

# Exploradur

Emmanuel Jolly  
Olivier Sterenberg  
Alain Juge  
Jean-Michel Friedt  
Emile Carry

# Projet Exploradur : intro & sommaire

Projet pilote de [Cansat](#) de [Planète Sciences](#) et du [Projet Aurore](#)

Ce document présente une synthèse du projet Exploradur I.

Ce projet a été mis en œuvre dans le cadre du concours CANSAT à La Courtine en 2008.

L'équipe est principalement composée de :

- **Emmanuel Jolly**, Bénévole Planète Sciences en Région Parisienne
- **Olivier Sterenberg**, Bénévole Planète Sciences à Grenoble
- **Jean-Michel Friedt** et **Émile Carry** de l'association « Projet Aurore » à Besançon
- **Alain Juge** Bénévole Planète Sciences dans le sud de la France

En plus de ces acteurs majeurs, quelques personnes viennent se greffer occasionnellement pour nous donner un petit coup de main ou nous faire des remarques sur nos docs :

- **Bruno Tardy** Bénévole Planète Sciences en Région Parisienne
- **Jérôme Hamm** Bénévole Planète Sciences à Lyon

Comme on peut le constater, une des grandes caractéristiques de cette équipe est d'être extrêmement dispersée géographiquement. L'avantage, c'est que pour concevoir et réaliser la sonde, nous avons choisi les meilleurs!

Cette dispersion géographique nous conduit à faire preuve d'un très haut niveau de spécifications. Beaucoup de documents ont déjà été écrits ou sont en cours de rédaction. Ils permettent à tout le monde de communiquer avec le même niveau d'information.

Enfin, un wiki a été créé pour l'équipe afin de partager plus facilement des informations.

Durant la phase de « définition », les expériences ont été spécifiées, et l'architecture globale a été définie. Cette phase a ainsi permis d'émettre :

- [une présentation du projet](#). Ce document décrit l'origine et les grandes lignes du projet
- [un dossier d'expérience](#). Ce document décrit précisément chacune des expériences. Il justifie et décrit les exigences attendues d'un point de vue scientifique.
- [un dossier d'architecture](#). Ce document décrit les modes de fonctionnement de la sonde, ses modes de communication ainsi que sa répartition mécanique/électronique. Il définit les principales interfaces.
- [Télémesures et télécommandes](#). Une des particularités de la sonde Exploradur est la notion de dialogue avec la sonde. En effet, la sonde disposera d'un émetteur de télémesure mais aussi d'un récepteur de télécommande. La Terre pourra donc envoyer des ordres à la sonde pour procéder à des mesures. Pour réaliser cela, nous utiliserons tout le talent de Jean-Michel et d'Émile pour la conception d'un système RF. Ce système sera sur la même bande de fréquence que le KIWI (138MHz) avec des puissances équivalentes. Il ne nécessitera donc pas d'autorisations spécifiques.
- [une spécification des moyens sols](#). Ce document décrit l'attendu pour une station de réception pouvant dialoguer avec la sonde.

La phase de conception détaillée a permis de concevoir tous les sous ensembles (électroniques/mécaniques/logiciels).

- Le [bilan du projet](#) donne un compte-rendu du largage et des résultats obtenus,

Avec Exploradur, ça assure!

# Présentation de la sonde ExploraDur I

## Historique

En 2012, une nouvelle lune de Saturne a été découverte. Elle a été nommée Plasci 2012. Cette lune possède, semble-t-il, des caractéristiques semblable à la terre et pourrait habiter des formes primitives de vie.

Toute la communauté scientifique est en émoi et un programme d'exploration spatiale d'une grande ampleur se met en place. Ce programme débute en premier par l'envoi de la sonde ExploraDur I.

La mission de cette sonde cherche à atteindre 2 buts. Un premier est à objectif scientifique, le second est à objectif technique. Pour chacun des buts, plusieurs expériences sont proposées. Une expérience dites principale est celle qui doit être atteinte pour déclarer la mission comme étant un succès.

## But N°1

1- Confirmer les conditions environnementales de la planète pour déterminer si il serait possible d'installer une mission à plus grande échelle. Ces missions d'explorations pourraient comporter des rovers d'explorations, des laboratoires d'analyses chimiques voir des missions humaines!

### Expérience Principale :

Connaissance de l'environnement physique élémentaire  
Mesure de pression : Est on en surpression ou en dépression sur cette planète?  
Mesure de température : Faut il prévoir des régulations thermiques pour l'électronique?  
Dureté du sol : Peut on rouler sur cette planète? Peut on installer un laboratoire lourd?

### Expérience Secondaire :

Vérifier ces variations dans les périodes de jours et de nuit : Pour une mission de plusieurs jours, il est nécessaire de connaître les variations de températures que pourrait connaître l'électronique.  
Mesurer les activités sismiques : La détection de mouvement significatif renforcera ou non l'idée d'installer un laboratoire fixe.  
Identifier l'environnement par des prises de vues. Dans le cas de l'utilisation d'un rover, on pourra ainsi connaître l'environnement dans lequel évoluera le robot.  
Enfin quelques photos compléteront la première analyse sur la nature de l'environnement.

## But N°2

2- Valider des technologies pour des missions plus complexes.

### Expérience Principale :

Descente sous parachute Largage parachute Émission des données depuis le sol. La validation de cette séquence permettra d'envisager l'envoi de robots beaucoup plus complexe. Il est nécessaire de maîtriser l'atterrissage avant d'aller plus loin dans d'autres missions.

### Expérience Secondaire :

Déploiement des panneaux solaires Validation d'une liaison bidirectionnelle.  
Télécommande/télémétrie. Validation d'une prise de vue photo

Cette expérience permettra de valider des notions de télécommande/Télémétrie ainsi que dans la transmission de gros paquets de données, indispensables pour de l'exploitation de laboratoire. Enfin, les panneaux solaires valideront :

- Le déploiement et la remise à l'horizontale de la sonde
- L'autonomie énergétique de l'engin.

## Séquence de la mission

T0 Largage T0+3s Déploiement parachute. Mise en route de l'altimètre US. Démarrage Emission de la télémétrie des expériences principales T0+95s Détection par l'altimètre T0+96s à h=1m, largage parachute T0+98s Impact au sol

T0+130s fin de l'expérience principale T0+135s Démarrage Ouverture des portes principales et rétablissement de la verticale T0+160s Fin ouverture des portes principales

T0+180s Déploiement du mat antenne réception + Caméra

T0+200s Démarrage Récepteur TC/ En attente télécommande T0+1000s Fin TM KIWI

## Données transmises par la TM KIWI à 4800 bauds

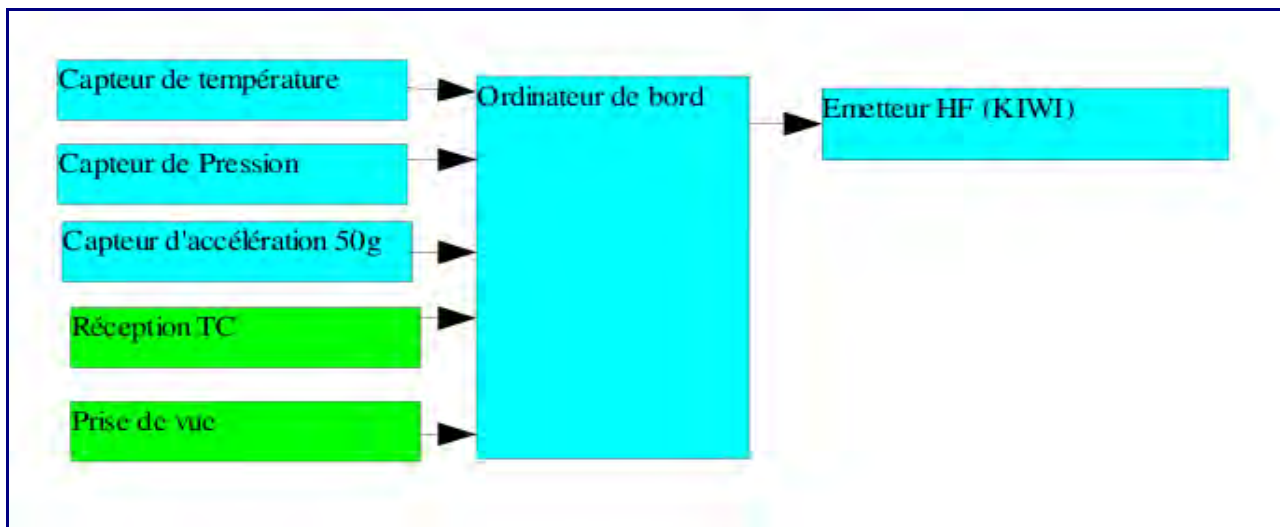
Pression Température Chocs à l'impact Acc X Acc Y Acc Z Radar US Séquenceur Status

```
Parachute déployé  
Parachute Largué  
Déploiement porte droite  
Déploiement porte gauche  
Déploiement mat principale  
Récepteur ON  
Fin de mission
```

Mesure cellules solaires droites Mesure cellules solaires gauches

En fonction des télécommandes, des trames particulières pourraient être émises. Notamment pour la transmission d'image. Néanmoins, cette trame est la trame « standard » qui sera émise sans demande particulière.

## Synoptique pour la mission scientifique



### *Descriptif de chaque boîte :*

#### **Capteur de température :**

Ce capteur doit permettre une mesure par seconde pour permettre une analyse lors de la descente. Compte tenu des informations déjà disponible sur cette planète, une dynamique de  $-20^{\circ}\text{C}$  à  $+50^{\circ}\text{C}$  sera très largement suffisante.

**Capteur de Pression:** Ce capteur doit permettre une mesure par seconde pour permettre une analyse lors de la descente. La dynamique de mesure sera entre 0 et 1 Bar

#### **Capteur d'accélération 50g:**

Ce capteur va permettre l'analyse de la dureté du sol lors de l'impact. L'analyse de la forme d'onde du choc permettra aussi d'apporter des informations sur le sol. À ce titre, l'analyse nécessitera une acquisition haute fréquence (1kHz). Cependant, seul quelques instants d'enregistrement seront nécessaires. Toutes ces données doivent cependant être confirmées. En synthèse : Dynamique d'accélération :  $\pm 50\text{g}$  Fréquence d'acquisition : 1kHz Durée d'enregistrement : 1s Résolution recherchée : 50ms

#### **Prise de vue :**

Le but de l'expérience étant d'avoir une analyse grossière de l'environnement, une forte résolution n'est pas nécessaire. On partira sur une résolution comprise entre  $320*200$  et  $640*480$ . La couleur n'est pas nécessaire. Un niveau de gris est suffisant. La fréquence d'acquisition n'est pas spécifiée. 1 photo toutes les 30 min semble être réaliste. L'ouverture de l'objectif reste à préciser.

#### **Réception HF :**

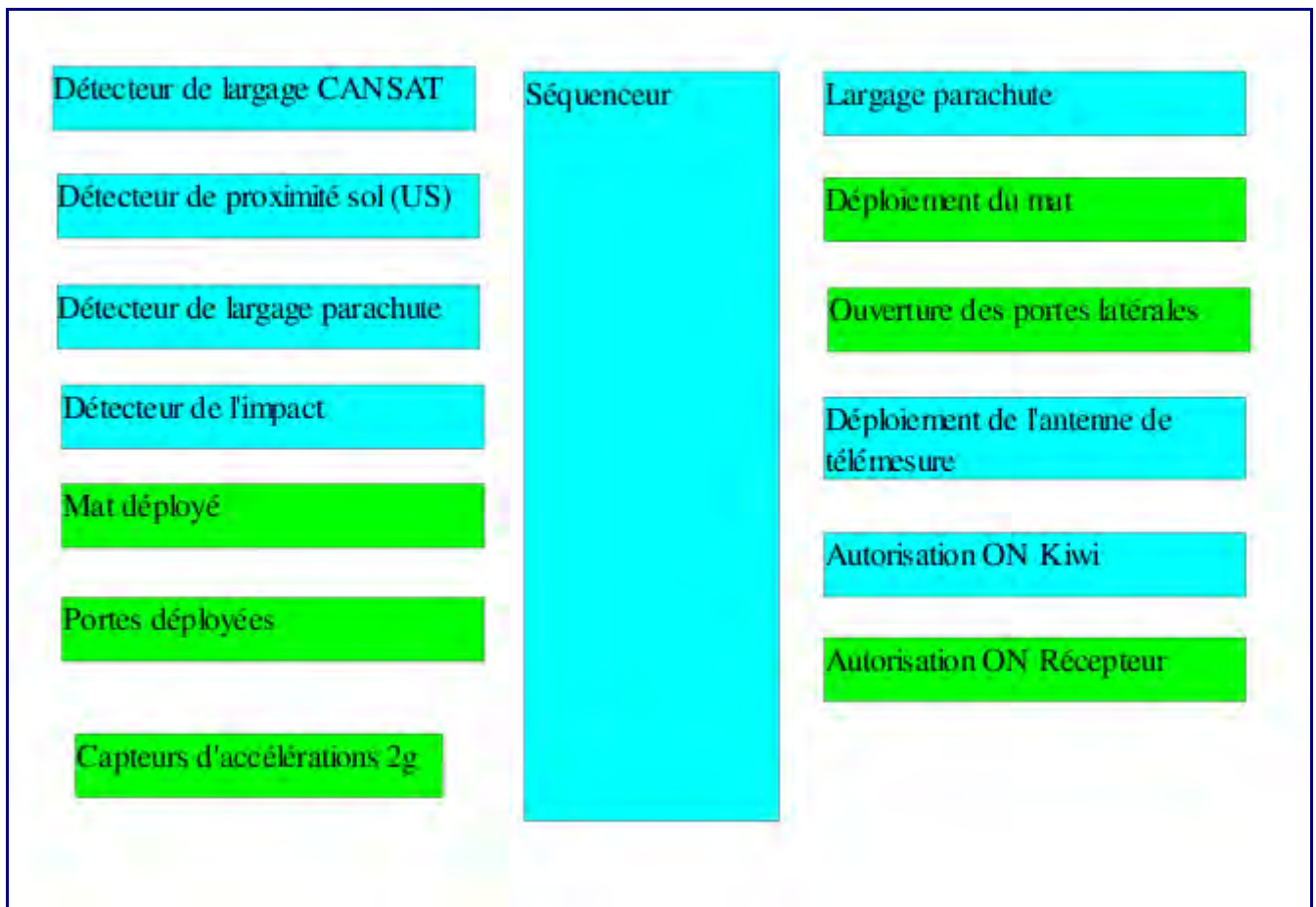
Ce module permet de recevoir des ordres sur la même fréquence que celui du kiwi. Il est composé d'un récepteur radio 138MHz FM et d'un démodulateur FSK 1200 bauds. Cela nécessite une bande passante radio de seulement 15kHz

#### **Ordinateur de bord :**

Cet élément gère toute la partie expérience. Il est à base d'un micro-contrôleur simple type PIC. Ce module comporte aussi le modulateur FSK nécessaire à la transmission vers l'émetteur

**Émetteur HF :** Il s'agit d'un Kiwi mode modulation externe.

## Synoptique pour la mission technique



### *Descriptif de chaque boîte :*

#### **Détecteur de largage CANSAT :**

Ce détecteur fournit au séquenceur l'information de largage par l'engin lanceur

#### **Détecteur de proximité sol (US) :**

Ce détecteur fournit une information lorsque le cansat est à quelques mètres du sol. Cette information doit permettre le largage du parachute.

#### **Détecteur de largage parachute :**

Ce détecteur fournit une information quand à la présence ou non du parachute

#### **Détecteur de l'impact :**

Ce détecteur, à base d'accélérocontact ou d'accéléromètre, fournit une information sur l'impact au sol.

#### **Détecteur Mat déployé :**

Ce détecteur fournit une information sur la position du mat.

**Détecteur Portes déployées :**

Ce détecteur indique si les portes latérales sont en positions fermées ou non.

**Capteurs d'accélération 2g :**

Ce détecteur 3 axes permet de connaître dans quel sens est orienté le cansat et ainsi savoir quelle porte latérale ouvrir.

**Largage parachute :**

Cet actionneur largue le système parachute. La solution envisagée serait un électroaimant + aimant permanent.

**Déploiement du mat :**

Ce servo moteur permet de placer le mat en position verticale.

**Ouverture des portes latérales :**

Deux servos moteurs ouvrent les deux portes latérales. Une seule à la fois. La séquence d'ouverture doit permettre à la sonde de se retourner si nécessaire.

**Déploiement de l'antenne de télémétrie :**

L'antenne de télémétrie étant pliée pour loger dans le lanceur, celle-ci se déploie à la verticale de la sonde dès l'ouverture du parachute par un système mécanique. L'antenne doit être suffisamment solide pour résister à la chute indirecte sur l'antenne. Elle sera placée du même côté que le mat pour permettre une stabilisation avantageuse de la sonde lors de sa chute.

**Autorisation ON KIWI :**

C'est le séquenceur qui autorise l'émission du KIWI. Ainsi si l'expérience secondaire ne fonctionne pas, la fréquence sera libérée pour les autres sondes.

**Autorisation ON récepteur :**

Pour éviter toute mauvaise information, le récepteur radio ne sera mis ON qu'à la fin de l'expérience principale.

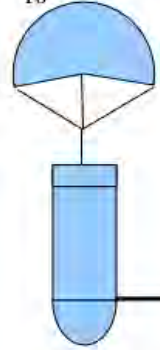
**Le séquenceur :**

Cette partie gère toute la séquence de largage et de déploiement de la sonde. Le fonctionnement de ce dernier doit être fiable. Il pourra être à la base d'électronique analogique, digitale ou de micro-contrôleur.

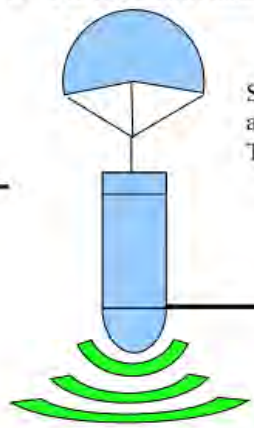
Sonde en attente



Sonde en descente parachute.  
Antenne TM déployée  
T0



T0+30s : Activation radar US

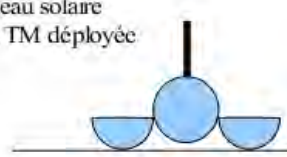


Sol détecté : Largage parachute et  
antenne pliée  
T0+40s



sol

Sonde au sol panneau solaire  
ouvert et antenne TM déployée  
T0+160s



sol

Sonde au sol après impact  
T0+41s



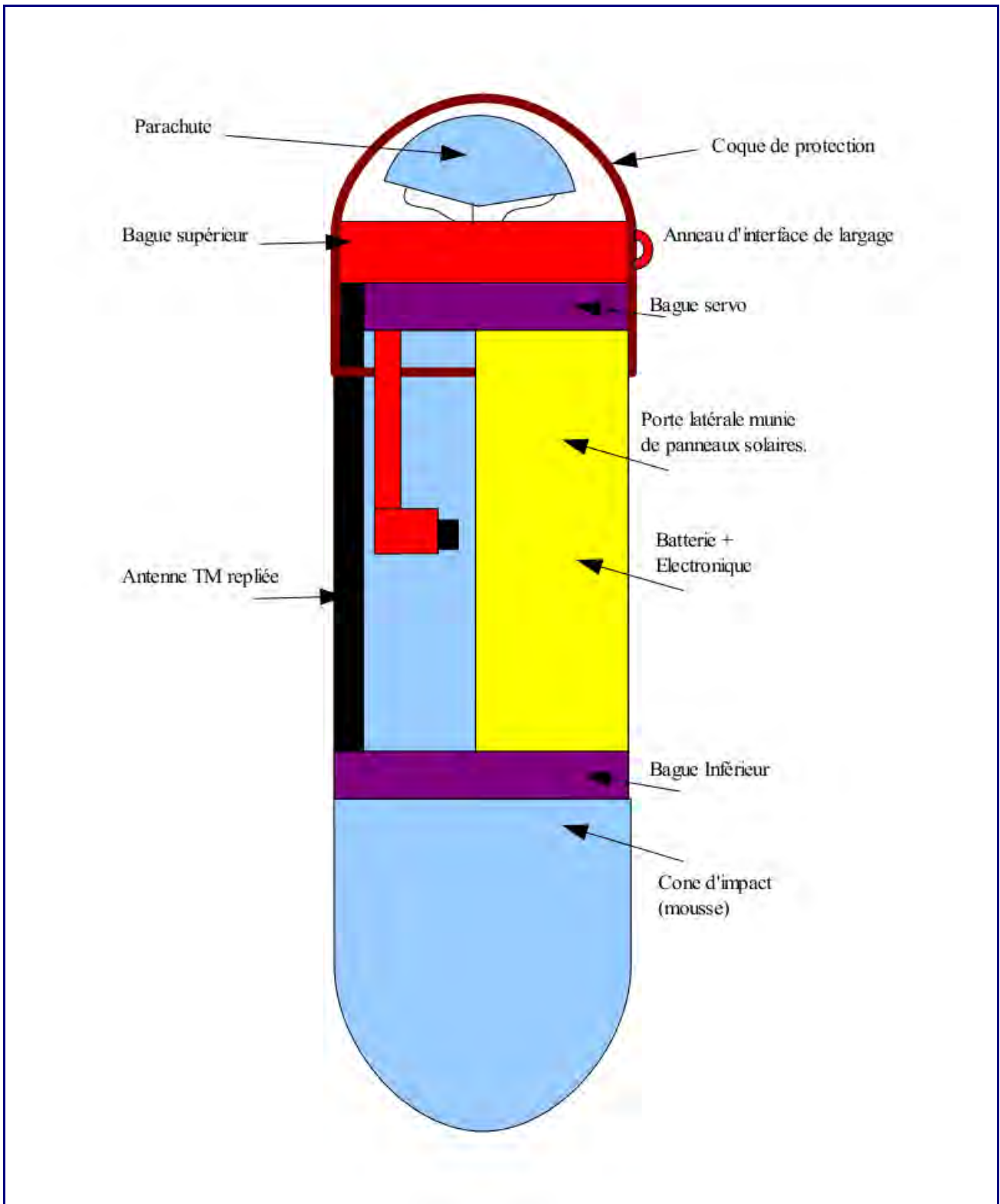
sol



sol

Sonde au sol panneau solaire  
ouvert, antenne TM et mat  
d'expérience déployées  
T0+180s





# Organisation de l'équipe

L'équipe se compose des membres suivants :

## **Un responsable scientifique :**

Cette personne coordonne l'ensemble des acteurs pour arriver au succès scientifique de la mission. Il intervient dans la spécification et la validation des sous ensembles du module mais aussi des logiciels sols pour l'exploitation des données. Son but c'est la science!

## **Un responsable de mission :**

Cet acteur, en interface directe avec le responsable scientifique, spécifie les architectures embarquées et sol pour assurer le déroulement global de la mission (récupération, expérience, exploitation)

## **Un responsable électronique :**

Cette personne conçoit, réalise et valide les différentes électroniques de la sonde. Il pourra de plus être sollicité pour la réalisation de moyens sols.

## **Un responsable logiciel embarqué :**

Cette personne conçoit, réalise et valide le logiciel embarqué.

## **Un responsable mécanique/Intégration :**

Cet acteur est en charge de la réalisation mécanique et de l'intégration des électroniques.

## **Un responsable moyen sol :**

Cette personne conçoit et réalise les moyens sols. Il développera principalement du logiciel. Il utilisera les moyens de réceptions de Planète Sciences et du CNES mais pourra être amené à réaliser quelques électroniques.

## **Un responsable de projet :**

Il coordonne l'ensemble, gère le budget et les pizzas

# **Documents nécessaire au plus tôt**

## **Un dossier d'architecture détaillée :**

Ce dossier doit reprendre le synoptique complet de la sonde, et spécifier les interfaces logicielles, mécaniques et électroniques entre chaque module. Ce document est de la responsabilité du responsable de mission.

## **Le dossier d'expérience :**

Ce document doit reprendre l'ensemble des chaînes de mesures (du capteur à la station sol). Il doit détailler les résolutions, fréquences, mode de transmission, mode de traitement des mesures à réaliser. Ce document est de la responsabilité du responsable scientifique.

## **Un dossier de conception détaillée électronique :**

À partir des deux dossiers ci dessus, ce dossier va reprendre dans le détail tous les éléments électroniques de la sonde. Il s'assurera de la compatibilité avec le dossier d'intégration et le dossier logiciel. Ce document est de la responsabilité du responsable électronique.

## **Un dossier de conception détaillée logiciel :**

Ce dossier spécifiera l'organisation logicielle du ou des logiciels embarqués. Ce document est de la responsabilité du responsable logiciel.

## **Un dossier de conception détaillée d'intégration :**

Ce dossier spécifiera l'ensemble de la mécanique. Il s'assurera de la compatibilité avec le dossier de conception détaillée de l'électronique. Ce document est de la responsabilité du responsable mécanique / intégration

## **Un dossier de conception des moyens sols :**

En accord avec le responsable scientifique et le dossier de conception détaillé logiciel, ce document présentera l'architecture globale du moyen sol ainsi que la spécification globale du logiciel sol.



# Projet Exploradur I

## Dossier d'expérience

## Table des matières

1.Objet du document.....	3
2.Rappel des documents applicables.....	3
3.Descriptif des expériences.....	4
3.1.Mesure de la pression.....	5
3.2.Température.....	5
3.3.Dureté du sol.....	6
3.4.Mesure des mouvements sismiques (secondaire).....	8
3.5.Prises de vues (secondaire).....	8
4.Synthese des exigences liées aux expériences.....	9

## **1. Objet du document**

Le but de ce document est de décrire les expériences réalisées par la sonde Exploradur I.

Ces expériences se dérouleront :

- Pendant la phase de descente
- Pendant l'impact
- Pendant la phase sol

Ce document participe à la conception électronique et logiciel des chaînes de mesures. C'est donc un document d'entrée pour la conception détaillée des différents sous ensembles.

## **2. Rappel des documents applicables**

Ce document s'appuie sur 2 documents

- 1- Le cahier des charges Cansat de planète Sciences
- 2- La description de la sonde Exploradur

### **3. Descriptif des expériences**

En cohérence avec le DOC2, les expériences ont été réparties en deux types :

Les expériences principales :

- Mesure de pressions pendant la descente et au sol.
- Mesure de la température pendant la descente et au sol.
- Mesure de la dureté du sol pendant l'impact.

Les expériences secondaires :

- Mouvements sismiques,
- Prises de photos

Les paragraphes suivants décrivent ci après pour chacune des expériences, les caractéristiques recherchées ainsi que la justification de ces exigences.



### **3.1. Mesure de la pression.**

#### Dynamique de mesure:

La question posée est de savoir si le milieu sur lequel va atterrir l'explorateur est en dépression ou bien en surpression.

Pour cela il est proposé d'utiliser un capteur classique de 1.1 bar absolue. En effet, les informations liées aux mesures astronomiques nous amènent à penser que l'on se trouve plutôt dans une atmosphère en dépression par rapport à la terre.

Si le détecteur sature en surpression, c'est que l'atmosphère est en surpression. Si le capteur est en dépression, alors, c'est que l'atmosphère est en dépression. De plus, dans ce cas, la dynamique de mesure sera un peu plus complète et donc plus précise.

La dynamique de mesure recommandée pour ce capteur est donc 0 à 1.1bar

On admettra que cette dynamique de mesure est la même au sol et en vol.

#### Fréquence de mesure :

Compte tenu de l'information à avoir, une mesure toutes les 10 minutes est largement suffisante au sol. Elle permettra de voir une centaine de mesures par jour si nécessaire.

Pendant la phase de descente, on souhaitera avoir une mesure toutes les 10 secondes au minimum. Cela permettra de surveiller des différences de pressions en fonction de l'altitude.

#### Résolution de la mesure:

Pour mesurer la dépression, on estime qu'une résolution de 10mbar (soit 1% de la dynamique) est très largement suffisante.

Une meilleure résolution permettra d'observer la descente sous parachute.

#### Précision de la mesure :

Elle sera de 10mbar minimum pour répondre aux exigences de résolutions.

Il pourra être intéressant de moyenniser la mesure pour atteindre cette précision.

### **3.2. Température.**

#### Dynamique de mesure:

La question posée est de connaître globalement la température de l'environnement. Le but n'est pas de connaître précisément de la température. On privilégiera plutôt la dynamique que la précision.

Compte tenu des informations rapportées par les mesures astronomiques, on partira sur une dynamique de mesure de -40°C à +85°C. En effet, il semble que l'on soit proche des conditions martiennes ou terrestres. Il n'a pas été détecté de condition trop chaude. Par contre, compte tenu de la précision du largage, on ne sait pas si la sonde va être larguée sur un tropique, sur un équateur, de jour ou de nuit.

Si on se réfère aux données disponibles sur terre et sur Mars, cette dynamique de mesure semble compatible.

#### Fréquence de mesure :

Compte tenu de l'information à avoir, une mesure toutes les 10 minutes est largement suffisante au sol. Elle permettra d'avoir une centaine de mesure par jour si nécessaire.

Pendant la phase de descente, on souhaitera avoir une mesure toutes les minutes au minimum. Elle donnera une température moyenne de l'atmosphère.

#### Résolution de la mesure:

On cherche à connaître quelles sont les conditions de températures pour le dimensionnement de futures missions. Une mesure de résolution 5°C est donc largement suffisante. Elle permettra de vérifier si il y a des variations de températures entre jour et nuit.

#### Précision de la mesure :

Elle sera de +/- 5°C minimum pour répondre aux exigences de résolutions.

### **3.3. Dureté du sol.**

#### Dynamique de mesure:

L'objectif de la mesure est d'identifier globalement sur quel type de milieu on va se poser.

Cela permettra le dimensionnement de futures missions (rovers, bases de mesures...).

On va chercher à identifier les milieux suivants :

- Liquide
- Sable
- Terre
- Roche

Pour identifier le type de sol, la sonde va larguer son parachute alors qu'il sera à 2mètres du sol.

On mesurera alors le choc avec un accéléromètre .

La mesure sera l'enregistrement complet du choc pendant un certain temps T. L'amplitude et la forme d'onde permettra d'identifier le milieu.

Pour dimensionner globalement le choc, il faut connaître la vitesse à laquelle la sonde va percuter le sol.

Hypothèses : La sonde est larguée à 2m. Elle est alors sous parachute. Sa vitesse de descente est alors de 2 m/s

La vitesse à l'impact sera donc  $V_i = g \cdot t_i + V_0$ . Avec  $V_0 = 5\text{m/s}$ , g gravité et  $t_i$  temps de l'impact par rapport au largage.

A noter que g n'est pas forcément connu. On pourra vérifier sa valeur pendant la descente, avant le choc, grâce à l'accéléromètre.

Il faut donc déterminer  $t_i$ .

La distance parcourue est celle du largage (largage effectué à 2m du sol grâce au radar de proximité).

On a donc  $d=0.5*g*t_i^2+V_0*t_i$ . Avec  $d=2m$   
avec  $g=9.81$ , on obtient  $t_i = 0.3s$  (environ).

D'où  $V_i = 8 m/s$ .

La dynamique de mesure dépendra donc de la durée du choc, lié notamment au type de sol.

$$A = (V_i - 0) / (T)$$

Avec  $V_i = 8 m/s$

Le tableau suivant donne les résultats en fonction des dynamiques de T :

T (temps en seconde)	A (maximum d'accélération en $m/s^2$ )
0.01	800
0.05	160
0.1	80
0.2	40
0.4	20

$800 m/s^2$  représente environ 81g.

Compte tenu des capteurs disponibles, on prendra plutôt une dynamique objective de 50g.

Dans le pire des cas, on dimensionne une durée de choc de 0.4s.

Compte tenu de la durée de chute (0.3s), on prendra une durée totale d'enregistrement de 2 secondes (Chute+chocs+marges)

concernant la fréquence d'échantillonnage, on prendra une fréquence de 1KHz. En effet, elle permettra d'obtenir 10 points de mesure pour notre hypothèse courte (0.01s). Enfin, les accéléromètres ont une bande passante de quelques centaines de Hertz (400 Hz). Cela permet donc de respecter Shannon.

Fréquence de mesure :

1 fois pendant l'impact

Résolution de la mesure:

On se propose un minimum de 0.1g. C'est surtout la forme de l'onde et son max qui sera intéressant.

Précision de la mesure :

0.1g correspondant au minimum de résolution.

### **3.4. Mesure des mouvements sismiques (secondaire).**

#### Dynamique de mesure:

Cette mesure utilisera les 3 accéléromètres utilisés pour déterminer la verticale de la sonde lorsqu'elle sera au sol.

La dynamique de mesure sera donc de 1g.

La mesure sera réalisée pendant une durée de 1s avec une fréquence de 5Hz

#### Fréquence de mesure :

Cette mesure ne sera déclenchée que si un mouvement est détecté. Cette détection sera réalisée une fois par seconde.

#### Résolution de la mesure:

Une résolution de 1mg semble suffisante

#### Précision de la mesure :

Pas d'exigence

### **3.5. Prises de vues (secondaire).**

#### Dynamique de mesure:

L'objectif de cette mesure est de connaître l'environnement physique dans lequel la sonde s'est posée. Et notamment de détecter si des cailloux pourraient gêner le déplacement d'un Rover.

On se donne l'objectif de détecter un caillou de 5cm \* 5cm à une distance de 4m.

On suppose que l'angle d'ouverture de la caméra est de 120° ( à confirmer).

A 4m, la zone visible aura une largeur de 14m.

La résolution nécessaire est donc de 14m/5cm soit de 277 pixel minimal.

On peut considérer ainsi qu'une caméra de 320\*200 pixels ayant un angle d'ouverture de 120° est suffisante.

Il n'y a pas de nécessité à obtenir des couleurs. 256 niveaux de gris seront suffisants pour détecter une forme.

#### Fréquence de mesure :

On envisage de prendre 2 images par jour. Cela permettrait d'avoir deux ombres différentes. Cela augmenterait ainsi notre capacité à déterminer le relief

#### Résolution de la mesure:

cf dynamique de mesure

#### Précision de la mesure :

cf dynamique de mesure

## 4. Synthèse des exigences liées aux expériences

Le tableau ci dessous synthétise les exigences de mesures :

Nom de l'exigence	Description
EXP01	La mesure de pression aura une dynamique de 0 à 1.1 bar
EXP02	La fréquence de la mesure de pression pendant le vol sera de 10 secondes
EXP03	La fréquence de la mesure de pression au sol sera de 10 minutes
EXP04	La résolution de la mesure de pression (sol et vol) sera de 10mbar minimum
EXP05	La précision de la mesure de pression (sol et vol) sera de 10mbar
EXP06	La mesure de température aura une dynamique de mesure de -40°C à +85°C
EXP07	La fréquence de la mesure de température sera de 1 minute (vol et sol)
EXP08	La résolution de la mesure de température sera de 5°C
EXP09	La précision de la mesure de température sera de +/-5°C
EXP10	La dynamique de mesure du choc sera au minimum de 50g. Idéalement de 81g
EXP11	La durée d'enregistrement sera de 2s
EXP12	La fréquence d'enregistrement sera de 1kHz
EXP13	La mesure ne sera réalisée qu'une seule fois, a l'impact
EXP14	La résolution recherchée est de 0.1g
EXP15	La précision recherchée sera de +/-0.1g
EXP16	Pour la mesure sismique, la résolution sera de 1g
EXP17	L'enregistrement des mouvements se fera pendant 1s à la fréquence de 5Hz
EXP18	L'enregistrement ne s'effectuera que sur détection de mouvement (réalisé à 1s)
EXP19	La résolution de la mesure est de 1mg
EXP20	La résolution de la caméra sera de 320*200 pour un angle de 120°
EXP21	Les pixels devront avoir 256 niveaux de gris. Pas d'exigence sur la couleur
EXP22	Le nombre d'images par jour sera de 2 par jours au minimum.



# Projet Exploradur I

## Dossier d'architecture

Emmanuel Jolly

30/03/08

## Table des matières

1.Objet du document.....	3
2.Rappel des documents applicables.....	3
3.Rappel de la mission de Exploradur I.....	4
4.Description des principaux organes de la sonde.....	6
4.1.Coque de protection.....	7
4.2.Parachute.....	7
4.3.Bague Supérieure.....	7
4.4.Bague Servo.....	7
4.5.Case à équipement électronique.....	7
4.6.Antenne de télémessure (TM).....	7
4.7.Mat d'expérience.....	7
4.8.Bague inférieure.....	8
4.9.Cone.....	8
4.10.Portés latérales.....	8
5.Dimension physique de la sonde. ....	9
6.Technologie d'intégration.....	10
7.Mode de fonctionnement.....	11
7.1.Mode Attente.....	11
7.2.Mode prêt au Largage.....	11
7.3.Mode Parachute.....	11
7.4.Mode Recherche sol.....	12
7.5.Mode chute libre.....	12
7.6.Mode sol.....	12
7.7.Mode sol.....	14
7.8.Tableau de synthèse .....	14
8.Puissance et marche/arrêt.....	15
9.Liste des exigences.....	16



## **1. Objet du document**

Le but de ce document est de décrire l'architecture globale de la sonde Exploradur I.

Il doit permettre de répondre au besoin de la mission et tout particulièrement aux objectifs scientifique de la mission.

Ce document participe à la conception électronique, logiciel et mécanique de la sonde. C'est donc un point d'entrée pour tous ces documents de conception

Dans un premier temps, on rappellera le déroulement de la mission et les modes de fonctionnement de la sonde.

Dans un second temps, on spécifiera les modules principaux.

## **2. Rappel des documents applicables**

Ce document s'appuie sur 3 documents

- 1- Le cahier des charges Cansat de planète Sciences
- 2- La description de la sonde Exploradur
- 3 – Le dossier d'expérience

### **3. Rappel de la mission de Exploradur I**

Le but de la mission est de déterminer l'environnement de la planète à explorer. Ces informations permettront de déterminer si il serait possible d'envoyer une mission à plus grande échelle (Rover, mission habitée...)

Ces paramètres sont au minimum : La pression, la température, et la nature du sol via la dureté.

Ces expériences sont identifiées comme « principale ».

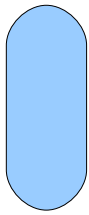
Il y' a ensuite des expériences « secondaires » comme la prise de vue, et la détection sismique.

Ensuite, au delà des expériences scientifiques, il est prévu de tester certaines technologies comme :

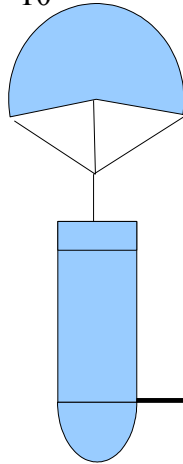
- L'atterissage et la phase de redressement,
- Le déploiement d'un mat d'expérience,
- La survie sur la planète avec l'auto-alimentation par panneaux solaires,
- l'établissement d'une communication bi directionnelle.

Le séquençement de la mission est le suivant :

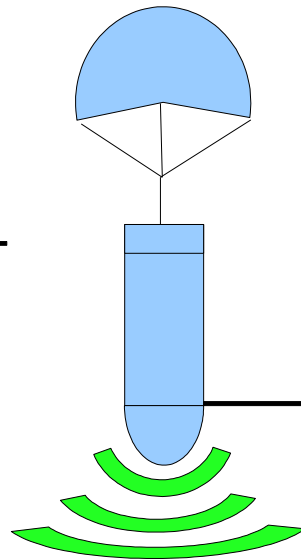
Sonde en attente



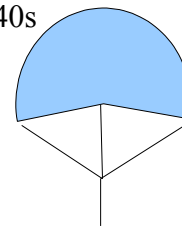
Sonde en descente parachute.  
Antenne TM déployée  
T0



T0 +30s : Activation radar US



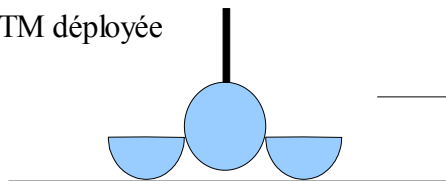
Sol détecté : Largage parachute et  
antenne pliée  
T0+40s



2 m

sol

Sonde au sol panneau solaire  
ouvert et antenne TM déployée  
T0+160s



sol

Sonde au sol après impact  
T0+41s

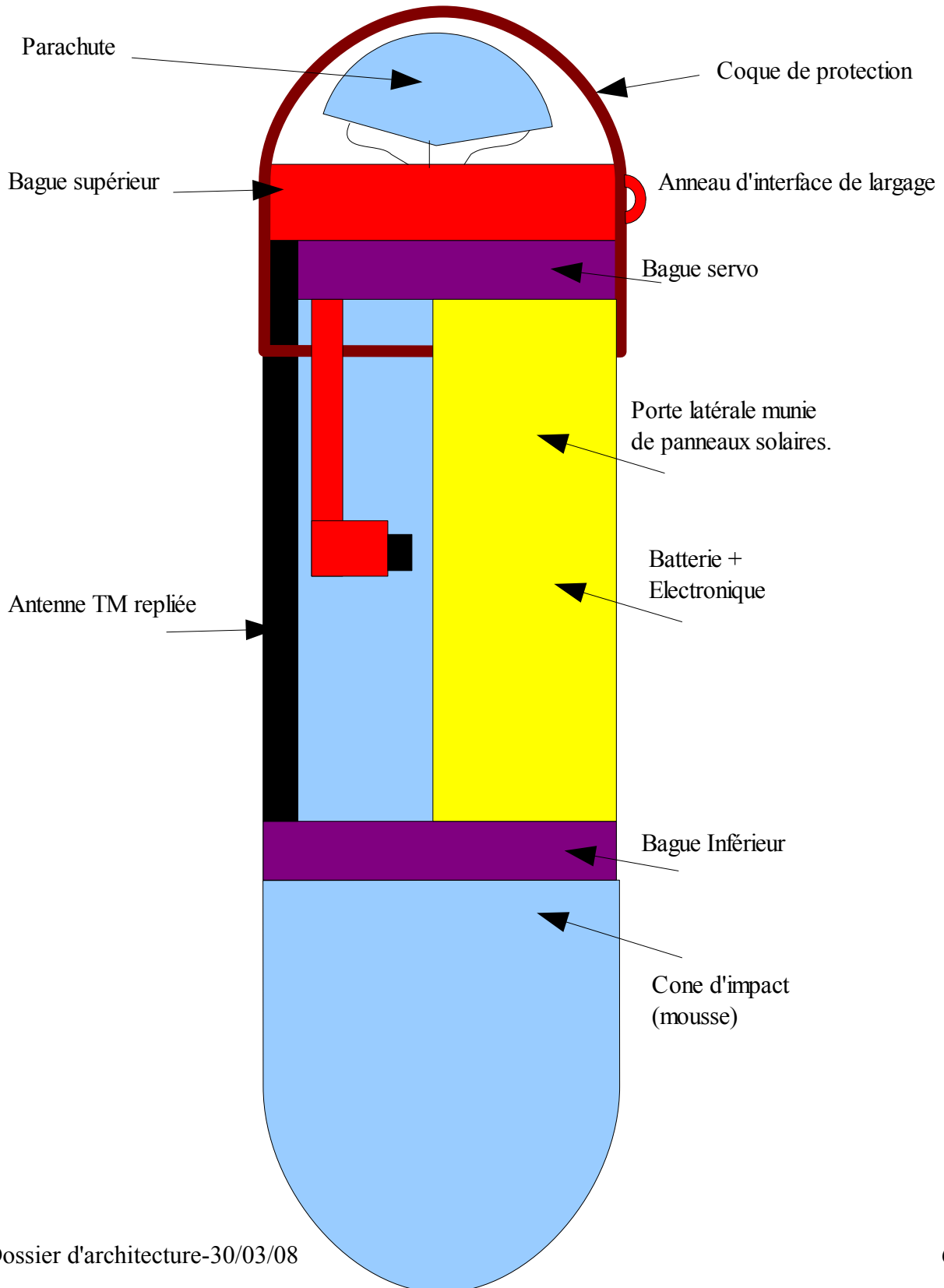


sol



Sonde au sol panneau solaire  
ouvert, antenne TM et mat  
d'expérience déployés  
T0+180s

#### 4. Description des principaux organes de la sonde.



#### **4.1. Coque de protection**

Cette coque est solidaire du lanceur via un câble.

Lors du largage, cette coque libérera naturellement le parachute.

La largage de cette coque sera détecté. C'est cette information qui permettra de définir le signal « Système largué »

#### **4.2. Parachute**

Le parachute permet à la sonde de descendre à une vitesse de 5m/s.

Il est solidaire de la sonde.

Le parachute peut être largué par un système électrique.

#### **4.3. Bague Supérieure**

La bague supérieure détecte la présence du parachute. 2 détecteurs redondants seront présents.

Elle comprend aussi 3 détecteurs pour la détection de largage. En cas d'incohérence entre les capteurs, un vote majoritaire décidera de la bonne information.

Elle comprend aussi 2 boutons poussoirs et 2 leds . Une Led de signe de vie, une led de confirmation de mode « prêt au largage », un bouton poussoir « auto test », un bouton poussoir pour passage en mode « prêt au largage ».

La bague supérieure comprendra l'anneau de largage.

#### **4.4. Bague Servo**

Cette bague comprend les 2 servomoteurs pour le pilotage des portes et le servo moteur pour le largage du parachute.

Elle est équipée de 2 contacts permettant de connaître l'état de fermeture des portes latérales.

#### **4.5. Case à équipement électronique**

Cette partie reçoit toute la partie électronique, batterie et servo du mat et de l'antenne de télémétrie.

Elle est détaillée dans un chapitre spécifique de ce document.

#### **4.6. Antenne de télémétrie (TM)**

C'est l'antenne de télémétrie pour la transmission des données à 138MHz.

Compte tenu de la fréquence de mesure, une liaison 4800 bauds est largement suffisante.

Cette antenne sera du type « boudin » pour prendre une place moins significative.

#### **4.7. Mat d'expérience**

Ce mat comprendra le système de prise de vue.

Si nécessaire, une antenne de réception de télécommandes sera situé sur ce mat.

#### **4.8. Bague inférieure**

Cette bague est l'interface entre le cone et le reste de la sonde.

Des suspensions mécaniques sont reliées entre le cone et cette bague pour amortir le choc de l'impact.

#### **4.9. Cone**

Le cone est réalisé en mousse expansée pour amortir le choc.

Il contient le Radar Ultra son permet de détecter le sol lorsque celui ci est à moins de 2m.

Il contient aussi l'accéléromètre pour le détecteur de dureté du sol.

#### **4.10. Portes latérales**

Les portes latérales contiennent les panneaux solaires.

L'ouverture de ces portes permet le déploiement du mat.

Les panneaux solaires permettent de recharger les batteries.

Enfin, les portes latérales permettent le redressement de la sonde (remise à plat de la verticale).

Le logiciel devra donc ouvrir les portes dans un ordre tenant compte de la verticale de la sonde.

## **5. Dimension physique de la sonde.**

La sonde, une fois repliée aura les dimensions maximales suivantes :

Longueur : 40 cm

Diamètre : 10 cm

Poids max : 2kg

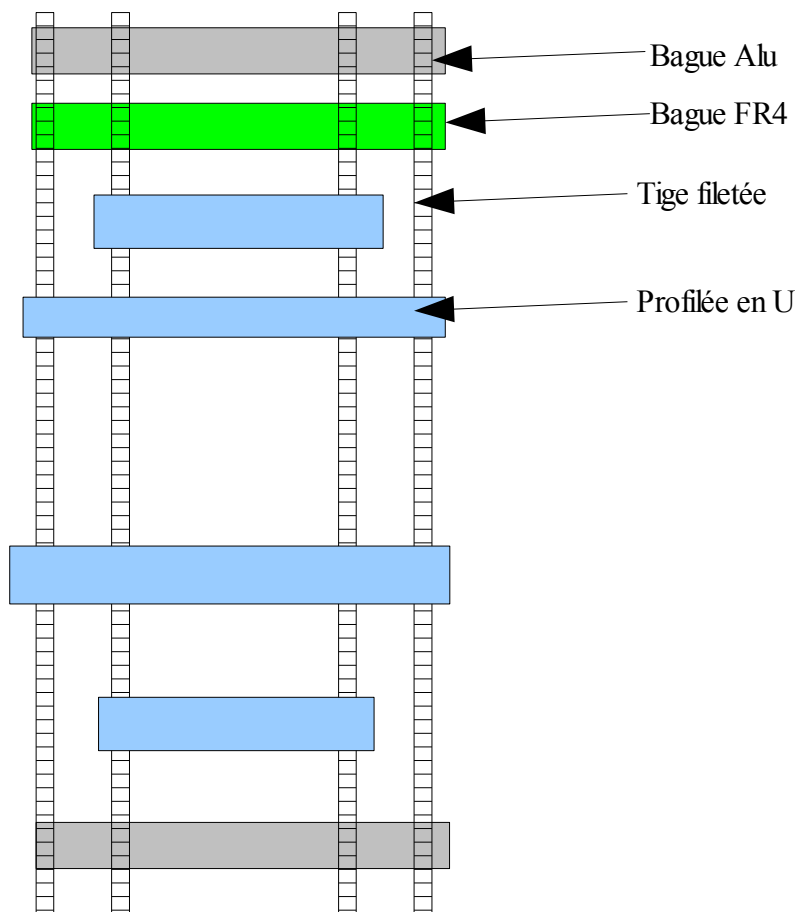
## 6. Technologie d'intégration.

Le principe de l'intégration est l'utilisation de tiges filetées prises entre toutes les bagues.

Pour donner de la solidité à l'ensemble, les bagues supérieures et inférieures seront en aluminium.

Pour faciliter les découpes et l'intégrations électroniques, les autres bagues seront en FR4 (Epoxy).

Des profilés en U, permettront de renforcer en transverse les tiges filetées et faciliteront la fixation des équipements électroniques.



La peau sera en PVC. Notamment les portes latérales.

Pour faciliter la conception, il n'y aura pas de mesures réalisées pendant une émission radio.

L'électronique doit donc être fonctionnelle pendant les émissions radios, mais elle n'a pas pour objectif de tenir la performance maximale pendant les émissions radios.



## **7. Mode de fonctionnement.**

Pour la sonde on définit plusieurs mode de fonctionnement :

### **7.1. Mode Attente**

Ce mode est identifié sous le numéro 0.

Dans ce mode, il n'y a pas de télémessure automatique d'émission.

La sonde peut recevoir des télécommandes

Tous les servomoteurs sont inactifs.

Un autotest peut être lancé via le Bouton Poussoir externe ou via une télécommande.

Condition de passage au mode suivant : Soit par le bouton poussoir externe, soit par une télécommande.

### **7.2. Mode prêt au Largage**

Ce mode est identifié sous le numéro 1.

Dans ce mode, il y a émission automatique de télémessure.

La sonde est prête au largage et attend la détection de largage pour passer en mode parachute.

La sonde ne peut pas recevoir des télécommandes.

Tous les servomoteurs sont actifs.

Les boutons externes sont inactifs.

Les mesures sont effectuées régulièrement et émises par radio.

La LED "mode prêt au largage" clignote.

Condition de passage au mode suivant : Détection de largage.

### **7.3. Mode Parachute**

Ce mode est identifié sous le numéro 2.

Ce mode correspond à la première phase de descente sous parachute avant l'acquisition du sol par radar US.

La sonde ne peut pas recevoir de télécommande.

Tous les servomoteurs sont actifs.

Les boutons externes sont inactifs.

Les mesures sont effectuées régulièrement et émises par radio.

Condition de passage au mode suivant : Tempo de 30s (A confirmer)

#### **7.4. Mode Recherche sol**

Ce mode est identifié sous le numéro 3.

Ce mode correspond à la phase de descente sous parachute avec Radar US actif. Dans ce mode, la sonde recherche la distance au sol.

Le radar US est donc ON

La sonde ne peut pas recevoir de télécommande.

Les mesures sont effectuées régulièrement et émises par radio.

Tous les servomoteurs sont actifs.

Les boutons externes sont inactifs.

Condition de passage au mode suivant : Lorsque le sol est à moins de 2m ou bien tempo de 120s

#### **7.5. Mode chute libre**

Ce mode est identifié sous le numéro 4.

Dans ce mode, la sonde a détecté le sol et largue son parachute. Elle démarre l'acquisition du détecteur de choc.

La position se met en position de sécurité pour préparation à l'impact.

L'antenne de TM est repliée.

Le parachute est largué.

Le radar US est mis OFF pour éviter tout court-circuit à l'impact.

La sonde ne peut pas recevoir de télécommande.

Seules les mesures de chocs sont effectuées.

Il n'y a pas d'émission radio.

Tous les servomoteurs sont actifs.

Les boutons externes sont inactifs.

Condition de passage au monde suivant : Tempo de 30s.

#### **7.6. Mode sol.**

Ce mode est identifié sous le numéro 5.

Il correspond à l'ensemble des actions devant être réalisées pendant cette phase.

Initialement :

Les mesures sont réalisées régulièrement mais non émises.

Le système ne peut recevoir de télécommande.

Les servos moteurs sont ON.

Le radar US est OFF

L'acquisition du détecteur de choc est OFF

1- pendant 1 minute, le système réalise des mesures sur tous les capteurs puis les envoie par radio.

Cette séquence permettra au sol d'avoir un signe de vie de la sonde même si l'antenne n'est pas déployée.

2- arrêt de l'émission radio

3- On met ON les mesures pendant 10s et on moyenne la mesure des accéléromètres.

4- A partir des mesures moyennées des accéléromètres, on identifie la verticale et on détermine la séquence d'ouverture des portes.

5- Ouverture des portes latérales suivant la séquence déterminée dans le point précédent.

6- Vérification de la verticale et correction si nécessaire par retour au point 5 (max 2 fois)

7- Déploiement de l'antenne de télémétrie.

8- pendant 1 minute, le système réalise des mesures sur tous les capteurs puis les envoie par radio.

9-déploiement du mat

10-pendant 1 minute, le système réalise des mesures sur tous les capteurs puis les envoie par radio.

11-Prise de photo en zone mémoire 1

12-pendant 1 minute, le système réalise des mesures sur tous les capteurs puis les envoie par radio.

13 passage en mode attente\_sol

## 7.7. Mode sol.

Ce mode est identifié sous le numéro 6.

Dans ce mode la sonde est au sol et est pleinement opérationnelle.

Les émissions radios sont OFF

La sonde peut recevoir des télécommandes

Les servos sont actifs

Le radar US est OFF

Les boutons poussoirs sont inactifs

## 7.8. Tableau de synthèse

Le tableau suivant donne l'état de fonctionnement pour chacune des sous fonctions.

Sous ensemble	Attente	Pret au largage	Parachute	Recherche sol	Chute	Sol	Attente sol
BP Mode	Passage en mode pret au largage	inactif	inactif	inactif	inactif	inactif	Inactif
BP Autotest	Autotest	inactif	inactif	inactif	inactif	inactif	Inactif
Led "Pret au largage"	Non alimenté	Clignote	Non alimenté	Non alimenté	Non alimenté	Non alimenté	Non alimenté
Servos	Inactif	Actif	Actif	Actif	Actif	Actif	Actif
Mat	replié	Replié	Replié	Replié	Replié	Auto	Auto
Antenne TM	Repliée	Repliée	Dépliée	Dépliée	Impact	Dépliée	Dépliée
Portes latérales	inactives	Fermées	Fermées	Fermées	Fermées	Auto	Ouvertes
Largage parachute	Inactif	Fermé	Fermé	Fermé	Ouvert	Inactif	Inactif
Radar US	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
Portes fermées	Inactif	Actif	Actif	Actif	Actif	Actif	Inactif
Détection largage	Inactif	Actif	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif	Inactif
Radio	Inactif	ON	ON	ON	OFF	Auto	OFF
Mesures	OFF	Auto	Auto	Auto	Choc	Auto	OFF

## **8. Puissance et marche/arrêt.**

La sonde est équipée d'une batterie qui lui assure une autonomie initiale de 3 heures de fonctionnement.

La sonde est de plus équipée de 2 cellules solaires. Ces cellules doivent permettre de recharger la batterie en 12h d'ensoleillement.

En dehors du largage, la sonde fonctionnera environ 1h par jour. Le reste du temps elle sera en mode basse consommation.

Une mesure de consommation permet de connaître le courant débité sur la batterie.

Une mesure de courant permet de connaître la puissance fournie par les cellules solaires.

Un mode "veille" permet de réduire au minimum la consommation de la sonde.

## 9. Liste des exigences

Numéro	Description
ARC01	La coque de protection est solidaire du système de largage et protège le parachute.
ARC02	Le largage de la coque de protection fournit l'information « détection largage »
ARC03	Le parachute permet à la sonde de descendre à une vitesse de 5m/s.
ARC04	Le parachute peut être largué par un système électrique.
ARC05	La bague supérieure détecte la présence du parachute. 2 détecteurs redondants seront présents.
ARC06	La bague supérieure comprend 3 détecteurs pour la détection de largage. En cas d'incohérence entre les capteurs, un vote majoritaire décidera de la bonne information.
ARC07	La bague supérieure comprend 2 boutons poussoirs et 2 leds . Une Led de signe de vie, une led de confirmation de mode « prêt au largage », un bouton poussoir « auto test », un bouton poussoir pour passage en mode « prêt au largage »
ARC08	La bague Servo comprend les 2 servomoteurs pour le pilotage des portes et le servo moteur pour le largage du parachute.
ARC09	La bague servo est équipée de 2 contacts permettant de connaître l'état de fermeture des portes latérales
ARC10	La fréquence radio utilisée est de 138 MHz
ARC11	Les données seront transmises à un débit de 4800 bauds
ARC12	L'antenne sera du type « boudin »
ARC13	Le système de prise de vue sera situé sur le mat d'expérience
ARC14	Si une antenne de télécommande est nécessaire, elle sera située sur le mat d'expérience.
ARC15	Des suspensions mécaniques sont placées entre le cône et la bague inférieure pour amortir le choc à l'impact.
ARC16	Le cône est réalisé en mousse expansée pour amortir le choc.
ARC17	Le radar US doit fournir un signal lorsque le sol est à 2 mètres.
ARC18	Le radar US est contenu dans le cône
ARC19	L'accéléromètre du détecteur de dureté du sol est compris dans le cône
ARC20	Les portes latérales contiennent les panneaux solaires
ARC21	Les panneaux solaires permettent de recharger les batteries
ARC22	Le logiciel devra ouvrir les portes dans un ordre tenant compte de la verticale de la sonde.
ARC23	Les bagues inférieures et supérieures sont en aluminium. Les autres sont en FR4.

ARC24	La peau de la sonde sera en PVC. Cela comprend aussi les portes latérales.
ARC25	Les sous ensembles seront fixés sur des profilés en U
ARC26	Le diamètre de la sonde sera au plus de 100mm
ARC27	La longueur de la sonde sera au plus de 40 cm
ARC28	Le poids de la sonde sera au plus de 2 kg
ARC29	L'anneau de largage est fixé sur la bague supérieure.
ARC30	Il n'y a pas de mesures réalisées pendant les émissions radio.
ARC31	La description des modes de fonctionnement de la sonde est décrite au chapitre 7 du dossier d'architecture.
ARC32	La sonde est équipée d'une batterie qui lui assure une autonomie initiale de 3 heures de fonctionnement à partir de l'allumage précédent le largage.
ARC33	La sonde est de plus équipée de 2 cellules solaires. Ces cellules doivent permettre de recharger la batterie en 12h d'ensoleillement.
ARC34	En dehors du largage, la sonde fonctionnera environ 1h par jour. Le reste du temps elle sera en mode veille.
ARC35	Une mesure de consommation permet de connaître le courant débité sur la batterie.
ARC36	Une mesure de courant permet de connaître la puissance fournie par les cellules solaires.
ARC37	Un mode "veille" permet de réduire au minimum la consommation de la sonde.





# Exploradur

Télémessures et télécommandes,  
Sous ensemble électronique

Emmanuel Jolly  
Olivier Sterenberg  
Alain Juge  
Jean-Michel Friedt  
Emile Carry

# Télémessures et télécommandes.

Ce chapitre décrit les télémessures émises par la sonde ainsi que les télécommandes reçues.

Pour les télémessures, on distinguera deux phases :

- Les phases correspondantes aux modes 1,2,3,4,5. Dans ces phases, les télémessures sont émises automatiquement.
- Les phases correspondantes aux modes 0 et 6. Dans ces phases, les télémessures sont émises sur demande, en réponse à des télécommandes.

## Télécommandes.

Le format des télécommandes est le même pour toutes les télécommandes.

Il est composé de :

- Un mot de synchronisation : 0xFFFF
- Un mot de clé de trame : 0x1234
- Un mot correspondant au numéro de la télécommande (cf description si après)
- Un mot correspondant au retard d'application de la télécommande (au chapitre 11)
- Un mot correspondant à l'argument 1 de la télécommande
- un mot correspondant à l'argument 2 de la télécommande
- Un mot correspondant au checksum de tous les octets reçus (y compris le mot de synchronisation)

Une trame est donc composée de 7 mots. Le débit et le format des bits sera préciser dans le dossier de conception logiciel.

### Autotest

Cette télécommande répond au numéro 1.

Un argument doit être prévue même si à l'heure actuelle, un seul Autotest est prévu.

L'action de cet télécommande exécute l'autotest définit au chapitre XXX

### Commande de servo

Cette télécommande répond au numéro 2.

Le premier argument X correspond au numéro de servo.

Le second argument Y correspond à l'angle demandé.

L'action de cet télécommande positionne le servo moteur X avec l'angle Y.

### Lancer mesure

Cette télécommande répond au numéro 3.

Le premier argument X correspond à la zone de mémoire.

L'action de cet télécommande consiste à lancer une mesure sur tous les capteurs et de placer le résultat de la zone mémoire X.

## **Prise de photo**

Cette télécommande répond au numéro 4.

Le premier argument X correspond à la zone de mémoire.

L'action de cet télécommande consiste à prendre une photo et de placer la photo dans la zone mémoire X

## **Passage en mode basse énergie.**

Cette télécommande répond au numéro 5.

Le premier argument X correspond au type de mode basse énergie. (0 --> Mode économie, 1-->Veille, 6--> mode Attente\_sol)

L'action de cette télécommande consiste a changé les modes de consommation d'énergie décrits dans le chapitre énergie

## **Lecture mémoire**

Cette télécommande répond au numéro 6.

Le premier argument X correspond à l'adresse mémoire.

L'action de cet télécommande consiste à renvoyer 16 octets à partir de l'adresse X.

## **Effacer toutes les télécommandes**

Cette télécommande répond au numéro 7.

Le premier argument X correspond à un mot de passe.

L'action de cet télécommande consiste à effacer toutes les télécommandes en mémoire.

## **Principe de gestion retardée des Télécommandes**

Dans le logiciel embarqué, une file d'attente reçoit toutes les télécommandes.

Cette file d'attente est lue a une fréquence élevée (supérieure à la seconde).

Au moment de la lecture d'une télécommande dans la file, si le compteur de retard de la télécommande correspondant au retard de 0, alors la télécommande est exécutée.

Sinon, elle n'est pas exécutée et reste dans la file.

Un tâche indépendante viendra chaque seconde décrétementée les tâches en attente.

Ce mécanisme permettra de programmer l'exécution de certaines tâches et notamment de lancer le réveil de la sonde, ou de prendre des mesures ou des photos de nuit par exemple...

# Télémesures

Les télémesures sont les données émises par la sonde. On distingue deux types de données : les mesures émises en phase de descente et celles émises suite à la télécommande de lecture mémoire.

Dans les deux cas, le format et la vitesse de la trame est identique. Il sera défini par le dossier de conception logiciel

## Données en phase descente.

Cette trame est composée :

D'un mot de synchronisation sur 16 bits : 0xFFFF

D'un mot d'entête sur 16 bits : 0x5534

D'un octet lié au mode de fonctionnement.

D'un octet lié à la temporisation en cours.

D'un mot lié à la mesure de température,

D'un mot lié à la mesure de pression,

D'un mot lié au radar US

D'un mot lié aux bits d'états de la sonde.

- 3 bit liés à la détection de largage
- 2 bits liés à la présence parachute
- 2 bits liés à la fermeture des portes
- 1 bit lié à la position du servo de largage parachute
- 1 bit lié à l'activation du radar US
- 1 bit lié à la position du servo du mat
- 1 bit lié à la position du servo de l'antenne
- 5 bits à affecter potentiellement

D'un mot correspondant au checksum de tous les octets reçus (y compris le mot de synchronisation).

(Le bit de poids fort des différentes mesures sera forcé à 0 pour s'assurer que la mesure 0xFFFF n'est pas possible)

## Données en réponse à la télécommande de lecture mémoire.

Cette trame est unique et est composée :

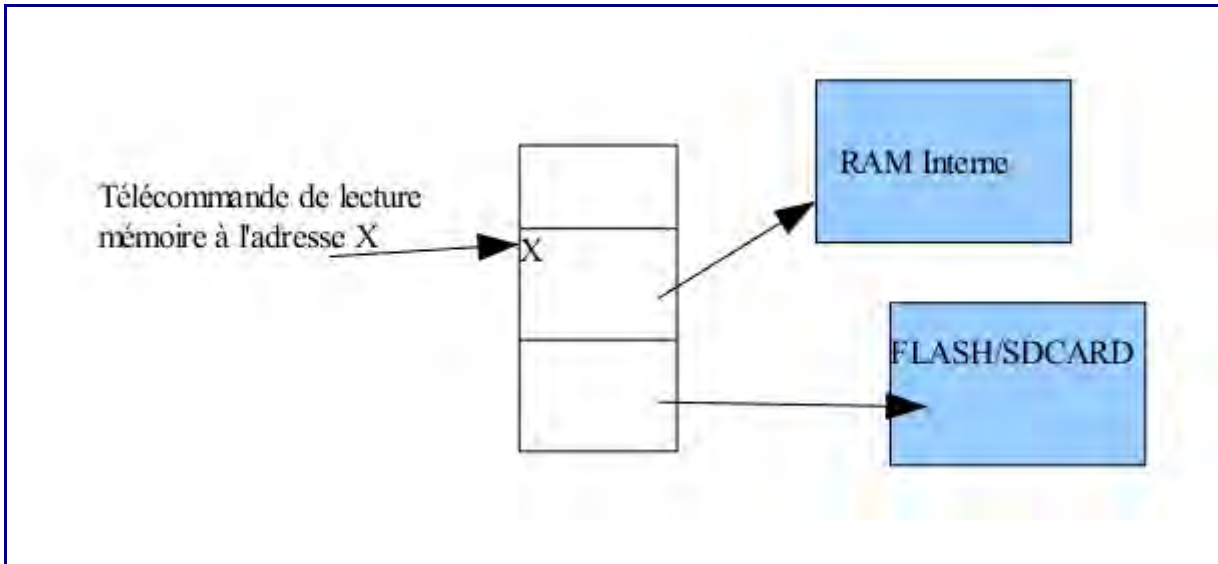
- D'un mot de synchronisation sur 16 bits : 0xFFFF
- D'un mot d'entête sur 16 bits : 0xAA12.
- De 16 octets. Ce sont les octets en retour de la fonction lecture mémoire.
- Un mot correspondant au checksum de tous les octets reçus (y compris le mot de synchronisation).

# Organisation mémoire des données

Le principe des télécommandes demandant en retour des données, est de mettre à disposition les mesures acquises dans une zone mémoire.

Cette zone mémoire, vu depuis l'émetteur de télécommande, est une zone virtuelle qui peut être composée de zone RAM ou FLASH.

Le logiciel embarqué décodera l'adresse demandée pour aller lire la case mémoire exacte :



On va retrouver dans cette organisation mémoire :

Des zones mémoires pour le stockage de mesures,

Des zones mémoires pour le stockage des photos,

Une zone mémoire pour le stockage des mesures de chocs,

Une zone mémoire pour le stockage des télécommandes.

Les adresses mémoires seront très précisément spécifiées par le Dossier de conception détaillée du logiciel.

Pour chacune des types de mesures, on va retrouver un nombre de zone mémoire limité. Ce nombre de zone sera spécifiée en fonction de la quantité de mémoire disponible.

# Autotest

Un auto-test est prévu. Il ne peut être exécuté que depuis le mode “Attente”. Soit depuis une télécommande, soit par pression du bouton poussoir extérieur.

Il active une séquence comprenant des variations de servos ou d'attente de contact pour permettre une couverture de test élevée de la sonde.

La séquence est la suivante

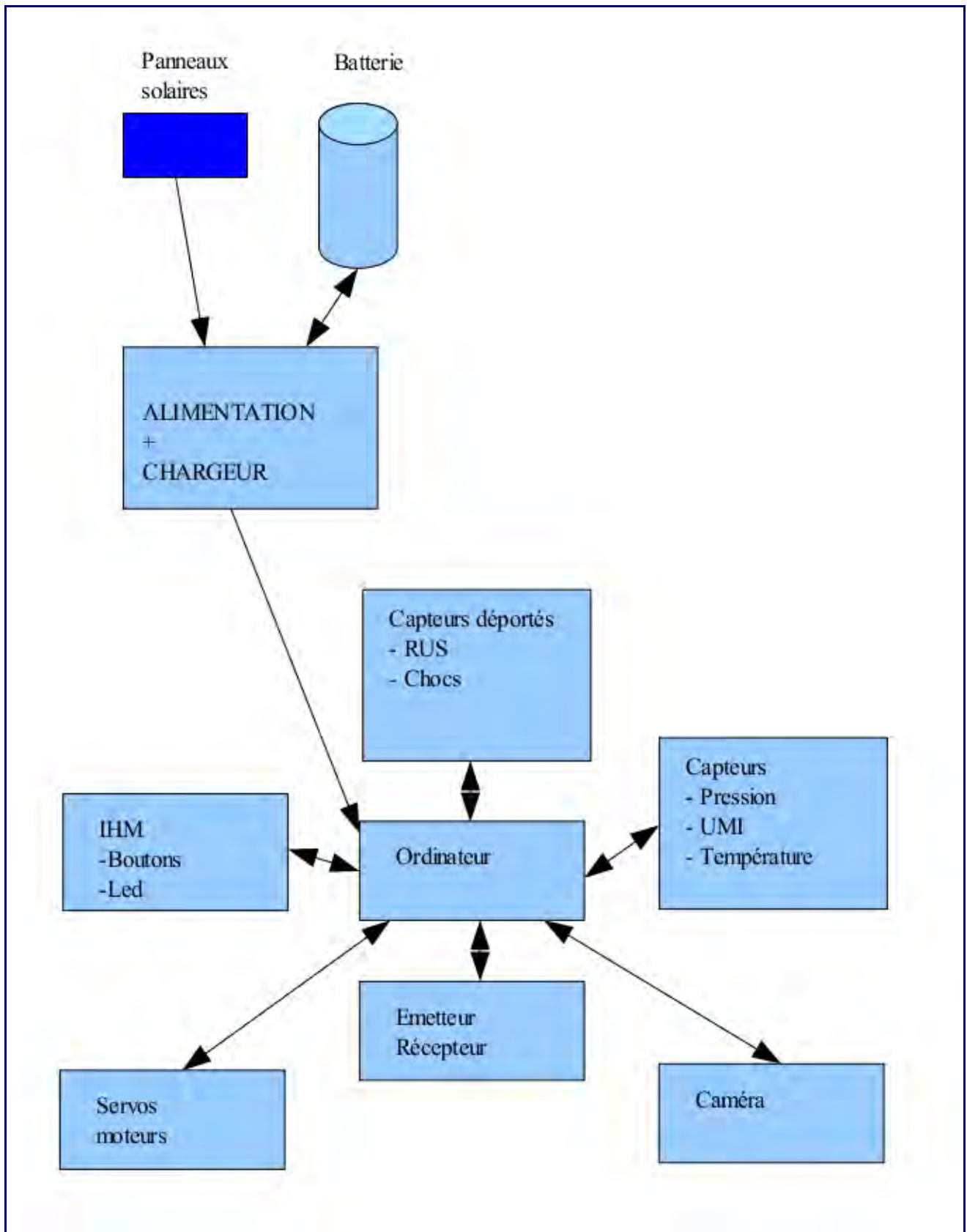
Initialement la sonde est entièrement montée. Le parachute est mis en place ainsi que sa coque de protection.

- Lancement de la télécommande Autotest ou bien suite à action sur le bouton poussoir d'auto test.
- Le logiciel vérifie que tous les interrupteurs de présence parachute sont bien ouverts. Si oui la led de mode clignote, sinon elle reste éteinte.
- Le logiciel attend l'arrachage de la coque et donc que tous les interrupteurs soient ouverts. Quand ils le sont tous, la LED s'arrete de clignoter et s'éteind.
- Ensuite l'antenne se déploie. Si l'antenne s'est bien déployée, l'utilisateur doit passer à l'étape suivante en appuyant sur un des boutons de détection de largage.
- La sonde met ON le RUS.
- Si une distance inférieure à 2m est détectée, alors le servo du largage est activée.
- L'utilisateur retirera alors le parachute.
- Le système attendra que les deux détecteurs de largage parachute soient ouvert pour passer à l'étape suivante.
- A l'étape suivante, toutes les mesures (sauf détecteur de chocs) sont acquises. Un test de cohérence est réalisée :
  - La pression doit être comprise entre 900 et 1100mb
  - La température doit être comprise entre 20°C et 40°C
  - La norme de l'accélération G mesurée par l'UMI doit être entre 0.8g et 1.2g
- Si tout est OK, l'antenne est positionnée à mis hauteur (position de sécurité pour la chute)
- Le logiciel attend l'appuie sur un des détecteurs de chute.
- L'opérateur incline la sonde sur le coté gauche. La porte gauche doit alors s'ouvrir de moitié. Puis elle se referme.
- Le logiciel attend que le détecteur “porte gauche fermée” soit activée.
- L'opérateur incline la sonde sur le coté droit. La porte droite doit alors s'ouvrir de moitié. Puis elle se referme.
- Le logiciel attend que le détecteur “porte droite fermée” soit activée.
- Le logiciel ouvre les deux portes sur  $\frac{3}{4}$  de la position.
- Le mat est déplié
- un auto test de la caméra est effectuée.
- Si tout est OK alors l'antenne est complètement déployée.

L'autotest est donc bon si la séquence est arrivée jusque là.

# Sous ensemble électronique

Le synoptique globale de l'électronique de bord est le suivant :



Pour optimiser le nombre de cartes tout en gardant une modularité suffisante pour le développement, il est proposé de répartir l'électronique en plusieurs cartes :

#### Une carte ALIM

Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Générer toutes les alimentations de bord pour les cartes et capteurs.
- Gère la charge de la batterie
- Interfacer les panneaux solaires
- recevoir une alimentation extérieure
- fournir vers la carte télémesure des informations sur l'état de la batterie et de la charge en cours.

#### Une carte Télémesure

Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Gère toutes les fonctions de l'ordinateur de bord.
- Gère toutes les fonctions de télémesure et de télécommande
- réalise la conversion analogique des capteurs
- Commande les servos moteurs

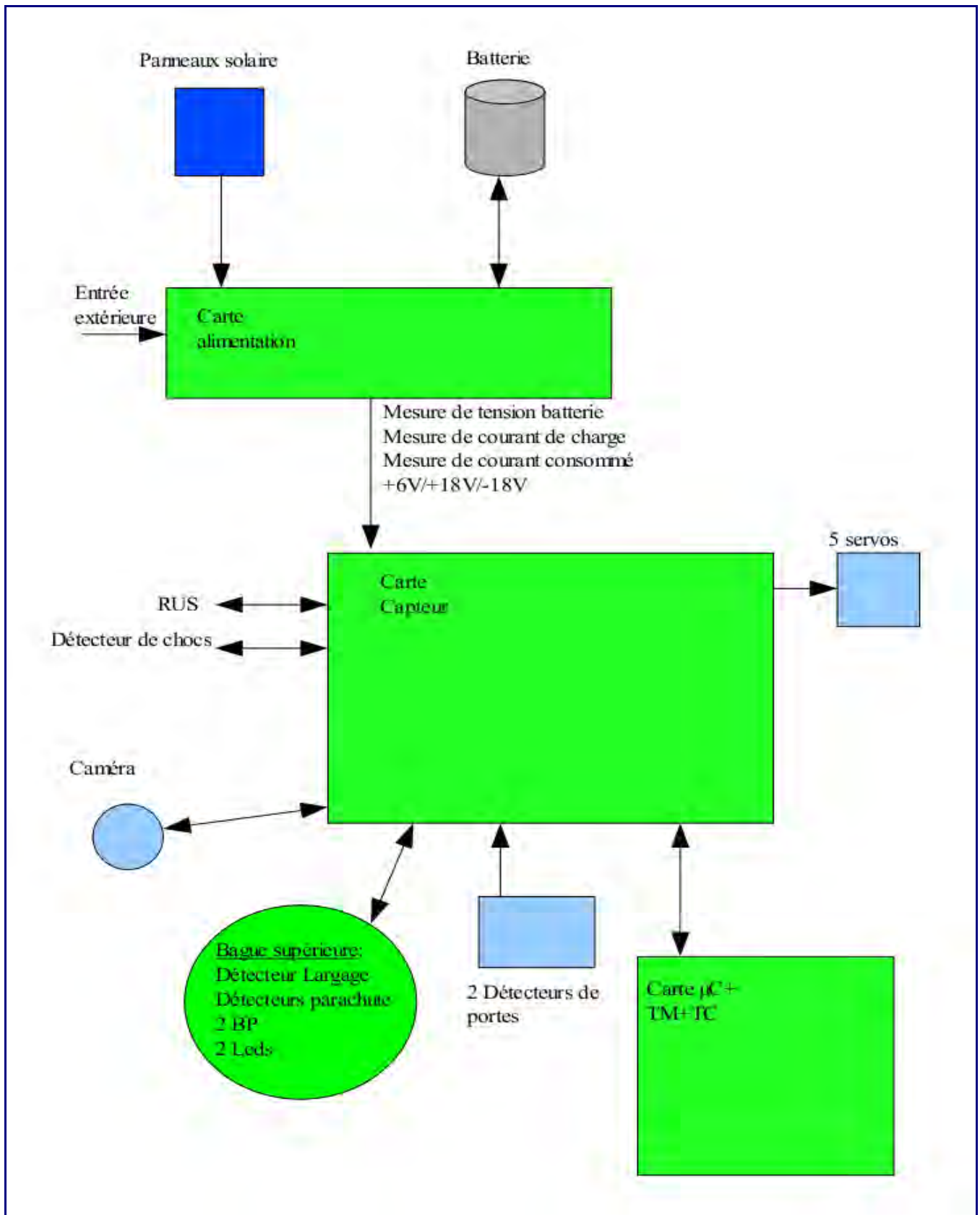
#### Une carte Capteur

Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Supporte les capteurs de pression, température et UMI
- Interface les servos moteurs
- Interface les capteurs déportés (RUS, Chocs,...)
- Commute les alimentations pour les capteurs

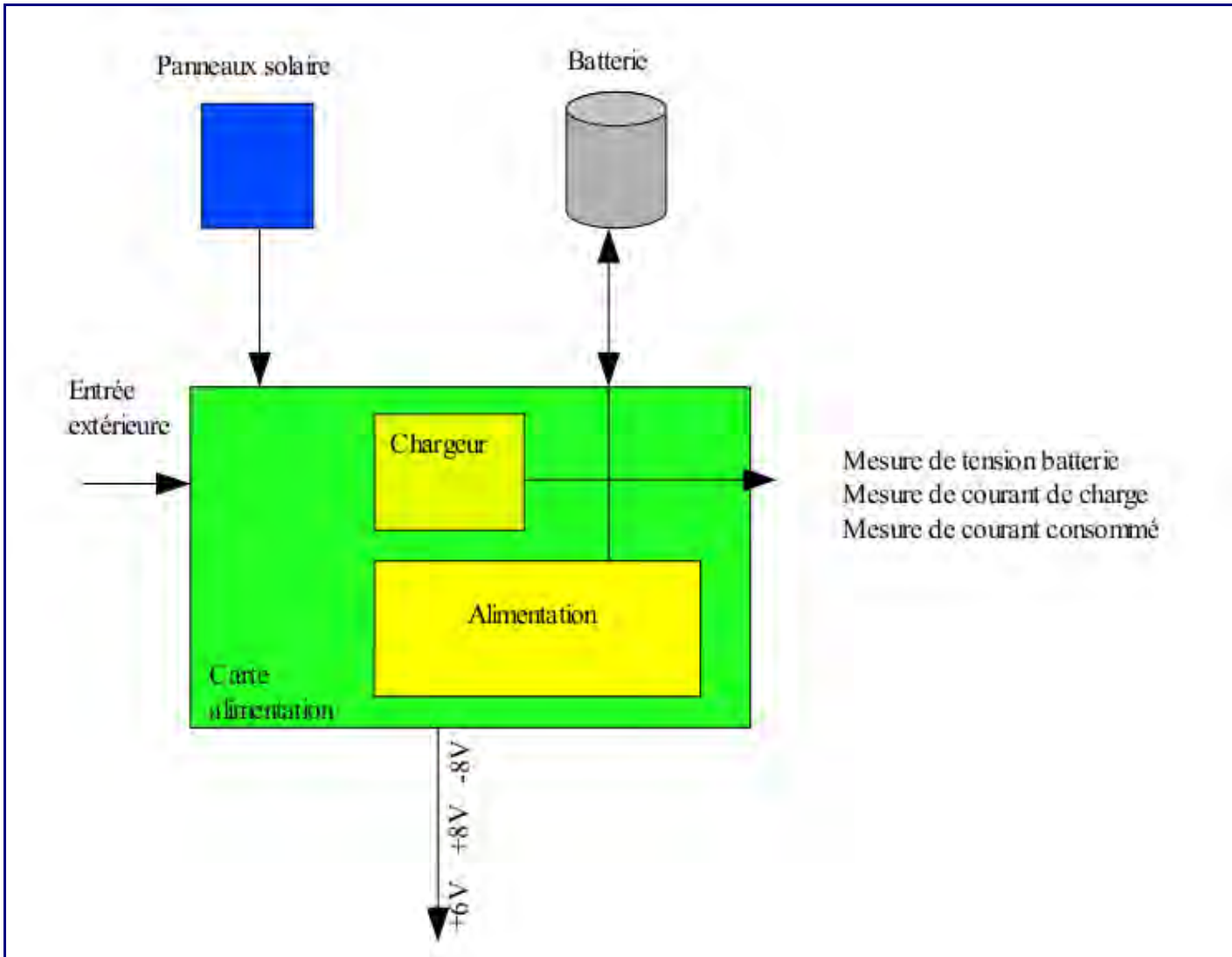


Le synoptique devient alors le suivant :



# Répartition des cartes électroniques

## Carte Alimentation



Connectique :

- 2 Plots à souder reçoivent la connexion batterie
- 4 plots à souder reçoivent les connexions panneaux solaires. Ils seront montés en série sur chacune des portes puis montés en parallèle sur la carte alim
- 2 Plots à souder reçoivent l'entrée extérieure
- 1 Connecteur 6 points contient les Alims et la télémessure

Ce connecteur est de type HE14 8 points

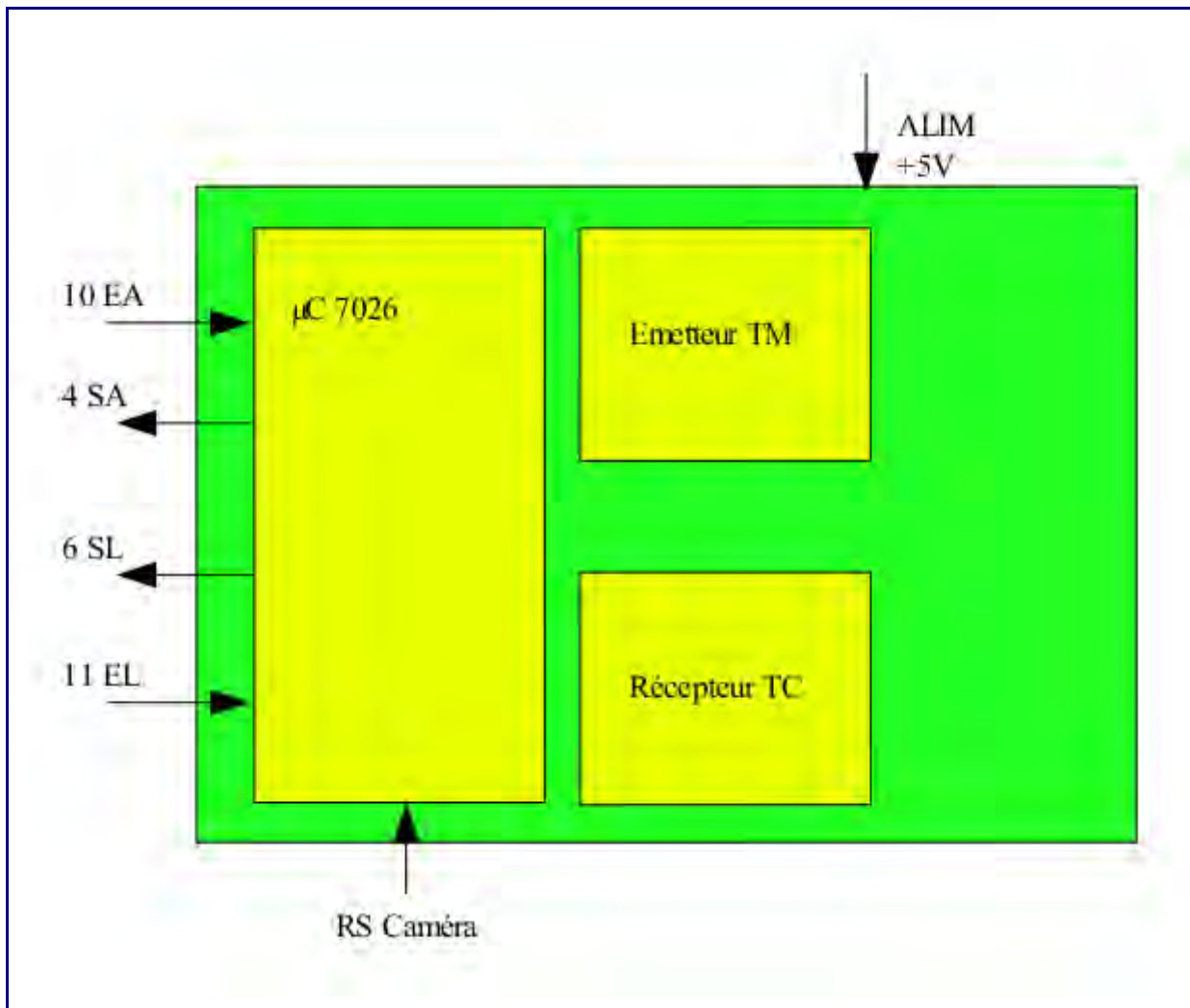
La répartition est la suivante:

Numéro	Type	Description
1	Alim	+6V
2	Alim	+8V

3	Alim	-8V
4		0V
5	Sortie Analogique	Mesure tension batterie
6	Sortie Analogique	Mesure courant consommé
7	Sortie Analogique	Mesure courant de charge
8		0V

Les dimensions de la carte seront confirmées par la suite.

### Carte Micro-processeur



Remarques :

Cette carte reçoit la RS de la caméra via la carte capteur.

Cette carte reçoit aussi son alimentation via la carte capteur.

L'émetteur et le récepteur sont présents sur la carte.

Un jumper est accessible pour forcer l'état 0 du mode au démarrage de l'application (ARC44)

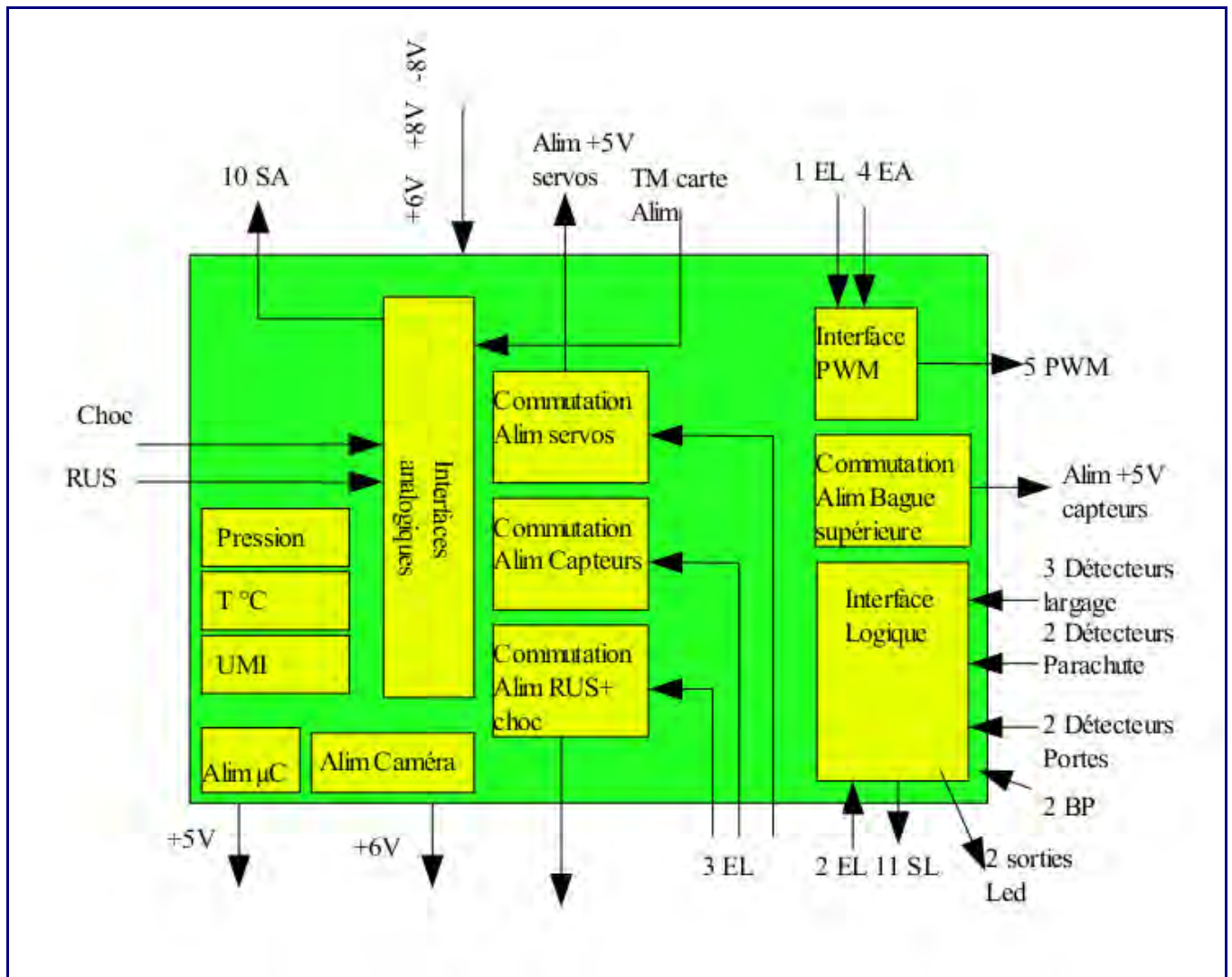
Une seule connection existe avec la carte capteur via un connecteur HE10 40 points. Ce connecteur a été remplacé par 4 connecteurs 10 points au pas de 1.27 mm afin de permettre un routage du circuit numérique et capteurs sur 2 couches et d'optimiser l'espace occupé.

La répartition est la suivante :

<b>Numéro</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>	<b>Broche ADuC</b>	<b>nouvelle broche sur connecteurs 1.27 mm</b>
<b>1</b>	Entrée Analogique	Pression		
<b>2</b>		0V		
<b>3</b>	Entrée Analogique	Température		
<b>4</b>		0V		
<b>5</b>	Entrée Analogique	UMI-X		
<b>6</b>		0V		
<b>7</b>	Entrée Analogique	UMI-Y		
<b>8</b>		0V		
<b>9</b>	Entrée Analogique	UMI-Z		
<b>10</b>		0V		
<b>11</b>	Entrée Analogique	RUS		
<b>12</b>		0V		
<b>13</b>	Entrée Analogique	Détecteur de choc		
<b>14</b>		0V		
<b>15</b>	Entrée Analogique	Tension batterie		
<b>16</b>	Entrée Analogique	Courant de charge		
<b>17</b>	Entrée Analogique	Courant consommé		
<b>18</b>		0V		
<b>19</b>	Sortie Analogique	Commande porte droite		
<b>20</b>	Sortie Analogique	Commande porte Gauche		

21	Sortie Analogique	Commande Servo Antenne		
22	Sortie Analogique	Commande Servo Mat		
23	Entrée Logique	Détecteur largage	P0.0	
24	Entrée Logique	Détecteur RUS	P0.1	
25	Entrée Logique	Dispo	P0.2	
26	Entrée Logique	Détecteur Parachute 1	P0.3	
27	Entrée Logique	Dispo	P0.4	
28	Entrée Logique	Détecteur Porte Droite	P0.5	
29	Entrée Logique	Détecteur Porte Gauche	P0.6	
30	Entrée Logique	BP AutoTest	P0.7	
31	Entrée Logique	BP Mode	P4.7	
32	Alimentation	5V		
33	Sortie Logique	Led Mode	P3.0	
34	Sortie Logique	Led Signe de vie	P3.1	
35	Sortie Logique	Commande Servo largage parachute	P3.2	
36	Sortie Logique	Commande Alim Servos	P3.3	
37	Sortie Logique	Commande Alim Capteurs Déportés	P3.4	
38	Sortie Logique	Commande Alim Bague Supérieure	P3.5	
39	RXD	Caméra Réception		
40	TXD	Caméra Emission		

## Carte Capteurs



### Description:

Cette carte est l'interface entre les capteurs physiques et la carte micro-processeur.

Elle comprend les étages d'entrées (AOP et entrée logique) mais aussi les régulateurs de proximité sur ces capteurs. Certains régulateurs (type LDO) seront commandés par des sorties logiques de la carte micro processeur. Ainsi les détecteurs de choc et le RUS pourront être éteints. De même pour tous les éléments de la bague supérieure et les servos moteurs.

Une interface de conversion est prévue pour transformer les valeurs analogiques issues de la carte micro-processeur, en signaux PWM compatible avec les servos moteurs. Cela permet de pallier au manque de signaux PWM de la carte micro-contrôle sans prendre de ressources logiciels.

Cette carte est reliée à la carte micro processeur par un connecteur HE10 40 points (cf description ci dessous).

<b>Numéro</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
1	Sortie Analogique	Pression
2		0V
3	Sortie Analogique	Température
4		0V
5	Sortie Analogique	UMI-X
6		0V
7	Sortie Analogique	UMI-Y
8		0V
9	Sortie Analogique	UMI-Z
10		0V
11	Sortie Analogique	RUS
12		0V
13	Sortie Analogique	Détecteur de choc
14		0V
15	Sortie Analogique	Tension batterie
16	Sortie Analogique	Courant de charge
17	Sortie Analogique	Courant consommé
18		0V
19	Entrée Analogique	Commande porte droite
20	Entrée Analogique	Commande porte Gauche
21	Entrée Analogique	Commande Servo Antenne
22	Entrée Analogique	Commande Servo Mat
23	Sortie Logique	Détecteur largage 1
24	Sortie Logique	Détecteur RUS
25	Sortie Logique	Dispo
26	Sortie Logique	Détecteur Parachute 1
27	Sortie Logique	Dispo
28	Sortie Logique	Détecteur Porte Droite
29	Sortie Logique	Détecteur Porte Gauche
30	Sortie Logique	BP AutoTest
31	Sortie Logique	BP Mode
32	Alimentation	5V

<b>33</b>	Entrée Logique	Led Mode
<b>34</b>	Entrée Logique	Led Signe de vie
<b>35</b>	Entrée Logique	Commande Servo largage parachute
<b>36</b>	Entrée Logique	Commande Alim Servos
<b>37</b>	Entrée Logique	Commande Alim Capteurs Déportés
<b>38</b>	Entrée Logique	Commande Alim Bague Supérieure
<b>39</b>	RXD	Caméra Réception
<b>40</b>	TXD	Caméra Emission

Elle est reliée à la carte Alim via un connecteur identique à celui décrit dans la carte alim : HE 14 8 points

<b>Numéro</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
<b>1</b>	Alim	+6V
<b>2</b>	Alim	+8V
<b>3</b>	Alim	-8V
<b>4</b>		0V
<b>5</b>	Sortie Analogique	Mesure tension batterie
<b>6</b>	Sortie Analogique	Mesure courant consommé
<b>7</b>	Sortie Analogique	Mesure courant de charge
<b>8</b>		0V

Cette carte est reliée aux 5 servos moteurs par des connecteurs servo moteurs standard.

Pour rappel, le branchement standard d'un connecteur servo est le suivant :

<b>Numéro</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
<b>1</b>	Entrée PWM	PWM
<b>2</b>	Alim	Alim +5V
<b>3</b>		0V

Un seul connecteur est utilisé pour la connexion du RUS et du détecteur de choc. Il s'agit d'un HE14 4 broches

La description est la suivante :

<b>Numéro</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
<b>1</b>	Alim	+5V
<b>2</b>	Entrée Analogique	Accélération choc
<b>3</b>	Entrée Analogique	Radar US
<b>4</b>		0V

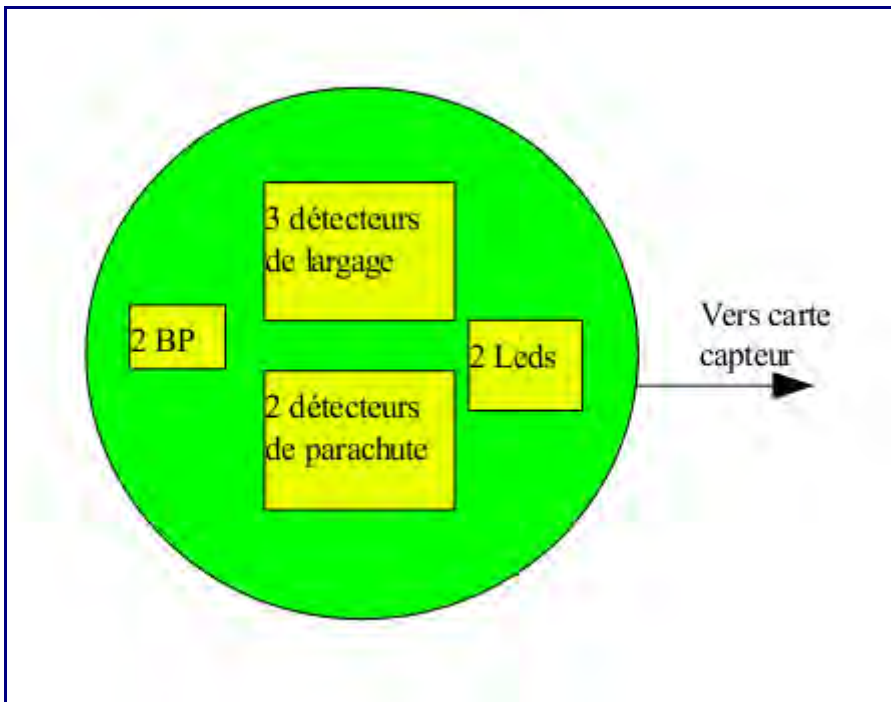


Un seul connecteur est utilisé pour la connexion de la bague inférieure. Il s'agit d'un HE10 14 points.

<b>Numéro</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
<b>1</b>	Alim	+5V
<b>2</b>		0V
<b>3</b>	Entrée Logique	Détecteur largage 1
<b>4</b>	Entrée Logique	Détecteur largage 2
<b>5</b>	Entrée Logique	Détecteur largage 3
<b>6</b>		0V
<b>7</b>	Entrée Logique	Détecteur Parachute 1
<b>8</b>	Entrée Logique	Détecteur Parachute 2
<b>9</b>		0V
<b>10</b>	Entrée Logique	BP Autotest
<b>11</b>	Entrée Logique	BP Mode
<b>12</b>		0V
<b>13</b>	Sortie Logique	Led "mode vol"
<b>14</b>	Sortie Logique	Led "Signe de vie"

## Bague supérieure

Cette bague est assez particulière. Elle participe à l'intégration mécanique mais prend la forme d'un circuit imprimé rond. Sur cette carte on disposera de toutes les fonctions IHM et détections de la partie supérieure de la sonde :



La connectique prend la forme d'un HE10 14 points.

La répartition des signaux est la suivante :

Numéro	Type	Description
1	Alim	+5V
2		0V
3	Sortie Logique	Détecteur largage 1
4	Sortie Logique	Détecteur largage 2
5	Sortie Logique	Détecteur largage 3
6		0V
7	Sortie Logique	Détecteur Parachute 1
8	Sortie Logique	Détecteur Parachute 2
9		0V
10	Sortie Logique	BP Autotest
11	Sortie Logique	BP Mode
12		0V
13	Entrée Logique	Led "mode vol"
14	Entrée Logique	Led "Signe de vie"

# Liste des exigences (complément)

Numéro	Description
ARC38	Les modes basses consommations ne peuvent être appelés que depuis le mode "attente_sol"
ARC39	Un mode "économie" où les servos moteurs sont inactifs mais le récepteur radio est ON
ARC40	Un mode "veille" où seul le processeur est actif. Dans la mesure du possible, le processeur sera lui aussi mis en mode basse consommation. Seul des tâches internes gérant l'horloge seront actives pour gérer le réveil de la sonde.
ARC41	La sortie du mode "économie" est réalisée soit par temporisation, soit par télécommande.
ARC42	La sortie du mode "veille" est conditionnée par une temporisation interne.
ARC43	Lors du démarrage de la sonde, la valeur du mode est téléchargée depuis une mémoire interne.
ARC44	L'initialisation du mode "Attente" (0) peut être forcée par un "jumper" sur l'électronique. Ce Jumper n'est accessible que lorsque les portes sont ouvertes.
ARC45	Une connecteur accessible porte ouverte permet d'alimenter la sonde et de recharger les batteries.
ARC46	Il n'y a pas d'interrupteur pour mettre ON/OFF la sonde. Seul une connexion permet de couper l'alimentation.



# Projet Exploradur I

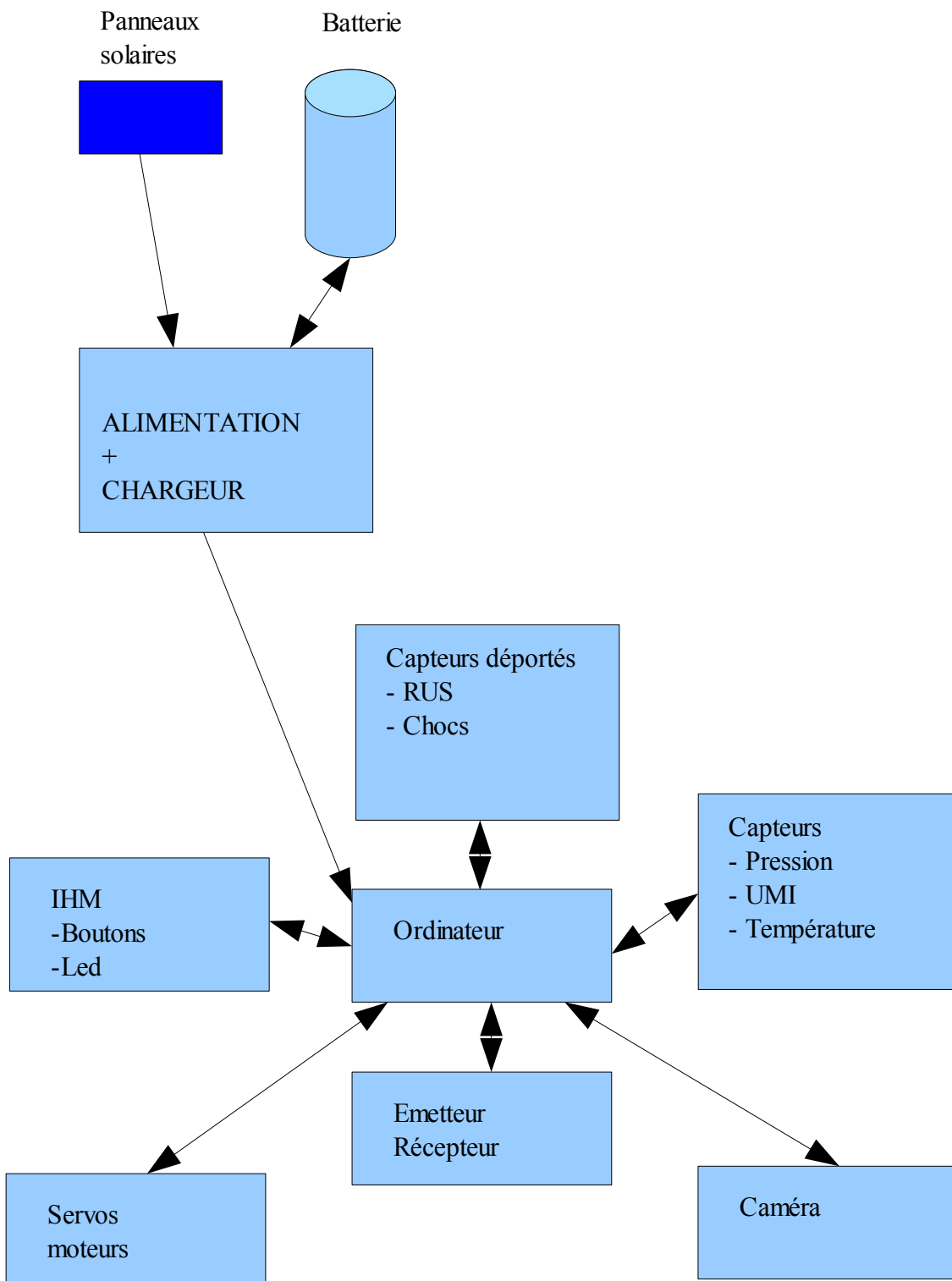
Dossier de conception détaillée de la carte Alimentation

## Sommaire

1. Rappel de l'organisation électronique de Exploradur.....	3
1.1. Rappel du besoin de la carte Alimentation.....	6
Carte Alimentation.....	6
2. Rappel des performances principales attendues.....	8
3. Synoptique détaillé de la carte Alimentation.....	9
4. Détail des fonctions.....	10
1 Chargeur en ligne.....	10
2 Alimentation +6V.....	11
3 Alimentation +8V.....	11
4 Alimentation -8V.....	11
5 Routage.....	12
6 Nomenclature.....	13
7 Schémas.....	14
8 Implantation .....	16

# 1. Rappel de l'organisation électronique de Exploradur

Le synoptique globale de l'électronique de bord est le suivant :



Pour optimiser le nombre de cartes tout en gardant une modularité suffisante pour le développement, il est proposé de répartir l'électronique en plusieurs cartes :

### Une carte ALIM

Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Générer toutes les alimentations de bord pour les cartes et capteurs.
- Gère la charge de la batterie
- Interfacer les panneaux solaires
- recevoir une alimentation extérieure
- fournir vers la carte télémessure des informations sur l'état de la batterie et de la charge en cours.

### Une carte Télémessure

Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Gère toutes les fonctions de l'ordinateur de bord.
- Gère toutes les fonctions de télémessure et de télécommande
- réalise la conversion analogique des capteurs
- Commande les servos moteurs

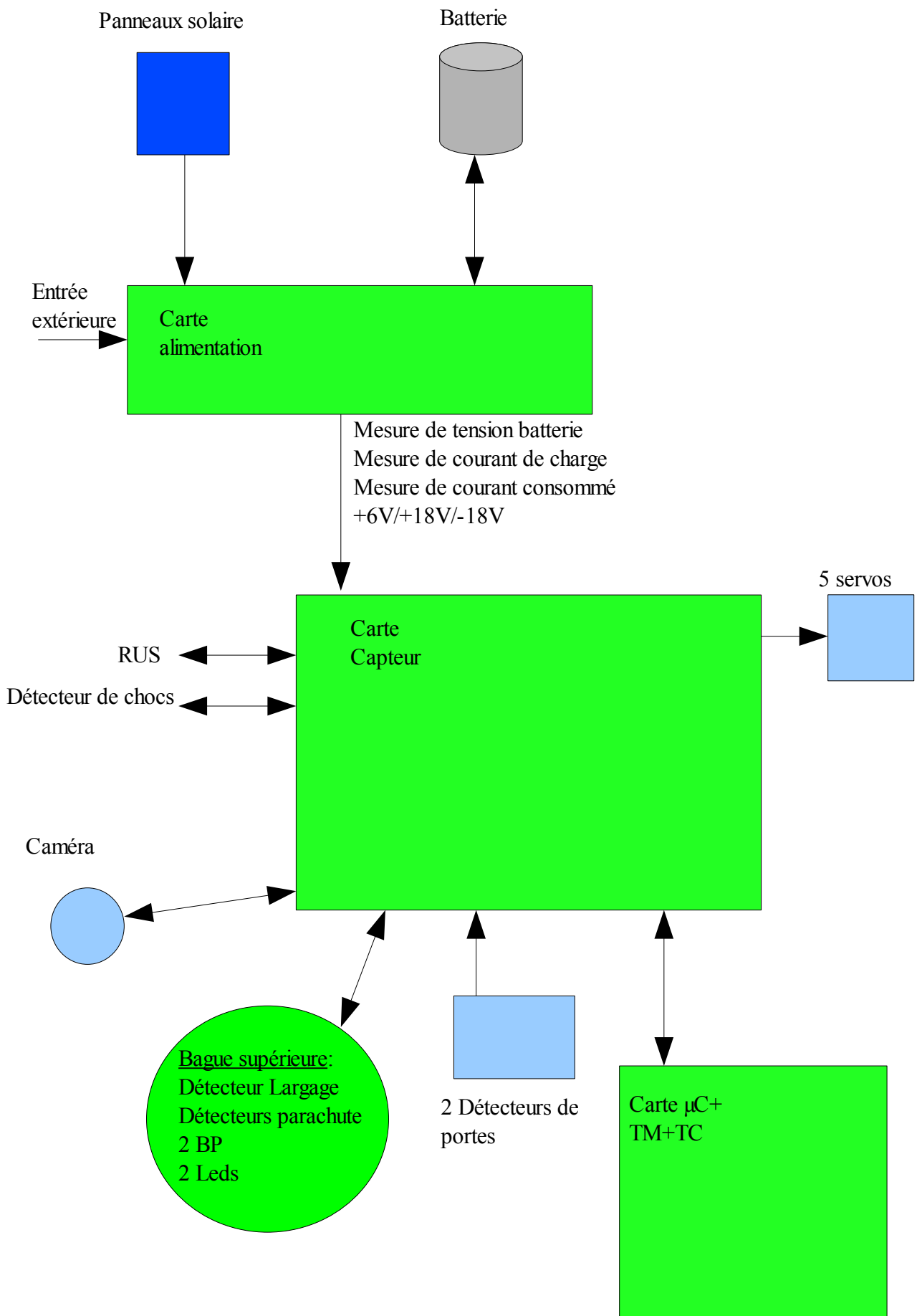
### Une carte Capteur

Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Supporte les capteurs de pression, température et UMI
- Interface les servos moteurs
- Interface les capteurs déportés (RUS, Chocs,...)
- Commute les alimentations pour les capteurs

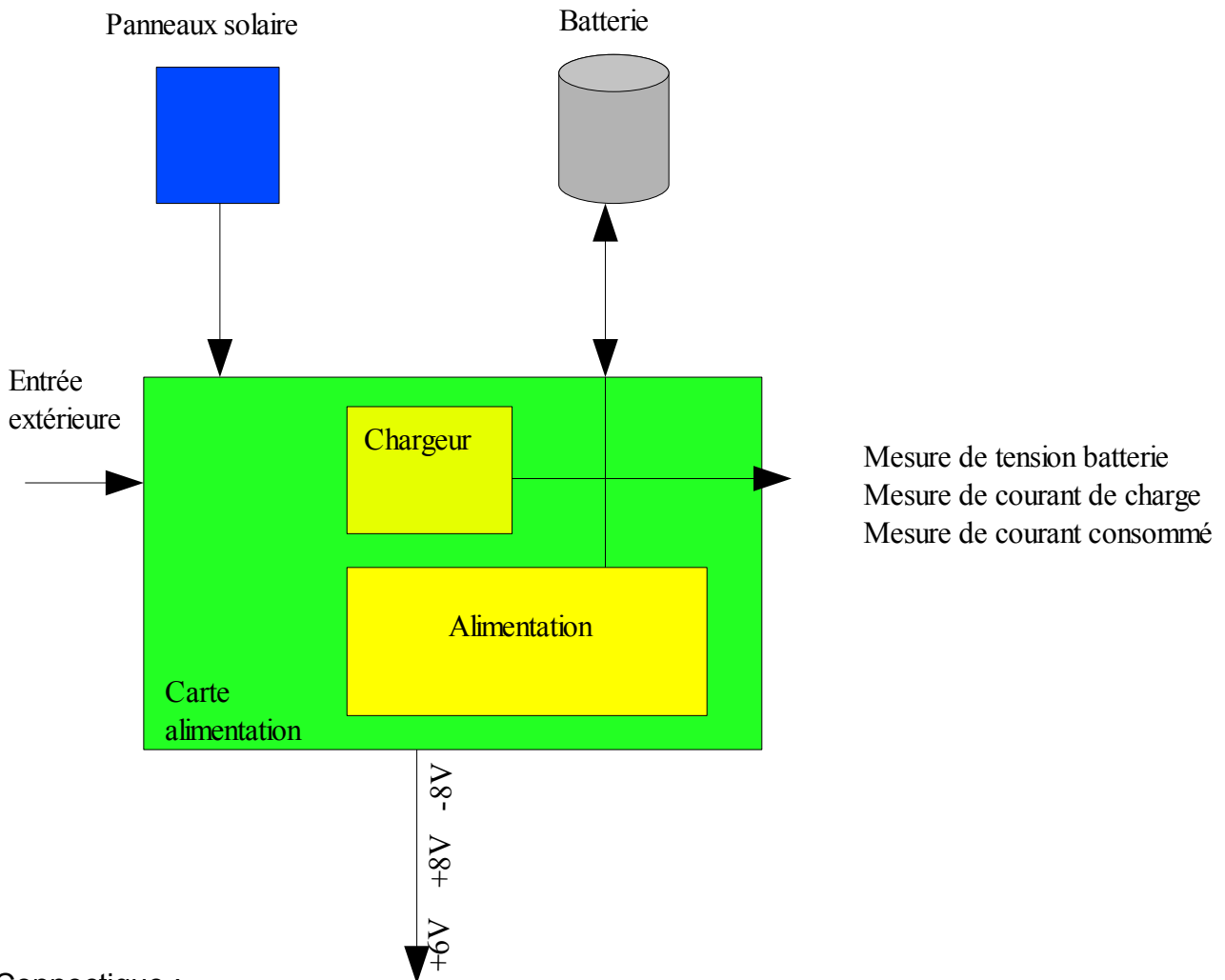


Le synoptique devient alors le suivant :



## 1.1. Rappel du besoin de la carte Alimentation

### Carte Alimentation



#### Connectique :

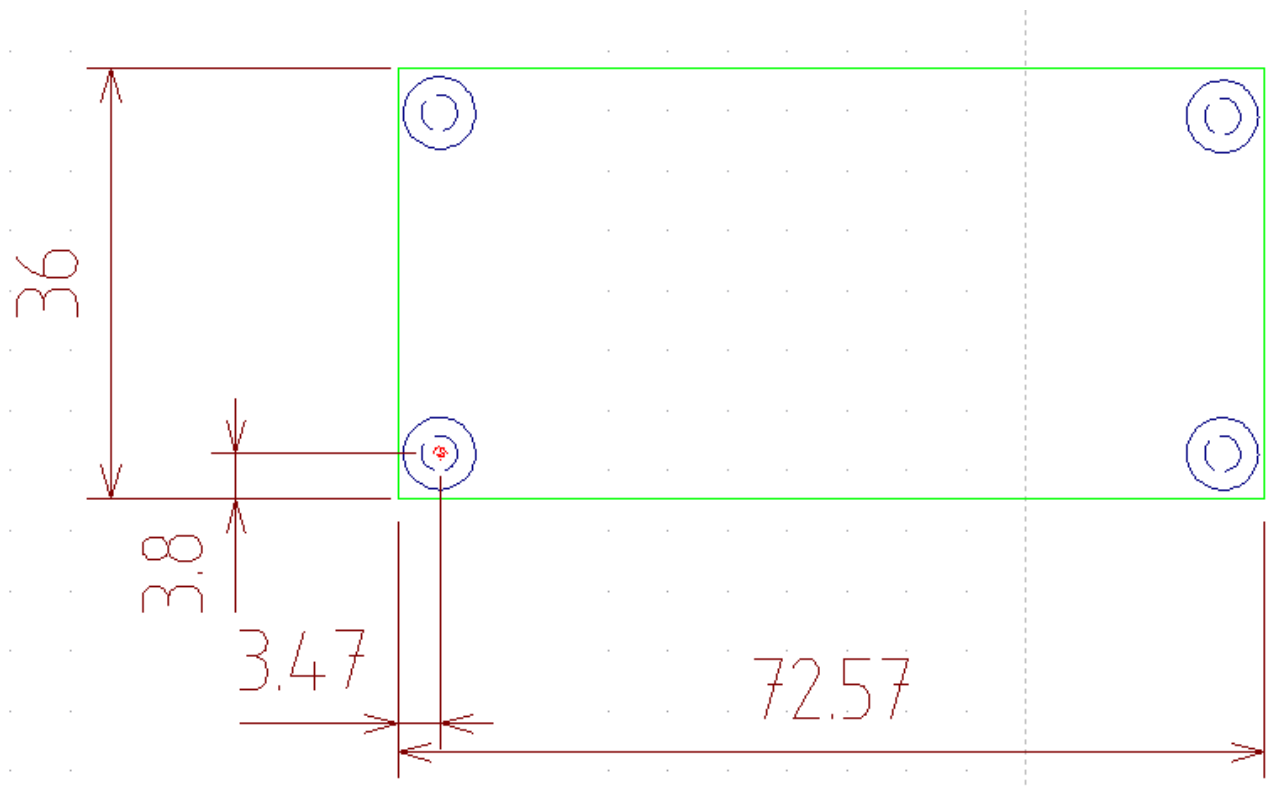
- 2 Plots à souder reçoivent la connection batterie
- 4 plots à souder reçoivent les connections panneaux solaires. Ils seront montés en série sur chacune des portes puis montés en parallèle sur la carte alim
- 2 Plots à souder reçoivent l'entrée extérieure
- 1 Connecteur 6 points contient les Alims et la télémessure

Ce connecteur est de type HE14 8 points

La répartition est la suivante:

Numéro	Type	Description
1	Alim	+6V
2	Alim	+8V
3	Alim	-8V
4		0V
5	Sortie Analogique	Mesure tension batterie
6	Sortie Analogique	Mesure courant consommé
7	Sortie Analogique	Mesure courant de charge
8		0V

Les dimensions de la carte alimentation sont les suivantes (Cf dossier d'intégration de la sonde)



## 2. Rappel des performances principales attendues

La fonction principale de la carte ALIM est d'alimenter !

Les éléments principaux de la carte alim sont :

Sorties +6V : Courant Max : 600mA. Ondulation max : 50mV

Temps de démarrage : A définir

Sorties +8V : Courant Max : 100mA. Ondulation max : 10mV

Temps de démarrage : A définir

Sorties -8V : Courant Max : 100mA. Ondulation max 10mV

Temps de démarrage : A définir

Entrée Batterie : 7.2V

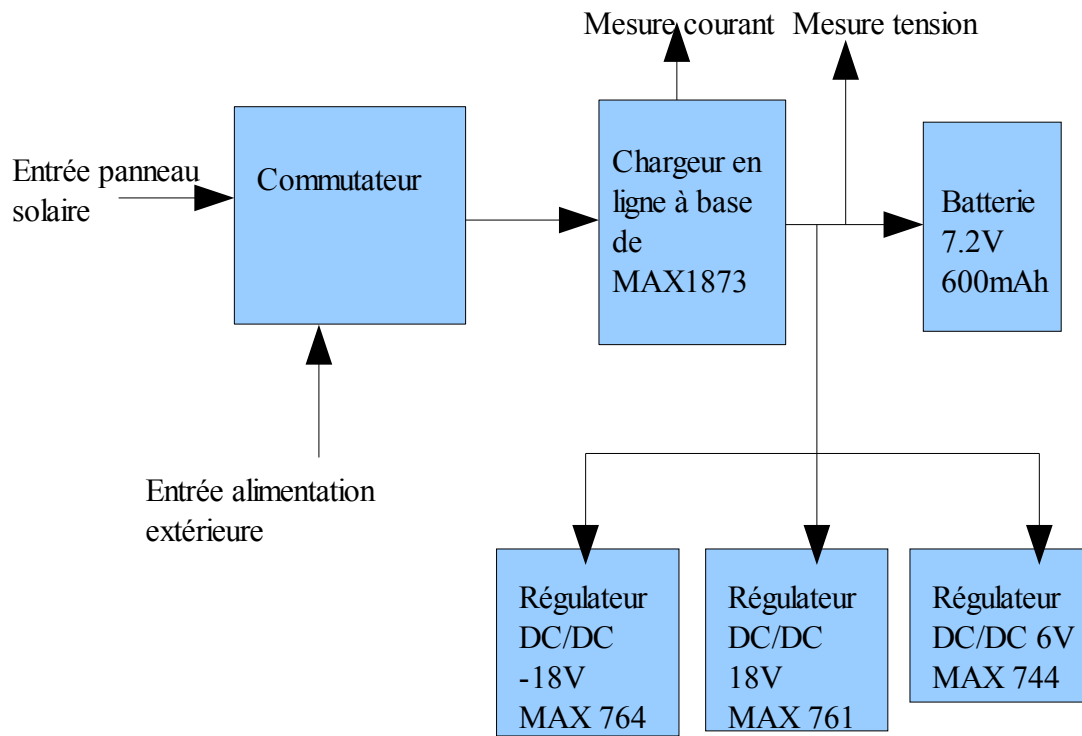
Entrée Chargeur secteur : 6V

Entrée Cellules solaires : de 0 à 6V. Limitation de 100 à 200mA

La batterie est de type NiMH. La tension nominale est de 7.2V. Sa capacité est de 600mAh.

L'objectif est de pouvoir charger la batterie en 12 heures d'ensoleillement. On limitera donc volontairement le courant de charge provenant des cellules solaires.

### 3. Synoptique détaillé de la carte Alimentation



## 4. Détail des fonctions

### 1 Chargeur en ligne

Le chargeur est basé sur un MAX 1873.

Le transistor de commutation est in IRFR9120 (dispo chez Sélectronic).

En utilisant le datasheet du composant, on obtient le tableau de sélection des composants suivant :

Vref	4,2 V
Vbatt	7,2 V
VDCIN Max	9 V
VDCIN Min	7,5 V
Fréquence de découpage	3,00E+005 Hz
Courant de charge	0,1 A
Vich/en	1 V
Rcsb	0,48 Ohms
Puissance	4,76 mW
Courant limite en entrée	0,1 A
Rcss	1 Ohms
Puissance	10 mW
Inductance	96 $\mu$ H
LIR	50,00%
Courant crête de l'inductance	0,13 A
Temps de commutation	2,00E-007 s
Rds On	0,6 Ohms
Pr	5,76 mW
Pt	18 mW
Ptot	23,76 mW
Cout	8 $\mu$ F
RESR	0,82 Ohms

Il en résulte :

Que l'inductance aura pour valeur 100 $\mu$ H, les résistances de shunt pourront être des résistances classiques 125mW au format 1206.

La puissance dissipée par le transistor sera conforme.

La capacité de filtrage de sortie sera assurée par les capacités de en tête de chaque régulateur. La mise en parallèle réduisant les ESR

La mesure du courant consommé par le chargeur est obtenu sur la broche CCI. Ce n'est pas forcément documenté, mais d'après le synoptique, la mesure est disponible à ce point.

## **2 Alimentation +6V**

Cette alimentation est basée sur un step down MAX730A. Ce dernier a été préféré au MAX744A car il est disponible en boîtier SO08. La puissance dissipée étant faible (passage de 7,2V à 6V), cela ne pose pas de problème.

Le composant étant configuré pour réguler à +5V, il suffit d'insérer une résistance (R4) entre la sortie et la broche OUT pour pouvoir ajuster la tension de sortie. On utilise l'impédance d'entrée de la broche OUT pour réduire le gain de la contre-réaction de régulation et ainsi augmenter la tension de sortie. Cette mise en oeuvre a déjà été réalisée dans le cadre du drone PLANOTOMATIC.

La fonction SHUTDOWN n'est pas utilisée. Une LED donne l'état de l'alimentation. A noter que la LED a été posée en bord de carte.

L'inductance a elle été posée au milieu de carte du côté face soudure pour minimiser la hauteur du circuit.

Dans cette configuration, ce régulateur permet de débiter environ 500mA. Cette valeur est donc légèrement inférieure à la spécification de 600mA

## **3 Alimentation +8V**

Cette alimentation est basée sur un step up MAX761A.

La fonction SHUTDOWN n'est pas utilisée. Une LED donne l'état de l'alimentation. A noter que la LED a été posée en bord de carte.

L'inductance a elle été posée au milieu de carte du côté face soudure pour minimiser la hauteur du circuit.

Dans cette configuration, ce régulateur permet de débiter un peu plus de 150mA. Ce qui est conforme à la demande.

## **4 Alimentation -8V**

Cette alimentation est basée sur un step up inverseur MAX764A.

La fonction SHUTDOWN n'est pas utilisée. Une LED donne l'état de l'alimentation. A noter que la LED a été posée en bord de carte.

L'inductance a elle été posée au milieu de carte du côté face soudure pour minimiser la hauteur du circuit.

Dans cette configuration, ce régulateur permet de débiter un peu plus de 150mA. Ce qui est conforme à la demande.

## **5 Routage**

La carte est routée en 4 couches

La couche N°1 (composant) comprend la majeure partie des pistes.

La couche N°2 comprend un plan de masse GND.

La couche N°3 comprend un plan de masse sur le signal +ALIM\_NR. Il s'agit du signal d'entrée des régulateurs. Une zone comprend un plan de masse sur VBATT, l'alimentation de la batterie.

La couche N°4 (soudure) comprend un plan de masse GND.

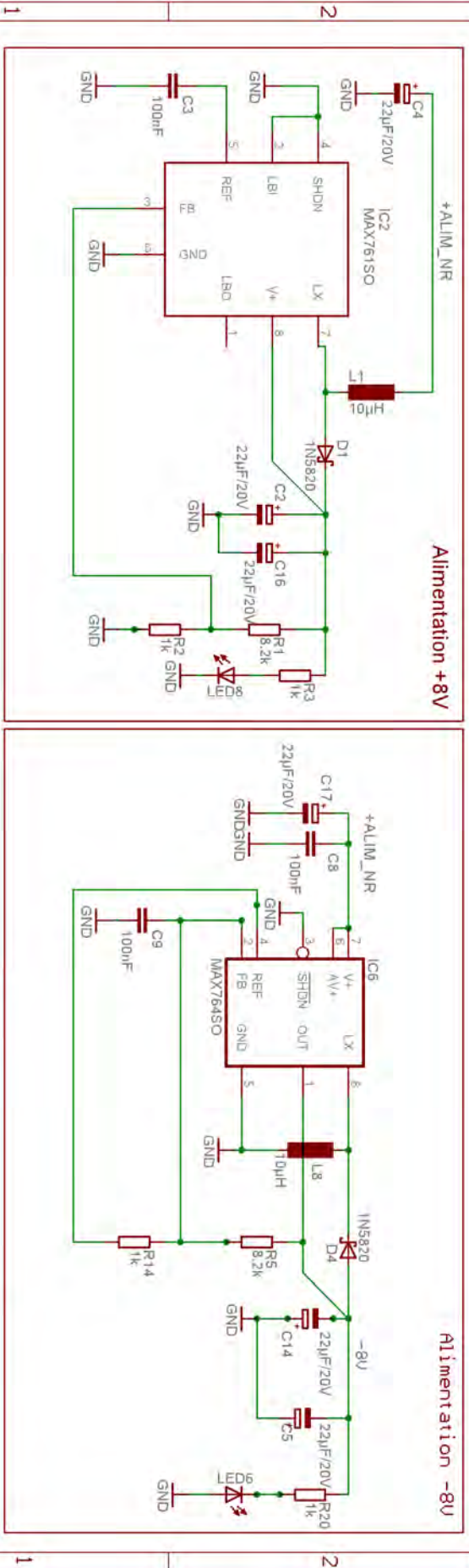
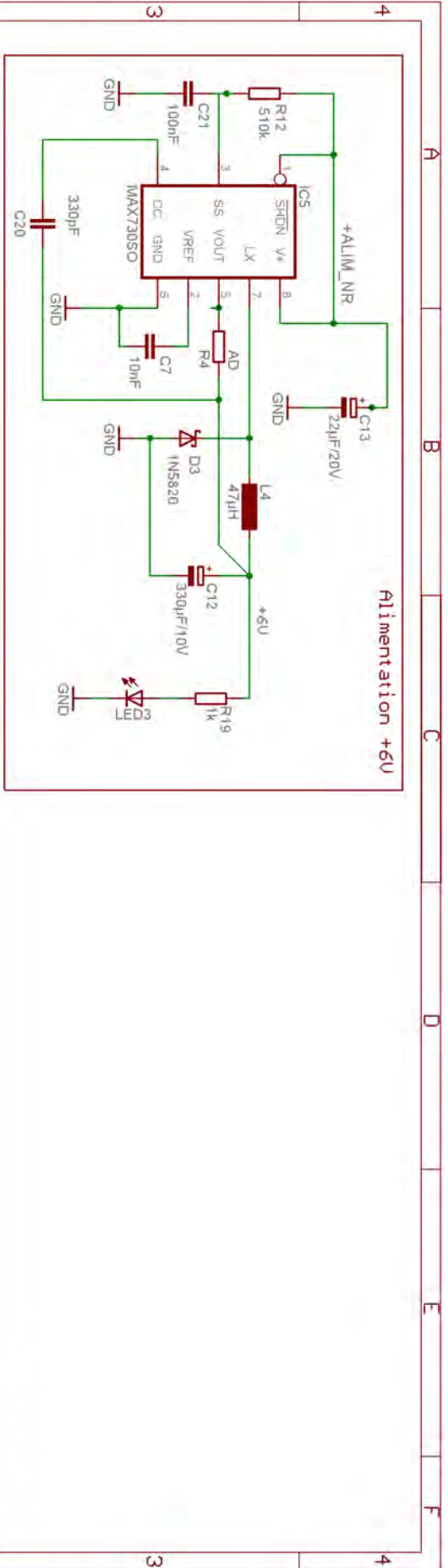
La connectique ainsi que les LEDs ont été placées sur les bords de la carte. Les composants à hauteur élevée, ont été placées au milieu de la carte et majoritairement sur la face soudure.



## 6 Nomenclature

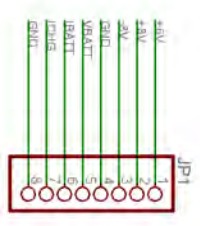
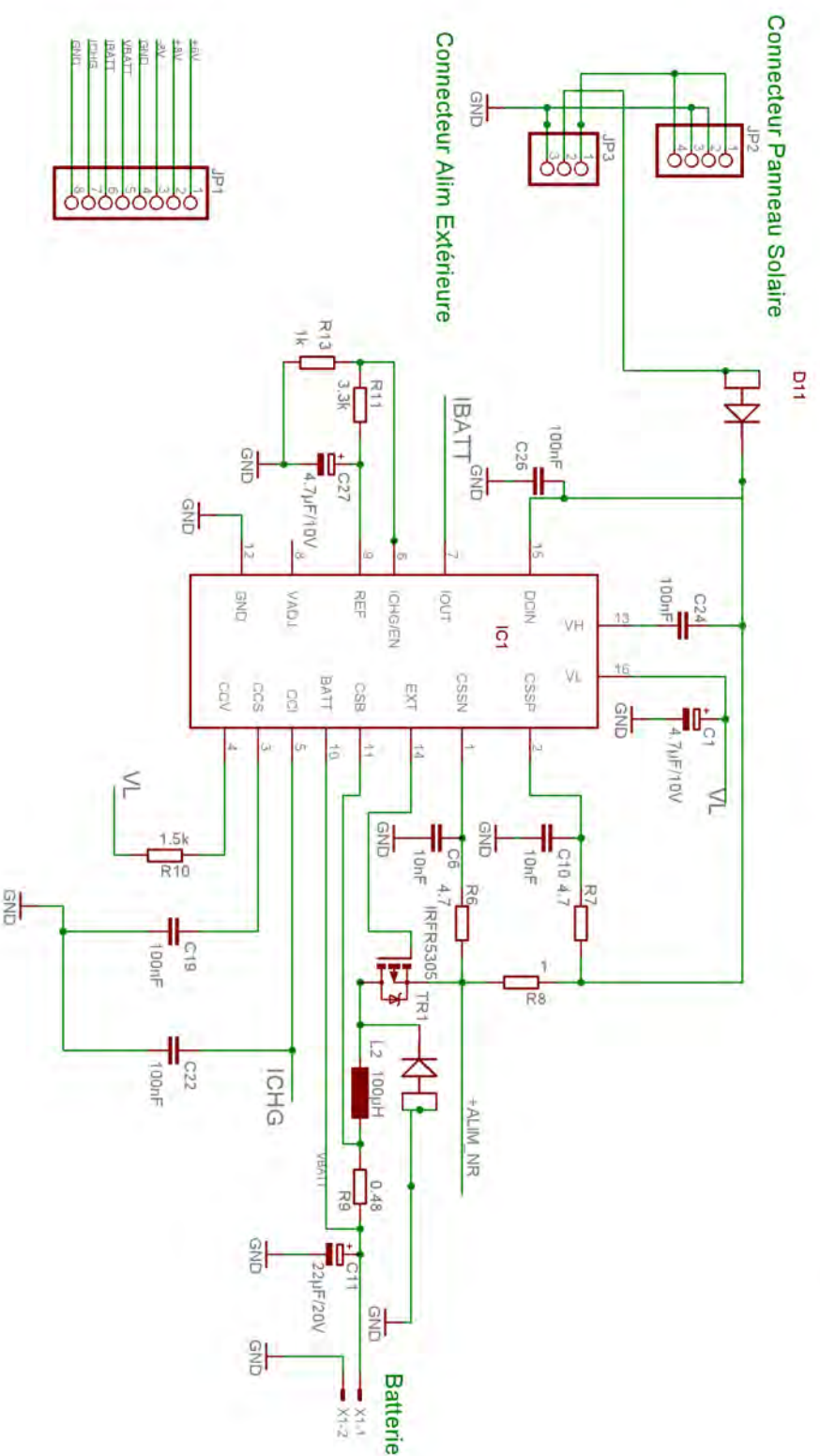
Part	Value	Fournisseur	Référence
C1	4.7µF/10V	Conrad	501161-62
C2	22µF/20V	Conrad	502202-62
C3	100nF	Conrad	072212-62
C4	22µF/20V	Conrad	502202-62
C5	22µF/20V	Conrad	502202-62
C6	10nF	Conrad	072207-62
C7	10nF	Conrad	072207-62
C8	100nF	Conrad	072212-62
C9	100nF	Conrad	072212-62
C10	10nF	Conrad	072207-62
C11	22µF/20V	Conrad	502202-62
C12	330µF/10V	Conrad	460729-62
C13	22µF/20V	Conrad	502202-62
C14	22µF/20V	Conrad	502202-62
C16	22µF/20V	Conrad	502202-62
C17	22µF/20V	Conrad	502202-62
C19	100nF	Conrad	072212-62
C20	330pF	Conrad	451770-62
C21	100nF	Conrad	072212-62
C22	100nF	Conrad	072212-62
C24	100nF	Conrad	072212-62
C26	100nF	Conrad	072212-62
C27	4.7µF/10V	Conrad	501161-62
D1	1N5820	Conrad	068571-62
D3	1N5820	Conrad	068571-62
D4	1N5820	Conrad	068571-62
D11		Conrad	141216-62
D12		Conrad	141216-62
IC1	MAX1873	Maxim	
IC2	MAX761ASO	Maxim	
IC5	MAX730ASO	Maxim	
IC6	MAX764ASO	Maxim	
JP1	Soudé		
JP2	Soudé		
JP3	Soudé		
L1	10µH	Selectronic	80.6500-1
L2	100µH	Selectronic	80.6500-4
L4	47µH	Selectronic	80.6500-3
L8	10µH	Selectronic	80.6500-1
LED3		Conrad	141658-62
LED6		Conrad	141658-62
LED8		Conrad	141658-62
R1	8.2k	Conrad	072071-62
R2	1k	Conrad	072060-62
R3	1k	Conrad	072060-62
R4	AD		
R5	8.2k	Conrad	072071-62
R6		4,7	
R7		4,7	
R8		1	
R9	0.48		
R10	1.5k	Conrad	072062-62
R11	3.3k	Conrad	072066-62
R12	510k	Conrad	072093-62
R13	1k	Conrad	072060-62
R14	1k	Conrad	072060-62
R19	1k	Conrad	072060-62
R20	1k	Conrad	072060-62
TR1	IRFR9120N	Selectronic	80.7742
X1	Soudé		

# 7 Schémas



**Régulateur**

carte\_alim  
08/05/2008 15:46:55  
Sheet: 1/2

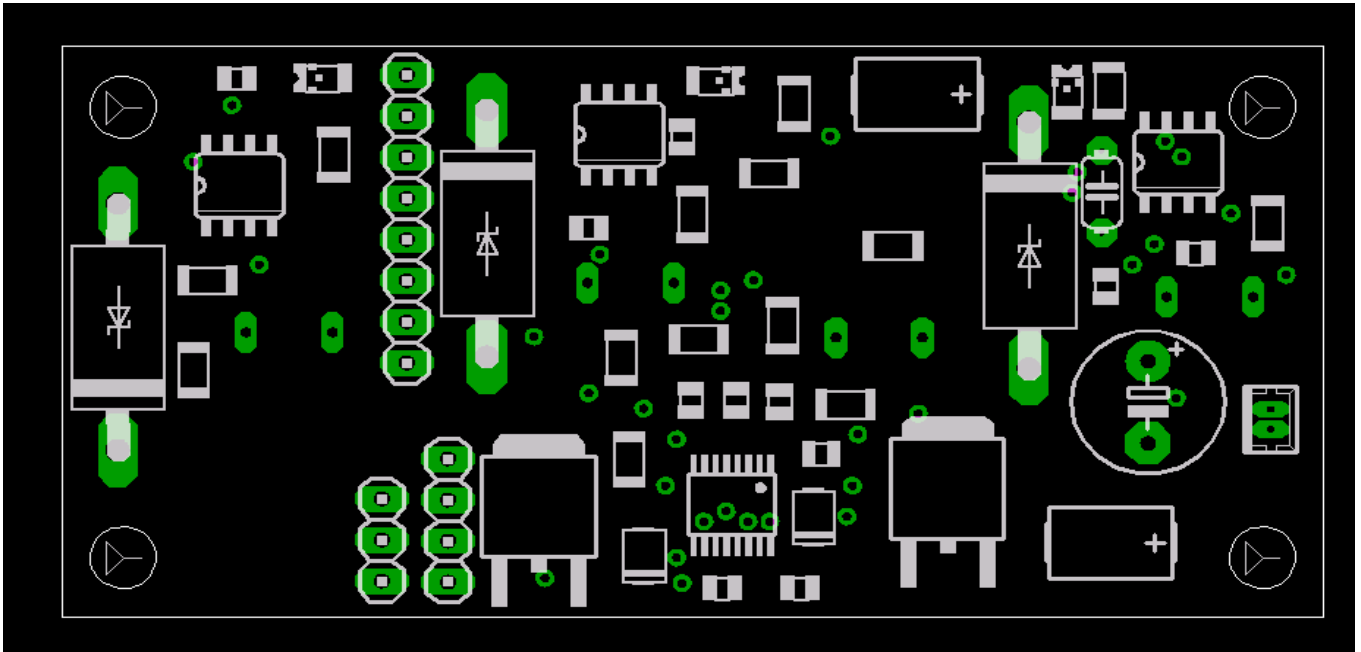


# Chargeur

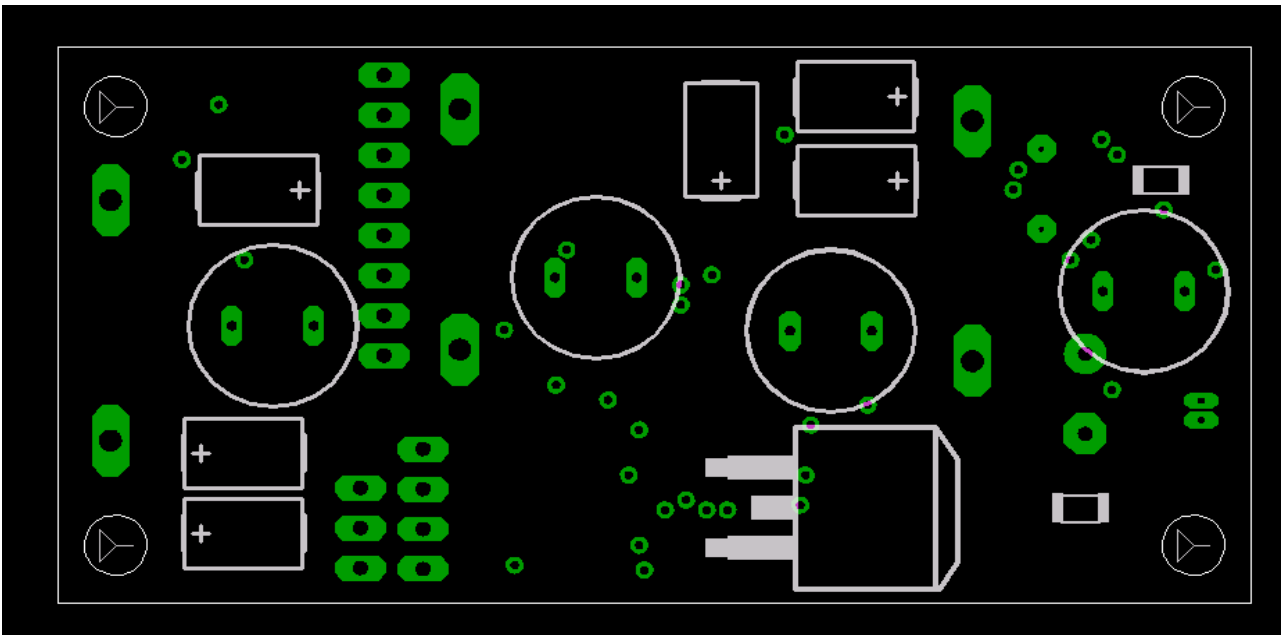
carte\_alim  
 08/05/2008 15:46:55  
 Sheet: 2/2

## 8 Implantation

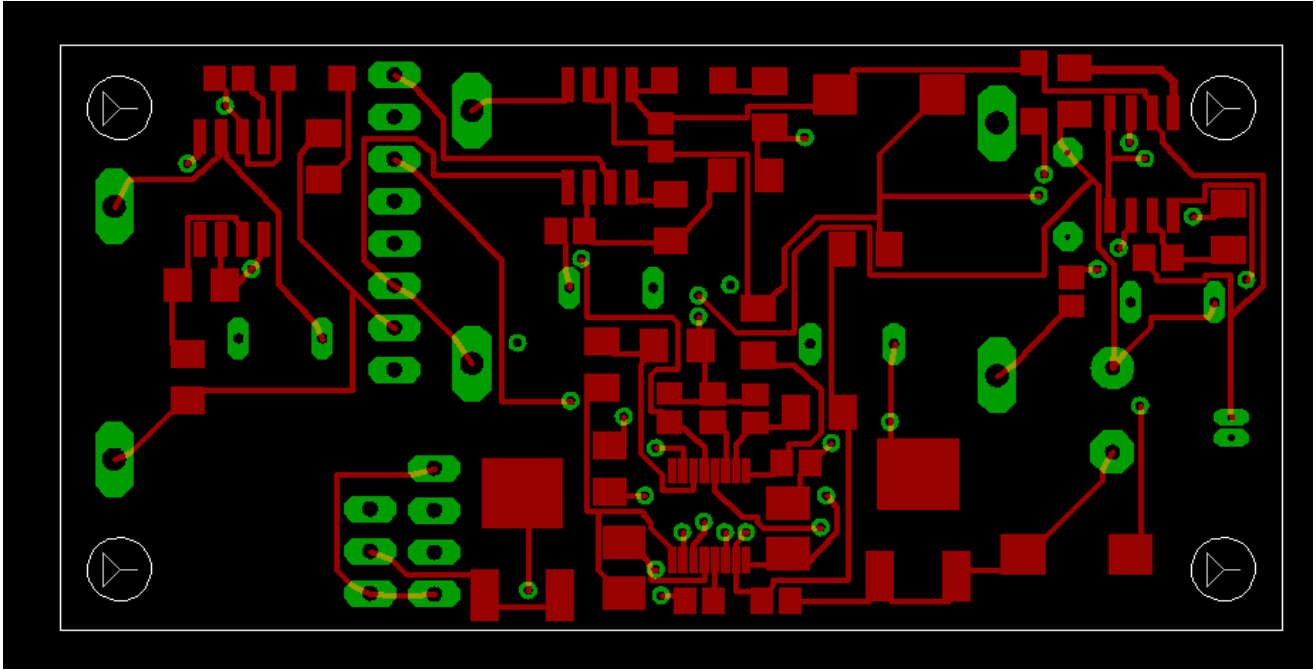
Face composant :



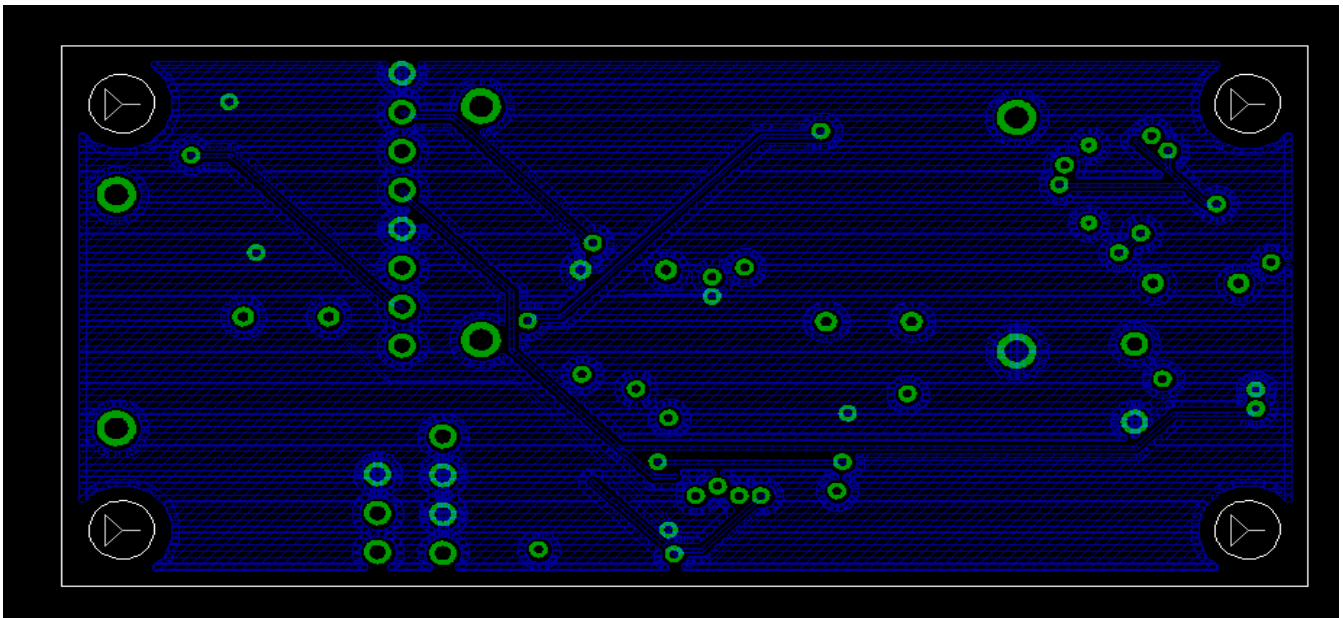
Face soudure :



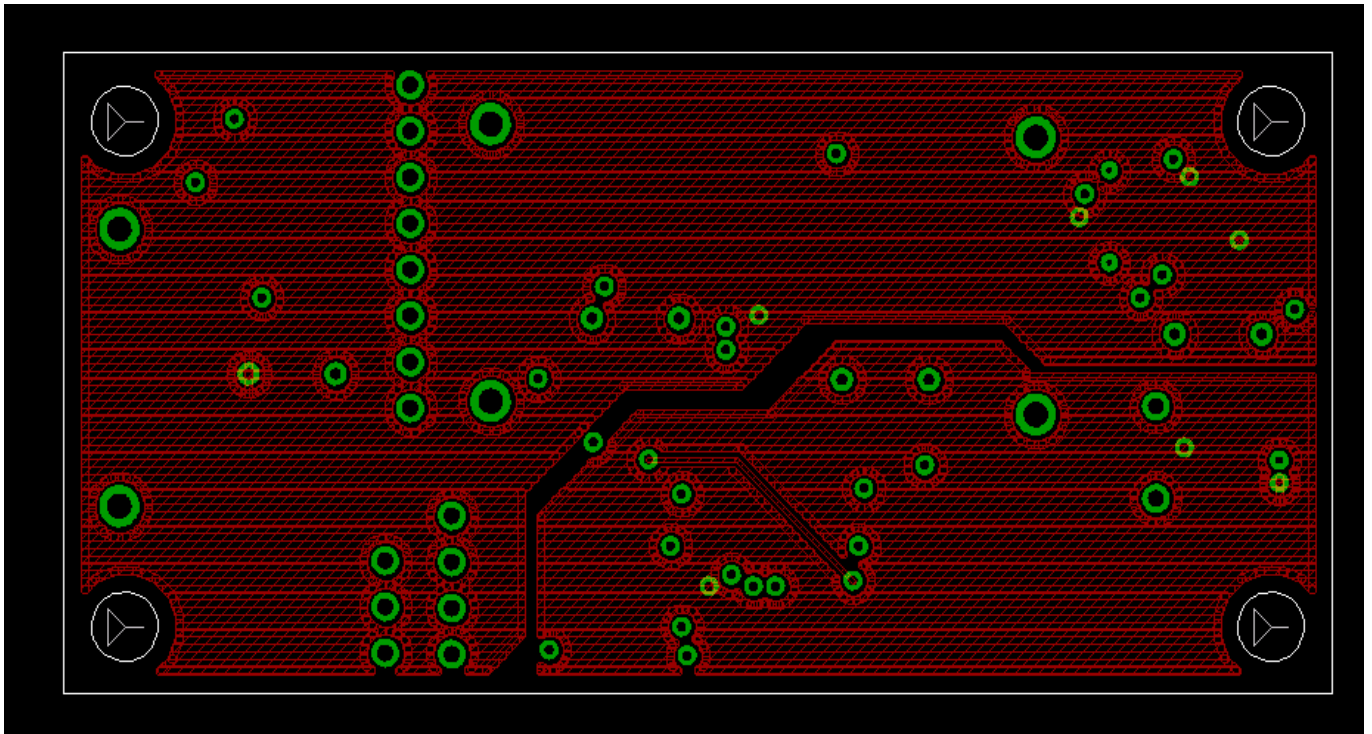
## Couche Composant :



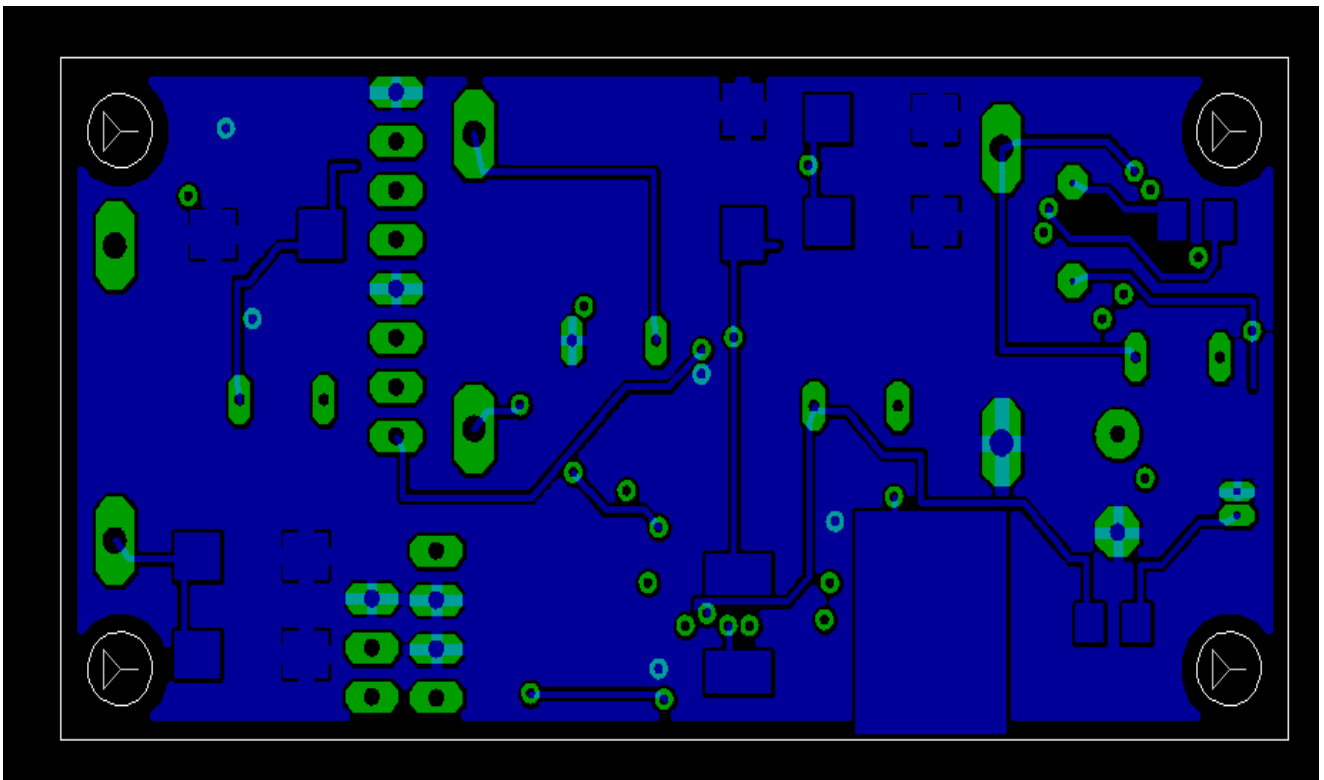
## Couche N°2:



### Couche N°3:



### Couche Soudure:





# Projet Exploradur I

Dossier de conception détaillée de la carte Capteur

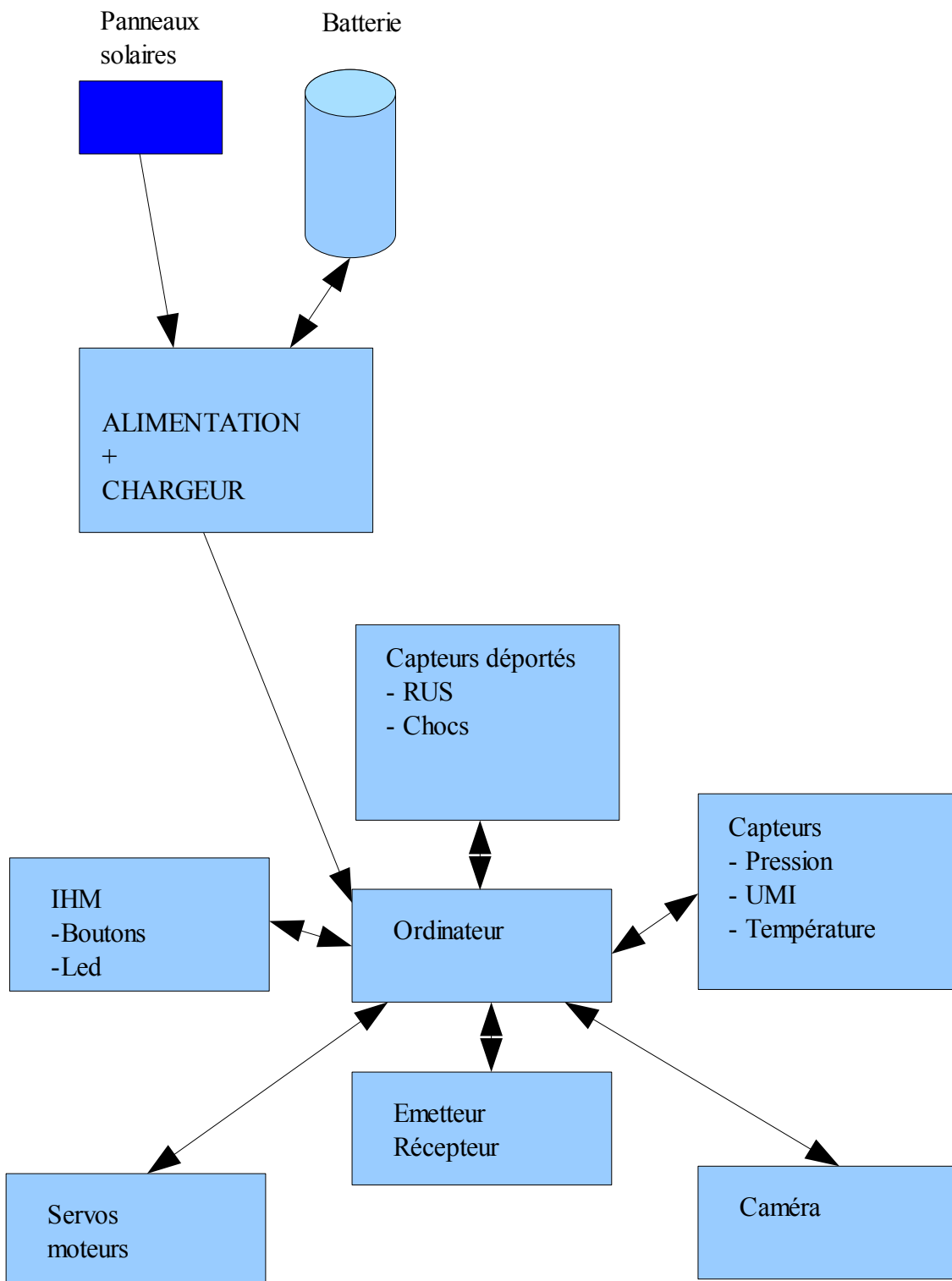


## Sommaire

1.Rappel de l'organisation électronique de Exploradur.....	3
1.1.Rappel du besoin de la carte Capteur.....	6
2.Rappel des performances principales attendues.....	10
3.Synoptique détaillé de la carte Alimentation.....	11
1Générateur PWM.....	11
2Capteurs.....	11
3Alimentations commutées.....	12
4Traitement des entrées logiques.....	12
5Télemesure alimentation.....	12
6Détecteur US.....	13
7Routage.....	13
8Nomenclature.....	13
9Schémas.....	14
10Implantation .....	21

# 1. Rappel de l'organisation électronique de Exploradur

Le synoptique globale de l'électronique de bord est le suivant :



Pour optimiser le nombre de cartes tout en gardant une modularité suffisante pour le développement, il est proposé de répartir l'électronique en plusieurs cartes :

### Une carte ALIM

Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Générer toutes les alimentations de bord pour les cartes et capteurs.
- Gère la charge de la batterie
- Interfacer les panneaux solaires
- recevoir une alimentation extérieure
- fournir vers la carte télémessure des informations sur l'état de la batterie et de la charge en cours.

### Une carte Télémessure

Cette carte assure les fonctions suivantes :

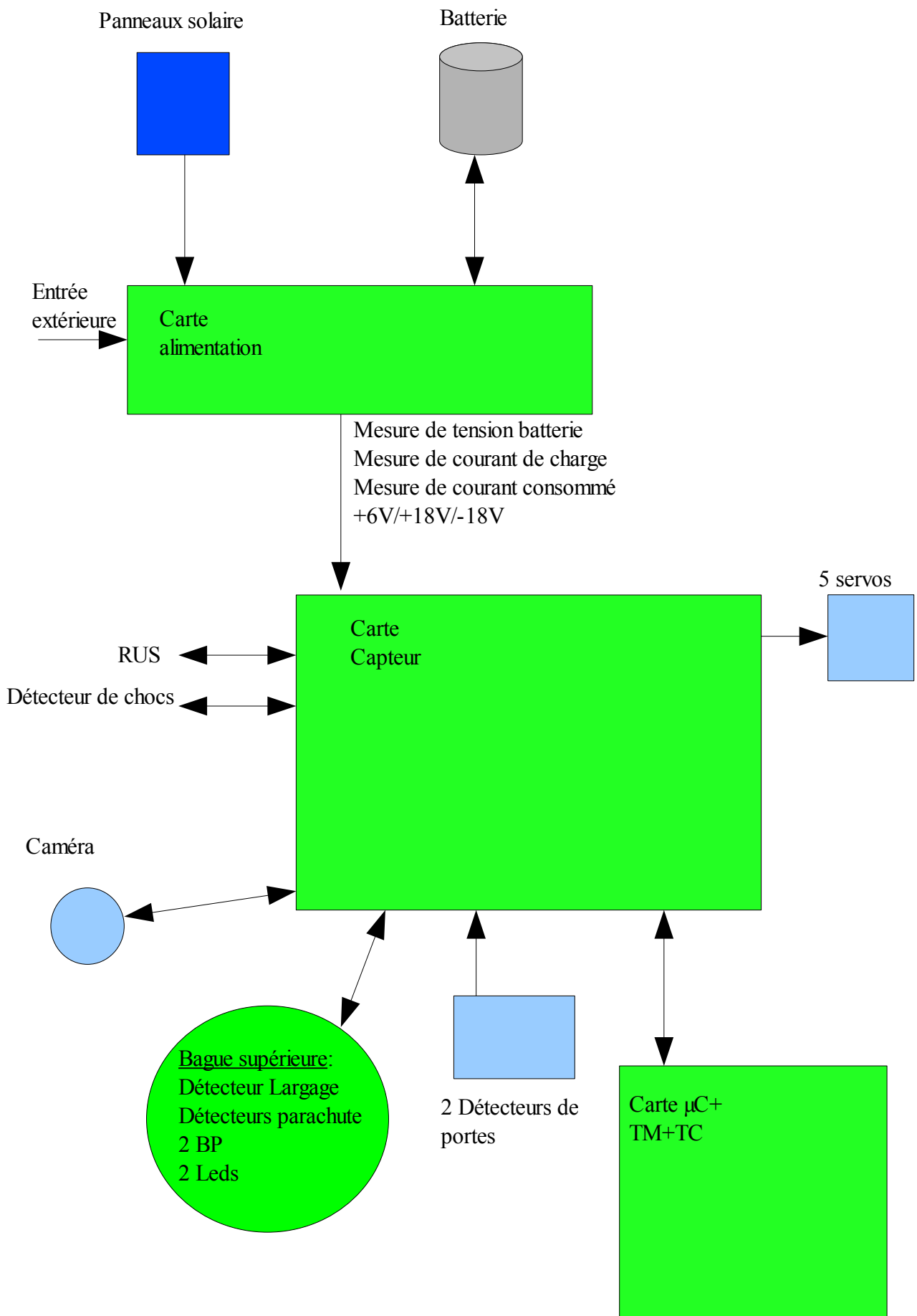
- Gère toutes les fonctions de l'ordinateur de bord.
- Gère toutes les fonctions de télémessure et de télécommande
- réalise la conversion analogique des capteurs
- Commande les servos moteurs

### Une carte Capteur

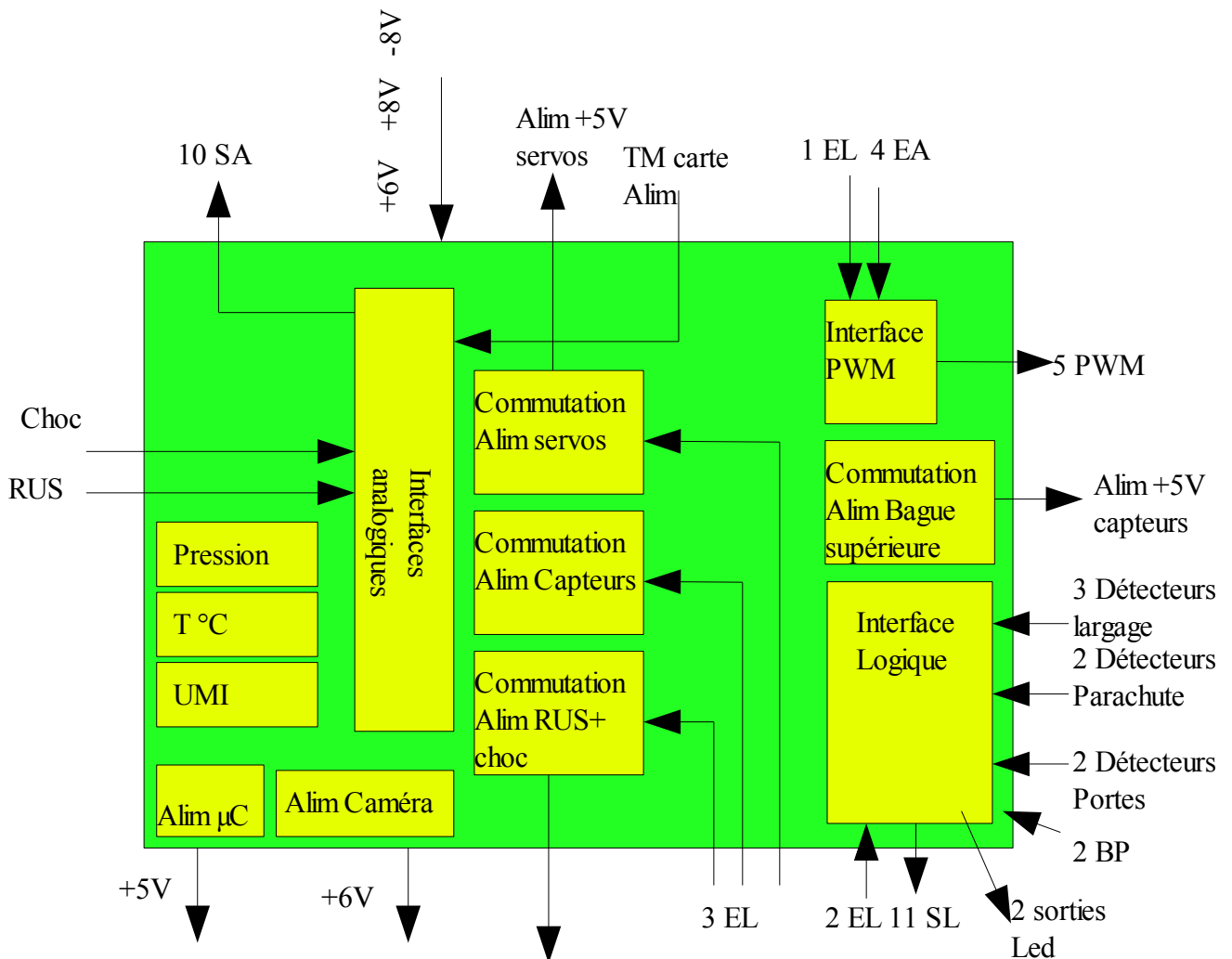
Cette carte assure les fonctions suivantes :

- Supporte les capteurs de pression, température et UMI
- Interface les servos moteurs
- Interface les capteurs déportés (RUS, Chocs,...)
- Commute les alimentations pour les capteurs

Le synoptique devient alors le suivant :



## 1.1. Rappel du besoin de la carte Capteur



Description:

Cette carte est l'interface entre les capteurs physiques et la carte micro-processeur.

Elle comprend les étages d'entrées (AOP et entrée logique) mais aussi les régulateurs de proximité sur ces capteurs. Certains régulateurs (type LDO) seront commandés par des sorties logiques de la carte micro processeur. Ainsi les détecteurs de choc et le RUS pourront être éteints. De même pour tous les éléments de la bague supérieure et les servos moteurs.

Une interface de conversion est prévue pour transformer les valeurs analogiques issues de la carte micro-processeur, en signaux PWM compatible avec les servos moteurs. Cela permet de pallier au manque de signaux PWM de la carte micro-contrôleur sans prendre de ressources logiciels.

Cette carte est reliée à la carte micro processeur par un connecteur HE10 40 points (cf description ci dessous).

Numéro	Type	Description
1	Sortie Analogique	Pression
2		0V
3	Sortie Analogique	Température
4		0V
5	Sortie Analogique	UMI-X
6		0V
7	Sortie Analogique	UMI-Y
8		0V
9	Sortie Analogique	UMI-Z
10		0V
11	Sortie Analogique	RUS
12		0V
13	Sortie Analogique	Détecteur de choc
14		0V
15	Sortie Analogique	Tension batterie
16	Sortie Analogique	Courant de charge
17	Sortie Analogique	Courant consommé
18		0V
19	Entrée Analogique	Commande porte droite
20	Entrée Analogique	Commande porte Gauche
21	Entrée Analogique	Commande Servo Antenne
22	Entrée Analogique	Commande Servo Mat
23	Sortie Logique	Détecteur largage 1
24	Sortie Logique	Détecteur largage 2
25	Sortie Logique	Détecteur largage 3
26	Sortie Logique	Détecteur Parachute 1
27	Sortie Logique	Détecteur Parachute 2
28	Sortie Logique	Détecteur Porte Droite
29	Sortie Logique	Détecteur Porte Gauche
30	Sortie Logique	BP AutoTest
31	Sortie Logique	BP Mode
32	Alimentation	5V

33	Entrée Logique	Led Mode
34	Entrée Logique	Led Signe de vie
35	Entrée Logique	Commande Servo largage parachute
36	Entrée Logique	Commande Alim Servos
37	Entrée Logique	Commande Alim Capteurs Déportés
38	Entrée Logique	Commande Alim Bague Supérieure
39	RXD	Caméra Réception
40	TXD	Caméra Emission

Elle est reliée à la carte Alim via un connecteur identique à celui décrit dans la carte alim : HE 14 8 points

Numéro	Type	Description
1	Alim	+6V
2	Alim	+8V
3	Alim	-8V

4		0V
5	Sortie Analogique	Mesure tension batterie
6	Sortie Analogique	Mesure courant consommé
7	Sortie Analogique	Mesure courant de charge
8		0V

Cette carte est reliée aux 5 servos moteurs par des connecteurs servo moteurs standard.

Pour rappel, le branchement standard d'un connecteur servo est le suivant :

Numéro	Type	Description
1	Entrée PWM	PWM
2	Alim	Alim +5V
3		0V

Un seul connecteur est utilisé pour la connection du RUS et du détecteur de choc. Il s'agit d'un HE14 4 broches

La description est la suivante :

Numéro	Type	Description
1	Alim	+5V
2	Entrée Analogique	Accélération choc
3	Entrée Analogique	Radar US
4		0V

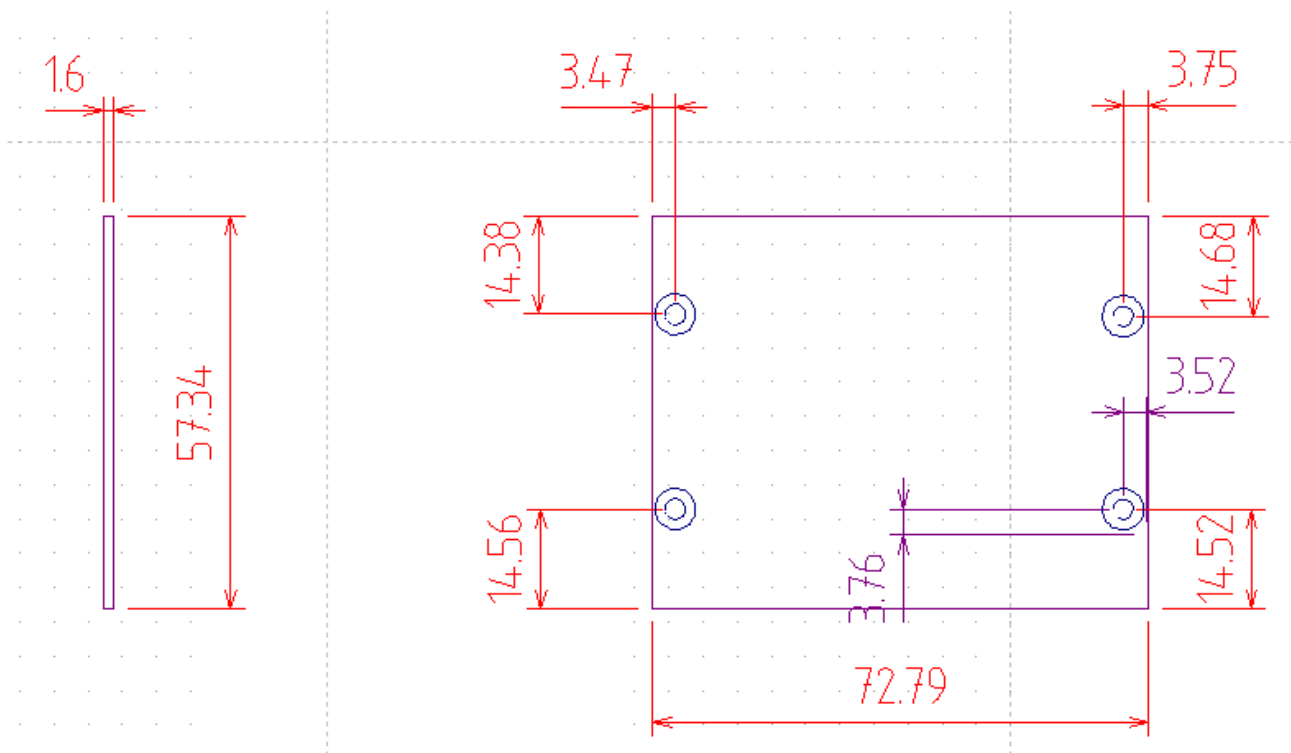
Un seul connecteur est utilisé pour la connection de la bague supérieure. Il s'agit d'un HE10 14 points.

Numéro	Type	Description
1	Alim	+5V
2		0V
3	Entrée Logique	Détecteur largage 1
4	Entrée Logique	Détecteur largage 2
5	Entrée Logique	Détecteur largage 3
6		0V
7	Entrée Logique	Détecteur Parachute 1
8	Entrée Logique	Détecteur Parachute 2
9		0V
10	Entrée Logique	BP Autotest
11	Entrée Logique	BP Mode
12		0V



13	Sortie Logique	Led "mode vol"
14	Sortie Logique	Led "Signe de vie"

Dimensions accordées pour cette carte :



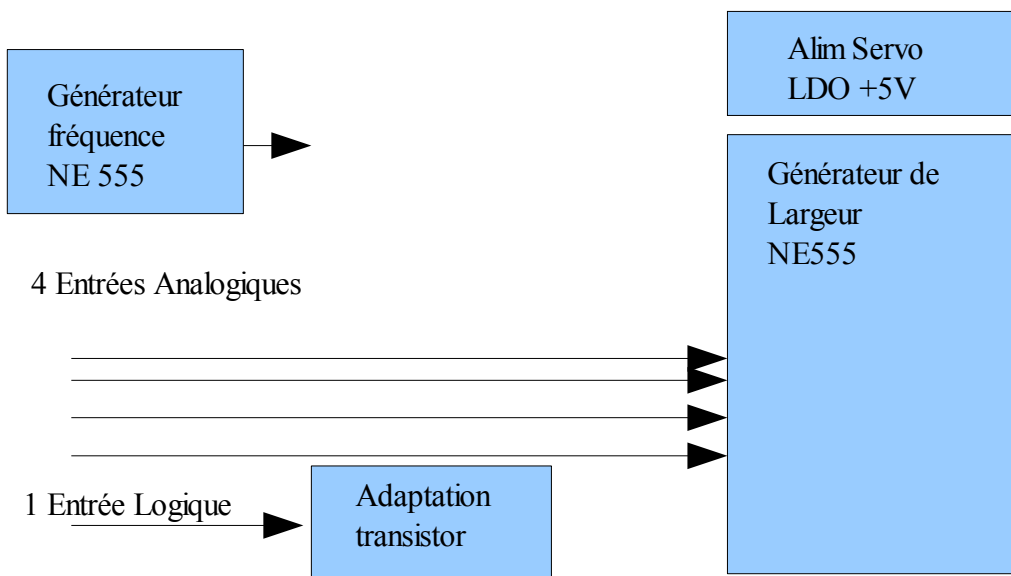
### 3. Synoptique détaillé de la carte Alimentation

La carte étant complexe, le synoptique détaillé sera présenté fonction par fonction sur la base du synoptique général.

#### 1 Générateur PWM

Cette fonction transforme 4 sorties analogiques et une sortie logique en 5 sorties PWM.

Pour réaliser cette fonction, deux NE555 sont cascades. Un est utilisé pour la génération de la fréquence de base, le second pour la largeur d'impulsion.



#### 2 Capteurs

Le capteur de pression est un MPX5100 distribué chez SELECTRONIC. Il s'alimente directement en 5V et consomme 7mA. Il est déjà amplifié et ne nécessite donc pas d'amplification supplémentaire.

Son Alimentation sera prélevée directement sur le LDO "capteurs"

Le capteur de température est un LM35DZ. Il nécessite un AOP pour être amplifié avant transmission au convertisseur A/N. Le composant et son AOP sont alimentés par le LDO "capteur"

L'UMI ne nécessite pas d'amplification particulière. La sensibilité de 300mV/g avec une tension d'entrée maximale de l'ADC de 2.5 est compatible des niveaux attendus. Par contre, elle nécessite un LDO supplémentaire de 3.3V

Le détecteur de choc ne nécessite pas de traitement particulier. Il se comporte en effet comme l'UMI. On exploite la pleine échelle.

### **3 Alimentations commutées**

Les groupes suivants définissent des alimentations commutées à partir des mêmes signaux de commandes :

Alimentations capteurs : +5V (30mA)/-5V(30mA)/+3V3/10mA. Ces alimentations sont prélevées sur le +/-8V.

Alimentations servos moteurs + générateur PWM : +5V/200mA. Ces alimentations sont prélevées sur le +6V.

Alimentations RUS+détecteur de choc : +5V/30mA. Ces alimentations sont prélevées sur le +/-8V.

Alimentations bague supérieure : +5V/30mA. Ces alimentations sont prélevées sur le +/-8V.

Alimentation micro-processeur : +5V/200mA. Ces alimentations sont prélevées sur le +6V.

### **4 Traitement des entrées logiques**

Les entrées logiques subissent un traitement par un 7414. Le signal est ensuite directement transmis au processeur.

Ce composant est alimenté par le 5V\_CPU

### **5 Télémessure alimentation**

La carte alimentation renvoie 3 informations sur son état :

Une mesure de courant consommé par la batterie. L'échelle de mesure est de 4V pour 200mV mesuré sur le Rcsb. Dans notre cas. La résistance Rcsb est de 0.48 ohm. Avec un courant maximum de charge de 100mA, cela fait donc une tension au borne de Rcsb de 0.048V. En supposant que le courant de charge puisse être doublé, cela fait donc une tension max de 0.096V. Soit sur la télémessure une tension de 2V.

Cette tension est donc tout à fait compatible de la gamme de mesure du CAN du processeur. Aucun traitement ne sera donc réalisé sur ce signal

Une mesure de courant fournit par le chargeur ou les panneaux solaires.

Cette fonction n'étant pas documentée, il faut donc prévoir un AOP réalisant une fonction de gain ainsi qu'un filtrage avec une bande passante de moins de 10Hz

Une mesure de tension de la batterie:

Cette tension est la mesure directe de la tension de la batterie. La dynamique sera donc nominalement entre 6V et 8V. Pour être compatible avec la dynamique maximale de 2.5V du CAN,

on effectuera une atténuation de 0.25 sur ce signal. Un filtrage avec une bande passante de moins de 10Hz sera de plus ajouté.

## **6 *Détecteur US***

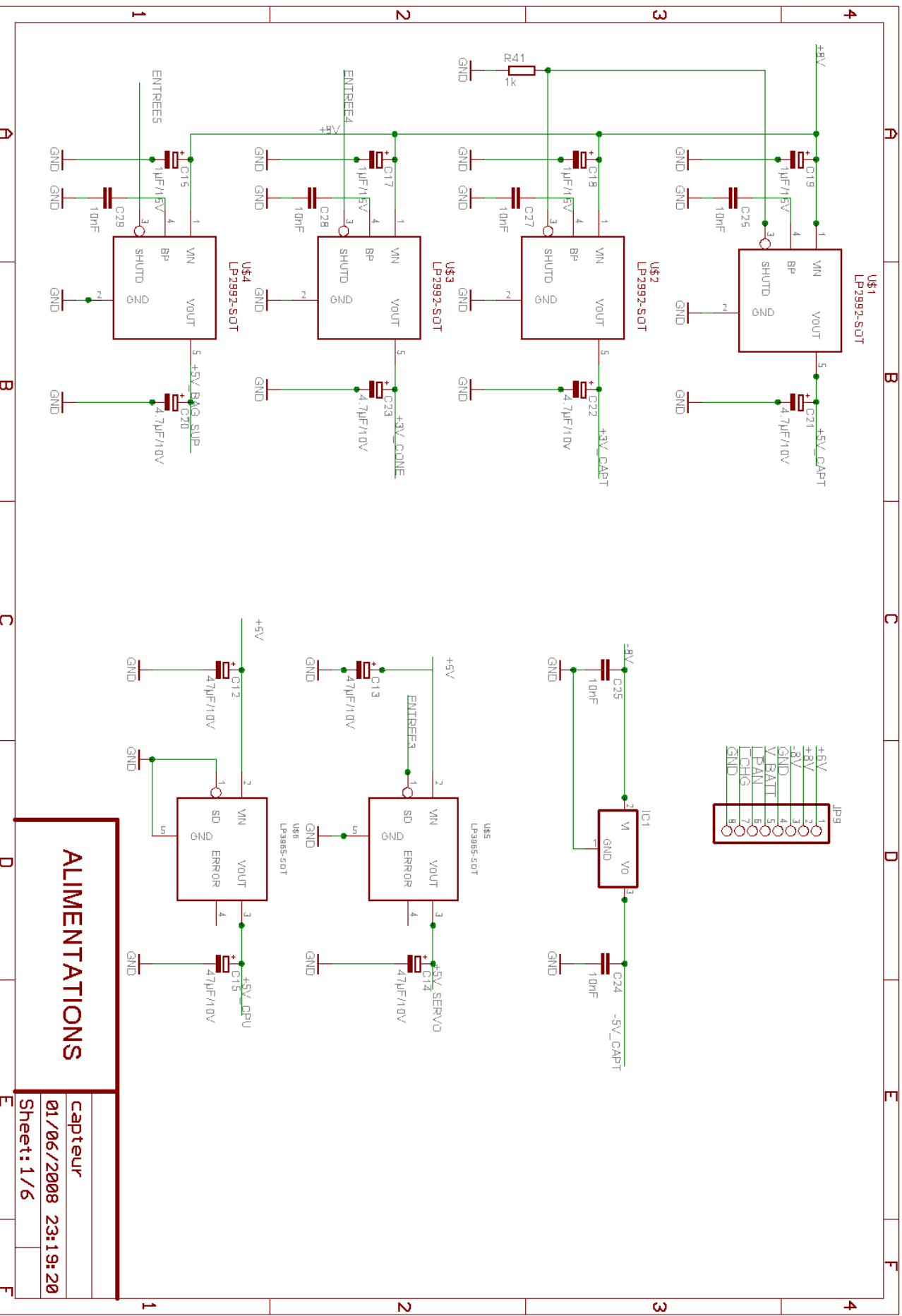
Le radar US fournit directement un signal proportionnel à la distance.

La carte comportera un comparateur qui déclenchera directement une sortie logique lorsque le seuil sera atteint.

## **7 *Routage***

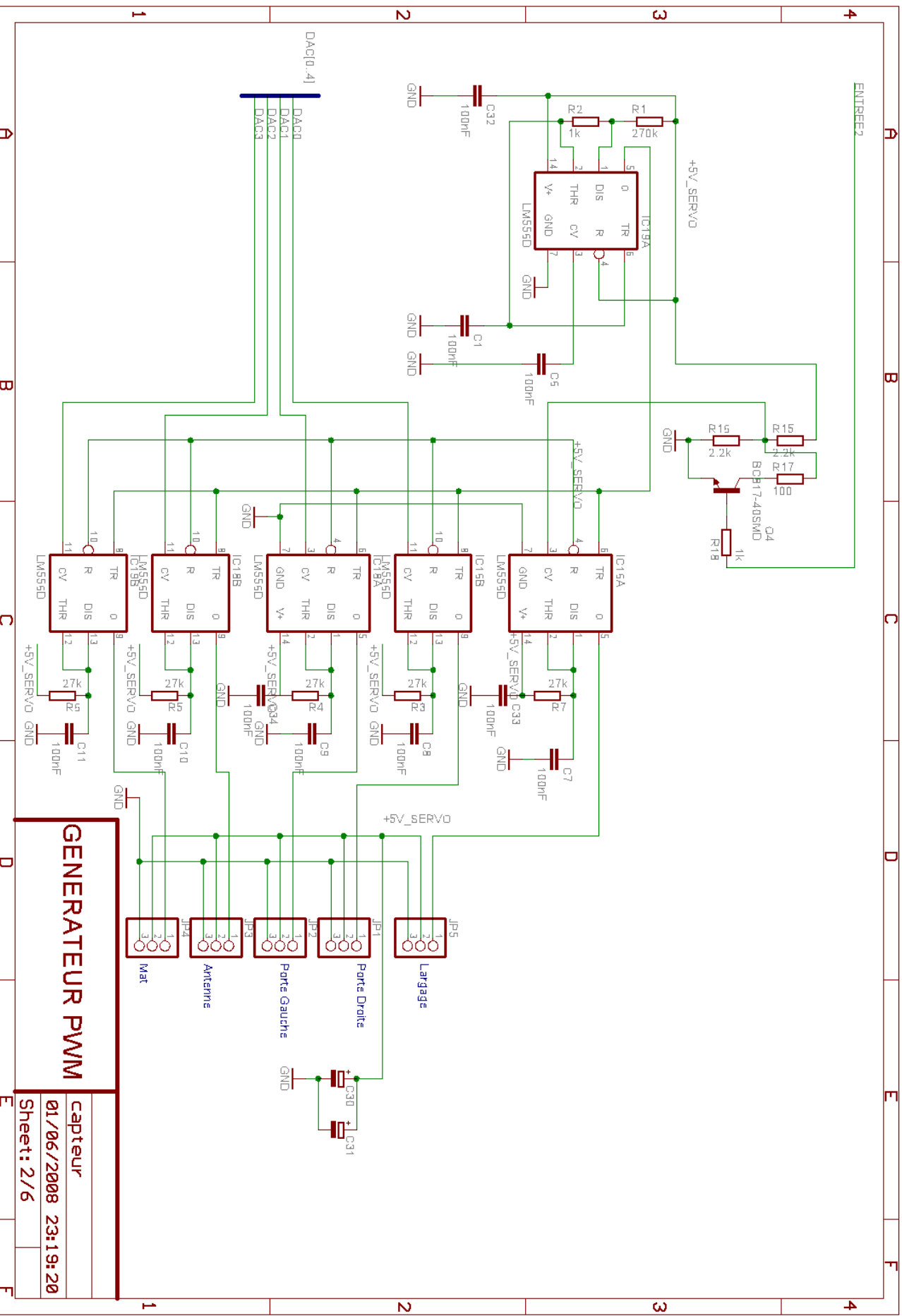
Circuit 4 couches

## **8 *Nomenclature***



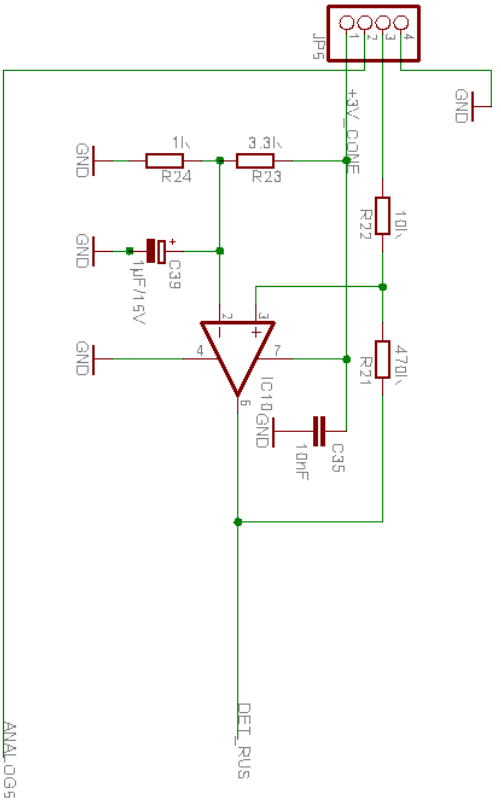
# ALIMENTATIONS

capteur  
 01/06/2008 23:19:20  
 Sheet: 1/6



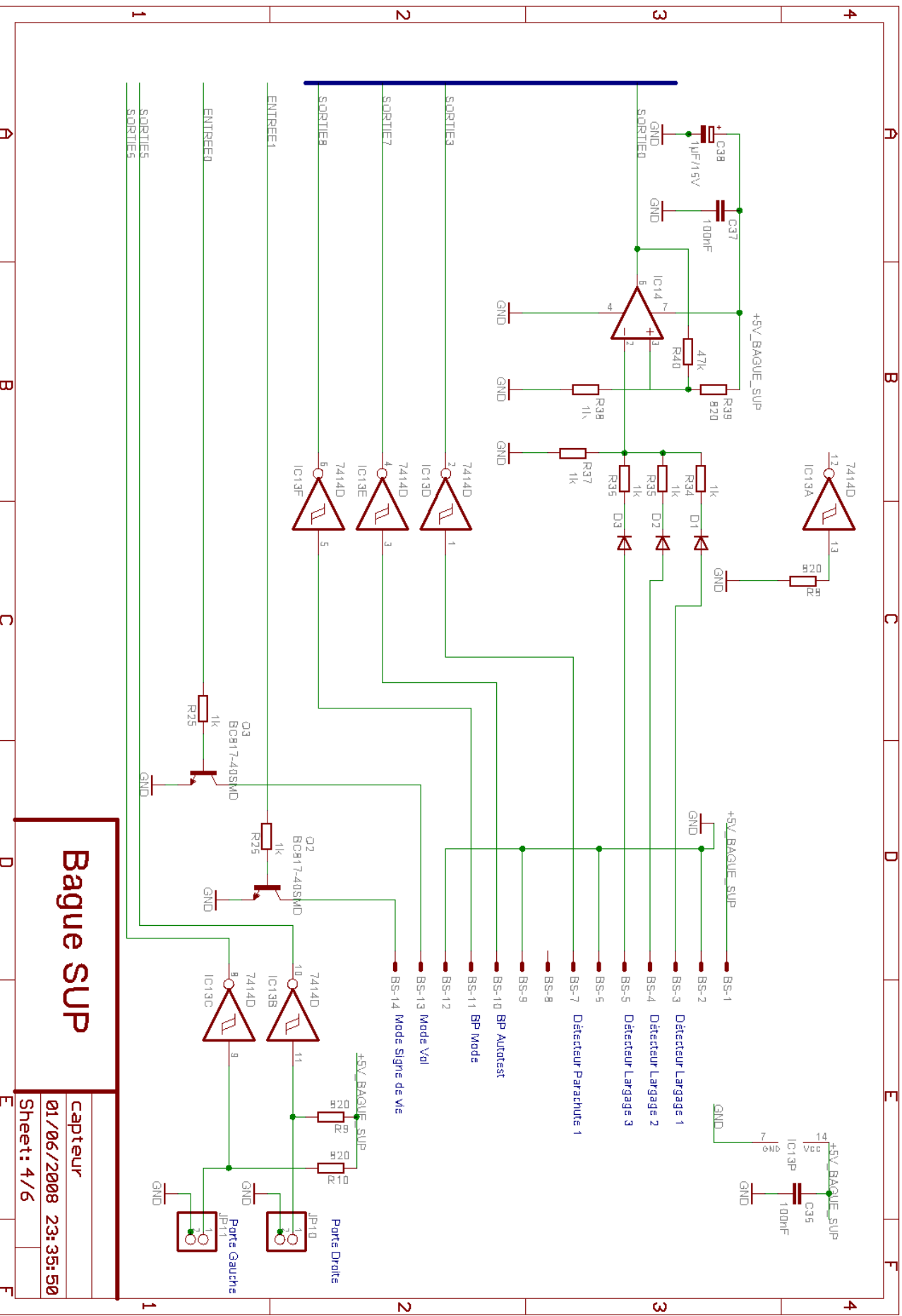
**GENERATEUR PWM**

Capteur  
 01/06/2008 23:19:20  
 Sheet: 2/6



# Cone

capteur
01/06/2008 23:19:20
Sheet: 3/6

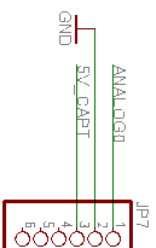


# Bague SUP

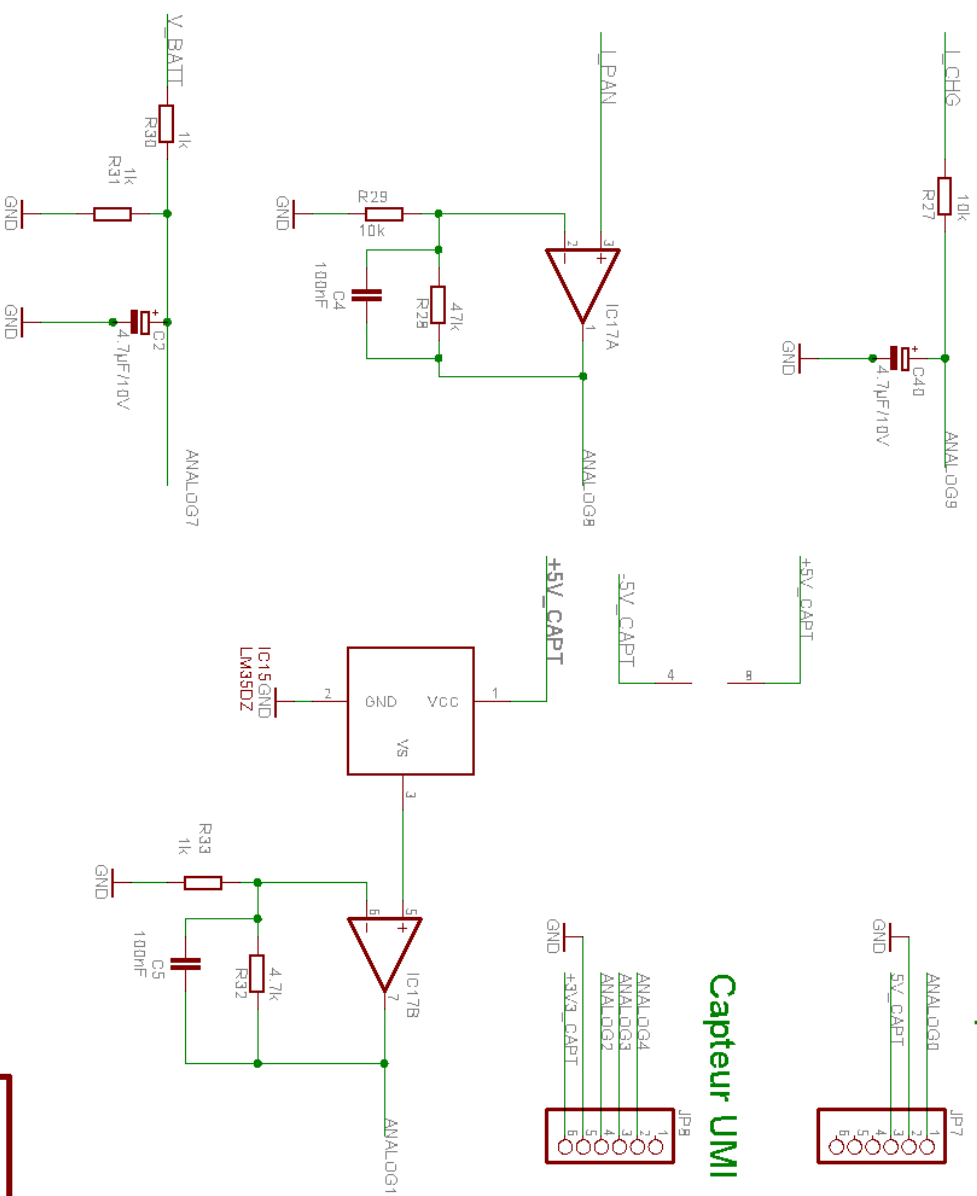
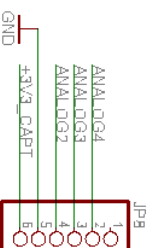
capteur  
 01/06/2008 23:35:50  
 Sheet: 4/6



## Capteur Pression

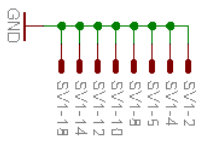
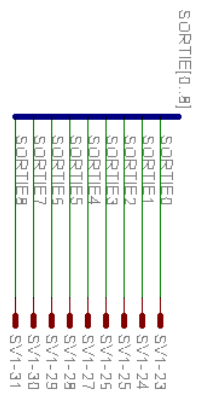
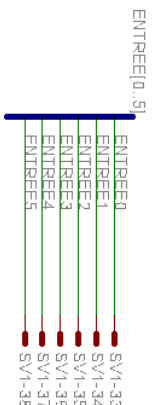
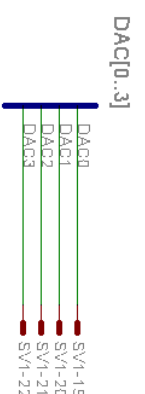
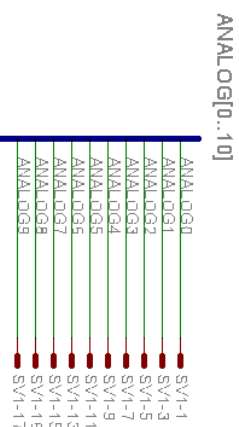


## Capteur UMI



## Capteurs

capteur
01/06/2008 23:19:20
Sheet: 5/6



# Connecteur

capteur  
 01/06/2008 23:19:20  
 Sheet: 6/6



L'objectif de l'électronique numérique embarquée dans le Cansat Exploradur est de deux ordres :

- fournir un processeur puissant, comportant suffisamment de mémoire volatile et non volatile pour le développement de projets relativement importants et la capacité à stocker une quantité importante de données. Ce processeur propose par ailleurs les bus supportant la majorité des protocoles communément utilisés (ADC pour l'acquisition analogique, SPI pour l'interfaçage synchrone 4 fils, UART pour le RS232)
- fournir un mode de communication radiofréquence souple d'emploi, facilement reconfigurable pour s'adapter aux conditions du site de l'expérience (encombrement de certaines bandes de fréquence par exemple), et nécessitant un minimum de composants pour une encombrement réduit.

La stratégie suivie consiste à affirmer que le logiciel se reconfigure facilement sur site, contrairement au matériel : l'implémentation logicielle d'un maximum de tâches garantit donc les meilleures chances de s'adapter aux conditions inattendues du site.

De plus, lors d'un projet associatif et collaboratif de ce type, la disponibilité d'outils gratuits et libres est un atout pour maintenir le projet dans la légalité : nous avons focalisé notre choix sur un processeur supporté par `gcc`, compilateur libre fonctionnant sous GNU/Linux et MS-Windows.

L'ensemble de ces considérations – ainsi que la disponibilité des composants sous forme d'échantillons gratuits et la familiarité déjà acquise – nous ont fait choisir le processeur ADuC7026 à base de cœur ARM7, et un synthétiseur radiofréquence AD9954 pour la communication descendante unidirectionnelle. Le cœur ARM7 a par ailleurs l'avantage d'avoir été adopté par plusieurs constructeurs : les compétences acquises sur l'ADuC7026 seront donc adaptées à une large gamme de composants.

## 1 Architecture autour du microcontrôleur

L'ADuC7026 ne nécessite que peu de composants passifs externes : deux gros condensateurs de 470 nF pour stabiliser les tensions de référence, un résonateur 32 kHz avec ses condensateurs de pieds, quelques condensateurs de découplage et un interrupteur ou connecteur pour passer du mode programmation au mode exécution (broche DLOAD). La surface totale occupée sur un circuit simple face est inférieure à 4 cm<sup>2</sup>. La programmation se fait par liaison série asynchrone (une version permettant la programmation par liaison série synchrone existe mais n'a pas été testée) : placer le convertisseur de niveaux 3,3 V/RS232 du côté du PC évite d'encombrer inutilement le circuit embarqué. Une solution de programmation par port USB est disponible en remplaçant le MAX3232 par un FTDI FT232RL. Le processeur embarque un utilitaire de programmation qui est activé par la broche DLOAD.

Les 10 convertisseurs analogiques-numériques fournissent plus d'entrées que nécessaires pour la plupart des applications, et la sonde interne de température (convertisseur 16) fournit une mesure redondante de précision médiocre pour valider une sonde de température externe.

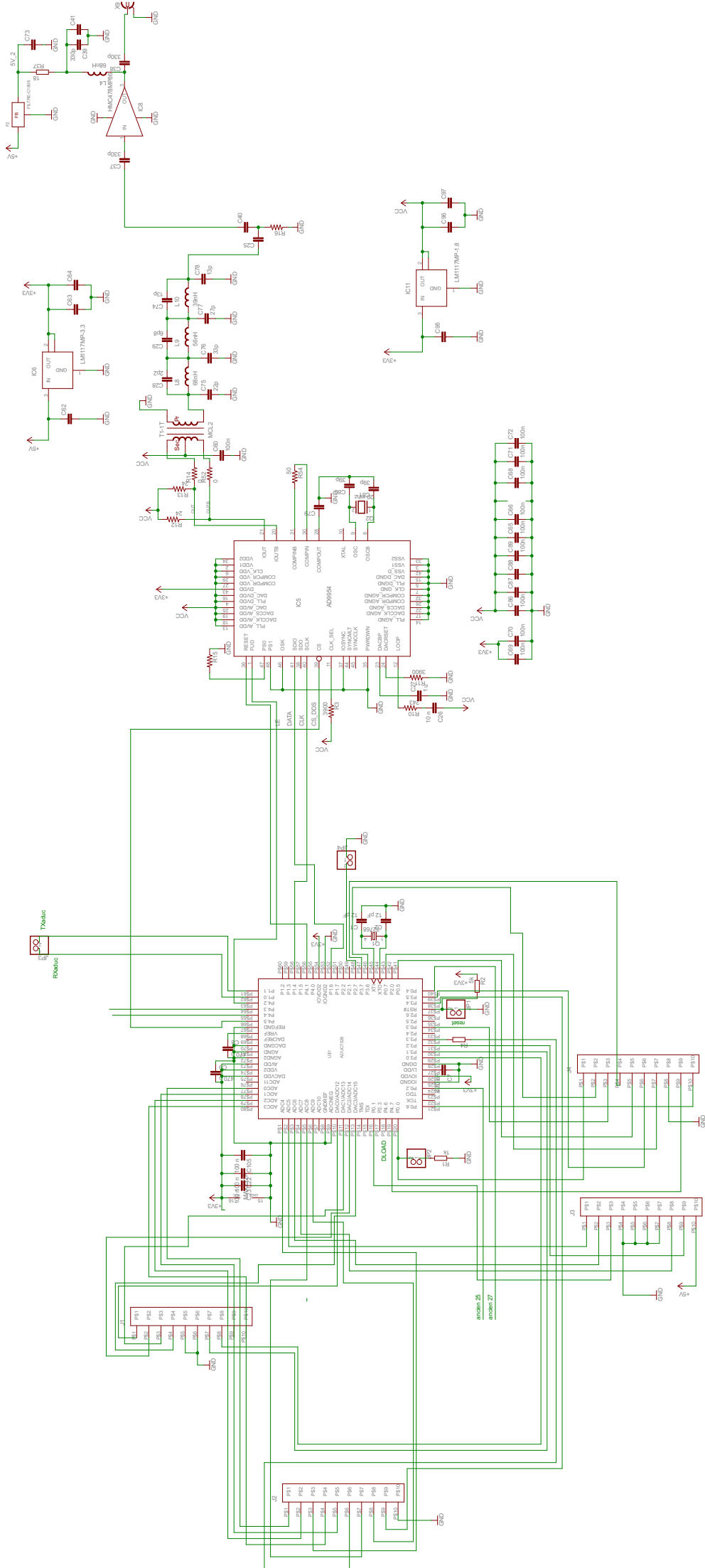
## 2 Architecture de la liaison radiofréquence

Nous avons expérimenté une stratégie très simple – à défaut d'être robuste – de transmission radio par modulation FSK. Le synthétiseur de fréquence direct (DDS) AD9954 ne permet pas de moduler à basse fréquence une porteuse HF. La stratégie que nous nous sommes proposés d'implémenter est la suivante :

- deux fréquences correspondent aux 1 et 0 à transmettre sont programmées par bus SPI dans le DDS : par exemple 138 MHz+1200 Hz et 138 MHz+2200 Hz.
- une interruption timer du microcontrôleur teste si un octet est en cours de transfert et, si c'est le cas, définit le bit à transmettre et donc la valeur de la fréquence à programmer dans le DDS (par exemple interruption toutes les 830  $\mu$ s pour du 1200 bauds)

- du point de vue de la démodulation, un scanner AOR3000A est placé en mode CW pour une démodulation avec un oscillateur local à 138 MHz. Les deux tonalités issues du mélange sont alors à 1200 et 2200 Hz.
- une PLL de type XR2211 convertit les deux tons en signaux TTL, transmis au port série après passage dans un MAX232.

Un résonateur à quartz de fréquence nominale 20 MHz est monté en oscillateur sur l'AD9954 et la fréquence résultante est multipliée en interne par 20 pour une fréquence d'horloge du DDS de 400 MHz. Une telle fréquence autorise théoriquement une utilisation entre 0 et 133 MHz afin d'éliminer efficacement les raies parasites en sortie du DDS (à la fréquence d'horloge et l'image de la fréquence de sortie de part et d'autre de la fréquence d'horloge), mais notre exploitation de ce circuit dans une gamme de fréquences réduites ouvre la perspective d'un filtre de sortie passe bande qui coupera efficacement toute raie indésirable et étend la plage de fonctionnement de ce circuit à près de 200 MHz. Pour notre part, nous avons implémenté le filtre passe bas à base de composants passifs du circuit d'évaluation Analog Devices pour une génération à 138,0 et 138,2 MHz.





# Projet Exploradur I

## Spécification des moyens sols

Emmanuel Jolly

11/04/08



## Table des matières

1.Objet du document.....	3
2.Rappel des documents applicables.....	3
3.Rappel de la mission de Exploradur I.....	4
4.Description des moyens sols.....	6
5.Logiciel Sol.....	7
6.Mode de fonctionnement.....	8
6.1.Initialisation.....	9
6.2.Sauvegarde des fichiers.....	10
a)Trames brutes.....	10
b)Trames décodées.....	10
6.3.Réception des données.....	11
6.4.Emission de télécommandes.....	12
6.5.Fenêtre.....	13
7.Liste des exigences.....	16

## **1. Objet du document**

Le but de ce document est de décrire le besoin pour les moyens sols de la sonde Exploradur I.  
Il décrira en particulier les besoins logiciels liés au besoin de télémesures et télécommandes

## **2. Rappel des documents applicables**

Ce document s'appuie sur 3 documents

- 1- Le cahier des charges Cansat de planète Sciences
- 2- La description de la sonde Exploradur
- 3 – Le dossier d'architecture de la sonde exploradur

### **3. Rappel de la mission de Exploradur I**

Le but de la mission est de déterminer l'environnement de la planète à explorer. Ces informations permettront de déterminer si il serait possible d'envoyer une mission à plus grande échelle (Rover, mission habitée...)

Ces paramètres sont au minimum : La pression, la température, et la nature du sol via la dureté.

Ces expériences sont identifiées comme « principale ».

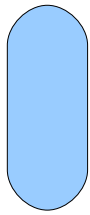
Il y' a ensuite des expériences « secondaires » comme la prise de vue, et la détection sismique.

Ensuite, au delà des expériences scientifiques, il est prévu de tester certaines technologies comme :

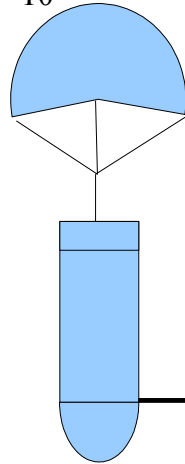
- L'atterissage et la phase de redressement,
- Le déploiement d'un mat d'expérience,
- La survie sur la planète avec l'auto-alimentation par panneaux solaires,
- l'établissement d'une communication bi directionnelle.

Le séquençement de la mission est le suivant :

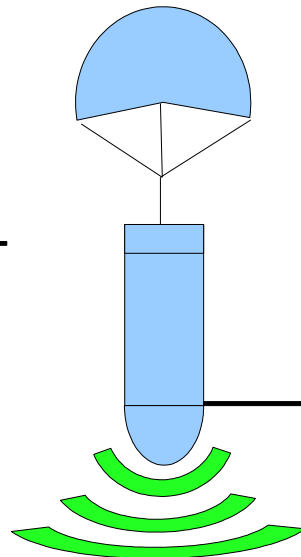
Sonde en attente



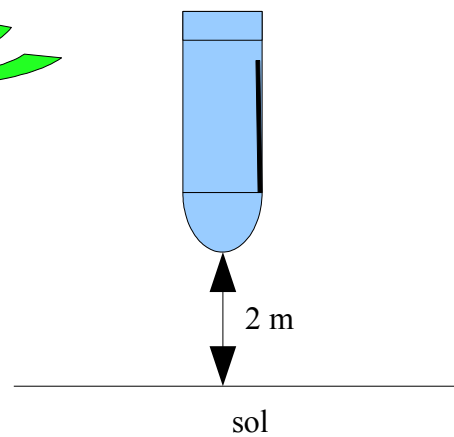
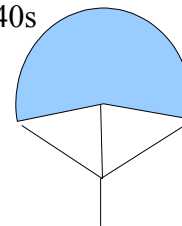
Sonde en descente parachute.  
Antenne TM déployée  
T0



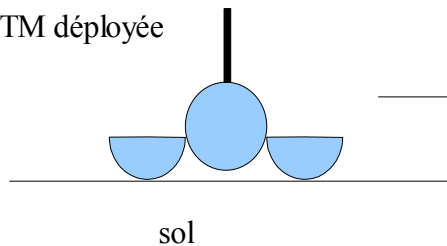
T0 +30s : Activation radar US



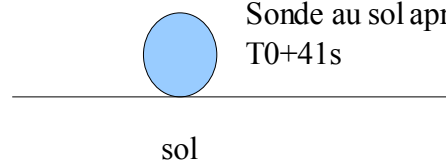
Sol détecté : Largage parachute et  
antenne pliée  
T0+40s



Sonde au sol panneau solaire  
ouvert et antenne TM déployée  
T0+160s



Sonde au sol après impact  
T0+41s



Sonde au sol panneau solaire  
ouvert, antenne TM et mat  
d'expérience déployés  
T0+180s

## 4. Description des moyens sols.

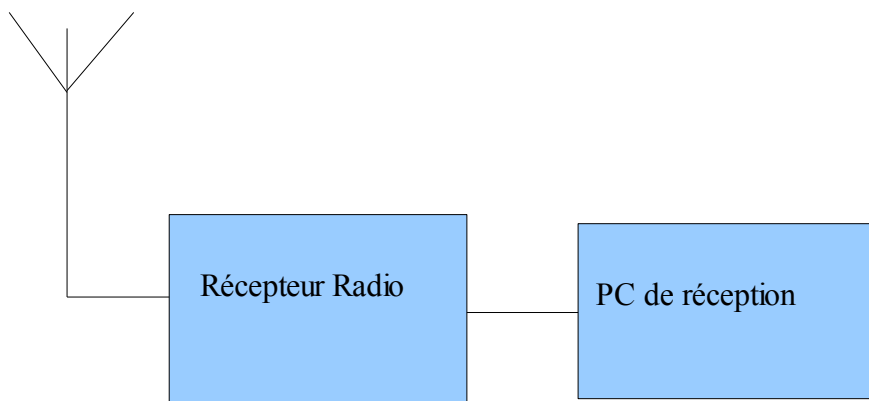
Les moyens sols doivent permettre de :

1- Communiquer avec la sonde lors des phases au sol avant vol. Notamment pour les phases de contrôle, étalonnage et autotest.

2- recevoir la télémesure en automatique pendant les phases “prêt au largage” et “descente sous parachute”

3- Communiquer avec la sonde via des télécommandes pendant la phase au sol

Le schéma global est le suivant :



L'antenne pourra être du type directionnelle en fonction du bilan de liaison.

Le PC de réception sera un PC portable pour garantir l'autonomie du système.

Si possible le récepteur Radio fonctionnera sur Batterie. Si ce n'est pas possible, un onduleur assurera le fonctionnement de l'ensemble.

Le lien entre le récepteur RADIO et le PC de réception est à déterminer. De préférence ce sera une liaison RS232 ou de l'USB.

## 5. Logiciel Sol

Le logiciel Sol est l'Interface Homme-Machine de la sonde.

Il permet d'afficher les télémesures mais aussi d'envoyer des ordres via des télécommandes.

Une télécommande particulière consiste à “lire la mémoire” et ainsi récupérer les données en mémoire.

La définition des télécommandes est donnée dans le Dossier d'architecture de la sonde.

La définition précise de la zone mémoire à lire se trouve dans le Dossier de conception détaillée du logiciel embarqué.

## 6. Mode de fonctionnement

Le logiciel comprendra deux modes de fonctionnement :

- Un mode télémétrie permettant de recevoir les trames de télémétries
- Un mode télécommande permettant de dialoguer avec la sonde.

Le mode télémétrie sera utilisé pour les phases “Prêt au largage” ou toutes les phases de descente sous parachute.

Pour toutes les autres phases, ce sera le mode télécommande.

Ces deux modes peuvent être gérés par deux logiciels différents si cela peut faciliter le développement.

Si un seul logiciel est utilisé, c'est le mode télémétrie qui doit être exécuté au démarrage de l'application.

## **6.1. Initialisation**

A l'initialisation, un port série par défaut ainsi qu'une vitesse de communication sur ce même port sera initialisé. Ces paramètres pourront par la suite être modifiés.

Si possible un fichier .INI sauvegardera automatiquement cette configuration.



## **6.2. Sauvegarde des fichiers**

### **a) Trames brutes**

A chaque démarrage du logiciel, ou bien chaque changement de mode, un nouveau fichier de sauvegarde est créé.

Ce fichier sera créé dans le répertoire /dump du logiciel.

Il portera comme nom "TRAME\_TMxx.bin" en mode télémessure et "TRAME\_TC.bin" en mode télécommande.

Les caractères xx seront remplacés par un nombre entre 00 et 99. Le numéro créé sera le plus élevé présent dans le répertoire. Si un numéro 99 existe déjà, il repassera alors à 0.

En mode télémessure, le fichier TRAME\_TM.bin comportera tous les octets reçus. En mode Télécommande, le fichier TRAME\_TC.bin comportera tous les échanges (émissions et réceptions).

### **b) Trames décodées**

Pour le mode télémessure uniquement, un fichier "MESURExx.txt" est créé à chaque démarrage ou bien à chaque passage dans ce mode.

La numérotation est identique à celle de la trame brute. Ainsi il y aura cohérence entre les trames brutes et les trames décodées.

Ce fichier, de format texte, comprend la valeur en octet de chaque champs de la télémessure si celle ci est correcte.

Il y a un retour chariot à chaque nouvelle trame.

Ce fichier pourra alors être aisément ouvert sur excel pour analyse.

### **6.3. Réception des données**

A chaque réception de trames, le logiciel vérifie l'identifiant ainsi que le checksum. Si ces éléments sont bons, alors la trame est déclarée bonne et les données peuvent être décodées.

Ce mode de fonctionnement est utilisable en mode télémessure ou en mode télécommande.

Dans tous les cas, même si la trame n'est pas déclarée bonne, les octets sont stockés dans les fichiers de sauvegarde de données brutes.

#### **6.4. Emission de télécommandes**

En mode télécommande, le logiciel génère les trames tel que définit dans le dossier d'architecture.

Il génère notamment la valeur du checksum.

Les télécommandes sont transmises lorsque l'utilisateur appuie sur un des boutons de la fenêtre "télécommande".

De manière générale, les télécommandes correspondent à l'envoi d'une seule et unique trame.

Seules les opérations de lectures mémoires peuvent générer des séquences automatiques de lectures mémoires.

En effet, la télécommande de lecture de mémoire ne renvoie que 16 octets.

Or certaines données (comme les images ou le choc) nécessitent la lecture d'une zone de plusieurs centaines de kilo-octets.

Ces séquences enverront alors automatiquement à la sonde des télécommandes de lecture mémoire avec incrémentation automatique de 16 de l'adresse de base.

Si à la suite d'une télécommande de 16 octets, aucune réponse n'est parvenue, ou bien si elle est parvenue mais décodée mauvaise (checksum ko), alors la même télécommande à la même adresse est renvoyée.

Au bout de 5 essais sans réponses, le logiciel arrêtera la séquence et informera l'utilisateur de l'erreur.

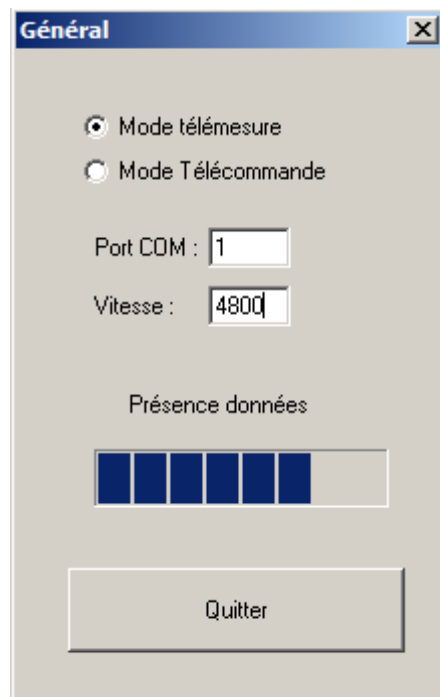
## 6.5. Fenêtre

4 fenêtres sont demandées pour gérer le logiciel.

Une première fenêtre “général” qui affiche :

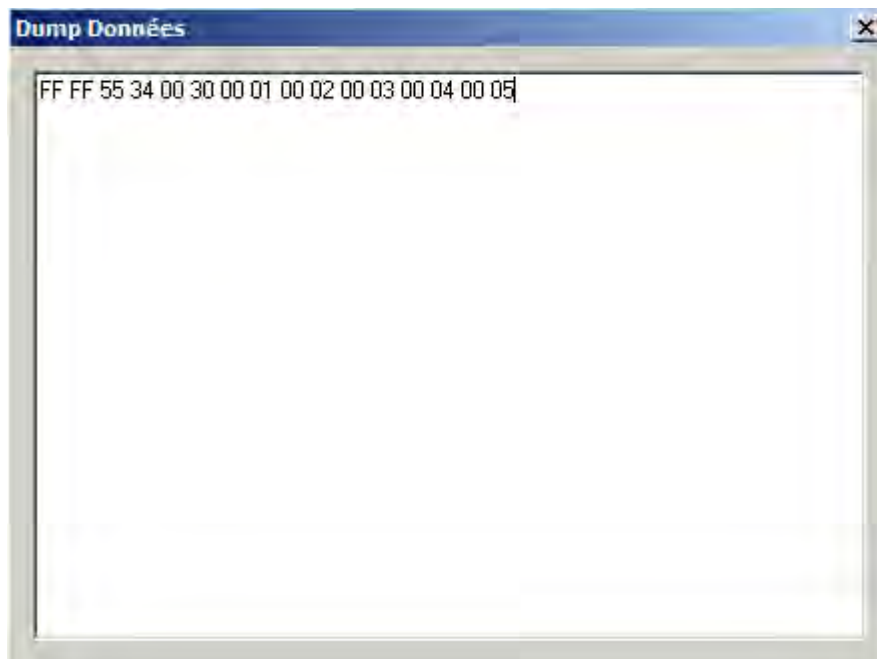
- Le port COM utiliser ainsi que la vitesse
- Le mode d'utilisation (Télémessure ou télécommande)
- Un indicateur de progression de données. Chaque fois qu'un octet arrive, il avance d'une unité. L'échelle complète étant de 100 octets.

La représentation pourrait se rapprocher de cette présentation :



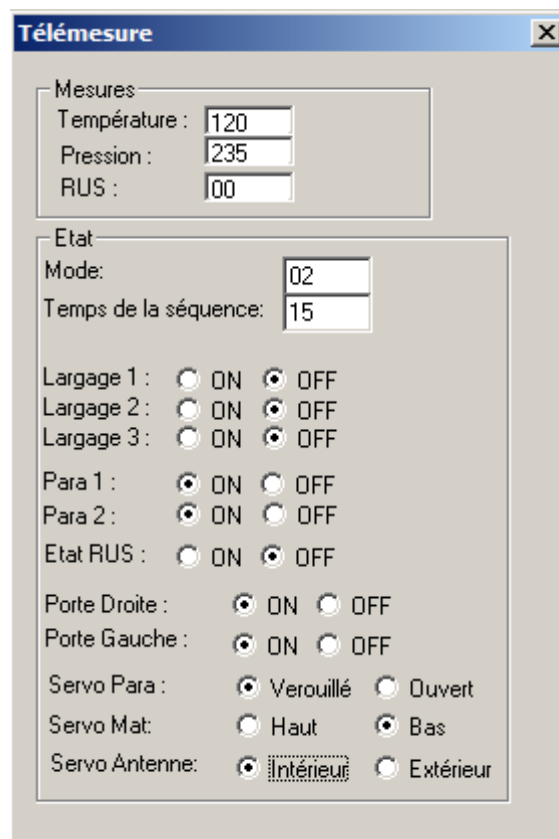
### Une fenêtre de “Dump”:

Cette fenêtre affiche tous les octets arrivant sur la prise série.



### Une fenêtre de télémétrie:

Cette fenêtre affiche l'état de toutes les mesures comprises dans la trame sous forme décimale pour les mesures et sous forme d'indicateur pour les états :



Pour connaître l'état des bits (ON correspondant à 0 ou 1), se référer au document de conception détaillée du logiciel embarqué.

Une fenêtre de télécommande:

Cette fenêtre permet la transmission de télécommande vers la sonde.

Une zone spécifique est prévue pour lire des données en mémoire de la sonde.

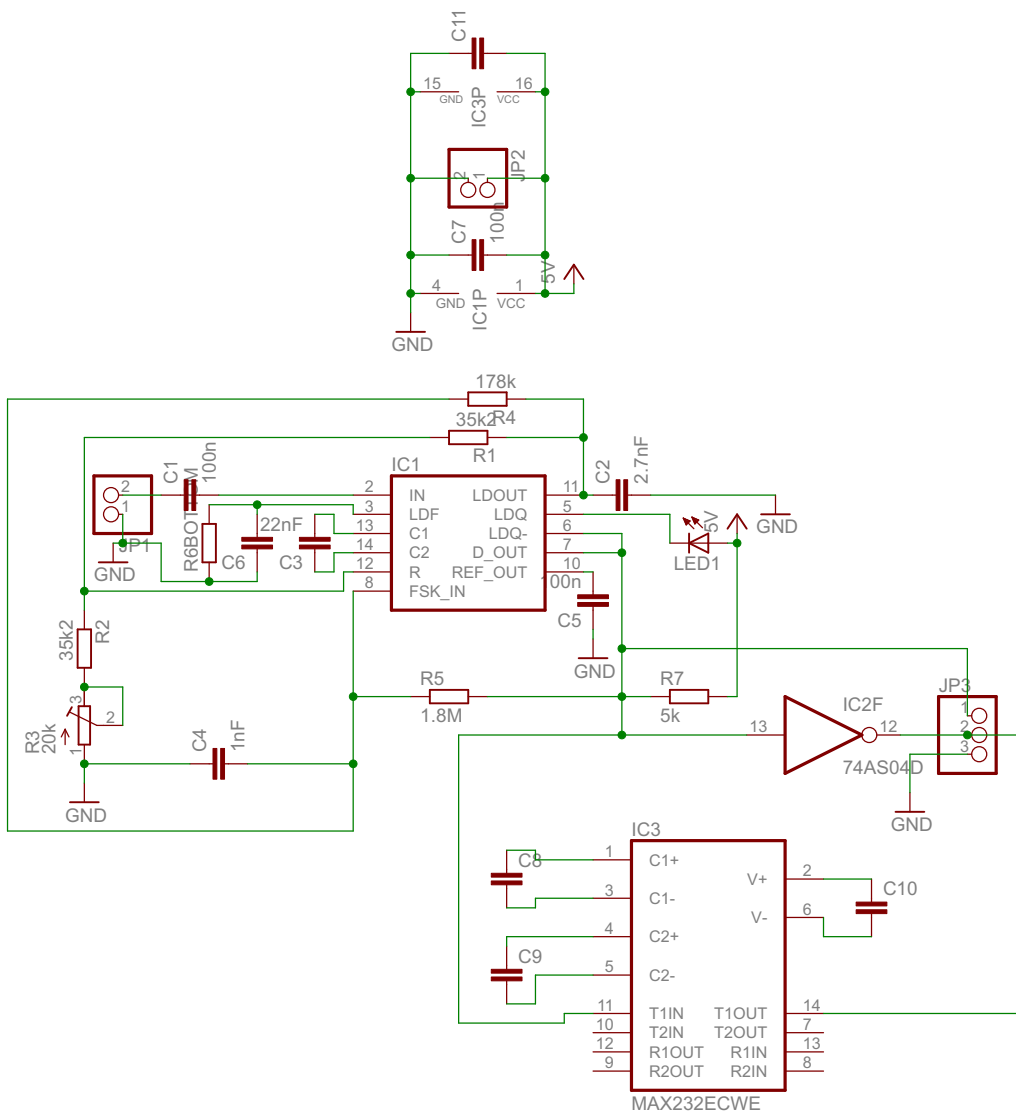
Commande	Argument(s)
Autotest	Arg: <input type="text"/>
Pilotage Servo	No: <input type="text"/> Angle: <input type="text"/>
Lancer Mesure	Zone: <input type="text"/>
Photo	Zone: <input type="text"/>
Basse énergie	Mode: <input type="text"/>
Effacer TC	
Lecture Photo	Zone: <input type="text"/>
Lecture Mesures	Zone: <input type="text"/>
Lecture Chocs	Zone: <input type="text"/>
Lecture TC	

Pour chaque télécommande, un ou plusieurs arguments peuvent être envoyés. Ces arguments correspondent exactement à ceux décrit dans le document d'architecture.

Dans cette fenêtre, la notion de retard de télécommande n'apparaît pas. Elle sera spécifiée après consolidation du logiciel sol.

## 7. Liste des exigences

Numéro	Description
MSO01	Le PC de réception sera de type portable
MSO02	Le récepteur de télémesure pourra fonctionner sur batterie. Sinon un onduleur assurera la sauvegarde du secteur
MSO03	Le logiciel comprendra deux modes de fonctionnement : Le mode télémesure et le mode télécommande. Ces deux modes peuvent être gérés par deux logiciels différents si cela peut faciliter le développement.
MSO04	Si un seul logiciel est utilisé, c'est le mode télémesure qui doit être exécuté au démarrage de l'application.
MSO05	A l'initialisation, un port série par défaut ainsi qu'une vitesse de communication sur ce même port sera initialisé. Ces paramètres pourront par la suite être modifiés.
MSO06	Toutes les trames reçues ou émises sont sauvegardés dans des fichiers binaires et sauvegardés dans le sous répertoire /DUMP
MSO07	Pour le mode télémesure uniquement, un fichier "MESURExx.txt" est créé à chaque démarrage ou bien à chaque passage dans ce mode.
MSO08	Pour le fichier "MESURExx.txt" la numérotation est identique à celle de la trame brute. Ainsi il y aura cohérence entre les trames brutes et les trames décodées.
MSO09	Le fichier "MESURExx.txt" , de format texte, comprend la valeur en octet de chaque champs de la télémesure si celle ci est correcte. Il y a un retour chariot à chaque nouvelle trame.
MSO10	A chaque réception d'une trame, le logiciel vérifie la cohérence de la trame avant de la décoder (checksum). Si la trame est déclarée bonne, alors elle est décodée. Dans tous les cas, les octets reçus sont stockés dans les fichiers brutes.
MSO11	Le logiciel envoie et une seule télécommande lorsque l'utilisateur appuie sur un des boutons de la fenêtre "télécommande" sauf pour les fonctions de "lecture mémoire" où les séquences sont envoyés automatiquement pour lire complètement la zone mémoire
MSO12	4 fenêtres sont prévues pour gérer le logiciel. Elles sont décrits dans la spécification des moyens sols.







# Projet Exploradur I

## Dossier de l'intégration mécanique

## Table des matières

1.Objet du document.....	3
2.Rappel des documents applicables.....	3
3.Intégration générale.....	4
4.Principaux éléments constitutants.....	5
5.Détail des pièces.....	6
5.1.Cône d'impact.....	6
5.2.Bague de cône.....	7
5.3.Bague inférieure.....	8
5.4.Bague Servo.....	9
5.5.Bague supérieure.....	10
5.6.Carte Processeur.....	11
5.7.Carte Capteur.....	12
5.8.Carte Vidéo.....	13
5.9.Carte Alimentation.....	14
6.Détails.....	15
6.1.Servos moteurs.....	15
6.2.Système de largage.....	16
6.3.Ouverture des portes.....	16
6.4.Colonnettes.....	17
7.Bilan de masse.....	17

## **1. Objet du document**

Le but de ce document est de décrire dans le détail la mécanique de la sonde et l'intégration des différents éléments.

Il apporte aussi des informations sur la taille maximale des circuits imprimés.

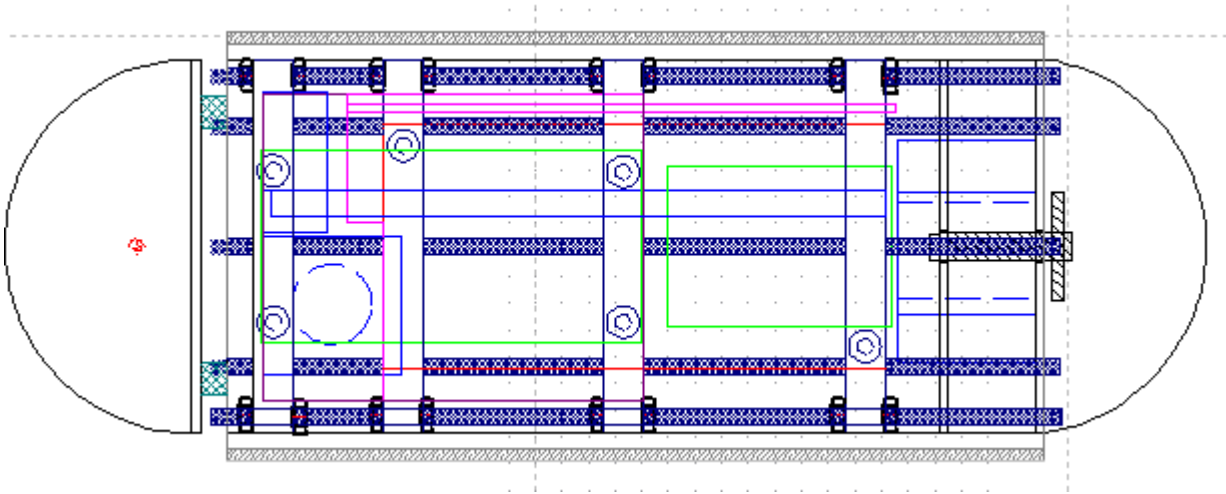
## **2. Rappel des documents applicables**

Ce document s'appuie sur 2 documents

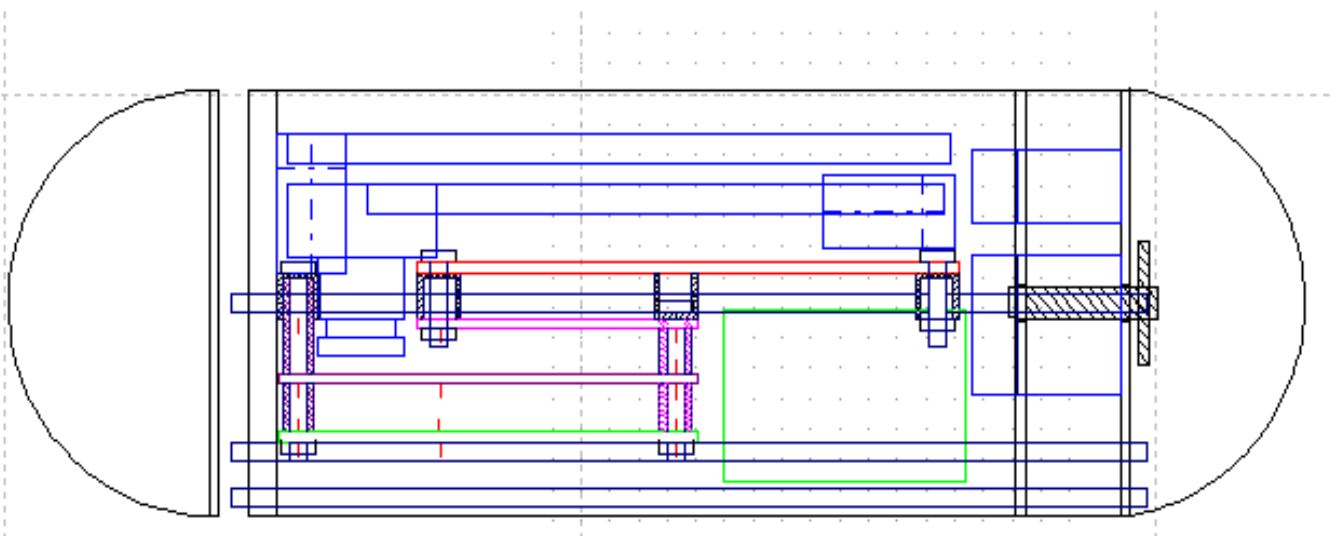
- 1- Le cahier des charges Cansat de planète Sciences
- 2- La description de la sonde Exploradur
- 3- Le dossier d'architecture de la sonde Exploradur

### 3. Intégration générale

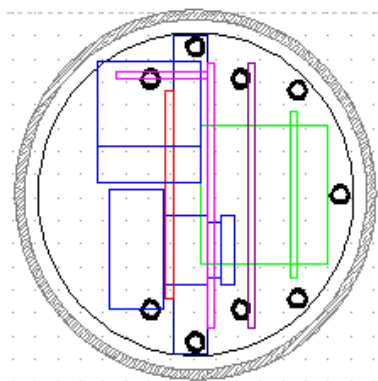
Vue de dessus :



Vue de côté :



Vue dans l'axe longitudinal:



## 4. Principaux éléments constituant

La sonde peut être composée en trois sous ensemble distincte :

- Une peau en PVC comprenant les portes latérales
- Un berceau mécanique composé des principales bagues, des barres longitudinales et du cone.
- Une intégration électronique composée des cartes, de l'antenne et du mat caméra.

La séquence d'assemblage étant la suivante :

On intègre la partie électronique dans le berceau mécanique. L'intégration étant maintenue par des barres transversales reposant sur les barres longitudinales

Ensuite on fait coulisser l'ensemble dans le tube en PVC.

Les portes latérales sont assemblées en dernier.

Sur les images du §3, on distingue :

En bleu : Les servos moteurs, la caméra et son mat, l'antenne.

En rouge: la carte d'acquisition vidéo vers RS

En rose : La zone dédiée à la carte processeur + radio

En violet : La carte Capteur

En vert : La carte Alim ainsi que la Batterie

Sur la vue du dessus, on distingue les 5 barres d'intégrations longitudinales ainsi que les 4 barres transversales. Des écrous maintiennent l'intégration. Les barres sont elles-mêmes vissées dans la bague servo et la bague inférieure.

Parmi ces barres, 2 sont réservées pour les mécanismes de rotations des portes.

La peau extérieure est un tube PVC de diamètre extérieur de 80mm. Le choix a été fait de prendre un tube PVC standard dispo chez Leroy Merlin.

L'intégration repose principalement sur 4 bagues :

- Une bague avant servant d'interface avec le cone : Cette bague est en époxy.
- Une bague avant en aluminium reprenant tous les efforts des barres d'intégrations
- Une bague arrière recevant les servos moteurs. Elle est en aluminium.
- Une seconde bague arrière en epoxy recevant les différents contacts électriques ainsi que les boutons poussoirs et les leds.

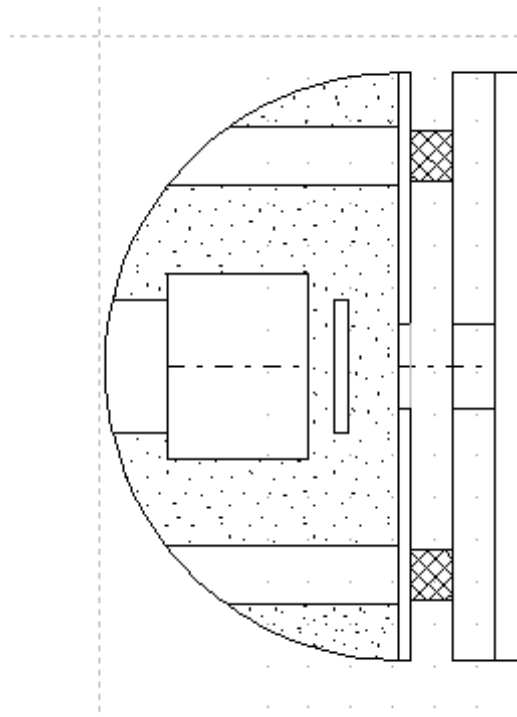
## 5. Détail des pièces

### 5.1. Cône d'impact

Le cône d'impact est la pointe avant de la sonde. Il héberge le radar Ultrason ainsi que le détecteur de choc.

Ces éléments sont connectés électriquement via une liaison électrique passant par un trou de 10mm dans la bague de cône.

Il est en mousse polyurethane expansée. Il sera fabriqué dans un moule respectant globalement la forme suivante :



La bague de cône en epoxy (décrite ci-après) fait partie intégrante du cône.

L'ensemble est relié à la bague inférieure via des suspensions disponibles chez SELECTRONIC :



Ref 80-1879

Ces suspensions sont vissées :

- D'une part dans la bague inférieure en aluminium.

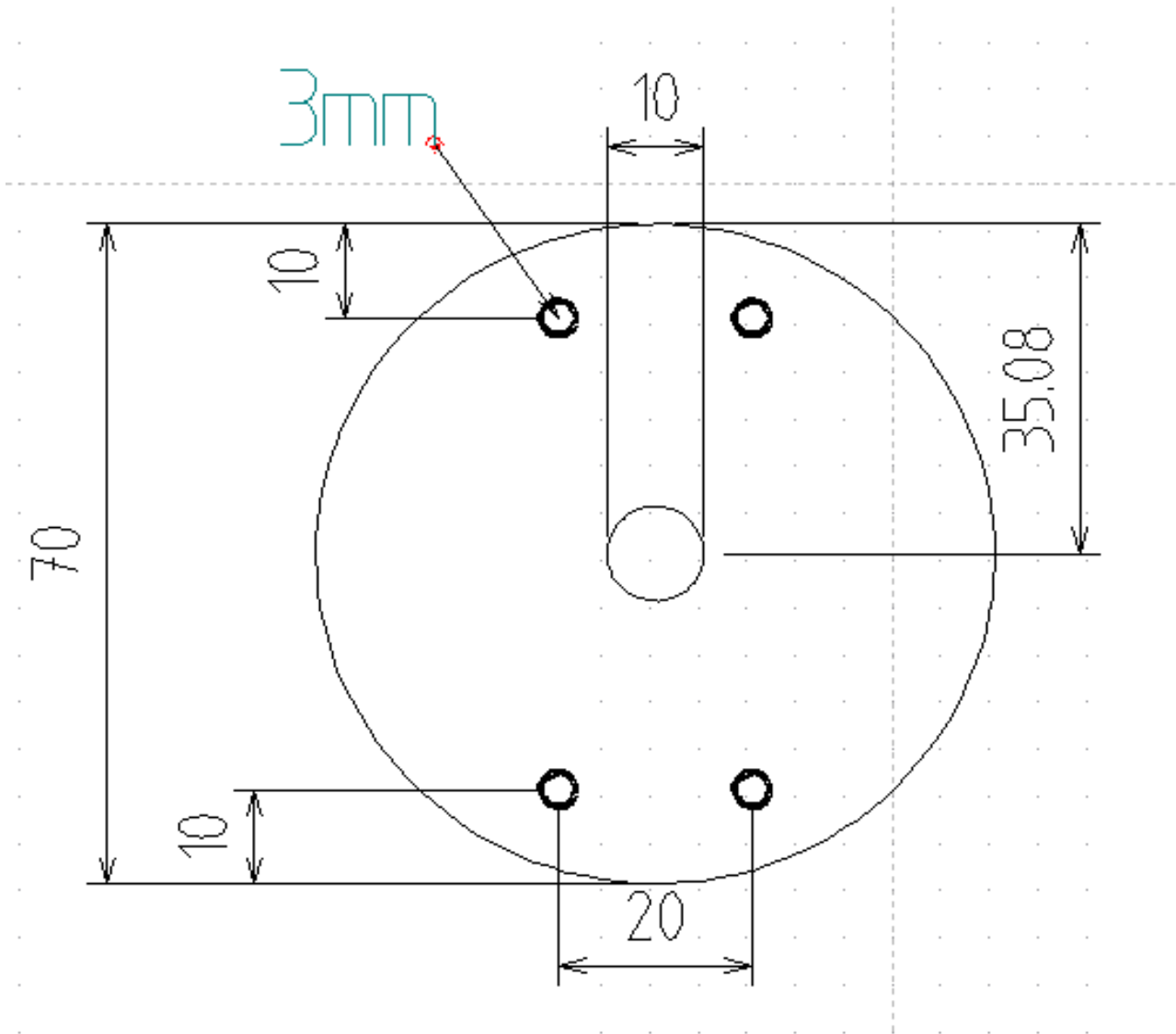
- D'autre part à des écrous à travers la bague cône.

Pour permettre d'accéder à cette dernière zone, des « tubes » d'accès doivent permettre de laisser passer une clé à pipe.

Enfin, un dernier tube doit permettre la sortie du signal du radar Ultra-son.

Ces tubes sont réalisés au moment du moulage par des épargnes en cartons.

## 5.2. Bague de cône



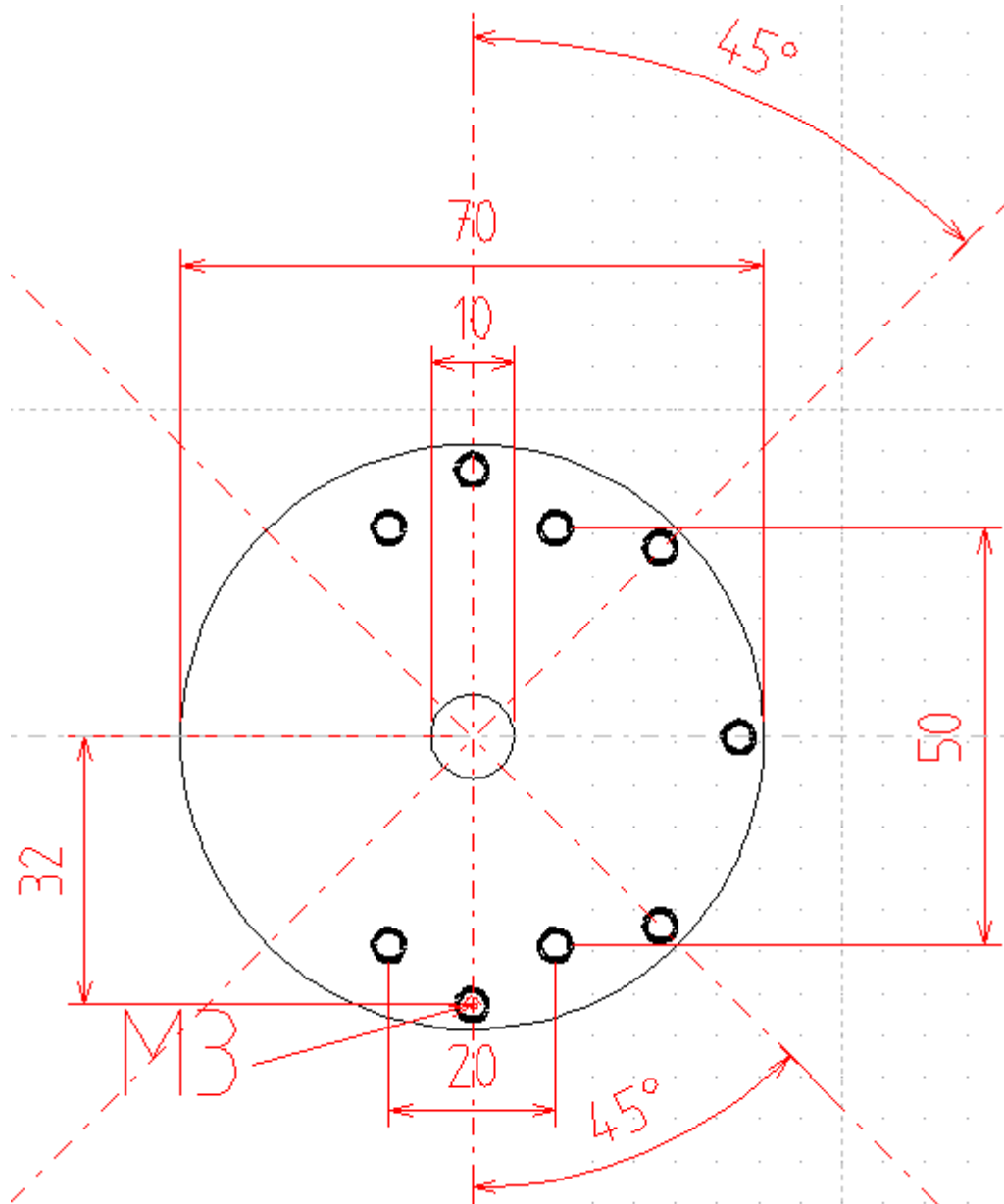
Les 4 trous de 3mm permettent de relier l'avant au reste de la sonde via 4 suspensions. Ces dernières permettant d'amortir le choc pour le reste de la sonde.

Le trou centrale de 10mm, permet le passage de câble pour le radar UltraSon

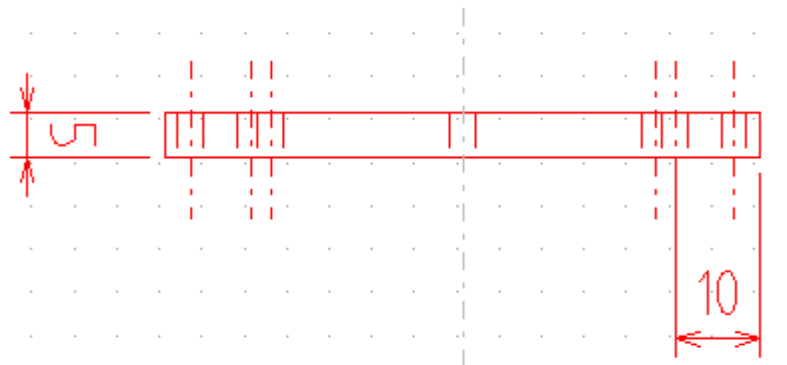


### 5.3. Bague inférieure

Vue de face :



Vue de côté :



Les 4 trous de 3mm permettent de relier l'avant au reste de la sonde via 4 suspensions. Ces dernières permettant d'amortir le choc pour le reste de la sonde.

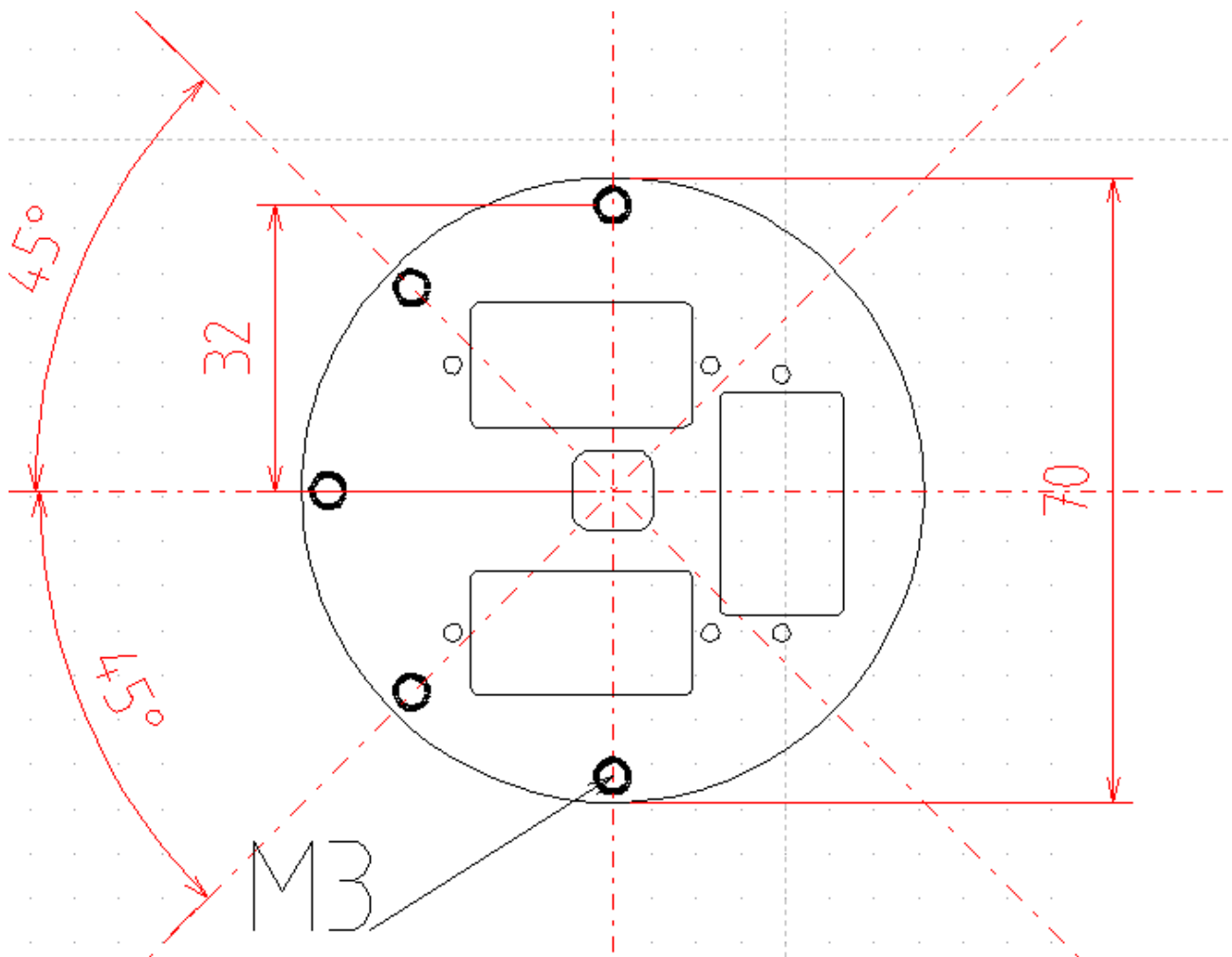
Les trous sont taraudés M3. Les suspensions y seront directement vissées avec du frein filet.

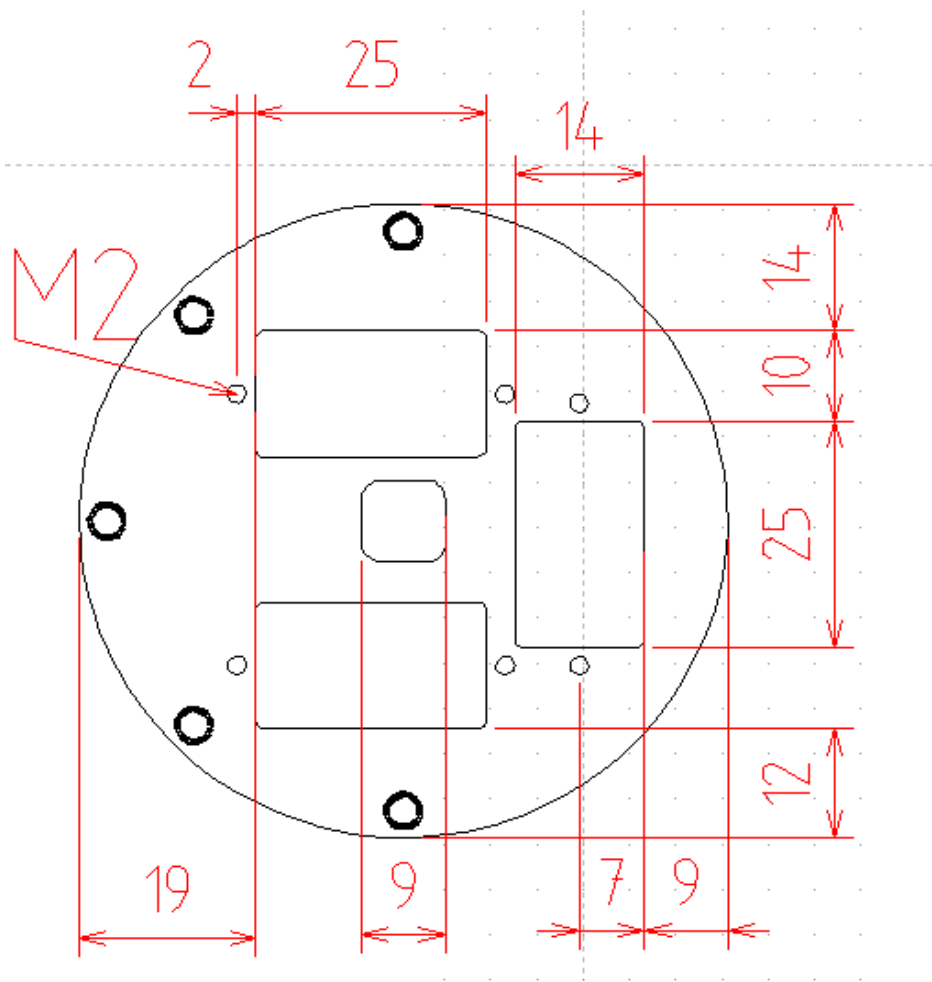
Le trou centrale de 10mm, permet le passage de câble pour le radar UltraSon.

Les 5 trous en périphérie permettent de visser les barres d'intégrations longitudinales.

La pièce à une épaisseur de 5mm et est réalisée en aluminium.

#### 5.4. Bague Servo





Cette bague supporte les 3 servos moteurs et accepte aussi le trou de passage pour la goupille de largage du parachute.

Le trou carré centrale permet le passage de la clé de parachute. Cette clé fait 6mm de côté

Les découpes de servos prennent en compte les arrondis de fraisage

Cette bague est en aluminium de 5mm d'épaisseur.

## 5.5. Bague supérieure

Cette bague reste à définir.

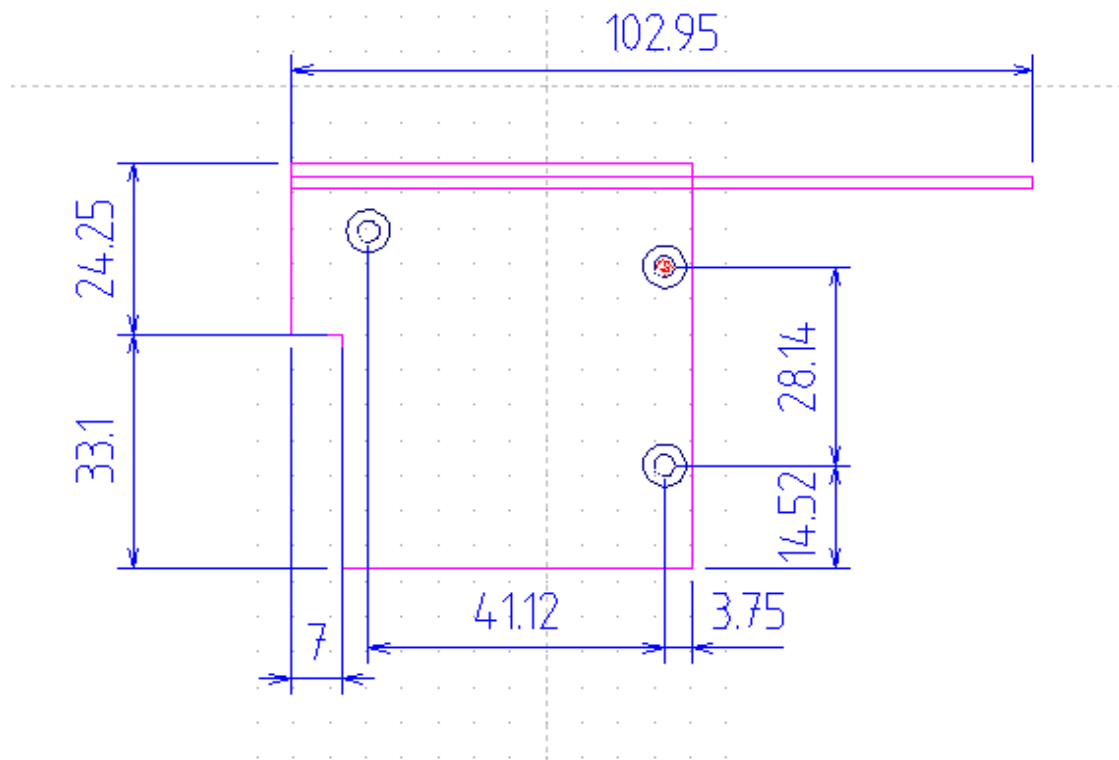
Elle sera sous forme d'epoxy. Ce sera un circuit imprimé qui recevra tous les interrupteurs ainsi que les LEDs.

Elle sera immobilisée par :

- D'un côté les servos moteurs eux-mêmes maintenus sur la bague servo
- De l'autre côté par des écrous sur les barres d'intégrations

## 5.6. Carte Processeur

Cette zone définit la place utile pour la carte processeur :

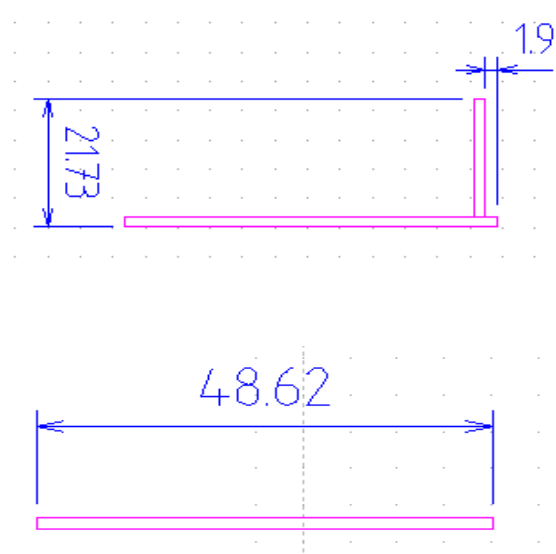


Cette zone comprend :

Une surface horizontale munie de 3 vis de fixations

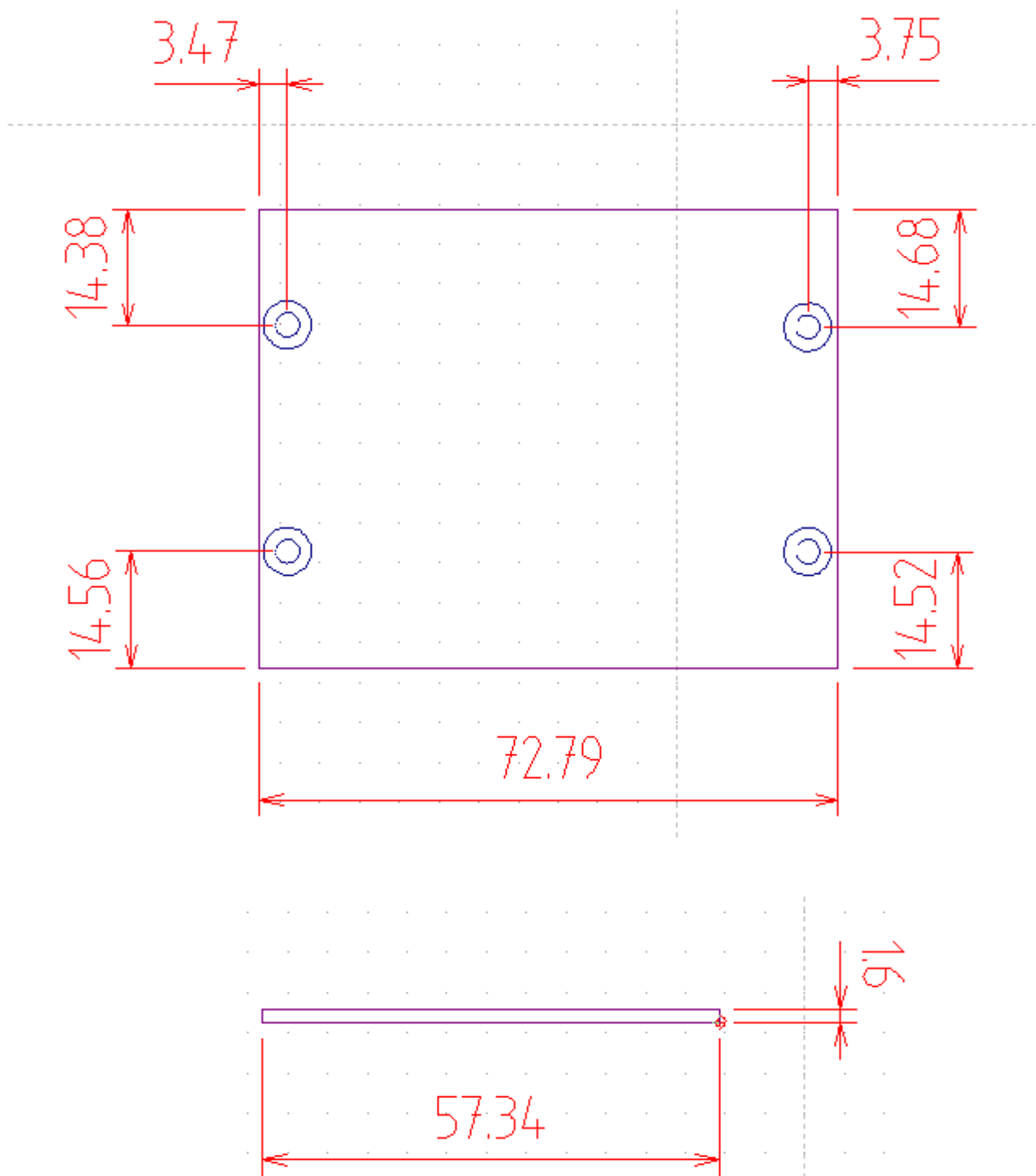
Une surface verticale. Cette surface verticale est maintenue brasée sur la surface horizontale par plusieurs points de fixations. Attention cependant, il faut tenir compte de la barre d'intégration qui soutient les 2 vis de droites (voir sur le plan d'ensemble).

Cette dernière est en effet montée à l'envers par rapport aux autres. Elle pourra être travaillée pour gêner le moins possible la surface verticale lorsque cette dernière croise la barre de fixation. Dans cette zone il faut donc compter 2 mm de moins environ entre le circuit horizontal et le circuit vertical.



## 5.7. Carte Capteur

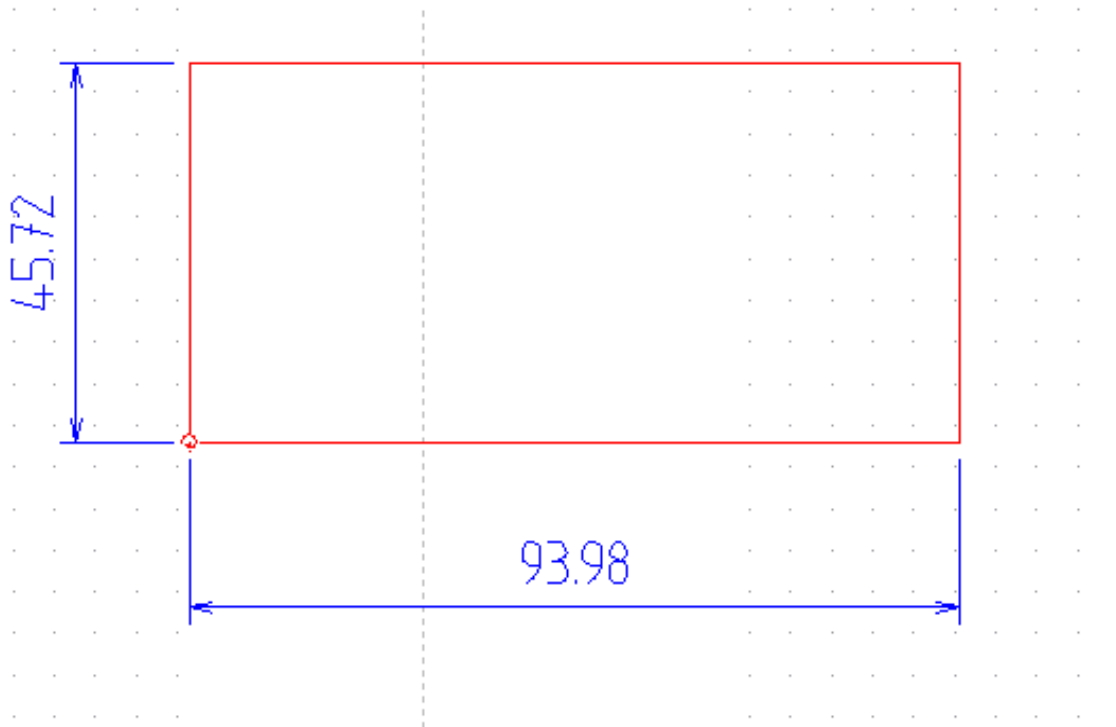
Cette zone définit la place utile pour la carte Capteur :



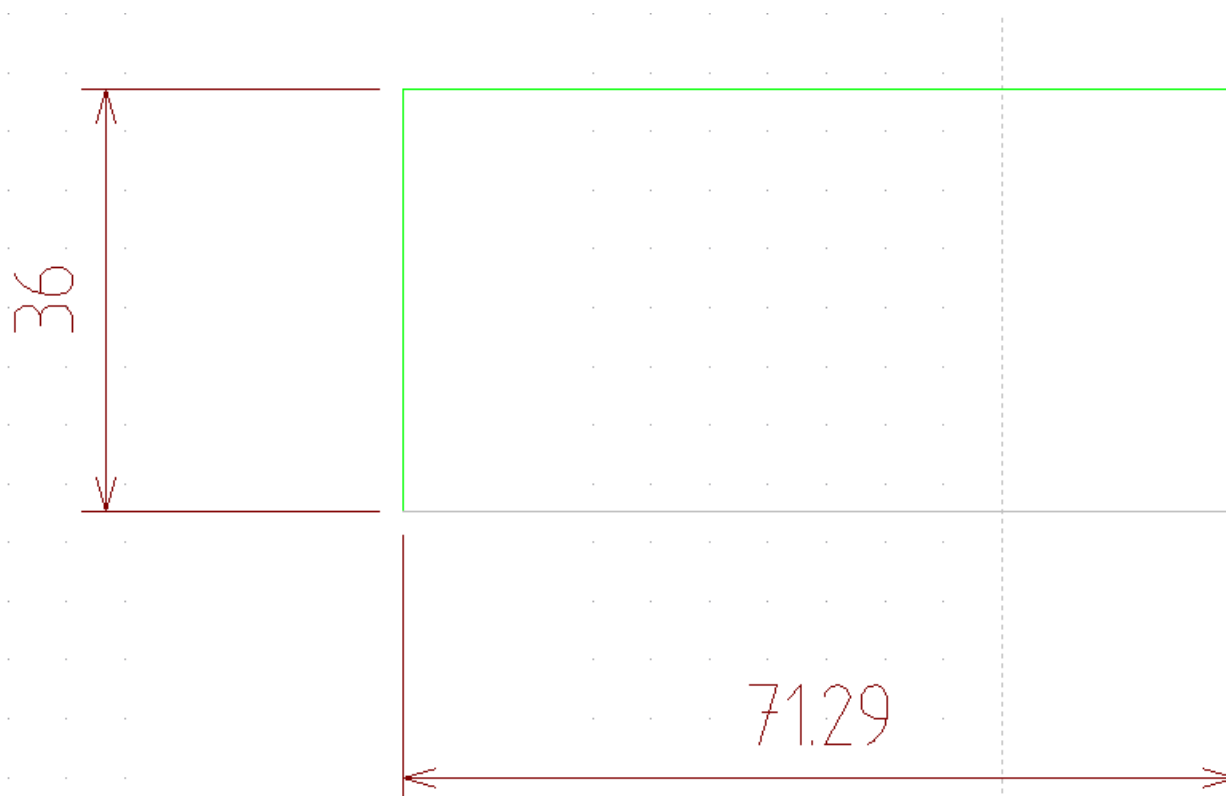
## 5.8. Carte Vidéo

Il s'agit d'une carte achetée en l'état.

La représentation mécanique est donnée ci-dessous:



## 5.9. Carte Alimentation



Cette zone est la surface utile pour la carte alimentation.

Pas de remarques particulières à signaler dans cette zone.

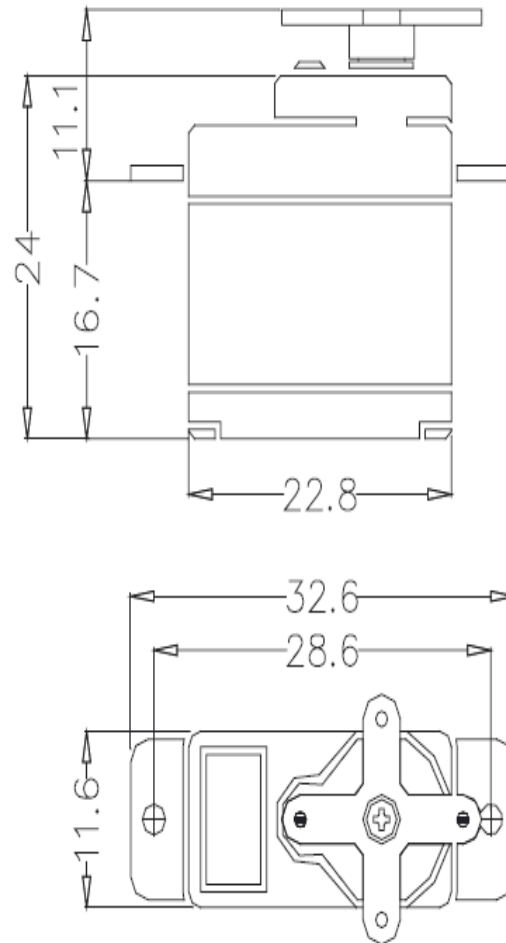
## 6. Détails

Dans ce chapitre, on réalise des zooms sur certaines parties importantes de l'intégration.

### 6.1. Servos moteurs

Les servos moteurs utilisés sont des HS-55 de HITEC disponible chez LEXTRONIC.

L'encombrement mécanique des servos est le suivant :



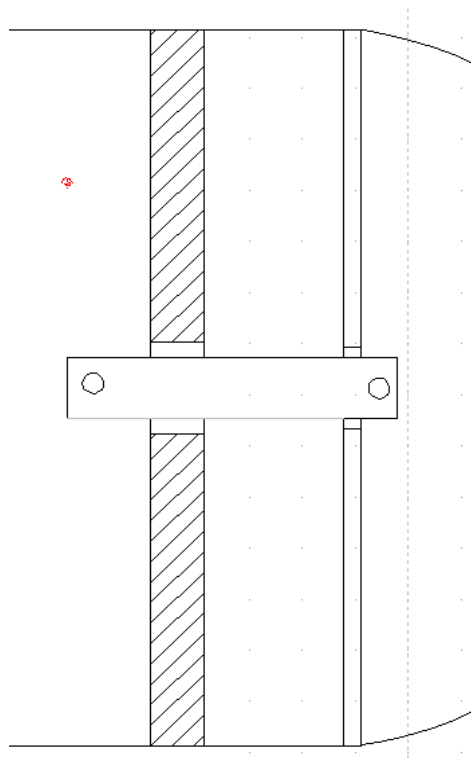


## 6.2. Système de largage

Le système de largage est composée d'une « clé » retenue par un axe pouvant être retiré par le servo moteur de largage parachute.

Cette clé est disponible chez leroy merlin et est utilisée pour les poignées de porte.

Le schéma ci dessous rappelle l'intégration à travers les bagues .



La photo montre un exemple de la clé muni d'un anneau, d'un émerillon et du parachute.



## 6.3. Ouverture des portes

A compléter

## 6.4. Colonnets

Pour l'intégration des cartes électroniques, des colonnettes sont utilisables.

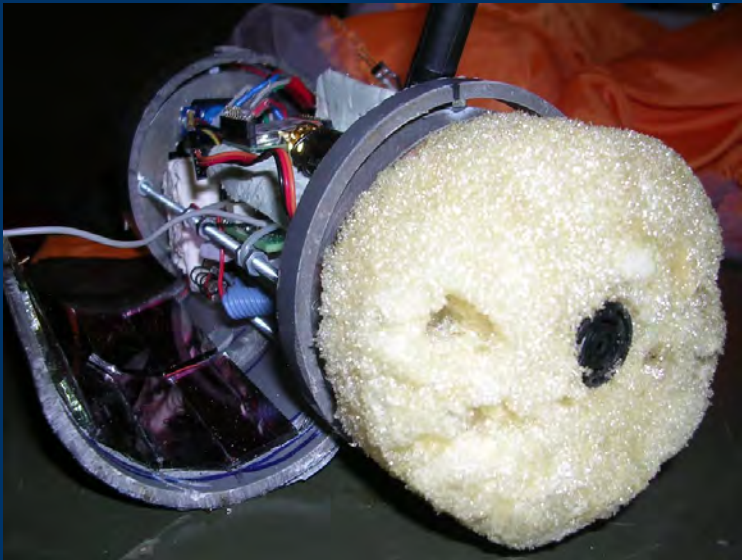
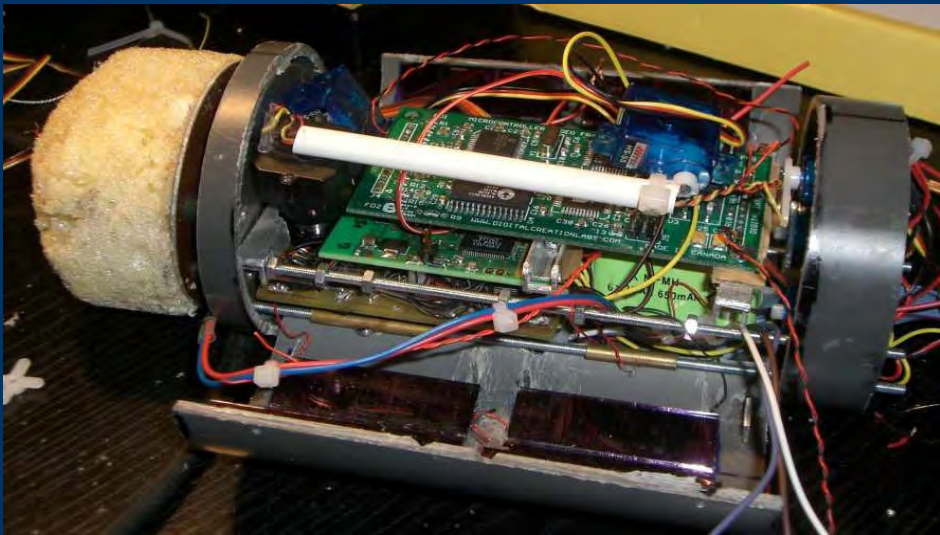
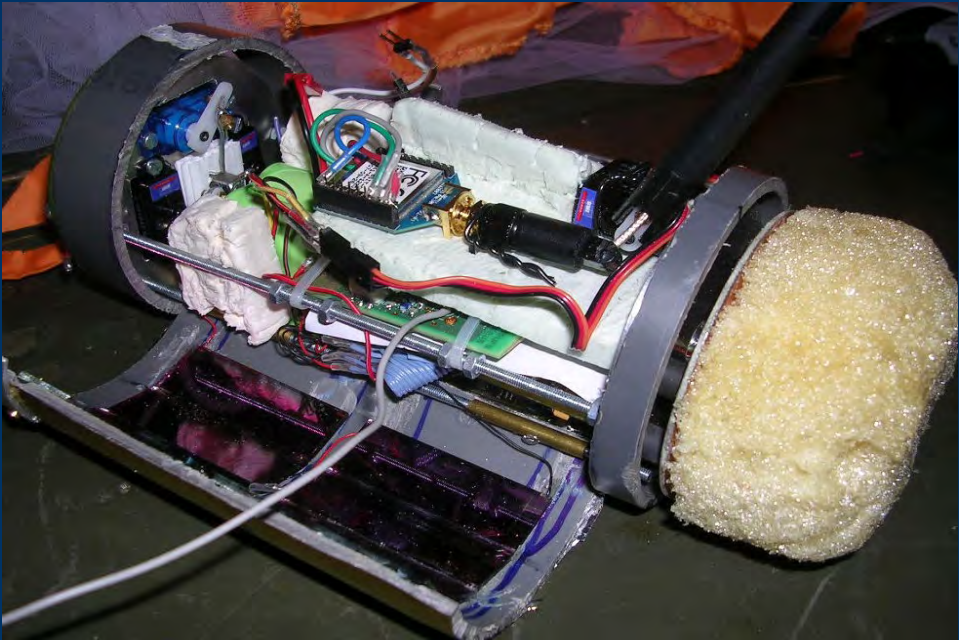
Pour les réaliser, on pourra utiliser des tubes laiton de 4mm de diamètre extérieures disponibles chez leroy-merlin.

Ces tubes permettent de faire passer des vis de 3mm.

## 7. Bilan de masse

<b>Intégration</b>	90
<b>Bagues Alu</b>	70
<b>Batterie</b>	84
<b>Accéléros chocs</b>	10
<b>Accéléros 2g</b>	10
<b>US</b>	10
<b>Température</b>	
<b>Pression</b>	10
<b>Cellules solaires</b>	50
<b>Servo moteurs</b>	40
<b>Électroniques</b>	300
<b>Camera</b>	10
<b>Numérisation</b>	10
<b>Antenne</b>	30
<b>Tube PVC</b>	100
<b>Total</b>	824

# Photos





# Projet Exploradur I

## Dossier de sécurité

Emmanuel Jolly

09/06/08

## Table des matières

1.Objet du document.....	3
2.Rappel des documents applicables.....	3
3.Rappel de la mission de Exploradur I.....	4
4.Description des évènements redoutés.....	6
5.Chute de Exploradur sur une personne.....	6
5.1.Cas nominal.....	6
5.2.Cas chute libre.....	8
5.3.Cas torche.....	8
6.Eventement redouté suite à la manipulation de la sonde.....	9
7.Synthèse.....	9

## **1. Objet du document**

Le but de ce document est de fournir les risques associées à la mise en oeuvre de Exploradur.

## **2. Rappel des documents applicables**

Ce document s'appuie sur 3 documents

- 1- Le cahier des charges Cansat de planète Sciences
- 2- La description de la sonde Exploradur
- 3 – Le dossier d'architecture de la sonde exploradur

### **3. Rappel de la mission de Exploradur I**

Le but de la mission est de déterminer l'environnement de la planète à explorer. Ces informations permettront de déterminer si il serait possible d'envoyer une mission à plus grande échelle (Rover, mission habitée...)

Ces paramètres sont au minimum : La pression, la température, et la nature du sol via la dureté.

Ces expériences sont identifiées comme « principale ».

Il y' a ensuite des expériences « secondaires » comme la prise de vue, et la détection sismique.

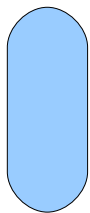
Ensuite, au delà des expériences scientifiques, il est prévu de tester certaines technologies comme :

- L'atterissage et la phase de redressement,
- Le déploiement d'un mat d'expérience,
- La survie sur la planète avec l'auto-alimentation par panneaux solaires,
- l'établissement d'une communication bi directionnelle.

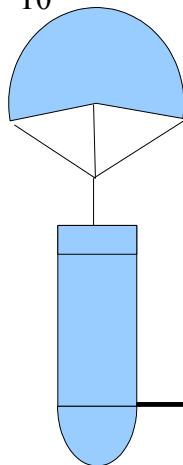
Le séquençement de la mission est le suivant :



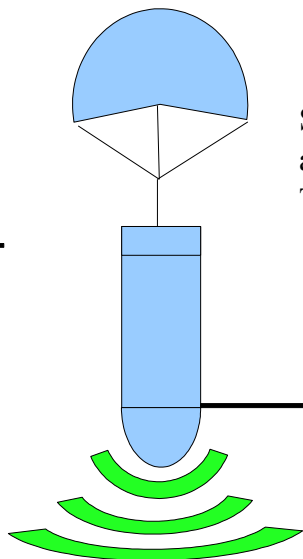
Sonde en attente



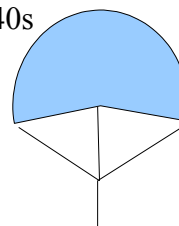
Sonde en descente parachute.  
Antenne TM déployée  
T0



T0 +30s : Activation radar US

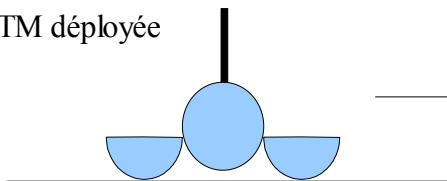


Sol détecté : Largage parachute et  
antenne pliée  
T0+40s



sol

Sonde au sol panneau solaire  
ouvert et antenne TM déployée  
T0+160s



sol

Sonde au sol après impact  
T0+41s



sol



Sonde au sol panneau solaire  
ouvert, antenne TM et mat  
d'expérience déployés  
T0+180s

## **4. Description des évènements redoutés**

Ce dossier se base sur l'analyse principale de deux types d'évènements redoutés :

1- Chute de Exploradur sur une personne.

L'analyse devra porter alors sur 3 cas : Ouverture normale du parachute, torche et non ouverture du parachute.

2 – Tout évènement de nature pyrotechnique, thermique ou mécanique pouvant entraîner une blessure pendant la manipulation du CANSAT durant sa mise en oeuvre

Pour chacun des évènements redoutés, on proposera une solution permettant de réduire à un niveau acceptable les conséquences.

## **5. Chute de Exploradur sur une personne.**

Pour cet évènement redouté, on prendra le cas nominal (parachute déployé nominalelement) ainsi que 2 modes de défaillances :

- La sonde tombe avec un parachute en torche
- La sonde tombe sans parachute.

### **5.1. Cas nominal.**

Ce cas correspond à la chute sous parachute.

On va rechercher pour deux altitudes, les vitesses atteintes par la sonde, le temps de l'impact, ainsi que la déviation.

Pour la déviation, on supposera qu'elle est uniquement due au vent. On supposera qu'un vent latéral de 20km/h se traduit par un déplacement de la sonde de 20km/h ( $C_x$  de 1)

On prendra comme hypothèse de calcul les données suivantes :

Vitesse de descente sous parachute (m/s)	4,38
Masse (kg)	1
G(N)	9,81
Cx	1
R(masse volumique) kg/m <sup>3</sup>	1,3
S (surface du parachute) m <sup>2</sup>	0,79

La descente étant nominale, parachute déployé, on estime que la vitesse de descente suit la formule suivante : (cf note technique Planète Sciences “Les parachutes pour les fusées expérimentales”)

$$V = \sqrt{(2 * M * g / (C_x * R * S))}$$

Le calcul est réalisé pour une altitude de 150m et de 300m. Pour chacun des cas, deux hypothèses de vent sont prises : 20km/h et 40km/h.

Les résultats sont les suivants :

Hauteur (m)	150	300
Temps de descente (s)	34,22	68,44
Vitesse à l'impact (km/h)	15,78	15,78
Déviations avec un vent de 20km/h	190,1	380,2
Déviations avec un vent de 40km/h	380,2	760,41

La vitesse à l'impact de 16km/h peut être considérée acceptable si le public reste en permanence en contact visuel avec l'objet.

Le temps de descente est relativement lent et permet au public de se déplacer le cas échéant.

Même si il est conseillé au public de se mettre en cohérence avec le vent, il semble préférable de le placer de manière à ne pas être aveuglé par le soleil pour lui permettre de rester en contact visuel avec la sonde.

On peut enfin se mettre une contrainte de vent au moment du largage à 5m/s (environ 20km/h).

A une altitude de 150m, le public doit donc être attentif jusqu'à une distance de 200m environ.

## 5.2. Cas chute libre.

Pour ce cas, on considère un pire cas : seul la gravité intervient.

Les hypothèses de masse sont les mêmes.

Là encore, on calculera pour deux vitesses de vent. Par contre un coefficient de 0,5 est utilisé pour la déviation : un vent latéral de 20km/h ne fera dévier la sonde que de 10km/h. On suppose que la sonde a une portance bien plus faible que le parachute.

Chute Libre		
Temps	5,53	7,82
Vitesse à l'impact (km/h)	195,3	276,19
Déviation avec un vent de 20km/h	15,36	21,72
Déviation avec un vent de 40km/h	30,72	43,45

Le pire cas à prendre en considération est donc de prendre 30m pour un largage de 150m en altitude et 44m pour un largage à 300m.

Compte tenu des vitesses obtenus à l'impact (195km/h et 276 km/h), on considère que ce risque est inacceptable pour le public. Cette zone devra donc être interdite pendant les opérations.

Attention cette restriction est aussi applicable pendant les phases de montée de la sonde.

On définira alors un couloir interdit.

Là encore on peut prendre comme restriction, de ne larguer que sur des faibles hypothèses de vent (20km/h) cela permet avec une même distance de 30m, d'avoir une marge de 2.

## 5.3. Cas torche.

Pour ce cas, les données de calcul sont les mêmes, mais on prend une surface apparente du parachute beaucoup plus faible : 5cm de rayon au lieu de 50cm.

Pour la déviation, on se rapprochera du cas chute libre, avec un coef de 0,5 lié à la portance de la sonde.

Hauteur (m)	150	300
Temps de descente (s)	6,84	13,69
Vitesse à l'impact (km/h)	78,91	78,91
Déviation avec un vent de 20km/h	19,01	38,02
Déviation avec un vent de 40km/h	38,02	76,04

## **6. Evenement redouté suite à la manipulation de la sonde.**

La sonde ne comporte pas d'élément pyrotechnique. Ce risque n'est donc pas considéré.

Les tensions sont inférieures à 12V. Ce risque n'est donc pas considéré.

Risque mécanique : une attention particulière devra être portée durant les phases d'autotest où les portes latérales pourraient s'ouvrir et se fermer. Mais compte tenu de la puissance limitée des servos, aucune blessure n'est à prévoir.

Risque thermique : Aucun élément chauffant n'est prévu.

Cet évènement redouté n'est donc pas à prendre en considération.

## **7. Synthèse.**

Pour le largage de la sonde, on conseillera de vérifier que le vent est inférieur à 20 km/h.

Pour un largage à 150m une zone d'interdiction de 40m est à prévoir pour traiter le risque de chute libre et de torche.

Pour un largage à 300m, on prendra une zone de 80m de rayon.

Enfin, dans une zone 40m-190m pour un largage à 150m, un public pourra être accueilli mais avec une obligation à suivre l'engin pendant toute la descente. Il ne devra notamment pas être gêné par le soleil.

Pour un largage à 300m, cette zone s'étend de 80m à 380m.



## Chronologie exploradur

### Tente Club :

Quand	Quoi	Qui	Check
1min	La sonde est complètement déployée (dans l'état à la fin d'une séquence de "vol")	Manu	
1min	Vérifier absence de jumper sur JP4 et downloader	Manu	
1min	Mettre la sonde sous tension en connectant la batterie Connecteur : Rouge sur Marron Blanc sur noir	Manu	
2min	Attendre la led Rouge « Mode Attente » Surveiller la goupille !	Manu	
1 min	Envoyer une télécommande pour fermer l'antenne Servo 2, Angle 33	Manu	
1 min	Envoyer une télécommande pour verrouiller le largage	Manu	
1 min	Envoyer une télécommande pour fermer les portes Servo 0, Angle 30	Manu	
1 min	Envoyer l'arrêt des servos Servo 4	manu	
5 min	Placer à la main la goupille de largage (pince et pince brussel). NE PAS OUBLIER LE CARRE BLANC	Manu	
10 min	Placer à la main la goupille de fermeture porte (porte droite)	Olivier	
5 min	Placer à la main la goupille sur la porte gauche en dévissant le fermoir (tournevis plat)	Olivier	

### Zone de largage:

	Se déplacer vers le porteur	Tous	
	Accrocher le jack de largage dans le porteur	Manu	
	Placer le parachute dans le porteur	Olivier	
	Accrocher le jack de largage sur la sonde	Manu	

	Arrimer la sonde au porteur	Opérateur + Manu	
	Passer en mode attente par le bouton poussoir.	Manu	
	Vérifier réception de télémesure	JM et Emile	
	Les membres du projet repartent vers la zone de réception de télémesure	Tous	
	Demande de décollage du porteur	Manu	

Zone Commande de largage:

	Vérification réception télémesure	JM et Emile	
	Ordre de largage de la mesure	Tous	

Matériel à prendre :

Jack de largage  
Petit tournevis  
Carré blanc  
pince brussel





# Exploradur

Bilan de projet

Emmanuel Jolly  
Olivier Sterenberg  
Alain Juge  
Jean-Michel Friedt  
Emile Carry

## Sommaire

1.Introduction et remerciements.....	3
2.Rappel des objectifs de la mission :.....	4
3.Les contraintes de réalisation.....	5
4.Le largage sur les Rencontres Espace Etudiants.....	6
5.Résultats obtenus.....	11
6.Conclusions.....	15

## **1. Introduction et remerciements**

Ce document synthétise le bilan de projet du CanSat « Exploradur ».

Ce projet, qui s'inscrit en tant que démonstrateur Cansat pour Planète Sciences, a été lancé en Mars 2008 et a pu être mise en oeuvre lors des Rencontres Espaces Etudiants, le 1er Aout 2008.

Exploradur n'aurait pas pu voir le jour sans le soutien de :

-Planète-Sciences

-le CNES

-SOLEMS

Toute l'équipe d'Exploradur remercie donc chaleureusement ses partenaires qui, par leur soutien, on apporté la motivation nécessaire à la réussite du projet.

Enfin, ce projet n'aurait pu être réalisé sans la motivation de toute l'équipe et je remercie sincèrement Olivier, Jean-Michel, Emile et Alain pour leur forte implication déterminante dans le projet.

## 2. Rappel des objectifs de la mission :

Le but d'Exploradur était le suivant : Simuler une mission de découverte d'une planète complètement inconnue. Cette mission doit permettre d'identifier les paramètres essentiels pour envoyer sur place une mission scientifique de grande envergure, type Rover.

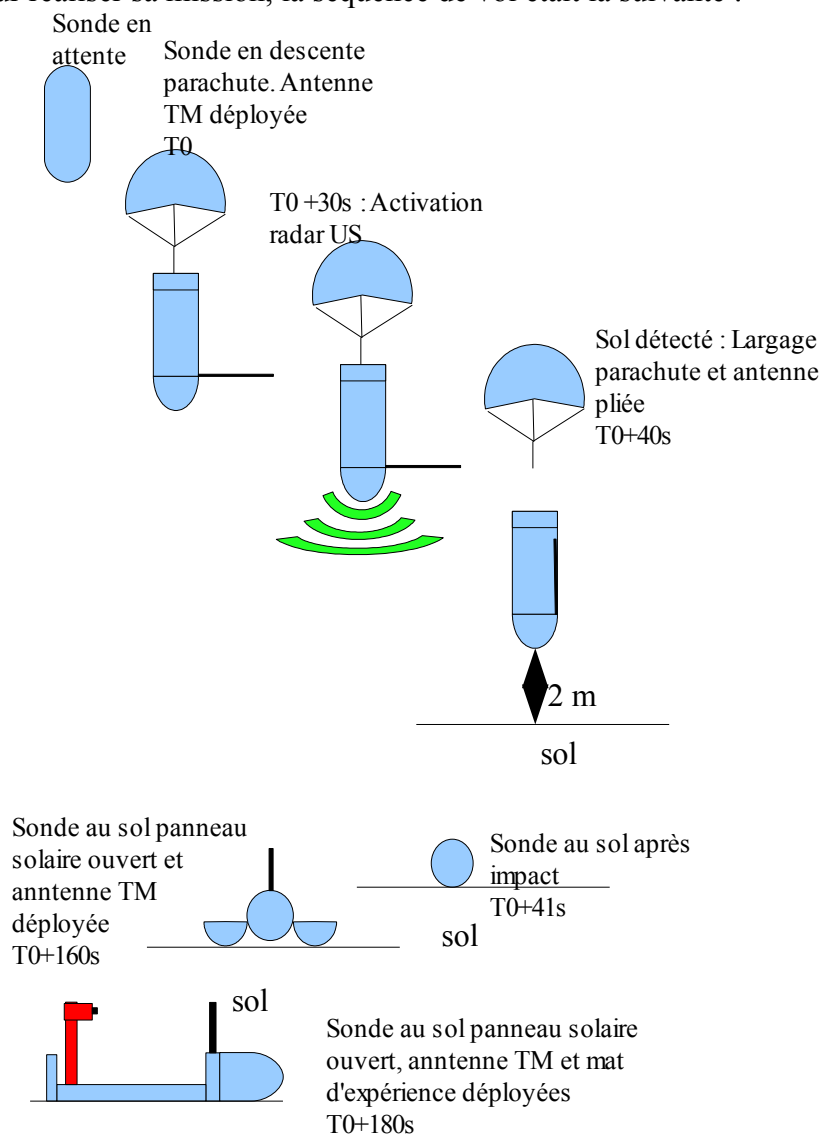
Ces paramètres sont : La température, la pression et la dureté du sol.

Au delà de la mission scientifique, il y a aussi une mission technique : Peut-on réaliser un mécanisme de déploiement sur la sonde et peut on communiquer au sol à son arrivée.

Enfin, des objectifs secondaires ont été mis en place :

Est il possible d'auto-alimenter la sonde par des panneaux solaires, de prendre une photo et de la renvoyer, de mettre en place un système automatique de retournement.

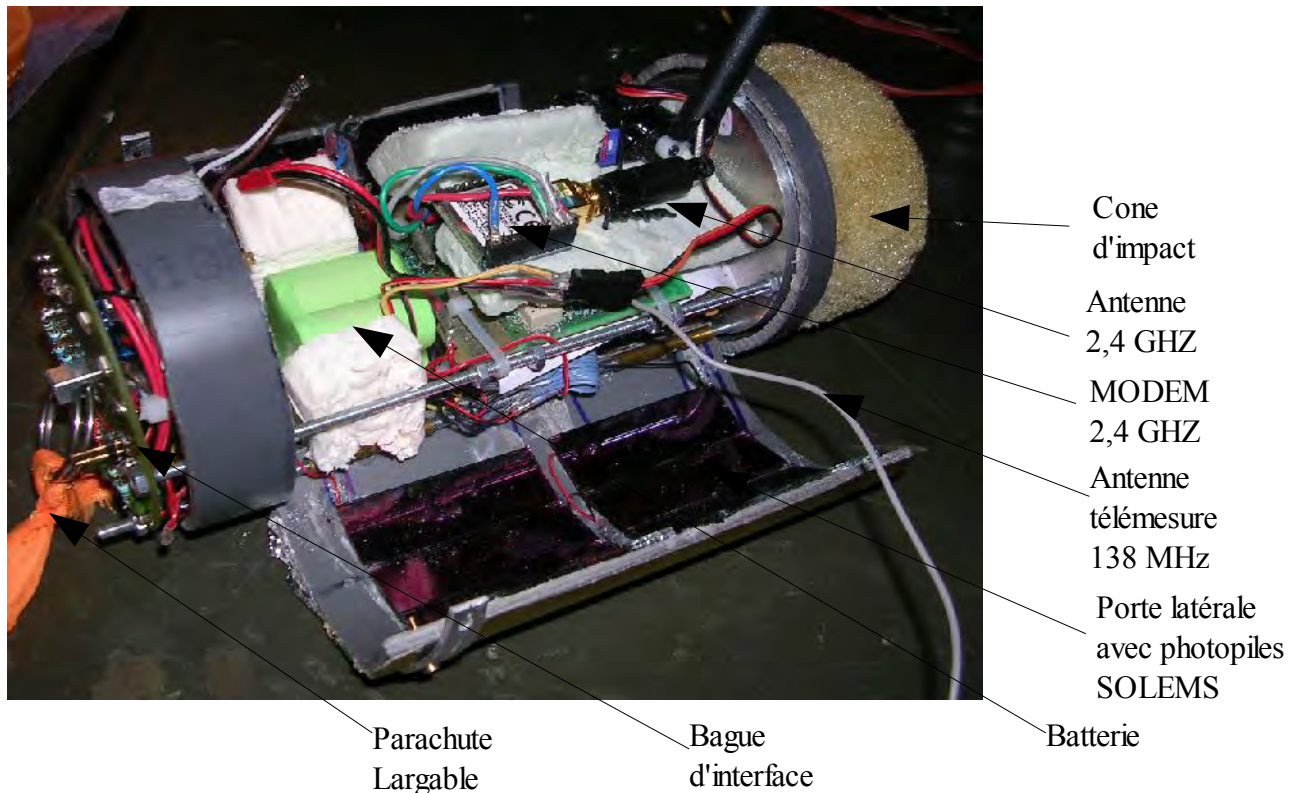
Pour réaliser sa mission, la séquence de vol était la suivante :



### 3. Les contraintes de réalisation

L'intégration complète de toutes les fonctions a été plus complexe que prévue. L'absence de connexion précise entre la carte capteur et la carte processeur a empêché la mise en place des colonnettes initialement prévues.

L'électronique a donc pris un peu plus de place que prévue et le module caméra n'a pu être mis en place.



Il a été donc décidé de mettre Exploradur sans la fonction « prise de vue ». Néanmoins toutes les expériences principales étaient opérationnelles.

## 4. Le largage sur les Rencontres Espace Etudiants

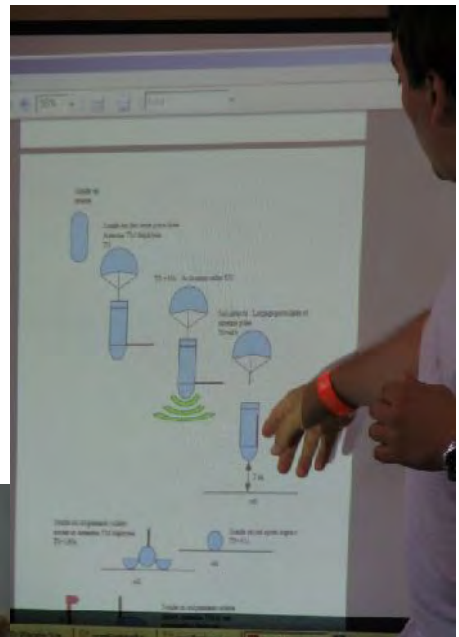
La campagne a démarré dès le Dimanche avec l'arrivée de Olivier, Emmanuel et Alain.

L'équipe a ensuite été complète le mercredi avec l'arrivée de Jean Michel et d'Emile. Elle s'est alors pour la première fois retrouvée physiquement au complet !

Les premiers jours ont été consacrés aux dernières mise au points:



Le jeudi, nous avons ensuite présenté officiellement le projet devant Planète Sciences, le CNES, et trois autres équipes :



Les autres équipes ont trouvé Exploradur assez original de par sa mission et notamment la mesure du choc à l'impact et le déploiement de la sonde au sol. Les cellules SOLEMS ont été particulièrement remarquées. L'esprit de la sonde d'exploration était présent dans les pensées des participants.

Un CANSAT espagnole était présenté. Il s'agit d'un CANSAT de type « retour à la cible » par un déplacement terrestre.

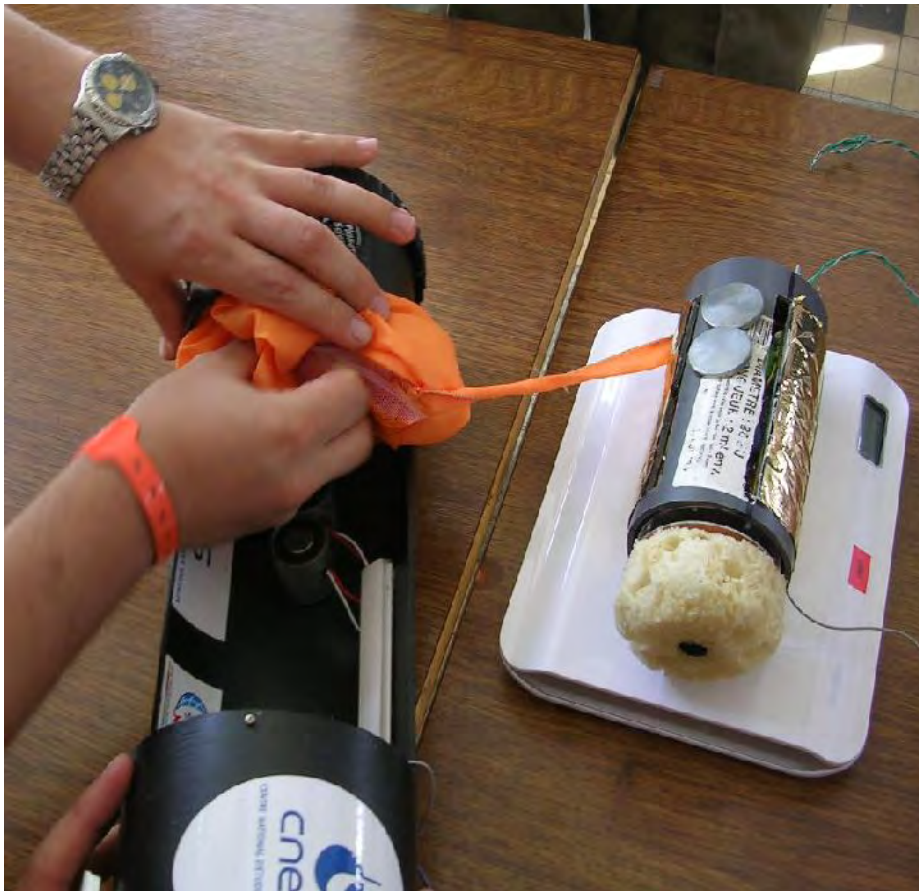
Un second CANSAT français était présent. Il avait pour but de mesurer la trajectoire par des senseurs inertiels.

Enfin, un dernier CANSAT réalisé par un étudiant Hollandais, avait pour but de réaliser une mesure de température et de pression, et d'enregistrer des photos pendant la descente. Malheureusement, ce CANSAT n'a pas pu être mis en oeuvre.



### Les contrôles :

Comme tout CANSAT largué, Exploradur a subi une phase de contrôle nécessaire pour vérifier sa compatibilité en terme de masse, dimensions et d'encombrement avec le système de largage.



*Vérification de la masse et de la compatibilité du système de largage. A noter les deux interfaces cylindriques ajoutées sur Exploradur et permettant la libération par les électro-aimants.*

Ayant subi avec succès cette phase (on remerciera le contrôleur d'avoir été bienveillant sur la longueur de la sonde), nous avons donc reçu notre autorisation de vol pour le lendemain.

Les opérations de largage :

Ces opérations se sont déroulées sous le contrôle du CNES et de Planète Sciences. Le système de largage était arrimé sous un dirigeable monté à 150m d'altitude.



Système de  
Largage

Exploradur



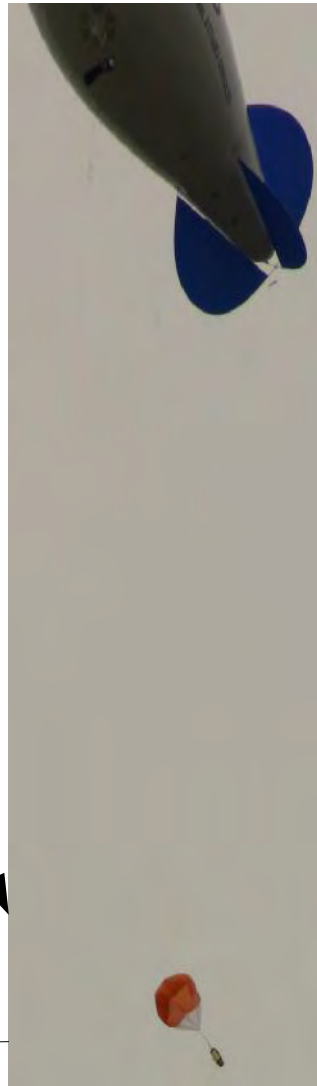
Exploradur à 150m !!!



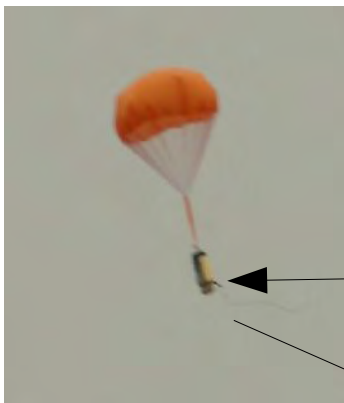
5, 4, 3, 2, 1 .... Largage !



Ouverture  
parachute



Déploiement  
antenne et  
activation du radar  
de proximité



Détection sol, paré à  
l'impact.



Exploradur au sol.



Exploradur-Bilan de projet

CANSAT 2008

## 5. Résultats obtenus

Dans ce chapitre nous allons aborder le fonctionnement de la sonde pendant sa mise en oeuvre ainsi que l'exploitation des résultats scientifiques.

### Fonctionnement de la sonde :

Toutes les opérations de mise en oeuvre et de placement sous le porteur se sont déroulées normalement.

Les indicateurs visuels de changement de mode et de signe de vie ont permis de connaître l'état de la sonde pendant ces opérations.

Lors des opérations d'élévation de la sonde, nous avons reçu la télémessure bi directionnelle (2.4GHz) jusqu'à une altitude de 100m environ. Compte tenu du fait que l'antenne était repliée dans la sonde, nous avons alors estimé que c'était un bon résultat.

Par contre nous avons rapidement constaté une baisse de la qualité de réception de la télémessure (138.25 Mhz). La réception HF était correcte (nous entendions la BF clairement au niveau du récepteur radio) mais la démodulation était mauvaise.

Sur le coup , la solution n'a pas été trouvée malgré les essais répétés avec succès de la veille. Il a été malgré tout décidé de procéder au largage.

Ce dernier s'est déroulé avec succès. Comme le montre les photos, les opérations de déploiement en vol se sont effectuées nominalelement.

En visuel nous avons pu constaté le vol nominal.

Enfin, juste avant l'impact, nous avons détecté le passage en mode « chute libre » (préparation à l'impact).

En effet, pendant cette phase, la sonde démarre l'acquisition à 100Hz du détecteur de choc. Le processeur n'émet plus de données. Malgré cela, l'émetteur radio est toujours activé. Cela se traduit par une émission continue audio pendant 10s. Cette émission a donc été détectée grâce au signal sonore issu du récepteur radio et cela, malgré la non démodulation des données.

De la même manière nous avons pu détecter que la sonde était toujours vivante au sol. En effet, quelques secondes après l'impact, la télémessure redémarrait.

Nous avons ainsi suivi, sans pouvoir les décoder, les différentes phases de déploiement au sol.

Une fois ces phases terminées, nous avons essayé de communiquer avec la sonde par le modem 2.4GHz.

Cette opération s'est soldée par un échec.

Nous sommes alors parti en récupération pour retrouver la sonde.

Nous l'avons identifié dans de très hautes herbes. Ces dernières ont empêché une ouverture nominale des portes. Cela n'a pas permis de tester l'expérience des cellules solaires.

Néanmoins, comme tous les signes par la télémessure nous montrait que la sonde émettait toujours, il a été décidé de ramener la sonde sans la mettre hors tension près de la station sol.

En effet , compte tenu du pointe chute, la sonde se trouvait derrière un monticule par rapport à la station sol. Cela expliquait pourquoi nous recevions de la télémessure 138MHz et que nous n'avions

pas d'échanges 2.4GHz (le bilan de liaison étant plus faible, cette liaison nécessite une vue directe). Ainsi, une fois la sonde rapprochée de la station sol, nous avons pu établir une communication avec la sonde et récupérer ainsi toutes les données de chocs qui sont présentés par la suite.

Sur l'aspect fonctionnement global de la sonde, nous sommes donc aujourd'hui très satisfait. Toute la séquence de largage et de déploiement au sol s'est déroulée nominalement.

Coté émission radio, le bilan n'est pas aussi bon. Toutefois, les causes de ces dysfonctionnement ont été identifiées :

1/ Le relief a empêché une liaison en vue directe. Cette remarque a été remontée à l'organisation de la compétition CANSAT. Ce défaut n'est donc pas imputable à la sonde elle-même.

2/ La mauvaise qualité de réception radio est due à la perturbation de l'alimentation sur le récepteur radio. Un comportement similaire avait été observée quelques jours auparavant et nous avons alors identifié une sensibilité de la démodulation HF par les perturbations émises par l'alimentation.

Or, pendant l'installation, nous avons placé le récepteur radio sur l'alimentation. Dans l'empressement de la mise en oeuvre, nous n'avons pas identifié cette erreur.

Pour éviter de telles erreurs, rien ne vaut une chronologie exhaustive !

En conclusion, le fonctionnement de la sonde a été nominale !

## Résultat de la mesure de choc:

L'objectif de la mesure est d'identifier sur quel type de milieu la sonde va se poser.

Pour se faire, nous déclenchons le début de la mesure de choc à une distance de 1,5 m de ce dernier (le sol est détecté via le radar à Ultra Son) à l'aide d'un accéléromètre +/- 18g.

L'acquisition du choc est effectuée à une fréquence de 100 Hz pendant 10 secondes. Nous récupérons donc 1000 mesures.

Lorsque le sol est détecté, nous envoyons une trame de télémesure pour spécifier à la station sol que nous sommes passé en mode *MESURE DU CHOC*.

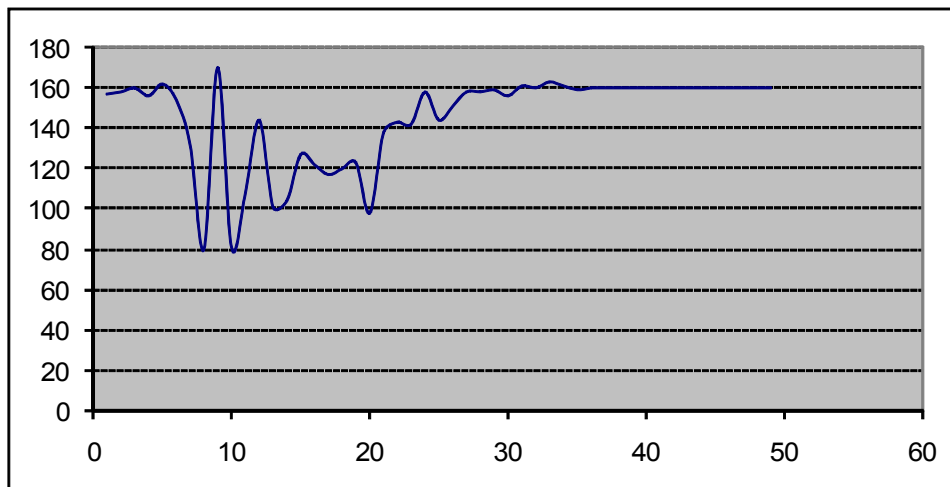
La trame est envoyée à 1200 BAUDS sur 13 octets (130 bits). La durée d'envoi de cette trame dure donc : 108 ms.

De plus, le premier choc est détecté à la 8<sup>ème</sup> mesures, la durée de chute mesurée est donc de 80 ms.

La sonde a donc parcouru les 1,5 qui la séparait du sol en 188 ms.

Nous pouvons en déduire la vitesse de chute de la sonde à environs 8 m/s.

De plus la sonde a perdu 150 m en environ 18s. Ce qui nous donne une vitesse de chute de 8,3 m/s ce qui coïncide parfaitement avec la mesure via l'accéléromètre.



Lors de la mesure du choc, l'accéléromètre a enregistré un delta de tension de 750 mV. Notre accéléromètre ayant une précision de 57 mV/g, nous pouvons en déduire la valeur du choc :

La valeur de l'impact du choc mesuré est de **13g**. Nous pouvons en déduire que le sol rencontré est « dur ».

De plus, Globalement 90% de l'impact dure 100ms. C'est à dire qu'il faut globalement 100ms pour passer de 10m/s à 0m/s. On retrouve donc un ordre de grandeur de 10g. Cette petite approximation nous permet de recouper l'ordre de grandeur de la vitesse à l'impact.

Conclusion pour la mesure de choc :

Toutes ces mesures indépendantes (temps de vol, temps entre détection sol et impact, accélération, temps de impulsion à l'impact) sont cohérentes entre elles et permettent de se prononcer sur la dureté du sol.

### **Température pendant le vol:**

Pendant le vol, quelques télémessures nous sont parvenues.

Malheureusement, les difficultés de réception ne nous ont pas permis de mesurer une éventuelle variation de la température pendant le vol.

La température de la planète a été mesurée à 29°C.

Cela permet de se prononcer sur un environnement thermique tout à fait acceptable sur cette planète.

### **Pression pendant le vol:**

Suite aux mêmes perturbations sur la télémessure liés à la station de réception, il nous a été impossible de mesurer une éventuelle variation de pression en fonction de l'altitude.

Une télémessure a été reçue à environ 100m d'altitude. Elle indiquait une pression de 902mbar.

Cette environnement permet de nous rassurer sur la pression. Il ne s'agit pas d'un vide spatiale, ni d'une surpression.

## 6. Conclusions.

Le projet Exploradur a démarré sur des objectifs très ambitieux.

Tout le travail réalisé par l'équipe durant les mois de préparation, a permis de tenir les objectifs principaux et une partie des objectifs secondaires.

Les résultats obtenus permettent de répondre à l'objectif scientifique de la mission sur la planète :  
« Peut on y envoyer une laboratoire scientifique type rover ». La réponse est aujourd'hui oui.

Une partie des objectifs technique a été tenue :

- Le séquençement de vol et sol s'est très bien déroulé,
- Il a été possible d'échanger avec la sonde un certain nombre de données ( à partir du moment où la sonde était en vue directe.

On regrettera simplement de ne pas avoir pu tester nominalement les cellules solaires, et ne pas avoir pu mettre en oeuvre la caméra.

Exploradur a été très riche en enseignement technique pour la compétition CANSAT france pour 2009.

Enfin, ce projet a été très riche humainement. Ce succès n'aurait pas été possible sans une équipe aussi impliquée.

Exploradur, ca assure !