

# **Automatisation d'un drone basé sur le TWINSTAR**

Département Avionique Système

Auteurs : Mehdi El Hamzaoui – Raphaël Cavallero

Tuteur : Yves Brière

Date : 12 mai 2006

## Sommaire

<b>I – Introduction.....</b>	<b>p .4-5</b>
<b>I.1 – Situation de l'étude dans le projet Microdrones</b>	
<b>I.2 – Objectifs initiaux</b>	
<b>I.3 – Etude préliminaire</b>	
<b>I.4 – Rectifications des objectifs</b>	
<b>II – Organisation du travail :.....</b>	<b>p.6-11</b>
<b>II.1 – Le point de départ</b>	
<i>II.1.1 Les choix</i>	
<i>II.1.2 l'inventaire du matériel nécessaire</i>	
<i>II.1.3 La carte Micropilot</i>	
<i>II.1.4 L'avion</i>	
<b>II.2 – Liste des tâches à réaliser avant les vols</b>	
<b>III – Installation du matériel.....</b>	<b>p.12-21</b>
<b>III.1 – Installation mécanique</b>	
<b>III.2 – Installation de la carte Micropilot</b>	
<i>III.2.1 La carte elle-même</i>	
<i>III.2.2 Les extensions</i>	
<b>III.3 – Installation des outils de communication</b>	
<i>III.4.1 Installation du récepteur et de l'antenne GPS</i>	
<i>III.4.2 Installation du radiomodem</i>	
<i>III.4.3 Configuration de l'ordinateur</i>	
<b>III.4 – Installation électrique</b>	
<b>III.5 – Récapitulatif, vue d'ensemble</b>	
<b>IV – Vols en mode manuel.....</b>	<b>p.22-29</b>
<b>IV.1 – Vol carte débranchée</b>	
<b>IV.2 – Vol carte branchée, commutée en mode manuel</b>	
<i>IV.2.1 – Réglages à effectuer impérativement</i>	
<i>IV.2.2 – Tests à effectuer impérativement</i>	
<i>IV.2.3 – Transfert des données enregistrées par la carte : le DataLog</i>	
<i>IV.2.4 – Dépouillement des données du DataLog</i>	
<b>V – Obtention du modèle dynamique de l'avion.....</b>	<b>p.30-43</b>
<b>V.1 – Introduction</b>	
<b>V.2 – Méthodologie</b>	
<i>V.2.1 – Des essais en vol pertinents</i>	
<i>V.2.2 – Méthodologie Ident</i>	
<b>VI – Conclusion.....</b>	<b>p.44-46</b>
<b>VI.1 – Les erreurs qui nous ont coûté cher</b>	
<b>VI.2 – Critique de la carte Micropilot</b>	
<b>VI.3 – Travail restant</b>	
<b>VI.4 – Conclusion générale</b>	

<b>VII – Annexes.....</b>	<b>p.47-75</b>
- <i>Les radiomodems :</i>	
o <i>Microhard MHX-2400 (MP 2.4 ER-EU)</i>	
o <i>Maxstream 24XSTREAM (MP 2.4 SR-R)</i>	
- <i>La simulation sous Horizon : un outil ambiguë</i>	
- <i>Correspondance avec le support technique de Micropilot</i>	
- <i>Budget consommé</i>	
- <i>Liste de conseils avant d’effectuer un vol</i>	
 <b>VIII – Bibliographie.....</b>	 <b>p.76</b>

## **I – Introduction**

### **I.1 Situation de l'étude dans le projet Microdrones**

Dans le but de participer à concours Microdrones, lancé par la DGA quatre ans auparavant, qui s'est terminé en septembre dernier, l'ENSICA avait lancé plusieurs projets, dont le projet Pégase qui a fait l'objet du PIP « méthodologie de stabilisation et d'automatisation d'un drone » l'année précédente. Lors de cette étude, les élèves avaient décidé d'équiper un modèle réduit peu coûteux (le Twinstar) avec les composants nécessaires à la réalisation d'un drone, dans le but de faire des tests avant d'équiper leur drone.

Ces tests ayant posé des problèmes et n'ayant pas été menés à leur terme, nous avons décidé de reprendre le projet et de nous consacrer uniquement à l'étude du Twinstar et à l'aboutissement de ces tests.

### **I.2 Objectifs initiaux**

Notre travail se base donc sur l'avion préparé par l'équipe de l'année précédente : un modèle réduit Twinstar équipé d'une carte Micropilot et d'un radiomodem permettant la communication avec un ordinateur.

Nos objectifs étaient de deux nature :

- Automatisation du Twinstar : l'avion doit effectuer un parcours préétabli sur ordinateur, à l'aide de points de passage définis par une position GPS absolue (latitude, longitude) ou relative et une altitude relative.
- Réglage fin des régulateurs permettant la stabilisation et le guidage de l'avion (PIDs).

Ce type de modèle réduit est naturellement stable. D'ailleurs dans le monde de l'aéromodélisme, le twinstar est réputé pour sa stabilité et sa manoeuvrabilité. Après vérification de l'état de l'avion, nous devons voler au plus vite en mode automatique et effectuer le maximum d'essais en vol, dont l'analyse nous permettrait de régler de plus en plus finement les régulateurs. Eventuellement si le temps nous le permettait nous voulions intégrer un dispositif de prise de photo ou encore une caméra embarquée

### **I.3 Etude préliminaire**

Nous avons donc commencé notre travail par une vérification de l'avion. N'étant ni aéromodéliste, ni pilote, nous avons sollicité l'aide d'un aéromodéliste chevronné : Basile Ginel.

Au fur et à mesure de l'étude, qui s'est avérée beaucoup plus longue que nous le pensions, nous avons pu constater que l'avion n'était pas prêt à voler, que ce

soit en vol autonome ou en vol manuel. En effet, les servomoteurs étaient défectueux (2 servomoteurs étaient déjà grillés et les 2 autres ont eut des pignons cassés des les premiers tests), et certains réglages de base de la carte pour voler en manuel n'avaient pas été effectués.

Le radio modem Microhard MHX-2400 (MP 2.4 ER-EU) est défectueux, mais pas inutilisable. Nous avons eu beaucoup de mal à nous en servir (cf. détails en annexe 1).

La carte était placée trop en hauteur dans le fuselage : ce qui pouvait entraîner une gêne sur les mesures et les réponses de la carte due aux vibrations de l'aile engendrés par les moteurs.

#### **I.4 Rectification des objectifs**

Au vu des résultats de notre étude préliminaire, il nous a été nécessaire de revoir nos objectifs et d'organiser notre travail de manière très différente.

Dans un premier temps, nous avons dû revoir totalement l'installation du matériel.

- Commander d'autres composants
- Utiliser d'autres batteries (gain de poids et de volume et adéquation des tensions)
- Réaliser des adaptateurs pour pouvoir brancher les batteries a la fois sur un chargeur et sur les différents composants de la carte qui en nécessitaient

Puis, nous avons du préparer l'équipe et l'avion pour les vols en commande manuel. Ensuite, nous avons dû analyser ces vols pour confirmer que l'avion était prêt à voler en mode automatique.

Enfin, lors de la dernière semaine, notre tuteur nous a conseillé d'orienter notre travail vers l'obtention d'un modèle dynamique de l'avion, plutôt que d'essayer de le faire voler en mode automatique.

## II – Organisation du travail

### II.1 – Le point de départ

#### *II.1.1 – Les choix hérités des années précédentes*

Nous exposons ici les choix qui ont été fait les années précédentes et qui sont donc indépendants de notre volonté :

- La carte Micropilot : la carte Micropilot a été retenue comme solution pour la stabilisation et le pilotage automatiques de l'avion. Si ce choix peut être critiquable, notre but n'était pas de trouver une alternative.
- Le modèle Twinstar : c'est le modèle équipé par l'équipe précédente, nous n'avions aucune bonne raison d'en changer.
- Beaucoup de matériels supplémentaire annexe ont été commandés permettant soit d'améliorer le système de mesure de l'avion ( AGL : altimètre a ultra son ou encore le radiocompas ) soit d'apporter d'autres possibilités : telles que la possibilité d'embarquer une camera vidéo de petite taille

#### *II.1.2 – Inventaire du matériel nécessaire*

- 1 modèle réduit Twinstar + élastiques + arceau en métal
- 4 servomoteurs
- 2 moteurs
- 1 carte Micropilot MP2028g avec accessoires :
  - *Servo board*
  - *Antenne GPS avec aimant*
  - *Tube de Pitot*
  - *Connectique*
- 1 radiomodem
  - *Module sol*
  - *Module embarqué avec antenne*
- Lot de batteries :
  - *2 x 7.4V 2.6Ah Li-Poly pour les moteurs*
  - *1 x 4.8V NiCd pour le récepteur*
  - *1 x 4.8V NiCd pour le servo board*
  - *1 x batterie Li-Poly pour l'alimentation de la carte et du radiomodem (en fonction du modèle utilisé)*
- 1 chargeur de batteries (NiCd, Li-Poly)
- 1 ordinateur portable avec port série (ou adaptateur USB/série)
- Les logiciels indispensables :
  - Micropilot Horizon
  - Microsoft Hyper Terminal
  - Micropilot LogViewer
  - DVD Micropilot "Installation training video" (*qui sera moins indispensable après notre rapport*)
- Tous les manuels se rapportant au projet (carte, modems, logiciels)

### *II.1.3 La carte Micropilot*

Nous allons maintenant présenter, de manière plus précise, le rôle de la carte Micropilot MP2028g dans notre projet, ainsi que les possibilités qu'elle nous offre. Tout d'abord, la carte se présente comme ci-dessous :

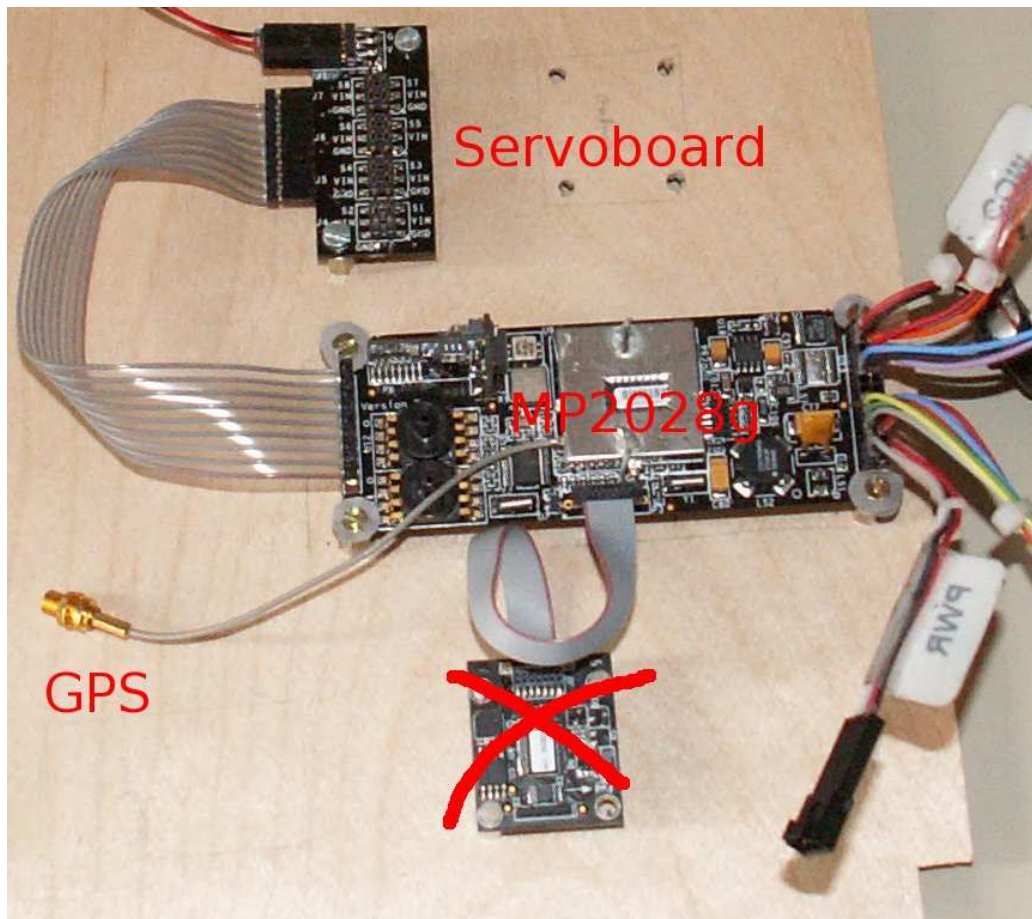


Figure II.1 : Carte Micropilot et extensions (photo : projet drone quadrirotor, ne pas tenir compte du compas)

La carte au centre du montage, la carte Micropilot Mp2028g possède :

- Des gyros qui permettent de capturer les mouvements de l'avion ainsi que la vitesse de ces mouvements, ce qui permet d'asservir l'avion sur ces deux points
- Deux capteurs de pression : statique (d'où l'altitude pression) et d'arrêt (donc de vitesse air)
- Un récepteur GPS qui permet de connaître la position GPS et la vitesse GPS de la carte
- Une interface de communication sur laquelle on peut brancher un radiomodem ou un câble série (fourni) pour communiquer avec l'ordinateur
- Des entrées qui récupèrent les signaux envoyés au récepteur à quartz

La carte peut remplir deux rôles alternativement :

1. stabiliser et commander l'avion lorsque le **mode automatique** est enclenché (aucune intervention du pilote n'est requise, sauf pour mettre fin à ce mode)
2. transmettre directement les signaux de la radiocommande aux servomoteurs lorsque le **mode manuel** est enclenché



Pour commuter la carte d'un mode à l'autre, le pilote fait une action sur la voie de la télécommande qui a été attribué au « switch ».

Pour notre projet, nous allons nous servir du mode manuel pour le décollage et l'atterrissage et du mode automatique pour suivre un parcours prédéfini une fois en altitude.

En effet, la tâche qui consiste à paramétrer l'avion pour qu'il effectue ce parcours prédéfini est déjà suffisamment complexe, nous n'aurons pas le temps nécessaire pour paramétrer le décollage et l'atterrissage automatique. De plus, nous manquons cruellement de place dans le fuselage, il ne serait pas raisonnable, à notre niveau, d'essayer de mettre en place le matériel requis par ces étapes.

L'asservissement de l'avion se fait par un lot de PID dont les plus importants sont ceux que nous allons chercher à régler (voir partie V.1).

- La carte Micropilot est livrée avec le logiciel Horizon qui permet de paramétrer complètement le pilote automatique (PIDs entre autres) et les servomoteurs (zéros, courses...) et d'effectuer des simulations de vols automatiques (voir annexe *La simulation sous Horizon : un outil ambiguë*). Ce logiciel permet l'utilisation de cartes et la création de points de passage ( waypoints définis par un type de coordonnées latitude et longitude soit absolues ou GPS soit relatives c'est-à-dire que le zéro de latitude et de longitude est placée quelque part sur la carte et que l'échelle de mesure distance est aléatoire ainsi que d'une hauteur relative i.e. par rapport au sol.)

#### *II.1.4 L'avion*

Comme nous l'avons déjà précisé, il s'agit d'un modèle réduit Twinstar I de Multiplex qui a l'avantage d'être relativement bon marché, très maniable et assez costaud. C'est un bimoteur en polystyrène avec simplement une gouverne de direction et une gouverne de profondeur ainsi que deux ailerons. Ce modèle ne disposant pas de train d'atterrissage, il faut se poser sur une surface plane telle que de l'herbe rase. Nous avons tout de même renforcé la partie inférieure du fuselage à l'aide de scotch plastique rigide pour amortir les chocs.

Voici les caractéristiques du kit Twinstar I :

Envergure	1420.0 mm
Longueur	985.0 mm
Surface alaire	40.0 dm <sup>2</sup>
Poids (sans batterie)	1043 grammes
Poids (ordre de vol)	Approx. 1500 grammes
Charge alaire	Approx. 36 g/dm <sup>2</sup>
Profil	Clark Y mod
Radio	3 axes / 6 voies
Motorisation	2xSpeed 400 Graupner
Hélice	Gunther 5x4.3

NB : L'équipe précédente a remplacé les moteurs 400 par des 480. La structure a été modifiée pour intégrer la carte et ses accessoires.( Le polystyrène a été creusé d'avantage et il a été rajouté des sortes de longerons pour stabiliser la carte )

Enfin, Il faut noter que le drone Twinstar n'est pas le meilleur modèle envisageable pour un projet microdrone. Le polystyrène est un matériau assez lourd et qui vieillit mal : il a un mauvais rapport solidité/poids (en revanche, il est facilement réparable). De plus, le faible volume du fuselage ne permet pas l'intégration de beaucoup de composants supplémentaires (camera, parachute). Toutefois, l'équipe précédente a plutôt bien aménagé et utilisé l'espace disponible (même si la carte est placée légèrement trop haut dans le fuselage). Nous ne devrions donc pas avoir de problème avec ce modèle.

## II.2 – Liste des tâches à réaliser avant de pouvoir passer aux vols

Voici donc la liste des tâches que nous avons à réaliser lorsque nous avons repris le projet :

- ➔ Remplacement des 4 servomoteurs défectueux  
=> Achat de 4 servomoteurs
- ➔ Vérification de l'installation électrique (notamment des batteries)
- ➔ Vérification du bon fonctionnement de la carte
- ➔ Vérification du radiomodem et mise en fonctionnement  
=> Achat d'une batterie pour remplacer la batterie 11.4V Li-Poly défectueuse
- ➔ Prise en main des logiciels nécessaires : Hyper Terminal, Horizon, LogViewer

- ➔ Test complet de la carte : Gyros, Capteurs de pression, GPS, communication directe par câble et par radiomodem interposé
- ➔ Renseignements sur 'autonomie des batteries avec et sans radiomodem intégré.

### **III – Installation du matériel**

Ce chapitre vise principalement à expliquer en détails toutes les installations nécessaires au bon fonctionnement de l'avion et de la carte. Ainsi, il donne la marche à suivre et des conseils – qui n'ont pas toujours été respecté puisque nous ne pouvions pas toujours modifier le montage déjà réalisé – et regroupe les informations indispensables des manuels, parfois peu clairs.

Mais ce chapitre a un autre but, tout aussi important : celui de faciliter la compréhension de cette installation et l'identification du matériel par les équipes des années suivantes. En effet, bien que le travail ait déjà été effectué en grande partie l'année précédente, nous ne disposons pas de ces informations et nous avons dû passer un temps considérable à reprendre à zéro chaque détail pour comprendre et améliorer (et réparer, parfois) ce qui avait été fait. Il est donc évident que ce chapitre reprend parfois, brièvement, des informations présentes dans le rapport de l'année précédente.

#### **III.1 – Installation mécanique**

Le Twinstar est un bimoteur manœuvré par quatre surfaces de contrôle : la gouverne de profondeur, la gouverne de direction et les deux ailerons, ce qui en fait un avion particulièrement bien maniable. Il faut donc 2 moteurs 4 servomoteurs.

Tout d'abord, nous avons dû remplacer deux des servomoteurs qui étaient inutilisables dès le début du projet. Ils avaient visiblement souffert des dommages électriques. Puis, au cours d'une série de tests en milieu de projet, nous avons découvert que les deux autres servomoteurs étaient défectueux aussi. En effet, des pignons ont cassé lors de tests standard.

Nous avons acheté et utilisé des servomoteurs HS-81 qui ont l'avantage d'être peu onéreux et de petite taille mais suffisamment robustes et puissants.

Nous avons ensuite remplacé les guignoles (liaisons par pincement) des liaisons par des chapes à bille (liaisons rotules, relativement bon marché), qui frottent moins et permettent des mouvements plus précis. Cela nous sera utile car le pilote automatique de la carte commande les servomoteurs, il a besoin d'une bonne précision pour éviter de donner trop d'à-coups, qui nuiraient considérablement à la stabilité et au pilotage automatique de l'avion.

Nous tenons à remercier Basile Ginel, qui nous a particulièrement bien aidé pour cette partie de l'installation.

#### **III.2 – Installation de la carte Micropilot**

##### *III.2.1 La carte elle-même*

### Conseils d'installation :

- Pour un maximum d'efficacité, la carte doit être placée vers le milieu de la hauteur du fuselage. En effet, les nombreux fils, antennes, tube, etc. qui y sont connectés prennent une place non négligeable et risque d'être comprimés et de comprimer des éléments (lorsque l'avion est monté prêt à voler), ce qui peut se révéler très gênant, en particulier si le tube de Pitot est écrasé ou déconnecté.
- Pour un maximum de sécurité : il est également préférable de placer la carte au milieu de la hauteur du fuselage pour que le microprocesseur de la carte et de manière générale tous les éléments de mesure de la carte (tels que les gyros) ne soient pas affectés par les vibrations permanentes de l'aile a cause de la puissance des moteurs ainsi que du vent.
- Il serait préférable de limiter le nombre de fils électriques et d'antennes à proximité de la carte – ceux-ci pourraient générer des interférences. Toutefois, concernant cet aspect, nous n'avons pas la possibilité de modifier le montage effectué par l'équipe de l'année dernière, la structure étant déjà suffisamment altérée pour y intégrer la carte et ses accessoires.
- Pour des raisons équivalentes : il est nécessaire de bien séparer le radiomodem de la carte.

### Installation :

La carte doit être placée à l'horizontale, avec le connecteur « P2 » (voir figure ci-dessous : repère 1) vers le nez de l'avion.

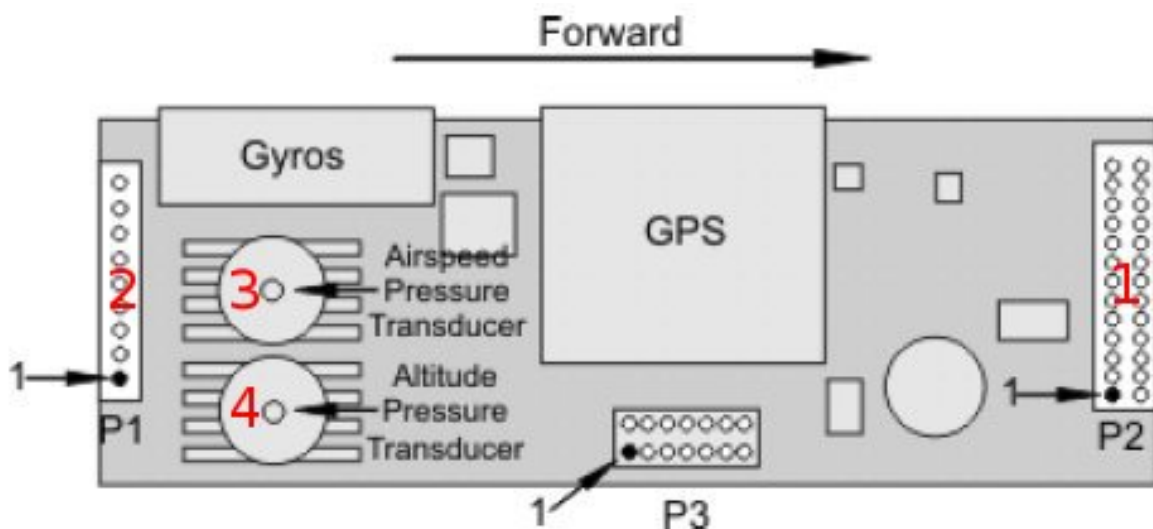


Figure III.3 : Schéma de la carte (extrait de « **MP2028 Installation and Operation** »)

Les capteurs de pression doivent être bien dégagés (sur l'installation actuelle ce n'est pas évident). En effet, le capteur repéré par le numéro 4 mesure la pression statique, il faut donc que l'équilibre avec l'extérieur puisse se faire. Le capteur repéré par le numéro 3 mesure la vitesse par rapport à l'air grâce à un tube de Pitot qui doit y être fixé. Celui débouche sur le point d'arrêt du nez de l'avion.



Figure III.4 : tube de Pitot

La carte doit être alimentée avec une tension supérieure à 4.2 Volts et inférieure à 27 Volts. Elle consomme environ 140 mA à 6.5 Volts.

### III.2.2 Les extensions

Comme nous l'avons précisé, la carte Micropilot possède plusieurs extensions qui se présentent sous forme de « petites cartes » pour le Servoboard et le Compas magnétique et d'un bloc plus important pour l'altimètre à ultrasons (AGL).

Le compas est inutile. L'altimètre à ultrasons est indispensable pour réaliser des atterrissages et décollages automatiques. Mais nous ne disposons pas du temps nécessaire pour prétendre utiliser ces fonctions. Le Servoboard est l'extension de la carte Micropilot sur laquelle les servomoteurs sont branchés directement (branchements effectués sur le récepteur dans un avion classique). Elle leur transmet les commandes du pilote automatique ou de la radio, suivant le mode choisi. C'est donc la seule extension que nous utiliserons.

Le Servoboard (Figure III.6) se connecte à la carte Micropilot par une nappe que l'on enfiche sur « P1 » (Figure III.2, repère 2).

Il faut ensuite brancher les servomoteurs sur le Servoboard :

Un seul Servoboard permet de brancher jusqu'à 8 servomoteurs. Les connecteurs sont numérotés de S1 à S8, comme sur la Figure III.5.

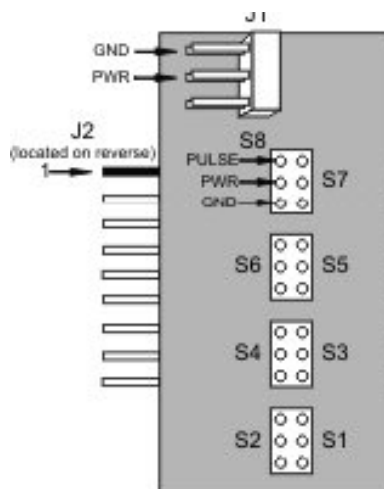


Figure III.6 : Servoboard (extrait de « **MP2028 Installation and Operation** »)

Nous utilisons le mode de servomoteurs « normal » (voir « **MP2028 Installation and Operation** » : **Servo Assignments**) qui correspond à notre type d'installation : Ailerons, Elevator, Rudder, Throttle). Les servomoteurs doivent être connecté de la manière suivante :

Servomoteur	Connecteur
Ailerons	S1
Profondeur	S2
Direction	S3
Gaz	S4

Le Servoboard doit être alimenté par une batterie 4.8 Volts.

### III.3 – Installation des outils de communication

#### III.3.1 Installation de récepteur et de l'antenne GPS

##### Installation du récepteur :

Le connecteur « P2 » possède un jeu de fils étiquetés « Ailerons », « Rudder », « Elevator », « Throttle ». Ceux-ci se connectent sur le récepteur classique. Les connecteurs varient suivant le récepteur et la radiocommande utilisés et un test simple permet de les déterminer. Le dernier fil (le jaune en l'occurrence) véhicule le signal qui permet de passer du mode automatique au mode manuel. Sur notre télécommande Futaba, nous utilisons pour cela la voie 5.

Le récepteur doit être alimenté par une batterie 4.8 Volts.

##### Installation de l'antenne GPS :

L'antenne GPS se connecte sur le début d'antenne visible sur la Figure II.1. Elle possède un aimant car elle doit être fixée sur une petite plaque de métal pour aider à la réception (l'idéal étant du cuivre, qu'il est possible de se procurer chez un marchand de vitraux). Nous avons donc récupéré une plaque de métal à l'atelier et pour la fixer sur l'avion.

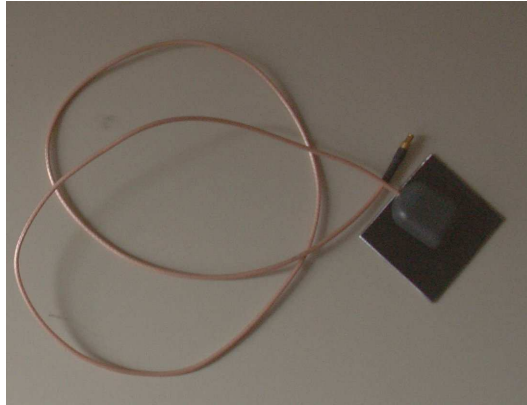


Figure III.7 : antenne GPS

### III.3.2 Installation du radiomodem

Les deux radiomodems que nous possédons (Microhard MHX-2400 et Maxstream 24XSTREAM) utilise une fréquence de 2.4 GHz, ce qui correspond à une longueur d'onde de 12.5 cm. Or, nous disposons d'antennes de 12 cm et 13 cm. Nous avons donc des antennes pleine onde, que nous pouvons utiliser quasiment indifféremment (attention aux gains) et sans plan de masse.

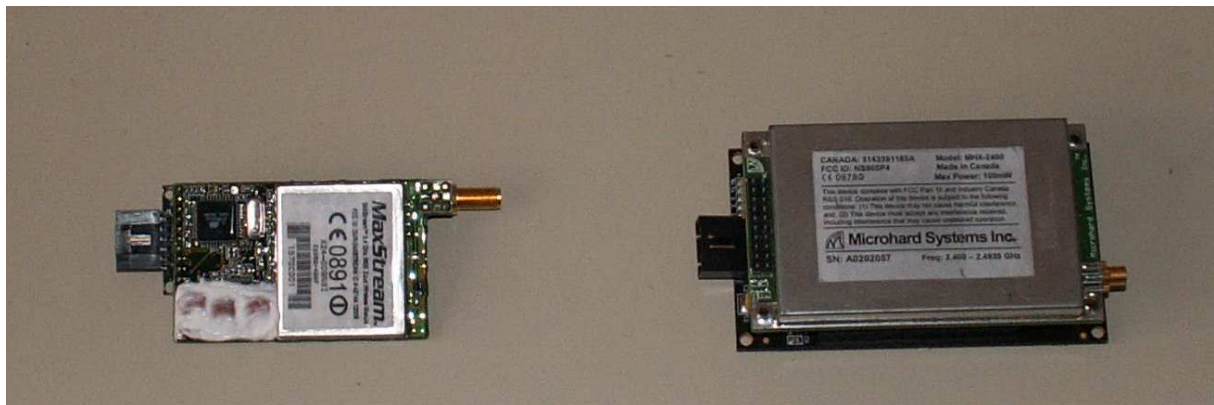


Figure III.8 : Maxstream 24XSTREAM (gauche) et Microhard MHX-2400 (droite)

Le radiomodem possède une fiche « COM » qui doit être reliée à celle portant le même nom sur P2 de la carte MP2028g.

Un espace a été aménagé pour le radiomodem, sous le bord de fuite de la voilure. Enfin, le bord d'attaque de la dérive semble être un endroit convenable pour



fixer l'antenne du radiomodem : cela ne gêne pas réellement l'aérodynamique et permet d'avoir une position verticale pour l'antenne.

### III.3.3 Configuration de l'ordinateur

Pour utiliser la communication avec l'ordinateur, que ce soit par le câble ou par un radiomodem, il faut utiliser un adaptateur USB/série car le portable n'a pas de port série.

L'équipe précédente avait configuré la communication pour utiliser le port COM4. C'est une erreur car les logiciels tels que Logviewer et FlashAutopilot cherche systématiquement à utiliser le port COM1, sans laisser la possibilité de choisir le port à utiliser. Nous avons donc reconfigurer la liaison pour utiliser le port COM 1, sans quoi il nous était impossible d'utiliser les logiciels ci-dessus.

**Attention :** Il faut veiller à spécifier le bon port dans les réglages d'Horizon et de Hyper Terminal.

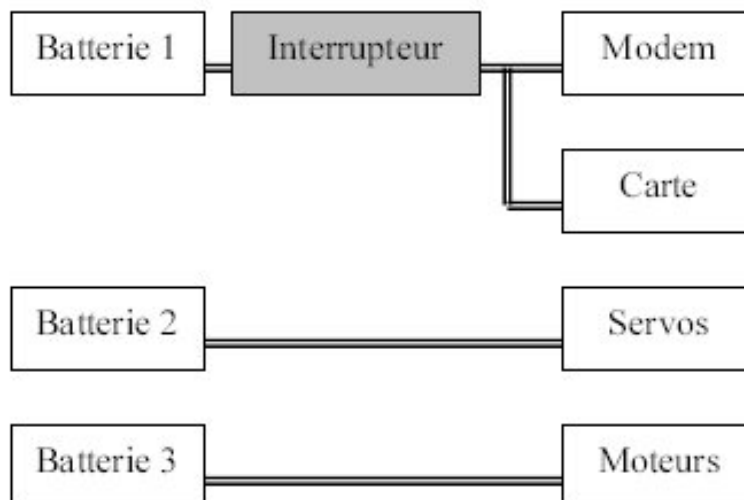
## III.4 – Installation électrique

**Attention :** c'est la partie cruciale qui révèle les défauts majeurs de l'installation en général et de la carte Micropilot MP2028g en particulier.

**NB :** nous ne parlerons pas de l'alimentation des moteurs, qui ne pose aucun problème si les batteries sont bien utilisées et entretenues.

### Alimentation « embarquée » :

Dans le rapport de l'année précédente « PIP Methodologie De Stabilisation Et d'Automatisation Du Vol d'Un Drone », on peut trouver le schéma suivant :



## Un tel montage n'est pas réalisable

Expliquons-nous : il est certain qu'il existe un problème de par le fait que les batteries que nous utilisons pour alimenter la carte et le radiomodem sont des batteries Li-Poly.

Ces batteries ont l'avantage d'être performante pour une petite taille et un faible poids. En revanche, elles sont chères et, surtout, elles ne doivent pas être déchargées en dessous d'un certain seuil :

Les batteries se présentent sous la forme d'un pack de cellules de 3.7 à 3.8 V qui ne doivent pas être déchargées de plus de 0.7 à 0.8 V, sous peine d'être inutilisable.

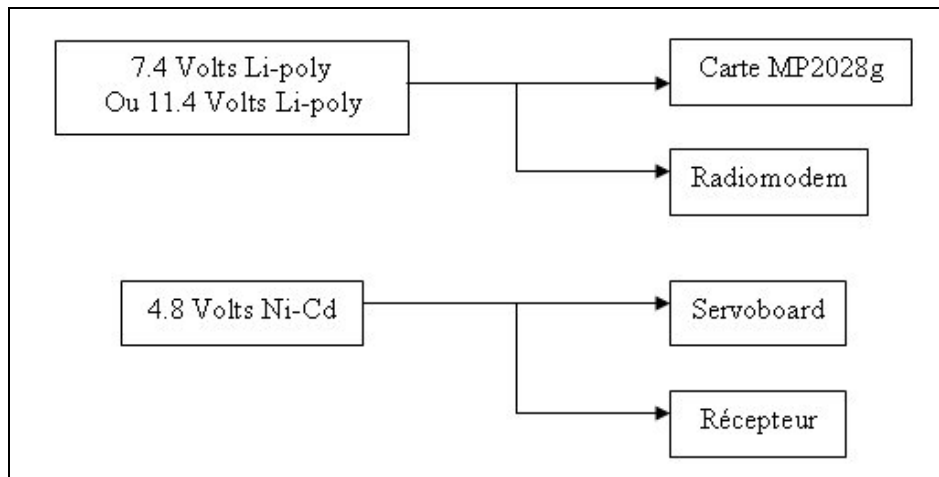
Nous avons donc longtemps envisagé de mettre un interrupteur (ou une sécurité de type régulateur de voltage) entre la batterie d'alimentation et la carte. C'est une très mauvaise idée.

En effet, si la carte peut fonctionner avec une tension aussi basse que 4.2 Volts, il peut arriver, à la suite d'un mauvais calcul d'autonomie, que la batterie d'alimentation soit vidée et ne soit plus réutilisable. Mais il ne faut en aucun cas couper l'alimentation de la carte, même au prix d'une batterie. Car **si cette alimentation est coupée, tout contrôle sur l'avion est perdu** puisque les signaux des servomoteurs et des gaz transitent par la carte, même en mode manuel. Il vaut mieux sauver l'avion et perdre une batterie que le contraire.

Il n'y a donc pas d'autre solution que d'alimenter directement la carte. En revanche, la connectique qui est fournie avec la carte est plutôt piègeuse et nous a induit en erreur. Il est fourni un câble d'alimentation qui est prévu pour alimenter à la fois la carte et le radiomodem. Pourquoi ? La question se pose toujours. Mais nous sommes tombés dans le piège. En effet, nous aurions dû voir tout de suite le défaut : **la carte et le radiomodem ne doivent pas être alimenter par la même batterie**. En cas de batterie faible, la perte du radiomodem n'est pas un problème : il suffit de reprendre le contrôle par la radiocommande. En revanche, la perte de l'alimentation de la carte est très grave (c'est la perte de l'avion).

D'un autre côté, Il est possible d'utiliser la même batterie pour le Servoboard et le récepteur. Dans ce but, nous avons réalisé un Y avec les fils des servomoteurs défectueux.

Voici donc le montage que nous avons utilisé :

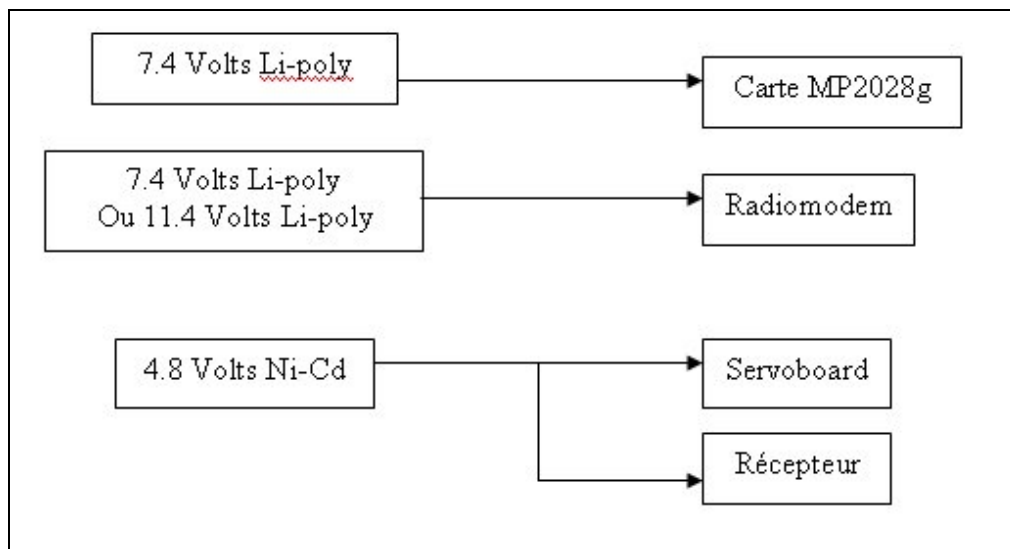


*Figure III.9 : montage utilisé cette année*

Le radiomodem consomme beaucoup de courant (3 fois plus que la carte Micropilot pour le Microhard MHX-2400).

Il semblerait donc judicieux de séparer les alimentations de la carte et du radiomodem tous deux alimentés par des batteries Li-poly. Nous aurions sacrifié un peu de poids mais nous aurions gagné énormément en sécurité...

Voici le montage que nous aurions dû adopter :



*Figure III.10 : montage « sécurité », à utiliser si possible*

#### Attention :

- Pour l'alimentation des radiomodems, la tension d'alimentation diffère suivant le modem (voir annexe 1).

- La consommation des radiomodems varie fortement d'un modèle à l'autre (voir annexe 1).

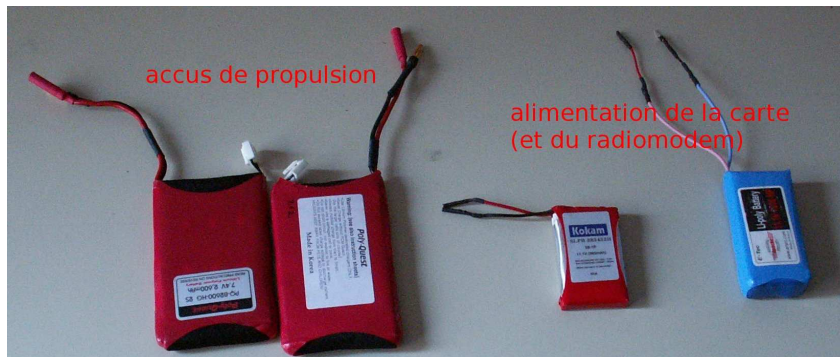


Figure III.11 : différents accus utilisés

#### Alimentation de la station « sol » :



Figure III.12 : station radiomodem « sol »

L'alimentation du radiomodem « sol » se fait avec le transformateur fourni. Malheureusement, celui-ci est prévu pour être branché sur une prise 110 Volts. Un montage à base d'un régulateur 6 Volts a donc été réalisé l'année précédente pour pouvoir utiliser la station sol avec une batterie (une batterie 7.4 Volts de propulsion convient parfaitement mais le choix est assez libre grâce au régulateur).

Si la station sol doit être changée conjointement avec le radiomodem, l'alimentation reste la même et le montage avec régulateur peut donc être utilisé avec les deux stations sol.

La consommation classique des deux stations sol est de ????

### III.5 – Récapitulatif, vue d'ensemble

Élément	Alimentation	Connecté à ...	Remarques
Moteur	7.4 Volts	Variateur	
Carte Micropilot	4.2 à 27 Volts	*****	
Servoboard	4.8 Volts	P1 de la carte Micropilot	Utiliser la batterie du récepteur
Radiomodem embarqué	Voir annexes A 1	Fiche « COM » de la carte Micropilot	Attention à la consommation
Récepteur	4.8 Volts	*****	Utiliser la batterie du Servoboard
Antenne GPS	*****	Antenne GPS de la carte Micropilot	Placer la plaque à l'horizontale
Tube de Pitot	*****	Capteur de Pression au centre de la carte Micropilot	Ne pas l'écraser
Servos des ailerons	*****	S1 (Servoboard)	
Servo de la profondeur	*****	S2 (Servoboard)	
Servo de la direction	*****	S3 (Servoboard)	
Servo des gaz (variateur)	*****	S4 (Servoboard)	Attention au réglage de l'idle (IV.2.1)
P2 : Fiches « rudder », « ailerons », « throttle », « elevator » et « switch »	*****	Récepteur	choisir une voie avec un interrupteur pour le « switch » (voie 5)

## IV – Vols en mode manuel

Afin de recueillir des informations utiles et de trouver celles qui nous sont nécessaires, ces vols sont les éléments de l'indispensable préparation à effectuer avant de pouvoir prétendre faire voler l'avion en mode automatique.

### IV.1 – Vol carte débranchée

Ce vol ne nécessite pas de réglages particuliers. Il s'agit d'un simple vol d'aéromodélisme. Il ne faut pas utiliser le montage décrit avant. En revanche, il faut voler avec toute la charge pour pouvoir tirer des conclusions.

Equipement à embarquer sur l'avion :

- Carte Micropilot (non branchée) et extensions et tube de Pitot
- Radiomodem (non branché)
- Récepteur
- Batteries (même si elles ne sont pas branchées)
- Antennes GPS et radiomodem

Le but principal est de vérifier la stabilité et la bonne maniabilité de l'avion. En théorie, cela ne devrait pas poser de problème si les servomoteurs ont été correctement installés.

Ce vol permet également de régler les trims sur la radiocommande. Il faudra s'y conformer lorsque l'on voudra régler les zéros des servomoteurs avec le pilote automatique.

Nous avons pu effectuer ce vol sans encombre et nous n'avons constaté aucun dysfonctionnement, hormis les à-coups « habituels » et mystérieux dans la propulsion.

### IV.2 – Vol carte branchée, commutée en mode manuel

#### *IV.2.1 – Réglages à effectuer impérativement*

Avant de faire ce vol, il faut, cette fois, régler tous les paramètres de base de la carte : tous sauf ceux qui concernent spécifiquement le vol en automatique (par exemple : PIDs et données d'altitude, vitesse, etc. de croisière).

Equipement à embarquer sur l'avion :

- Carte Micropilot (branchée) et extensions et tube de Pitot
- Radiomodem (branché ou non, au choix)
- Récepteur
- Batteries
- Antennes GPS et radiomodem

Pour éditer la configuration du pilote automatique, il suffit de double-cliquer sur un des fichiers vrs (par exemple « default.vrs ») pour voir les réglages par défaut, voir Figure IV.1, repère 1) sur l'écran d'accueil du logiciel Horizon.

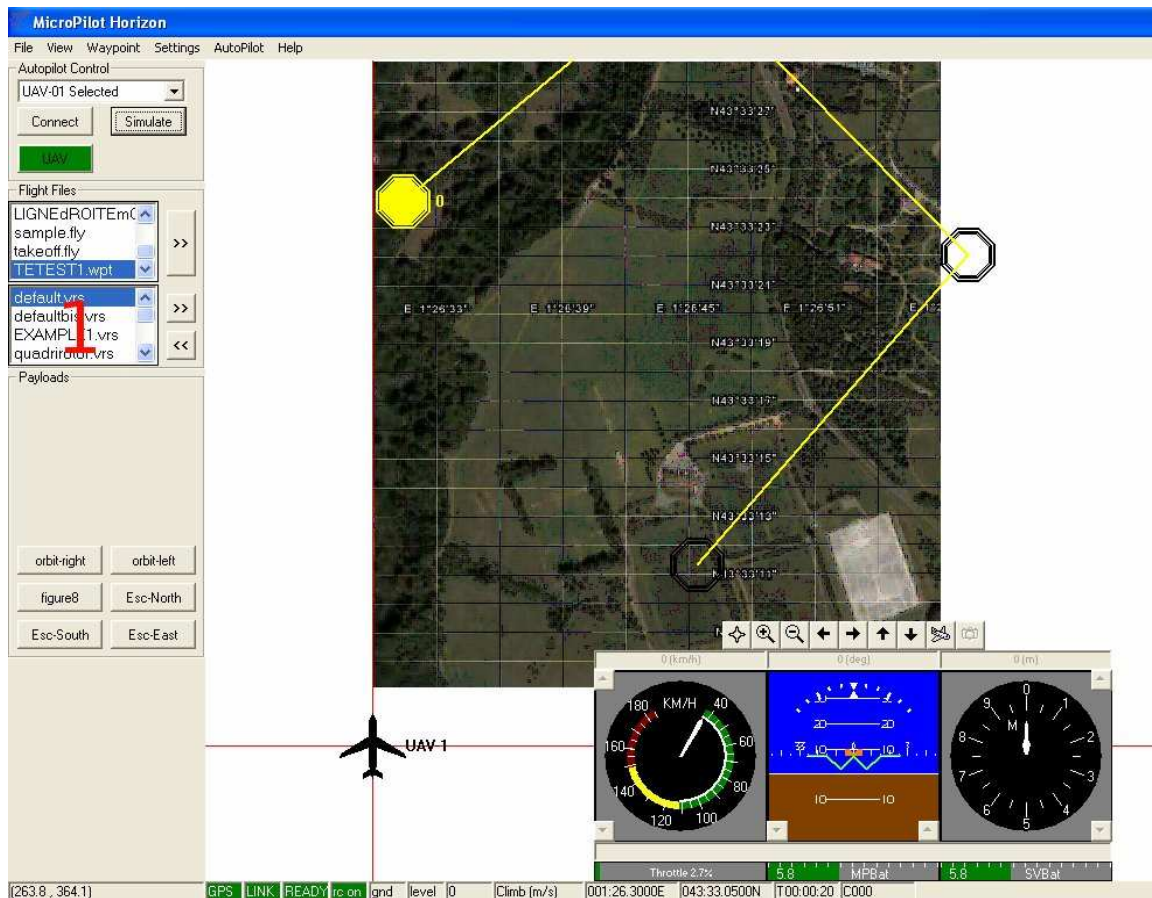


Figure IV.1 : Ecran d'accueil de Horizon

Il faut régler au préalable :

- Les alertes de niveau de batterie faible (Figure IV.2). Ce point est très sensible car, de la même manière que nous l'avons expliqué précédemment, si les batteries Li-Poly sont trop déchargées, elles deviennent inutilisables. En revanche, si les alertes sont trop hautes, la carte produira une erreur de batterie faible trop rapidement. Dans ce dernier cas, elle bougera les gouvernes de direction et de profondeur jusqu'à ce que le problème soit réglé.
- le débit pour le radiomodem (9600 bit/s) et désactiver les champs concernant l'AGL (altimètre à ultrasons) et le compas, puisque nous ne les utilisons pas.

**Attention :** Bien que nous utilisions l'altitude GPS (et que nous ne souhaitons pas la désactiver), il ne faut en aucun cas cocher la case « Enable GPS Altitude ». Si cette case est cochée, les capteurs de pression sont désactivés (l'altitude et la vitesse propre donneront toujours la valeur « 0 »). En revanche,



si cette case n'est pas cochée, les capteurs fonctionneront et les données GPS seront bien utilisées par la carte et stockées dans le DataLog.

Tous ces champs sont visibles sur la Figure IV.2.

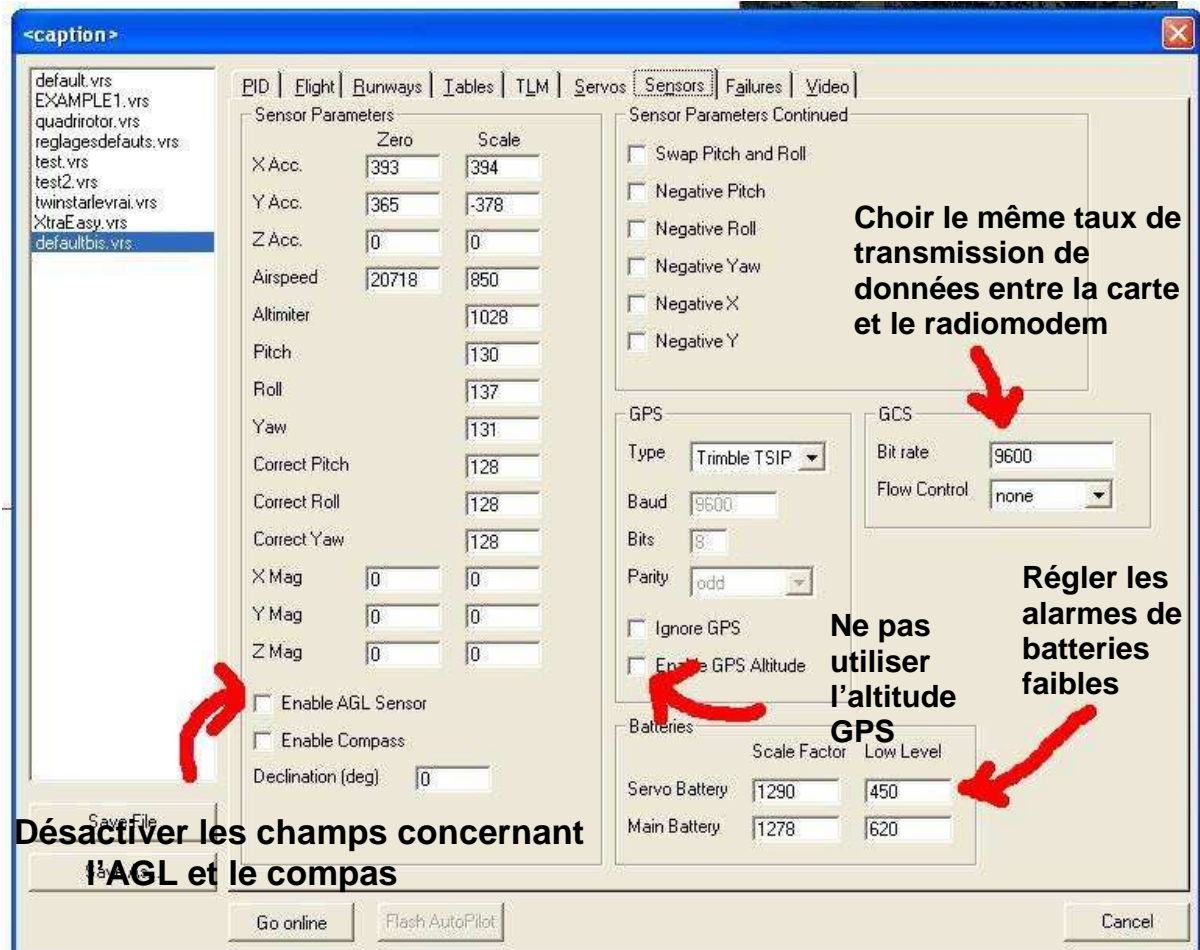


Figure IV.2 : onglet « Sensors » des réglages du pilote automatique

- Les zéros des servomoteurs. Il faudra que la position des zéros coïncide avec la position des servomoteurs lorsque la radiocommande est au neutre (d'où l'importance du réglage des trims). Tous les réglages suivants sont accessibles depuis l'onglet « Servos » des réglages du pilote automatique (Figure IV.3).



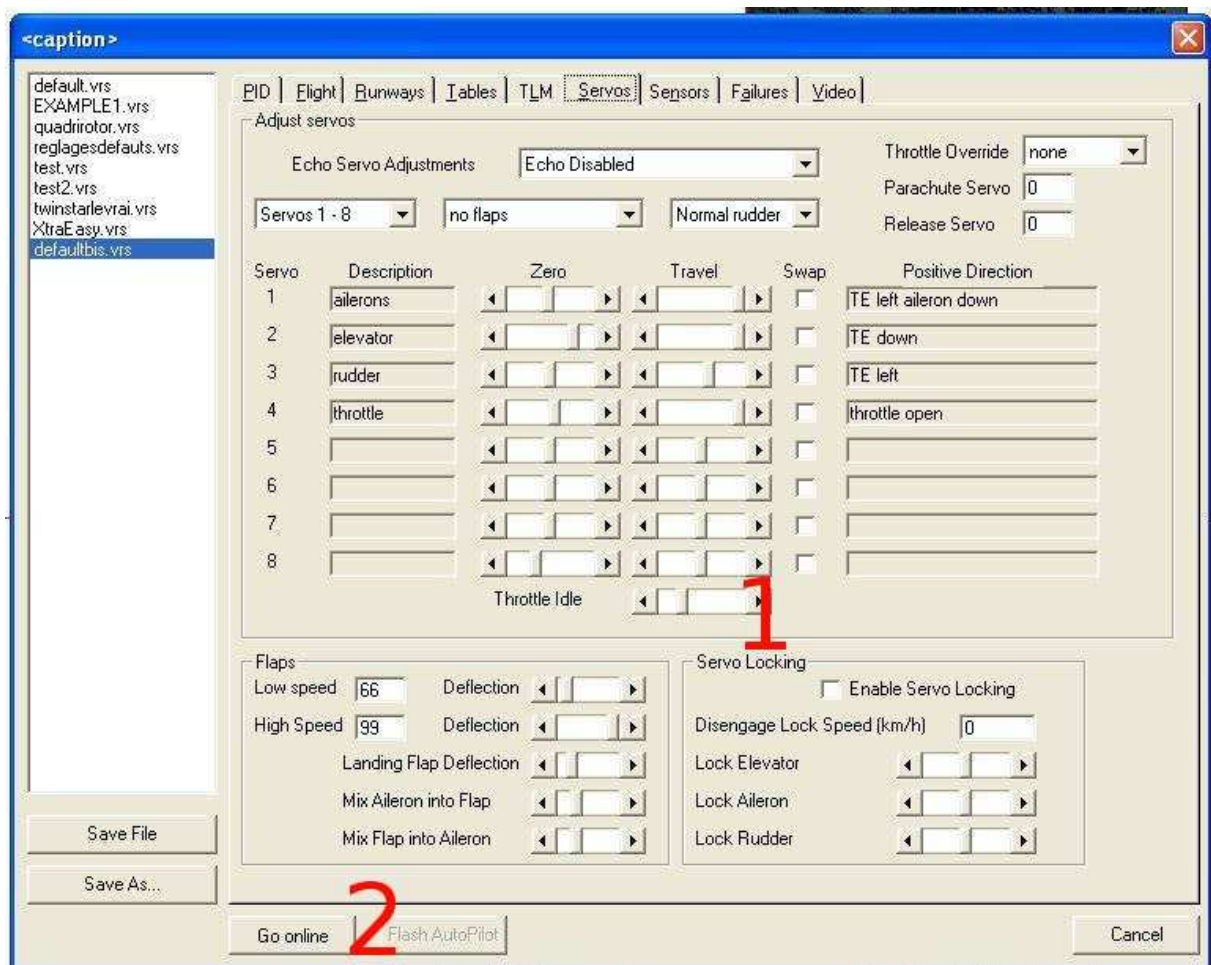


Figure IV.3 : onglet « Servos » des réglages du pilote automatique

- Les courses des servomoteurs. Nous avons constaté que les courses des servomoteurs sous pilote automatique sont globalement plus faibles que lorsque la radiocommande est utilisée. Nous avons donc réglé certaines des courses au maximum. Toutefois, il faut faire attention à ne pas dépasser la limite mécanique du servomoteur concerné, sans quoi les pignons casseraient.
- Le point bas des gaz : « Throttle Idle » (Figure IV.3, repère 1). **Il faut prêter une attention particulière à ce réglage.** On pourrait penser que mettre ce point bas au minimum ne pose aucun problème vu que nous utilisons des moteurs électriques qui ne risquent pas de caler. Pourtant, régler le point bas de cette manière empêchera le variateur de s'initialiser. En effet, lors de son initialisation, la carte Micropilot est en mode automatique et bloque l'accès aux servomoteurs (ils ne répondent pas à la radiocommande). Le premier signal que le variateur reçoit est donc le point bas du pilote automatique. Si celui-ci a été réglé trop bas, la radiocommande ne pourra pas le reproduire pour terminer l'initialisation du variateur, une fois l'initialisation de la carte terminée. Il sera donc impossible de faire démarrer les moteurs.

Tous ces réglages peuvent être fait à partir du logiciel Horizon, soit en décalé en modifiant un fichier vrs et en le transmettant à la carte, soit en temps réel sur le pilote automatique en cliquant sur « Go online » puis « Flash Autopilot » pour enregistrer les réglages (Figure IV.3, repère 2). Cette dernière méthode permet de vérifier les conséquences des changements en direct, ce qui est plutôt pratique.

Le logiciel « Micropilot Configuration Wizzard » permet d'effectuer la majorité de ces réglages et il est bon de l'utiliser au moins une fois pour régler certains paramètres.

#### *IV.2.2 – Tests à effectuer impérativement*

Il faut maintenant tester que tous les réglages sont corrects. Pour cela, il faut monter entièrement l'avion et l'alimenter. On peut éventuellement utiliser le câble série pour ne pas vider les batteries.

On utilise le logiciel Hyper Terminal (la configuration est décrite page 13 de « **MP2028 installation and Operation** »).

Tout d'abord, si le test est effectué en intérieur (ou très proche d'un bâtiment, ou par mauvais temps), il vaut mieux produire un signal GPS factice. Pour cela, on frappe 4 fois la touche « f ». L'initialisation peut prendre du temps (jusqu'à 15 minutes en théorie, jusqu'à 7 ou 8 minutes en pratique dans de mauvaises conditions). Lorsque l'initialisation est terminée, si les gouvernes des empennages se mettent à bouger, il y a une erreur fatale. Il est probable que ce soit une alerte de batterie faible ou l'oubli de désactiver l'utilisation du compas et/ou de l'AGL.

On vérifie ensuite, en bougeant l'avion dans différentes positions, que les gouvernes se déplacent bien de manière à ramener l'avion en position stable (à l'horizontale). Si ce n'est pas le cas, il faut cocher la case « swap » à côté du servomoteur correspondant (Figure IV.3).

Si tout se passe bien, on frappe 4 fois la touche « s » pour afficher les données des capteurs (comme sur la Figure IV.4). appuie simple sur « s » permet de réafficher le nom des colonnes quand celui-ci n'est plus visible.

0 Sat 9.0V 4.8V spd= 4																	
hdg	pitch	roll	yaw	xd	yd	spd	palt	agl	alt	el	ai	rdr	th	rollc	pitchc	yawc	tmp
0	204	159	-1	20	-25	4	-35	0	1	1686	-11739	-83	1000	110606	899	1795	2217
Gyros Stabilized and GPS locked.....OK																	
0	204	189	-1	20	-25	5	-35	0	1	1682	-13919	-60	1000	118410	1159	2029	2217
0	205	212	-1	20	-25	5	-37	0	0	1717	-15556	-82	1000	118410	1159	2185	2218
0	205	238	-1	20	-25	5	-37	0	0	1711	-17485	-70	1000	122387	1335	2263	2218
0	204	253	-1	20	-25	4	-40	0	-1	1688	-18565	-109	1000	123450	1335	2341	2218
0	204	271	0	20	-25	4	-40	0	1	1682	-19944	4	1000	123450	1154	2497	2218
0	204	284	0	20	-25	4	-41	0	0	1681	-20862	19	1000	122246	1409	2497	2218
0	204	298	0	20	-25	4	-40	0	1	1688	-21870	35	1000	122246	1409	2497	2218
0	204	302	-1	20	-25	5	-40	0	0	1689	-2						
0	204	316	-1	20	-25	5	-41	0	0	1680	-23177	-40	1000	115254	1677	2809	2218
0	204	316	-1	20	-25	4	-41	0	-1	1688	-23239	-67	1000	115254	1950	3043	2219
0	204	316	-1	20	-25	4	-41	0	0	1680	-23235	-24	1000	110443	2193	3199	2219
0	204	327	-1	20	-25	5	-41	0	0	1687	-23980	-80	1000	110443	2193	3277	2219
0	204	322	-1	20	-25	5	-41	0	0	1723	-23660	-62	1000	105175	2444	3433	2219
0	205	334	0	20	-25	4	-42	0	-2	1716	-24554	-33	1000	99545	2444	3433	2219
0	205	330	0	20	-25	5	-41	0	1	1719	-24220	-18	1000	99545	2654	3589	2219
0	205	326	-1	20	-25	5	-42	0	0	1718	-23964	-112	1000	93631	2823	3823	2219
0	206	335	-1	20	-25	5	-42	0	0	1749	-24565	-57	1000	93631	2823	4057	2219
0	206	327	-1	20	-25	4	-42	0	0	1748	-23976	-63	1000	87670	2923	4291	2220
0	206	337	-1	20	-25	5	-42	0	0	1750	-24744	-53	1000	81725	2923	4525	2220
0	206	329	-1	20	-25	5	-44	0	-1	1754	-24147	-111	1000	81725	2997	4681	2220
0	207	324	-1	20	-25	5	-45	0	0	1790	-23789	-80	1000	75906	3036	4994	2220
0	207	330	-1	20	-25	5	-46	0	0	1787	-24217	-43	1000	75906	3036	5228	2220

Figure IV.4 : écran de Hyper Terminal : les capteurs

- Si les champs « Altitude » et « Airspeed » restent à 0, la case « Enable GPS Altitude » a été cochée. Il faut la décocher et réinitialiser la carte.
- On vérifie ensuite que les mouvements de l'avion produisent bien les effets escomptés sur les valeurs des capteurs. Cette étape est réellement bien décrite dans le DVD Micropilot "Installation training video".

Avant de voler, il faut avoir fait le test avec un vrai signal GPS car on ne peut pas voler avec un signal GPS factice.

Nous avons pu effectuer ce vol. A première vue, nous n'avons pas constaté de réel problème durant le vol de l'avion mais notre pilote (Basile Ginel) nous a signalé des à-coups dans la puissance des moteurs. Ce problème était en effet bien visible, comme si les gaz étaient coupés très brièvement, de manière aléatoire. Toutefois, le vol s'est passé sans encombre et nous n'avons pas pu identifier la source du problème.

#### IV.2.3 – Transfert des données enregistrées par la carte : le DataLog

Une des fonctionnalités de la carte Micropilot MP2028g est de garder en mémoire, de façon temporaire, toutes les données recueillies par les différents capteurs (pression, GPS, gyros, etc.). Cet enregistrement commence automatiquement dès que la carte est initialisée et que la vitesse GPS devient non nulle ou que l'on simule un faux signal GPS. Ces données vont nous servir à analyser les vols que nous avons effectué et à vérifier que tout s'est réellement bien passé.

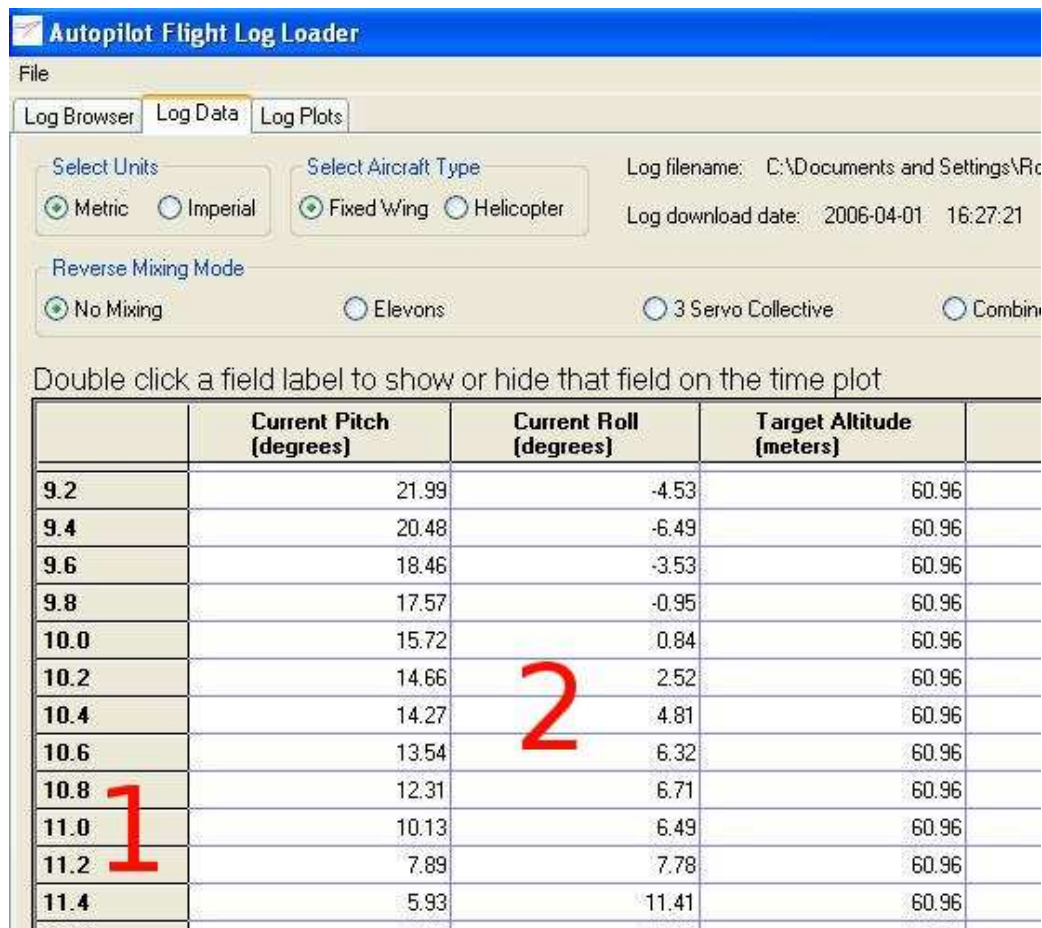
Les données récupérables sous forme de fichiers txt qui doivent être lues avec le logiciel LogViewer (Autopilot Flight Log Loader).

Si le vol est suivi par horizon (il faut alors utiliser le radiomodem), l'enregistrement des données est automatique, dans un fichier « UAV-1-stdtImDATE-HEURE.txt » dans le dossier « logs » d'Horizon. Il suffit alors d'ouvrir ce fichier à partir de LogViewer.

Dans tous les cas, il est possible de récupérer le DataLog grâce au logiciel LogViewer en utilisant « Read log from autopilot » après le vol. Toutefois, si cette manœuvre a fonctionné pour nous la première fois, il nous est arrivé de ne pas pouvoir extraire le DataLog et de perdre ainsi des données importantes. Cette méthode doit donc être utilisée avec précautions.

#### IV.2.4 – Dépouillement des données du DataLog

Voici ce que l'on obtient une fois qu'on a chargé les données :



	Current Pitch (degrees)	Current Roll (degrees)	Target Altitude (meters)
9.2	21.99	-4.53	60.96
9.4	20.48	-6.49	60.96
9.6	18.46	-3.53	60.96
9.8	17.57	-0.95	60.96
10.0	15.72	0.84	60.96
10.2	14.66	2.52	60.96
10.4	14.27	4.81	60.96
10.6	13.54	6.32	60.96
10.8	12.31	6.71	60.96
11.0	10.13	6.49	60.96
11.2	7.89	7.78	60.96
11.4	5.93	11.41	60.96

Figure IV.5 : Onglet « données » du logiciel LogViewer

On a donc la possibilité d'étudier les valeurs données par chaque capteur ainsi que certaines valeurs clés du pilote automatique, comme l'altitude cible, la vitesse propre cible, etc. (figure IV.5, repère 2). On trouve ces valeurs découpées par



un pas de temps de 0.2 secondes (Figure IV.5, repère 1) car la carte échantillonne les données à 5 Hz.

En double-cliquant sur une colonne, on peut tracer la courbe correspondant au données de cette colonne en fonction du temps. Elle apparaît dans l'onglet « Log Plots » du logiciel (Figure IV.6). On peut alors y observer la trajectoire de l'avion et, par exemple, vérifier visuellement qu'il n'y a pas de comportement erroné des capteurs.

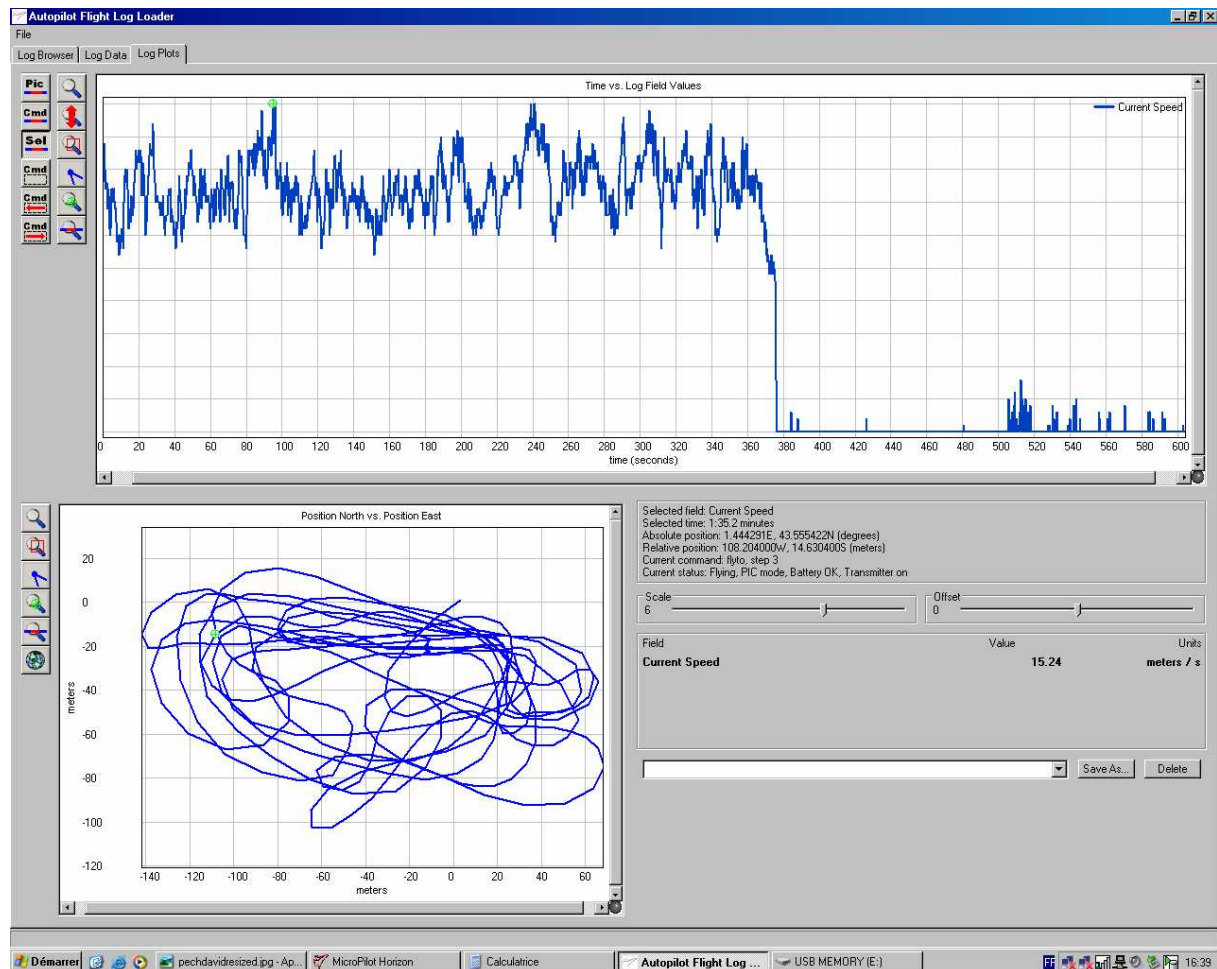


Figure IV.6 : Tracer de la vitesse en fonction du temps (haut), trajectoire de l'avion (bas)

De cette manière, nous avons pu vérifier que la mesure d'altitude par pression statique que nous pensions douteuse, compte tenu du cloisonnement du capteur, était fiable, par comparaison avec l'altitude mesurée par GPS.

## V – Obtention du modèle dynamique de l'avion

### V.1- Introduction

Tout d'abord, la création d'un modèle dynamique de l'avion a pour but de mieux connaître son comportement, c'est-à-dire la manière (et par là il faut comprendre essentiellement la rapidité et l'amplitude) dont il réagit à certaines impulsions en commande.

Prenons un exemple simple que nous allons suivre tout au long du développement de cette partie ainsi que, dans un souci de cohérence dans la partie *simulation*, celui de roulis : réponse du système avion à une commande aileron. (Nous négligerons ici tous les aspects de roulis induit par la gouverne de direction et réciproquement ).

En effet, la simulation ainsi que l'automatisation même du twinstar agit par un système de correction continu dans le temps faisant intervenir des régulateurs PID. Le principe est relativement simple.

A partir des coefficients du PID et à partir de la valeur consigne et de la valeur actuelle, si le système sait comment réagit l'avion à une entrée en commande, il peut alors effectuer une batterie de calculs, prenons le cas d'un régulateur proportionnel simple  $K_p$ , tout d'abord le système calcule la différence entre la consigne ( la valeur désirée ) et la valeur actuelle , puis il multiplie cette différence par le coefficient  $K_p$ , cela donne alors la valeur de l'entrée au temps 1 , si le système connaît comment réagit l'avion avec une telle entrée ( par exemple pour une valeur d'aileron de 1 , le roulis sera de 2 ) alors la sortie est aisément calculable ,et le système regarde ensuite si la valeur de la sortie trouvée correspond à la consigne et recommence la procédure ...Il calcule donc la nouvelle différence entre cette dernière sortie et la consigne qu'il multiplie par le coefficient  $K_p$  etc...

Le problème est que le logiciel Horizon ne peut connaître la valeur de la réponse de l'avion à une commande donnée, (enfin pas tout à fait voir annexe *Aircraft Editor*), c'est pourquoi la simulation présente dans ce logiciel est assez arbitraire, elle ne tient pas compte des paramètres caractéristiques de l'avion. Le réglage des gains des régulateurs ne peut alors qu'être empirique à force d'essais en vols et de constatation des résultats...

L'outil ident de Matlab permet de créer un modèle linéaire de l'avion, à partir des données de la valeur des ailerons prises sur un essai en vol et des données de la valeur du roulis correspondantes, Ident est capable de créer une fonction de transfert ayant en entrée la commande en aileron et en sortie la valeur du roulis.

Nous supposons donc que le système de l'avion est linéaire, ce qui n'est pas un problème car cela ne s'éloigne pas trop de la réalité (a priori un avion réagit linéairement en roulis suite à une entrée en ailerons ...)

En réalité Ident ajuste les paramètres d'un modèle donné jusqu'à ce que la sortie du modèle réalisé coïncide le plus avec la sortie mesurée...

Un modèle linéaire peut être mis en équation de façon générale par

$$\begin{aligned}x(t+1) &= Ax(t) + Bu(t) + Ke(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t) + e(t)\end{aligned}$$

avec

x : vecteur d'état

y : vecteur de sortie

u : vecteur de commande

e : vecteur de bruit

A : matrice dynamique

B : matrice de commande

C : matrice de mesure

D : matrice de transmission directe

K : matrice de bruit

La fonction de transfert que calculera Ident sera alors de la forme

$$G(p) = C(pI - A)^{-1}B + D$$

## V.II - Méthodologie

### *V.II.1 - Des essais en vol pertinents*

Il faut réaliser des essais en vol qui permettront une bonne analyse des résultats et donneront un modèle le plus convaincant possible.

Pour cela il faut effectuer :

- Une ligne droite à altitude constante tout en donnant de brèves impulsions sur la commande en aileron pour tester la réponse en roulis et sur une gamme de fréquence assez large pour que les données fournies à Matlab soient les plus complètes possibles, la réalisation du modèle n'en sera que meilleure... On réalise déjà que seul un pilote chevronné peut réaliser ce genre de manœuvres...
- Réaliser des montagnes russes en ligne droite en donnant de brèves impulsions sur la commande en gouverne de profondeur pour tester la réponse en tangage et bien sûr toujours sur une gamme de fréquence assez large

- Réaliser des cercles concentriques en donnant de brèves impulsions sur la commande en aileron pour tester la réponse en cap ce qui nous donnera des informations utiles pour réaliser la fonction de transfert ayant en entrée le roulis et en sortie le cap GPS . Cette fonction de transfert est peut être la plus importante de toute ...
- La commande de lacet peut être négligée dans un premier temps
- Nous n'avons toujours pas trouvé une bonne méthode qui permettrait d'obtenir des résultats tangibles quand à la relation entre la vitesse air et la commande des gaz , il faudrait pouvoir voler a altitude constante , en ligne droite tout en faisant varier la commande des gaz...

### *V.II.2 - La méthodologie Ident*

La méthodologie est assez simple :

- Repérer le datalog qui nous intéresse
- Aller dans Matlab et faire un import data du datalog qui nous intéresse, Matlab retranscrit immédiatement les données du datalog au sein d'une matrice qui possède exactement les mêmes colonnes et mêmes lignes que le tableau obtenu en ouvrant ce datalog avec le logiciel Logviewer mais a un coefficient multiplicatif près qui de toute façon ne change rien en ce qui concerne la réalisation du modèle qui nous intéresse. Renommer ce fichier l'appeler Data par exemple...
- Regarder la partie du datalog qui est intéressante par exemple dans notre cas , on voit bien que c'est la partie de 0 a 370 qui est intéressante puis créer une matrice data1 qui aura  $370 * 5 = 1850$  lignes car la fréquence d'échantillonnage est de 5 Hertz et qui aura toutes les colonnes



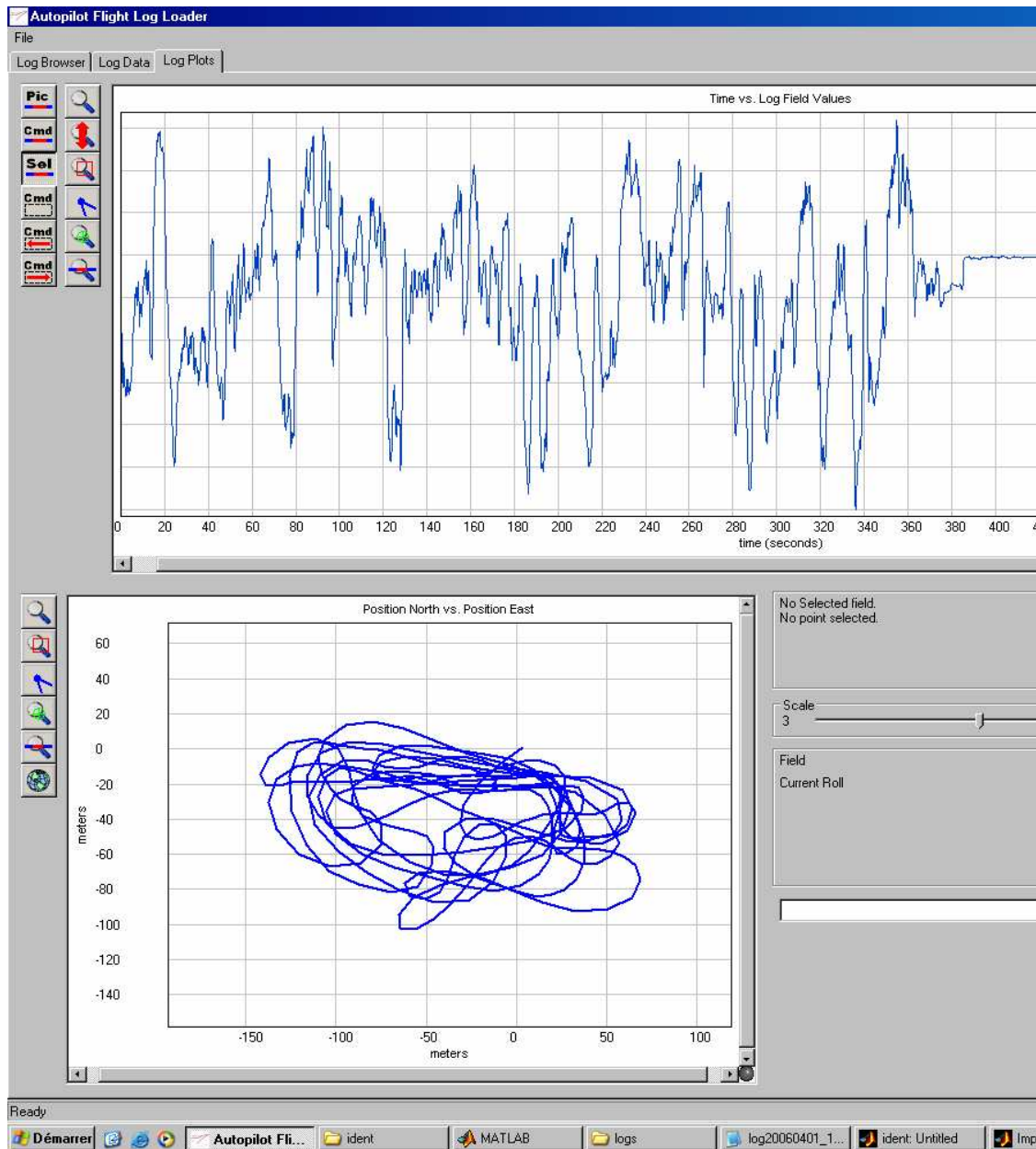


Figure V.1 :Roulis en fonction du temps

- Revoir dans le datalog quelles sont les colonnes intéressantes et créer des matrices colonnes : par exemple dans notre cas le roulis est la deuxième colonne du tableau on crée donc **roll=data1(:,2)** ; et **aileron=data1(:,13)** ; cela veut dire qu'on prend toutes les lignes de la 13ème colonne.

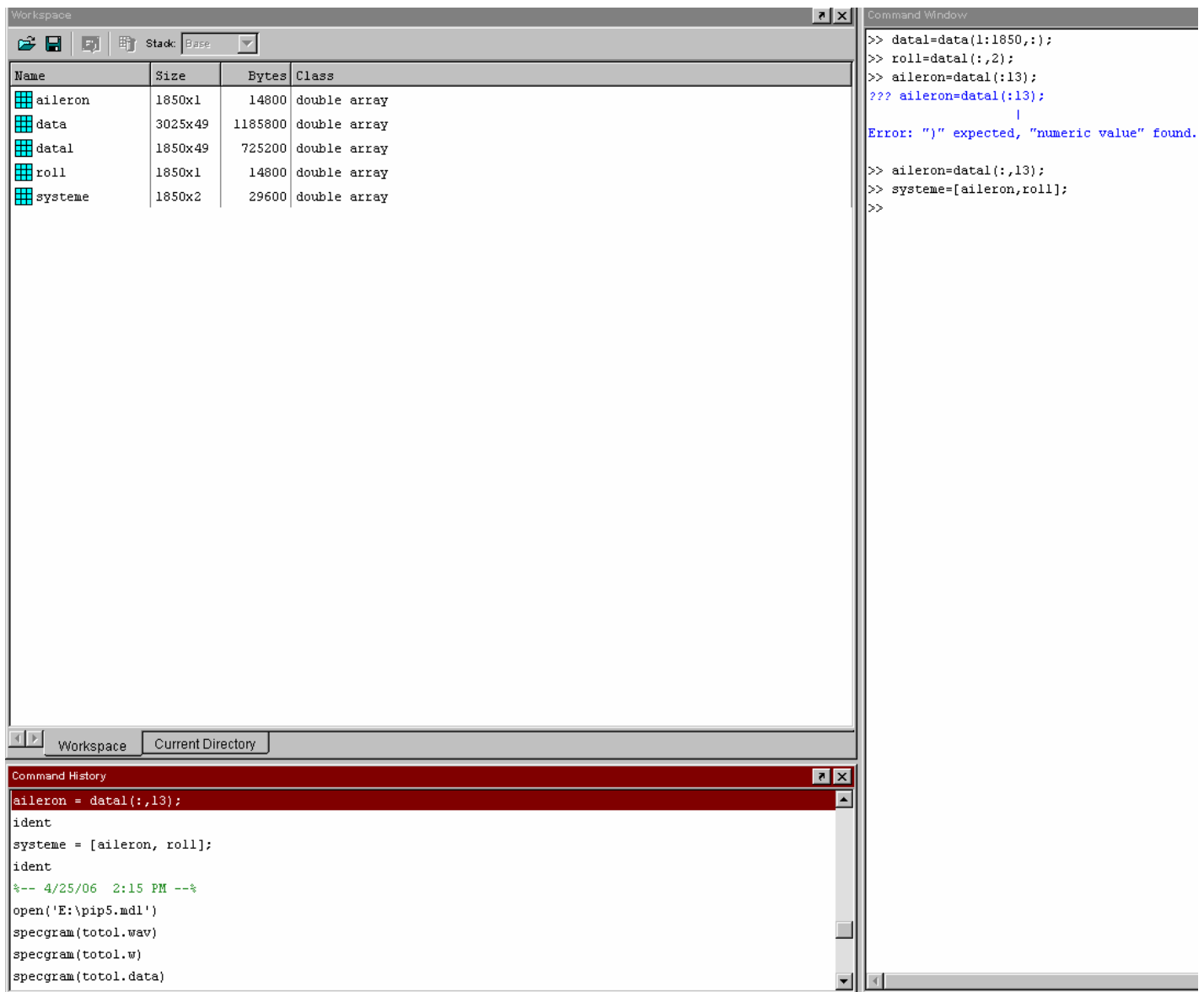


Figure V.2 : Code sous Matlab

- Il suffit ensuite de taper Ident sous Matlab et le tour est joué ...
- Dans import data mettre en output(sortie) la commande roll et en input(entrée) la commande aileron :

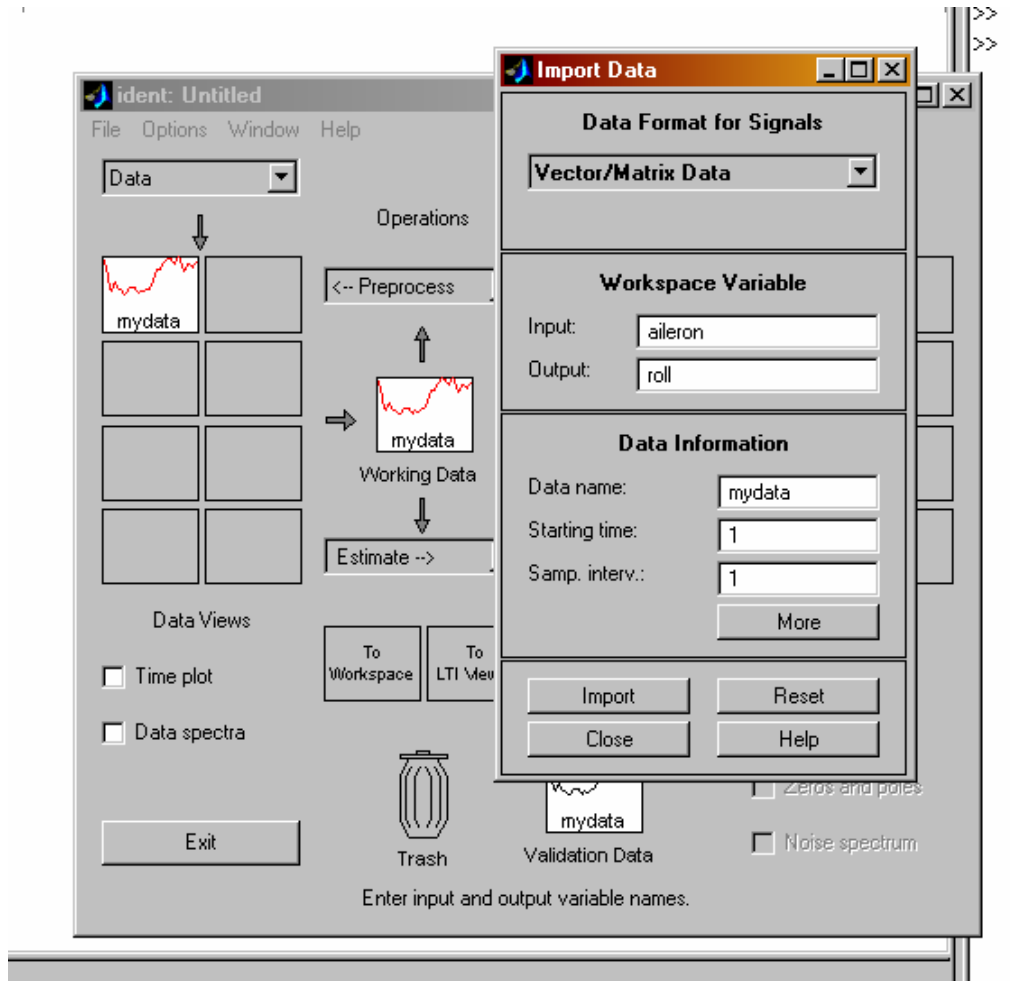
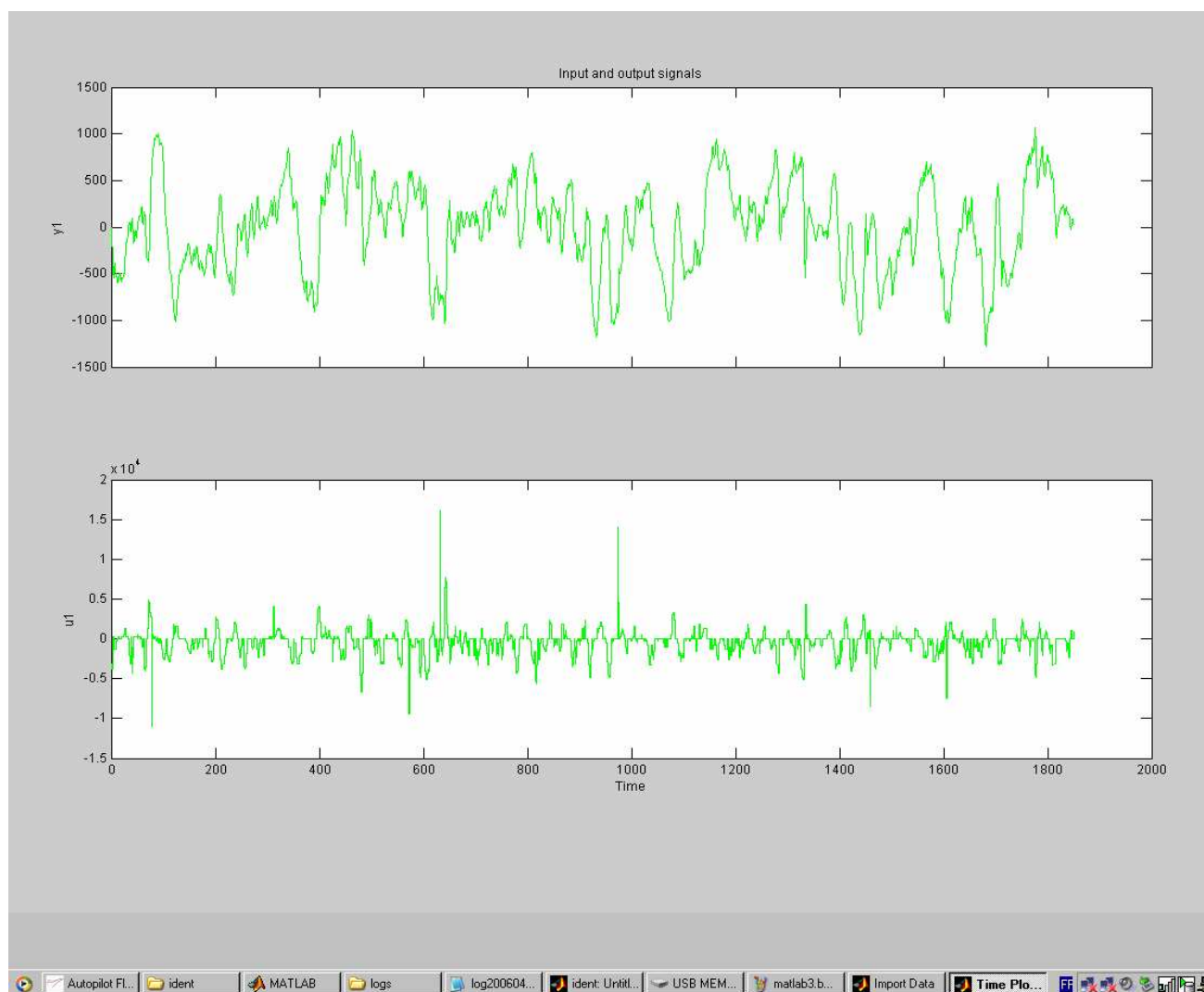
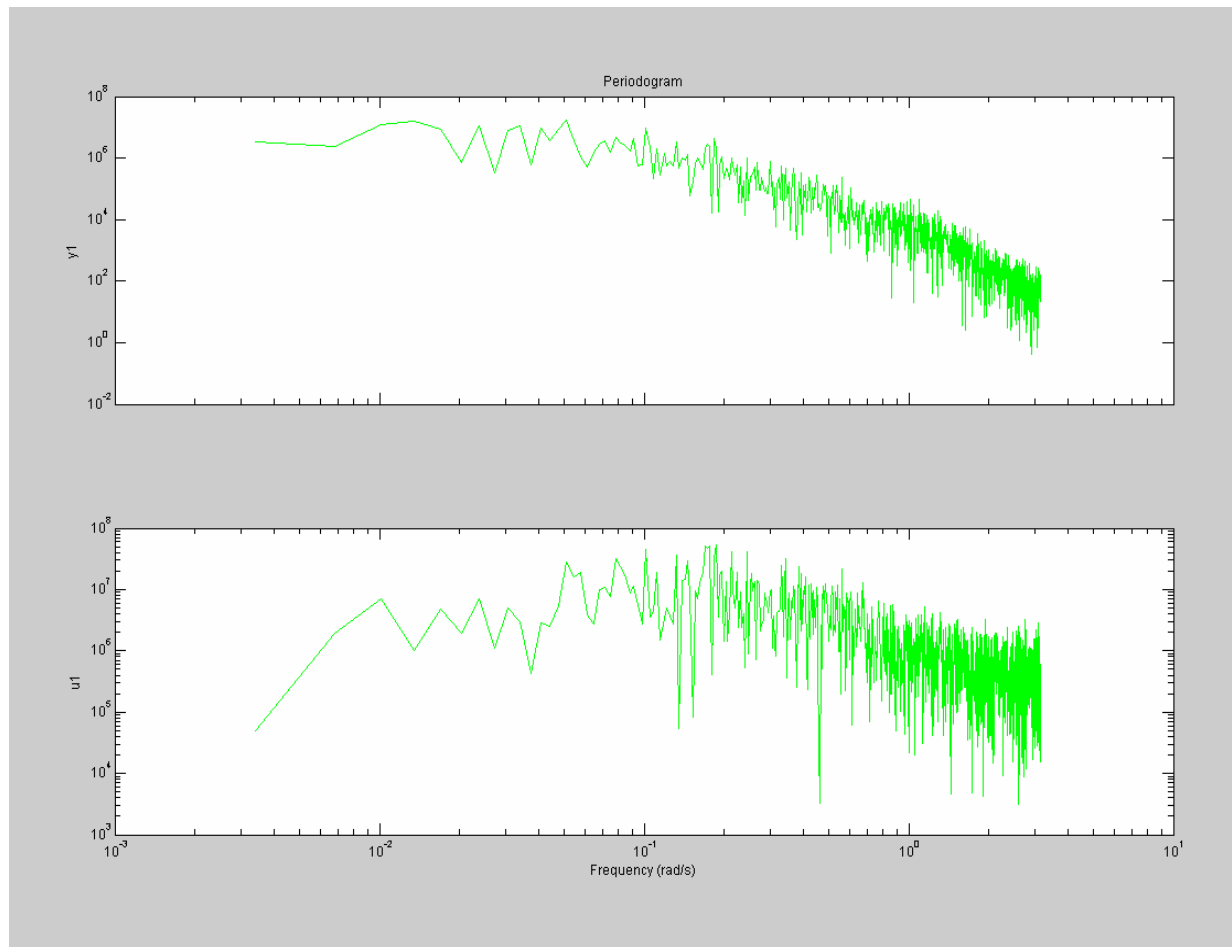


Figure V.3 : Présentation de ident ; entrée de l'input et de l'output.

- Apparaît alors dans la colonne Data Views, la fonction de transfert ayant pour entrée la commande aileron et en sortie la commande roulis, il est alors possible de visualiser les fonctions roulis en fonction du temps et roll en fonction du temps ainsi que d'avoir leur spectre associé avec la possibilité de filtrer en temps ou en fréquence en sélectionnant dans le menu Preprocess les commandes respectivement « select range » et « filter »



*Figure V.4 : Roulis en fonction du temps (en haut) aileron en fonction du temps (en bas)*



*Figure V.5 : Spectre Roulis (haut) et aileron (bas)*

- La première chose à faire est d'enlever les moyennes en utilisant la commande « remove means » dans le menu preprocess : cela permet d'enlever toutes les constantes relatives par exemple aux « zeros » mal positionnés des servocommandes ... et permet donc de se rapprocher d'un modèle linéaire... Dans notre cas les résultats ne sont pas fabuleux puisque les zéros des ailerons étaient à peu près correctement positionnés..

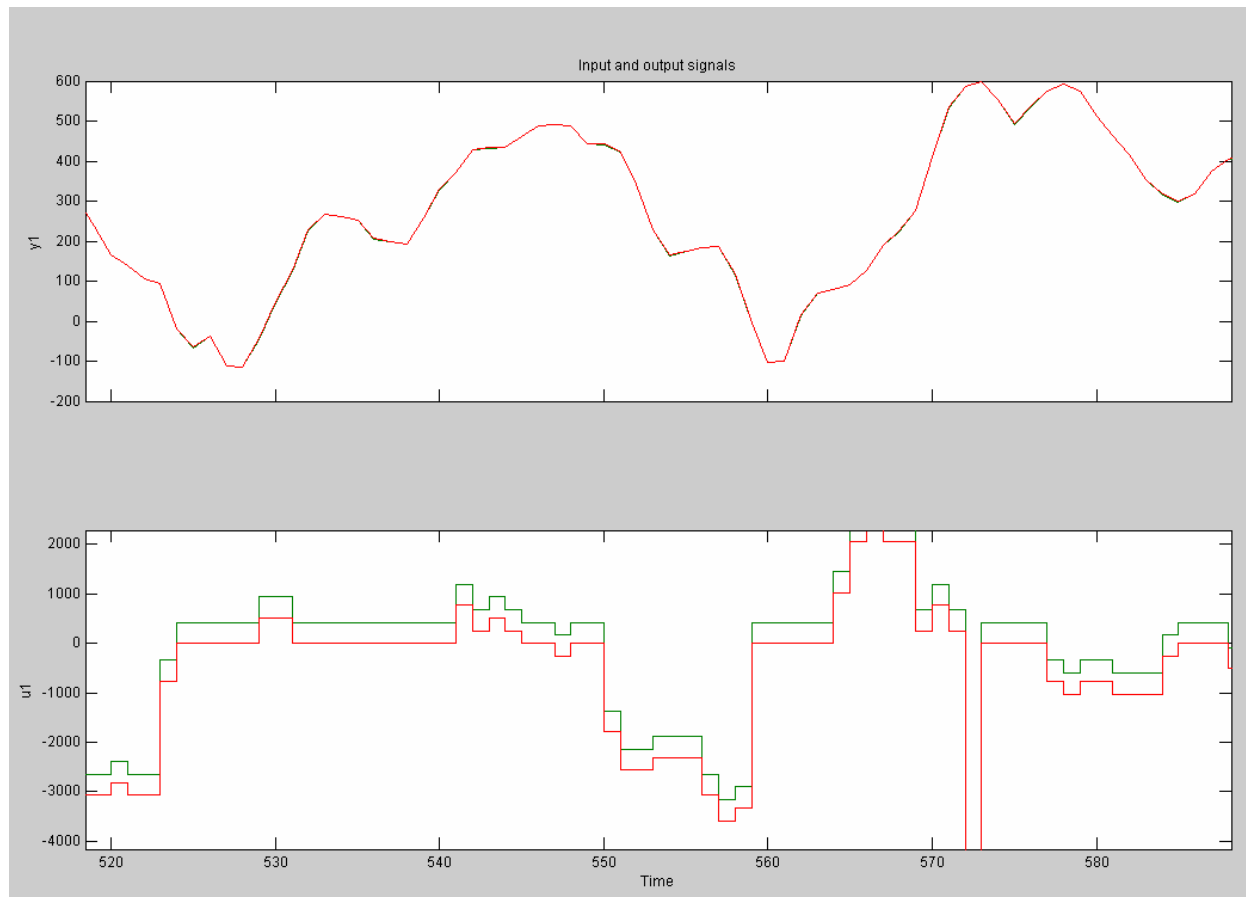
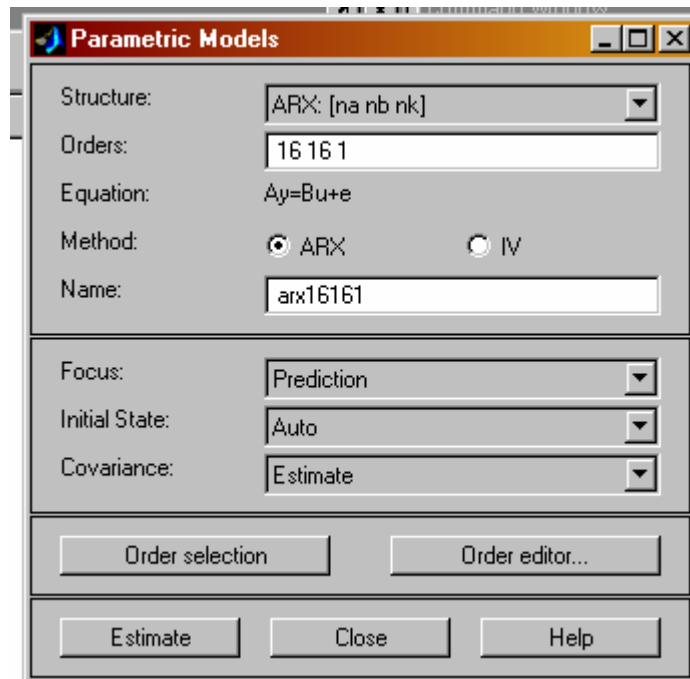
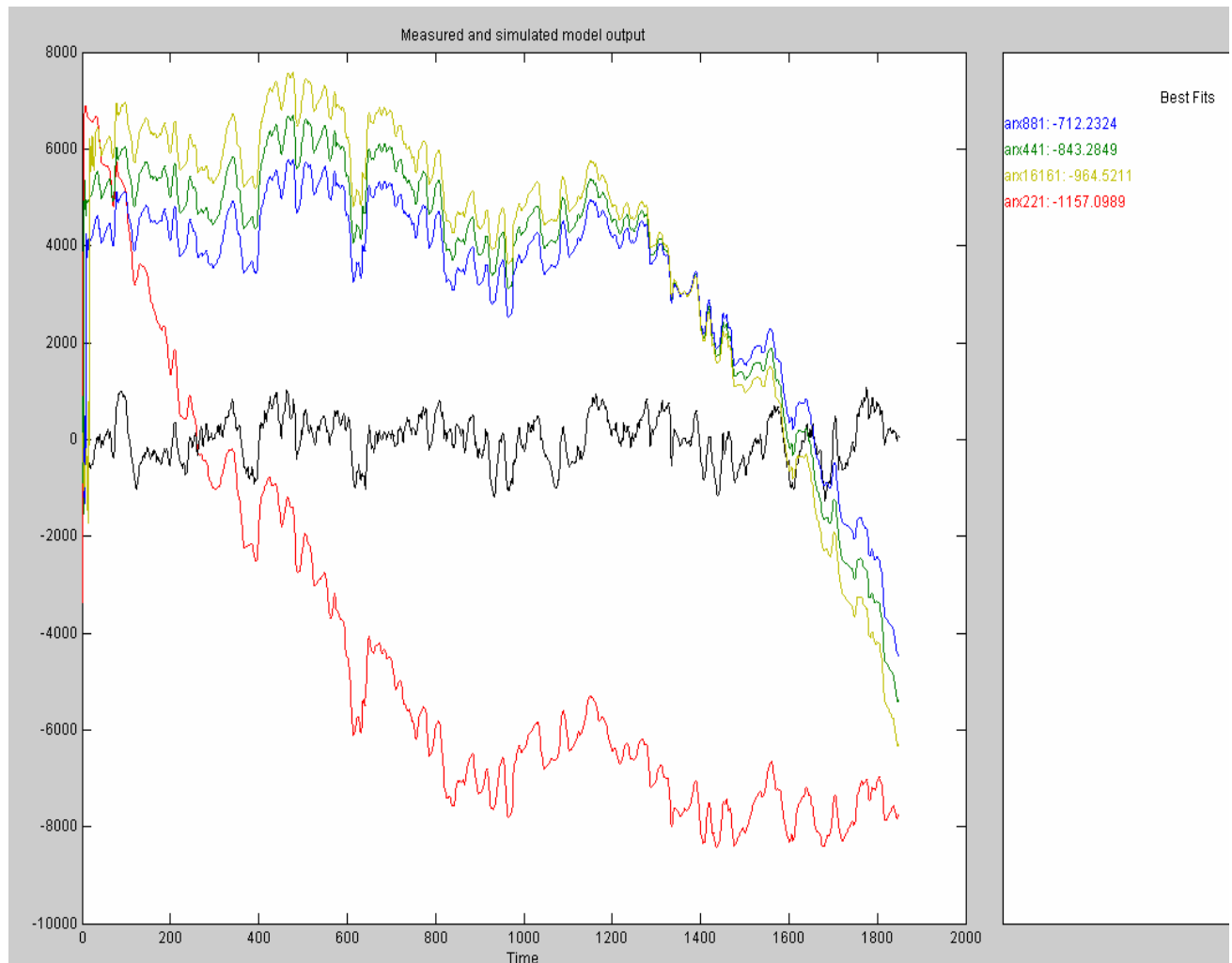


Figure V.6 Zoom sur input et output après « Remove means »

- On peut aussi utiliser la commande « remove trends » puisqu'on s'est aperçu qu'elle donnait des résultats similaires ...
- Il est possible de filtrer mais notre spectre allant jusqu'à 2.4 Hertz, il est peu probable qu'il y ait du bruit à une fréquence aussi basse, nous avons donc décidé de ne pas filtrer...
- Une fois le « remove means » réalisé il faut maintenant placer le diagramme correspondant au milieu de la fenêtre à l'emplacement intitulé « Working data » et sélectionner dans le menu « estimate » la commande « parametric models ». Cela ouvre une fenêtre qui demande de choisir l'ordre de la fonction de transfert. Ainsi le logiciel demande de rentrer 3 entiers  $n_a$ ,  $n_b$ , et  $n_k$ .
  - $n_a$  : représente le nombre de pôles du système
  - $n_b$  : en réalité  $n_b - 1$  représente le nombre de zéros du système
  - $n_k$  : il représente le « temps mort » du système mais pour des données mesurées comme dans notre cas il est typiquement égal à 1



- Nous avons fait plusieurs tests et en avons conclu que le meilleur résultat était obtenu pour un ordre de 8 8 1 comme le montre les courbes suivantes :
  - L'ordre 2 2 1 est représenté par la courbe bleu foncé
  - L'ordre 4 4 1 est représenté par la courbe vert
  - L'ordre 8 8 1 est représenté par la courbe rouge
  - L'ordre 16 16 1 est représenté par la courbe bleu turquoise
  - La courbe noire quand a elle représente le modèle mesuré



*Figure V.7 : Roulis en fonction du temps de modèles de différents ordres*

- Il est ensuite possible d'accéder aux résidus de chaque modèle : ce qui donne une idée de l'importance des erreurs commises



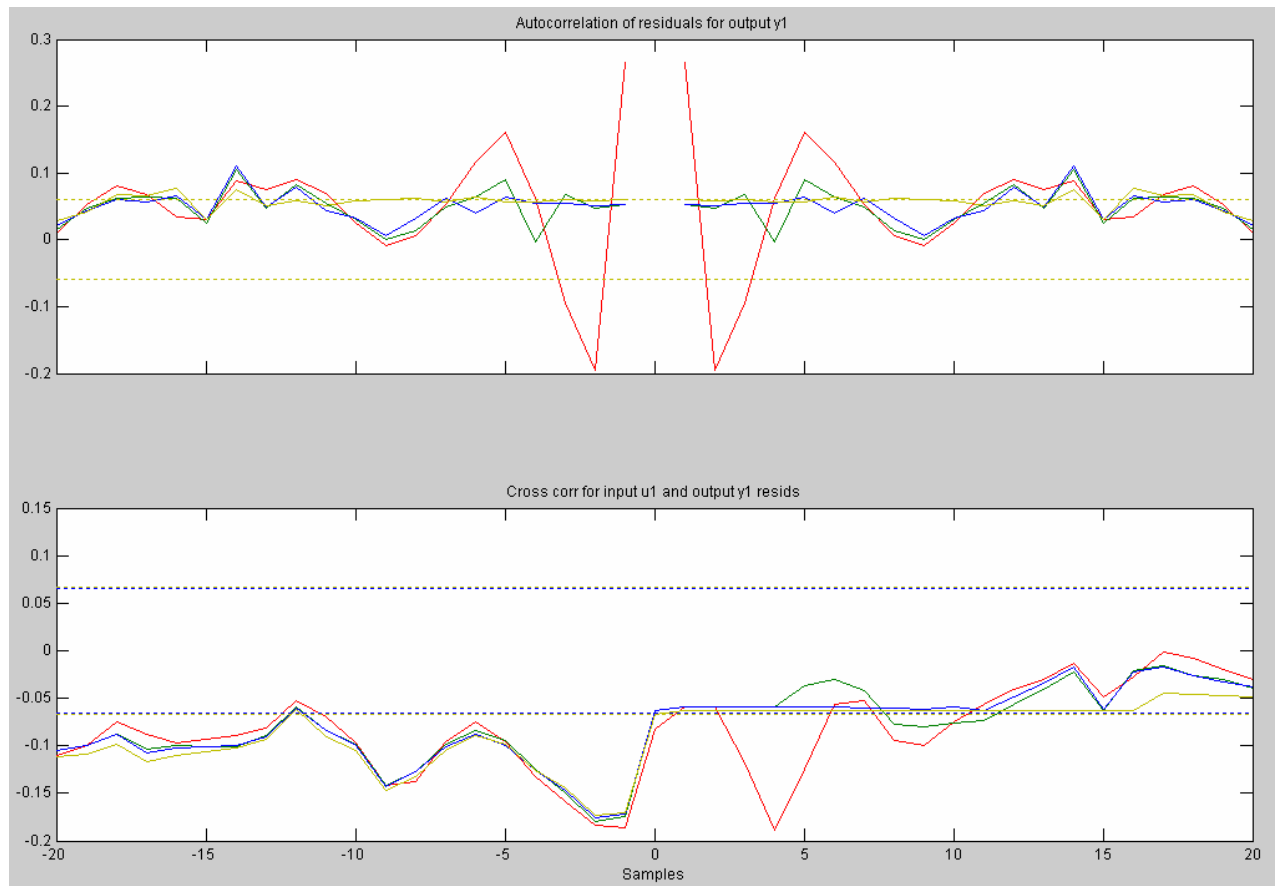


Figure V.8 : Résidus des différents modèles

- Enfin et c'est ce qu'il y a de plus intéressant il est possible d'accéder à la formule de la fonction de transfert ainsi qu'aux pôles et zéros correspondants :

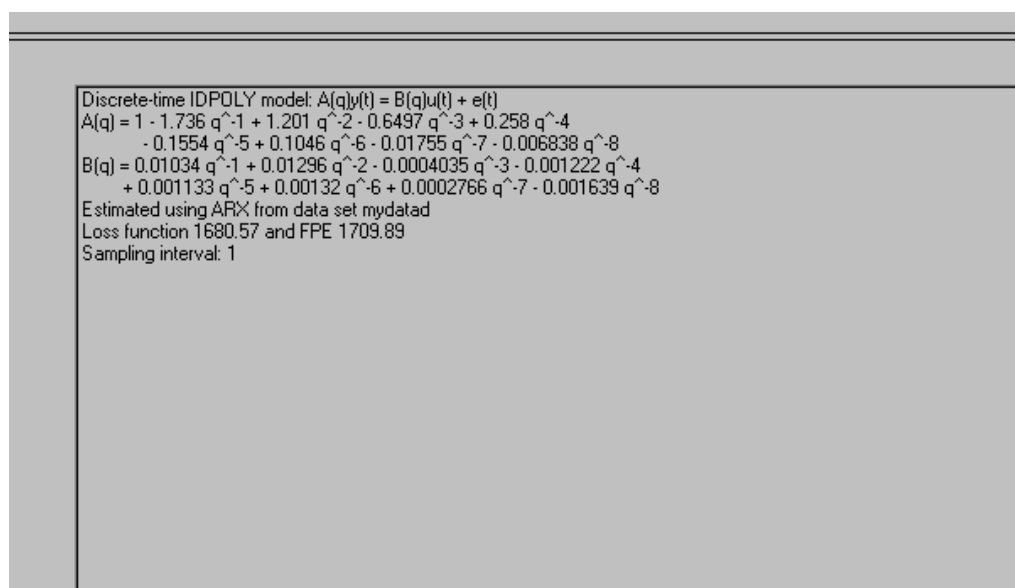


Figure V.9 : Formulation explicite de l'équation d'état

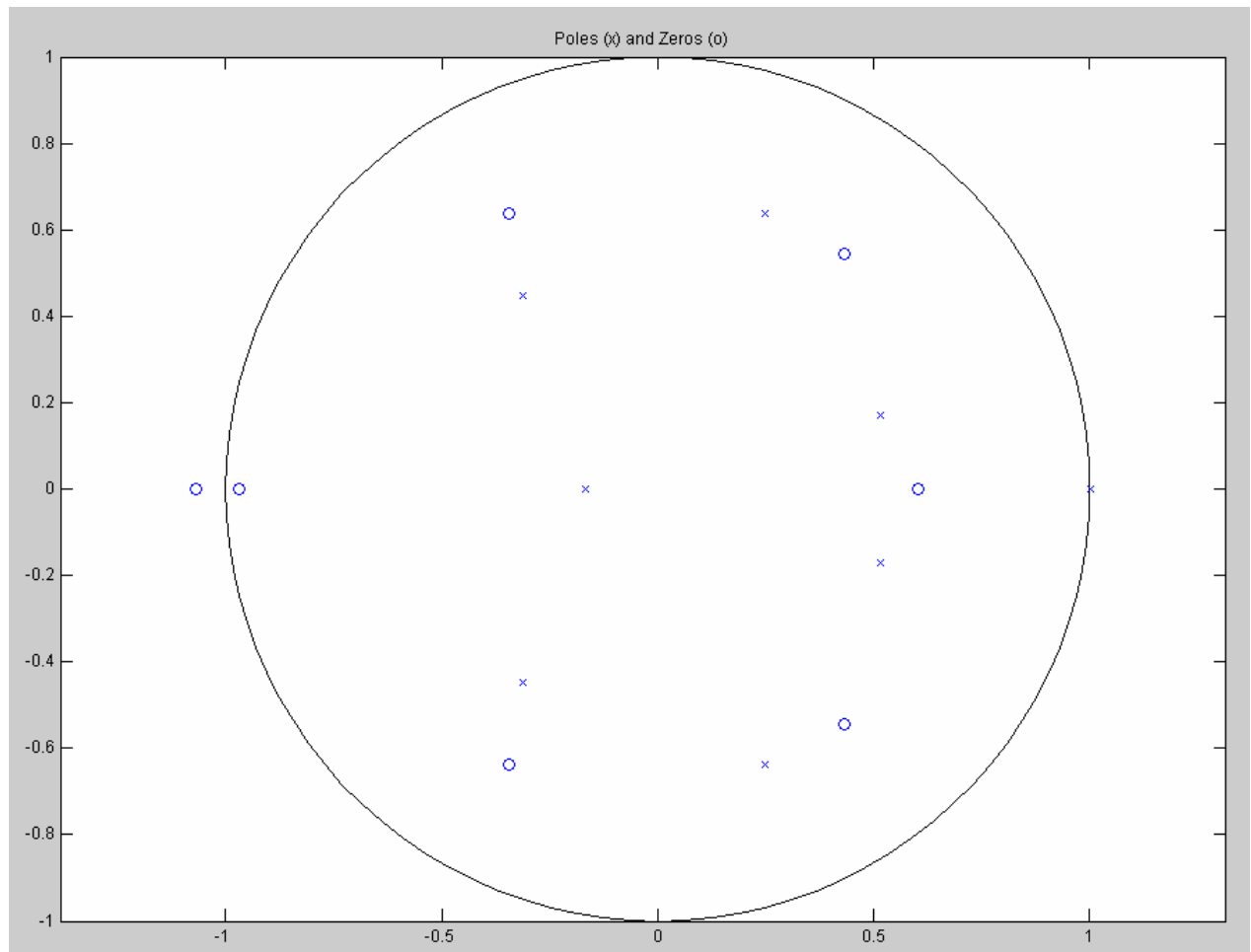


Figure V.10 : Représentation des pôles et des zéros de la fonction de transfert obtenu

Ici a part le pole en 1 qui montre bien une certaine linéarité, on ne peut pas dire grand-chose ...De toute façon il est surprenant de constater que c'est le modèle avec les ordres 8 8 1 qui fonctionne le mieux puisque si l'on sait que le nombre de pôles correspond au nombre d'intervalles différents dans la fonction de sortie, et que le nombre de zéros correspond aux nombres d'intervalles différents dans la fonction d'entrée , on aurait plutôt opter pour un modèle 2 2 1...On ne comprend pas très bien au vue du spectre de la fonction de sortie ainsi que celui de la fonction d'entrée pourquoi c'est le cas...

Ensuite il faudrait reprendre la même méthodologie pour toutes les autres commandes citées précédemment et accéder pareillement aux formules de la fonction de transfert...

En conclusion Ident s'avère être un outil simple et pratique pour accéder aux fonctions de transfert recherchées.



## VI – Conclusion

### VI.1 – Les erreurs qui nous ont coûté cher

Tout d'abord, une suite d'erreur nous a conduit à crasher l'avion. En effet, même si nous avons toujours suivi les recommandations laissées par l'équipe précédente et malgré les précaution prise par notre pilote qui a une longue expérience de ces situations, lors de notre dernier essai en vol pour réaliser des figures propres, nous n'avons pas testé la réception de la radiocommande à longue distance au sol. Ainsi, lorsque l'avion a décollé, la liaison a été parasitée et l'avion s'est crashé une première fois.

Après une réparation de fortune, mais efficace, des dégâts (peu importants), nous avons fait repartir l'avion mais nous avons mal évalué l'autonomie restante. En effet, nous avons repris l'utilisation du radiomodem Microhard MHX2400 qui consomme beaucoup de courant. La batterie principale ne pouvant plus alimenter la carte, le pilote a perdu tout contrôle et l'avion a subi des dommages très importants.

Dans ce crash, nous avons aussi perdu les données enregistrées par la carte, pour une raison qui ne nous apparaît pas clairement.

\*\*\*

Globalement, les erreurs qui nous ont coûté le plus cher sont celles qui nous ont mené à ce crash et le problème de l'autonomie en général.

Nous nous sommes rendu compte, après coup, que nous aurions pu, au début, faire voler avec la carte branchée mais avec les servomoteurs connectés uniquement au récepteur. Ainsi, les données auraient été enregistrées et même en cas de faible batterie d'alimentation de la carte, nous n'aurions pas risqué de perdre le contrôle de l'avion.

De plus, nous avons toujours suivi le schéma électrique type Micropilot. Ce n'est que plus tard (trop tard) que nous avons pensé au montage beaucoup plus sécurisé exposé en III.10.

Ensuite, dans un souci de réalisme, nous avons toujours voulu voler avec le radiomodem branché lorsque la carte était branchée. Nous n'aurions pas dû. Le radiomodem n'est pas nécessaire à partir du moment où le vol est effectué en pilotage manuel. L'obtention des données ne serait pas compromise si on ne l'alimentait pas. On ne pourrait pas suivre l'avion avec l'ordinateur mais on augmenterait largement l'autonomie, et la sécurité avec. A vouloir faire trop vrai, nous nous sommes ajouté des difficultés inutiles.

Nous avons également passé beaucoup trop de temps à essayer de trouver la panne du radiomodem Microhard MHX2400 alors que nous aurions pu simplement attendre que le Maxstream 24XSTREAM soit livré.

Enfin, nous avons eu beaucoup de mal à utiliser les branchements électriques peu communs pour les batteries et nous avons de bonnes raisons de penser que

c'est l'absence de détrompeurs qui a causé la panne du Maxstream 24XSTREAM (probablement un branchement malencontreux en inverse).

## **VI.2 – Critique de la carte Micropilot**

Bien sûr, nous n'allons pas critiquer globalement un système qui coûte plusieurs milliers de dollars. Mais il y a des points de détails qui nous ont posé beaucoup de problème et qui mériteraient une modification du kit Micropilot.

Pour commencer, il est difficile de concevoir que dans un tel système, l'alimentation et le fonctionnement des servomoteurs soient compromis lorsque la carte ne fonctionne pas. Notre pilote est le premier à critiquer le fait que l'on ne puisse pas récupérer l'avion lors d'une panne de batterie d'alimentation de la carte. Il est bien dommage, au prix que coûte cette carte, qu'elle ne possède pas un réel mode manuel, où les servomoteurs deviennent réellement indépendants de la carte.

Ensuite, et nous en avons déjà parlé, il est étonnant que les câbles d'alimentation fournis raccordent la carte Mp2028g et le radiomodem à la même batterie. Nous ne pensons pas être les seuls à avoir des problèmes d'autonomie et nous ne pouvons pas comprendre que le système soit conçu de telle manière que ces deux éléments tombent en panne en même temps en cas de batterie faible. Il nous appartenait, bien sûr, d'avoir cette réflexion au début de notre projet plutôt qu'à la fin mais nous ne pouvons que regretter le fait que Micropilot nous ait induit en erreur.

Enfin, nous n'avons pas compris pourquoi, à chaque vol que nous avons effectué avec les servomoteurs reliés à la carte Micropilot, nous avons constaté des à-coups dans l'alimentation des moteurs. Toutefois, cela est peut-être dû au crash que l'avion a subi l'année précédente. Nous ne pouvons pas exclure que les moteurs ou le variateur ait été endommagé mais ce problème ne s'est manifesté qu'au travers de l'utilisation de la carte. Il est donc possible qu'elle-même soit endommagée.

## **VI.3 – Travail restant**

Si une équipe reprend notre travail plus tard, il faut qu'elle sache que la majorité du travail à effectuer se fera sous Matlab et dans la théorie avec des calculs d'automatique.

En effet, il « ne reste plus qu'à » obtenir le modèle dynamique de l'avion et à en déduire les coefficients des régulateurs PID nécessaire à l'automatisation de l'avion par la méthode exposée dans la partie V. Ensuite, il faudra porter ces coefficients sur le pilote automatique et faire des essais en vol. Il restera certainement des réglages à faire à l'issue de ces vols et du dépouillement des DataLogs.

## **VI.4 – Conclusion générale**

En Conclusion, même si nous n'avons pas pu aller au bout de notre projet, nous avons effectué un travail conséquent et nécessaire en détaillant, en particulier.

- Toute l'installation et la configuration de la carte Micropilot. Cette étape nous a pris un temps considérable car nous avons dû tout reprendre à zéro mais les équipes futures possèdent désormais un document détaillant toute la marche à suivre, rassemblant toutes les informations utiles et les erreurs à ne pas commettre.
- La méthodologie d'obtention du modèle dynamique de l'avion, qui inclue la méthodologie d'obtention des données nécessaires. En effet, si nous n'avons pas pu mener cette étape à bien, nous disposons de toutes les informations nécessaires et nous les mettons à disposition des équipes futures.
- La simulation sous Horizon, avec une étude qui met un terme aux spéculations sur son utilité.

Nous avons également du coopérer avec le support technique de Micropilot pour trouver les réponses à des problèmes bien particulier qui ne sont pas abordés dans les manuels, concernant, entre autres, les réglages d'Horizon et les radiomodems.

En dehors de la réalisation nécessaire des étapes décrites dans la partie « Travail restant » (VI.3), il appartient aux équipes suivantes de travailler sur l'implantation de gadgets tels que la photo ou la vidéo, pris en charge par le logiciel horizon sous l'aspect « Payload », ainsi que sur la mise au point du décollage et de l'atterrissage automatique.

Nous avons déjà précisé que nous manquions de place pour installer ces fonctions. Mais nous avons sérieusement endommagé le Twinstar. Ainsi même si nous en avons racheté un, il n'est pas exclu que l'équipe suivante recommence le projet avec un autre avion, plus grand et (ou) plus spacieux, notre travail restant complètement valable tant que le modèle est équipé du même type de gouvernes et de propulsion.

Nous pensons avoir produit un rapport suffisamment clair et précis pour que le montage et le paramétrage de la carte Micropilot ne représente qu'une part minime du travail, afin de se concentrer directement sur le cœur du problème : l'obtention du modèle dynamique et le calcul des régulateurs.

# VII – Annexes



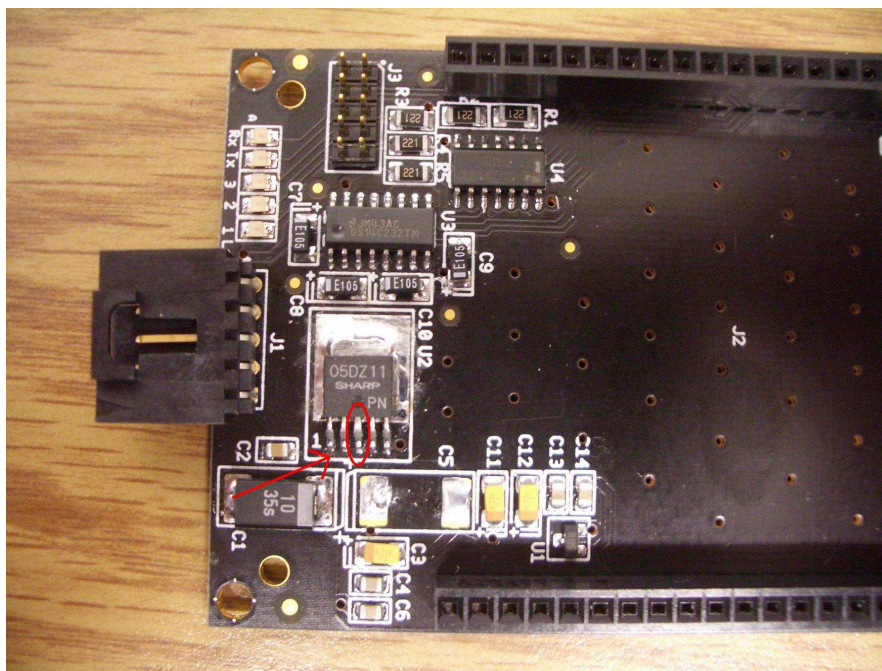
## Annexe 1 : Les radiomodems

**NB : les deux stations « sol » doivent être alimentées en 6 Volts grâce au montage avec régulateur de voltage réalisé par l'équipe de l'année précédente. Nous aborderons uniquement les spécificités des radiomodems embarqués.**

- **Microhard MHX-2400 (MP 2.4 ER-EU)**

Ce radiomodem nous a posé problème car il est défectueux. En effet, la documentation technique et le support technique de Micropilot nous précisent que la tension d'alimentation doit être comprise en 6 Volts et 10 Volts. Pourtant, alimenté seul avec une tension de 6 Volts, il peine à s'allumer et lorsqu'il est relié à la carte Micropilot, il ne fonctionne pas à moins de 10 Volts.

Après avoir contacté le support technique de Micropilot (voire Annexe « correspondance avec les supports techniques »), et celui de Microhard (Datasheet ci-joint) nous avons pu effectuer des tests et nous avons découvert que le régulateur de voltage présent sur la partie du modem ajoutée par Micropilot (voir Figure A.1 et datasheet joint) était défectueux.



*Figure A.1 : Sortie du régulateur de Voltage*

La seule solution est d'**alimenter ce modem entre 10 et 12 Volts**, sachant que pour la sécurité, 11 Volts est plus judicieux et correspond environ au voltage d'une batterie Li-Poly de 3 cellules.

Il faut noter qu'à cette tension, le modem chauffe fortement. Interrogé à ce sujet, le support technique nous a répondu qu'il n'y avait pas de risque à l'utiliser dans ces conditions.

## Informations importantes du Datasheet (partie Microhard uniquement):

### Pinout

Figure 1 provides a top-view pinout drawing of the MHX-2400 module. The corner pins (1,20,21,40) are labeled directly on the module.

AVcc	□ 1	40	□ NC
AVcc	□ 2	39	□ NC
DVcc	□ 3	38	□ NC
DVcc	□ 4	37	□ NC
DVcc	□ 5	36	□ NC
DVcc	□ 6	35	□ NC
DVcc	□ 7	34	□ NC
NC	□ 8	33	□ RxMODE
\Config	□ 9	32	□ TxMODE
\Reset	□ 10	31	□ RSSI3
GND	□ 11	30	□ RSSI2
GND	□ 12	29	□ RSSI1
GND	□ 13	28	□ CTS
GND	□ 14	27	□ RTS
GND	□ 15	26	□ DSR
GND	□ 16	25	□ NC
GND	□ 17	24	□ DTR
NC	□ 18	23	□ TxD
NC	□ 19	22	□ RxD
NC	□ 20	21	□ DCD

Figure 1 - Pinout (Top View)

Pin Name	No.	Description	I/O
AVcc	1,2	Positive Supply for Radio Circuitry. See Section 2.3 for DC Characteristics	I
\Config	9	Leave unconnected. For factory use only. Do not ground	
CTS	28	RS-232 Clear to Send. Active low (TTL level) output. See Appendix B for a complete description of all RS-232 signals.	O
DCD	21	RS-232 Data Carrier Detect. Active low (TTL level) output.	O
DSR	26	RS-232 Data Set Ready. Active low (TTL level) output.	O
DTR	24	RS-232 Data Terminal Ready. Active low (TTL level) input.	I
DVcc	3-7	Positive Supply for Logic circuitry and I/O pins. See Section 2.3 for DC Characteristics	I

GND	11-17	Ground reference for logic, radio and I/O pins.	
\Reset	10	Active low reset input to the module. See Section 2.4 for timing information.	I
RSSI1	29	Receive Signal Strength Indicator 1. This output is the first of the three RSSI indicators to become active high as the signal strength increases. See Section 2.2 for details	O
RSSI2	30	Receive Signal Strength Indicator 2. This output is the second RSSI indicator to become active high as the signal strength increases. See Section 2.2 for details.	O
RSSI3	31	Receive Signal Strength Indicator 3. This output is the last RSSI indicator to become active high as the signal strength increases. See Section 2.2 for details.	O
RTS	27	RS-232 Request to Send. Active low (TTL level) input.	I
RxD	22	RS-232 Receive Data. TTL level output.	O
RX/SYNC	33	Active high output indicates receive and synchronization status. See Section 2.2.	O
TxD	23	RS-232 Transmit Data. TTL level input.	I
TXMODE	32	Active high output indicates module is transmitting data over the RF channel. See Section 2.2.	O

## LED OPERATION

LED functionality is dependent on the mode of operation. Lines RX/SYNC, TXMODE, and RSSI1,2 and 3 are designed to drive LED's (active high).

MODE	LED		
	RX/Sync	TXMode	RSSI1,2,3
Power Up (S0=1, S119=1)	off	off	blink 500ms on/500ms off
Power Up (S0=1, S119=0)	off	off	off
Power Up (S0=0)	off	off	off
Command Mode	off	off	off
Data Mode - Master	on while receiving valid data packets from slaves and repeaters in the network	on for the first portion of each hop interval.	RSSI mode based on all received packets See Table 3
Data Mode - Repeater During Sync. Acquisition	off	off	alternating 300ms on
Data Mode - Repeater When Synchronized	on for first portion of hop interval	on for second portion of hop interval	RSSI mode based on packets received from Slaves* See Table 3
Data Mode - Slave During Sync. Acquisition	off	off	alternating 300ms on
Data Mode - Slave When Synchronized	on	on when transmitting a packet.	RSSI mode based on packets received from the Repeater or Master with which it communicates See Table 3

\*If Slaves have been silent for 2 seconds, repeater will base its RSSI on packets received from the Master.

A l'allumage les LEDs sont rouges, s'allume alternativement puis passent au jaune. Si la station « sol » n'est pas sous tension, ou que le signal n'est pas reçu correctement, les LED restent rouges.

Lorsque le modem fonctionne, Toutes les LEDs sont jaunes et peuvent clignoter suivant l'activité.

## DC Characteristics

Sym	Characteristic	Min	Typ	Max	Units
$AV_{CC}$	Radio Supply Voltage	4.9	5.0	5.5	V
$DV_{CC}$	Logic Supply Voltage	4.75	5.0	5.5	V
$V_{POT}$	Power On Reset Threshold Voltage	1.8	2	2.2	V
$V_{RST}$	Reset Pin Threshold Voltage		$DV_{CC}/2$		V
$AI_{CCR}$	Radio Supply Current in Receive Mode	96	107	117	mA
$AI_{CCT0}$	Radio Supply Current at 1mW Transmit	68	108	119	mA
$AI_{CCT1}$	Radio Supply Current at 10mW Transmit	111	123	135	mA
$AI_{CCT2}$	Radio Supply Current at 100mW Transmit	157	174	191	mA
$AI_{CCT3}$	Radio Supply Current at 1W Transmit	398	442	486	mA
$DI_{CC}$	Logic Supply Current	95	105	115	mA
$V_{IL}$	Input Low Voltage (Pins 23,24,27)	-0.5		$.3DV_{CC}$	V
$V_{IH}$	Input High Voltage (Pins 23,24,27)	$0.6V_{CC}$		$V_{CC}+.5$	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage (Pins 21,22,26,28-33)			0.6	V
$V_{OH}$	Output High Voltage (Pins 21,22,26,28-33)	4.2			V
$I_{SRCE}$	Sourcing Current (Pins 21,22,26,28-33)			10	mA

**Attention** : nous rappelons que ceci concerne uniquement la partie Microhard, nous nous le sommes procuré uniquement pour pouvoir faire des tests sur cette partie et identifier la panne.

**Page suivante : Documentation du régulateur de voltage de la partie Micropilot**

## Low Power-Loss Voltage Regulators

PQ05DZ51/11 Series / PQ3DZ53/13

## PQ05DZ51/11 Series / PQ3DZ53/13

0.5A/1.0A Output, General Purpose, Surface Mount Type Low Power-Loss Voltage Regulator

## ■ Features

- Low power-loss  
(Dropout voltage : MAX. 0.5V)
- Surface mount package (equivalent to SC-63)
- Available 3.3V, 5V, 9V, 12V output type
- Output current (0.5A : PQ05DZ51 series/PQ3DZ53)  
(1.0A : PQ05DZ11 series/PQ3DZ13)
- Output voltage precision :  $\pm 3.0\%$
- Built-in ON/OFF control function
- Low dissipation current at OFF-state ( $I_{qs}$  : MAX. 5 $\mu$ A)
- Built-in overcurrent protection, overheat protection function, ASO protection function
- Available tape-packaged products  
( $\phi 330$ mm reel : 3 000 pcs., PQ05DZ5U/1U series,  
PQ3DZ53U/13U)

## ■ Applications

- Personal computers
- CD-ROM drives
- Power supplies for various OA equipment

## ■ Model Line-ups

	0.5A output	1.0A output
3.3V output	PQ3DZ53	PQ3DZ13
5.0V output	PQ05DZ51	PQ05DZ11
9.0V output	PQ09DZ51	PQ09DZ11
12.0V output	PQ12DZ51	PQ12DZ11

## ■ Absolute Maximum Ratings

(Ta=25°C)

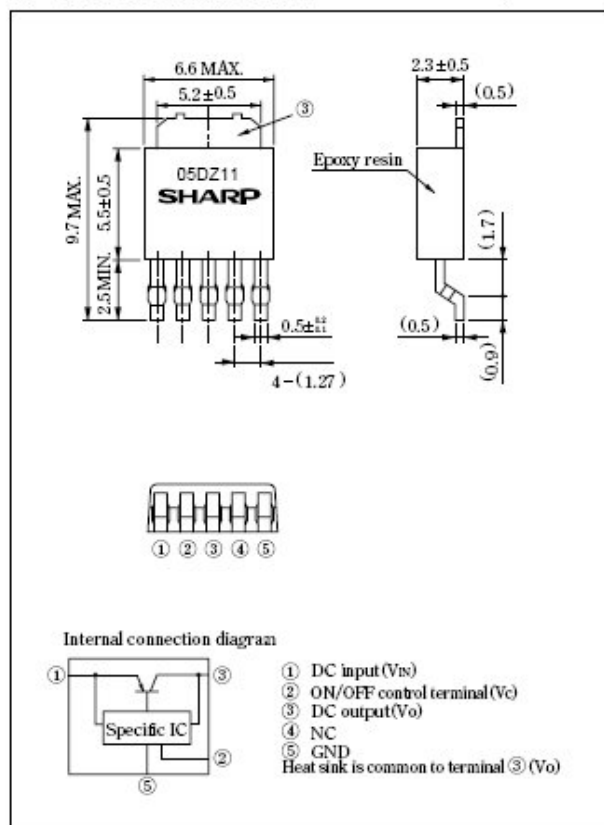
Parameter	Symbol	Rating		Unit
		PQ05DZ51 series PQ3DZ53	PQ05DZ11 series PQ3DZ13	
*1 Input voltage	$V_{IN}$	24		V
*1 ON/OFF control terminal voltage	$V_C$	24		V
Output current	$I_O$	0.5	1.0	A
*2 Power dissipation	$P_D$	8		W
*3 Junction temperature	$T_j$	150		°C
Operating temperature	$T_{opr}$	-20 to +80		°C
Storage temperature	$T_{stg}$	-40 to +150		°C
Soldering temperature	$T_{sol}$	260 (for 10s)		°C

\*1 All are open except GND and applicable terminals.

\*2  $P_D$  : With infinite heat sink\*3 Overheat protection may operate at  $125 \leq T_j < 150^\circ\text{C}$ 

## ■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



SHARP

Notice In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.

Internet Internet address for Electronic Components Group: <http://sharp-world.com/ecg/>

• Please refer to the chapter "Handling Precautions".



○ **Maxstream 24XSTREAM (MP 2.4 SR-R)**

Ce radiomodem ne pose pas de problème. Il doit être alimenté entre 6 et 12 Volts. Nous joignons la documentation de la partie Maxstream du radiomodem, qui pourrait s'avérer utile dans le futur.

NB : il semblerait que l'école n'ait pas recommandé de radiomodem pour remplacer celui que nous avons malencontreusement grillé.

**Table 1.1. XStream OEM RF Module Specifications**

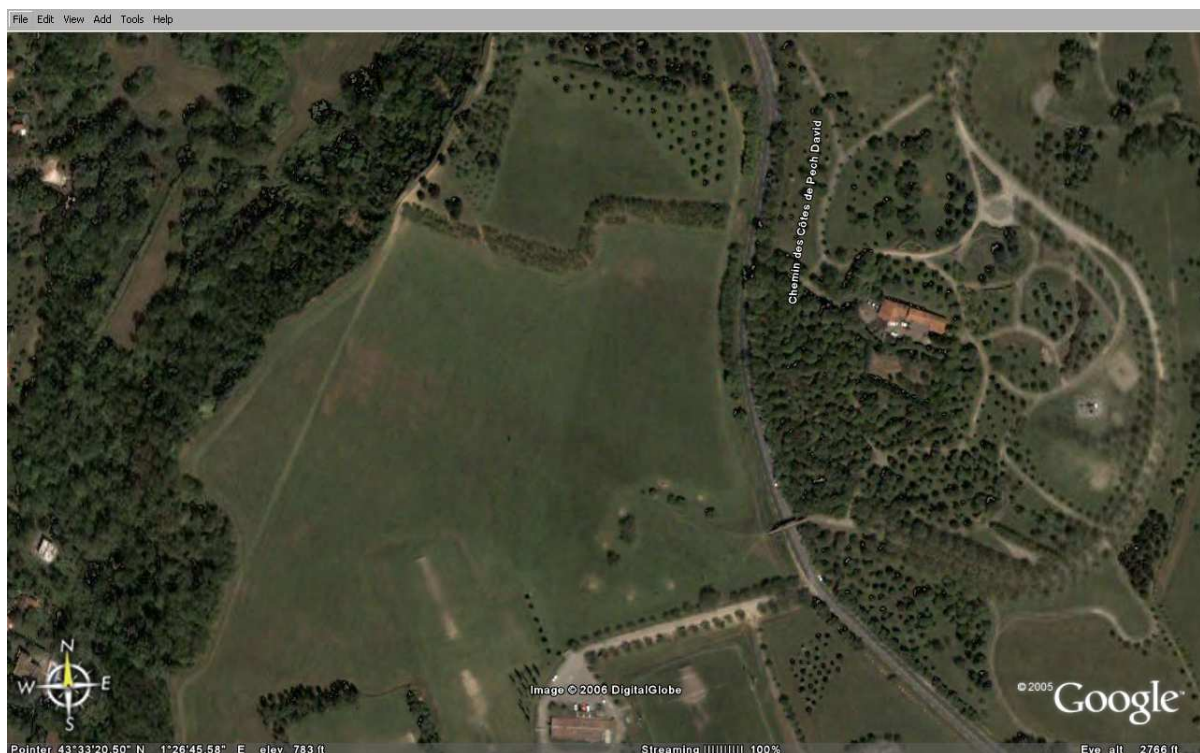
Specification	9XStream (900 MHz) OEM RF Module		24XStream (2.4 GHz) OEM RF Module	
Performance				
Indoor/Urban Range	up to 1500' (450 m)		up to 600' (180 m)	
Outdoor line-of-sight Range	Up to 7 miles (11 km) w/ dipole antenna Up to 20 miles (32 km) w/ high-gain antenna		Up to 3 miles (5 km) w/ dipole antenna Up to 10 miles (16 km) w/ high-gain antenna	
Interface Data Rate	125 – 65,000 bps (Software selectable, includes non-standard baud rates)		125 – 65,000 bps (Software selectable, includes non-standard baud rates)	
Throughput Data Rate	9,600 bps                      19,200 bps		9,600 bps                      19,200 bps	
RF Data Rate	10,000 bps	20,000 bps	10,000 bps	20,000 bps
Transmit Power Output	100 mW (20 dBm)	100 mW (20 dBm)	50 mW (17 dBm)	50 mW (17 dBm)
Receiver Sensitivity	-110 dBm	-107 dBm	-105 dBm	-102 dBm
Power Requirements				
Supply Voltage	5 VDC (± 0.25 V) regulated		5 VDC (± 0.25 V) regulated	
Receive Current	50 mA		80 mA	
Transmit Current	140 mA		150 mA	
Power Down Current	< 26 µA		< 26 µA	
General				
Frequency Range	902-928 MHz		2.4000-2.4835 GHz	
Spread Spectrum	Frequency Hopping, Wide band FM modulator			
Network Topology	Peer-to-Peer, Point-to-Multipoint, Point-to-Point, Multidrop			
Channel Capacity	7 hop sequences share 25 frequencies			
Serial Data Interface	CMOS UART			
Physical Properties				
Module Board Size	1.600" x 2.825" x 0.350" (4.06 cm x 7.18 cm x 0.89 cm)			
Weight	0.8 oz (24 g)			
Connector	11-pin & 4-pin, 0.1" spaced male Berg-type headers			
Operating Temperature	0 to 70° C (commercial), -40 to 85° C (industrial)			
Antenna				
Integrated Wire (optional)	¼ wave monopole, 3" (7.62 cm) length, 1.9 dBi Gain			
Connector (optional)	Reverse-polarity SMA or MMCX			
Impedance	50 ohms unbalanced			
Certifications (visit <a href="http://www.maxstream.net">www.maxstream.net</a> for complete list)				
FCC Part 15.247	OUR9XSTREAM		OUR-24XSTREAM	
Industry Canada (IC)	4214A-9XSTREAM		4214A 12008	
Europe	N/A		ETSI, CE	

## Annexe 2 : La simulation : un outil ambigu

### Généralités :

Tout d'abord il faut savoir que les simulations s'effectuent dans le logiciel Horizon et c'est assez simple d'en réaliser et que les fonctionnalités sont très poussées et e même temps très facile d'accès. Il y a 6 étapes à respecter pour réaliser une simulation :

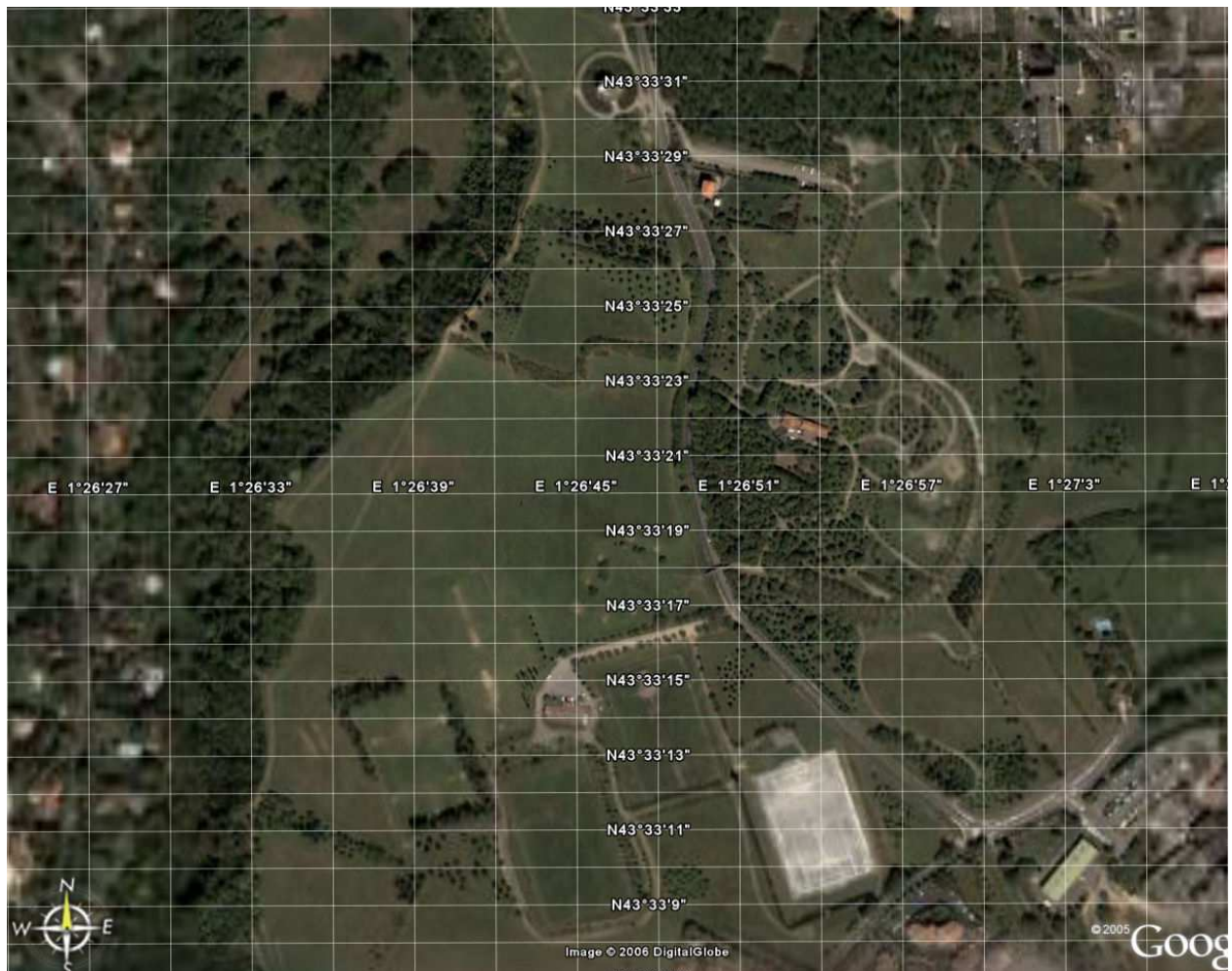
- Etape1 : Chercher une carte GPS de l'endroit où l'on compte réaliser les futurs essais en vol : Google earth s'avère être un bon outil pour cela, d'autant plus qu'il est possible d'afficher une grille sur la carte montrant les coordonnées GPS de la carte... nous avons choisi Pech David, un endroit fréquenté par de nombreux aéromodélistes à 30 min de TOULOUSE en voiture



- Etape 2 : Redimensionner la carte : d'une part pour que la carte soit carrée au sens des coordonnées GPS c'est à dire que la différence de latitude entre l'ouest et l'est soit la même que la différence de longitude entre le nord et le sud de la carte pour ne pas qu'il y ait des problèmes d'affichage sous Horizon...d'autre part pour que les 4 extrémités de la carte coïncident avec



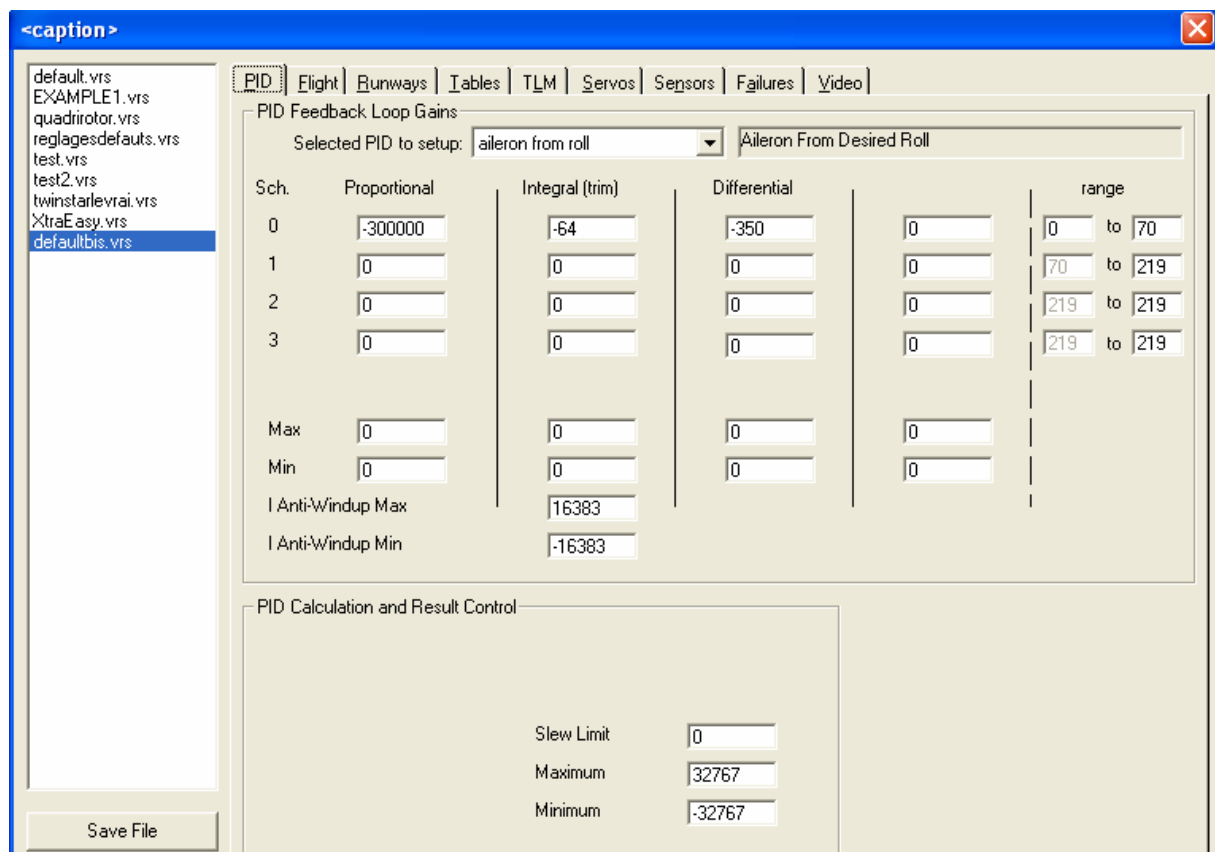
des intersections de grille pour avoir une idée précise des coordonnées GPS des coins de la carte.



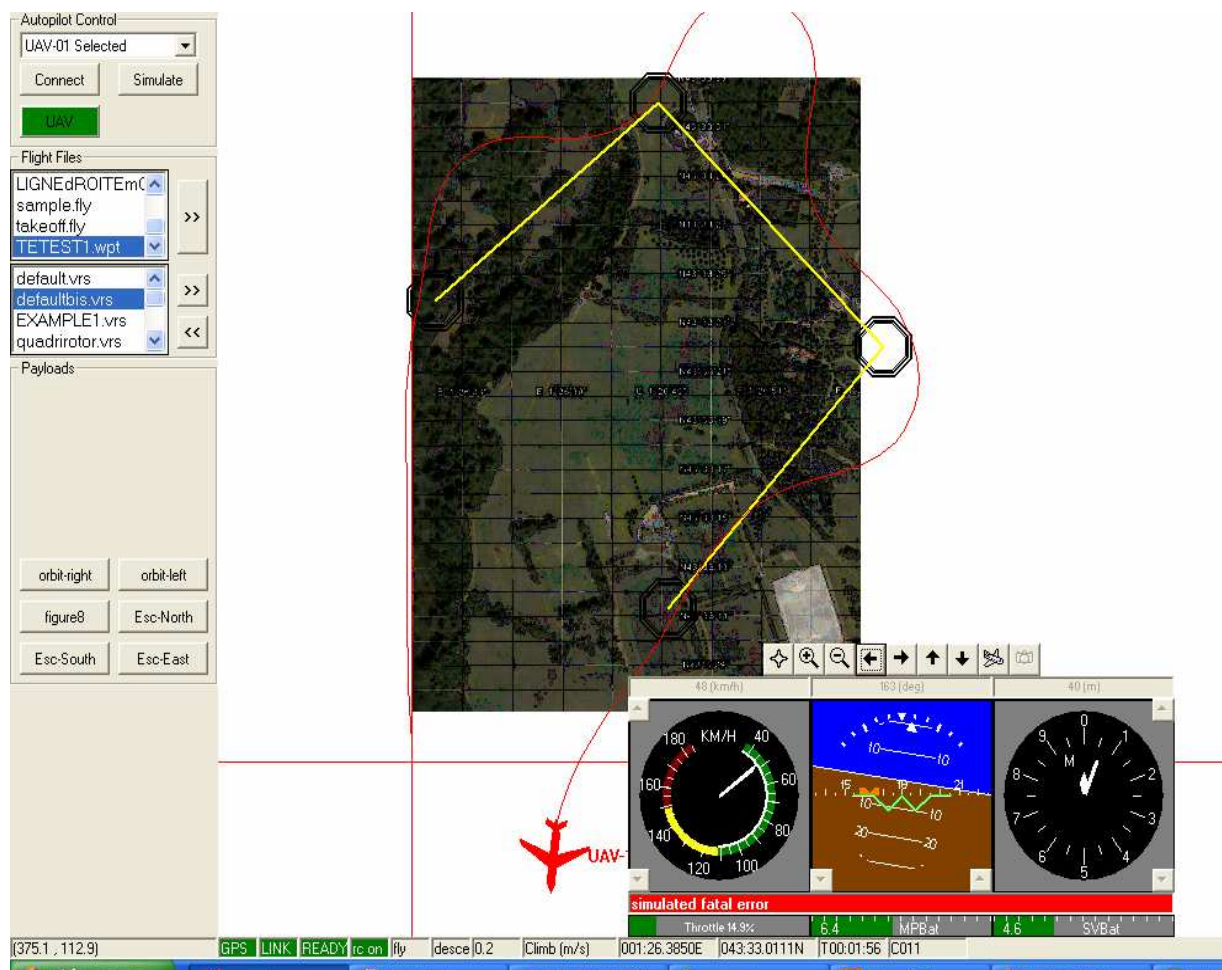
- Etape3 : Dans Horizon aller dans le menu settings → Edit Horizon Settings → Maps et rentrer le coordonnées GPS des 4 coins de la carte
- Etape 4 : Toujours dans → Edit Horizon Settings mais cette fois → Simulation il faut entrer les conditions initiales c'est adire les coordonnées GPS initiales de l'avion , la durée de la simulation , le vent etc... cette étape est indispensable , la simulation ne marchera pas sans...
- Etape 5 : Aller dans File→New Waypoint File et simplement faire un clic droit a l'endroit de la carte ou l'on souhaite placer un waypoint (une balise), l'ordinateur demande de sélectionner soit coordonnées GPS soit coordonnées relatives et soit un waypoint type « from to » soit un waypoint type « fly to », la seule différence étant soi disant que le premier ne tient pas

compte du vent dans son calcul de trajectoires ... Pour l'altitude il faut simplement faire un clic droit sur la balise en question et régler l'altitude.

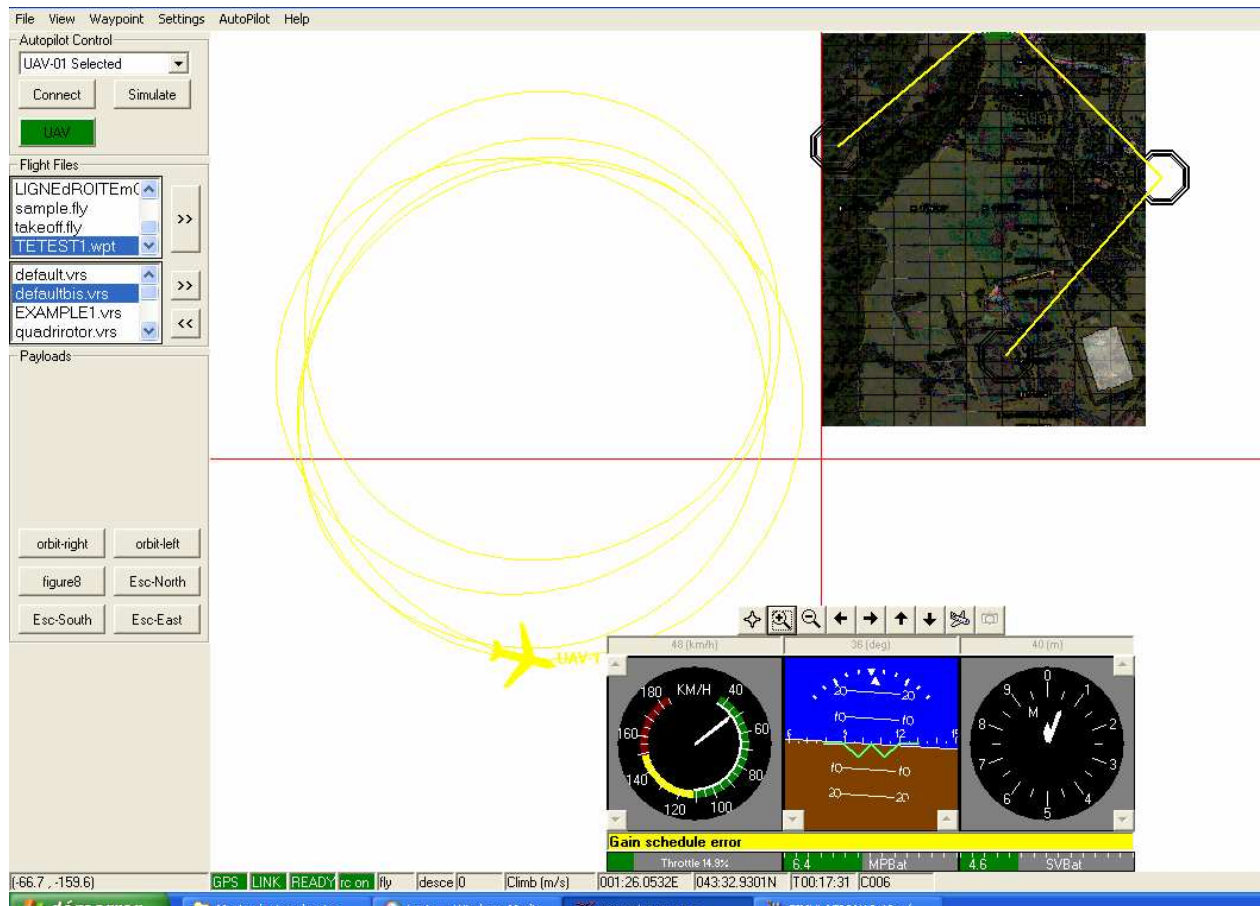
- Etape 6 : Cette fois ci il faut sélectionner un fichier VRS déjà configuré normalement à l'aide de configuration wizard qui établit les réglages de base de l'avion, il s'agit maintenant de régler les gains des PID pour cela, il faut aller dans l'onglet PID et rentrer les valeurs désirées, la 4eme colonne correspond à la dérivée seconde, il y a 4 lignes qui correspondent à autant de plages de vitesses qu'il est possible de configurer avec des gains différents ...



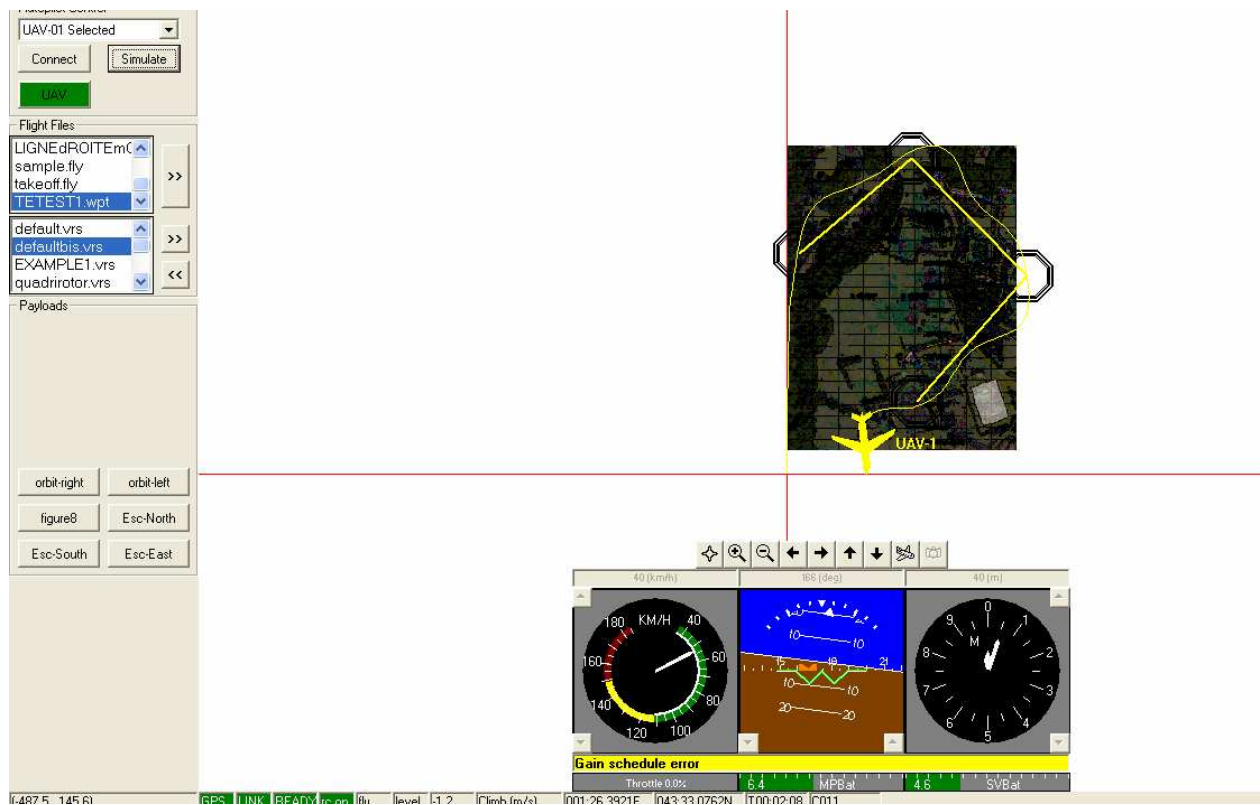
- Etape 7 : lancer la simulation et observer . Voila ce qu'on obtient pour une trajectoire carrée à altitude constante en utilisant les gains par défaut ...



En les modifiant cela peut donner ça !



Ou encore ça !



## Limitations de la simulation

Tout d'abord il faut signaler qu'il y a 11 types de PID à régler avec à chaque fois 3 voire 4 gains à régler par plage de vitesse ... ça fait beaucoup ! Mais surtout le gros problème de la simulation et qui a déjà été évoqué c'est celui de la non prise en compte des paramètres intrinsèques de l'avion , de sa manière propre qu'il a de réagir à une commande d'ailerons, de gouverne de direction , de profondeur ... (Il existe toutefois un logiciel dont nous allons parler incessamment sous peu et qui permet d'intégrer en partie ces caractéristiques). De plus, certaines conditions ont été simplifiées, la simulation ne prend pas en compte le relief de la carte et néglige donc tous les effets météorologiques, de même dans la simulation le vent est considéré avec un cap et une vitesse constants... Enfin la simulation même avec des conditions proches de la réalité ne peut donner qu'un ordre de grandeur des gains à régler et le réglage fin des gains doit être effectué à l'aide d'essais en vol en prenant en compte les caractéristiques intrinsèques de l'avion...

Il existe toutefois un logiciel appelé Aircraft Editor qui permet de configurer les caractéristiques de l'avion et de les intégrer a Horizon voir Annexe3 la fin mais nous ne l'avons ni trouvé ni utilisé...



## Annexe 3 :

### Correspondance avec Les supports techniques

Cela donne une idée du type des nombreuses difficultés que nous avons rencontré...

From: Raphaël Cavallero [<mailto:rcavalle@ensica.fr>]  
Sent: Thursday, February 23, 2006 5:02 AM  
To: Support  
Subject: Trouble with the radiomodem

Hello,

As students in a french engeneering school (ENSICA), we are working on a UAV project. We use a micropilot MP2028g. This card and the ground station are connected via a radiomodem Micropilot MP2.4 that is based on a Microhard Systems' MHX-2400.

We are currently experiencing some trouble with the remote part of this radio-modem. In fact, the supply voltage recommended by your documentation is from 4.9V to 5.5V while micropilot recommends from 5.5V to 10V. When we tried to supply the modem with 5.5V, it did not work (no LEDs on). Thus we tried to supply it with a higher voltage, up to 11V where the modem seem to work perfectly fine ! But we noticed that it heats a lot, perhaps more than it should. We don't really know if we can use the modem in these conditions.

We have figured out that there is probably a voltage regulator on the micropilot part of the modem (as the power supply is plugged to it and we are allowed to supply up to 10V) and that it might malfunction. Therefore, could you give us the detailedled schematics of the connections between the MHX-2400 and the "micropiot part", so that we could check that, in the end, the right voltage is supplied to the modem ?

Thank you in advanced for your help,

Sincerely,

Raphaël Cavallero

.....

Dear Raphaël Cavallero,

I am sorry to hear of the troubles you are experiencing. However, after speaking with our radio modem specialist I can confirm that if using higher voltages such as 11V you will notice some heat from the unit. I do not think this will be a problem. Also I am told if the regulator was not functioning properly then it would not allow power to the modem and you would not see the LED lights powered on.

If you are interested in checking the output from the regulator please see the attached picture. Regulated 5V should be able to be measured on Pin 3 of the regulator as can be seen in the attached picture. Note that the module has been removed from the carrier board and I would recommend taking a voltage reading with the modem module attached.

Please try the above and let me know the results.

Regards,

Chris Tataryn  
Support Technician  
Micropilot - UAV Autopilots  
[ctataryn@micropilot.com](mailto:ctataryn@micropilot.com)  
(204) 344-5558 Ext.261 - Office  
[www.micropilot.com](http://www.micropilot.com)

.....

From: Raph@ensica [<mailto:raphael.cavallero@ensica.fr>]  
Sent: Tuesday, March 07, 2006 4:11 PM  
To: Chris Tataryn  
Subject: Re: Trouble with the radiomodem

hello again Chris Tataryn,

Thanks to the information you gave us, we ran some tests and discovered that the voltage regulator was not regulating anything at all. When we supply the MP2.4ER-R with a voltage of 5.5V, only 2.8V are actually delivered to the MHX-2400 module (checked via Pin 3 on the regulator). We also checked the voltage on the pins that connect the Micropilot part and the Microhard part (we had the data sheet from Microhard) when attached and had the same results. It's only "by chance" that we get the 4.9V required when supplying the MP2.4ER-R with 10V or more. We don't really know what the previous team did with this modem... Anyway, meanwhile, the new radiomodem (MP2.4SR oem) we had ordered arrived so we are not going to use the old one anymore.

But we have one more problem with the new radiomodem : as you have removed the specifications in newer versions of the manual "Working-With-Radio-Modems", we don't know where to look for the right supply voltage. No manual came with the package since it's oem. We saw 5V on the Maxstream module data sheet so we can guess that the supply voltage of the MP2.4SR should be the same as for the MP2.4ER but

we would like to be sure, we don't want to blow something.

Sorry for bothering you with such questions,

Regards,

Raphaël Cavallero

.....

Dear Raphaël Cavallero,

The supply voltage for the Maxstream standard range 2.4 can be between 6v to 12v, with 12v being the absolute maximum.

Let me know if you have any other questions or concerns.

Regards,

Chris Tataryn  
Support Technician  
Micropilot - UAV Autopilots  
[ctataryn@micropilot.com](mailto:ctataryn@micropilot.com)  
(204) 344-5558 Ext.261 - Office  
[www.micropilot.com](http://www.micropilot.com)

---

Hello and good morning !

My name is Mehdi EL HAMZAOUÏ and with my colleague Raphael CABALLERO we have bought a micropilot card mp2028g.  
We are very impressed by all the possibilities this card offers but we are having some problems , many that we could solve by ourselves or by asking our teachers but there is still one problem that we couldn't get rid of.

Let me explain the situation:

We have installed the micropilot card in our UAV ( a twinstar actually) and connected it to all the batteries necessary ( using LIPOLY ) then we launched the hyperterminal program to check if the sensors were correctly adjusted so we pitch, roll and yaw the plane and the sensors were just fine .But then we try to gently blow on a tube connected to the airspeed indicator and the problem is that in hyperterminal the sensor still indicates 0 ...

We know this problem has nothing to do with the tube itself as it worked correctly when we tried to breathe in some air while connected to the altimeter.

Is this a problem of configuration , can you help us out?



Thank you for your time and consideration...

---

Dear El Hamzaoui Medhi,

First, could you let me know the serial # of your MP2028g.  
This can be found on the label underneath the board; it is in the form '04-xxx'.  
You can also see it in HyperTerminal, when the autopilot is first powered on.  
Also, in Hyperterminal, let me know the version of firmware on your board.  
There are two pieces of data here, the version and the BuildNum.  
This information is just before the serial number in the printout.

When you tested the airspeed sensor, had the autopilot finished initialising?  
Is your pitot tube connected to the correct pressure sensor? The airspeed sensor is  
in the centre of the board; altitude sensor is at the edge.

In your vrs file, check that you have field # 538 set to 1.  
(In Horizon's vrs editor, on the 'Sensors' tab, in the 'Miscellaneous' frame, the  
checkbox labeled  
'Auto-zero airspeed' should be selected.)

You can also try pressing 0000 in HyperTerminal, to re-zero all sensors.

If none of these checks solves the problem, you may try reflashing the firmware code  
and then reloading your vrs file.

Please let me know if this solves your problem.

---

Hello and thank you for your answer !

For the information you are asking please read the little word document enclosed with  
this mail...

I have tried all of your solutions but unfortunately none of them worked except the part  
concerning the reflashing of the firmware code that i didn't understand but what is  
most surprising is that when we uploaded the "default".vrs file into the micropilot  
card,the airspeed indicator seemed to work a little bit as it changed values for two  
steps in the hyperterminal as you can see in the enclosed document .So we are  
really thinking of a problem of configuration but we were unable to remedy to it , we  
have checked that the field #538 was put to 1 as you told us to...

Again thank you for your answer and your time...

---

Dear El Hamzaoui Medhi,

There may be some corrupt calibration data in your autopilot's firmware code. Reloading the code ("flashing" the code) may correct this. The procedure is as follows:

Do you have the Horizon GCS software installed on your computer? If so, please tell me what version you have.

A copy of the firmware code is kept in your Horizon software directory. Under your programs list, look in MicroPilot, Horizon, Autopilot tools; you should see a program called 'Flash MP2028g' (or maybe 'Autopilot Flash Loader'). Run this and follow the instructions, powering on the autopilot when instructed. This will load the firmware code into the autopilot's flash memory.

When this is complete, cycle the power on your autopilot and then transmit your vrs file to the autopilot.

(If you are unsure of the settings in your vrs, you may want to transmit the 'default.vrs', to test your autopilot.

Now, test your autopilot again and let me know what you find.

---

Dear Chris ,

We tried to reload the code using the flash MP2028g ( what surprised us as we told you that when we tried to put the Default.vrs file into the autopilot the airspeed indicator seemed to work ...) but the flash doesn't seem to work either : let me explain : when we launched it it writes under a dos command "trying to connect..." then it writes "connecting to the autopilot turn your micropilot on (cycle power) " so we did it we connected the micropilot to the batteries but it won't stop asking for cycling the power whereas we already did it...

We also have a little other problem with the HORIZON software as we were unable to display the map on this software even if we followed the steps written on the Horizon manual ...Meaning that Under Edit horizon settings , we clicked on the map toolbar we enabled "use map 3" then we browsed it on our harddrive , we put the gps coordinates of the nothern , southern , eastern and western edge of the map then we clicked the ok button but the map won't appear in horizon... It is a jpeg format that have undergo no stretchching nor modification of any kind ... We still don't understand what is happening ....

We would like to thank you for your help ...

---

Dear EL HAMZAOUI Medhi,

If you get a DOS window, it sounds like you are using the DOS version of the flash loader, called Txmp.exe.

Is that correct? If not then what version of Horizon are you using?

With Txmp.exe, the screen first advises you to turn on power; make sure the MP2028g is connected by

the serial cable to your computer and turn on the power.

The program communicates with the MP2028g and then begins loading. It will say 'Loading...'.  
A series of dots will start printing out over 2 or 3 minutes. The dots will print over about 3 lines and then it will finish.

Try this again and let me know if you see the lines of dots over a few minutes, and if it succeeds.

#### MAP

The map will only appear if your GPS position is in the map's area.

If you connect to the real autopilot with a gps antenna connected, then you will see this map as long as this map

represents the place where you are, and the map coordinates have been entered correctly.

If you run a simulation, you must make sure the start position for your simulation is within your map area.

By default, Horizon is set to start up a simulation at MicroPilot's home base.

To start a simulation at your own place, to match your map, do this:

Start Horizon.

Select a UAV from the Autopilot control list.

In the main menu, select 'Settings' > 'Edit Simulation Settings'.

In the pop up window, you will see a frame that says 'Set Initial conditions'.

Enter the start latitude and longitude in the format already shown.

Make sure you enter coordinates of a position within your map area.

Select the box that says 'Save these values as defaults' and click OK.

Now your simulations will start up at this new location and you should see your map.

Let me know if thisa works for you or if you have trouble.

---

Hello and probably good morning ,

Many news : first thing first,we are indeed using the txmp.exe programm but when the screen first advises us to turn on power ( what we did) the programm doesn't

begin loading and there are no series of dots either instead the programm keep askinf for cycling the power ...

But i know that the programm once worked as you told us as i spoke withother students that used the programm earlier during the year and it did work ...But now it just won't work...

Secondly for the map when we set the initial conditions within the coordinates of our map , the map did appear but the scale was just not good: our map seemed like a rectangle in fact more like a banderolle , we can only assume this is because our lattitudes are tighter than our longitudes ...We will try to put a map more like a square ( i mean with equal widespread of lattitude and longitude) in order to make it display on the entire screen and not like a banderolle...

Finally , we tried to solve our problem with the indicator airspeed some other way :we copied the default.vrs settings onto an other VRS file and step by step we changed a setting and we checked if the indicator airspeed worked , we finally discovered that "the enable GPS altitude " setting that caused a disfunction in our airspped indicator meaning when we disabled it the airspeed indicator will work : is it normal ? how can we remedy to it?

thank you i know it is a bit long but i think we are really progressing...

P.S.:Does micropilot create a datalog every time we turn on the GPS or fake it??

---

Dear El Hamzaoui Medhi,

Can you tell me what version of Horizon you are using?

The Txmp cannot communicate with your MP2028g.  
Check that your serial port is working and that your serial cable is connecting OK.  
Also, check that your MP2028g is powering on.  
(Is the battery or power supply ok and connected properly?)

In the Horizon folder, open Simulate.ini and check the entry at the top (serial = COMx).

The x should be the same COM port number that your computer uses.

Also check that the baud rate in this file (gcsBaud=xxxx).  
The xxxx should be the same speed that your MP2028g is set to.

As soon as the Txmp communicates with the MP2028g, it will say 'Loading..'

## MAP

The map image must be of the correct file type. Horizon accepts .BMP or .JPG images.

When loading a picture into Horizon as a map image, make sure that you enter the correct coordinates of the EDGES of the map.

Enter the absolute North, East, West and South GPS positions. The Horizon software will then scale the map appropriately.

#### AIRSPEED

For normal operation, the setting 'Enable Gps Altitude' must be set to 0 in your vrs file.

In Horizon's vrs editor, open your vrs file and make sure the check box is clear and click Save.

Then transmit the vrs to your Autopilot.

Alternatively, you can click 'Go Online' while your Autopilot is connected to your computer, and make this setting directly to the autopilot. Then click 'Flash Autopilot', to save the settings into the MP2028g flash memory.

You should still save this setting into the vrs file on your computer, so you have a copy of the settings.

#### DATALOG

Normally the datalog starts recording as soon as the GPS speed is greater than zero.

If you want to start recording as soon as the GPS has locked, put the following command at the beginning of your fly file, after the unit command, but before the TakeOff command, like this:

metric

[recordHistory]=50

takeoff

....

....

Let me know how you get on.

---

Dear Chris,

First good morning and then some news :

#### VERSION

We are using the version 3.0.54 of HORIZON if my memory is correct

#### DATALOG

Every thing is fine , the logviewer is really an intuitive software so we had no problem using it and the data recorded were largely enough for us .

#### FLASHING THE CARD

W finally succed to flash the card , we had the loading and the line of dots , it was as you said a problem of COM Port Number, thank you...

## MAP

We figured out that if we wanted a map with the correct scale we had to enter a map with the same length in terms of seconds in the absolute coordinate for the latitude and for the longitude...

For example Nother edge : 43:33.33

Southern edge :43:33.07

Eastern edge :1:26.57

Western edge :1:26.30

This time the MAP is SQUARE and not RECTANGULAR so it has a better chance to fit correctly on the screen : problem solved .

## AIRSPEED

As you told us while we were in Horizon we clicked Go Online and we disabled the " enable GPS altitude" , and now it is indeed working , thank you again.

## SIMULATION

We are now trying to simulate a simple course for the twinstar to follow but we realized that the plane sometimes doesn't follow the easiest way to go to the next waypoint .maybe it is a problem of GAIN with the PID , maybe it s because our cruise speed , rotation speed , climb speed are too high , because when we used the default .VRS file with our course of waypoints it did a much better travel than when we used our own VRS file ,though we only changed the different speeds ( cruise speed , climb speed , rotate speed , etc...).

We are now planning to fly the plane with differentg courses

Straight line with constant altitude	see if the basic works
Straight line with various altitude	see if the altitude is properly managed
Simple cercle with constant altitude	see if the roll is properly managed
Simple cercle with various altitude	see if the roll and the altitude are properly
managed together	
An eight with constant altitude	see if the plane can correctly move to a right
turn to a left turn	
An eight with various altitude	see if the plane can do the same thing with the
problem of the altitude on top of it.	

So we are trying to optimize our simulation , trying to find the best PID characteristics with the simulation and then we will fly the plane to see if the reality gives almost the same results as the simulation did

We have Two little questions though we will not use the autoamted take off and landing but we will do it manually ; do we just have to switch to CIC mode with the remote control when the altitude is high enough or do we have to change some settings in the horizon or in the hyperterminal...?

In the example given in the MP2028g manual concerning the settings of the PID terms , the pitch response is twice the elevators position , i know it is a simple example for the sake of simplicity but how do get these kind of information in the reality in fact how do we know the effect of the elevator , the ailerons and the rudder on the pitch , roll and yaw?

Thank you for helping us , see you soon !

Mehdi EL HAMZAOU

---

Dear Medhi,

I am glad those problems are solved.

Yes, you just switch to CIC and the MP2028g will begin computer control using the flight plan that you wrote in the fly file.

Even if you simulate flights first, I recommend that when you fly the UAV, you setup the PID gains

in the sequence we describe in the manual. The sequence we describe makes sure that your inner

stability loops are adjusted first and then the navigation loops.

Flying in PIC and switching to CIC to observe the behaviour is a good way to check and adjust the performance.

When you make a test flight, sometimes you can see the behaviour and adjust the gains immediately to see the response.

Sometimes, you may need to analyse the datalog and see where the gains need adjusting.

Trial and error is really the best way to do this, because each aircraft and installation is different.

When you are adjusting your gains, a good guide is that if your response is too much, reduce the gain by about 25%

I hope this answers your questions.

---

Here is maybe what would be our last mail , but we need some answers so that we can really optimize the performances of our Twinstar and its automatisaton ...

First , under Horizon , even if we can set the gains very precisely for all the PIDs , the course of our plane depends on its own characteristics i mean for example how much will it roll ( how important will the angle of roll be) when we apply a certain angle on the ailerons, how much will it raise in altitude when we apply a certain angle on the elevator and a certain thrust on the engines ..

How can we introduce these parameters within Horizon so that the simulation better sticks to the reality?

Secondly: Under Configuration Wizard and in the VRS files it is possible to configure

Climb Speed  
Rotation Speed  
Cruise Speed

What precisely means "Rotation Speed" ? In the Manuel and by pressing F1 in the appropriate field , the explanations weren't very clear....

During a simulation the cruise speed we entered was respected , but the climb speed : not at all...

By the way , during a simulation the plane always take off and go very high ( 91 m) in 13 seconds , is it possible to change these parameters , i've seen that in the WPT files , in the code , there is the command " climb 300 waitClimb 200" is it , is this command important?

To finish , in order to determine precisely the gains of our PIDs under Horizon , we plan to make a flight test totally manual , with the MP2028g plugged , and for example to do many impulses on the roll command with variable frequencies , to get the datalog and then with Matlab we plan to get the data concerning the ailerons and the data concerning the roll and then to get the real transfer function that has in input the aileron commands and in output the roll angle, then we will build our own PIDs in a feedback loop that we will determine the correct gains still with the Help of Matlab...

Then these gains we will reintroduce them into Horizon to better stick to the reality

Do you think this is a good idea ? Do you see any other fastest way to integrate the characteristics of our plane under Horizon ...

Thank you for your answers and your time ...

---

Dear Medhi,

Using our Aircraft definition editor, you can modify the default aircraft definition to better suit your aircraft parameters.

You will find this program on our support website, on the plug-in page.  
Look for Horizon Simulator Editor.

After downloading the v3.2 Beta file (AircraftEditor.zip), you should extract the executable and place it in the Horizon directory.  
When you run the dfneditor.exe, you will see the name of the default aircraft (DRN) in the dropdown list at the top.  
Click 'New Aircraft' and type the name of your new definition (let us say you name it 'VTOL').  
The new file will be created and VTOL will be displayed in the list.

Now edit the parameters and save the file.

To use this definition in a simulation, choose a UAV that you want to use for this simulation model.  
(Let us say UAV2, assuming that you have set Horizon for more than one UAV; otherwise just use UAV1).



In the Horizon directory, look for UAV2.ini.  
Open this file in a text editor (Like Notepad) and look at the end of the first section [UAV], but before the [VER} section.

Add this line at the end of the [UAV] section:  
aircraft=VTOL

Save the file.

Now start Horizon and when you simulate using UAV2 the simulator will use this VTOL definition.

Remember also, that when simulating, you should make sure that the simulator is using the correct vrs file that you want.

Look in Horizon settings, on the Simulation tab.

Where it says 'Simulation vrs Options', make sure you clear the box that says 'Override vrs file for UAV2'.

Now, when simulating, the simulator will always use the vrs that is highlighted in the listbox.

## VRS

Yes, the configuration wizard allows you to set cruise speed, rotation speed and cruise speed.

You can also set these in Horizon's vrs editor.

Note that when using Horizon's vrs editor, you have a choice to save changes:

- 1) go online and make changes directly to the autopilot's RAM; flash the autopilot; then make the same changes to your PC's vrs (or retrieve the entire vrs from the autopilot into the PC file.)
- 2) make changes to the PC vrs file and then transmit this to the autopilot.

NOTE: When you look inside the vrs file with a text editor, the values for these flight speeds are in internal units, so they will appear to be different to the values you set with the vrs editor or configuration wizard.

Rotation speed is the airspeed at which the autopilot will begin feeding in UP elevator, to start rotation and climb out.

Climb speed will be affected by the Take off pitch too.

The autopilot will try to maintain the take off pitch while taking off.

You may need to balance the climb speed and take off pitch to get the results you want.

Always remember that the simulation is only a guide to check your flight plans and general behaviour;

the real UAV will be a bit different and will need adjusting in test flights to achieve the best performance.

The wait climb command simply stops the next command in the fly file from executing until the specified altitude is reached.  
This has no effect on the climb speed.

If your aim is to produce a more accurate simulation model, your test flight method may work for you,  
but you really need a mathematical model of your aircraft to use when entering parameters in the definition editor.  
The combination of simulator definition and vrs settings will make your simulation much closer to your UAV.

If your aim is to set up a real UAV, then the fastest way to set up PID loops is to test fly the UAV, in the sequence described in the manual.  
This will allow you to see the behaviour and adjust PID gains until you have reliable, safe autonomous control.

Regards,  
Chris Downing  
Technical Support Representative  
MicroPilot, Miniature - UAV Autopilots  
Email: [cdowning@micropilot.com](mailto:cdowning@micropilot.com)  
Phone: (204) 344-5558 Ext. 257  
Web: [www.micropilot.com](http://www.micropilot.com)

## **Annexe 4 : Budget consommé**

Liste du matériel acheté :

- |                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| • 4 servomoteurs HS-81            | 4*22 euros |
| • 1 batterie 11.4 Volts Li-Poly : | 44.5 euros |
| • Chapes à billes                 | 5 euros    |
| • 1 Twinstar                      | 80 euros   |

## **Annexe 5 : Liste de conseils avant d'effectuer un vol**

- Choisir un terrain avec une bonne visibilité, assez dégagé, facile d'accès : nous avons choisi le terrain de Pech David
- Se renseigner sur la météo 2 a 3 jours avant le vol : il ne faut pas qu'il y ait trop de pluie (bien que tout fonctionne quand même par temps de pluie y compris le GPS) ni trop de vent...
- Recharger toutes les batteries la veille, ne pas oublier celle du portable !
- Savoir quels vont être les buts de l'essai en vol, prévoir un parcours et en informer le pilote qui statuera sur la faisabilité de l'essai.
- Réaliser des essais en vol plutôt le matin ou le soir : c'est a ces moments que le vent est le moins fort
- Le jour même : vérifier que rien n'a été omis, encore une fois ne pas oublier le portable...
- Prévoir du Scotch épais en cas de réparation mineure à effectuer sur place
- Prévoir un 2eme lot de batteries chargées et ce particulièrement pour le radiomodem c'est lui qui consomme le plus après tout...
- Se renseigner auprès des éventuels autres aéromodélistes présents sur le terrain et vérifier qu'ils n'utilisent pas la même fréquence que nous
- Faire un cercle de 30 m autour de l'avion avec toutes les batteries connectées et la radio commande allumée et vérifier qu'il n'y a pas d'interférence , s'il y'en a les servocommandes devraient se mettre a bouger toutes seules et a vibrer assez fortement...
- Si vous voulez en plus utiliser la carte : suivre en plus la procédure de precheck décrite dans le manuel

## VIII – Bibliographie

### Livres consultés

- *MicroPilot MP2028g Installation and Operation* disponible en format PDF sur le site de micropilot [www.micropilot.com](http://www.micropilot.com)
- *MicroPilot HORIZONmp user's guide* lui aussi disponible en format PDF sur le site de micropilot [www.micropilot.com](http://www.micropilot.com)
- *MicroPilot Working with Radio modems* lui aussi disponible en format PDF sur le site de micropilot [www.micropilot.com](http://www.micropilot.com)
- *PIP Methodologie De Stabilisation Et d Automatisation Du Vol d Un Drone* également disponible en format PDF sur le site du DAS et n'est autre que le rapport des élèves ayant travaillé sur le projet microdrone un an avant nous.

### Sites consultés

- Le site du Das de l'école Ensica [www.das.ensica.fr](http://www.das.ensica.fr)
- Le site de micropilot [www.micropilot.com](http://www.micropilot.com) qui nous aura été très utile surtout pour télécharger les manuels
- [http://www-ccs.ucsd.edu/matlab/pdf\\_doc/ident/ident.pdf](http://www-ccs.ucsd.edu/matlab/pdf_doc/ident/ident.pdf) un fichier PDF téléchargeable et qui explique comment utiliser la fonction Ident de Matlab
- <http://www.bungymaniac.com> Un site sur l'aéromodélisme et qui nous en a appris beaucoup sur le twinstar et qui contient pas mal de vidéos intéressantes.
- <http://www.pyreneesmodeles.fr> Le site du fameux magasin toulousain bien que nous allions acheter toutes nos pièces dans un autre magasin en ville près de Jean Jaures c, ce site nous permettait au moins de voir quels étaient les servos disponibles , leurs prix etc...

### DVD consultés

- Micropilot installation and training video : une vidéo de 30 min et qui explique bien dans un premier temps la procédure à suivre pour monter la carte et pour la configurer...