avec 4108 moteurs, appareil photo Sony IL 5N NEX ILDC, photo ABR Rctimer – Kit de mise à niveau ASP pour cardan de caméra, 2 axes à 3 axes, ASP2-3DKit

<https://fr.aliexpress.com/item/32667710337.html?gatewayAdapt=glo2fra>

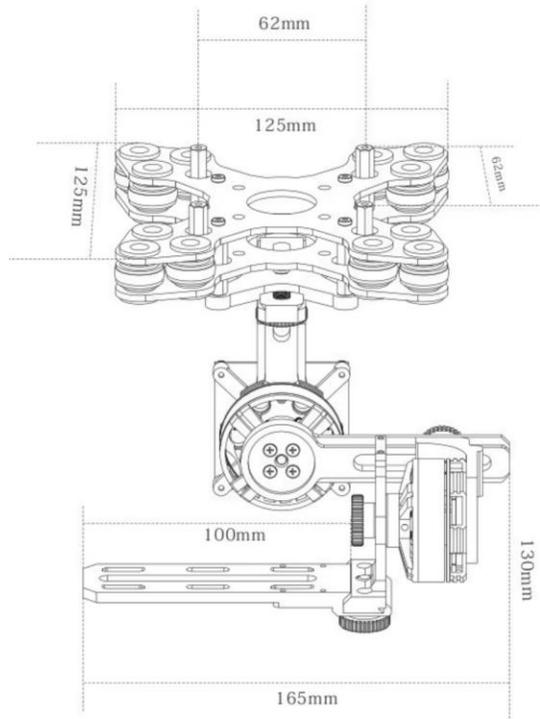
https://fr.aliexpress.com/item/1005005193395555.html?spm=a2g0o.productlist.main.1.75c34d5f0nY4Va&algo_pvid=67a14b41-ddae-43f4-a68e-62df9b5c0e05&algo_exp_id=67a14b41-ddae-43f4-a68e-62df9b5c0e05-0&pdp_npi=4%40dis%21EUR%21233.69%21233.69%21%21%21239.78%21239.78%21%40211b613117333478415003533e2f65%2112000032070612252%21se%21FR%211640391239%21X&curPageLogUId=xy1QcggwtwCG&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

https://fr.aliexpress.com/item/32808128288.html?spm=a2g0o.detail.pcDetailBottomMoreOtherSeller.3.4cb7C3uLC3uLMr&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.40196.394660.0&scm_id=1007.40196.394660.0&scm-url=1007.40196.394660.0&pvid=fd28ee18-523a-4c3f-8bf8-0af3196c2f49&t=gs-id:pcDetailBottomMoreOtherSeller,scm-url:1007.40196.394660.0,pvid:fd28ee18-523a-4c3f-8bf8-0af3196c2f49,tpp_buckets:668%232846%238115%232000&pdp_npi=4%40dis%21EUR%21264.25%21179.69%21%21%2121271.14%21184.38%21%40211b807017333475894545372edc60%2164450954036%21rec%21FR%211640391239%21X&utparam-url=scene%3ApcDetailBottomMoreOtherSeller%7Cquery_from%3A#nav-specification

<https://fr.aliexpress.com/item/32667710337.html?gatewayAdapt=glo2fra>

DYS - BGM4108 - 130T

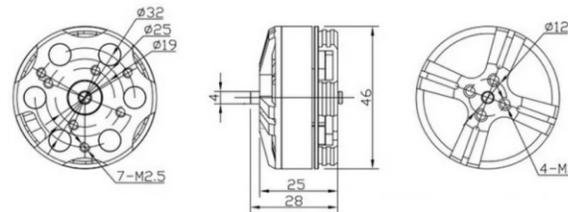
<https://www.t-motor.com/Product/detail/classid/11/id/80.html>



Product description

1.High Performance Brushless Gimbal Motor BGM4108-130

Item name: BGM4108-130
Poles & Slots: 24N22P
Shaft: $\Phi 4$
Weight: 90g
Camera range: 700g



Model: BGM4108-130
Turns: 130 turns
Cooper Wire(mm): 0.15
Camera Range: 700g
Poles: 22
Slots: 24
Shaft : Diameter 4.0
Weight: 90g
Motor Size (mm): Diameter 46*25
Rl(ohm): 15.5ohm
Torque: 700g@5V&0.43A



ctimer - Kit de mise à niveau ASP pour cardan de caméra, 2 axes à 3 axes, ASP2-3DKit

Permet d'adapter un Kit GIMBAL DIY 2 axe en 3 axe

21. Stabilisateur de caméra DSLR à cardan à Air, 3 axes sans balais, 360 degrés, avec moteur intégré

https://fr.aliexpress.com/item/32730901767.html?spm=a2g0o.detail.pcDetailTopMoreOtherSeller.9.3c58XxjrXxjrTN&gps-id=pcDetailTopMoreOtherSeller&scm=1007.40196.394660.0&scm_id=1007.40196.394660.0&scm-url=1007.40196.394660.0&pvid=01501450-d054-4c30-9b5b-7a28752b37f4&t=gps-id:pcDetailTopMoreOtherSeller,scm-url:1007.40196.394660.0,pvid:01501450-d054-4c30-9b5b-7a28752b37f4,tpp_buckets:668%232846%238115%232000&pdp_npi=4%40dis%21EUR%21322.39%21322.39%21%21%21330.79%21330.79%21%40211b807017333478676435991edc60%2161369898603%21rec%21FR%211640391239%21XZ&utparam-url=scene%3ApcDetailTopMoreOtherSeller%7Cquery_from%3A#nav-specification



**Permet
d'accueillir
charger comme
Reflex D900**



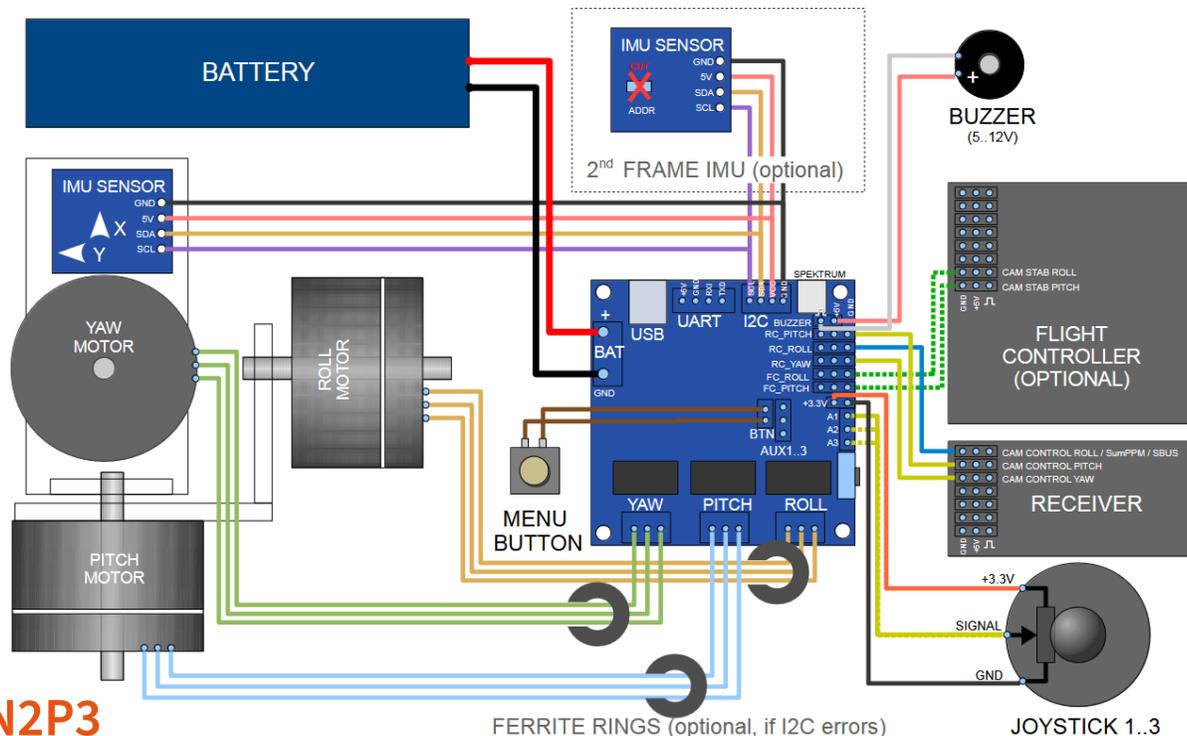
19. BaseCam SimpleBGC 32-bit Extended ou regular

<https://www.basecamelectronics.com/simplebgc32ext/>
<https://shop.basecamelectronics.com/product-category/controllers/simplebgc32ext/>
<https://shop.basecamelectronics.com/product-category/components/encoders/>



Carte Permettant la gestion du GIMBAL possibilité d'ajouter des codeur sur les axes moteurs

SimpleBGC 3.0 (32bit) connection diagram



BaseCam Electronics™, 2013–2024. AlexMos' project.
 +37167869775, info@basecamelectronics.com



SimpleBGC 32bit Extended 2-IMU Set

€289.19 – €313.39

Kit includes:

- SimpleBGC 32bit extended main bord — 1 pc
- Motor 30 cm wires — 3 pcs
- Battery 20 cm wire — 1 pc
- Ferrite coils 10–15 mm diameter, 3–5 mm thickness — 3 pcs
- Encoder 10 cm wires — 3 pcs
- IMU sensor board — 1 pc
- IMU 50 cm wire — 1 pc
- Encoder-enabled firmware

* Second I2C IMU is integrated in the board

Type of IMU sensor

I2C Rev/B

€289.19

I2C ou Bus can

Fabien FREROT Service Electronique 16/10/2024

20. Gimbal Brushless Motor GBM5010-150T 90KV

<https://www.rctimer.com/rctimer-gbm5010-150t-gimbal-brushless-motor-p0446.html>
<https://shop.basecamelectronics.com/product-category/components/encoders/>

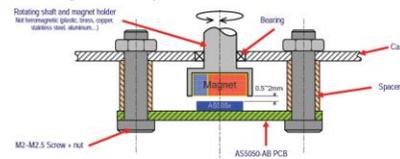
Selon la mécanique des moteurs et les besoins , on peut y adapter un encodeur, l'ajout d'un encodeur améliore l'autonomie batterie lu par BaseCam SimpleBGC 32-bit.

Gimbal Brushless Motor 5010 / 0.21mm / 150T / 14.65ohms(App)

12N14P
Model: GBM5010-150T
Turns: 150 turns
Cooper Wire(mm): 0.21
Camera Range: 1800g
Shaft : $\Phi 5.0$
Weight: 90g
Motor Size (mm): $\Phi 50 \times 10$ mm
Ri(Q): 14.65ohms
KV: 90KV

2. Installing encoders

All on-axis magnetic encoders (like AS5048A,B) comes as an IC chip that should be soldered on the custom-made PCB (our version is available here: <https://www.basecamelectronics.com/as5048b/>). This IC should be placed below a specially polarized magnet, installed on the motor's shaft cup. Recommendations on choosing magnet and positions tolerances can be found in a datasheet for the encoder.



For AS5048B connected to I²C bus, device address should be selected depending on motor where its installed:
ROLL: 0x40 (A1=0, A2=0)
PITCH: 0x41 (A1=HIGH, A2=0)
YAW: 0x42 (A1=0, A2=HIGH)
Also you can assign address to axis later in the GUI.
The PWM connection option for the AS5048 gives less resolution (12bit compared to 14bit over I²C or SPI) and can give less precision.
WARNING: AS5048B is not compatible with the "High speed PC" option!

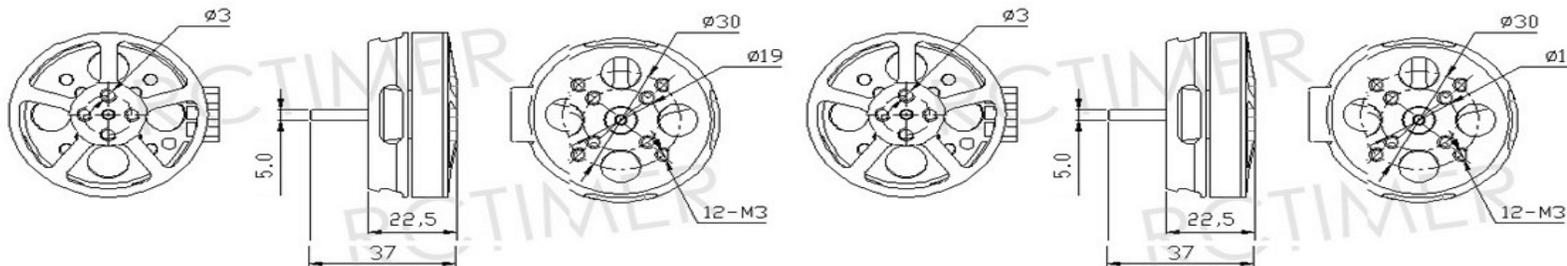
AS5048B — on-axis magnetic encoder
€71.39 – €192.39

The kit includes:

- AS5048B — on-axis magnetic encoder controller
- Magnet

Amount: 1 piece

€71.39



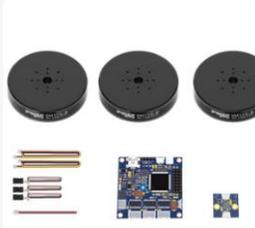
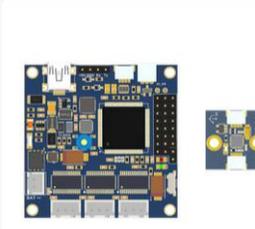
Ipower AlexMos 32 bits BGC pour Gimbal



<https://iflight-rc.eu/en-fr/search?q=Ipower+AlexMos+32+bits+BGC&options%5Bprefix%5D=last>

Ce kit est base de BaseCam SimpleBGC 32-bit Extended ou regular pour programmer la carte du Gimbal DIY 3 axe se rendre sur <https://www.basecamelectronics.com/> ou il existe plein d'outils pour la programmer.

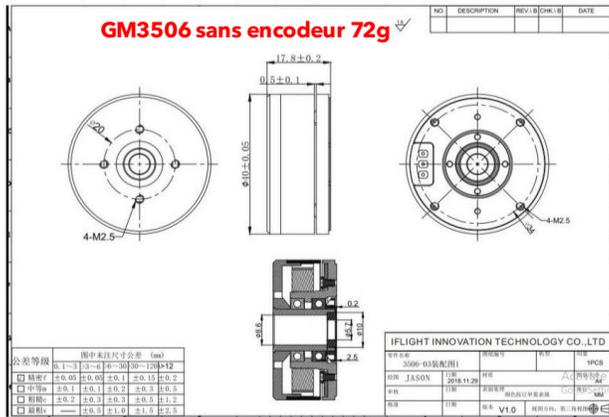
ITEMS

 <p>iPower GM3506 Combo Set €351,90</p>	 <p>iPower GM5208-12 Combo Set From €395,90</p>	 <p>iPower GM8112-80T Combo Set €685,90</p>	 <p>iPower GM3506 Encoder Combo Set €440,90</p>	 <p>iPower GM110-8 Combo Set €829,90</p>	 <p>iPower GM5208-12 Encoder Combo Set From €515,90</p>
 <p>iPower GM6208-150T Encoder Combo Set €589,99</p>	 <p>iPower GM110-8 Encoder Combo Set €959,90</p>	 <p>iPower GM8112-80T Encoder Combo Set €815,90</p>	 <p>SimpleBGC 32bit Extended €334,99</p>		

Selon le Poids de l'expérience; il faut choisir un kit pour le GIMBAL:
Par défaut un **Kit GM3506 avec Encoder** devrait suffire pour une charge de 500g, couple Moteur 600 à 1kg.

Pour plus de Marge G5208 Kit avec Encoder, couple Moteur 1800 ~ 2500g
Cependant augmenter la charger augmentera le poids des moteurs et diminuera la charge sur le drone et la batterie

GM3506-130T Gimbal Motor



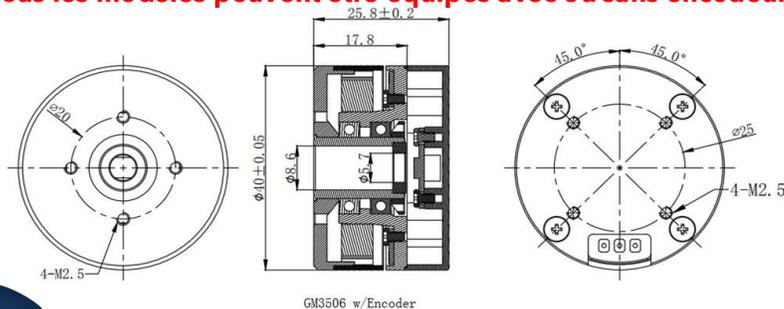
Le GM3506 avec encodeur AS5048A, de la série GM35 d'iPower Motors, est un moteur brushless gimbal conçu pour les appareils photo SLR et autres équipements de poids similaire. Idéal pour les plateformes multi-rotors de grande envergure, il offre un couple de **1,5 kg/cm**. Basé sur la stabilisation par moteur brushless à entraînement direct, son fonctionnement est similaire à celui des gimbals utilisant des servomoteurs standards. Les encodeurs sont des capteurs spéciaux intégrés à chaque moteur brushless d'un stabilisateur gimbal. Ils permettent une meilleure précision dans le suivi de la position du moteur, augmentant ainsi la stabilité et l'efficacité énergétique.

Spécifications techniques :

GM3506 avec encodeur 80.3g

- Modèle : GM3506
- Diamètre extérieur : $\Phi 40 \pm 0,05$ mm
- Configuration : 24N/22P
- Hauteur du moteur : $25,8 \pm 0,2$ mm (avec boîtier de l'encodeur inclus)
- Axe creux (extérieur) : $\Phi 12 -0,008 / -0,012$ mm
- Axe creux (intérieur) : $\Phi 8,6 + 0,05 / 0$ mm
- Longueur du câble : 610 ± 3 mm
- Calibre du câble : AWG 24
- **Poids : $72 \pm 0,2$ g**
- Connecteur : Connecteur dupont 2,5 mm
- Courant à vide : $0,17 \pm 0,05$ A
- Tension à vide : 16 V
- Vitesse à vide : 2149 ~ 2375 tr/min
- Courant de charge : 1 A
- Tension de charge : 12 V
- **Couple en charge : 600 ~ 1000 g-cm**
- Résistance interne : $5,6 \Omega \pm 5\%$ (varie avec la température)
- Test de haute tension : 500 V CC, 1 mA @ 2 s
- Déviation du boîtier rotor : $\leq 0,1$ mm
- Direction de rotation (prolongation de l'axe) : Sens h

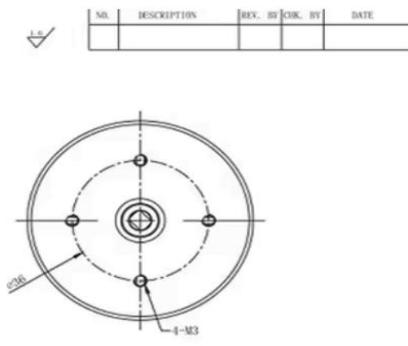
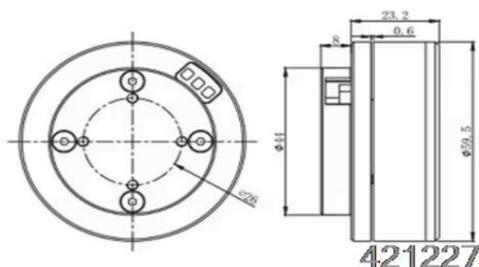
Tous les modèles peuvent être équipés avec ou sans encodeurs



GM5208-200T Gimbal Motor

Tous les modèles peuvent être équipés avec ou sans encodeurs

GM5208 avec encodeur



公差等级	图中未注尺寸公差 (mm)				
	0.1~3	>3~6	6~30	30~120	120
精密f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2
中等m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5
粗糙c	±0.2	±0.3	±0.5	±1.0	±1.2
最粗v	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	

Ceci est GM5208 Avec Code pic:

IFLIGHT INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD				
零件名称	图号	规格	数量	单位
GM5208-04装配图				
投图	IASON	日期	2018.12.12	版本
审核		日期		颜色设计单页功能
标准		日期	版本 V1.0	视图方向: 第三角视图

La série de moteurs GM52 d'iPower Motors représente la solution ultime en matière de moteurs brushless pour les gimbals destinés aux appareils photo DSLR tels que les Canon 5D Mark II et Mark III. Conçus pour des plateformes multi-rotors de grande envergure, ces moteurs peuvent supporter des équipements tels que les Red Epic et les DSLR avec **un couple de 4 kg/cm**. La stabilisation de caméra avec des moteurs brushless à entraînement direct repose sur un principe similaire à celui des gimbals utilisant des servomoteurs classiques.

Spécifications techniques :

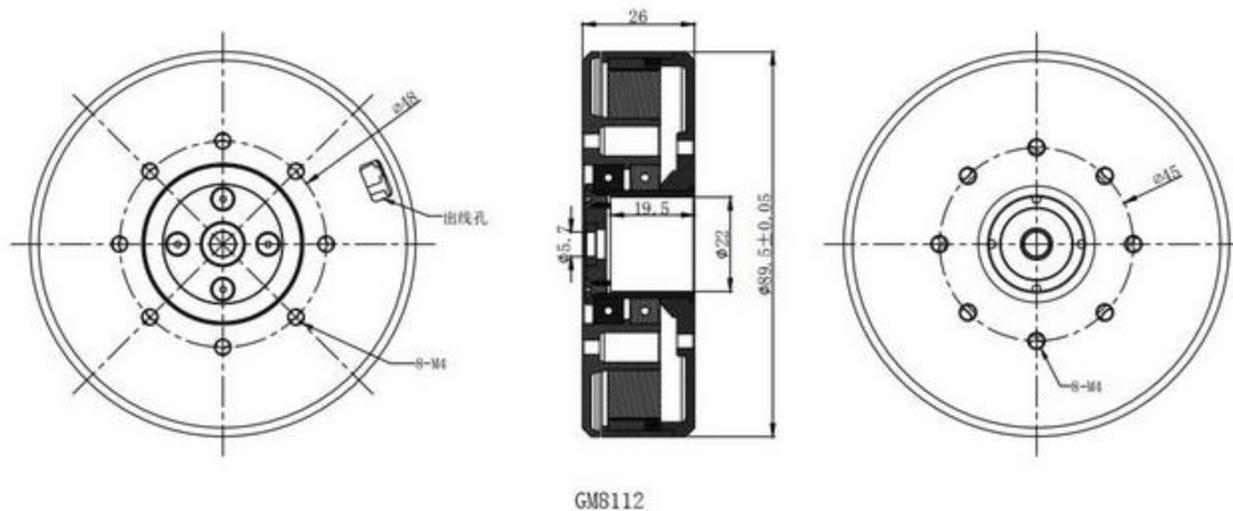
- Modèle : GM5208-12
- Diamètre extérieur : $\Phi 63 \pm 0,05$ mm
- Configuration : 12N/14P
- Hauteur du moteur : $30,7 \pm 0,2$ mm (avec boîtier de l'encodeur inclus)
- Axe creux (extérieur) : $\Phi 15 -0,008 / -0,012$ mm
- Axe creux (intérieur) : $\Phi 12 + 0,05 / 0$ mm
- Longueur du câble : 610 ± 3 mm
- Calibre du câble : AWG 24
- **Poids : $209 \pm 0,5$ g**
- Connecteur : Connecteur dupont 2,5 mm
- Courant à vide : $0,09 \pm 0,1$ A
- Tension à vide : 20 V
- Vitesse à vide : 456 ~ 504 tr/min
- Courant de charge : 1 A
- Tension de charge : 20 V
- **Couple en charge : 1800 ~ 2500 g·cm**
- Résistance interne : $15,2 \Omega \pm 5\%$ (varie avec la température)
- Test de haute tension : 500 V CC, 10 mA @ 1 s
- Déviation du boîtier rotor : $\leq 0,1$ mm
- Direction de rotation (prolongation de l'axe) : Sens horaire



GM8112 Gimbal Motor

<https://brushlessgimbal.ca/BRUSHLESS-GIMBAL-PTZ/Gimbal-Brushless-Motor/IPower-GM8112-Brushless-BGC-Motor>

Tous les modèles peuvent être équipés avec ou sans encodeurs



Le GM8112 d'iPower Motors est le moteur de gimbal brushless ultime pour les caméras grand format telles que la Red Epic ou les DSLR.

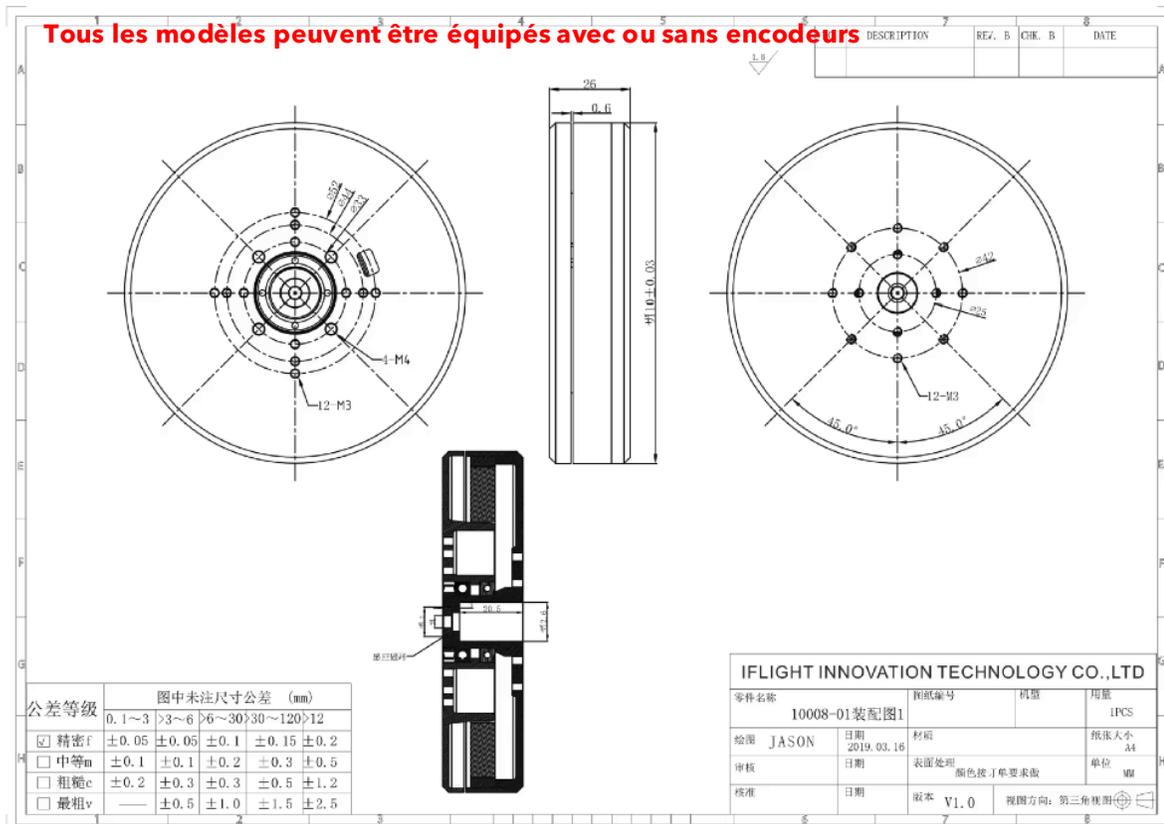
Conçu pour les plateformes multi-rotors de grande envergure, ce moteur est idéal pour soulever des équipements pesant **jusqu'à 6 kg**, offrant un couple de 6 kg/cm. La stabilisation de caméra par moteur brushless en prise directe repose sur un principe similaire à celui des gimbals utilisant des servomoteurs classiques.

Spécifications techniques :

- Modèle : GM8112
- **Poids : 427,7 g**
- Dimensions (mm) : Non spécifiées
- Vitesse de rotation (RPM) : 380 ~ 420
- **Couple (g) : 6 000 - 9 000**
- Tension (V) : 22 V
- Courant (A) : 0,1 A
- Configuration : 24N22P
- Nombre de tours de bobinage : 0,19 * 1-90T
- Résistance (Ω) : 32,6 $\Omega \pm 5\%$
- Diamètre de l'axe creux (mm) : 22



GM110-8 Gimbal Motor



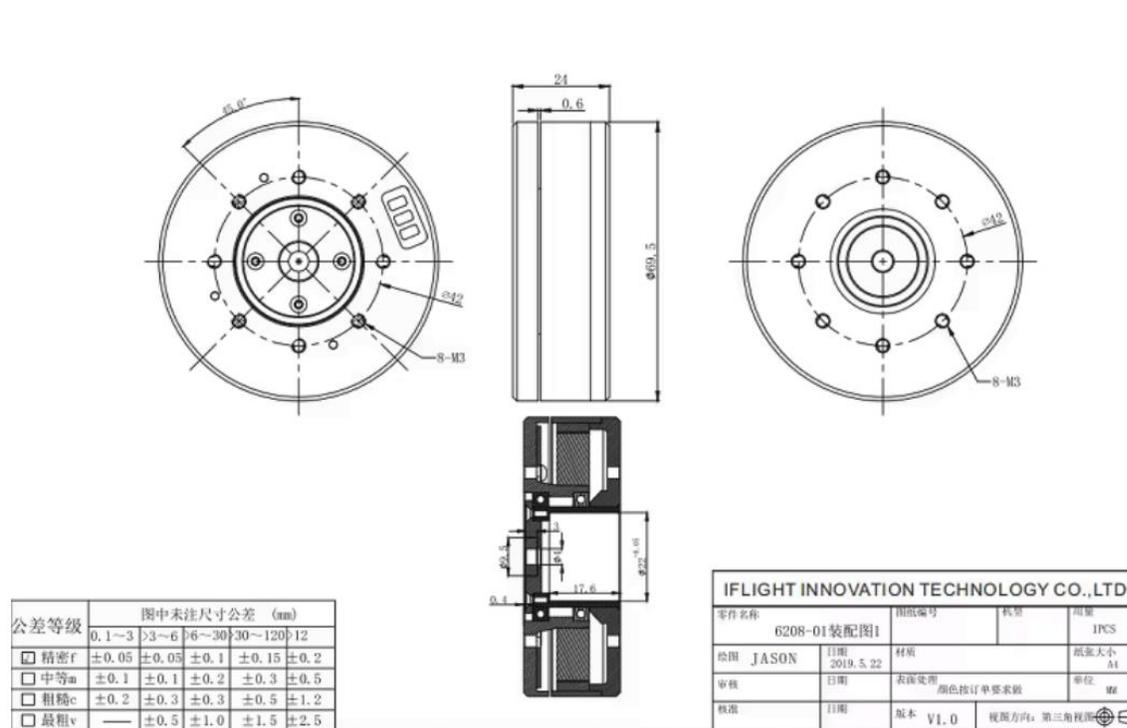
- Diamètre extérieur du moteur : $\Phi 110 \pm 0,05$ mm
- Configuration : 24N/28P
- Hauteur du moteur : $33,9 \pm 0,2$ mm (avec boîtier de l'encodeur inclus)
- Arbre creux (diamètre extérieur) : N/A
- Arbre creux (diamètre intérieur) : N/A
- Longueur des fils : 610 ± 3 mm
- Type de câble : AWG #24
- Poids du moteur : **610±3 g**
- Connecteur de fil : Connecteur Dupont 2,5 mm
- Courant à vide : $0,09 \pm 0,1$ A
- Tension à vide : 20 V
- Régime à vide : 125~139 tr/min
- En charge :
 - Courant : 2 A
 - Tension : 20 V
 - **Couple (g-cm) : 8000-12000**

- Résistance interne du moteur : $20,19 \Omega \pm 5\%$ (varie selon la température)
- Test haute tension : DC500V, 1 mA pendant 2 secondes
- Désalignement du boîtier du rotor : $\leq 0,1$ mm
- Sens de rotation (extension de l'axe) : Horaire
- Tests de température :
 - Haute température : Maintien à 60°C pendant 100 heures ; fonctionnement normal après 24 heures à température ambiante
 - Basse température : Maintien à -20°C pendant 100 heures ; fonctionnement normal après 24 heures à température ambiante
- Puissance maximale : ≤ 60 W
- Courant de fonctionnement : 4-6S
- Température de fonctionnement : $-20-60^\circ\text{C}$; 10-90 % d'humidité relative



GM6208 150T Gimbal Motor

Tous les modèles peuvent être équipés avec ou sans encodeurs



Diamètre extérieur du moteur : $\Phi 69,5 \pm 0,05$ mm
 Configuration : 24N/28P
 Hauteur du moteur : $32 \pm 0,2$ mm (avec boîtier de l'encodeur inclus)
 Arbre creux (diamètre extérieur) : $\Phi 25 - 0,01 / - 0,015$ mm
 Arbre creux (diamètre intérieur) : $\Phi 22 + 0,05 / + 0$ mm
 Longueur des fils : 610 ± 3 mm
 Type de câble : AWG #24
 Poids du moteur : $265 \pm 0,5$ g
 Connecteur de fil : Connecteur Dupont 2,5 mm
 Caractéristiques à vide :

• Courant : $0,08 \pm 0,1$ A

• Tension : 20 V

• Régime : 209~231 tr/min

En charge :

• Courant : 1,2 A

• Tension : 20 V

• **Couple (g) : 2600-3600**

Résistance interne du moteur : $32 \Omega \pm 5\%$ (varie selon la température)

Test haute tension : DC500V, 1 mA pendant 2 secondes

Désalignement du boîtier du rotor : $\leq 0,1$ mm

Sens de rotation (extension de l'axe) : Horaire

Tests de température :

• Haute température : Maintien à 60°C pendant 100 heures ; fonctionnement normal après 24 heures à température ambiante

• Basse température : Maintien à -20°C pendant 100 heures ; fonctionnement normal après 24 heures à température ambiante

Puissance maximale : ≤ 25 W

Courant de fonctionnement : 3-5S

Température de fonctionnement : -20 ~ 60°C , 10~90 % d'humidité re



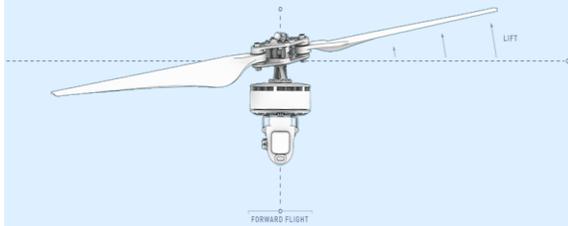
REDUIRE LES VIBRATIONS

https://freeflysystems-com.translate.goog/alta-x?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=fr&_x_tr_hl=fr&_x_tr_pto=wapp

https://store-freeflysystems-com.translate.goog/collections/deals/products/18-alta-propeller-counterclockwise?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=fr&_x_tr_hl=fr&_x_tr_pto=wapp

Notre conception Alta ActiveBlade **réduit les vibrations à 1/5** du niveau normal.

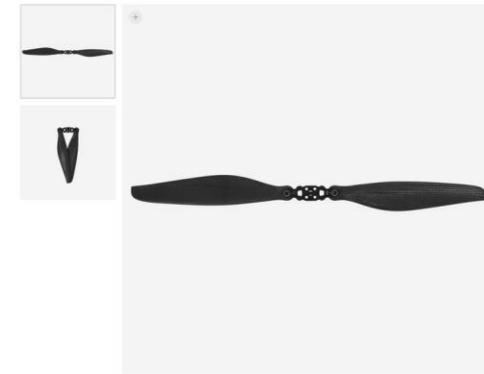
La réduction des vibrations signifie moins de fatigue sur les composants, une durée de vie plus longue des roulements du moteur, moins de vibrations de la charge utile pour une collecte de données plus propre et, bien sûr, de meilleures séquences lors du tournage.



L'Alta X se plie à la moitié de sa taille normale par simple pression du doigt. Les liaisons repliables rigidifient les flèches pour garantir de faibles vibrations et des caractéristiques de vol précises.



Accueil | Offres | Hélice Alta 18" - Sens antihoraire



Hélice Alta 18" - Sens antihoraire

142,00 \$ (USD : 910-00788)

En stock, expédié sous 1 jour ouvré.

QTE
1

AJOUTER AU PANIER

Détails du produit

Aperçu

Envolez-vous dans les airs avec nos hélices exclusives conçues spécifiquement pour être utilisées avec les Freefly Alta 6 et Alta 8.

Les hélices pliables en carbone garantissent une configuration légère avec un faible encombrement et les pare-chocs en silicone dans l'adaptateur d'hélice protègent les hélices lors de la montée et de la descente de l'hélice.

Qu'est un IMU (Inertial Measurement Unit) ?

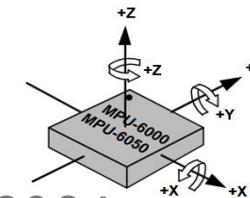
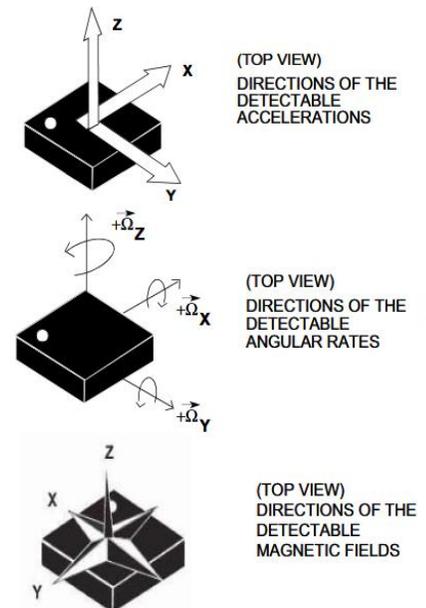
C'est un capteur 3-en-1 qui intègre trois types de capteurs dans un seul module :

- **Accéléromètre** (mesure l'accélération linéaire sur trois axes) y compris la gravité),
- **Gyroscope** (mesure la vitesse angulaire sur trois axes).
- **Magnétomètre** (mesure les champs magnétiques, utilisé souvent comme boussole pour déterminer l'orientation absolue).

Par exemple, Le **LSM9DS1** ou bien **BNO055** est un capteur à 9 degrés de liberté (**9DOF**) qui combine **un accéléromètre, un gyroscope et un magnétomètre**, permettant de mesurer des données de mouvement et d'orientation. Il est largement utilisé dans des applications comme les **systèmes de navigation, les drones, la robotique, les appareils portables**, et d'autres projets nécessitant des mesures précises du mouvement ou de l'orientation. Grâce à ses capacités polyvalentes, il est particulièrement adapté pour des applications où des informations complètes sur l'orientation spatiale sont nécessaires.

Aussi un IMU, peut être crée via un MPU6050 (**Accéléromètre + Gyroscope -> (6DOF)) et un HMC5883L (Magnétomètre -> (3DOF))**

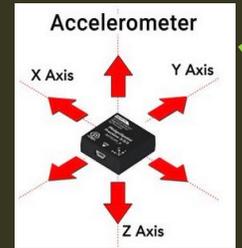
Orientation d'un LSM9DS1



Comment fonctionne un accéléromètre ?

Roll

Pitch



Yaw

<https://robotics.stackexchange.com/questions/14305/yaw-from-accelerometer-no-so-what-do-these-equations-actually-mean>

Un **accéléromètre** mesure l'accélération en détectant les déplacements d'une masse interne sous l'effet de forces externes.

Il fournit des valeurs d'accélération sur trois axes (X, Y, Z), en **G** (accélération gravitationnelle) ou en **m/s²**.

Unités de mesure :

- **G** : **1 G = 9,81 m/s²**, mesure l'accélération relative à la gravité.
 - **0 G** : Pas d'accélération.
 - **1 G** : Aligné avec la gravité.
 - **-1 G** : Opposé à la gravité.
- **m/s²** : Unité du Système International pour l'accélération. Conversion : **1 G = 9,81 m/s²**.

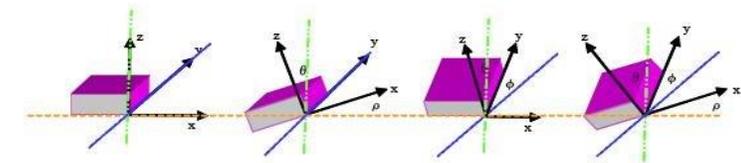
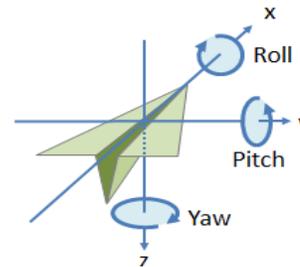


Figure 8. Three Axis for Measuring Tilt

$$\rho = \arctan\left(\frac{A_X}{\sqrt{A_Y^2 + A_Z^2}}\right)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{A_Y}{\sqrt{A_X^2 + A_Z^2}}\right)$$

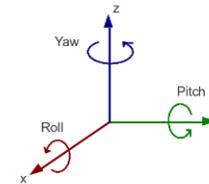
$$\theta = \arctan\left(\frac{\sqrt{A_X^2 + A_Y^2}}{A_Z}\right)$$

Applications :

Les accéléromètres sont utilisés dans les **smartphones**, **drones**, **robotique**, et **dispositifs de suivi de la condition physique**.

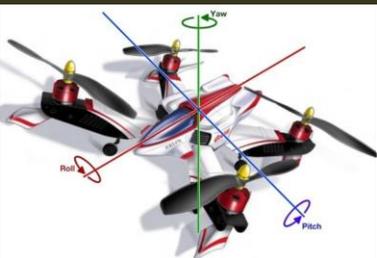
Mouvements mesurés :

- **(rho)** **Roll** (roulis): Rotation autour de l'axe **X** (inclinant le drone sur le côté).
- **(phi)** **Pitch** (Tangage) : Rotation autour de l'axe **Y** (pencher avant/arrière).
- **(theta)** **Yaw** (Lacet) : Rotation autour de l'axe **Z** (mesuré indirectement, souvent avec un **gyroscope**).

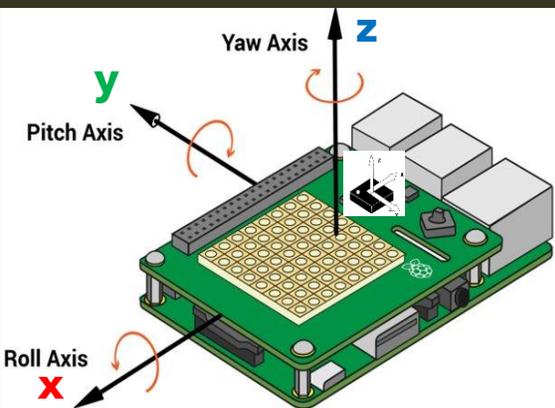


Résumé : **Roll** : Mesuré sur l'axe **X**, **Pitch** : Mesuré sur l'axe **Y**, **Yaw** : Mesuré indirectement, souvent par un **gyroscope**.

Exemple avec l'accéléromètre LSM9DS1 du Sense Hat



Haut



Bas (à retourner)

Calcul du Pitch : Le pitch est calculé avec la formule :

$$\text{pitch} = \arctan\left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + z^2}}\right)$$

Calcul du Roll : Le roll est calculé avec la formule :

$$\text{roll} = \arctan\left(\frac{x}{\sqrt{y^2 + z^2}}\right)$$

Quelques valeurs à observer

x	y	z	Rotation sur X (pitch)	Rotation sur Y (roll)	Rotation sur Z (yaw)	Description
0	0	1	0°	0°	0°	A plat, première face (écran vers le haut).
1	0	0	90°	0°	0°	Incliné à droite (axe x, première face).
-1	0	0	-90°	0°	0°	Incliné à gauche (axe x, première face).
0	-1	0	0°	-90°	0°	Incliné vers l'avant (axe y, première face).
0	1	0	0°	90°	0°	Incliné vers l'arrière (axe y, première face).
0	0	-1	180°	0°	0°	A plat, deuxième face (écran vers le bas).
1	0	0	90°	0°	180°	Incliné à droite (axe x, deuxième face).
-1	0	0	-90°	0°	180°	Incliné à gauche (axe x, deuxième face).
0	1	0	0°	90°	180°	Incliné vers l'avant (axe y, deuxième face).
0	-1	0	0°	-90°	180°	Incliné vers l'arrière (axe y, deuxième face).
1	1	0	45°	45°	0°	Incliné en diagonale avant-droite (combinaison x/y).
1	-1	0	45°	-45°	0°	Incliné en diagonale arrière-droite (combinaison x/y).
-1	1	0	-45°	45°	0°	Incliné en diagonale avant-gauche (combinaison x/y).
-1	-1	0	-45°	-45°	0°	Incliné en diagonale arrière-gauche (combinaison x/y).
1	0	1	45°	0°	0°	Incliné légèrement à droite, première face.
-1	0	1	-45°	0°	0°	Incliné légèrement à gauche, première face.
0	1	1	0°	45°	0°	Incliné légèrement en arrière, première face.
0	-1	1	0°	-45°	0°	Incliné légèrement en avant, première face.
1	0	-1	135°	0°	0°	Incliné légèrement à droite, deuxième face.
-1	0	-1	-135°	0°	0°	Incliné légèrement à gauche, deuxième face.
0	1	-1	0°	135°	0°	Incliné légèrement en avant, deuxième face.
0	-1	-1	0°	-135°	0°	Incliné légèrement en arrière, deuxième face.

un accéléromètre peut être utilisé pour estimer les angles de pitch et roll, mais il ne peut pas mesurer le yaw. La gravité ne fournit pas d'informations sur les rotations autour de cet axe. Pour cela, un gyroscope ou un IMU est nécessaire pour obtenir une orientation complète dans les trois axes.

Comment fonctionne un Gyroscope ?

Le gyroscope mesure la **vitesse angulaire** en s'appuyant sur la **conservation du moment angulaire**. Les versions MEMS utilisent des structures vibrantes pour détecter les rotations grâce à l'**effet de Coriolis**. Couplé à un **accéléromètre**, il permet un contrôle précis des mouvements et est indispensable dans les drones et appareils modernes,

Fonctionnement

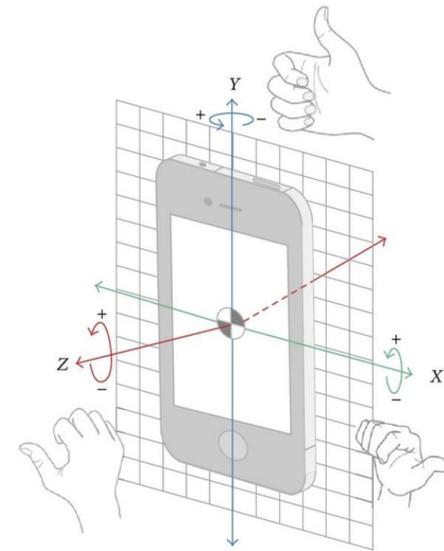
- **Oscillation d'une masse** : De petites structures vibrent à une fréquence connue.
- **Effet de Coriolis** : La rotation induit une déviation perpendiculaire mesurée par des capteurs.
- **Mesure 3D** : Trois capteurs alignés mesurent les rotations sur les axes **X (roulis)**, **Y (tangage)**, et **Z (lacet)**.

Unités de mesure (rad/s ou °/s)

- **Radians par seconde (rad/s)** : Unité standard en sciences et ingénierie.
- **Degrés par seconde (°/s)** : Couramment utilisée pour les applications pratiques (**1 rad/s \approx 57,3 °/s**).
- **Tours par seconde (tours/s)** : Plus rare, mais utilisée pour les rotations complètes (**1 tours/s = 2π rad/s**).

Applications

- **Drones** : Stabilité, trajectoire, et précision des mouvements.
- **Caméras** : Stabilisation des gimbals.
- **Appareils électroniques** : Orientation et détection de mouvements.



The gyroscope measures rotation around the x, y, and z axes.

Comment fonctionne un magnétomètre?

Un magnétomètre mesure les composantes de champ magnétique terrestre sur les axes (X,Y,Z) en **microtesla (μT)**, on peut utiliser ces valeurs pour obtenir un cap (orientation en degrés).

1/Quand le drone est parfaitement horizontal

Le cap (ou azimuth) θ est l'angle (en degrés) entre le vecteur X-Y projeté sur un plan horizontal et le Nord magnétique et on peut le calculer via : **$\theta = \text{arctan2}(Y, X)$**

- arctan2 une fonction pour donner un angle (entre -180° et $+180^\circ$)
- X et Y mesures corrigées du magnétomètre (Angle en radians).

$$\theta = \text{arctan2}(Y, X)$$

Ajustement pour le Nord géographique et correction de l'inclinaison.

- Le **Nord géographique diffère du Nord magnétique** (variation appelée *déclinaison magnétique pour Paris = 3°*). Ajouter ou soustraire la déclinaison locale (en degrés), valeur World Magnetic Model (WMM).
- Combinez les données d'un accéléromètre pour compenser l'inclinaison, projeter les vecteurs X et Y sur le plan horizontal corrigé.

2/ Quand le drone n'est pas parfaitement horizontal(incliné)

Combinez **X, Y, et Z** est utilisé pour ramener le vecteur X-Y sur un plan horizontal corrigé via :

Si ϕ et θ sont les angles de roulis (roll) (inclinaison autour de l'axe X (en radians)) et de tangage (pitch) (inclinaison autour de l'axe Y (en radians)) mesurés par l'accéléromètre alors :

- **$X_c = X \cdot \cos(\theta) + Z \cdot \sin(\theta)$**

$$X_c = X \cdot \cos(\theta) + Z \cdot \sin(\theta)$$

- **$Y_c = Y \cdot \cos(\phi) - Z \cdot \sin(\phi)$**

alors **$\theta = \text{arctan2}(Y_c, X_c)$**

$$Y_c = Y \cdot \cos(\phi) - Z \cdot \sin(\phi)$$

$$\text{Cap} = \text{arctan2}(Y_c, X_c)$$

Gardons le Cap avec les points cardinaux !

Le cap est mesuré en degrés à partir du **Nord magnétique** dans le sens des aiguilles d'une montre :

- 0° : **Nord**, 90° : **Est**, 180° : **Sud**, 270° : **Ouest**.

Intermédiaires :

- 45° : **Nord-Est** (NE), 135° : **Sud-Est** (SE), 225° : **Sud-Ouest** (SO), 315° : **Nord-Ouest** (NO).

On détermine l'orientation principale en fonction de l'intervalle dans lequel le cap tombe.

Avec un magnétomètre, il est possible d'obtenir le Cap cependant celui peut être affecté par des distorsions Hard Iron (champs magnétiques constants) et Soft Iron (déformations causées par des objets métalliques).

La calibration est essentielle et complexe, il faudra collecter les données de tous les axes (X, Y, Z) en faisant tourner lentement dans un espace dégagé le capteur pour collecter les données de tout le champ.

Par la suite, calculer les offsets et échelles et calculer le Cap.

Un magnétomètre non calibré donne un mauvais Cap, heureusement, **les GPS sont équipés sur les drones !**

Intervalle (°)	Orientation
337.5°–22.5°	Nord (N)
22.5°–67.5°	Nord-Est (NE)
67.5°–112.5°	Est (E)
112.5°–157.5°	Sud-Est (SE)
157.5°–202.5°	Sud (S)
202.5°–247.5°	Sud-Ouest (SO)
247.5°–292.5°	Ouest (O)
292.5°–337.5°	Nord-Ouest (NO)

Pourquoi utiliser un baromètre sur un drone ?

- **Fonction principale** : Mesure l'altitude relative avec précision via la pression atmosphérique.
- **Rôles clés** : Stabilisation en vol, atterrissage contrôlé, et faible consommation énergétique.
- **Utilisation combinée** : Avec GPS, accéléromètres/gyroscopes, et LiDAR pour compenser les limitations.
- **Limitations** : Sensibilité aux conditions météo, perturbations des hélices, et mesure d'altitude uniquement relative.
- **Capteurs populaires** : **BMP280**, **MS5611**, **DPS310**.

Les baromètres sont indispensables pour une navigation précise et stable, en synergie avec d'autres capteurs.

Pour mesurer l'altitude relative, le drone peut calculer son altitude relative par rapport à un point de **référence P0**

(souvent le lieu de décollage ou niveau de la mer 1013.25 hPa.)

- **Formule complète** : Si la température ou les conditions atmosphériques ne sont pas standard.
- **Formule simplifiée** : Suffisante pour la plupart des applications pratiques (vol de drone, randonnée, etc.).

Voici la formule complète pour mesurer l'altitude en fonction de la pression dans une atmosphère standard avec un gradient thermique constant :

$$h = \frac{T_0}{L} \cdot \left[1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{L \cdot R}{g}} \right]$$

Formule simplifiée avec les constantes intégrées

En remplaçant les constantes physiques et dans une atmosphère standard :

$$h = 44330 \cdot \left[1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0.1903} \right]$$

- Ce simplifie le calcul pour des conditions courantes et est utilisé dans les altimètres de drones ou capteurs embarqués.

Détails des paramètres

- h : Altitude relative (en mètres),
- T_0 : Température au niveau de référence (généralement au niveau de la mer, en Kelvin, ex. $T_0 = 288.15$ K),
- L : Gradient thermique (0.0065 K/m, supposé constant dans la troposphère),
- P : Pression mesurée (en hPa ou Pascal),
- P_0 : Pression de référence au niveau de la mer (1013.25 hPa en standard),
- R : Constante des gaz parfaits (287.05 J/(kg·K)),
- g : Accélération de la gravité (9.80665 m/s²).