



Cédric Gestes
Sylvain Bataille

H4H **(Hélicoptère 4 Hélices)**

Cahier des charges

Table of Contents

I Contexte.....	3
II Présentation.....	3
1 - Aperçu général.....	3
2 - Description du projet H4H.....	4
3 Banc d'essai.....	4
III Fonctions Principales.....	4
IV Contraintes.....	4
V Étude préliminaire du matériel.....	5
1 - Caractéristiques principales de l'hélicoptère :.....	5
2 - Description des principaux composants.....	5
VI Budget estimé.....	6
VII Prévision du déroulement du projet.....	6
1 - Réalisation d'un demi hélicoptère.....	6
2 - Réalisation de l'hélicoptère complet.....	6
VIII Annexes.....	7

I Contexte

Ce projet est réalisé dans le cadre d'un projet de la spécialisation Génie Informatique des Systèmes Temps Réel de l'EPITA. Il a été initialement engagé par Quentin Quadrat de la promotion GISTR 2007. Le but est de poursuivre ce projet et de l'amener à son terme, ainsi que d'y apporter des fonctionnalités supplémentaires. Les études sur l'électronique et la mécanique effectuées par Quentin, seront réutilisées et mise en pratique dans ce projet.

II Présentation

1 - Aperçu général

Un hélicoptère à 4 hélices est une plate-forme volante comprenant une partie matérielle et une partie électronique.

La partie matérielle à la forme d'une croix sur laquelle est attachée, à chacune de ses extrémités, une paire moteur-hélice. Ces hélices sont à pas fixe ce qui signifie qu'elles sont fixes par rapport au moyeu (à l'opposé des hélicoptères "standard").

La deuxième partie est la partie électronique située au centre de la croix. Elle contrôle la vitesse des moteurs en fonction des consignes envoyées par l'utilisateur.



(le x-ufo, un produit commercial)

Des projets similaires existent déjà sous la forme commerciale connus sous les noms de Draganflyer [1], X-UFO [2]. Il existe également des projets réalisés par des étudiants, ou par des passionnés.

2 - Description du projet H4H:

Le projet H4H a pour objectif l'étude et la réalisation d'une plate-forme volante au moyen de 4 hélices asservi électroniquement. Dans la suite du document le terme hélicoptère sera utilisé. La stabilisation de l'hélicoptère sera réalisée par un système électronique embarquée, ce qui le différenciera du projet existant.

Afin de réduire au maximum le moment induit de l'appareil, les hélices (prises par paire) ont deux formes différentes :

une première paire est rotative alors que l'autre est contra-rotative. Il est intéressant de noter que les hélicoptères de petites tailles peuvent avoir les quatre hélices rotatives.

En fait, un hélicoptère à quatre hélices n'est pas un système stable, il faut asservir l'appareil afin qu'il maintienne, par exemple, son inclinaison, ... C'est le rôle de la carte électronique.

3 Banc d'essai

Pour tester la stabilisation de l'appareil, un banc d'essai permettra de maintenir et de limiter les mouvements de l'hélicoptère en lui laissant un nombre limité de degrés de liberté. Le banc d'essai devra pouvoir s'adapter à nos besoins, au fur et à mesure du développement du projet.

III Fonctions Principales

- **Mouvement stationnaire** : Si on considère que les quatre moteurs tournent à la même vitesse et que tous les éléments sont identiques (hélices, dimensions, équilibre des masses), le mobile est théoriquement stable sur ses 3 axes : il vole à plat et ne tourne pas sur son axe central car, à vitesse égale pour les quatre hélices, les couples de rotation générés par paire de moteurs s'annulent.
- **Monter et descendre** : Pour faire monter ou descendre l'engin, il suffit d'augmenter ou diminuer la puissance des quatre moteurs (tous ensemble). Comme tous les rotors tournent à la même vitesse, il n'y a pas de rotation horizontale.
- **Déplacement** : Pour obtenir un mouvement de tangage ou roulis, (avancer vers l'avant par exemple), il suffit d'augmenter la vitesse du moteur arrière et diminuer celle du moteur avant (dans les mêmes proportions pour conserver la portance intacte) sans modifier la vitesse des moteurs latéraux. On fera l'inverse pour pencher vers l'arrière. Le roulis est obtenu avec les moteurs gauche et droit.
- **Tourner** : Pour le mouvement de lacet (rotation sur lui-même), il faut augmenter la vitesse d'une paire de moteur et diminuer d'autant celle de l'autre paire. Le sens du mouvement de lacet dépendra du sens de rotation qu'on aura choisi pour les paires de moteurs.

IV Contraintes

- **Robustesse à son environnement.** L'appareil est prévu pour fonctionner en intérieur, avec des conditions météorologiques idéales (donc sans contraintes et sans perturbations).
- **Contraintes de dimension et de poids l'hélicoptère.** L'engin se veut être de dimension et de poids le plus réduit possible (ordre d'idée : envergure en dessous des 30 cm, poids en dessous des 200 g). L'utilisation de cartes commerciales d'acquisitions (type mini cartes mères embarquées) sont prohibées car elles sont trop excessives (poids, volume, puissance de calculs) pour ce projet. La partie électronique doit donc être fabriquée et adaptée à l'hélicoptère. Elle doit également avoir une interface de communication avec l'ordinateur (pour le débogage, chargement de programmes).

- **Source d'énergie.** L'hélicoptère ne dispose pas de batterie, il est alimenté une source d'énergie au sol au moyen de fils électriques. Ce qui permet une économie de poids importante et une autonomie beaucoup plus grande mais qui implique l'existence des fils reliant l'hélicoptère au sol. L'embarquement de la source d'énergie électrique pose en effet un gros problème, car les plus petits moteurs consommant de l'ordre de 10W chacun l'autonomie est souvent très réduite. Certains modèles du commerce peuvent avoir une autonomie de quelques minutes seulement.

V Étude préliminaire du matériel.

1 - Caractéristiques principales de l'hélicoptère :

Il est constitué de :

- quatre hélices,
- un châssis formé d'une croix en fibre de carbone,
- quatre moteurs électriques fixés à l'extrémité des bras,
- l'électronique de puissance et de commande,
- les capteurs servant à la stabilisation de l'appareil :
 - trois capteurs gyroscopiques un axe,
 - un accéléromètre deux axes,
 - un capteur de proximité.

2 - Description des principaux composants

Voici, une liste (non exhaustive) des principaux composants constituant (électronique et matériel) l'hélicoptère final.

- **Hélice rotative et contra-rotative:** Afin de réduire le moment induit de l'hélicoptère généré par les hélices, il est préférable d'avoir 2 hélices rotatives et 2 contra-rotatives. Les hélices contra-rotatives de petite tailles sont beaucoup plus difficiles à trouver que les rotatives.
- **Moteur courant continu:** Les moteurs à courants continus brushless ont un très bon rendement par rapport aux moteurs à courants continus "normaux" mais ils sont durs à utiliser. En effet, ils nécessitent en entrée trois signaux déphasés, d'où la création d'une carte électronique pour les contrôler. C'est pour cela, que nous utiliserons que des moteurs à courants continus "normaux".
- **Gyroscope piézoélectrique:** Ce capteur donne la vitesse angulaire. Il faut trois capteurs de ce type à bord de l'hélicoptère pour fournir les vitesses angulaires selon trois axes. Le désavantage avec ces capteurs et qu'il faut leur ajouter un circuit amplificateur à chaque gyroscope afin de filtrer leur signal. On trouve facilement des gyroscopes avec leur filtre que l'on branche sur des servomoteurs (avions télécommandés). **Accéléromètre** Ce capteur permet mesurer, sur deux axes, l'accélération et l'inclinaison de l'appareil grâce à la force de gravité de la Terre. L'hélicoptère aura un ou deux accéléromètres.
- **Accéléromètre:** Ce capteur permet mesurer, sur deux axes, l'accélération et l'inclinaison de l'appareil grâce à la force de gravité de la Terre. L'hélicoptère aura un ou deux accéléromètres.
- **Télémetre:** Ce capteur donne l'altitude et donc servira à stabiliser l'appareil en altitude. Il existe deux types de télémetre qui nous intéressent : les infra rouges et les ultra sons. Un télémetre est suffisant pour ce projet.
- **Micro-contrôleur:** Les micro-contrôleurs PIC effectueront l'acquisition des données au travers des capteurs, et effectueront les calculs d'asservissement afin de corrigé l'assiette de l'hélicoptère.

VI Budget estimé.

Nom	Quantité	Prix unitaire (euros)
Hélice	4	2
Moteur CC	4	3
Gyroscope	3	25
Télémètre	1	15
Micro-contrôleur	6	15
Programmeur PIC	1	30
Plaque d'aluminium et époxy	1	2
Tube de carbone	1	2
Total (H4H)	1	Moins de 250 (~234)

VII Prévision du déroulement du projet

Le projet se décompose en plusieurs étapes, chaque étape comprenant plusieurs phases. Certaines phases peuvent être menées en parallèle d'autres demandent la réalisation de tâches préalables.

1 - Réalisation d'un demi hélicoptère

Le but de cette étape est d'obtenir un demi hélicoptère sur un banc d'essai capable de communiquer avec un ordinateur qui calcule la loi de stabilisation. Le demi hélicoptère est constitué de deux moteurs liées par un axe rigide sur lequel sont disposés un gyroscope et un accéléromètre à deux degrés de libertés. La stabilisation consiste à maintenir l'axe horizontal attaché au banc en son centre de gravité. Le banc permettant un seul degré de liberté (rotation de l'axe autour de son centre de gravité dans un plan fixé.

2 - Réalisation de l'hélicoptère complet

Une réalisation complète du H4H sera faite en utilisant la méthodologie mise au point sur la balançoire. Elle se fera en plusieurs étapes.

1. Réalisation du circuit électronique assurant la stabilisation du lacet en utilisant l'information d'un gyroscope supplémentaire.
2. Teste sur le banc d'essai (sur une rotule).
3. Réalisation de l'électronique de stabilisation de l'altitude et essaie de vol libre.

VIII Annexes

[1] Le dryganflyer: <http://www.rctoys.com/draganflyer5.php>

[2] Le x-ufo: <http://jnaudin.free.fr/uav/xufo/index.htm>