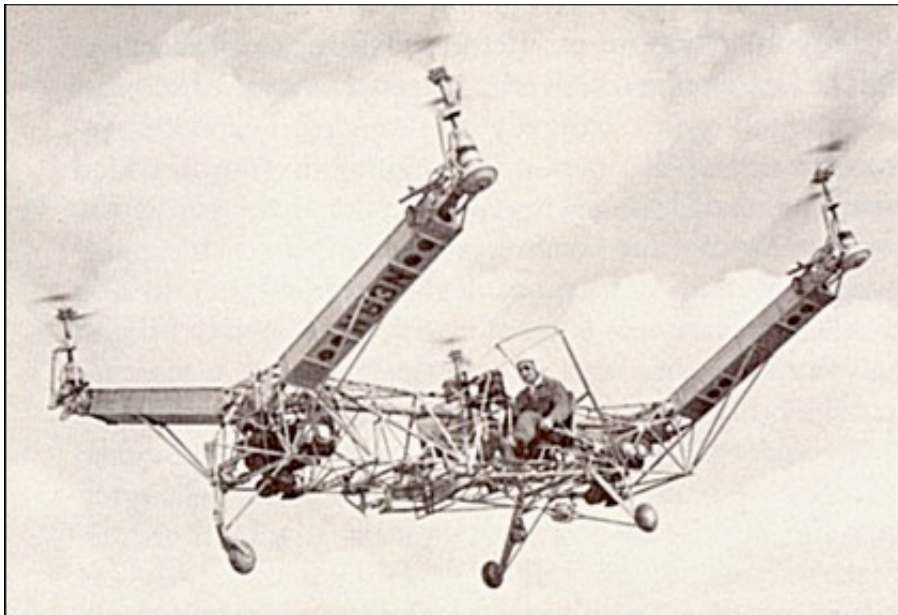


CAHIER DES SPÉCIFICATIONS  
19 juin 2006

Étude et réalisation d'un modèle réduit d'hélicoptère  
à quatre hélices



École Pour l'Informatique et les Techniques Avancées

# 1 Introduction

Ce document, dans le cadre de l'année de spécialisation en temps réel de l'EPITA, présente un projet mettant en oeuvre l'étude et la réalisation d'un hélicoptère modèle réduit à quatre hélices (que l'on abrégera, par la suite, par le mot hélicoptère) et de son banc d'essai électromécanique et logiciel. La stabilisation de l'hélicoptère est calculée par un ordinateur non embarqué avec des outils de hauts niveaux. La communication entre des microcontrôleurs et l'ordinateur permet à ce dernier de recevoir les données émises des différents capteurs de l'hélicoptère et d'effectuer les calculs numériques (loi de commandes, consignes) puis de renvoyer les valeurs au microcontrôleur qui réalise les commandes de stabilisation. Les moyens de calcul embarqués permettront dans une deuxième phase de rendre autonome l'hélicoptère en lui permettant de calculer lui même les lois de commande.

Un hélicoptère à 4 hélices est une plate-forme volante comprenant une partie matérielle et une partie électronique. La partie matérielle a la forme d'une croix sur laquelle est attachée, à chacune de ses extrémités, une paire moteur-hélice. 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. En général, elle possède un port de communication avec le PC permettant de débiter ou de charger des programmes.

## 2 Diagramme préliminaire

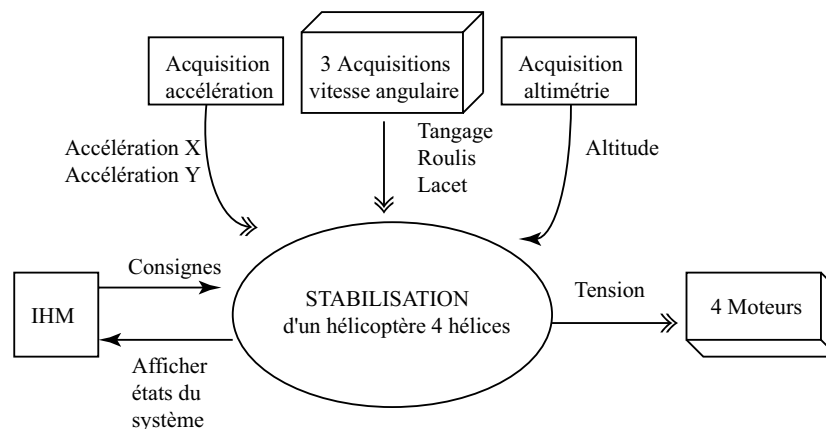


FIG. 1 – Diag préliminaire SART

L'interface homme machine (IHM) permet à l'utilisateur d'envoyer des consignes au calculateur de la loi de commande et de visualiser sous forme de graphes les valeurs des états du système.

Pour stabiliser l'hélicoptère, nous avons besoin de cinq acquisitions provenant de trois types de capteur (qui seront donc les entrées de notre asservissement). Une première acquisition analogique est la projection de l'accélération sur le plan défini par la croix. Elle est fournie par un accéléromètre. Trois acquisitions de vitesse angulaire mesurant le roulis et le lacet et le tangage sont données sous forme analogique par trois gyroscopes. Enfin, une acquisition numérique d'altitude est fournie par un altimètre commutant de 0 à 1 à une distance de 40 cm

du sol. Comme l'hélicoptère possède quatre moteurs nous devons calculer les quatre tensions déterminant la vitesse des moteurs (sortie de l'asservissement).

Détaillons le processus **STABILISATION** d'un hélico à 4 hélices de la figure (3). Il se décompose en trois sous processus : deux processus de transformation de données (**GERER entrée/sortie** et **CALCULER la loi de commande** que l'on numérotera respectivement par 1.0 et 2.0 ) et un processus de contrôle (**SUPERVISEUR**).

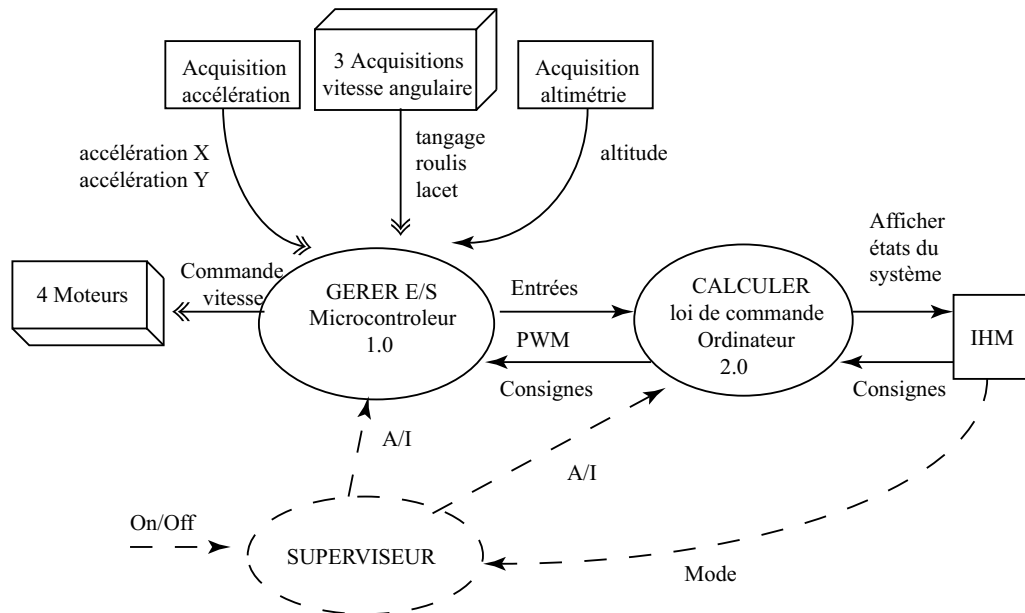


FIG. 2 – Détail du processus **STABILISATION**

Le microcontrôleur de l'hélicoptère va gérer les entrées sorties des cinq capteurs et des quatre moteurs. Un ordinateur externe de l'hélicoptère va s'occuper du processus loi de commande (asservissement). Il va retourner au microcontrôleur soit des vitesses moteurs à mettre sous forme PWM, soit des consignes. L'utilisateur indique au superviseur le mode de fonctionnement choisi. En plus des événements marche et arrêt, il existe deux modes (événements) supplémentaires qui sont **mode ordi** et **mode autonome**. Ces modes en activant (A) ou inhibant (I) des sous processus de 1.0 et 2.0 vont rendre l'hélicoptère indépendant (ou dépendant) de l'ordinateur. La machine à état du superviseur est donnée en section 5.

### 3 Processus de gestion des entrées sorties

Les acquisitions analogiques de l'accéléromètre et des gyroscopes sont transformées en valeurs numériques grâce aux convertisseurs analogique numérique (CAN) du microcontrôleur. Selon l'état courant du **SUPERVISEUR** (et donc de la machine à état), le microcontrôleur va :

- soit dialoguer avec l'ordinateur, à savoir envoyer les valeurs des capteurs à l'ordinateur puis recevoir les vitesses des moteurs calculées par l'ordinateur
- soit recevoir les consignes venant de l'ordinateur puis réaliser sa propre loi de commande.

Au final le microcontrôleur retourne une vitesse moteur sous forme d'impulsion PWM (Pulse Width Modulation) qui sera transformée en tension exploitable par les moteurs grâce une électronique de puissance utilisant des MOSFET (Metal Oxyde Semiconductor Field Effect Transistor).

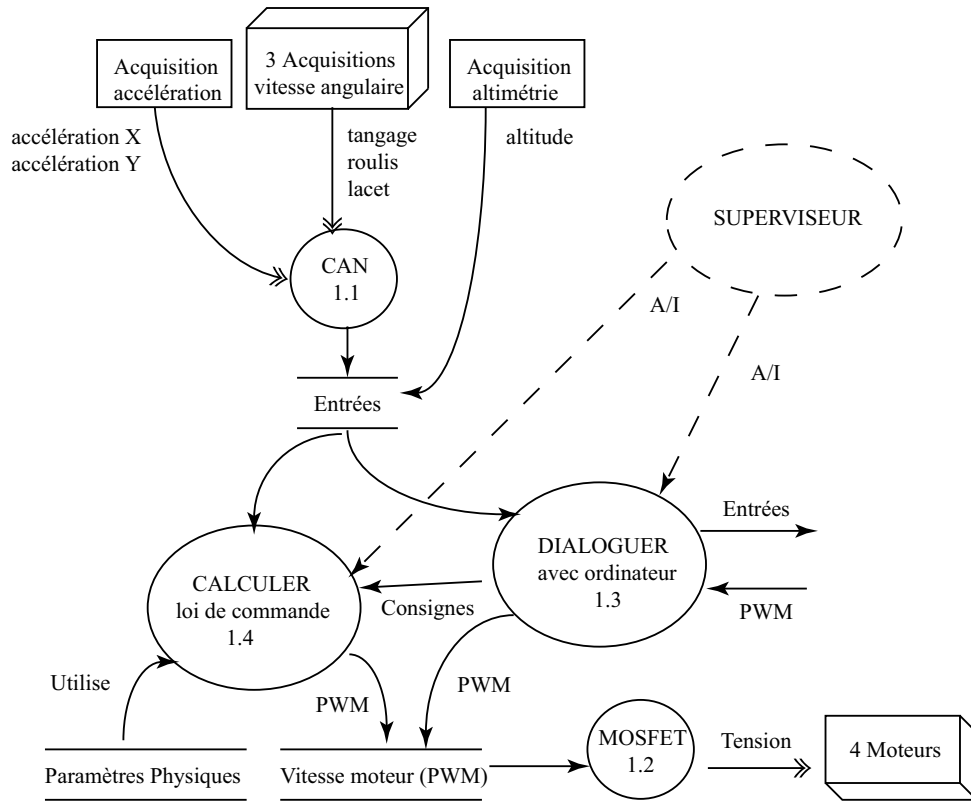


FIG. 3 – Processus de gestion des entrées sorties

## 4 Processus d'asservissement

Un ordinateur avec un logiciel spécialisé dans le calcul numérique, va effectuer l'asservissement de l'hélicoptère. Il prend en entrée les valeurs des capteurs fournies par le microcontrôleur de l'hélicoptère puis retourne les vitesses des quatre moteurs nécessaires à la stabilisation. Une IHM (interface homme machine) va permettre à l'utilisateur de fournir une consigne à l'hélicoptère, de modifier la loi de commande, de voir sous forme de graphiques les valeurs des états du système.

## 5 Machine à états

Comme nous l'avons dit précédemment, le **SUPERVISEUR** est une machine à états finis avec trois états différents : arrêt, mode autonome et mode ordinateur (c'est à dire dépendant de l'ordinateur) et formant un graphe fortement connexe.

L'activation en mode **autonome** va inhiber l'asservissement fait par l'ordinateur et activer celui du microcontrôleur. L'hélicoptère garde, cependant, la possibilité de communiquer avec l'ordinateur (recevoir des consignes envoyer les informations fournies par les capteurs).

Dans le mode **ordi**, la loi de commande est uniquement calculée par l'ordinateur, l'hélicoptère dialogue avec l'ordinateur mais désactive ses propres calculs d'asservissements. Il envoie à l'ordinateur les valeurs des capteurs et reçoit la consigne des vitesses des moteurs.

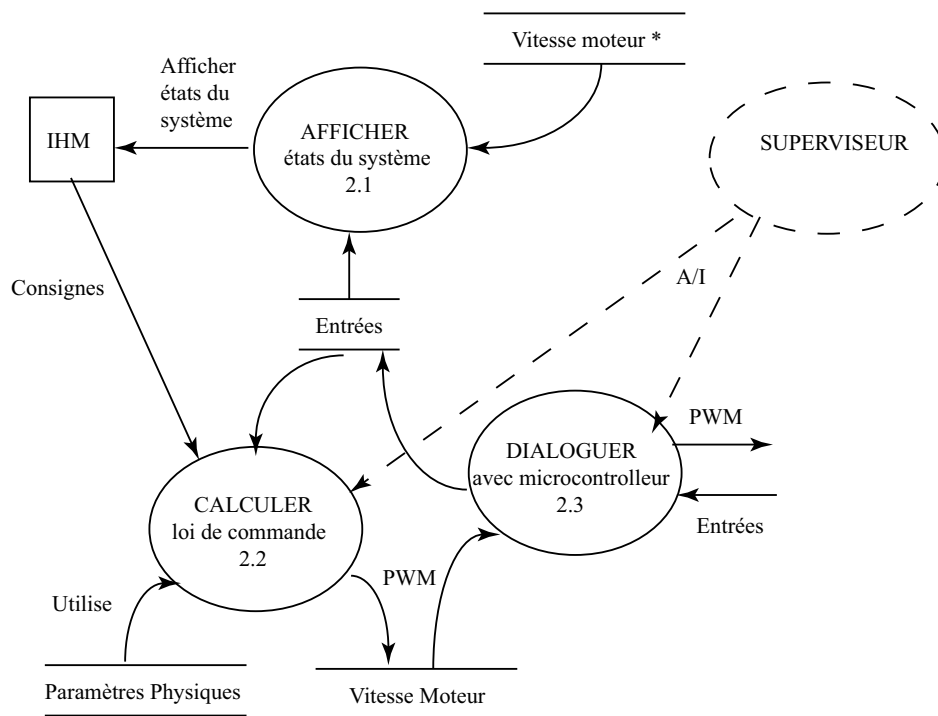


FIG. 4 – Processus d'asservissement

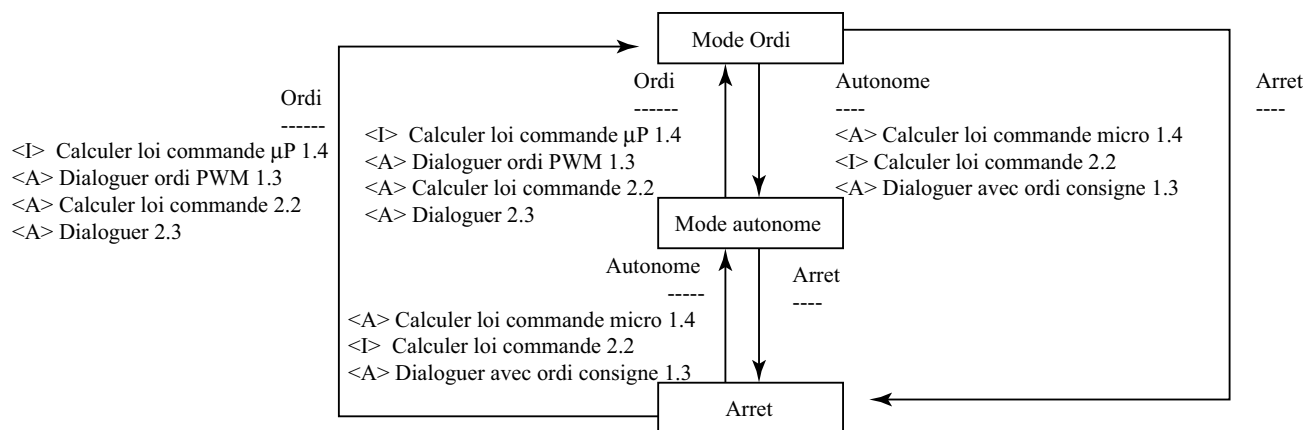


FIG. 5 – Machine à état du SUPERVISEUR