



www.sylvainmahe.xyz

LE BLOG
de Sylvain Mahé
contact@sylvainmahe.xyz



Article: Sylvain Mahé

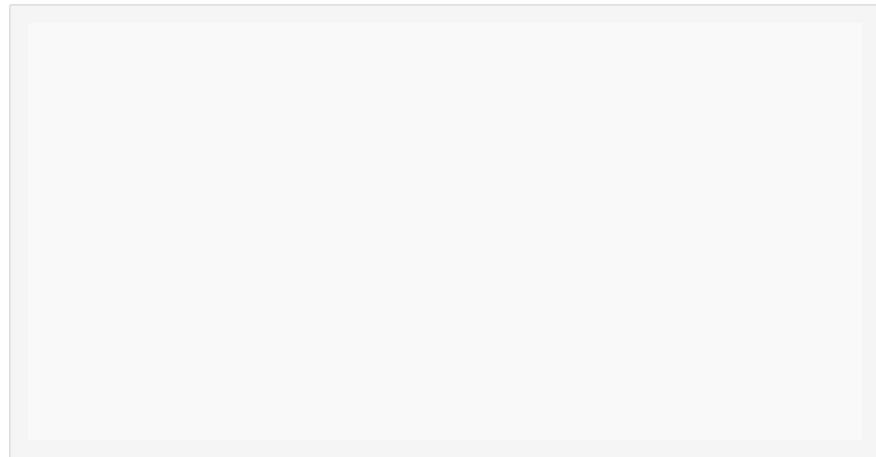
contact@sylvainmahe.xyz

Retour

Suite

Le quadri-hélicoptère

Le **quadri-hélicoptère** (et non pas drone) est un type d'hélicoptère propulsé par quatre moteurs. Ce projet a débuté en 2015, et a été finalisé en 2016 après une 100ème de tests de validation en vol, dont en voici un en cours de test (filmé en 2015):



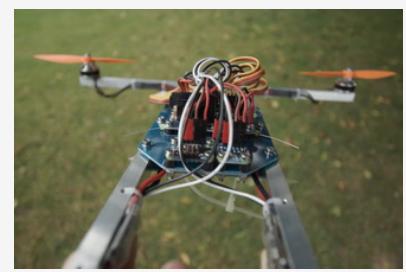
Programmation de l'automate programmable MODULABLE M20 avec MODULE:
Le programme en langage C++ fonctionnant avec MODULE est téléchargeable ici:

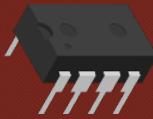
[Télécharger le programme en langage C++](#)

Les paramètres (constantes SETUP) de ce code source sont optimisés pour un hélicoptère comportant des caractéristiques précises (voir ces caractéristiques en bas de page).

Connexions (automate programmable MODULABLE M20 sur les différents systèmes embarqués):

- Port 1 sur voie des gaz du récepteur R/C (throttle).
- Port 2 sur voie de l'axe de tanguage du récepteur R/C (pitch).
- Port 3 sur voie de l'axe de rouli du récepteur R/C (roll).
- Port 4 sur voie de l'axe de lacet du récepteur R/C (yaw).
- Port 5 sur voie de l'interrupteur de coupure moteurs du récepteur R/C (cut).
- Port 7 sur ESC moteur 1 (avant gauche).
- Port 8 sur ESC moteur 2 (avant droit).
- Port 9 sur ESC moteur 3 (arrière gauche).
- Port 10 sur ESC moteur 4 (arrière droit).
- Port 12 sur buzzer de signalement.
- Port 19 sur gyroscope MPU6050 (SDA).
- Port 20 sur gyroscope MPU6050 (SCL).





www.sylvainmahe.xyz

LE BLOG
de Sylvain Mahé
contact@sylvainmahe.xyz



Retour
Suite

Ce projet a débuté en prenant en compte le fait que je souhaitais piloter avec ma radiocommande standard achetée dans le commerce (de marque FUTABA), mais récemment j'ai décidé de concevoir et de fabriquer ma propre radiocommande avec une transmission radio 2.4Ghz bi-directionnelle basée sur le composant nRF24L01+ (voir en bas de page: Possibilités d'évolution).

Ce projet sera donc à court terme converti pour fonctionner avec ma nouvelle radiocommande faite maison.

Historique et faisabilité:

Cette idée que j'avais de faire se sustenter un objet semi-autonome en stationnaire au dessus du sol ne date pas d'hier, mais elle est devenue un peu plus réalité à l'époque où j'ai commencé le pilotage des aéro-modèles, c'est-à-dire en 2003.

À cette période, la propulsion électrique des modèles réduits d'aéronefs était à ses débuts, mais on voyait déjà apparaître sur les terrains d'aéromodélisme des mini-hélicoptères radio-commandés qui peinaient tout juste à se soulever de quelques centimètres, puis quelques mètres au dessus du sol.

Depuis ce temps, la technologie a fait un bond, notamment au niveau des accumulateurs au **Lithium/Polymère** et des **moteurs sans charbons** (brushless), ce qui a permis des avancées jusqu'alors insoupçonnées en terme de durée de vol et de performances.

*La miniaturisation de l'électronique, notamment des **gyroscopes** et des **émetteurs/récepteurs radios**, a progressé à tel point qu'aujourd'hui en terme de volume, toute l'électronique tient dans une petite boîte !*

Contraintes en vol:

Le vol basique d'un aéronef à 4 hélices, a été avec MODULE solutionné sans difficulté. En effet avec MODULE, vous pouvez programmer et faire fonctionner très facilement des gyroscopes, baromètres, servo-moteurs et esc électroniques (contrôleurs de moteurs sans charbons). Le premier vol est donc survenu assez rapidement.

En revanche, la ou **l'algorithme de vol** (prototype en ces temps), a montré ses premiers signes de faiblesse, s'est trouvé lors des premiers tests d'accélérations et d'acrobacies diverses (boucles, tonneaux). Ainsi, après de nombreux tests en vol (mises gaz au ralenti/pleins gaz et angles vifs à plat et sur le dos volontairement), je me suis aperçu qu'il fallait programmer bien plus qu'une simple stabilisation (plus évoluée qu'un pendule stabilisé par exemple).

Pour se faire, j'ai dû suivre une logique différente de ma première approche, à savoir tenir compte de plusieurs paramètres, notamment la consigne que doit tenir l'aéronef face aux ordres angulaires demandés, le rendement des hélices (variable avec la vitesse de rotation), la sensibilité des corrections variables selon les ordres du pilote aux gaz et au cyclique, ainsi que cette sensibilité glissante au cours du temps afin de tenir compte des ordres très rapides du pilote ce qui participe au verrouillage en vol de l'ensemble.



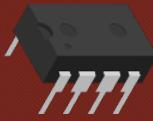
Projet validé:

L'expérience acquise lors de la conception de cet hélicoptère, ainsi que le nombre de vols effectués durant cette période de 1 an, m'ont permis de constater la fiabilité de l'ensemble des cartes électroniques à bord du modèle.

La sécurité:

La sécurité des personnes, des biens et de l'environnement, est une notion primaire et fondamentale en aéromodélisme.

On ne rappellera jamais assez que les hélicoptères en aéromodélisme ne sont pas des jouets, surtout quand il s'agit d'hélices entraînées à 36000 tours/min comme c'est le cas sur cet hélicoptère !



www.sylvainmahe.xyz

LE BLOG
de Sylvain Mahé
contact@sylvainmahe.xyz



[Retour](#)

[Suite](#)

De ce fait, et avant même que l'algorithme de vol ne soit écrit lors de la conception, les sécurités d'avant vol ont été programmées:

- Vérification de **l'arrivée du PWM** de toutes les voies du récepteur R/C.
- Vérification que l'interrupteur moteurs coupés soit **activé**.
- Vérification que le manche de gaz soit **inférieur à 10%** de sa course totale (ralenti moteur).
- Buzzer de signalement (code erreur sonore).

Une fois ces conditions remplies, l'hélicoptère est prêt à être mis en vol, il est alors en attente du basculement de l'interrupteur de coupure moteurs pour une mise au ralenti de ces derniers.



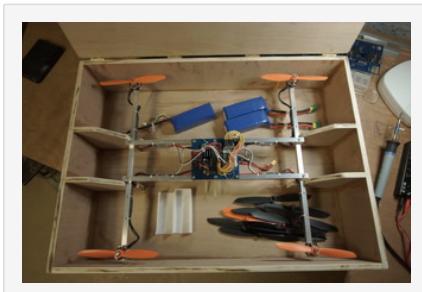
Attention, je ne pourrais être tenu pour responsable si vous faites une mauvaise utilisation de ce programme de vol !

Vous utilisez ce programme en toute connaissance de cause et en règle avec la loi en vigueur dans votre pays (notamment en ce qui concerne les lieux de vols autorisés, les fréquences et puissances d'émissions des radio-émetteurs, etc...).

Les caractéristiques du quadri-hélicoptère:

- Automate programmable MODULABLE M20 équipé du microcontrôleur ATmega328P.
- Accumulateur Lithium/Polymère TURNIGY 4S 2200mAh (+14.8V).
- Contrôleurs de moteurs sans carbons KISS ESC 18A (en mode "one shot").
- Moteurs sans carbons TIGER MOTORS MN2206 2000kV.
- Hélices 6" x 4.5".
- Gyroscope MPU6050.
- Récepteur et radio-commande de modélisme standards (FUTABA).
- Châssis en tubes d'aluminium 10mm x 12mm.
- Entres-axes moteurs: 372mm x 372mm.

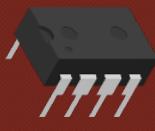
Boîte de transport sur-mesure en contre-plaqué 10mm:



Possibilités d'évolution:

Cet hélicoptère a été conçu pour fonctionner avec des récepteurs de modélisme standards (afin de démocratiser au mieux le projet). Mais avec MODULE, il est possible de connecter en SPI le composant électronique **nRF24L01+**, ce qui permet une **transmission 2.4Ghz bi-directionnelle** (sol air/air sol) et une **portée pouvant atteindre 1km de distance** avec une puissance d'émission de 100mW, comme le montre mon dernier projet en cours de réalisation:





www.sylvainmahe.xyz

LE BLOG
de Sylvain Mahé
contact@sylvainmahe.xyz



Retour

Suite



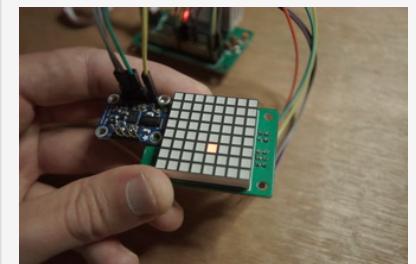
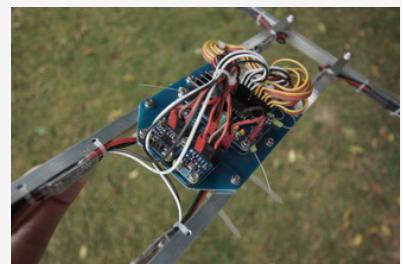
Pour réaliser cette programmation, il vous suffit d'ajouter à votre projet la classe **Nrf24l01p.h** de MODULE, qui est très simple à programmer.

Il est également possible d'utiliser le gyroscope/magnétomètre **BNO055** à l'aide de la classe dédiée **Bno055.h** si vous souhaitez voler avec un horizon artificiel (vol assisté conseillé pour les débutants), ainsi que le baromètre **BMP180** à l'aide de la classe **Bmp180.h** si vous souhaitez mesurer la pression atmosphérique et donc connaître l'altitude de votre hélicoptère.

Exemple en vol de l'utilisation de l'**horizon artificiel**:



Photo de gauche, fixations du BNO055 et du BMP180 sur le châssis, photo de droite, essai de l'horizon artificiel avec le BNO055 fixé sur un afficheur à matrice:



design du blog: sylvain mahé