

# **BALLON STRATOSPHERIQUE**

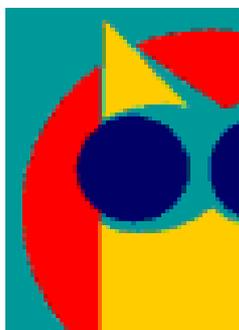
**« CASTLE OF PRINCESS KADIJA »**



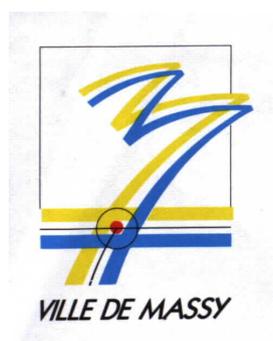
**CLUB SWIFT TUTTLE SPACE**

Chez Mr Silvestre  
8 rue des Vignes, 91300 Massy

L'équipe qui a réalisé ce projet tient, avant tout, à remercier ses partenaires :



# L'ANVAR



Et toutes les personnes qui ont participé de quelque manière que ce soit à la réalisation de ce projet.

# SOMMAIRE

Introduction	Pages 1 à 4
Présentation du club	Pages 5 à 6
Présentation du projet	Pages 7 à 9
Budget	Pages 10 à 12
Etude fonctionnelle du premier degré	Pages 11 à 12
Description de F.P.1 et F.A. 3 (appareil photo)	Pages 13 à 14
Schémas de la nacelle inférieure	Page 15
Description de F.P.5 (pression)	Pages 16 à 17
Description de F.P.6 (température)	Pages 18 à 19
Description de F.P.7 (stabilité)	Pages 20 à 21
Descriptions des fonctions d'alimentation	Pages 22 à 25
Description de F.P.4 (G.P.S.)	Pages 26 à 28
Description de F.P.3 (émetteur F.M.)	Page 29
Description de F.P.2 (microcontrôleur)	Pages 30 à 37
Schémas de la nacelle principale	Pages 38 à 39
<a href="#">Réglage des capteurs</a>	Pages 40 à 48
<a href="#">Mode d'emploi</a>	Pages 49 à 56
<a href="#">Compte rendu du vol</a>	Pages 57 à 70



*Vue d'ensemble des deux nacelles*

# INTRODUCTION

Le ballon stratosphérique « Castle of Princess Kadija » est un projet scientifique réalisé par Thomas, Sébastien et Yann, trois membres du club Swift Tuttle Space, passionnés par la réalisation de projets scientifiques.

Ce projet a pour but d'étudier, de mesurer différents paramètres propres à la troposphère (jusqu'à 11 Km d'altitude) et à la stratosphère (entre 11 et 15 Km d'altitude).

On a donc choisi comme support de nos expériences un ballon stratosphérique qui peut voler environ 4 heures, monter à 40 000 mètres d'altitude, et parcourir environ 200 Km au cours de son vol. La fourniture de l'enveloppe du ballon, ainsi que la mise en œuvre de son lâcher sont du ressort de l'A.N.S.T.J. (Association Nationale des Sciences et Techniques pour la Jeunesse). Les clubs ont juste à fabriquer une nacelle portant leurs expériences.

Notre ballon est constitué de deux parties :

- une nacelle mesurant les conditions climatiques,
- un appareillage photographique.

## Description de la chaîne de vol

### L'enveloppe :

L'enveloppe du ballon est réalisée dans un matériau très léger ; elle est gonflée à l'hélium et peut soulever des charges de 2,5 Kg à 40 000 mètres d'altitude.

### Le parachute

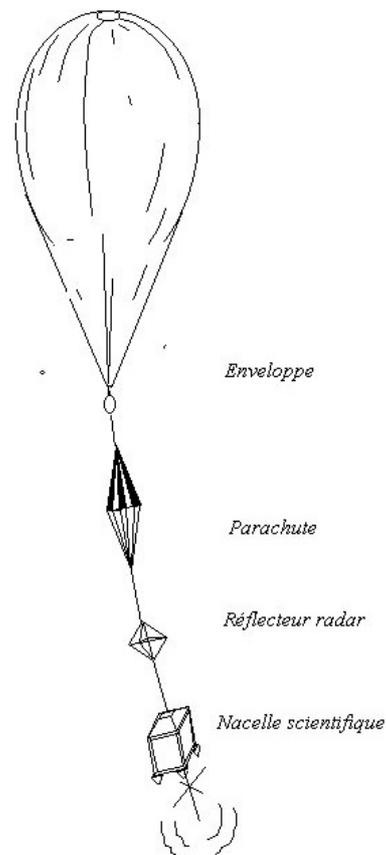
Lorsque le ballon atteint son altitude maximale, il éclate, et le parachute permet de freiner la descente de la nacelle.

### Le réflecteur radar

Il permet aux avions et aux aiguilleurs du ciel de connaître la position du ballon.

### La nacelle

Elle contient toutes les expériences embarquées que nous avons conçues



## **PRESENTATION DU CLUB**

Le club Swift Tuttle Space (S.T.S.) a été créé en 1997 par trois jeunes Massicois désireux de réaliser des projets scientifiques.

Au sein de ce club, nous pouvons réaliser des projets aérospatiaux tels que des fusées ou des ballons. Jusqu'à aujourd'hui, le club a permis à ses adhérents de concevoir 14 fusées dont trois expérimentales ; cette année, nous réalisons trois fusées et un ballon stratosphérique.

Nous réalisons intégralement nos projets à partir de simples tubes de P.V.C., de planches de contreplaqué, de profilés d'aluminium et de plaques de polystyrène ; nous réalisons nous-mêmes les cartes électroniques propres au fonctionnement du projet et aux expériences embarquées. Toutefois, la réalisation ne se fait pas sans aucun contrôle car le lancement d'une fusée peut s'avérer dangereux et certaines mises en œuvre sont très complexes. Aussi, le Cnes et l'A.N.S.T.J. nous encadrent et nous aident à réaliser les projets :

- pour des raisons de sécurité, nos projets subissent des contrôles au cours desquels on vérifie qu'ils répondent bien au cahier des charges (test de solidité, on vérifie le fonctionnement des expériences, et pour les fusées, on fait même une simulation informatique de vol).

- Les lancements ont lieu sous la surveillance de professionnels, les pyrotechniciens du Cnes qui nous fournissent les propulseurs à poudre, les enveloppes et l'hélium pour les ballons. Les projets sont lancés une fois par an, lors du Festival international de l'espace, à Millau. Pour les mini-fusées, des campagnes régionales ont également lieu.

Le club S.T.S. permet à ses membres de réaliser trois types de projets :

- les mini-fusées pour découvrir les principes de base de la conception et de la réalisation de systèmes embarqués. L'expérience principale concerne la récupération des fusées (l'objectif étant de les récupérer intactes). Le déclenchement du système doit s'effectuer automatiquement lors du vol. Une mini-fusée pèse environ 1,5 Kg et les propulseurs « koudou » que fournit le Cnes leur permettent d'atteindre les 800 m d'altitude et une vitesse d'environ 700 Km/h.

- les fusées expérimentales, embarquant des expériences permettant de faire, en vol, toutes sortes d'analyses (mesure de la vitesse, de la température, de la pression, etc...). Elles pèsent entre 7 et 30 Kg et peuvent atteindre 6000 mètres d'altitude.

- Les ballons stratosphériques permettent, eux aussi, d'embarquer des expériences dans des nacelles situées sous les ballons gonflés à l'hélium. Ils peuvent monter à 30 000 mètres d'altitude.

Dès sa première année, le club a remporté le prix S.N.P.E. pour la qualité de ses projets et a participé à une émission de télévision (E=M6).

Au fil des ans, nous nous sommes mis à réaliser des projets de plus en plus ambitieux, et, cette année, les quatre membres du club réalisent au total deux mini-fusées, une fusée expérimentale et un ballon stratosphérique.

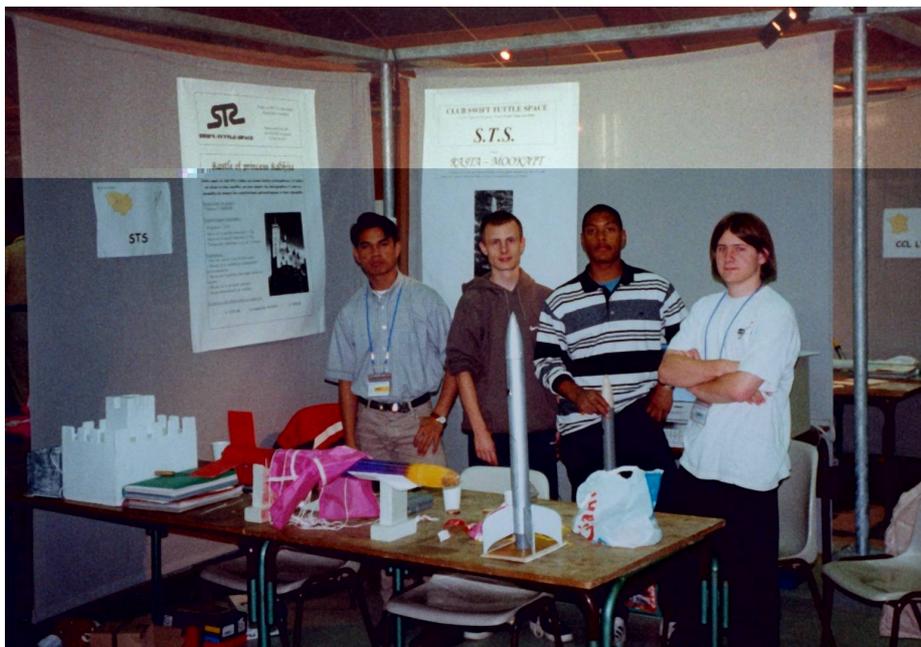
### **Les membres du club :**

Le Président : Benjamin Silvestre, étudiant à SupAéro,

Le secrétaire : Yann Grimoire, étudiant en IUT d'informatique industrielle,

Le Trésorier : Thomas Carrière, étudiant en BTS d'électronique,

Le 4<sup>ème</sup> membre : Sinath Muth, étudiant en BTS d'informatique.



*Sinath, Thomas, Yann et Benjamin sur le stand de Millau*

## **PRESENTATION DU PROJET**

Le ballon stratosphérique « Castle of Princess Kadija » est un projet réalisé par trois membres du club. Ce projet, le plus important que le club ait réalisé, a pour but de mesurer les conditions climatiques en haute atmosphère tout en permettant à ses concepteurs d'acquérir une nouvelle expérience en concevant des cartes électroniques, des petits systèmes mécaniques, mais également, les très complexes démarches administratives pour faire financer le projet.

L'équipe concevant ce projet est constituée de trois personnes : Thomas Carrière, le responsable du projet, ainsi que Yann Grimoire et Benjamin Silvestre.

Nous avons décidé de décomposer notre ballon en deux nacelles , l'une embarquant les expériences de mesure des conditions climatiques et l'autre embarquant un petit appareil photographique qui sera largué quelques minutes après le lancement.

### **La nacelle principale**

Cette nacelle contiendra les expériences à effectuer en haute atmosphère, toutes les expériences seront mesurées, traitées électroniquement puis émises vers une station de télémesure grâce à un émetteur FM fourni par l'ANSTJ.

Il y aura quatre expériences principales :

#### - Le G.P.S. :

Le G.P.S. donne la position géographique du ballon, son altitude, ainsi que l'heure de la mesure. Le G.P.S. nous permettra donc de tracer sur une carte la trajectoire du ballon et d'en déduire, grâce au chronométrage, la vitesse du ballon, donc celle du vent.

De plus, ce système doit nous permettre de retrouver le ballon au moment de son atterrissage en nous précisant sa position.

#### - Mesure de la pression :

La mesure de pression nous permettra de connaître précisément l'altitude du ballon. Le GPS indique aussi l'altitude, mais à 300 m. près ; de plus , au-delà de 20 000 m. d'altitude, la plupart des GPS sont bridés et n'émettent pas.

#### - Mesure de température :

On mesurera la température à l'intérieur du ballon pour vérifier la qualité de l'isolation thermique. On pourra comparer cette température à la température extérieure, qui sera également mesurée, sachant qu'à 40 000 m. d'altitude, il fait environ  $-50$  °C.

- Mesure de la stabilité de la nacelle :

Cette expérience a pour objet de mesurer l'inclinaison de la nacelle lors des différentes phases de vol. Cette mesure peut être intéressante dans le sens où on peut en déduire les perturbations atmosphériques. S'il y a de fortes rafales de vent, un « trou d'air », etc. ..., le ballon bouge beaucoup et son inclinaison varie.

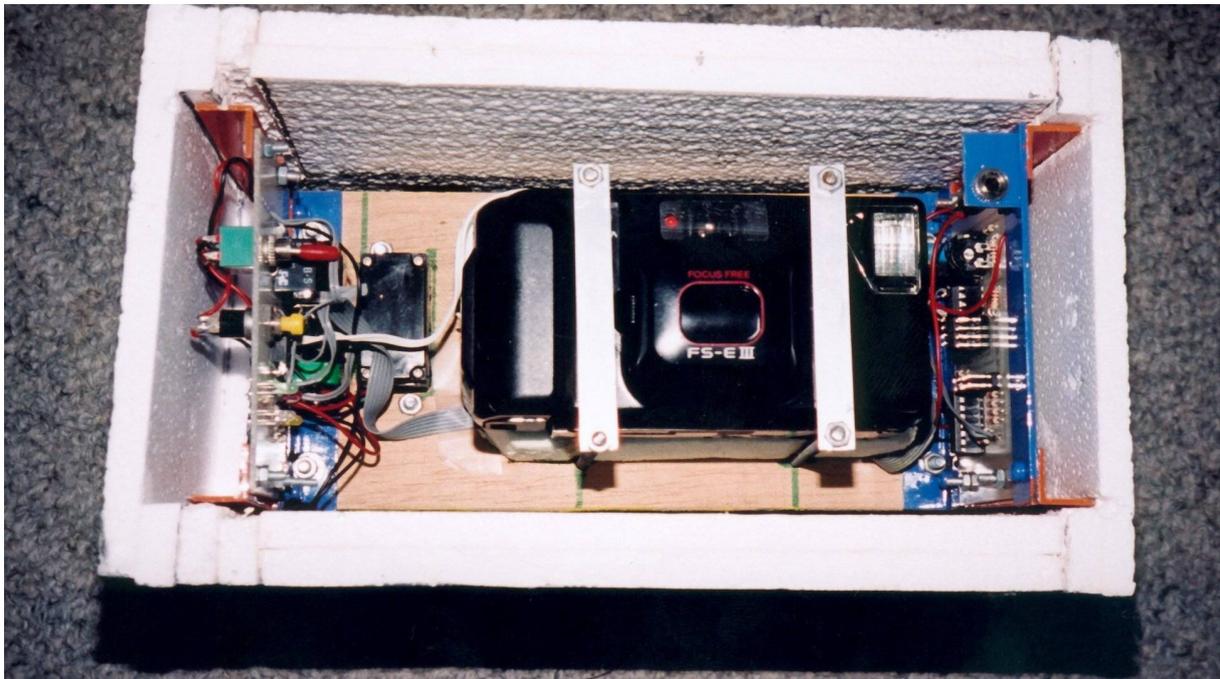
## **La deuxième nacelle**

Cette partie a pour mission de photographier le décollage du ballon :

On disposera une petite nacelle située sous la nacelle principale avec un petit appareil photographique qui se déclenchera à intervalles réguliers.

Statistiquement, un ballon stratosphérique est perdu une fois sur trois ; d'autre part, les appareils de télémétrie n'émettent pas de photographies ; ces deux problèmes nous contraignent à larguer le module contenant l'appareil photographique lorsque le ballon aura atteint 700 mètre d'altitude, peu de temps après le décollage.

Cela permettra d'obtenir de belles vues panoramiques de l'aire de lancement.



*Nacelle inférieure*

## LE BUDGET

Date	Objet	Destinataire	Dépense	Crédit
12/12/98	Achats de profilés, polystyrène	Leroy Merlin	200,00	
13/12/98	Composants électroniques	Benjamin	137,00	
16/01/99	Composants mécaniques	Leroy Merlin	170,56	
30/01/99	Subvention	ANVAR		5000,00
02/02/99	Composants électroniques divers	Conrad	900 ,00	
06/02/99	Capteur	Sélectronic	260,60	
27/03/99	Composants alimentation FA2	Sélectronic	145,50	
16/04/99	Achat du GPS	Motorola	2283,00	
21/04/99	Microcontrôleur kit AE3048	Int. Armature	2774,00	
24/04/99	Composant alimentation & plaque inter.	Selectronic	180,00	
15/05/99	Plaque de polystyrène	Leroy Merlin	146,10	
10/09/99	Subvention Mairie	Mairie		3300,00
28/11/99	Composant électronique (XR2206,LM335)	Selectronic	100	
30/12/99	Appareil photo		790	
04/07/00	Composant (Max 732+Inter)	Selectronic	147	
10/07/00	Consommables (Emerillon, corde...)	Leroy Merlin	100,4	
18/07/00	Composant (Max732,TLC 274)	Selectronic	126	
29/07/00	Composant (Quartz)		20	
TOTAL			8480,16	8300,00



*Une superbe vue de Millau...*

# BALLON STRATOSPHERIQUE

« CASTLE OF PRINCESS KADIJA »

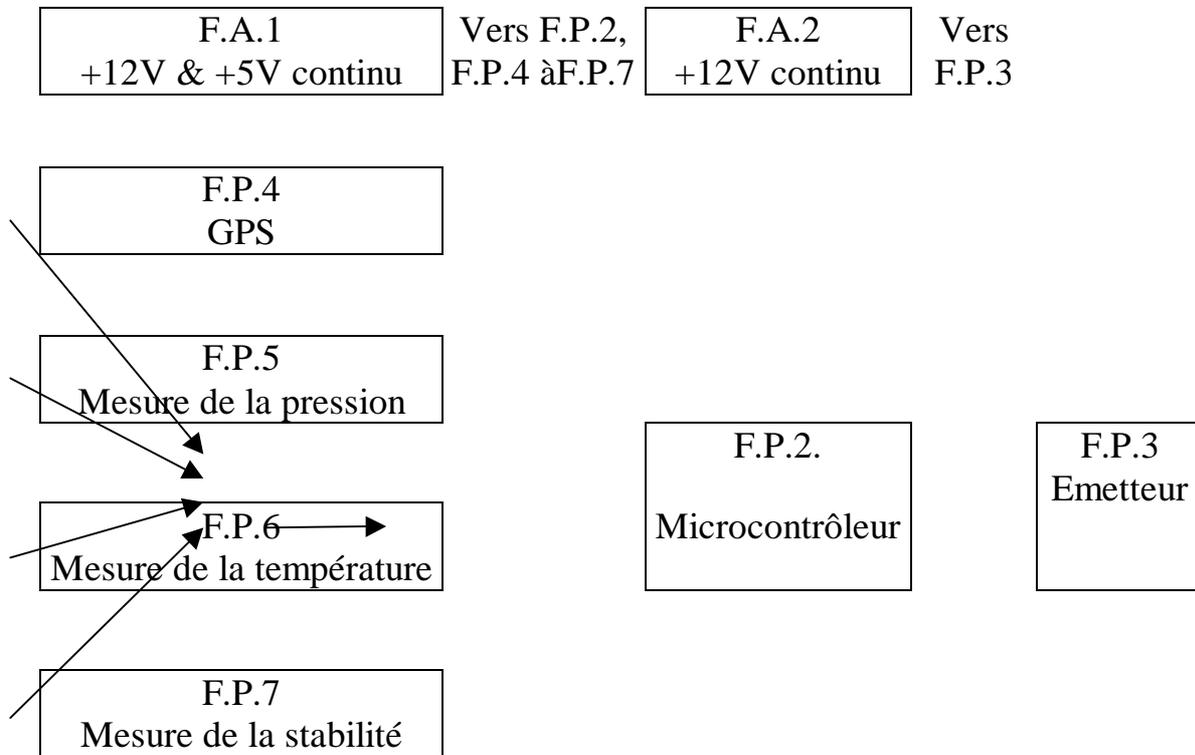


ETUDE FONCTIONELLE

CLUB SWIFT TUTTLE SPACE

# ETUDE FONCTIONNELLE GENERALE

## Nacelle supérieure



## Nacelle inférieure



F.P.1 (nacelle inférieure) : Cette fonction correspond à la prise de photographies ; un système de minuterie électronique permet de prendre les photos à intervalles réguliers et de déclencher automatiquement la séparation de la nacelle inférieure une fois la pellicule finie.

F.P.2 (microcontrôleur) : C'est l'unité centrale du système, le microcontrôleur devra coordonner, mettre en forme les signaux à émettre.

F.P.3 (émetteur) : Il s'agit d'un émetteur de 16 bits, de type « toucan », fourni par l'ANSTJ.

F.P.4 (G.P.S.) : Le G.P.S. aura pour rôle de donner la position géographique du ballon (latitude, longitude) ainsi que l'heure où la mesure aura été faite.

F.P.5 (mesure de la pression) : Cette fonction permettra de connaître la pression atmosphérique et d'en déduire l'altitude du ballon.

F.P.6 (mesure de la température) : Cette fonction permet de connaître la température interne et externe du ballon.

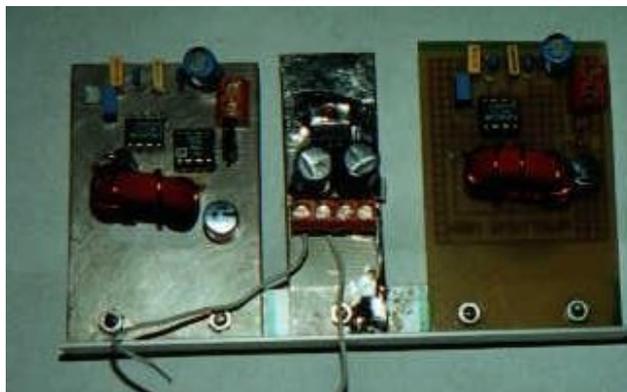
F.P.7 (stabilité) : Un petit système mécanique permet de mesurer l'inclinaison du ballon par rapport à la gravité terrestre.

Fonctions alimentation : leur rôle est de fournir l'énergie électrique nécessaire aux expériences :

F.A.1 : Délivre du 5 et 12 volts continu, régulé, filtré, aux fonctions contenues dans la nacelle supérieure, ainsi qu'une tension de 10 volts pour le capteur de pression.

F.A.2 : Fournit du 12 volts à l'émetteur (le cahier des charges nous impose d'alimenter l'émetteur indépendamment du reste).

F.A.3 : Délivre du 5 volts continu à la nacelle inférieure



*Les cartes d'alimentations : F.A.1., F.A.2., F.A.3..*

## DESCRIPTION DE LA NACELLE INFÉRIEURE (F.P.1 ET F.A. 3)

### *Fonction alimentation*

L'alimentation doit fournir de l'énergie aux circuits permettant de commander la prise de photographies par l'appareil photo et la séparation de la nacelle du reste de la chaîne de vol.

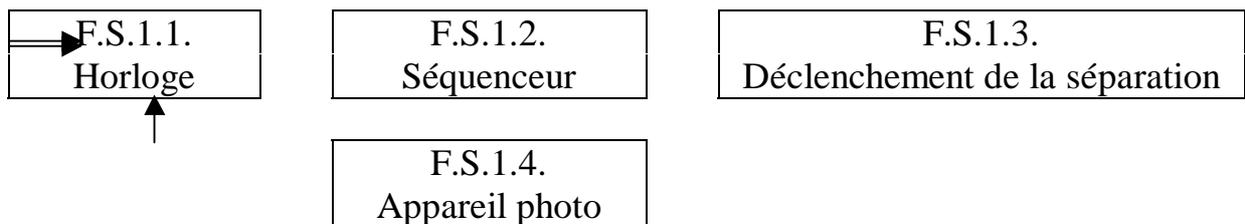
On utilisera une pile de 9V comme source d'énergie et cette tension sera régulée à 5V puis filtrée à l'aide de deux condensateurs.

Remarque : le mécanisme de l'appareil photo fonctionne avec deux piles LR6 placées dans l'appareil.

*Voir schéma 1*

### *Fonction principale 1 :*

Cette fonction doit permettre de séquencer la prise de photos à intervalles réguliers, puis éjecter la nacelle inférieure quand un certain nombre de prises de vues auront été faites.



#### F.S.11 : Horloge

Le rôle de cette fonction est de générer un signal d'horloge de 1 seconde ; on utilisera un NE 555 monté en astable.

*Voir Schéma 2*

#### F.S.12 : Séquenceur

Ceci permet de déclencher la prise de photos à intervalles réguliers, on utilise un compteur et les différents strappes permettent de régler l'intervalle entre deux photos de 2 à 10 secondes. La commande est effectuée par un relais.

*Voir schéma 3*

#### F.S.13 : Déclenchement de la séparation

Un e fois que l'appareil photo a pris le nombre de photos désiré, la nacelle se sépare du reste de la chaîne de vol et redescend sous parachute. Pour commander le servomoteur (permettant la séparation), on utilise un registre à décalage programmable qui compte le nombre de photos prises, puis se déclenche quand ce nombre est égal au nombre programmé, avec un système de strappe (réglable de 1 à 32).

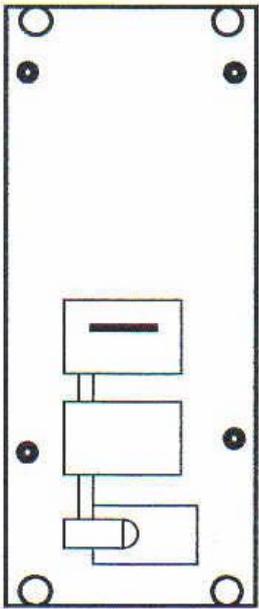
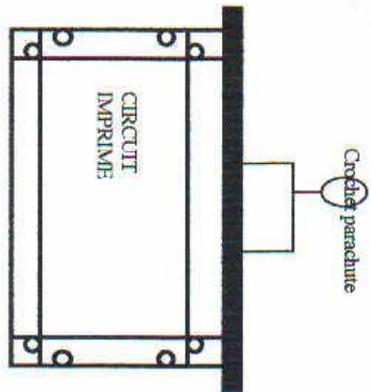
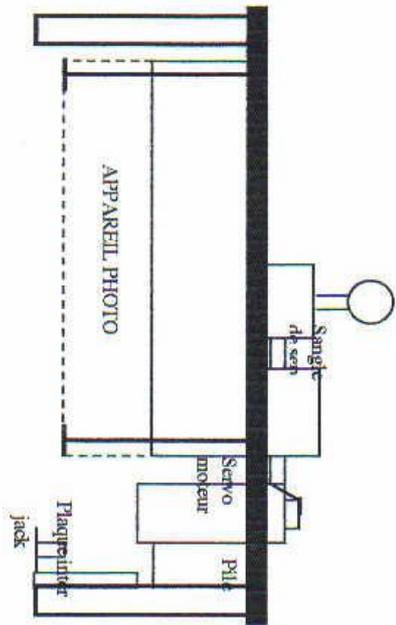
*Voir schéma 4*

#### F.S.14 : Appareil photographique

C'est un appareil photo électrique tout à fait classique, où le bouton de commande est remplacé par un relais.



### Schéma de la nacelle inférieure



## DESCRIPTION DU CAPTEUR DE PRESSION (F.P.5)

Le rôle de cette fonction est de déterminer la pression atmosphérique pour en déduire l'altitude du ballon. Pour cela, on utilise un capteur (MX 2200), puis un système d'amplification et de filtrage.

F.S.5.1. Capteur	F.S.5.2. Additionneur amplificateur	F.S.5.3. Amplificateur	F.S.5.4. Filtrage
---------------------	--	---------------------------	----------------------

F.S.51 : C'est un capteur piézo-électrique, un MX 2200, qui varie linéairement de 20mV par bar. A 40 000 mètres d'altitude, la pression est d'environ 0,006 bar (soit 0,12 mV), tandis qu'au sol, cette pression est d'environ 1 bar (soit 20 mV) ; ces données varient légèrement en fonction des conditions météorologiques (voir courbes d'étalonnage et documentation du constructeur en document annexe).

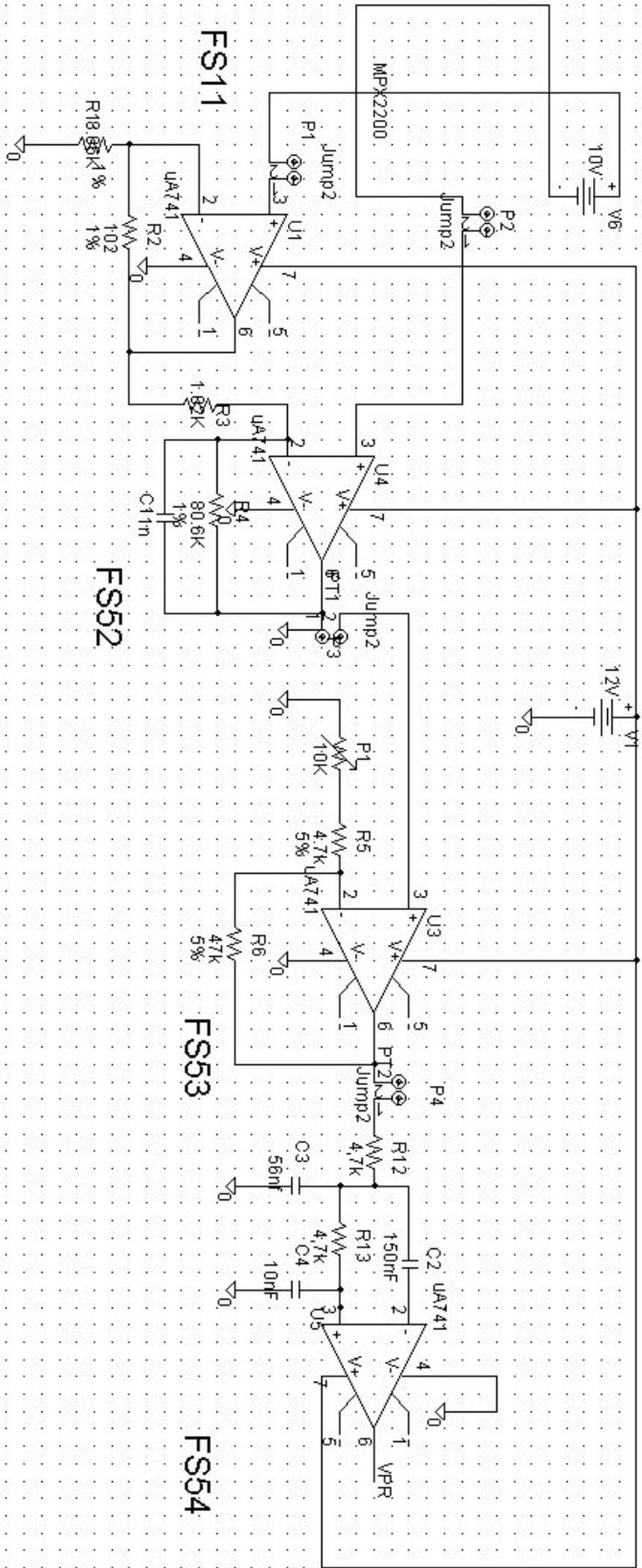
F.S.52 : Cette fonction permet d'additionner la différence de tension entre la sortie + et la sortie – du capteur et d'amplifier le signal par 80.

F.S.53 : Cette fonction permet d'amplifier par 3,125 le signal issu de F.S.12, tout en permettant l'étalonnage du capteur (réglage du gain et de l'offset), grâce à deux potentiomètres. Plus on monte en altitude, plus la pression diminue, donc, au sol, on réglera le capteur de manière à avoir 10 V en sortie (5 volts # 1 bar, 2,5V # 0,5 bar, etc.) .

F.S.54 : C'est un filtre passe bas du troisième ordre, qui permet de lisser la tension de sortie en enlevant les parasites dus à la très forte amplification et aux diverses imperfections des composants.

### *Pression en fonction de l'altitude*

Altitude (en mètres)	Pression (en bars)	Tension en sortie de F.P.5 (volts)
0	1	5
5 000	0,533	2,665
10 000	0,261	1,305
15 000	0,119	0,595
20 000	0,0545	0,272
25 000	0,039	0,195
30 000	0,022	0,11
35 000	0,012	0,06
40 000	0,006	0,03



Thomas CARRIERE  
 Capteur de pression  
 Castle of princess Kadja  
 Club SWIFT TUTTLE SPACE

Page Size: A

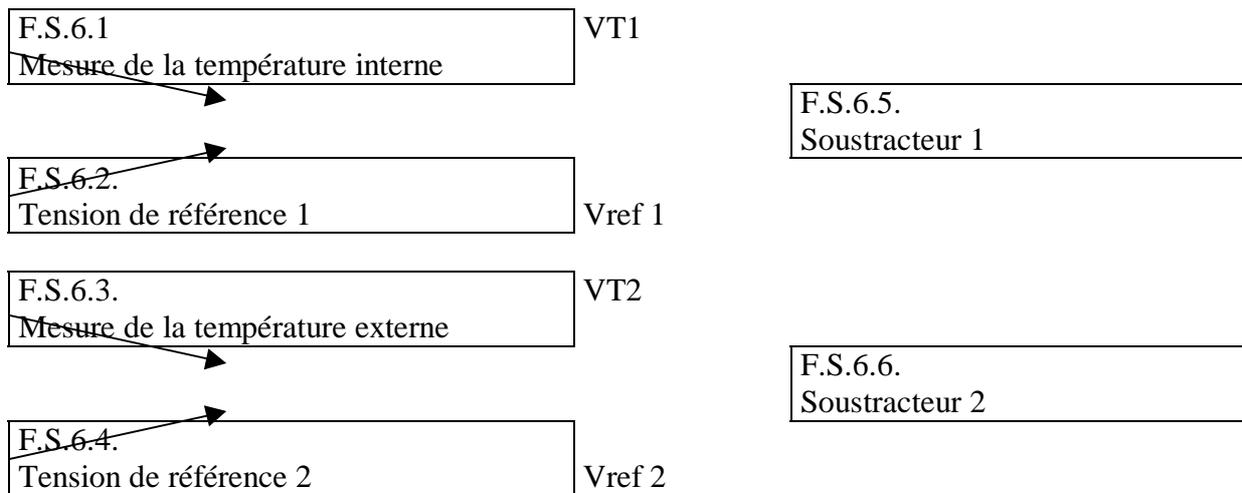
Revision: 10/02/1999

Page 1 of 1

## DESCRIPTION DE LA MESURE DE TEMPERATURE (F.P.6)

Le rôle de cette fonction est de mesurer la température au cours du vol. On a donc placé trois capteurs de température dans le ballon : deux à l'intérieur de la nacelle pour mesurer la température interne moyenne de la nacelle et l'autre à l'extérieur.

Les capteurs utilisés sont des LM335 ; ce sont des capteurs dont la tension varie linéairement en fonction de la température, de 10 mV par degré. La référence de tension étant à 0 degré Kelvin, cela signifie que la tension à 0°C sera de 2,73V et à 25°C, la tension sera de 2,98V (voir courbe d'étalonnage et dossier du constructeur).



F.S.61 : Pour réaliser cette fonction, on a placé deux sondes de températures en série dans deux endroits de la nacelle. La tension des deux sondes s'additionne et on obtient la température moyenne de la nacelle.

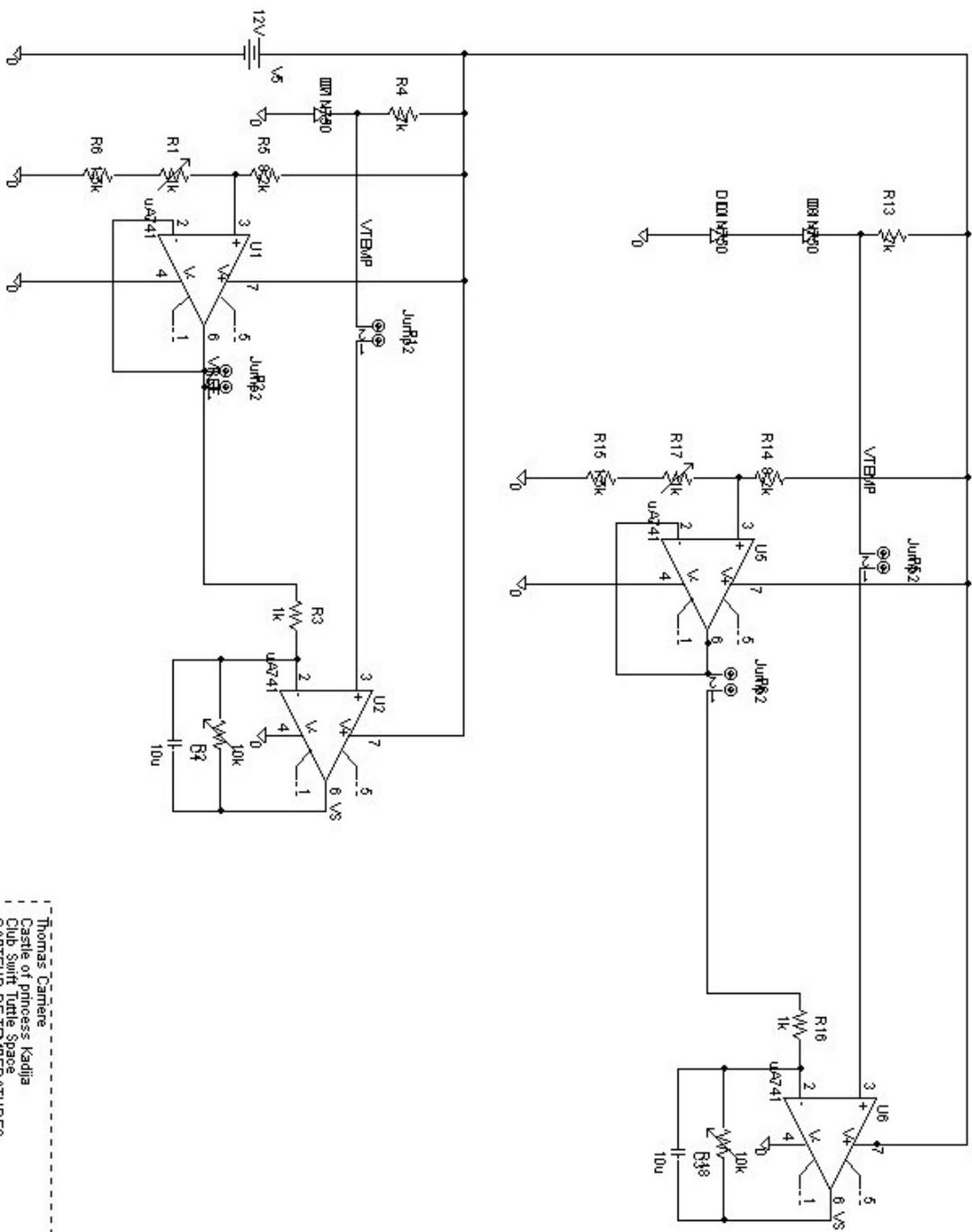
F.S.62 : Comme les sondes réagissent à partir de  $-273^{\circ}\text{C}$ , et que, dans le pire des cas, la température de la nacelle sera de l'ordre de  $-30^{\circ}\text{C}$ , on élabore une tension de référence afin que, en sortie du soustracteur, à  $-30^{\circ}\text{C}$ , on ait 0V. Les deux sondes étant série et délivrant chacune 2,43V à  $-30^{\circ}\text{C}$ , on fixera la tension  $V_{\text{ref.1}}$  à 4,86V (cette tension se règle à partir d'un potentiomètre).

F.S.63 : On mesure la température externe à partir d'un LM335 qui sera placé à l'extérieur de la nacelle.

F.S.64 : Cette fonction est semblable à F.S.62, mais la tension  $V_{\text{ref.2}}$  sera fixée à 2,23V, dans mesure où on ne dispose que d'une sonde et que la température externe peut atteindre  $-50^{\circ}\text{C}$ .

F.S.6.5 : Il s'agit d'une structure qui devra soumettre  $V_{\text{ref.1}}$  à la tension issue de la sonde tout en amplifiant par deux cette différence à l'aide d'un potentiomètre. Cette structure fait aussi office de filtre.

F.S.6.6 : Même structure que F.S.6.5, le signal sera amplifié par deux.



Thomas Camere  
 Castle of princess Kadja  
 Club Swift Turtle Space  
 CAPTEUR DE TEMPERATURES

Page Size: A

Revision: -

[4A01A99]

Page 1 of 1

## DESCRIPTION DE LA MESURE DE STABILITE (F.P.7)

Le rôle de F.P.7 est de mesurer la stabilité de la nacelle lors du vol ; pour effectuer cette expérience, on a placé dans un tube une bille de plomb qui, lorsque la nacelle s'incline, se déplace à l'intérieur du tube. A une des extrémités, une barrière photoélectrique est obstruée lorsque la bille se place devant. Il y a deux capteurs, correspondant aux deux axes d'inclinaison.

F.S.7.1.  
Barrière photoélectrique

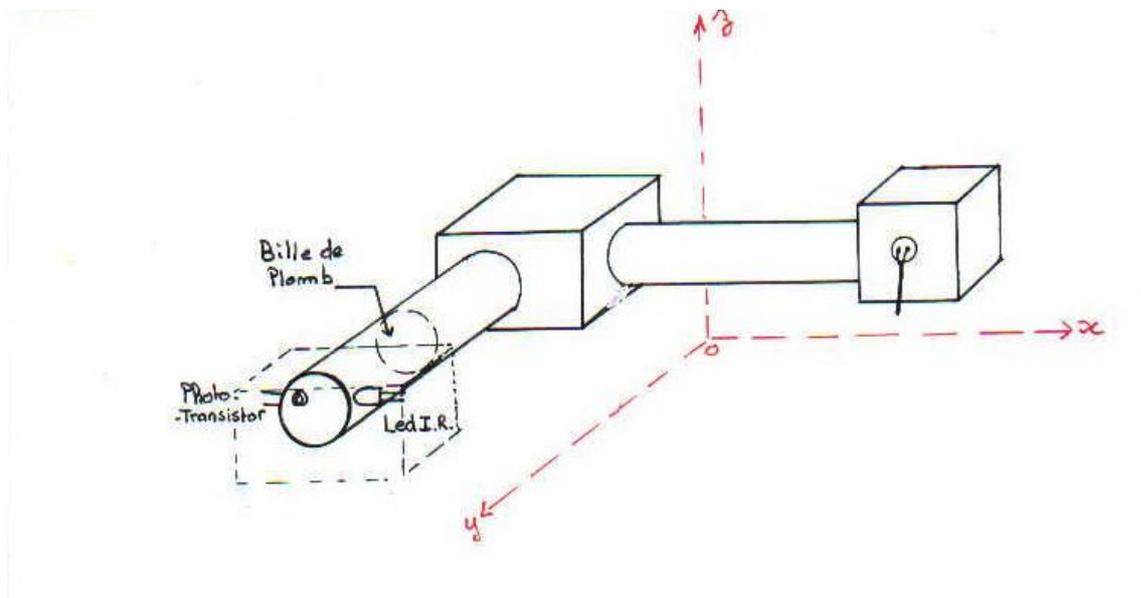
F.S.7.2.  
Comparateur

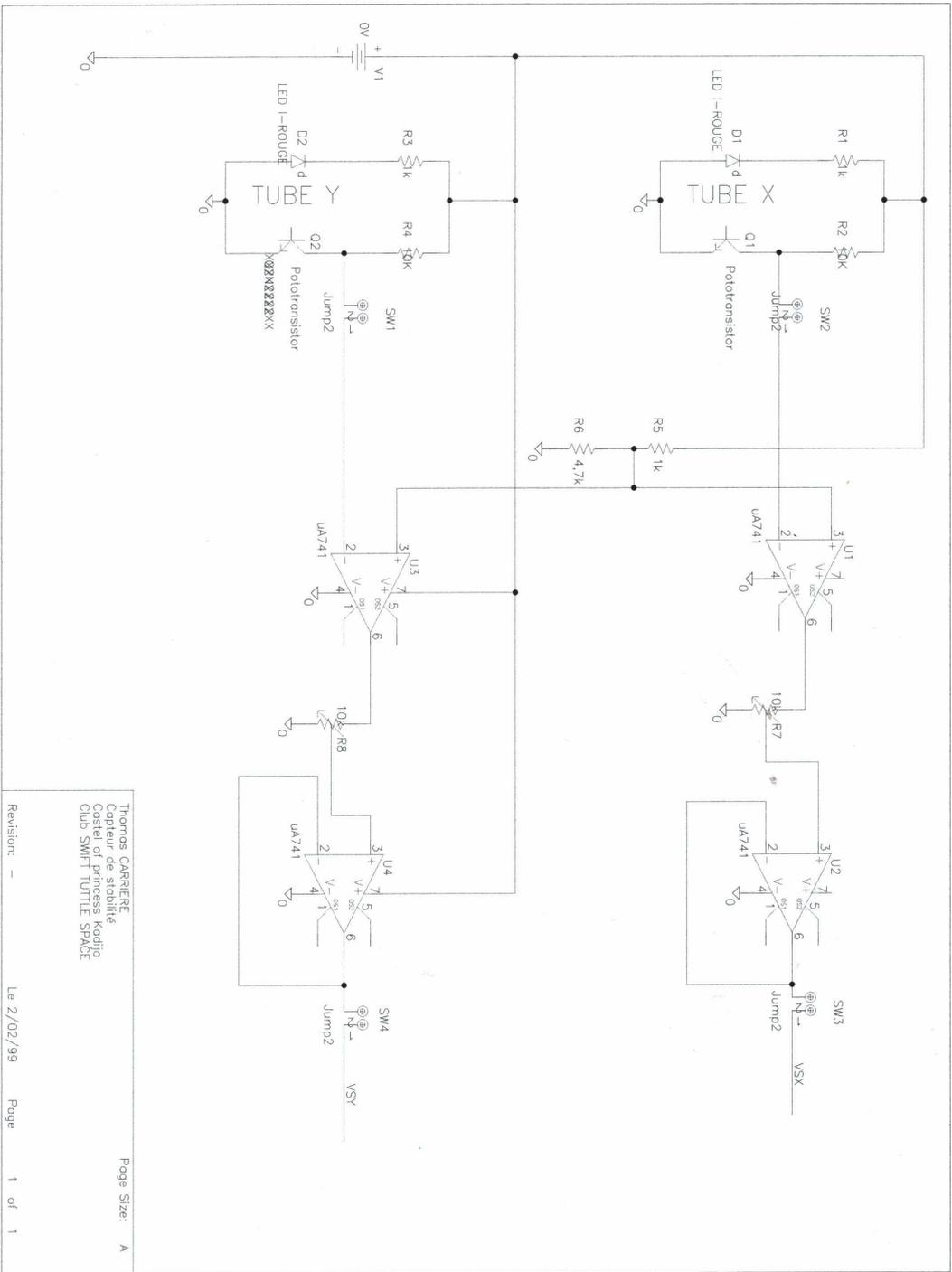
F.S.7.3.  
Mise en forme

F.S.7.1 : Cette fonction détecte la présence de la bille. Elle est réalisée grâce à un phototransistor placé en face d'une diode infrarouge qui sature le transistor (si la bille n'est pas entre les composants).

F.S.7.2 : Le comparateur a pour but d'amplifier et d'inverser la tension V.C.E. présente aux bornes du phototransistor. Pour cela, on a monté un AOP en comparateur entre la tension VCE et une tension constante de 7,15 V.

F.S.7.3 : Cette fonction permet de filtrer la tension en sortie du régulateur, puis de l'étalonner de manière à obtenir une tension de 5V quand la bille est présente devant la barrière et 0V quand elle ne l'obstrue pas.





Thomas CARRIERE  
 Capteur de stabilité  
 Castel of princess Kodlja  
 Club SWIFT TUTTLE SPACE

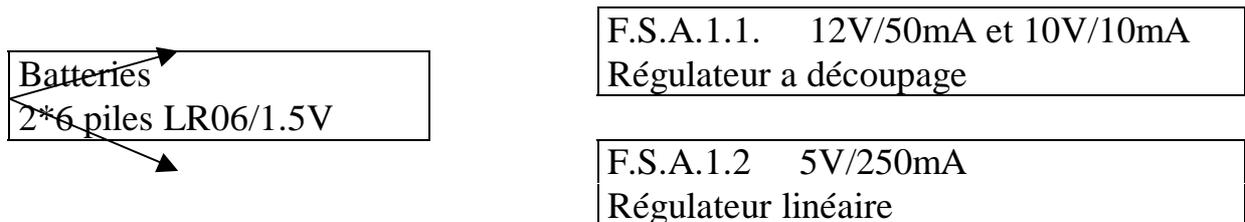
Page Size: A

Revision: - Page 1 of 1  
 Le 2/02/99

## DESCRIPTION DES FONCTIONS ALIMENTATION

### Alimentation des expériences (F.A.1)

Le rôle de cette fonction est d'alimenter les capteurs (F.S.A.1.1) qui fonctionnent avec une tension de 12V (F.P.5, F.P.6, F.P.7) ainsi que le GPS (F.P.4) et le microcontrôleur (F.P.2) qui, quant à eux fonctionnent sous 5V (F.S.A.1.2).

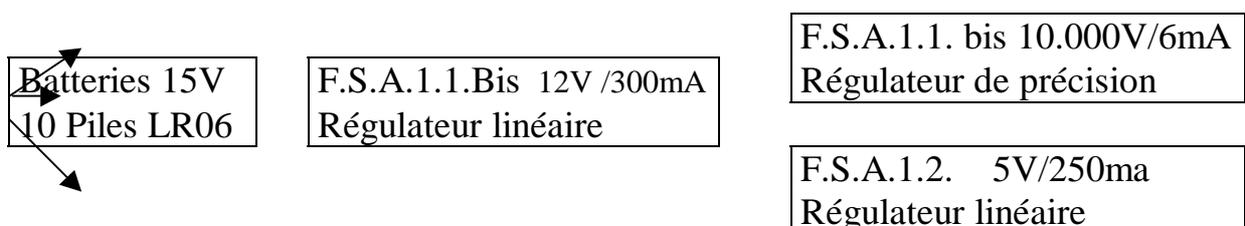


F.S.A.1.1 : Cette fonction délivre aux fonctions FP5, FP6, FP7 une tension de 12V. Les expériences consomment en moyenne 50 mA. Pour réguler la tension, on utilisera un régulateur à découpage, un MAX 732, qui commande une inductance de 50  $\mu$ H, que nous avons réalisée nous-mêmes. Avec une tension d'entrée comprise entre 4,3V et 9,2V, le rendement de l'alimentation varie de 95% à 90% en fonction de l'état des piles. Ces différents paramètres nous assurent une autonomie d'environ 12 heures. Le capteur de pression fonctionne avec une tension de 10V, de plus, il est très sensible aux parasites ; on placera donc un régulateur de 10V, un AD 584 en sortie du régulateur de 12V.

*Voir documents annexes*

F.S.A.1.1. Bis : Lors d'essais que nous avons effectués à Millau, le régulateur Max 732 est tombé en panne, comme ce n'était pas la première fois, on a décidé de faire un nouveau type de régulateur : on a pris un pack de 10 piles que l'on a mises en série, on a placé un régulateur linéaire de 12V, suivi de l'AD584 et du régulateur de F.S.A.1.2.. Evidemment, un régulateur linéaire a un rendement plus faible, sans compter qu'il doit alimenter en plus F.S.A.1.2., car ce régulateur ne supporte pas les 15V des piles. Bref, avec un rendement de 55%, on estime avoir une autonomie de 4h30, ce qui est juste suffisant pour le vol.

Nouvelle organisation :

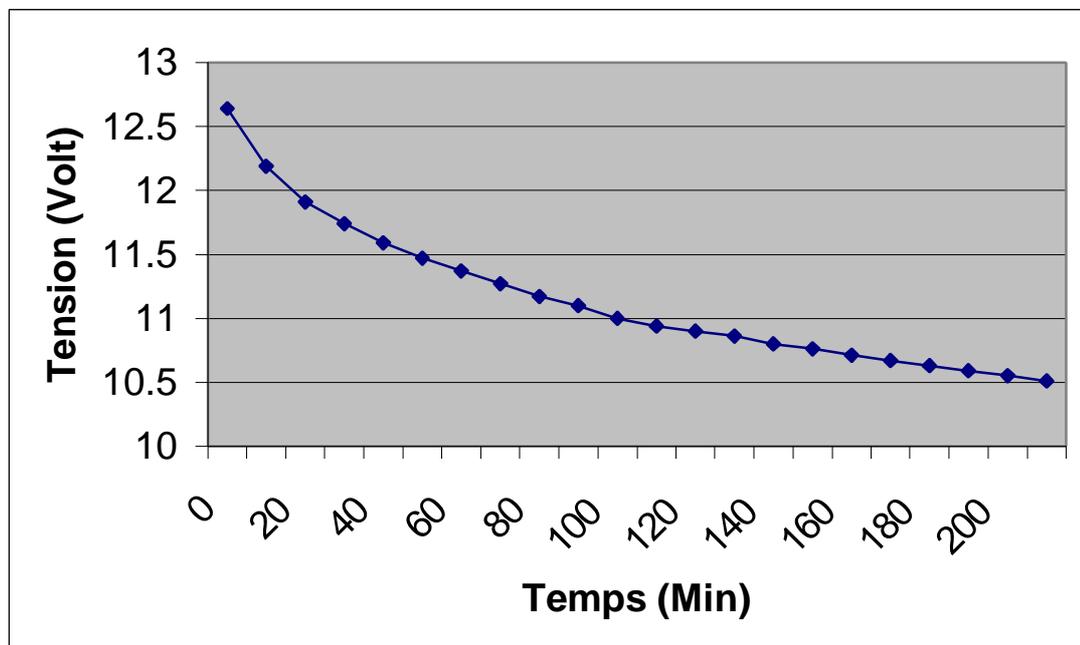


F.S.A.1.2. : Cette fonction devra fournir une tension de 5V continu au GPS (qui consomme environ 150 mA) et au microcontrôleur qui consomme environ 100 mA. Pour cela, on alimentera un régulateur linéaire de 5V, avec une tension de 12V, directement issue du régulateur F.S.A.1.1. Bis.

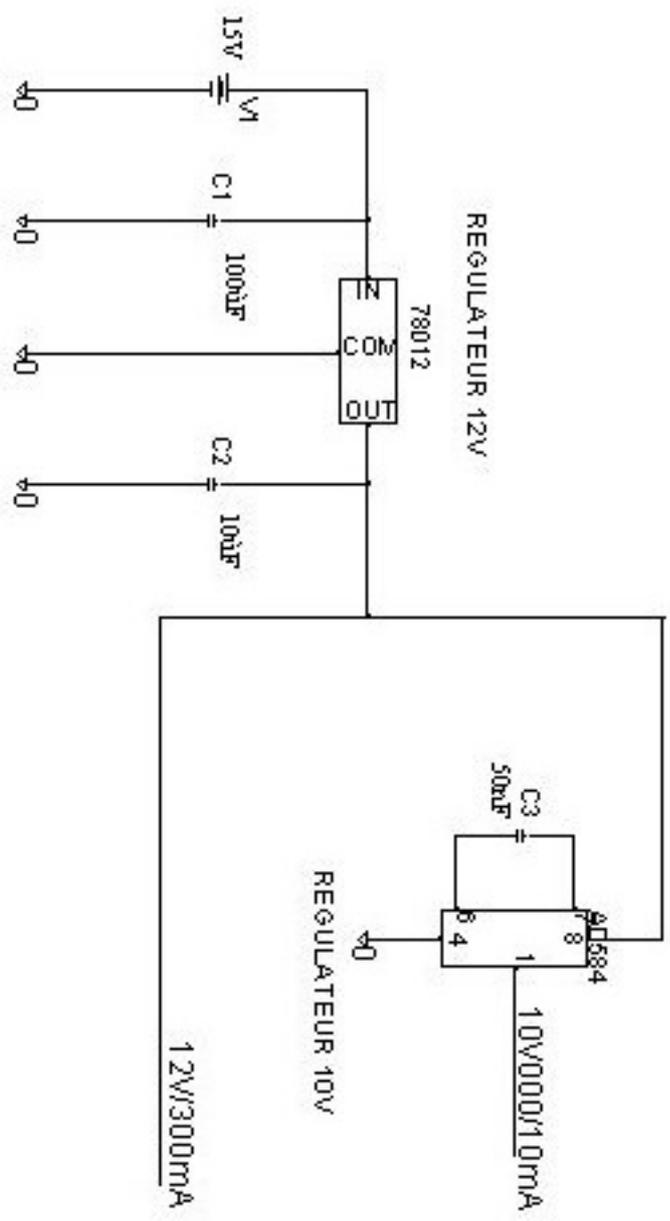
## Alimentation de l'émetteur FM (F.A.2)

Là aussi, on avait prévu un régulateur a découpage, similaire à celui de F.S.A.1.1., qui supporte en théorie jusqu'à 500ma, mais en fait ce régulateur tombait en panne quand l'on mettait en route l'émetteur. On a donc modifié le mode d'alimentation :

Pour alimenter l'émetteur qui a besoin d'une tension de 12V avec 150mA, on a mis 8 piles de 1,5V en série. Les tests que nous avons faits montraient que, au bout de 3h00, la tension est de 10,6V.



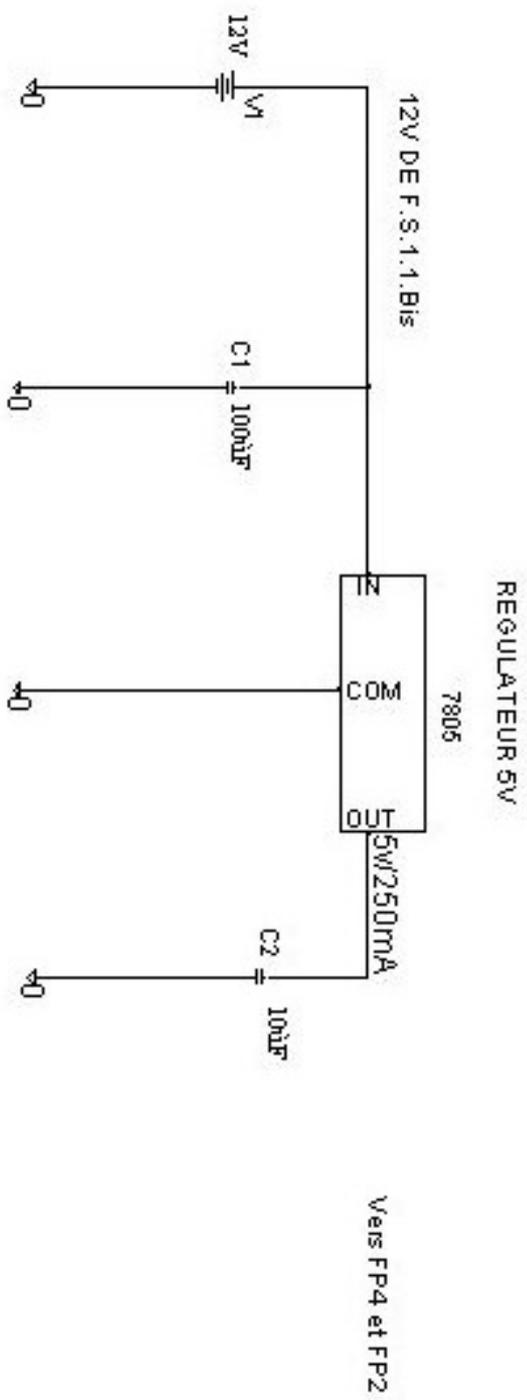
Avec une telle tension, l'émetteur fonctionne encore même si sa puissance d'émission a diminué (300mW à 12V, et 100mW sous 9V...)



VERS FP5

VERS  
F.S.A.1.2.:FP5,FP6,FP7

Thomas CARRIERE Page Size: A4  
 Alimantation: F.S.A.1.1.Bis  
 Castle of princess Kadja  
 Chab Swift Turtle Space  
 Revisien: Le 24 Aout, 2008 Page 1 of 1



Thomas CARRIERE Page Size: A4  
 Alimentation: F.S.A.1.2.  
 Castle of princess Kadija  
 Chib Swath Turtle Space  
 Revision: Le 24 Aout, 2008 Page 1 of 1

## DESCRIPTION DU GPS (F.P .4)

La raison d'être du G.P.S. dans notre ballon est avant tout de nous aider à le retrouver grâce à la position géographique. Toutefois, ce système présente de nombreux autres avantages :

- Il indique l'altitude à +/- 300 m ; on pourra donc vérifier les données obtenues par le capteur de pression, par rapport à cette fourchette.
- Le GPS émet dans sa trame l'heure où la mesure est effectuée. Sachant que, entre deux trames d'émission du GPS, les données issues des autres expériences seront émises, l'heure indiquée par le GPS nous permettra de savoir à quelle heure les autres mesures auront été effectuées. Cette fonction permettra de séquencer tout le vol du ballon.

### Présentation du GPS

Le G.P.S. (Global Positioning System) a été inventé en 1973 par l'armée des Etats Unis pour donner à ses navires un moyen simple et précis de connaître leur position géographique. Actuellement, il existe deux sortes de GPS : un militaire et un civil qui ne fonctionne plus au-delà de 20 000 m d'altitude.

Le récepteur GPS est passif, il reçoit seulement des signaux issus de satellites géostationnaires, un système interne lui permet de reconnaître le satellite dont il reçoit l'éphéméride. En connaissant la position du satellite, le GPS calcule le point où il est situé ainsi que l'altitude. Il y a 24 satellites autour de la Terre qui émettent des ondes vers les GPS. Au sol, il y a trois bases de correction des trajectoires et de mise à l'heure.

Pour fonctionner correctement, un GPS a besoin d'effectuer ses mesures à partir de 4 satellites, même si certains GPS plus évolués peuvent le faire à partir de trois satellites.

Dans notre ballon, nous avons choisi de mettre un récepteur GPS de Motorola, le « GT Plus Oncore », livré avec une antenne. Il effectue ses mesures à partir de 8 satellites et émet ses résultats sur un port parallèle sous forme de trames NMEA (« enaïmer ») ; il effectue sa première « acquisition » 15 secondes après la mise sous tension puis il effectue des ré-acquisitions toutes les 3 secondes. Il consomme 160 mA sous 5V et il présente surtout l'avantage de n'être pas bridé au-delà de 18 Km d'altitude.

*Voir document constructeur en annexe.*



*CARTE DU GPS*

## Fonctionnement du GPS

Pour que le GPS nous donne les informations que l'on désire, il faut pouvoir communiquer avec lui. Pour cela, on utilise son langage : le « Motorola Binaire » ou le NMEA. On peut donc, à partir de la fenêtre de l'hyper terminal d'un ordinateur, d'une calculatrice ou d'un programme intégré dans un microcontrôleur, configurer le GPS et recevoir les données souhaitées.

Il nous a fallu, dans un premier temps, réaliser une carte électronique servant d'interface entre le port série du GPS qui fonctionne avec des tensions de niveaux TTL (0V à 5V) et les ports série de type RS 232 (fonctionnant en +/- 12V). Pour cela, on a utilisé un composant spécialement conçu pour cela, un MAX 232.

*Voir documents annexes*

### Configuration avec un ordinateur :

Il suffit d'écrire le programme dans un fichier du bloc-note, puis de l'envoyer par le port série de l'hyper terminal.

**NE PAS OUBLIER DE CONFIGURER L'HYPER TERMINAL POUR QU'IL PRENNE EN COMPTE LES CARACTERES ASCII.**

Dans un premier temps, on indique au GPS le langage dans lequel on va communiquer, sans oublier la valeur du test (checksum) ; cette valeur correspond à l'équivalent du code ASCII de chaque caractère passé dans une porte OU Exclusif.

Ensuite, il suffit d'indiquer au GPS le type de trame que l'on désire recevoir. Il y a des trames indiquant l'heure, d'autres indiquent seulement la latitude et longitude.

EXEMPLE :

On envoie au GPS :

```
@@Cj)          @@Cj : configuration en Motorola binaries  
                : check sum de @@Cj
```

Le GPS répond :

```
@@Cj  
Copyright 1991-1997 Motorola Inc.  
SFTW P/N# 98-P36847P  
Software VER # 2  
Software REV # 2  
Software DATE AUG 04 1998  
MODEL # R3111G1112  
HDWR P/N # 3  
SERIAL # R058BN  
MANUFACTUR DATE 9D15
```

Ensuite, on lui envoie une commande à effectuer ; le calcul du checksum n'est pas obligatoire :

@@Eq4 : 4 signifie que le GPS enverra une réponse toutes les 4 secondes

La réponse, à Massy, à l'adresse de Benjamin :

```
@@Eq,06,06,99,16,09,20,48,43,7669,N,002,15,0909,E,00144,2,000.7,226.4,0,2,03.1,06,0000,00,016
```

06,06,99,16,09,20 : Le 6 Juin 1999, à 16h09 et 20' (Heure GMT)

48,43,7669 N : 48 degrés et 43,7669 minute de longitude nord.

002,15,0909 E : 02 degrés et 15,0909 minute de latitude est.

00144 : Altitude de 144m

- Cette position géographique correspond bien à la position géographique de chez Benjamin.

- L'heure est bonne, à la seule différence qu'il était 18h09 (en raison de l'heure d'été et du décalage horaire).

- L'altitude réelle est en fait de 110m. De plus cette valeur indiquée par le GPS variait tout le temps.

### Configuration dans le Ballon :

Le GPS communiquera directement avec le microprocesseur. Pour cela on utilise le port série des deux composants. Il sont tous les deux avec des niveaux TTL, on n'a donc plus besoin du Max 232.

Le programme inclut dans le microprocesseur donne l'ordre au GPS d'envoyer ses données sous forme de trames NMEA. Ce format nous permet d'envoyer directement la trame vers l'émetteur (donc pas de problème de stockage).

*Voir fonction FP2 (Microcontrôleur)*

Une trame NMEA a cette forme :

```
$GPGGA,171304.00,4349.2342,N,00259.5835,E,1,08,1.0,3497.6,M,,M,,*4C
```

Heure                      Longitude                      Latitude                      Nbre de satellites                      Altitude

La qualité des informations est évidemment la même dans les deux langages.

## DESCRIPTION DE L'EMETTEUR F.M. (F.P.3)

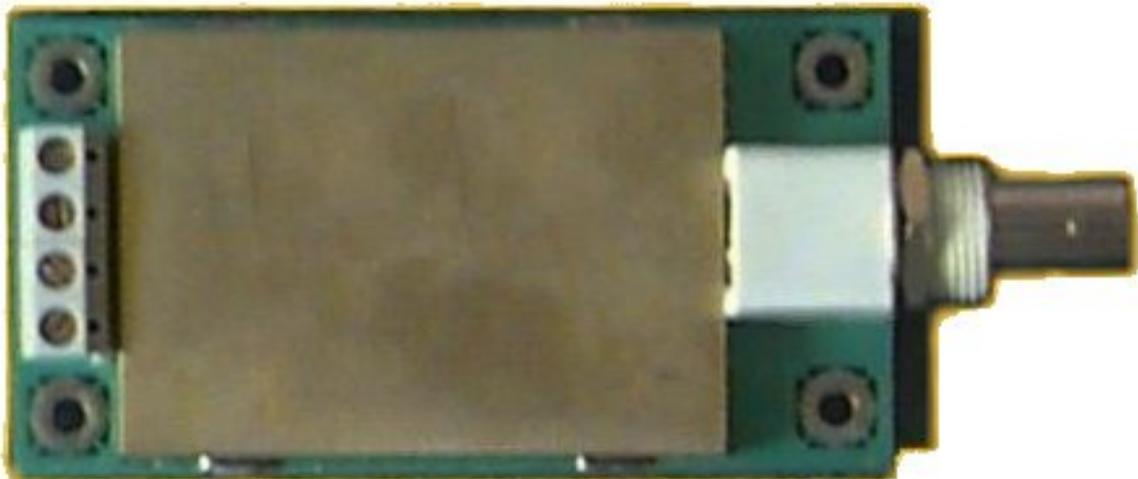
Afin de pouvoir transmettre en direct les données des expériences, on utilise un émetteur FM qui envoie à un récepteur au sol les informations que le microcontrôleur lui a envoyées.

Notre émetteur permet d'envoyer un signal modulé en fréquence avec une fréquence porteuse de 137.950 Mhz. Cette modulation est de type FSK. Il ne faut pas oublier de le relier à une antenne qui fera donc 56cm ( $\text{Lambda} = \text{Ro}/\text{Phi} \dots$ )

Cet émetteur étant relativement coûteux et complexe à concevoir, le Cnes a décidé de le fournir gratuitement aux associations qui en auraient besoin. Comme nous avons un système de traitement numérique on utilisera un « Toucan ». La seule chose que nous avons à faire est de moduler le signal d'entrée. Pour cela on utilise un VCO XR2206 (Oscillateur Contrôlé en Tension) intégré sur la carte microcontrôleur.

### Caractéristiques technique du TOUCAN :

- Alimentation : 8 à 15V
- Consommation : 150mA
- Fréquence d'émission : 137,950Mhz
- Puissance d'émission de 100 à 300mW
- Bande passante : de 100 à 2400Hz ou 100 à 30Khz
- Niveau d'entrée : 5V crête à crête
- Température d'utilisation :  $-10^{\circ}\text{C} < 50^{\circ}\text{C}$



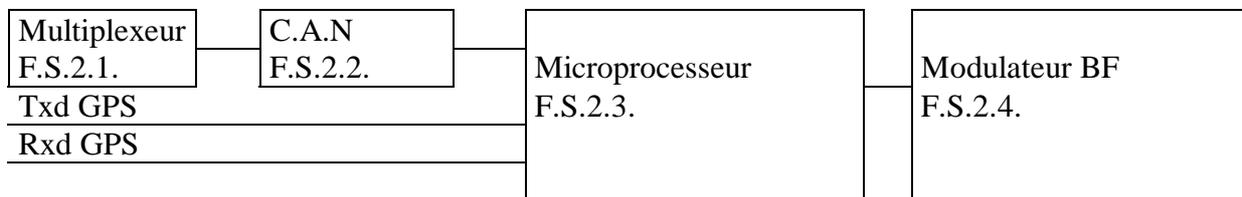
*Emetteur Toucan*

## DESCRIPTION DU MICROCONTROLEUR (F.P.2)

L'objectif de cette fonction est de regrouper les informations issues des différents capteurs, afin de les préparer à être envoyées vers l'émetteur. En sortie du microcontrôleur, on aura donc une trame regroupant :

- Les données des trois capteurs analogiques (Pression plus les deux voies de la température)
- Les données issues du capteur de stabilité (données TOR)
- Les informations fournies par le G.P.S. Ces informations nous imposent une communication série avec le GPS

Pour effectuer cette fonction, nous avons commencé par prendre un microcontrôleur Hitachi 3048, malheureusement on a eu des difficultés à le faire fonctionner. On a donc opté pour une formule plus simple qui consiste à prendre un microprocesseur et à y ajouter des périphériques autour :



F.S.2.1. (Multiplexeur) : Afin d'économiser des C.A.N., on a mis un multiplexeur qui permet d'envoyer les unes après les autres les tensions analogiques à convertir. Pour commander ce multiplexage, on fait appel au microcontrôleur, qui permet donc d'avoir en sortie du multiplexeur, soit la tension du capteur de pression, soit celle d'un des deux capteurs de température.

F.S.2.2. (Conversion analogique-numérique) : Cette fonction permet de transformer en un nombre binaire la tension analogique présente en entrée. Cela permet au microprocesseur de pouvoir traiter le signal et de l'envoyer vers l'émetteur qui émet une trame binaire.

F.S.2.3.(Le Microprocesseur) : C'est l'unité centrale de la carte et même du ballon. Son rôle est de traiter toutes les informations afin d'émettre la trame souhaitée. Le programme que l'on a implanté à l'intérieur permet donc de

- gérer une communication avec le GPS (lui donner des ordres, recevoir et traiter les données issues de ce dernier),
- commander le multiplexeur pour qu'il envoie les données du capteur vers le CAN
- demander et gérer la conversion analogique numérique,
- prendre en charge les données issues du capteur de stabilité,
- mettre toutes ces données en forme afin de générer une trame qui donnera une information relative à l'état de tous ces capteurs.

Pour cela on a pris un microprocesseur ATMEL dans lequel on a implanté un programme en assembleur ( voir page suivante )

F.S.2.4. (Oscillateur Contrôlé en Tension) : Son rôle est de générer des fréquences proportionnelles à la tension d'entrée. Cela nous permet d'avoir un signal sinusoïdal propre à

toutes les modulations F.M.. Comme l'émetteur FM est un standard de l'ANSTJ, on a décidé de prendre le montage V.C.O. préconisé par l'ANSTJ. Il s'agit d'un montage fait autour d'un XR2206.

*Voir documents annexes*

## **Le programme :**

Il s'agit d'un programme écrit en assembleur, avec toutes les syntaxes nécessaires à son exécution par un microcontrôleur Atmel 22213

```
; Programme du Ballon by BEN 2000
; Kastle of the little princess of Thomas

.include "2313def.inc"

.def Temp1=r16
.def Temp2=r17
.def Temp3=r18
.def Temp4=r19
.def Temp5=r20
.def Conv1=r21
.def Conv2=r22
.def Dec1=r23
.def Dec2=r24
.def Dec3=r25
.def Dec4=r26
.def Madr1=r30
.def Madrh=r31

reset:

    Ldi Temp1,0b11001111 ; Initialisation des e/s
    Out DdrB,Temp1
    Ldi Temp1,0b00001100
    Out PortB,Temp1
    Ldi Temp1,0b11111010
    Out DdrD,Temp1
    Ldi Temp1,0b00001010
    Out PortD,Temp1

    Ldi Temp1,0b00011000 ; Initialisation du port serie
    Out Ucr,Temp1
    Ldi Temp1,20
    Out Ubrrr,Temp1

; Dialogue GPS

    Ldi Temp1,64 ; Envoi de la commande
    Rcall emit96
    Ldi Temp1,64
    Rcall emit96
    Ldi Temp1,67
    Rcall emit96
    Ldi Temp1,106
    Rcall emit96
```

```

    Ldi    Temp1,41
    Rcall emit96
    Ldi    Temp1,13
    Rcall emit96
    Ldi    Temp1,10
    Rcall emit96

    Ldi    Madr1,96
    Clr    Madrh
    Ldi    Temp1,42
    Ldi    Temp2,223

Gps0:
    St     Z+,Temp1
    Cpse   Madr1,Temp2
    Rjmp   Gps0

    Ldi    Madr1,96

    Ldi    Temp1,0b00000101
    Out    TCCR0,Temp1
    Clr    Temp1
    Out    TCNT0,Temp1

Gps1:
    In     Temp1,TCNT0
    Sbrs   Temp1,7
    Rjmp   Gps3
    In     Temp1,Usr
    Sbrs   Temp1,7
    Rjmp   Gps1
    In     Temp1,Udr
    St     Z+,Temp1
    Cpse   Madr1,Temp2
    Rjmp   Gps1

Gps3:

; * Envoi de la trame

    Cbi    PortB,6           ; multiplexeur->capteur1
    Cbi    PortB,7

    Ldi    Temp1,66
    Rcall emit48
    Ldi    Temp1,101
    Rcall emit48
    Ldi    Temp1,110
    Rcall emit48
    Ldi    Temp1,32
    Rcall emit48
    Ldi    Temp1,116
    Rcall emit48
    Ldi    Temp1,111
    Rcall emit48
    Ldi    Temp1,109
    Rcall emit48

    Ldi    Temp1,44         ; Une petite virgule
    Rcall emit48

```

```

Rcall Conv          ; Recupération capteur1
Sbi  PortB,6        ; multiplexeur->capteur2
Cbi  PortB,7

Mov  Temp1,Dec4    ; Emission capteur1
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec3
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec2
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec1
Rcall emit48

Ldi  Temp1,44      ; Une petite virgule
Rcall emit48

Rcall Conv          ; Recupération capteur2
Cbi  PortB,6        ; multiplexeur->capteur3
Sbi  PortB,7

Mov  Temp1,Dec4    ; Emission capteur2
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec3
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec2
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec1
Rcall emit48

Ldi  Temp1,44      ; Une petite virgule
Rcall emit48

Rcall Conv          ; Recupération capteur3

Mov  Temp1,Dec4    ; Emission capteur3
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec3
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec2
Rcall emit48
Mov  Temp1,Dec1
Rcall emit48

Ldi  Temp1,44      ; Une petite virgule
Rcall emit48

Ldi  Madr1,96
Clr  Madrh

Gps2:
Ld   Temp1,Z+
Rcall emit48
Ldi  Temp2,223
Cpse Madr1,Temp2
Rjmp Gps2

Ldi  Temp1,13      ; Fin de ligne
Rcall emit48
Ldi  Temp1,10
Rcall emit48
Inc  Temp4

```

```

        Sbrc  Temp4,0
        Cbi  PortB,2
        Sbrs Temp4,0
        Sbi  PortB,2

        Ldi  Temp1,12    ; Tempo de 1s
wait:
        Rcall Tempo
        Dec  Temp1
        Brbc 1,wait

        Rjmp reset

; * Sous-programme d'emission d'un octet a 4800 bds *

emit48:
        Ldi  Temp2,8
        Cbi  PortB,3          ; Start condition
        Ldi  Temp3,226
        Rcall ebit
        Nop
        Nop
        Nop
emit483:          ; Emission des 8 bits
        Sbrc  Temp1,0
        Rjmp emit481
        Cbi  PortB,3
        Rjmp emit482
emit481:
        Sbi  PortB,3
        Nop
emit482:
        Lsr  Temp1
        Ldi  Temp3,223
        Rcall ebit
        Dec  Temp2
        Brbc 1,emit483
        Sbi  PortB,3          ; Stop condition
        Nop
        Ldi  Temp3,225
        Rcall ebit
        Ret

; * Sous-programme d'emission d'un octet a 9600 bds *

emit96:
        Out  Udr,Temp1
emit961:
        Sbis  Ucsr,6
        Rjmp emit961

        Ret

; * Sous-programme de pilotage du CAN *

Conv:
        Cbi  PortD,4
        Cbi  PortD,3          ; Lancement de la conversion

        Clr  Conv1
        Clr  Conv2

```

```

    Rcall snop
    Rcall snop

Con1:                                ; Attente de la fin de conversion
    Sbis  PinD,2
    Rjmp  Con1

    Ldi   Temp1,12

Con2:                                ; Recupération des 12 bits de données
    Sbi   PortD,4
    Rcall snop
    Cbi   PortD,4
    Rcall snop
    Add   Conv1,Conv1
    Adc   Conv2,Conv2
    Sbic  PinD,2
    Inc   Conv1
    Dec   Temp1
    Brbc  1,Con2

    Sbi   PortD,3                    ; Reinitialisation du CAN

; * Sous-programme de conversion Bin->Dec *

    Clr   Dec1
    Clr   Dec2
    Clr   Dec3
    Clr   Dec4
    Ldi   Temp1,12
    Ldi   Temp2,10
Bin:
    Add   Dec1,Dec1
    Add   Dec2,Dec2
    Add   Dec3,Dec3
    Add   Dec4,Dec4
    Sbrc  Conv2,3
    Inc   Dec1
    Rol   Conv1
    Rol   Conv2
    Cp    Dec1,Temp2
    Brlt  Bin1
    Sub   Dec1,Temp2
    Inc   Dec2

Bin1:
    Cp    Dec2,Temp2
    Brlt  Bin2
    Sub   Dec2,Temp2
    Inc   Dec3

Bin2:
    Cp    Dec3,Temp2
    Brlt  Bin3
    Sub   Dec3,Temp2
    Inc   Dec4

Bin3:
    Dec   Temp1
    Brbc  1,Bin

; * Sous-programme de conversion Dec->ASCII *

; Dec->Ascii

```

```

Ldi    Temp1,48
Add    Dec1,Temp1
Add    Dec2,Temp1
Add    Dec3,Temp1
Add    Dec4,Temp1

Ret

; * Sous-programme de Temporisation *

ebit:
Dec    Temp3
Brbc  1,ebit
Nop
Ret

snop:
Nop
Ret

Tempo:
Ldi    Temp3,0b00000101
Out    TCCR0,Temp3
Clr    Temp3
Out    TCNT0,Temp3
Ser    Temp2

Tempo1:
In     Temp3,TCNT0
Cpse  Temp3,Temp2
Rjmp  Tempo1
Clr   Temp3
Out   TCCR0,Temp3
Ret

```

En mettant en Œuvre ce programme, on obtient en sortie du microcontrôleur, la trame suivante :

**Ben tom,2685,3708,3413,0,1,**

**Signal de synchro** : Indique le début de la trame

**Température extérieur** : Valeur binaire de sortie du CAN,

**Temperature interieur** : Valeur binaire de sortie du CAN

**Pression** : Valeur binaire de sortie du CAN

**Stabilité X** : Valeur binaire de la sortie

**Stabilité Y** : Idem ; (1=Capteur obturé, 0=Capteur non obturé)

**\$GPGGA,150952.00,**

**4401.4959,N,00309.9183,E,1,06,1.6,1063.0,M,,M,,\*44**

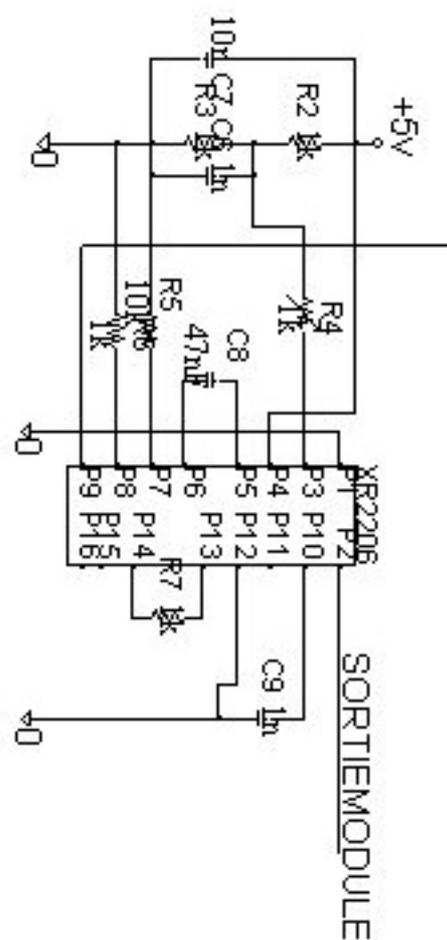
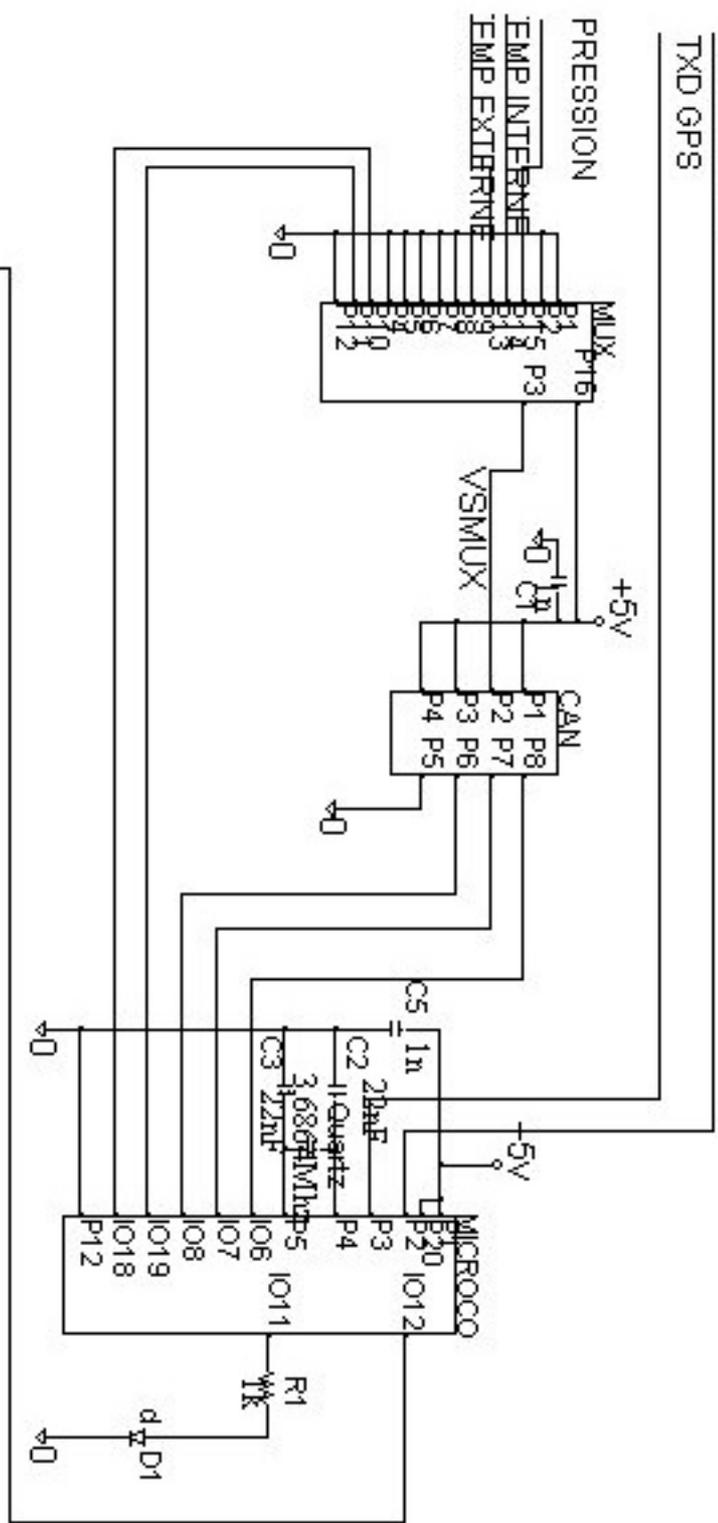
Trame du GPS en NMEA

Pour les valeurs binaires de sortie du CAN, la conversion en volt est simple :

$$U(\text{Volt}) = (\text{Mot Binaire}/4096)*5$$

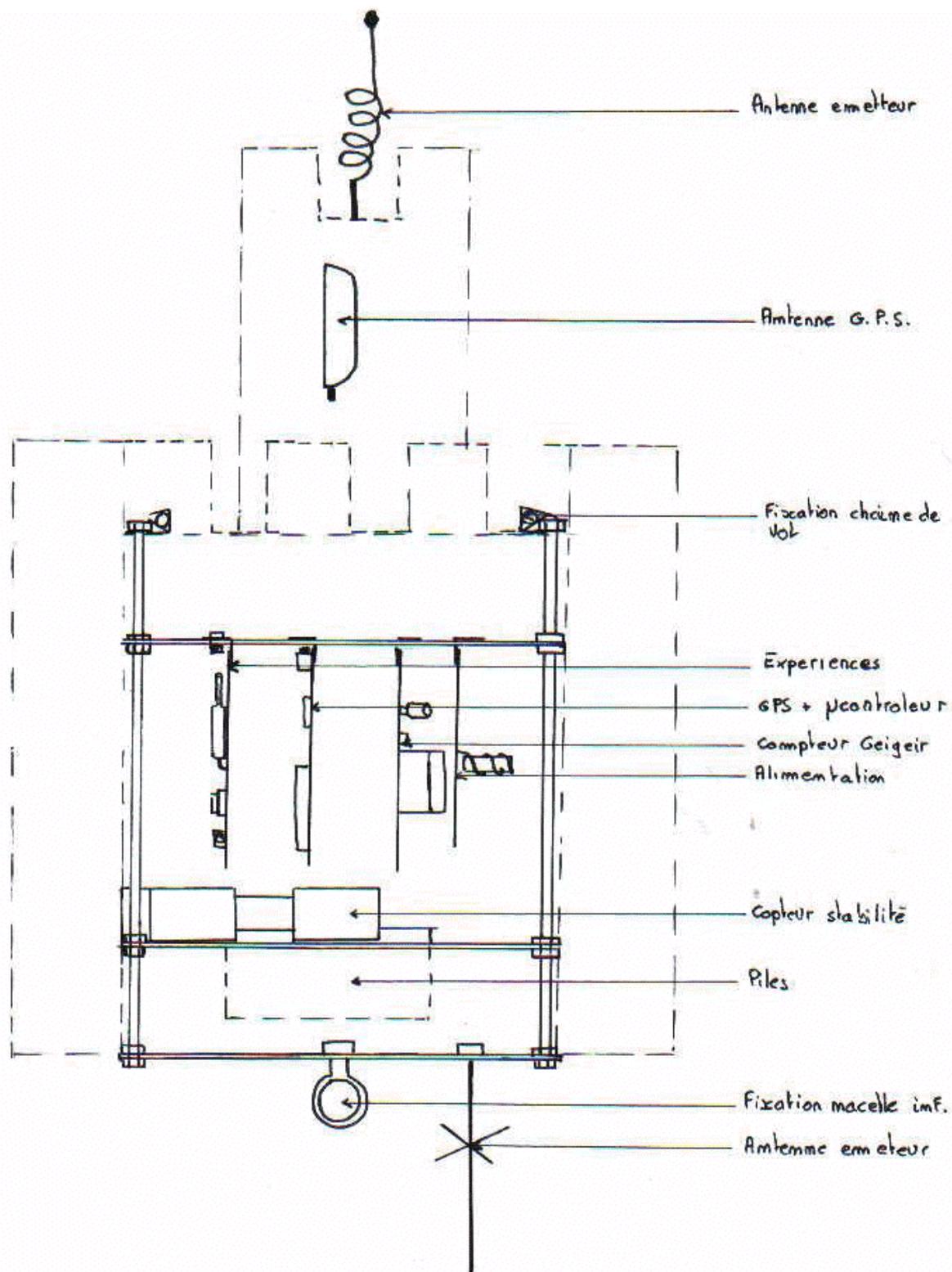
TXD MICROCC

TXD GPS

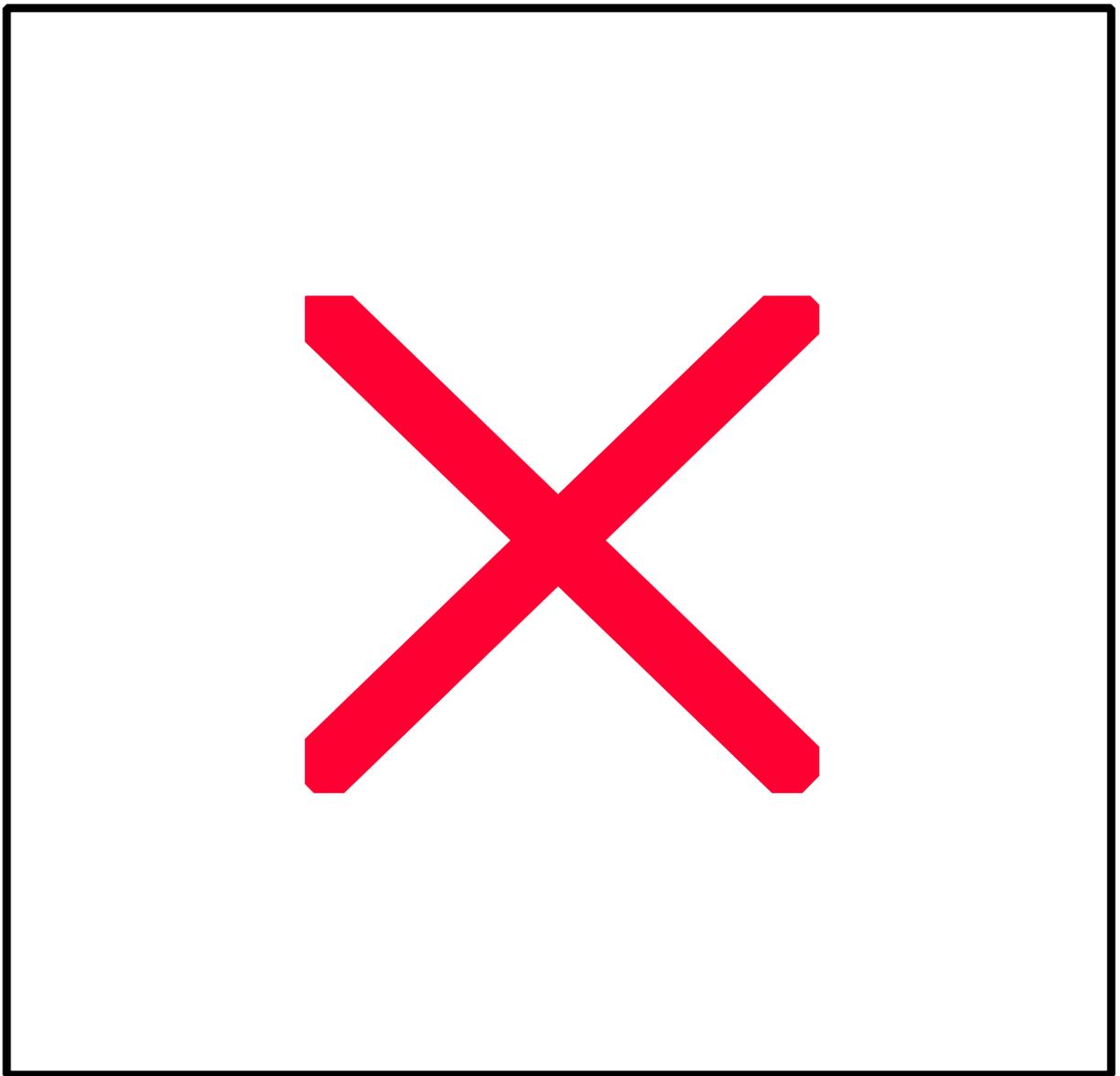


Thomas CARRIERE  
Club SWIFT TUTTLE SPACE  
Carte Microcontrôleur  
Kastel of my princess  
Page Size: A  
Revision: 15 Juin 2000 Page 1 of 1

# SCHEMAS DE LA NACELLE PRINCIPALE



Vue de coté



*Vue de dessous*