

# CONTROLEUR DE VOL

## Multiwii and Megapirate AIO Flight Controller w/FTDI (ATmega 2560) v2.0

HobbyKing ref. 387000007

### Tutoriel en français

Vous êtes en quête d'explications et ce que vous dénicher est trop souvent décousu ou dans des langages pas toujours maîtrisés ? Peut-être venez-vous d'acquérir cette carte pensant qu'il vous suffisait de quelques branchements pour voir décoller votre nouveau multirotor alors qu'il n'en est rien ?

Ce tutoriel devrait vous apporter un minimum de réponses, en tout cas je vous le souhaite. Il regroupe des informations glanées çà et là, mises en forme et complétées par ma récente expérience. Il est loin d'être parfait et mérite certainement de nombreuses remarques qui me permettraient de le peaufiner. N'hésitez pas à m'en faire part à l'adresse [phil.desloges@wanadoo.fr](mailto:phil.desloges@wanadoo.fr)

*Tout ce qui suit est axé sur un contrôleur de vol spécifique principalement destiné aux multirots mais peut tout à fait servir de base à d'autres modèles ou configurations.*

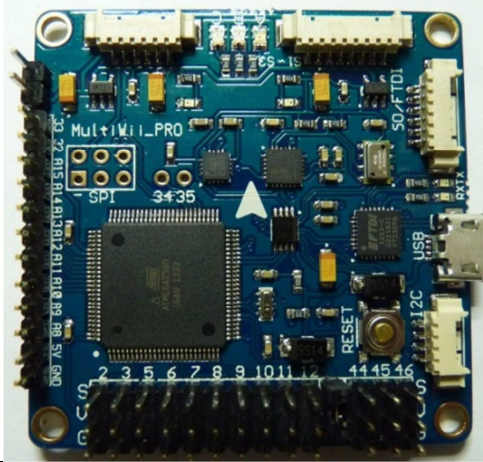
### Jargon et abréviations utilisés

<b>TROTTLE</b>	Commande des gaz
<b>PITCH</b>	Axe de tangage, correspondant à la profondeur sur une radiocommande
<b>ROLL</b>	Axe de roulis, correspondant aux ailerons sur une radiocommande
<b>YAW</b>	Axe de lacet, correspondant à la dérive ou anticouple sur une radiocommande
<b>STICK</b>	Manche d'un émetteur
<b>SWITCH</b>	Interrupteur à 2 ou 3 positions
<b>ARMEMENT</b>	Mise en route des moteurs
<b>BARO</b>	Baromètre ayant fonction d'altimètre
<b>MAG</b>	Magnétomètre, boussole électronique
<b>ACC</b>	Accéléromètres (capteurs d'accélération linéaire sur les trois axes)
<b>GYRO</b>	Gyroscopes (capteurs de variations d'angles sur les trois axes)

<b>GUI</b>	Graphical User Interface = Logiciel à interface graphique
<b>BOOTLOADER</b>	Programme d'amorçage lancé à la mise sous tension du microcontrôleur
<b>FIRMWARE</b>	Micro logiciel implanté dans une EEPROM ou une mémoire flash
<b>CROQUIS</b>	Firmware personnalisé créé à partir d'un modèle
<b>SKETCH</b>	Voir croquis
<b>TELEVERSER</b>	Uploader, envoyer des données

<b>PID</b>	Ensemble de valeurs permettant le réglage de la stabilisation
<b>RATE</b>	Ratio, coefficient
<b>FC</b>	Flight Controller = la fameuse carte présentée ici, par exemple
<b>AIO</b>	All In One = Tout en un
<b>FPV</b>	First Person View = pilotage en immersion
<b>IMU</b>	Unité de mesure inertielle = puce réunissant gyroscopes et accéléromètres
<b>ESC</b>	Electronic Speed Control = Variateur électronique de vitesse pour moteur brushless
<b>BEC ou UBEC</b>	(Ultimate) Battery Eliminator Circuit = régulateur de tension linéaire
<b>SBEC</b>	Switch Battery Eliminator Circuit = régulateur de tension à découpage

## INSTALLATION MATERIELLE

LES CONNECTEURS			A5	A4	A3	A2	A1	A0									GND	5V	RX3	TX3	RX2	TX2	RX1	TX1																																																						
			PORTS ANALOGIQUES						PORTS SERIE 1 à 3																																																																					
Si cavalier J1 retiré	ALIM EXTERNE	GND																					PORT SERIE 0 + FTDI	GND																																																						
	ALIM EXTERNE	5V																						GND																																																						
RX	CAM PITCH	33																						5V																																																						
RX	CAM ROLL	32																						RX0																																																						
																								TX0																																																						
RX Voie 8	AUX 4	A15																					DTR																																																							
RX Voie 7	AUX 3	A14																																																																												
RX Voie 6	AUX 2	A13																																																																												
RX Voie 5	AUX 1	A12																																																																												
RX Voie Rudder	YAW	A11																																																																												
RX Voie Elevator	PITCH	A10																																																																												
RX Voie Aileron	ROLL	A9																																																																												
RX Voie Gaz	TROTTLE	A8																																																																												
RX Voie 3 (5V)	ALIM RX	5V	<table><tr><th colspan="4">Port SPI</th><th>S</th><th>D2</th><th>D3</th><th>D5</th><th>D6</th><th>D7</th><th>D8</th><th>D9</th><th>D10</th><th>D11</th><th>D12</th><th>J1</th><th>44</th><th>45</th><th>46</th><th>S</th></tr><tr><td>2</td><td>VCC</td><td>MOSI</td><td>GND</td><td>5V</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5V</td></tr><tr><td>1</td><td>MISO</td><td>SCK</td><td>SS</td><td>GND</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>GND</td></tr></table>														Port SPI				S	D2	D3	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	J1	44	45	46	S	2	VCC	MOSI	GND	5V																5V	1	MISO	SCK	SS	GND																GND
Port SPI																	S	D2	D3	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	J1	44	45	46	S																																														
2	VCC	MOSI	GND	5V																5V																																																										
1	MISO	SCK	SS	GND																GND																																																										
RX Voie 3 (GND)	ALIM RX	GND																																																																												
			CONNEXIONS des MOTEURS														SERVOS CAMERA																																																													

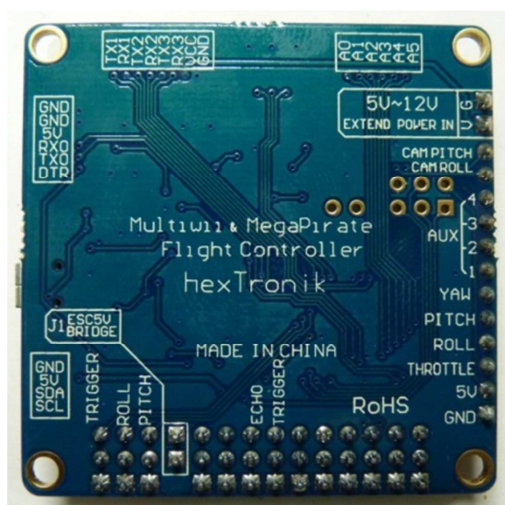
L'alimentation de la carte et du récepteur peut être assurée par le BEC des contrôleurs brushless en plaçant le cavalier en **J1**.

Il est préconisé, surtout lors d'ajout de périphériques (GPS, Bluetooth, FPV, télémétrie, sonar, etc.), de retirer ce cavalier et d'alimenter la carte via les broches « Extended Power in » en utilisant un BEC 5v si possible équipé de sa propre batterie (500 à 800mAh sous 7,4V est suffisant). Cela permet aussi de mettre uniquement la carte et ses accessoires sous tension.

Si vous connectez des servos je vous conseille de les alimenter séparément. Voir la page dédiée aux nacelles de caméra.

Même si la tension d'entrée admissible est de 5 à 12 volts, une pré-régulation entre 5 et 6 volts est préférable. Une tension élevée ferait chauffer le régulateur linéaire intégré, pourrait générer des dysfonctionnements et réduire sa durée de vie.

Conseil : si vous devez alimenter la carte en simultané avec la connexion USB, connectez d'abord la batterie et patientez jusqu'à la fin de l'initialisation. Pour déconnecter faites l'inverse, c'est-à-dire l'USB en premier.



**LE DETAIL DES CONNEXIONS EST REPERE EN CLAIR AU VERSO**  
(hormis pour le port SPI)

### MISES EN GARDE :

**RESPECTEZ LES POLARITES !** Aucun détrompeur n'est présent et une inversion peut être fatale pour la carte et les périphériques qui s'y trouveraient connectés.

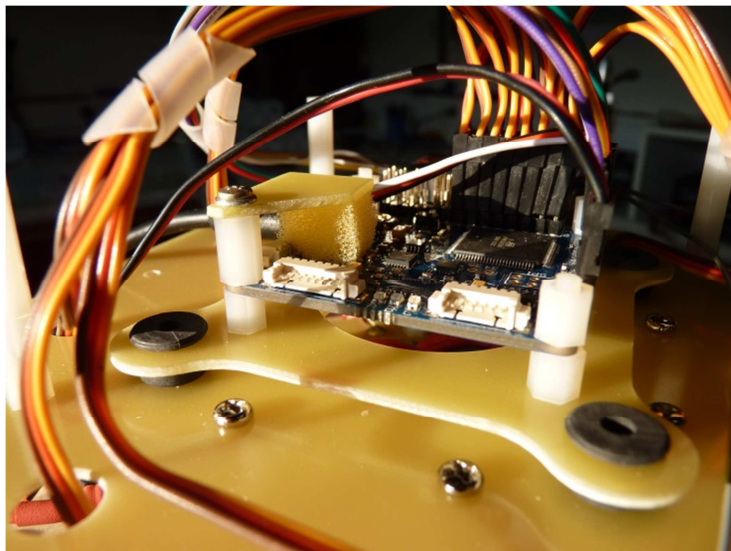
**Le connecteur Micro USB est extrêmement fragile, manipulez-le avec beaucoup de précaution !!! N'hésitez pas à installer une interface bluetooth qui vous permettra en outre de paramétrer la carte à partir d'une tablette ou d'un smartphone.**

Comme tout gyroscope, la carte doit être impérativement montée sur des absorbeurs de vibrations adaptés. Ces derniers sont à acquérir séparément mais vous pouvez également en récupérer dans de vieux lecteurs de DVD. Une mousse autocollante spécifique peut également être utilisée. Attention : le montage ne doit pas pour autant être trop souple.

Pour éviter toutes perturbations du magnétomètre, le centre de la carte doit se trouver éloigné d'au moins 60mm des contrôleurs brushless, et de 30mm du distributeur d'alimentation de puissance.

Aucune source magnétique (aimant ou autre) ne doit se trouver à proximité.

Le baromètre est un élément extrêmement sensible au soleil et à l'humidité. Il est fortement conseillé de le protéger avec de la mousse à cellules ouvertes comme le montre la photo ci-contre.



**Le risque numéro un pour l'électronique c'est les vibrations. Faites en sorte que tous vos composants, modules ou BEC soient isolés du châssis par de la mousse adhésive, du scratch ou tout autre moyen. Jamais de contact direct !**

#### Connecteurs moteurs :

- Multiwii : D2/D3/D5/D6/D7/D8/D9/D10
- MegaPirateNG : D2/D3/D5/D6/D7/D8/D11/D12

Les connecteurs D9 et D10 peuvent être utilisés pour un sonar mais uniquement sous système Megapirate.

- D9 = Trigger
- D10 = Echo

Bouton RESET : il a le même effet qu'une coupure d'alimentation de la carte.

#### Ports :

- I2C (Inter Integrated Circuit) (prévu par défaut pour GPS I2C)
- S0 (Serial 0) port série (prévu par défaut pour module bluetooth)
- S1 (Serial 1) port série (prévu par défaut pour PPM SUM ou afficheur LCD)
- S2 (Serial 2) port série (prévu par défaut pour GPS NMEA standard)
- S3 (Serial 3) port série (prévu par défaut pour la télémétrie)
- FTDI (Future Technology Devices International) pour cordon FTDI (alternative au port USB)
- A0~A5 = (Analog 1 à 5) entrées analogiques
- SPI : (Serial Peripheral Interface) bus de données série synchrone full-duplex.

Le **bus SPI** utilise 4 signaux logiques :

- **SCK** = Serial Clock, Horloge (généré par le maître)
- **MOSI** = Master Output, Slave Input (généré par le maître)
- **MISO** = Master Input, Slave Output (généré par l'esclave)
- **SS** = Slave Select, Actif à l'état bas (généré par le maître)



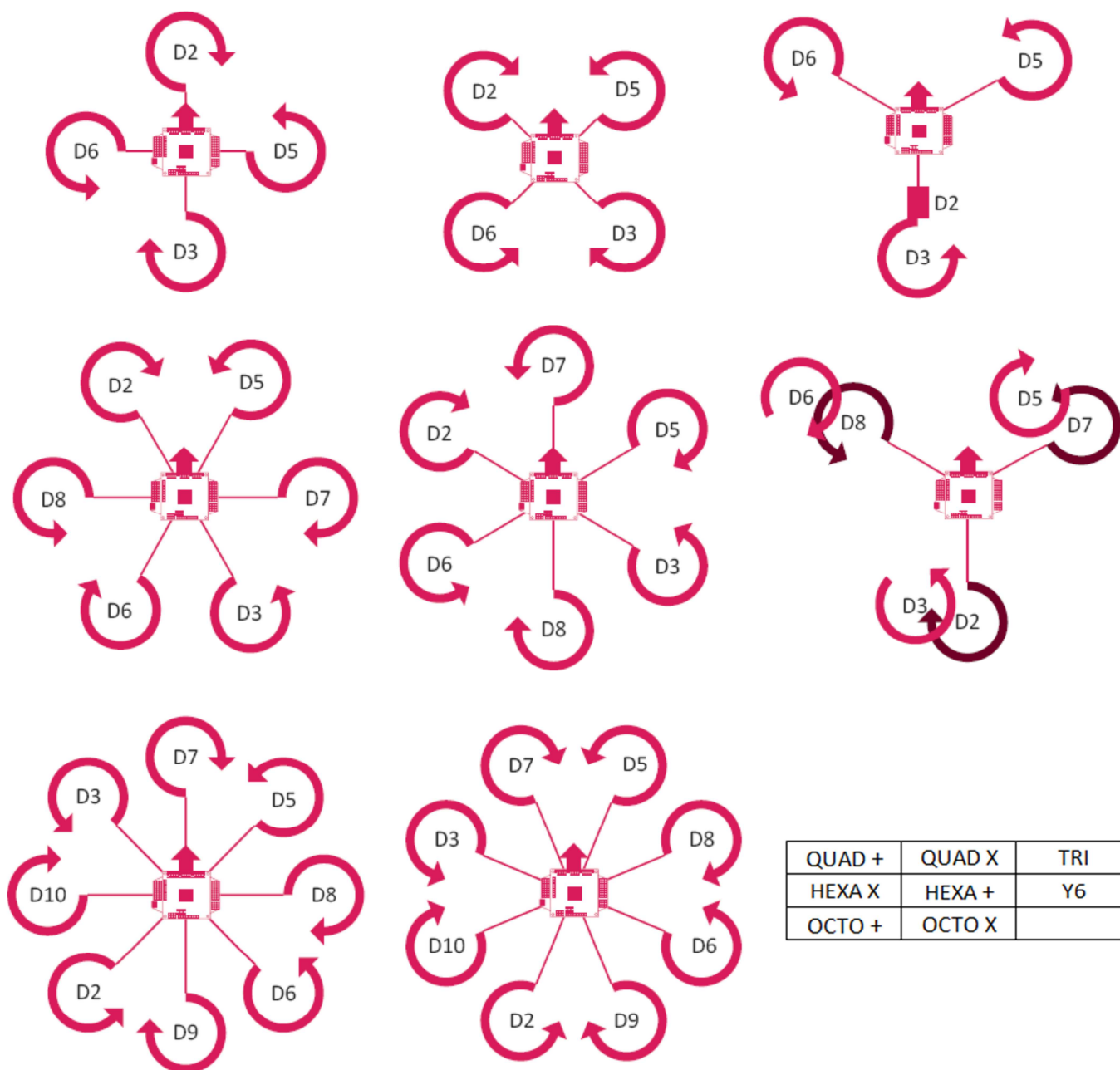
## IMPORTANT AVANT DE COMMENCER



Avec cette carte vous avez le choix entre deux principaux systèmes : **Multiwii** ou **Megapirate**. Selon l'option choisie vous câblerez les moteurs différemment en respectant rigoureusement les numéros des connecteurs, et vous utiliserez le firmware et les interfaces graphiques propres à chacun d'eux.

Que choisir ? Ce tutoriel ne traite que de **Multiwii** et je vous invite à me suivre si vous souhaitez obtenir un résultat rapide. Vous serez toujours à temps de migrer vers Megapirate pour lequel je ne fais qu'une très succincte allusion en annexe.

### CABLAGES MULTIWII



## INSTALLATION DU FIRMWARE

La carte étant livrée vierge, vous devez dans un premier temps y injecter un programme (appelé firmware, croquis ou sketch) que vous aurez préalablement personnalisé en fonction de divers critères.

Cette première opération est assurée par le logiciel **ARDUINO**.

Des interfaces graphiques vous permettront ensuite de paramétrer ou d'ajuster bon nombre de fonctions et valeurs pour affiner la mise au point de votre multitor, gérer le GPS, la télémétrie, etc.

Commencez par télécharger et installer sur votre PC « **arduino-1.0.5-r2-windows.exe** » en conservant les options par défaut. <http://arduino.cc/en/Main/Software>

Connectez la carte à un port USB et **refusez** la recherche de pilotes sur Windows Update. Deux nouveaux éléments sont créés dans le gestionnaire de périphérique de Windows :

- Contrôleurs de bus USB / **USB Serial Converter**
- Ports (COM et LPT) / **USB Serial Port (COMx)**  
(Le numéro du port COM est variable.)

Lancez **ARDUINO** et rendez-vous dans :

1. **Outils/Type de carte** : sélectionnez **Arduino Mega 2560 or Mega ADK** (ce choix sera conservé)
2. **Port série** : sélectionnez le nouveau port COM



**Il est convenu que vous avez choisi d'utiliser le firmware Multiwii**



### Méthode 1 :

Téléchargez **MultiWii\_2\_3.zip**. <http://code.google.com/p/multiwii/downloads/list>

Depuis **ARDUINO**, rendez-vous dans :

1. **Croquis/Importer bibliothèque.../Add Library...** et sélectionnez le fichier **MultiWii\_2\_3.zip**  
(le croquis est importé dans le dossier « **votre\_profil \Documents\Arduino\libraries\** »)
2. Fermez puis rouvrez **ARDUINO**
3. **Fichier/Carnet de croquis/libraries/Multiwii\_2\_3/Multiwii**
4. Une seconde fenêtre s'ouvre, vous pouvez alors fermer la première.

*La librairie ainsi importée est protégée en écriture et servira de modèle. Une fois modifiée, sauvegardez-la sous un nom personnalisé dans le dossier « **votre\_profil \Documents\Arduino\** »*

### Méthode 2 :

Téléchargez et décompressez **MultiWii\_2\_3.zip** à l'emplacement de votre choix.

<http://code.google.com/p/multiwii/downloads/list>

Depuis **ARDUINO**, rendez-vous dans :

1. **Fichier/Ouvrir...** et sélectionnez le fichier **\MultiWii\_2\_3\MultiWii\MultiWii.ino**
2. Une seconde fenêtre s'ouvre, vous pouvez alors fermer la première.

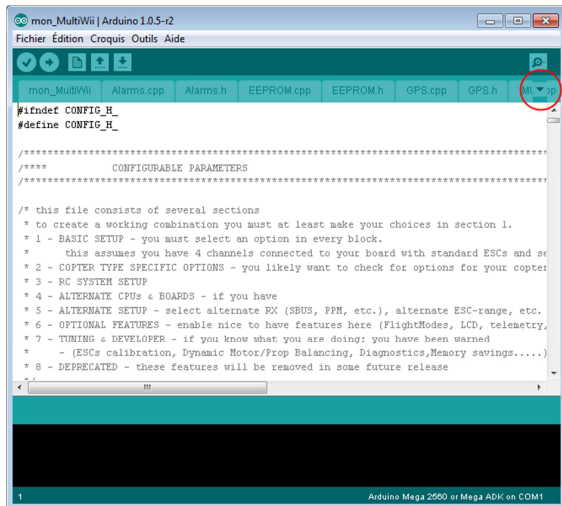


## PROGRAMMATION DE LA CARTE

Utilisez la petite flèche noire (cerclée de rouge sur l'image) pour parvenir à l'onglet correspondant au fichier config.h. Le rôle de ce fichier est d'activer (ou de désactiver) les options propres à votre machine et à son équipement. Il vous suffit pour cela de « commenter » ou « dé-commenter » les lignes commençant par « #define » en ajoutant ou en supprimant les doubles slashes « // » en début de ligne.

Dans la section 1, configurez au minimum ces deux paramètres essentiels :

- Le type (ou châssis) de votre multirotor (*QUADP, QUADX, etc.*)
- Une carte compatible possédant les mêmes capteurs (*MPU6050 + HMC5883L + MS5611-01BA01*)



### SECTION 1

```
/****** The type of multicopter *****/  
#define QUADX // exemple pour un quadricoptère X  
  
/****** Motor minthrottle *****/  
#define MINTHROTTLE 1150  
  
/****** Motor maxthrottle *****/  
#define MAXTHROTTLE 1850  
  
/****** Mincommand *****/  
#define MINCOMMAND 1000  
  
/****** I2C speed for old WMP config *****/  
#define I2C_SPEED 100000L  
  
/****** Combined IMU Boards *****/  
#define CRIUS_AIO_PRO_V1
```

**Certains paramètres sont déjà activés par défaut et/ou se terminent par une valeur qui peut être ajustée.**

Exemple : *MINTHROTTLE* est la vitesse à laquelle les moteurs démarrent lorsqu'ils sont armés mais c'est aussi la valeur pour laquelle un contrôleur brushless estime que le signal est correct pour son initialisation. Vous l'ajusterez si nécessaire en fonction de votre matériel.

**Ne tentez pas de modifier quoi que ce soit dans les autres onglets.** Qu'il s'agisse de la machine elle-même, d'un périphérique ou tout autre chose, l'intégralité de la configuration se trouve dans **config.h**. Les autres fichiers constituent le programme lui-même, et à moins que vous ne soyez développeur n'y touchez surtout pas !

Cliquez sur le bouton « **Téléverser** », le programme est alors compilé puis envoyé vers la carte. Patientez jusqu'au message « **Téléversement terminé** ».

En cas d'échec :

- Vérifiez que vous avez correctement sélectionné le port COM.
- Contrôlez votre connexion USB.
- Cliquez sur le bouton « Vérifier » pour vous assurer que le code ne contient pas d'erreurs.
- Contrôlez les modifications effectuées dans le fichier config.h.
- Tentez la manipulation depuis un autre ordinateur, certains PC peuvent poser problème avec les pilotes USB.
- Vous pouvez réinitialiser la mémoire de la carte en y « téléversant » un programme vierge que vous trouverez sous Fichier/Exemples/EEPROM/eprom\_clear, puis recommencez l'opération.

**N'oubliez pas d'enregistrer votre croquis puis fermez le logiciel ARDUINO.**

**Avertissement : Lorsque vous aurez à refaire cette opération pour apporter des modifications au fichier config.h, les réglages enregistrés dans la carte pourront être affectés même si vous restez dans la même version de firmware.**

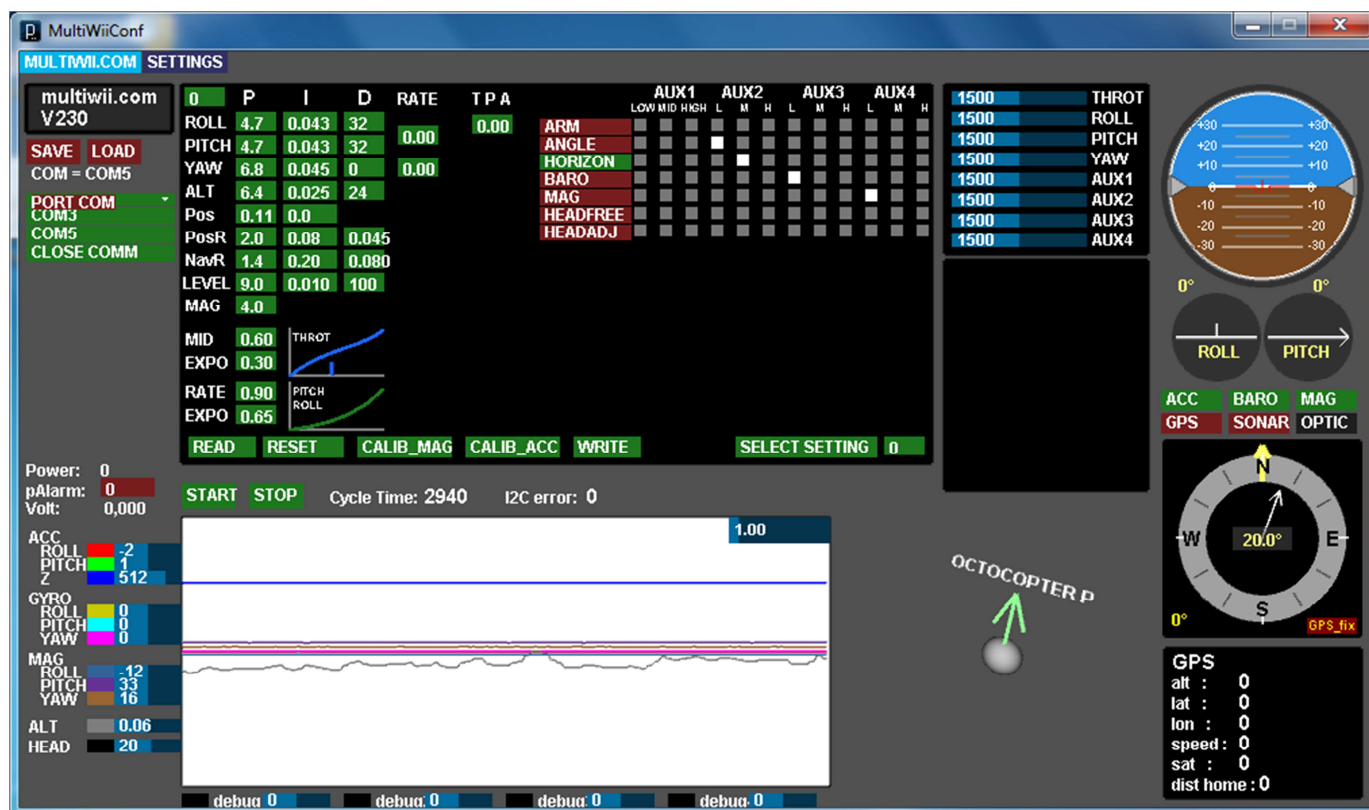
## Présentation de MultiWiiConf 2.3

L'interface graphique fournie par Multiwii va maintenant vous permettre d'observer en temps réel les réactions de la carte, les actions sur l'émetteur et d'effectuer bon nombre de paramétrages ou réglages.

Téléchargez et installez **JAVA**, indispensable au fonctionnement du programme. <http://www.java.com/fr/>

Procédure de démarrage :

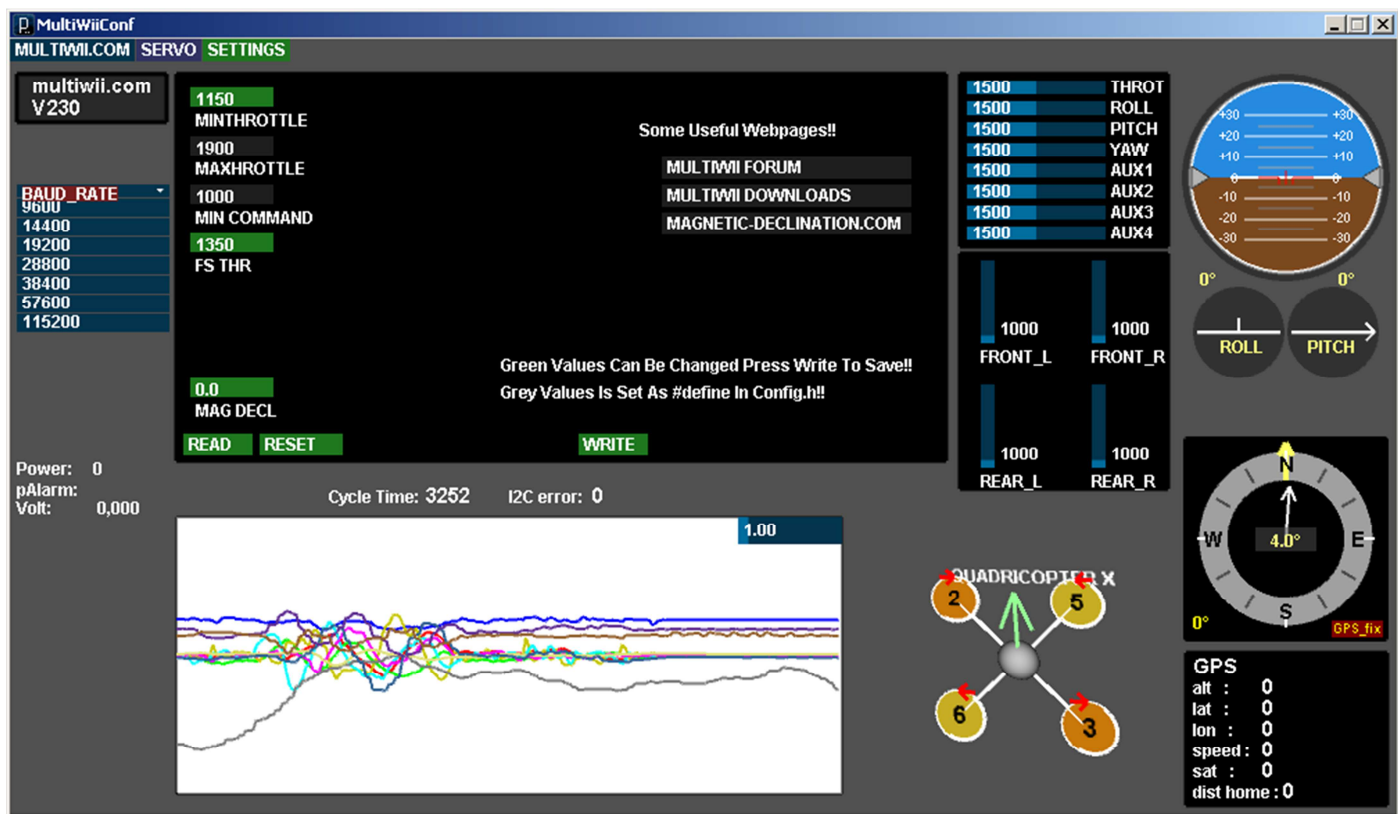
1. Connectez la carte sur un port USB de l'ordinateur.
2. Allumez l'émetteur (ceci peut être fait à tout moment).
3. Lancez **MultiWiiConf.exe** situé dans le dossier \MultiWii\_2\_3\MultiWiiConf\application.windows32\
4. Sélectionnez le port **COM** adéquat.
5. Cliquez sur **START**.



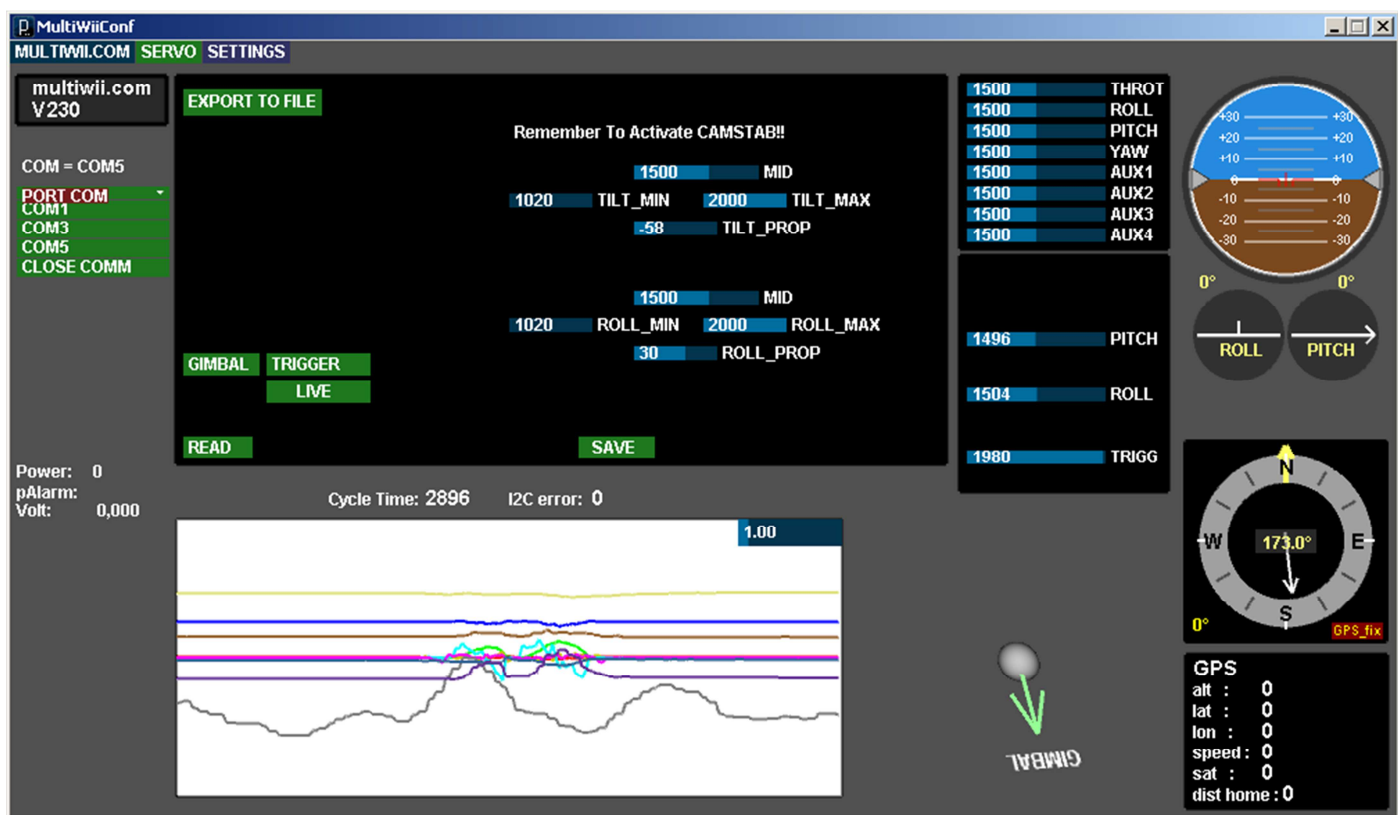
En haut à gauche apparait la version du firmware définie dans l'option « #define BOARD\_NAME "MultiWii V-.-" »  
Vous avez accès ici à l'instrumentation et à tous les réglages PID qui seront détaillés plus bas.

### SIGNIFICATION DES BOUTONS

<b>SAVE</b>	Sauvegarde de la configuration vers un fichier .mwi
<b>LOAD</b>	Chargement d'une configuration depuis un fichier .mwi
<b>PORT COM</b>	Sélection du port série de communication entre la carte et le PC
<b>CLOSE COMM</b>	Ferme le port série (stoppe la communication)
<b>START</b>	Démarre la lecture en temps réel de la carte
<b>STOP</b>	Stoppe la lecture en temps réel
<b>READ</b>	Relit les paramètres enregistrés sur la carte
<b>RESET</b>	Restaure des valeurs par défaut
<b>WRITE</b>	Enregistre les valeurs affichées dans la carte
<b>CALIB_MAG</b>	Calibre le magnétomètre
<b>CALIB_ACC</b>	Calibre les accéléromètres
<b>SELECT SETTING</b>	Sélectionne une configuration dans la carte (voir #define MULTIPLE_CONFIGURATION_PROFILES dans config.h)



La page SETTINGS d'où il est possible de redéfinir la valeur MINTHROTTLE, la déclinaison magnétique et les options du FAILSAFE si ces derniers ont été activés dans config.h.  
C'est également ici que vous pouvez prérégler le sens des voies sur l'émetteur à l'aide des jauges moteurs, mais rien ne vaut de s'en assurer en conditions réelles.



Enfin, la page SERVO d'où vous pourrez mettre au point votre nacelle de caméra (détails en annexe).





## AVANT D'ALLER PLUS LOIN !

### Initialisez les gyroscopes :

**Votre multirotor ne doit pas bouger lors de sa mise sous tension et ce jusqu'à la fin de la séquence d'initialisation.**

**Cette procédure est à respecter à chaque démarrage.**

### Calibrez les autres capteurs :

Accéléromètres :

1. La carte doit être parfaitement horizontale.
2. Cliquez sur **CALIB\_ACC** et patientez 5 secondes.

Magnétomètre :

1. Cliquez sur **CALIB\_MAG**
2. Les **LED A et C** clignotent rapidement.
3. Effectuez une rotation du multirotor autour de ses 3 axes durant les 30 secondes qui suivent.
4. Attendez que les **LED A et C** s'éteignent.

### Vérifiez le fonctionnement de la carte et sa liaison avec le PC :

- L'horizon artificiel et le compas doivent varier lorsque le multirotor est basculé sur ses 3 axes.

### PREPARATION DES ESC

**Vos ESC doivent être configurés à l'identique.**

**La fonction « frein moteur » doit être impérativement désactivée.**

**L'option « coupure progressive » doit être activée.**

**Aucune option ne doit être laissée en automatique pour ne pas risquer de déséquilibrer la configuration.**

### PREPARATION DE L'EMETTEUR

**Votre émetteur doit se trouver sur un mode AVION standard**

**Les trims doivent être au neutre**

**Aucun mixage ne doit être activé**

- Programmez 30% d'expo sur **AILERON** et **ELEVATOR** et mettez à 0 la valeur **RC EXPO** de la carte.
- Programmez une courbe exponentielle de 20% sur **THROTTLE** et mettez à 0 la valeur **THR EXPO** de la carte.

*Cette solution est plus pratique pour plusieurs raisons : plus simple à ajuster en extérieur, connaissant votre radio vous saurez ce que vont donner les valeurs d'exponentiel appliquées, et enfin vous pourrez jouer sur différents modes de vols.*

### ETALONNAGE DE L'EMETTEUR

**En vous aidant du graphe de l'interface, ajustez sur toutes les voies de l'émetteur les valeurs mini, neutre et maxi. Commencez par les neutres à l'aide des SUBTRIM puis utilisez les FINS DE COURSES pour les débattements mini et maxi. Ceci concerne aussi bien les STICKS que les SWITCHS.**

- Le neutre : doit être au plus proche de 1500
- Le minimum : doit être inférieur à 1100 (1080 est suffisant)
- Le maximum : doit être supérieur à 1900 (1920 est suffisant)

**Une fois cette opération terminée, étalonnez un par un chacun des contrôleurs brushless.**

Référez-vous pour cela à leur notice d'utilisation.

*(Une option dans config.h permet l'étalonnage des contrôleurs brushless en une seule fois, voir en annexe.)*



## PREMIERS ESSAIS



Un multirotor est un appareil bien particulier. Mis à part les moteurs qui tournent on ne voit rien, absolument rien, c'est l'électronique qui gère tout en arrière-plan ! Personne ne peut prédire comment l'appareil va réagir la première fois car il n'existe pas de réglages universels, il peut se retourner violemment ou, plus grave, partir dans n'importe quel sens et blesser quelqu'un. Alors soyez extrêmement prudents : personne à proximité, respectez les conseils qui suivent et mettez les gaz très progressivement !

1. **EQUILIBREZ VOS HELICES !...** (*Un multirotor doit être exempt de vibrations*).
2. **VERIFIEZ LE SENS DE ROTATION DES MOTEURS.**
3. **BRIDEZ VOTRE MULTIROTOR AU SOL avec des cordelettes nylon de manière à ce qu'il ne puisse pas s'élever de plus de 30 cm et qu'une fois incliné aucune hélice ne parvienne à toucher le sol.**  
(*Cela vous mettra en sécurité et vous évitera de la casse, vous me remercirez plus tard !...*)
4. **Armez les moteurs** (*voir ci-dessous*)
5. **A LA PREMIERE MISE PROGRESSIVE DES GAZ, contrôlez le sens des voies sur l'émetteur.**
6. **VERIFIEZ L'ABSENCE DE VIBRATIONS à tous les régimes.**

### Armement des moteurs :

1. Gaz au minimum, mode BARO désactivé
2. Basculez le manche d'anticouple à fond à droite
3. Les moteurs démarrent à la vitesse définie dans « config.h » section 1, paragraphe « minthrottle »
4. Les LED A et C s'allument

### Désarmement des moteurs :

1. Gaz au minimum
2. Basculez le manche d'anticouple à fond à gauche
3. Les moteurs s'arrêtent
4. Les LED A et C de la carte s'éteignent

**A la mise des gaz, si votre multirotor se retourne violemment avant même qu'il n'ait décollé, n'insistez pas : à coup sûr vous avez une erreur dans l'ordre de branchement des moteurs ou dans l'orientation de la carte par rapport à l'avant du multirotor (ce qui revient à peu près au même). Vérifiez également le sens de rotation des moteurs et des hélices, et que le type de châssis dans config.h correspond bien au vôtre.**

A ce stade il se peut que les réactions de l'appareil vous permettent de le détacher en vue d'effectuer un stationnaire, bien que les valeurs par défaut soient rarement adaptées. Si vous êtes déjà un pilote vous savez ce que vous faites mais restez méfiant. Pour les autres, attendez un peu et lisez la suite avant de poursuivre.

Quoi qu'il en soit vous allez devoir passer par les réglages et je vous conseille fortement de vous imprégner des principes de base car croyez-moi, vous allez tâtonner avant de parvenir à un résultat satisfaisant.

## LA STABILISATION

Les contrôleurs de vol utilisent des valeurs de **boucles PID** pour atteindre un état stable. **PID** signifie **Proportionnel**, **Intégré** et **Dérivé**. Ces termes représentent les trois éléments de base indispensables à la stabilisation.

**Principe** : Trois gyroscopes décalés de 90° captent les variations angulaires du multirotor dans l'espace. Ils informent en permanence un programme informatique qui tourne en **boucle** et envoie des ordres (vitesses de rotation) aux moteurs. Le programme effectue ses calculs en fonction de trois valeurs par axe, les composantes (ou variables) **P**, **I** et **D**.

Accessoirement, des accéléromètres viendront compléter le processus dans des modes dits « stables » en compensant les déviations linéaires et en ramenant l'appareil à l'horizontale, mais comprenez bien que **votre multirotor doit déjà être réglé et parfaitement pilotable avec uniquement les gyroscopes**.

*Note personnelle : Habitué au pilotage d'hélicoptères, je préfère un mode GYRO (ou ACRO) bien réglé à un mode « stable ».*

**La composante proportionnelle P** est en quelque sorte le **gain** général qui dépend étroitement des caractéristiques de la machine (masse, diamètre, nombre de bras, moteurs, etc.). Pour chaque voie il faudra augmenter P par incréments de 0.5 jusqu'à atteindre le seuil de pompage (oscillations ou sautilllements), puis diminuer jusqu'à faire disparaître le phénomène, tout comme on le ferait pour un gyroscope d'hélicoptère.

**La composante intégrée I** est le **délai** de correction. Lorsque la machine subit une contrainte, le calculateur va exercer une correction durant un certain laps de temps.

- Si cette durée est trop longue, la machine dérive et demande des corrections aux manches.
- Si cette durée est trop courte, la machine engage un effet de yoyo qu'il sera difficile de stopper.

Régler I par incréments de 0.005 pour dégrossir puis par des valeurs plus faibles :

- Si la machine a tendance à glisser = I est trop faible, augmentez de 0.003
- Si la machine est trop molle = I est trop fort, diminuez de 0.001
- Lorsque le stationnaire est correct, on pousse un manche et on relâche :
  - Si la machine s'arrête doucement = I proche des bonnes valeurs
  - Si la machine ne s'arrête pas = I trop faible, augmentez de 0.001
  - Si la machine cabre et repart dans l'autre sens = I trop fort, diminuez de 0.001

P et I influent l'un sur l'autre et font réapparaître l'effet d'oscillation : une augmentation de I demandera une diminution de P, et inversement.

Ne modifiez qu'une seule composante à la fois et sur des châssis symétriques (quadri, octo, hexa) il est logique que les réglages PID soient faits simultanément sur les axes ROLL et PITCH.

**La composante dérivée D** est la **vitesse** de correction. Le réglage est principalement basé sur le ressenti.

- Si les réactions sont trop molles = D est trop faible, augmentez de 1
- Si le multirotor est trop réactif = D est trop fort, diminuez de 1

Si l'augmentation de D fait apparaître des vibrations, diminuez légèrement P.

SYNTHESE			
	P	I	D
Mode ACCRO	+	—	+
Mode STABLE	—	+	—

Vous trouverez plus bas une méthode de réglage mais il en existe d'autres. Sachez que même si votre multirotor est correctement monté, les valeurs par défaut ne sont pas forcément adaptées. Cela dépendra principalement du type de châssis, du diamètre et de la masse.

Valeurs PID par défaut sur la version 2.3			
	P	I	D
<b>ROLL</b>	3.3	0.030	23
<b>PITCH</b>	3.3	0.030	23
<b>YAW</b>	6.8	0.045	0
<b>LEVEL</b>	9.0	0.010	100

#### Définitions extraites de la documentation officielle Multiwii :

<b>P</b>	Augmentation	Le multirotor deviendra de plus en plus stable jusqu'à ce que P soit trop grand, alors le multirotor oscillera jusqu'à une perte le contrôle. Forte résistance à chaque tentative d'inclinaison volontaire du multirotor.
	Diminution	Tant que P est trop bas le multirotor va commencer à glisser ou dévier et deviendra instable. Il sera moins résistant à chaque tentative d'inclinaison volontaire du multirotor et sera donc plus vif.
<b>I</b>	Augmentation	Augmente la faculté à conserver la position initiale, réduit le glissement et la déviation, mais augmente le délai de retour à la position initiale. Diminue l'importance de P
	Diminution	Améliore la réactivité aux changements, mais augmente le glissement et réduit sa capacité à garder sa position. Augmente l'importance de P
<b>D</b>	Augmentation	Améliore la vitesse à laquelle les écarts et déviations sont récupérés. Avec une vitesse de récupération trop rapide vient une plus grande probabilité de dépassement et d'oscillations. Augmente l'effet de P
	Diminution	Réduit les oscillations lors du retour des déviations par rapport à leur position initiale. Le retour à la position initiale devient plus lent. Diminue l'effet de P.

**Les valeurs de ratio (RATE)** font varier la vitesse de rotation sur les axes. Pour conserver une machine souple et agréable laissez RATE à 0 pour ROLL et PITCH mais vous pouvez l'augmenter un peu pour YAW.

## LES COURBES

		Mini	Maxi	Défaut	Signification
<b>THROTTLE</b>	<b>MID</b>	0.00	1.00	0.50	Position du manche des gaz en stationnaire
	<b>EXPO</b>	0.00	1.00	0.00	Valeur d'exponentiel sur les gaz
<b>PITCH &amp; ROLL</b>	<b>RATE</b>	0.00	2.50	1.00	Sensibilité globale sur le tangage et le roulis
	<b>EXPO</b>	0.00	1.00	0.00	Valeur d'exponentiel sur le tangage et le roulis

Comme indiqué dans la préparation de l'émetteur, il est plus pratique de laisser les deux valeurs d'exponentiel à 0 et d'effectuer ces réglages depuis la radiocommande. Vous pourrez ainsi avoir des combinaisons différentes sur chaque voie et sur plusieurs modes de vol si votre radio le permet.

## LES FONCTIONS AUXILIAIRES

- Chaque fonction auxiliaire peut être attribuée à une voie (AUX 1 à 4, sur une radio 8 voies)
- La position des switches de l'émetteur peut être réglée sur 3 positions (Low, Mid ou High)
- Un seul switch peut commander plusieurs fonctions
- L'activation d'une fonction sur les 3 positions rend la fonction permanente

Fonction	Signification	Capteurs sollicités				
		Gyro	Acc	Baro	Mag	GPS
<b>ARM</b>	Armement/Désarmement des moteurs					
<b>ACRO</b>	Mode acro lorsque ANGLE et HORIZON sont désactivés	X				
<b>ANGLE</b>	Mode stable (ancien mode LEVEL)	X	X			
<b>HORIZON</b>	Mode stable alliant modes ACRO et ANGLE	X	X			
<b>BARO</b>	Maintien d'altitude par baromètre	X	X	X		
<b>MAG</b>	Verrouillage de cap par magnétomètre	X	X		X	
<b>GPS HOME</b>	Retour au point de départ (Return To Home)	X	X		X	X
<b>GPS HOLD</b>	Verrouillage de la position géographique	X	X		X	X
<b>HEADFREE</b>	Déplacements relatifs au cap défini par HEADADJ	X	X		X	
<b>HEADADJ</b>	Définit une nouvelle origine de cap					
<b>CAM STAB</b>	Stabilisation de la nacelle caméra	X				
<b>CAM TRIG</b>	Déclencheur séquentiel de caméra					

*Cette liste n'est pas exhaustive, les fonctions apparaissent au fur et à mesure de leur activation dans le fichier config.h.*

- Le mode HORIZON est un mode ANGLE qui passe progressivement en mode ACRO au fur et à mesure que les manches s'éloignent des neutres.
- Le mode ANGLE existe toujours mais il est considéré obsolète.
- Les modes HORIZON et ANGLE ne peuvent être activés simultanément. Les modes ACROS, ANGLE et HORIZON peuvent donc être programmés sur un seul switch.
- Les modes BARO et MAG peuvent être activés ensemble, cela économise une voie auxiliaire.
- Mode HEADFREE : les déplacements du multirotor se font par rapport à un cap défini par HEADADJ. Exemple : on initialise HEADADJ avec le multirotor en ligne devant soi, et ensuite en poussant le manche de profondeur il s'éloignera toujours même s'il se trouve de face ou de profil. Ce procédé peut être salvateur pour un débutant mais totalement absurde pour un pilote confirmé. A utiliser avec précaution.
- Depuis la version 2.3, l'armement des moteurs n'est pas possible si le mode BARO est activé.
- GPS HOME ramène l'appareil au point géographique où les moteurs ont été armés.



## METHODE DE REGLAGE

Autant que possible, effectuez vos réglages un jour très peu venteux, dans le cas contraire n'essayez pas d'affiner et attendez de meilleures conditions météo.

S'équiper d'un module bluetooth s'avère quasi indispensable pour effectuer les réglages. Rendez-vous compte : décoller, poser, désarmer, connecter l'USB, modifier une valeur, déconnecter, réarmer, et ainsi de suite... tout cela en extérieur et avec un ordinateur portable relativement lourd et encombrant ! C'est mission impossible ! A noter toutefois que le bluetooth a une faible portée, restez à moins de 20m du multirotor.

### Si les PID vous semblent encore mystérieux, simplifions et abordons le problème autrement.

Pour **ROLL** et **PITCH** :

- **RATE** est la vitesse de rotation autour des axes, nous la laisserons par défaut à **zéro**.
- **D** c'est la vitesse de réaction, nous en sommes aux réglages et il nous faut du calme, on met les **D** à **zéro**.
- **I** c'est le délai de correction de P, mais comme P n'est pas encore réglé on met aussi les **I** à **zéro**.
- **P** c'est la correction angulaire, il en faudra toujours un peu et on les prérègle à une **valeur minimale**.

Pour **YAW** on conserve toutes les valeurs par défaut... Vous voyez, ce n'est pas si compliqué !

### PHASE 1 : réglage du mode ACRO :

1. **Désactivez tous les modes** : HORIZON, ANGLE, BARO, MAG, GPS, HEADFREE
2. Rechargez les valeurs par défaut si nécessaire.
3. Sur **ROLL** et **PITCH** mettez les valeurs suivantes : **P = 3, I = 0, D = 0, RATE = 0**
4. **Augmentez progressivement P sur ROLL et PITCH** jusqu'à obtenir des oscillations, puis diminuez jusqu'à les faire disparaître.
5. **Augmentez progressivement I sur ROLL et PITCH** jusqu'à faire disparaître l'effet de glissement. Si des oscillations apparaissent diminuez légèrement P.
6. **Augmentez très progressivement D** en fonction de la réactivité désirée (vous pouvez laisser D très proche de zéro, voire carrément à zéro).
7. Ajustez les valeurs de ratio (**RATE**) selon vos préférences, en général on l'augmente légèrement sur YAW.
8. Ajustez le **MID TROTTLE** pour obtenir une position plus confortable du manche des gaz en stationnaire.
9. Ajustez les valeurs d'exponentiels depuis votre émetteur (*elles doivent être à zéro sur la carte*).

**Rappel : votre mode ACRO doit être le plus parfait possible avant de passer à l'étape suivante.**

### PHASE 2 : réglage des autres modes (un à la fois) :

1. **Appareil posé et moteurs armés**, enclenchez uniquement le mode **MAG** :
  - a. Décollez et faites varier les gaz de façon importante : le multirotor doit conserver son cap.
  - b. Ajustez le **P** de **MAG** si vous constatez une déviation.
2. **Appareil posé et moteurs armés** :
  - a. Faites un test : enclenchez le mode **BARO** et mettez progressivement les gaz, la vitesse des moteurs doit plafonner, le multirotor ne doit pas décoller.
  - b. Enlevez le mode BARO.
  - c. Décollez et placez-vous à une altitude d'au moins 5m.
  - d. Enclenchez le mode BARO et ne touchez plus aux gaz : le multirotor devrait plus ou moins descendre puis revenir à son altitude initiale dans un mouvement de yoyo.
  - e. Réglez les valeurs **P** et **I** de **ALT** pour corriger au mieux cet effet.
3. Enclenchez uniquement le mode **ANGLE** et ajustez les **PID** de **LEVEL** (*ne touchez plus aux PID de ROLL, PITCH et YAW, vous dérèglerez le mode ACRO*).

## NOTES SUR LES REGLAGES

**Astuce** : pour régler la composante I sur ROLL ou PITCH, déplacez le centre de gravité du multirotor en fixant une masse à l'extrémité d'un bras de l'axe concerné (environ 10% du poids total de l'appareil).

Les modes **ACRO** et **ANGLE** étant réglés, le mode **HORIZON** l'est systématiquement puisqu'il est un compromis des deux.

**Avertissement** : méfiez-vous du mode **BARO** en basse altitude, un coup de vent ou un mauvais réglage peut faire varier brutalement l'altitude du multirotor. Enlevez toujours ce mode en dessous de 3m.

**Avertissement** : le mode **HEADFREE** est extrêmement déroutant pour quelqu'un sachant déjà piloter. A tester avec beaucoup de précaution !

La sélection **GPS HOLD** et **GPS HOME** par le switch de l'émetteur n'est effectif que si le GPS est fixé par un minimum de 5 satellites.

La difficulté à obtenir la stabilité d'un multirotor peut dépendre :

- D'une vibration excessive de la machine généralement causée par un mauvais équilibrage des hélices.
- D'un manque de rigidité du châssis ou des hélices.
- D'un axe moteur faussé.
- D'un montage trop souple ou d'une mauvaise isolation aux vibrations de la carte électronique.
- D'un calibrage incorrect des ESC.
- D'une puissance insuffisante des moteurs ou d'un mauvais choix d'hélices (pas ou diamètre).

**Astuce** : sur les petits modèles de type quadricoptère 500mm, certains utilisent de la cordelette tendue pour suspendre le multirotor de manière à ce que seul l'axe PITCH soit libre, et permettre ainsi de trouver les bons réglages qu'il suffira de recopier sur l'axe ROLL. Des vidéos sont disponibles à ce sujet sur la toile.

## Présentation de WinGUI 2.3

Bien que MultiWiiConf soit parfaitement fonctionnel, voici une seconde interface compatible Multiwii bien plus élaborée et agréable. Elle offre en supplément une prise en charge du GPS et de la télémétrie. La version 2.3 étant encore un peu fraîche, vous serez contraints de jongler entre les deux produits pour certaines opérations.

Une fonction intéressante proposée sous WinGUI est la journalisation paramétrable (onglet GUI Settings et icône Start Log), très intéressante pour enregistrer les données en vol lorsqu'on dispose d'une liaison bluetooth.

Téléchargez et installez **dotNetFx40\_Client\_x86\_x64.exe**, nécessaire à l'exécution du logiciel qui ne fonctionne que sous système Microsoft Windows : <http://www.microsoft.com/fr-fr/download/details.aspx?id=24872>

Téléchargez et décompressez **WinGUI\_2.3pre8(b5).zip**. <http://code.google.com/p/mw-wingui/downloads/list>

**Attention : respectez le numéro de version pour une parfaite compatibilité avec votre croquis (ici la version 2.3) !**

Lancez **MultiWiiWinGUI.exe** et suivez les instructions de l'assistant du premier démarrage. Les chemins de fichiers qui vous sont demandés seront modifiables ultérieurement depuis l'onglet « GUI Settings ».

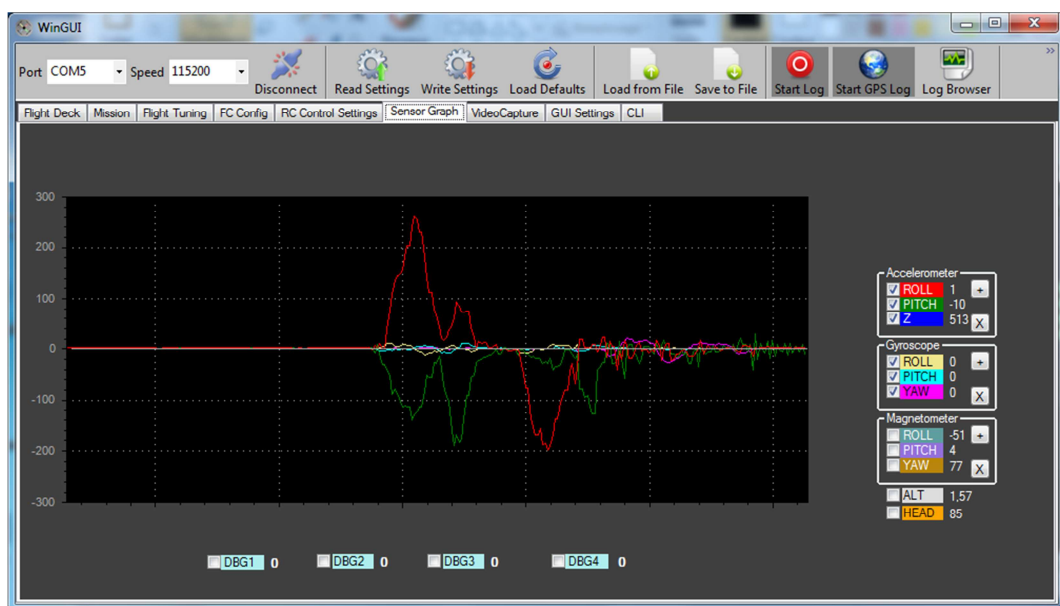
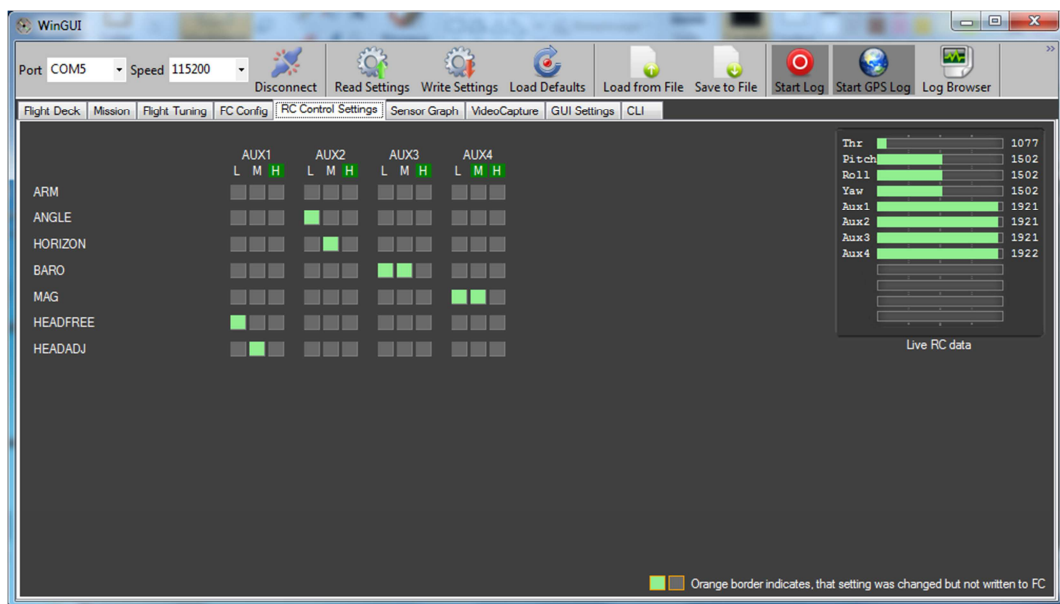
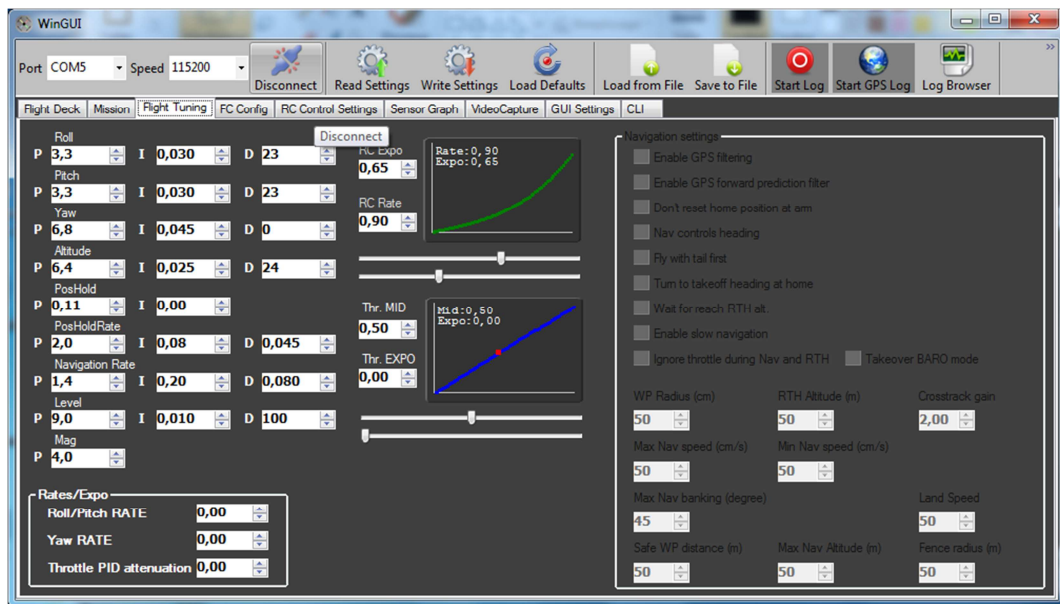
Si vous désiriez modifier le port COM ou la vitesse de transfert par défaut vous devrez éditer le fichier `\WinGUI_2.3pre8(b5)\Release\gui_settings.xml`.

Sélectionnez le port COM et cliquez sur l'icône **Connect**.

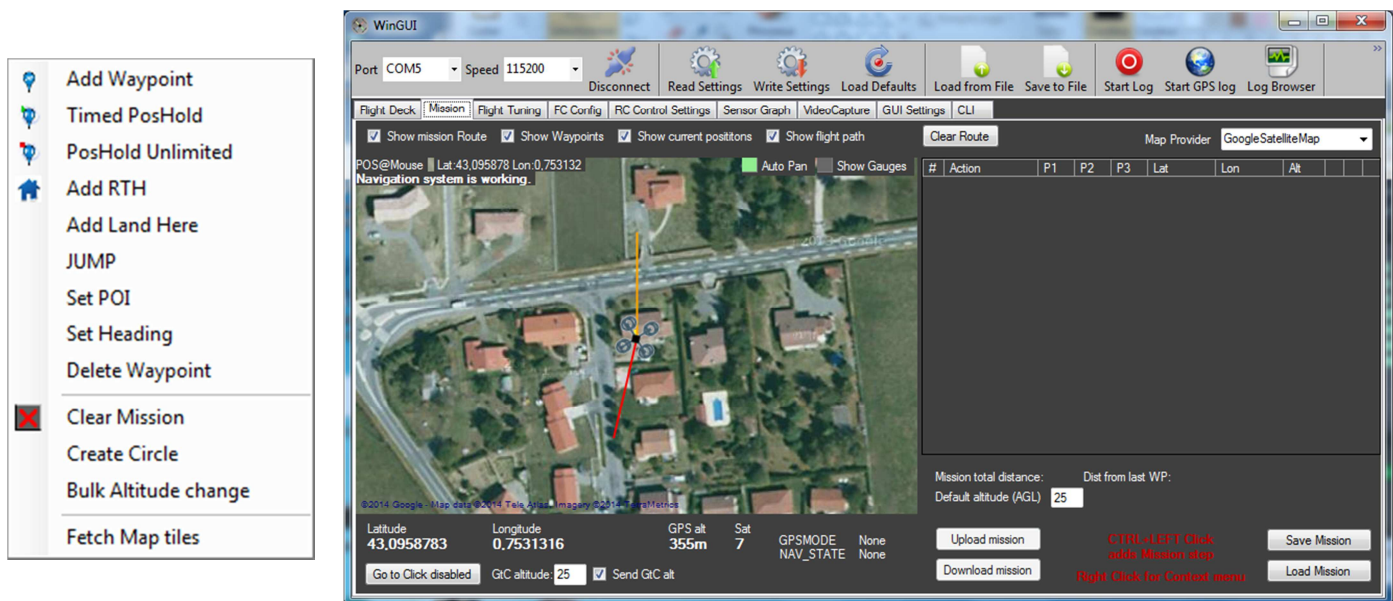
On retrouve dans les onglets **Flight Deck**, **Flight Tuning**, **RC control Settings** et **Sensor Graph** l'équivalent de l'interface principale de MultiWiiConf mais avec un bien meilleur visuel et quelques options supplémentaires.



**Attention : un simple clic sur l'icône « Load Defaults » recharge tous les paramètres par défaut et les enregistre sur la carte ! Faites régulièrement une sauvegarde de votre configuration pour palier à toute mauvaise manipulation.**



La fenêtre de gestion du GPS et son menu contextuel que l'on fait apparaître avec un clic droit sur la liste de points.  
 La ligne jaune symbolise le cap au nord et la ligne rouge le cap courant de l'appareil.  
 Vous devez disposer d'une connexion à Internet pour afficher la carte.



### Rappel des paramètres GPS possibles dans config.h

Option 1	Option 2	Par défaut	Explication
#define GPS_SERIAL 2	#define I2C_GPS	non	Selon modèle de GPS
#define GPS_BAUD 115200		non	Vitesse de transfert du port
#define NMEA	#define UBLOX	non	Selon modèle de GPS
#define MAG_DECLINATION 0.0f		oui	Déclinaison magnétique à renseigner
#define NAV_CONTROLS_HEADING true		oui	RTH : le multicoptère conserve son orientation vers le point d'origine
#define NAV_TAIL_FIRST false		oui	RTH : si vrai et NAV_CONTROLS_HEADING est vrai, le multicoptère tournera sa queue vers le point de d'origine pendant le RTH
#define NAV_SET_TAKEOFF_HEADING true		oui	RTH : à l'atterrissage, le multicoptère se remet dans l'axe de décollage
#define GPS_FILTERING		non	Correction des erreurs, uniquement pour GPS 10Hz
#define GPS_WP_RADIUS 200		oui	RTH : rayon de tolérance considérant le retour comme atteint

Ci-dessous la fenêtre FC Config depuis laquelle il est possible d'ajuster la valeur Mintrottle, le Failsafe et la déclinaison magnétique.



*En ce qui concerne la rubrique « Servo settings », je ne parviens pas à la faire fonctionner et je suis contraint de régler les servos de nacelle depuis MultiWiiConf ou depuis une appli Android.*



## CONCLUSION

A présent vous devriez avoir un minimum d'informations pour parfaire vos réglages et je vous souhaite d'y parvenir. Je me suis efforcé de vous présenter cela d'une manière chronologique mais j'ai bien conscience que rien est évident lorsqu'on découvre.

Nous sommes ici sur un autre aspect de l'aéromodélisme : pas de calculs savants sur le centre de gravité, l'incidence ou autre force aérodynamique, on ne vole que grâce à la nanotechnologie et à l'informatique. Nous réalisons un rêve vieux de plus d'un siècle, celui d'un certain Paul Cornu qui, en 1907, a réussi cette prouesse sans l'aide de l'électronique mais qui s'est vite rendu compte que son projet ne pouvait aboutir sans l'aide d'une assistance plus réactive que le cerveau humain.

Ce type de matériel bon marché fonctionne parfaitement à condition de s'en donner la peine. Les logiciels sont gratuits pour la plupart mais le temps passé à rassembler toutes ces informations de façon logique et rationnelle est incalculable. Ajoutez les nombreuses heures à faire des tests, à procéder aux réglages et à comprendre certaines finesses...

Il est regrettable qu'aucune notice précise et complète ne soit proposée car même s'il s'agit de logiciels libres, cela n'excuse pas tout. Sur les forums ou les blogs chacun y va de son petit conseil plus ou moins fiable et rares sont ceux qui donnent de vraies explications.

Mais c'est la règle du jeu et ce n'est pas pour me déplaire, j'aime bien me creuser la tête, pas vous ? En tout cas si ce tutoriel a pu vous rendre un quelconque service vous m'en voyez ravi ! Je vous laisse à présent piocher dans les annexes les quelques infos supplémentaires qui pourraient vous être utiles.

Phil, alias Le Doc

## ANNEXE 1 - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

### Multiwii and Megapirate AIO Flight Controller w/FTDI (ATmega 2560) V2.0 ref. HobbyKing 387000007

*Produits similaires : CRIUS ALL IN ONE PRO Flight Controller AIOF V1.0 à V2.0*

Compatible **Multiwii** et **MegaPirateNG**

La partie de détection de mouvement comprend un MEMS de nouvelle génération possédant gyroscopes et accéléromètres sur une seule puce, ainsi qu'un magnétomètre 3 axes et un baromètre d'une résolution de 0,01 mbar soit un écart de 10 cm de hauteur.

- Gère jusqu'à 8 moteurs
- 8 canaux d'entrée pour récepteur standard
- 4 ports série pour Debug / Bluetooth / OSD / GPS / Télémétrie
- 2 sorties servos pour nacelle de caméra
- 1 sortie d'asservissement pour déclencheur de caméra
- 6 sorties analogiques pour périphériques
- 1 port I2C pour capteur ou périphérique
- Régulateur de tension indépendant 3,3 V et 5V
- Microcontrôleur ATmega 2560
- Gyroscope / accéléromètre 6 axes MPU6050 InvenSense (MPU = Motion Processing Unit)
- Magnétomètre 3 axes numérique HMC5883L
- Baromètre haute précision altimétrique MS5611-01BA01
- Contrôleur FT232RL USB-UART et connecteur Micro USB
- Convertisseur de niveau logique

Modes de vol pour MultiWii :

- Modes de base
  - Acro
  - Stationnaire
  - Maintien d'altitude
  - Verrouillage de cap
- Mode optionnel
  - Headfree (CareFree)
  - Verrouillage de position (Récepteur GPS requis)
  - Retour à la position d'origine (Récepteur GPS requis)

Modes de vol pour MegaPirate :

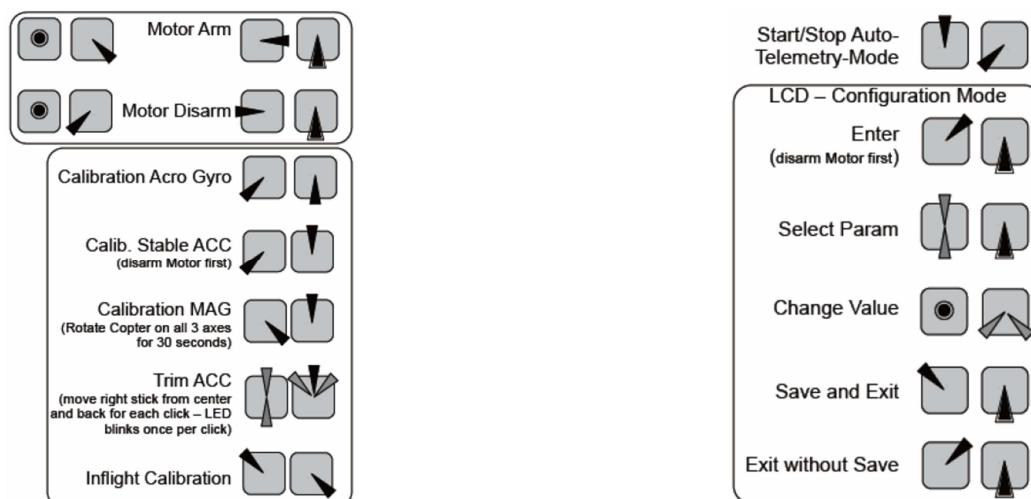
- Acro
- Maintien d'altitude
- Loiter (Récepteur GPS requis)
- Visite (Récepteur GPS requis)
- Position (Récepteur GPS requis)
- Cercle (Récepteur GPS requis)
- RTL (Récepteur GPS requis)
- Auto (Récepteur GPS requis)
- Follow Me (Récepteur GPS requis)

Dimensions :

- Encombrement : 50mmx50mm
- Hauteur: 11.6mm
- Espacement des perçages : 45mm
- Diamètre du perçage : 3mm
- Poids: 14,2 g

## ANNEXE 2 – INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

### COMBINAISONS DES STICKS EN MODE 1



### Signification de l'état des LED après initialisation :

LED	Couleurs	Etat	Signification
A / C	Rouge / Verte	Clignotement lent	Accéléromètres non calibrés
A / C	Rouge / Verte	Clignotement rapide	Calibrage du magnétomètre en cours (la procédure doit être déclenchée)
A / C	Rouge / Verte	Allumées	Moteurs armés
A / C	Rouge / Verte	Eteintes	Moteurs désarmés
B	Jaune	Clignotement régulier	GPS : aucun satellite fixé
B	Jaune	Eteinte	GPS : 1 à 4 satellites fixés
B	Jaune	Clignotement par séquences	GPS : 5 satellites ou plus fixés (1 flash = 5 sat., 2 flash = 6 sat, etc.)

### BLUETOOTH / GPS / TELEMETRIE

BLUETOOTH			GPS NMEA			TELEMETRIE		
Serial 0		Bluetooth	Serial 2		GPS	Serial 3		Télémetrie
Rouge (+)	➔	Rouge (+)	Rouge (+)	➔	Rouge (+)	Rouge (+)	➔	Rouge (+)
TX0	➔	RX	TX2	➔	RX	TX3	➔	RX
RX0	➔	TX	RX2	➔	TX	RX3	➔	TX
Noir (-)	➔	Noir (-)	Noir (-)	➔	Noir (-)	Noir (-)	➔	Noir (-)

Le code de pairage pour le module bluetooth est généralement 0000 ou 1234

### Déclinaison magnétique :

L'enregistrement de la déclinaison magnétique en fonction de votre position permettra une meilleure précision du magnétomètre.

Rendez-vous pour cela à l'adresse <http://magnetic-declination.com/> puis convertissez le résultat en décimal :

Valeur = degrés + minutes x (1/60). La valeur devra être négative pour Ouest et positive pour Est.

Vous pouvez ensuite renseigner cette valeur soit depuis l'interface graphique, soit en modifiant la ligne correspondante dans le fichier config.h. Exemple pour Paris : **#define MAG\_DECLINATION 0.0f**

## LES OPTIONS UTILES DU FICHIER CONFIG.H

Organe	Descriptif	Option
MOTEURS	Vitesse à laquelle les moteurs démarrent et valeur pour laquelle le contrôleur brushless estime que le signal est correct pour son initialisation	#define MINTHROTTLE 1150
	Les moteurs ne démarrent pas à l'armement	#define MOTOR_STOP
	Mode d'étalonnage des contrôleurs brushless	#define ESC_CALIB_CANNOT_FLY
I2C	Vitesse du port I2C pour les cartes récentes	#define I2C_SPEED 400000L
GYROSCOPES	Filtre passe bas. Réduire la fréquence s'il subsiste des vibrations impossibles à éliminer.	#define ITG3200_LPF_256HZ
CAMERA	Activation de la stabilisation de nacelle Activation du trigger de prises de vues Durée d'action du trigger	#define SERVO_TILT #define CAMTRIG #define CAM_TIME_HIGH 1000
FAILSAFE	Activation du Failsafe Durée de perte de signal en 1/10 de secondes Durée après laquelle les moteurs seront désarmés Valeur des gaz durant la procédure	#define FAILSAFE #define FAILSAFE_DELAY 10 #define FAILSAFE_OFF_DELAY 200 #define FAILSAFE_THROTTLE (MINTHROTTLE + 200)
SERVOS	Fréquence de rafraichissement (réglable de 100 à 300MHz)	#define SERVO_RFR_160HZ
RADIO	Zone morte autour du neutre pour les émetteurs ayant des manches peu précis	#define DEADBAND 6
GPS	Numéro de port (pour GPS série) Numéro de port (pour GPS I2C) Vitesse de transfert Protocole (NMEA pour GPS MTK-3329) Protocole (UBLOX pour GPS UBLOX) Activation de la LED	#define I2C_GPS #define GPS_SERIAL 2 #define GPS_BAUD 115200 #define NMEA #define UBLOX #define GPS_LED_INDICATOR
NAVIGATION	Déclinaison magnétique à renseigner RTH : l'appareil conserve son orientation vers le point d'origine RTH : à l'atterrissage, l'appareil se remet dans l'axe de décollage RTH : rayon de tolérance considérant le retour comme atteint Correction des erreurs, uniquement pour GPS 10Hz	#define MAG_DECLINATION 0.0f #define NAV_CONTROLS_HEADING true #define NAV_SET_TAKEOFF_HEADING true #define GPS_WP_RADIUS 200 #define GPS_FILTERING
REGLAGES	Mise en mémoire de plusieurs configurations (maxi 3)	#define MULTIPLE_CONFIGURATION_PROFILES

*Note : A la première utilisation ou lors d'un changement volontaire de la vitesse de transfert, un GPS MTK-3329 doit être initialisée avec un premier téléversement :*

```

//#define NMEA
#define INIT_MTK_GPS

```

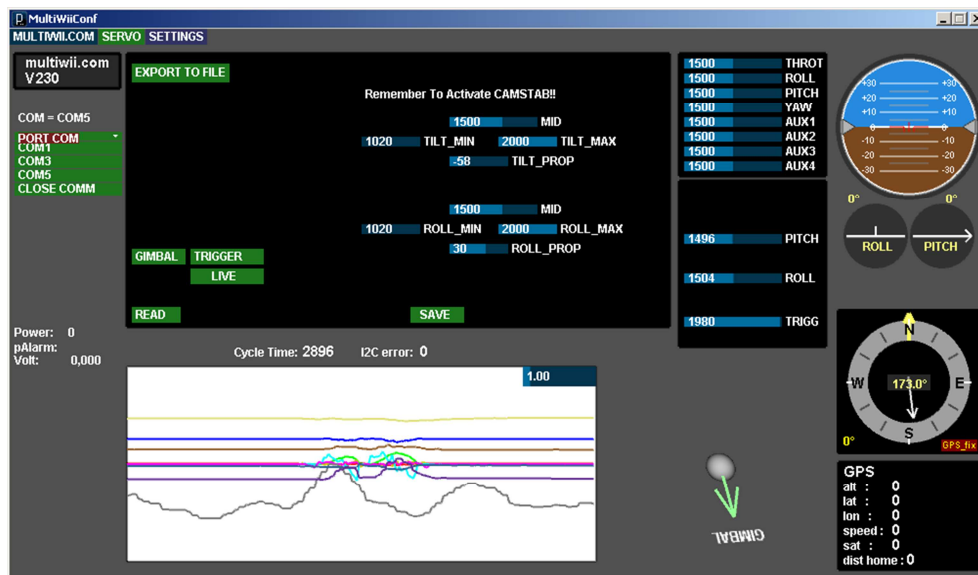
## LA NACELLE DE CAMERA

A savoir : depuis la version 2.3, l'inversion du sens des servos et leurs fins de courses ne sont plus à déclarer dans le fichier config.h mais sont directement paramétrables depuis l'interface graphique. Ceci est valable pour la stabilisation et pour le trigger.

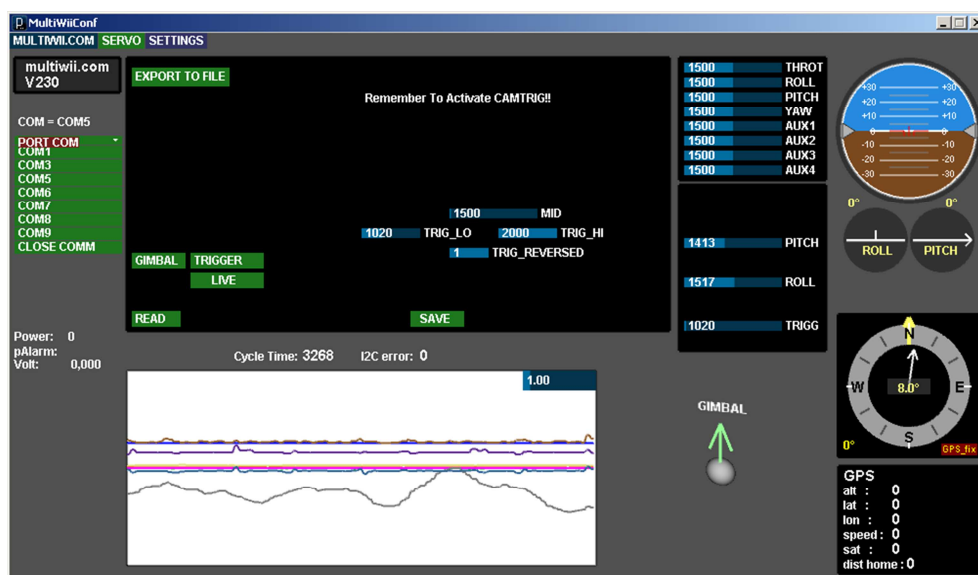
Les seules choses à faire dans config.h sont d'activer les options :

```
#define SERVO_TILT           // pour activer la stabilisation
#define CAMTRIG             // pour activer le trigger
#define CAM_TIME_HIGH 1000  // durée en millisecondes de l'état haut du trigger
```

Dans **MultiWiiConf** cliquez sur **READ** pour voir apparaître le bouton **SERVO** sur le bandeau supérieur, puis cliquez sur **GIMBAL** ou **TRIGGER** pour atteindre leurs réglages. Cliquer également sur **GO LIVE** pour que vos modifications soient valides, sinon le bouton **SAVE** d'aura aucun effet (procédure assez curieuse j'en conviens !).



- **TILT\_MIN, TILT\_MAX, ROLL\_MIN, ROLL\_MAX** et **MID** correspondent aux fins de courses et aux neutres.
- **TILT\_PROP** et **ROLL\_PROP** règlent à la fois la proportionnalité de réponse au mouvement et le sens (appliquez une valeur négative pour inverser la rotation).
- Modifiez les valeurs à l'aide de la souris et enregistrez les nouveaux paramètres en cliquant sur **SAVE**.
- Enfin, cliquez à nouveau sur **GIMBAL** pour revenir en mode de réglage multirotor.



Procédez de la même manière pour le réglage du TRIGGER.



### Informations utiles concernant les nacelles :

Montez un second BEC dédié aux servos de nacelle afin d'éviter toute chute de tension au niveau de la carte, ce qui pourrait en ralentir ses réactions voire même la faire bugger ou rebooter inopinément... et en vol !

Ce deuxième BEC (qui peut alors être en 6 volts) alimente les bornes (+) et (-) des servos dont seuls les fils de signal (s) et de masse (-) iront vers la carte. Pour une sécurité accrue vous pouvez leur dédier une batterie bien que cela fasse du poids supplémentaire.

### Notes sur le matériel employé :

- Utilisez de préférence des servos numériques plus précis, vous pourrez alors augmenter la valeur « #define SERVO\_RFR\_50HZ » jusqu'à 300Hz, bien que personnellement je n'y ai remarqué aucun changement.
- Les nacelles à base de servos permettent le maintien d'horizon pour la prise de vues mais les résultats en vidéo sont souvent décevants. Préférez pour cela des systèmes à moteurs brushless équipés si possible de leur propre stabilisateur, mais les tarifs ne sont pas les mêmes !

Les servos repérés 1, 2 et 3 correspondent respectivement aux prises 44, 45 et 46 sur la carte.

### Remarque :

**WinGUI 2.3** n'est pas encore totalement fonctionnel pour la gestion de ces paramètres. Cela devrait se faire depuis la page « FC Config » mais à ce jour je n'y suis pas parvenu. Attendons la prochaine mise à jour !

## ANNEXE 3 – INFORMATIONS DIVERSES

### Applications ANDROID

(Imposent l'ajout d'un module bluetooth)

Application	Auteur	Note	Gratuit
MultiWii EZ-GUI	EZIOSOFT	5/5	oui
MultiWii EZ-GUI Unlocker	EZIOSOFT	5/5	non
MultiWii EZ-GUI to kml	EZIOSOFT	4/5	non
Android MultiWii Configuration	NANDO	4.5/5	oui
Naze32/MultiWii Configurator	NICODH	4.5/5	oui
Sbgc (Alexmos) Configurator	NICODH	4/5	non
MultiWii BT Remote	LUIS CORREIA	4/5	oui

J'utilise personnellement **MultiWii EZ-GUI** et je n'ai pas hésité une seconde à acheter le « Unlocker » qui donne accès à la gestion du GPS. Ce logiciel très bien conçu prend en charge la version 2.3 et gère quasiment tout ! Testé sur Samsung S3 Mini et Galaxy Note 10.1, une connexion à Internet est bien entendu indispensable pour exploiter la cartographie.

« MultiWii EZ-GUI to kml » est un convertisseur de données de vol pour ensuite les exploiter sous Google Earth.

#### LIENS SUR LA TOILE

L'excellent site de WARECK en français !

<http://www.ferntronix.fr/fr/multi-copters/multiwii-les-bases>

Arduino

<http://arduino.cc/>

Site officiel MultiWii

<http://www.multiwii.com/>

Projet MultiWii

<http://code.google.com/p/multiwii/>

Projet WinGUI

<http://code.google.com/p/mw-wingui/>

Projet MegaPirate NG

<http://code.google.com/p/megapirateng/>

Projet Ardupilot-Mega

<http://code.google.com/p/ardupilot-mega/>

Projet Navigation

<http://code.google.com/p/i2c-gps-nav/downloads/list>

Forum RCNet

<http://www.rcnet.com/multirotor-ufo/>

Forum Multi Rotor Fans Club

<http://www.multi-rotor-fans-club.com/>

La légion des quadri

<http://lalegiondesquadri.wordpress.com/>

#### Exemple de configuration radio sur émetteur FUTABA T12FG

(Nouveau modèle / Avion / 1 aileron / Normal)

FONCTION	CONNECTEUR CARTE	VOIE TX/RX	STICK / SWITCH	NORMAL REVERSE	SUBTRIM	FINS DE COURSES
AILERON	ROLL	1 AILERON	J1	NORMAL	-18	100%
ELEVATOR	PITCH	2 ELEVATOR	J2	REVERSE	-38	100%
THROTTLE	THROTTLE	3 TROTTLE	J3	REVERSE	-40	100%
RUDDER	YAW	4 RUDDER	J4	NORMAL	-33	100%
AUXILIAIRE	AUX 1	5 AUX 1	SB	NORMAL	-34	100%
AUXILIAIRE	AUX 2	6 AUX 2	SB	NORMAL	-34	100%
AUXILIAIRE	AUX 3	7 AUX 3	SC	NORMAL	-34	100%
AUXILIAIRE	AUX 4	8 AUX 4	SD	NORMAL	-34	100%

## PROBLEMES RENCONTRES

### Logiciel :

- **ARDUINO** : Message d'erreur et échec au téléversement sous Windows 7 Pro mais aucun problème sous Windows XP Pro. Pas d'explication pour l'instant.
- **ARDUINO** : Echecs de compilation sur certains PC alors que ces mêmes fichiers ne posent pas de problèmes sur d'autres. A éclaircir...
- **Firmwares Multiwii** : Incompatibilité ascendante : les paramétrages effectués sous une version récente ne correspondent pas forcément avec ceux d'une version antérieure.
- **MultiWiiConf 2.3** : La version 64 bits ne semble pas fonctionnelle mais la version 32 bits fonctionne sur toutes les plateformes Microsoft.
- **WinGUI 2.3** : L'onglet FC Config ne semble pas totalement fonctionnel en ce qui concerne l'étalonnage des servos de nacelle.

### Matériel :

- **Port USB** : Cette prise est extrêmement fragile et peut poser des problèmes de contacts ou de soudures.
- **Initialisation** : En cas de refus de transfert ou de reconnaissance de la carte, une impulsion sur le bouton RESET de la carte peut quelquefois régler le problème.

### Fonctionnement :

- **Armement** : Si vos moteurs ne s'arment pas ou ne se désarment pas, vérifiez les valeurs minimales et maximales pour TROTTLE et YAW sur votre émetteur. Modifiez les valeurs à l'aide des fins de courses : mini < 1100 et maxi > 1900
- **Ralenti** : Si les moteurs ne tournent pas à la valeur de ralenti indiquée dans config.h par « MINTHROTTLE » alors qu'ils sont correctement armés, allez dans la page « SETTINGS » du logiciel MultiWiiConf ou dans l'onglet « FC Config » de WinGUI, réglez la valeur désirée (1150 par défaut) et cliquez sur WRITE.

## ANNEXE 4 – REFLEXION SUR LES MULTIROTORS

### LE POIDS

A moins d'investir des sommes conséquentes dans des matériaux nobles tels que le carbone, il s'avère très difficile d'allier rigidité, autonomie et faible masse lorsque le diamètre du multirrotor augmente avec le nombre de moteurs. De plus, environ 50 à 60% de la masse totale est représentée par l'électronique, les moteurs et les batteries qu'il n'est pas possible de réduire.

- Les solutions avec moteurs en lignes sont bien plus complexes à mettre au point sur un plan aérodynamique et maîtrise des vibrations.
- A conception équivalente, la charge par moteur est inversement proportionnelle au nombre de bras.
- Le quadricoptère est une solution simple et économique mais qui ne procure aucune sécurité : un moteur flanche et c'est le crash ! Il est le modèle parfait pour débiter mais ne prenez pas le risque d'emporter une caméra de valeur.
- L'octo est impressionnant tout autant qu'il est encombrant et consommateur d'énergie ! Par contre la charge est mieux répartie et réduite sur chacun des moteurs.
- L'hexacoptère me semble être une solution raisonnable en termes de diamètre, de coût, de capacité de charge, d'autonomie et de sécurité.

### LE CHOIX DES BATTERIES

**Rappelons qu'il est proscrit de connecter deux batteries LiPo en parallèle même si celles-ci présentent des caractéristiques identiques. Elles s'équilibrent en permanence en se déchargeant l'une dans l'autre sous très forte intensité ! Ne le faites pas même si quelqu'un vous affirme le contraire !**  
**Imaginez une mauvaise manipulation : vous connectez par erreur deux batteries en parallèle dont l'une est chargée et l'autre non... c'est l'explosion assurée. Ne prenez pas ce risque !**

Les multirrotors sont de gros consommateurs d'énergie. Un moteur consomme couramment entre 10 et 20A alors que les batteries disponibles sur le marché excèdent rarement une capacité de 8400mAh.

Prenons le cas d'un octocoptère équipé d'une batterie de 5000mAh et dont la consommation moyenne d'un moteur serait de 10A, ce qui est une valeur raisonnable :

$$\frac{(\text{Capacité en Ampères/heure} \times 60 \text{ minutes})}{(\text{Consommation moteur en Ampères} \times \text{nombre de moteurs})}$$
$$(5\text{Ah} \times 60\text{mn}) / (10\text{A} \times 8) = 3.75\text{mn} \text{ (soit seulement 4mn)}$$

**Solution personnelle qui fonctionne bien :** Utiliser 2 batteries identiques, chacune d'elles alimentant 1 moteur sur 2, ce qui double l'autonomie et assure une sécurité supplémentaire en cas de défaillance d'un circuit (sur un hexa ou un octo). Je conseille alors l'installation d'un BEC avec batterie dédiée pour l'alimentation de l'électronique.

### LE CHOIX DES MOTEURS

Considérations sur la tension de fonctionnement :

- La vitesse de rotation d'un moteur est exprimée en kv (tours par minute et par volt).
- La vitesse de rotation maximale d'une hélice est inversement proportionnelle à son diamètre.
- Kv élevé : tension faible, consommation plus élevée, moteurs plus nerveux.
- Kv faible : tension plus élevée, meilleurs couple consommation plus faible, rendement en hausse.
- Pour une même capacité de batterie, une tension plus élevée développera plus de puissance  
Puissance (Watts) = tension (Volts) x intensité (Ampères).

Les types de batteries les plus courants étant 3S (11.1V) et 4S (14.8V), il s'agit de trouver le bon compromis en fonction des hélices utilisées :

- Valeur kv et tension l'alimentation pour atteindre la bonne vitesse de rotation
- Puissance restituée suffisante
- Autonomie confortable pour un poids raisonnable

Les valeurs usuelles sont 800~1000 kv pour 3S, 600~800 kv pour 4S et 300~600kv pour 6S.

## LE CHOIX DES HELICES

- Les hélices doivent être suffisamment rigides pour ne pas se déformer en vol.
- Un diamètre ou un pas trop important réduira considérablement l'autonomie et la réactivité des moteurs.
- Un diamètre ou un pas trop faible amènera les moteurs en sursrégime.

## VALEURS INDICATIVES

VALEURS USUELLES		TYPE	MES CONFIGURATIONS	
Entraxe moteurs Hélices Poids en ordre de vol	500 mm 8 à 12" < 1 kg	QUADRI	Entraxe moteurs Hélices Moteurs ESC Contrôleur Batteries Poids en ordre de vol	500 mm 10" 1050 kv 10 A Gaui GU-344 3S 2200mAh 860 g
Entraxe moteurs Hélices Poids en ordre de vol	700 mm 10 à 13" 2 à 255 kg	HEXA		
Entraxe moteurs Hélices Poids en ordre de vol	900 mm 10 à 13" 3 à 4 kg	OCTO	Entraxe moteurs Hélices Moteurs ESC Contrôleur Batteries Poids en ordre de vol	900 mm 12" 900 kv 30 A Multiwii MP AIO v2.0 2 x 3S 5000mAh 3.6 kg

## ELECTRONIQUE

### BEC, UBEC ou SBEC ?

- Un BEC (ou UBEC) abaisse la tension de façon linéaire pour donner par exemple du 5v à partir d'un LiPo 2S (7.2v). Les 2.2 volts de différence sont consommés par dissipation de chaleur. L'UBEC est de petite taille et peut chauffer légèrement. Il est directement dépendant de la santé de l'accu : si la tension d'entrée est égale ou inférieure à la tension de nominale, l'UBEC ne produit plus de courant !
- Un SBEC fonctionne comme une alimentation à découpage. Il transforme le courant continu en sinusoïde et le découpe en diverses tensions qu'il redressera ensuite. Il est environ de la taille d'un variateur brushless et accepte des tensions d'entrée plus élevées. Le SBEC ne consommant pas et étant piloté par un micro-processeur, il offre un courant beaucoup plus stable et filtré. Même si sa tension d'entrée chute, le SBEC adapte sa tension de sortie.

## CONSEILS PERSONNELS

J'avoue avoir vu grand pour un premier prototype : huit bras, 90cm d'entraxe, 35 cm de haut, proche des 4 kg ! Je vous conseille de commencer par un quadri, moins coûteux mais surtout plus ramassé ce qui rend la cellule centrale plus accessible pour y travailler et pour lequel votre jardin conviendra aux essais. Par la suite, je l'ai déjà dit plus haut, l'hexacoptère sera sans doute le meilleur compromis.

Faites en sorte que les bras soient le plus léger possible tout en étant rigides (plus ils seront courts et plus ça sera facile). Hormis les moteurs, l'essentiel de la masse doit se situer au centre de gravité pour garantir une stabilité optimale.

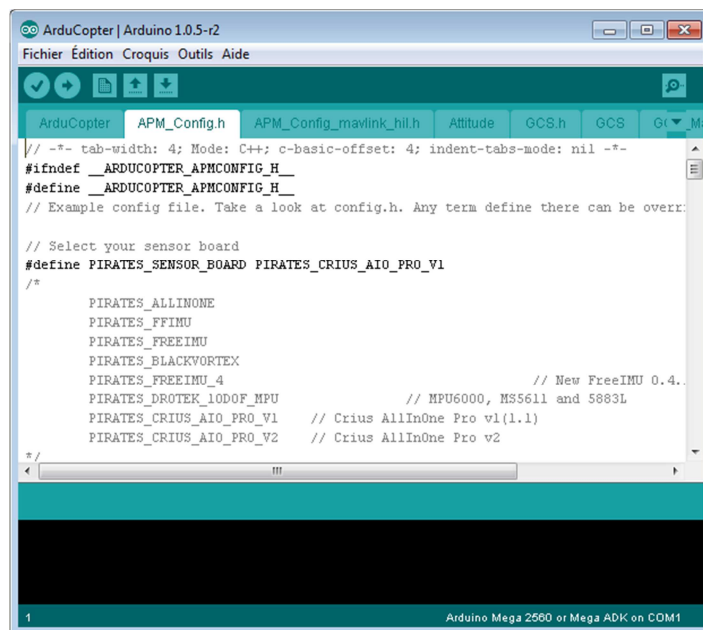
La conception d'un multirotor peut paraître simple, il n'en n'est rien. Ce n'est pas parce qu'il s'arrachera du sol à coup sûr qu'il sera capable d'évoluer proprement et de résister aux perturbations. Le choix des proportions, des matériaux et des composants est crucial mais vous pouvez aussi faire mouche au premier coup, la chance ça existe !

## ANNEXE 5 – Bref aperçu de MEGAPIRATE

### Le firmware MEGAPIRATE

Téléchargez et décompressez la dernière version de MegaPirateENG :

<http://code.google.com/p/megapirateng/downloads/list>



Lancez **ARDUINO** et rendez-vous dans :

1. **Outils/Type de carte** : sélectionnez **Arduino Mega 2560 or Mega ADK**
2. **Port série** : sélectionnez le port COM, variable selon l'ordinateur
3. Allez dans **Fichier/Ouvrir** et sélectionnez le fichier « \MegaPirateNG\_2.8\_R3\ArduCopter\ArduCopter.pde »
4. Sélectionnez l'onglet **APM.Config.h**
5. Une seconde fenêtre s'ouvre, vous pouvez alors fermer la première.
6. Configurez paramètres suivants :

```
// Select your sensor board
#define PIRATES_SENSOR_BOARD PIRATES_CRIUS_AIO_PRO_V2

// Select your baro sensor
#define CONFIG_BARO AP_BARO_MS5611_I2C

// For BlackVortex, just set PIRATES_SENSOR_BOARD as PIRATES_BLACKVORTEX, GPS wil select automatically
#define GPS_PROTOCOL GPS_PROTOCOL_AUTO

// choisir parmi QUAD_FRAME, TRI_FRAME, HEXA_FRAME, Y6_FRAME, OCTA_FRAME, OCTA_QUAD_FRAME
#define FRAME_CONFIG OCTA_FRAME

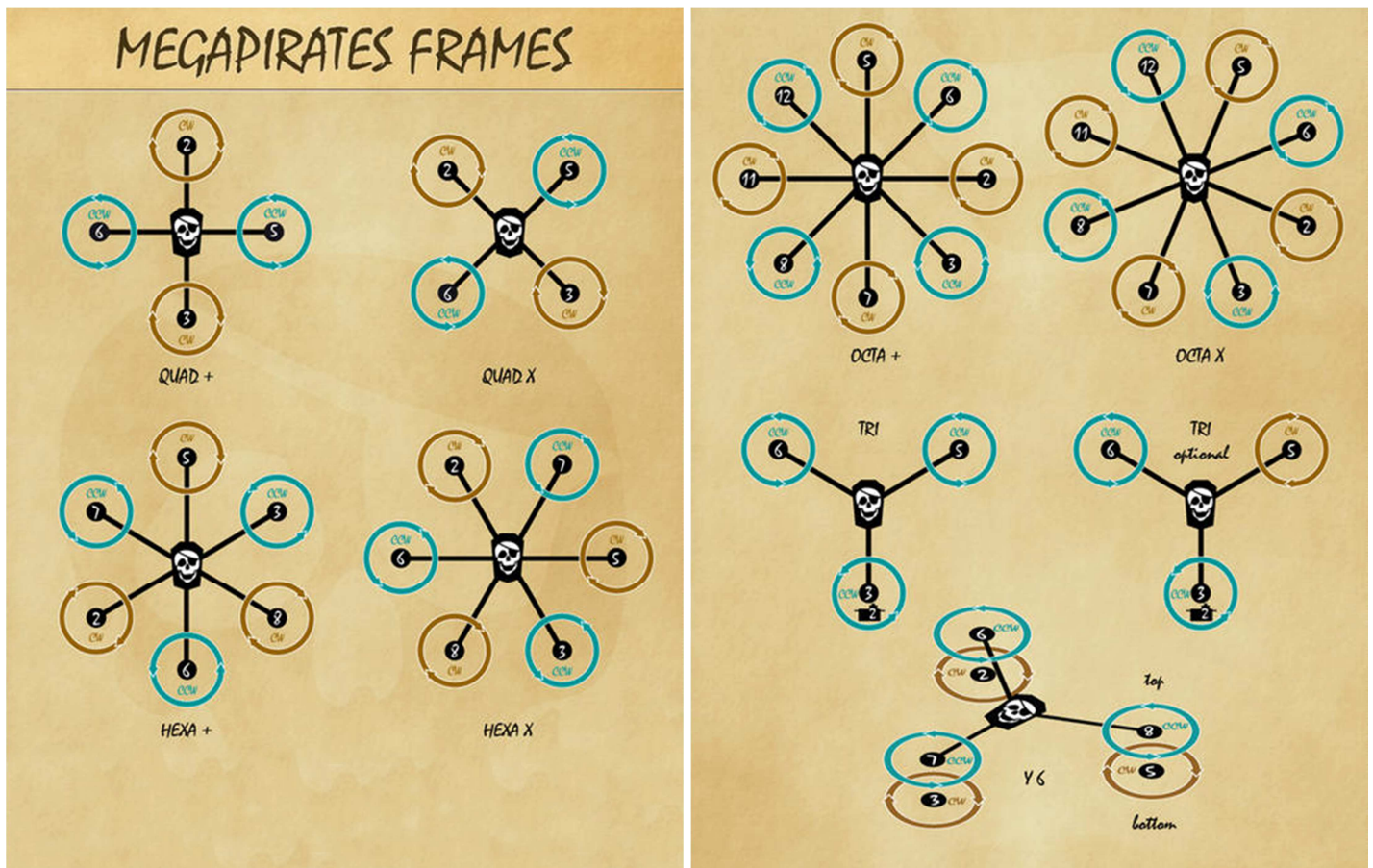
// choisir parmi PLUS_FRAME, X_FRAME, V_FRAME
#define FRAME_ORIENTATION PLUS_FRAME
```

Notez bien que ces paramètres ne sont donnés qu'à titre d'exemple.

Le téléversement du firmware s'effectue comme décrit plus haut.



## CABLAGE DES MOTEURS

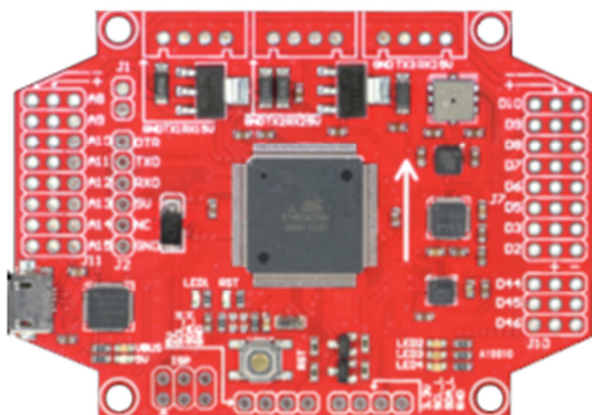


## LE LOGICIEL Mission Planner

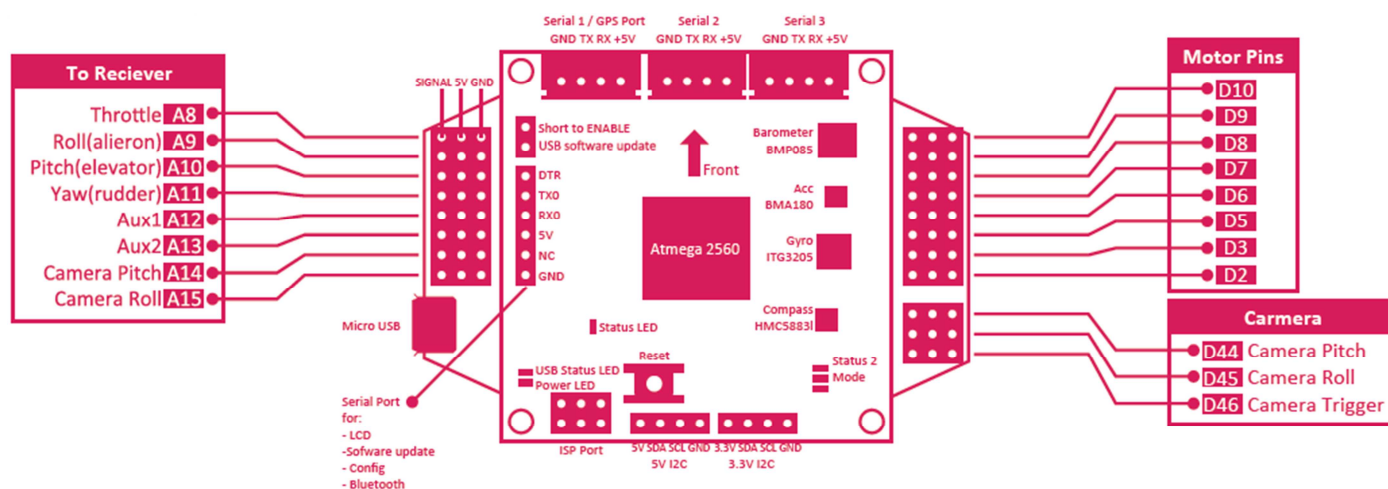
Disponible ici : <http://code.google.com/p/ardupilot-mega/downloads/list>



## MultiWii PRO Flight Controller w/MTK 3329 GPS Module - Ref. Hobby King 387000003



- 1x Atmega 2560, 256K Flash
- 9dof + Barometer (ITG 3205 / BMA 180 / HMC5883 / BMP085)
- 8x Motor output
- 3x Servo output for Camera
- 8CH PPM Input (incl. 2x AUX CH)
- USB Port on board
- 3 Status LED
- 4x Serial ports, supports GPS Function
- I2C port
- SPI port

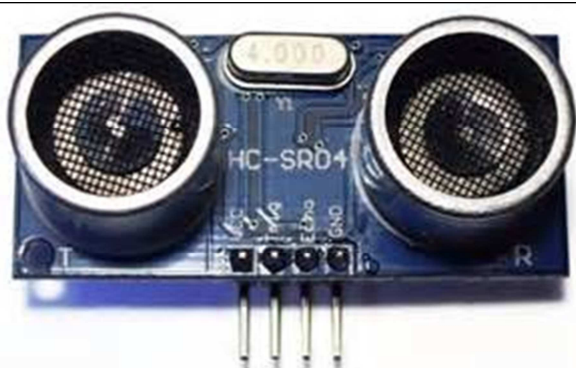


Configuration du fichier config.h Multiwii 2.3	
Type de carte	#define FFIMUv2
Définition du GPS	#define NMEA #define GPS_SERIAL 2 #define GPS_BAUD 115200
Stabilisation Caméra	#define SERVO_TILT

Attention : une erreur s'est glissée dans le dessin, SIGNAL et GND son inversés côté récepteur !

Cette carte nécessite le téléchargement de son pilote USB (CP210x USB to UART Bridge) :

<http://www.silabs.com/products/mcu/pages/usbtouartbridgevcpcdrivers.aspx>



Le SONAR est prévu pour le maintien à très basse altitude et aux atterrissages de précision.

Sous Megapirate le module se connecte en D9 et D10.