

Antoine Jacquemier
Gregory Prevel
Romain Buisson
Vincent Journal

IUT DE VALENCE
DEPARTEMENT INFORMATIQUE

PROJET BALLON SONDE



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

REMERCIEMENTS

Notre groupe de projet tient à rendre hommage à l'ensemble du corps enseignant. Plus particulièrement à notre tuteur M André Lagrèze ainsi que M Dominique Bernardi qui nous ont soutenus tout au long de ce projet. D'autre part nous voudrions remercier les organismes Planètes Sciences et le CNES pour leur participation et leur collaboration active.

Sommaire

REMERCIEMENTS	2
Sommaire	3
1. PRESENTATION GENERALE.....	5
1.1 Présentation du projet	5
1.2 Présentation de planète science	5
1.3 Présentation technique du projet	5
1.4 Vue d'ensemble d'un vol.....	6
1.5 Avancement.....	6
2 ANALYSE DU BESOIN	7
2.1 Cahier des charges	7
2.2 Cas utilisations.....	8
2.3 Fiche de cas d'utilisation et diagramme de séquence	9
2.3.1 Cas d'utilisation N° 1	9
2.3.2 Cas d'utilisation N° 2	10
2.3.3 Cas d'utilisation N° 3	11
3 PRESENTATION HARDWARE	13
3.1 Microcontrôleur PIC	13
3.1.1 Pourquoi le 18F458.....	13
3.1.2 Son rôle.....	13
3.2 Modules de transmission	13
3.2.1 KIWI.....	13
Principe de fonctionnement.....	13
Choix du mode de fonctionnement.....	14
Caractéristiques principales de l'émetteur KIWI.....	16
3.2.2 Modulateur externe	16
3.2.3 Module TELIT	19
Rôle du module TELIT	19
Caractéristique principale.....	20
3.3 Capteurs météorologiques.....	21
3.3.1 Pression et température interne	21
3.3.2 Température externe	22
4 PRESENTATION SOFTWARE	24
4.1 Utilisation des capteurs.....	24
4.1.1 Température interne/ Pression	24

4.1.2 Température externe	24
4.2 TELIT	25
Schéma de l'automate d'état	26
4.2.1 Partie GSM.....	27
Qualité GSM.....	27
Transmission GSM	27
Format SMS	28
Envoi SMS	29
Envoi SMS sur demande	29
4.2.2 Réception GPS	30
Format trame.....	30
4.3 KIWI	31
4.3.1 Format trame.....	31
4.3.2 Mise en œuvre.....	31
Cycle d'envoi et de prise des mesures	32
5 CONCEPTION	34
5.1 Règles pour la création de la nacelle.....	34
5.2 Recommandation	34
5.3 Dimensionnement.....	35
6 STATION AU SOL	36
6.1 Réception KIWI	36
6.2 Réception GSM	37
7 BILAN ENERGETIQUE.....	38
7.1 Étude énergétique du TELIT	38
7.1.1 Bilan énergétique des capteurs	39
7.1.2 Bilan énergétique de la plaque microcontrôleur	39
7.2 Bilan énergétique du système	39
7.3 Hypothèse	40
8 CONCLUSION.....	41
9 GLOSSAIRE.....	42
10 WEBOGRAPHIE.....	43

1. PRESENTATION GENERALE

1.1 Présentation du projet

Ce projet est proposé et dirigé par le CNES dans une opération appelée « un ballon pour l'école ». Cette opération consiste à mettre à la disposition des écoles de collèges ou de lycées des chaînes de vol de ballons. En contrepartie, les étudiants conçoivent la nacelle ainsi que des expériences qui vont être embarquées dans la nacelle; jusqu'à 30 km d'altitude. C'est donc dans le cadre de cette opération que nous participerons à un lâché de ballon avec des expériences développées par nos soins à bord. L'opération « Un ballon pour l'école » se déroule sous l'égide du CNES qui confie à l'association Planète Sciences et à ses délégations régionales le suivi technique des projets et le lâcher.

1.2 Présentation de planète science

Planète science est une association qui a été créée en 1962 et propose aux jeunes des activités scientifiques et techniques expérimentales, dans le cadre des loisirs et du temps scolaire, avec le soutien de grands organismes scientifiques et industriels. Chaque année, Planète sciences et ses 10 délégations territoriales encadrent plus de 50 000 participants. Mille animateurs spécialisés soutiennent ainsi de multiples projets d'animation et de formation. Guidé par la volonté de développer la culture scientifique et technique auprès des jeunes, Planète Sciences :

- stimule et organise les loisirs scientifiques et techniques en France et à l'étranger,
- collabore avec l'enseignement pour la réalisation de travaux à caractère expérimental,
- prépare les animateurs et formateurs à l'animation scientifique,
- contribue à la formation pré-professionnelle des jeunes,
- favorise les échanges entre ces derniers et le milieu de la recherche et de l'industrie.

C'est ainsi que pour bénéficier du soutien de Planète sciences et en être adhérent, notre projet se fera sous forme de club. Ce club nous permet de disposer du matériel nécessaire à notre projet. Le CNES fournit gratuitement la chaîne de vol, l'hélium et finance une partie du suivi. L'association Planète Sciences assure la formation des suiveurs, l'organisation et l'encadrement technique des lâchers de ballons.

1.3 Présentation technique du projet

Le principe de notre projet consiste donc à envoyer un ballon sonde en totale autonomie durant un vol de plusieurs heures. Cette autonomie induit la mise en place dans la nacelle de systèmes électroniques fonctionnant seuls et répondant à des contraintes fonctionnelles importantes. C'est cette partie technique que nous devons conceptualiser.

Le but de ce projet consiste à faire intervenir différents capteurs afin d'étudier certains paramètres météorologiques ainsi que le positionnement du ballon lors de son trajet, pour cela on embarquera plusieurs capteurs et modules dans la nacelle afin de pouvoir prendre diverses mesures en vol et nous les communiquer au sol. Ces capteurs nous permettront de mesurer lors du trajet du ballon :

- Les coordonnées GPS (latitude et longitude)

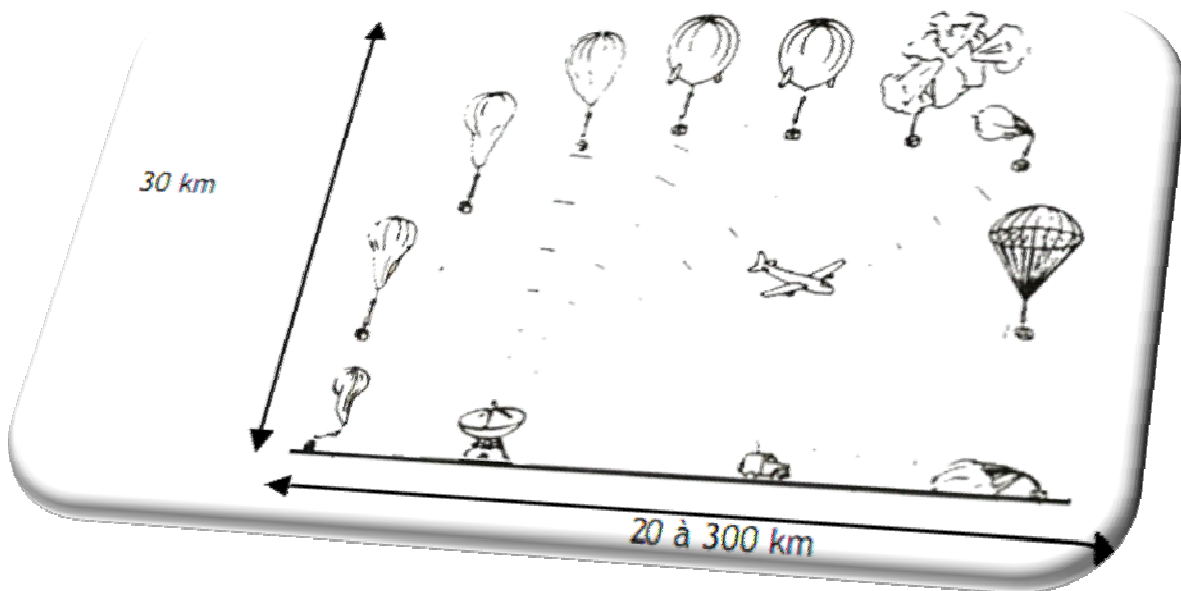
- L'altitude (grâce au GPS) en mètres.
- La température : intérieure (au ballon) et extérieure en °C.
- La pression en mbar.

Un module GPS/GSM fera office de système de communication pendant le vol, il nous permettra de réceptionner par SMS les mesures prises pendant le vol, ainsi que de répondre à n'importe quel moment à une demande de relevé sous forme de SMS.

Un émetteur appelé KIWI millénium, nous donnera la possibilité d'envoyer les données par hautes fréquences (138 MHz).

1.4 Vue d'ensemble d'un vol

Au décollage, une fois les secousses du lâché amorties, la nacelle se balance comme un pendule sous le ballon avec une amplitude faible et tourne sur elle-même (quelques tours par minute). La vitesse ascensionnelle est d'environ 5 m/s. L'enveloppe du ballon contenant l'hélium est fermée, le gaz y reste donc emprisonné durant l'ascension. La pression extérieure diminuant avec l'altitude, l'enveloppe se dilate, atteint un diamètre d'une dizaine de mètres puis éclate. La nacelle redescend alors sous son parachute.



1.5 Avancement

La réalisation de notre projet implique un suivi régulier de nos tâches. C'est pour cela que plusieurs réunions ont eu lieu afin de suivre le fil conducteur de notre projet. Deux types de réunions ont donc été effectuées, d'une part un suivi avec notre partenaire Planètes Sciences (Rencontre Club Espace) et d'autre part des réunions impliquant les membres du projet et notre tuteur.

Un stage de télémétrie nous a également été proposé par notre partenaire Planètes Sciences afin de savoir réaliser une chaîne de télémétrie numérique dans les meilleures conditions.

2 ANALYSE DU BESOIN

2.1 Cahier des charges

Le Principe d'un projet ballon sonde est de réaliser plusieurs mesures physiques (pression, température, altitude, etc....). Plusieurs contraintes physiques nous sont imposées telles que:

- La température ambiante : +35°C à -50°C
- La longévité de la batterie : possibilité de vol de plus de 3 heures
- Les dimensions de la nacelle
- Le Poids de la nacelle : ne doit pas dépasser plus de 2.5Kg

Ainsi que des contraintes de mesure :

- Les coordonnées GPS (latitude et longitude)
- L'altitude (grâce au GPS) en mètres.
- La température : intérieure (au ballon) et extérieure en degrés Celsius.
- La pression en mbar.

Un module GPS/GSM nous permet d'envoyer les mesures par SMS et également de recevoir des SMS que nous devons détecter.

Un émetteur appelé KIWI millénium, nous donnera la possibilité d'envoyer les données par 138 MHz.

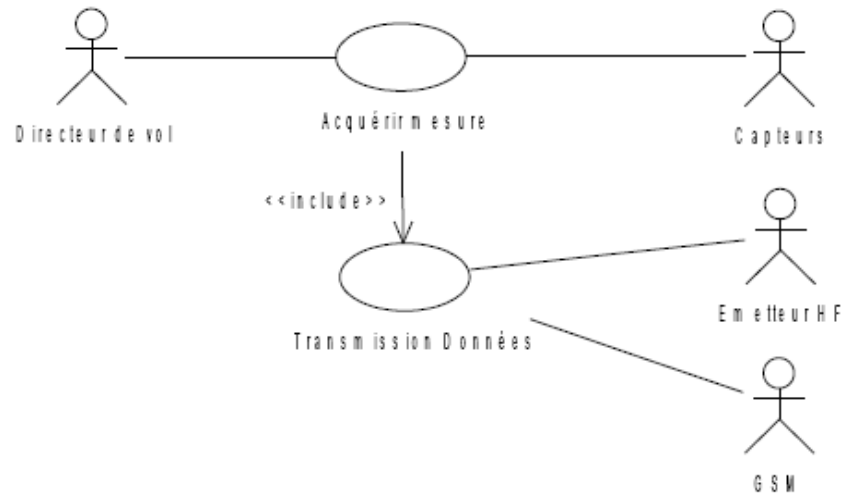
Une mise en veille des différents modules (GPS, GSM, et PIC) doit être possible afin d'économiser de l'énergie.

Le format des trames d'envoi de mesure par KIWI ou SMS doit être normalisé.

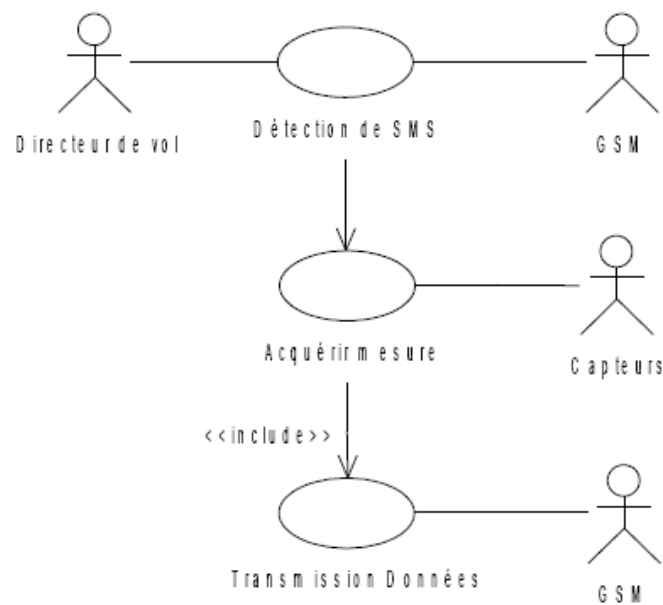
Trame KIWI	FF	Mesure séparée par une virgule (ex : pression, temp ext,..)
	Début	Data

2.2 Cas utilisations

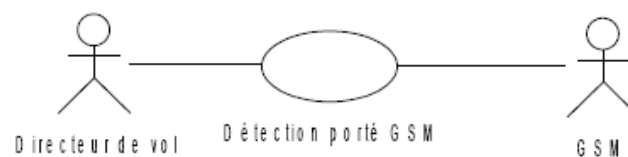
Cas d'utilisation N° 1 : Acquérir mesure



Cas d'utilisation N° 2 : Envoie des données lors d'une détection de réception SMS



Cas d'utilisation N° 3 : Détecter la portée du GSM



2.3 Fiche de cas d'utilisation et diagramme de séquence

2.3.1 Cas d'utilisation N° 1

Titre du cas d'utilisation :

Acquérir mesure

Résumé du cas d'utilisation :

Le microcontrôleur envoie une commande au module GPS demandant les coordonnées GPS. Le microcontrôleur reçoit la trame GPS et extrait les informations utiles (date, heure, altitude, longitude, latitude, nombres de satellites).

Si le nombre de satellites est suffisant (au moins égale à 3), la trame est validée. Sinon, une nouvelle mesure est demandée.

Ensuite, le microcontrôleur demande une nouvelle acquisition de la température interne, externe et de la pression. On calcule la vitesse ascensionnelle et enfin, on envoie ces données par 137 MHz et par SMS. Dans ce dernier cas, l'envoi ne se fera que si une variation d'altitude de plus de 500 mètres a été effectuée depuis le dernier envoi d'un SMS.

Acteurs qui participent au cas d'utilisation :

Acteur principal : Directeur de vol

Pré-conditions à l'exécution du cas d'utilisation :

Le système ainsi que le module GPS ne sont pas en mode veille.

Déclencheur du cas d'utilisation :

Le système déclenche périodiquement le cas d'utilisation.

Scénario nominal :

1. Demande acquisition des mesures par le directeur de vol
2. Envoi commande pour acquisition GPS
3. Réception des données par le système
4. Test si nombres de satellites supérieur ou égal à trois
5. Calcul de la vitesse ascensionnelle
6. Demande de prise de mesures au capteur interne
7. Réception des mesures (température en degré, altitude en mètres, pression en mbar).
8. Demande prise de mesures au capteur externe
9. Réception de la mesure de la température externe en degré
10. Envoi de l'ensemble des données par 137 MHz
11. Réception de l'ensemble des données par 137 MHz
12. Test si variation de plus de 500 mètres d'altitude

Scénarios alternatifs :

- 4a. si nombre de satellites ≥ 3 :
 - 4a1. Trame validée
- 4b. si nombre de satellites < 3 :
 - 4b1. Trame non valide, recommencer mesure
- 12a. Si variation > 500 :
 - 12a.1 Envois de l'ensemble des données par SMS
 - 12a.2 Réceptions de l'ensemble des données par SMS
- 12b. Si variation ≤ 500 :
 - 12b.1 ne rien faire

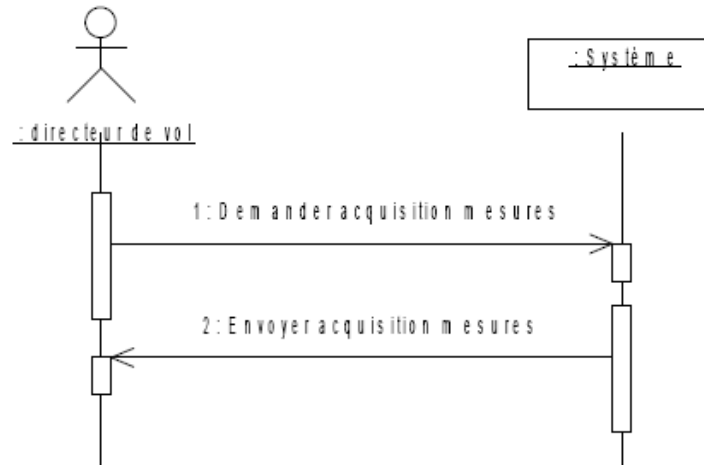
Post-conditions :

De nouvelles mesures ont été acquises et transmises à la station sol.
Le système n'est pas en mode veille

Besoins en IHM :

Aucun

Diagramme de séquence :



2.3.2 Cas d'utilisation N° 2

Titre du cas d'utilisation :

Envoie des données lors d'une détection de réception SMS

Résumé du cas d'utilisation :

Lorsque le module GSM reçoit un SMS, le système ira le lire afin d'en extraire le numéro de téléphone de l'expéditeur, et supprimera le SMS.

Puis, le système renverra à l'expéditeur du SMS les dernières mesures (voir cas d'utilisation « Acquérir mesure »).

Si le système est en mode veille, le cas d'utilisation ne sera traité qu'au retour en mode normal de fonctionnement.

Acteurs qui participent au cas d'utilisation :

Acteur principal : Directeur de vol

Pré-conditions à l'exécution du cas d'utilisation :

Le système n'est pas en mode veille

Le récepteur GSM est dans une zone de couverture GSM.

Déclencheur du cas d'utilisation :

L'envoi d'un SMS au module GSM embarqué dans la nacelle.

Scénario nominal :

1. le directeur de vol envoie un SMS
2. Le système reçoit le SMS
3. Le système prend les dernières mesures effectuées
4. On renvoie un SMS avec les données au même numéro

Scénarios alternatifs :

4a. si envoi OK :

4a1. Fin du cas d'utilisation, réussite

4b. si échec envoi (pas de couverture GSM) :

4b1. Recommencer le cas d'utilisation à la prochaine acquisition de mesures.

Post-conditions :

Le système n'est pas en mode veille
De nouvelles mesures ont été acquises
Un SMS a été envoyé a la station sol

Besoins en IHM :

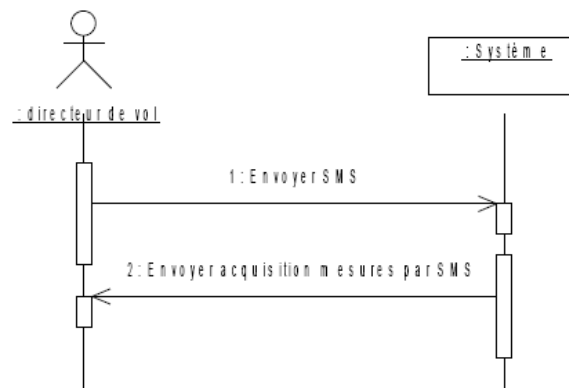
Aucun

Contraintes non fonctionnelles :

Portée du réseau GSM : le cas d'utilisation repose sur la bonne réception d'un réseau GSM, en l'occurrence l'opérateur téléphonique ORANGE.

Diagramme de séquence :

Diagramme de séquence :



2.3.3 Cas d'utilisation N° 3

Titre du cas d'utilisation :

Détecter la portée du GSM

Résumé du cas d'utilisation :

Le microcontrôleur fait un test régulier de la qualité de réception du réseau GSM. Quand le réseau n'est plus d'une qualité suffisante, on mémorise l'altitude pour savoir la portée GSM.

Acteurs qui participent au cas d'utilisation :

Le directeur de vol

Pré-conditions à l'exécution du cas d'utilisation :

Le système n'est pas en mode veille.

Déclencheur du cas d'utilisation :

Le système déclenche périodiquement le cas d'utilisation.

Scénario nominal :

1. Envoi de commande au TELIT pour voir la qualité du réseau.
2. Si la qualité de la liaison avec le réseau n'est pas bonne

Scénarios alternatifs :

- 2a. Si qualité bonne
 - 2a.1 ne rien faire
- 2b. Si qualité pas bonne
 - 2b.1 mémoriser altitude
 - 2b.2 envoyer altitude

Post-conditions :

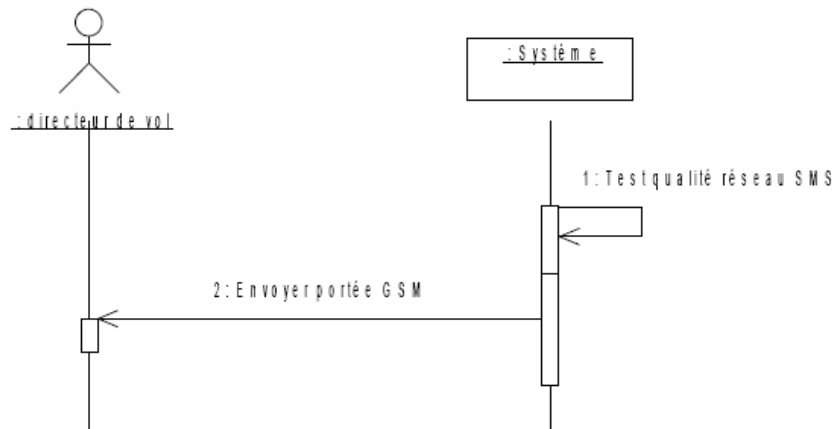
Le système ainsi que le module TELIT ne sont pas en mode veille.

Besoins en IHM :

Aucun

Diagramme de séquence :

Diagramme de séquence :



3 PRESENTATION HARDWARE

Pour mettre en œuvre le projet ballon sonde nous avons choisi différents équipements électroniques capables de mener à bien les objectifs fixés. En collaboration avec planète sciences nous avons pu nous appuyer sur leurs recommandations et choisir des équipements fiables et peut-être capables de répondre aux exigences qu'impose un long trajet en altitude.

3.1 Microcontrôleur PIC

3.1.1 Pourquoi le 18F458

Pour notre projet, nous avons choisi d'utiliser un microcontrôleur 18F458 implanté sur la carte de développement PICDEM 2 PLUS. Notre choix s'est appuyé sur différents critères. Tout d'abord sa disponibilité, mais aussi, car nous avons travaillé sur ce microcontrôleur et sur la carte PICDEM 2 PLUS tout au long de l'année et avons donc acquis une certaine maîtrise de celle-ci. De plus, cette plaque contient tous les éléments nécessaires à notre projet pour exploiter le microcontrôleur PIC.

3.1.2 Son rôle

Le cœur de notre projet sera la plaque PICDEM 2 PLUS avec le microcontrôleur 18F458. C'est d'ailleurs sa programmation la partie principale de ce projet.

C'est lui qui aura le rôle de gestion des données en envoyant les demandes d'acquisitions aux différents capteurs et qui gèrera les différentes trames envoyées par le module TELIT (voir l'automate d'état).

Il fera aussi l'extraction des données pertinentes et leur mise en forme pour qu'elles soient conformes à une norme définie.

Le microcontrôleur aura aussi pour rôle de détecter les différentes phases du vol et d'adapter l'envoi des mesures par conséquent, notamment lors de la phase de chute du ballon où il faudra accélérer les envois de données pour faciliter le repérage du ballon une fois au sol. Les mesures seront transmises par la suite soit par le réseau GSM (sous la forme de SMS), ou par le module KIWI.

Le pic 18F458 sera donc le « cerveau » de la nacelle.

3.2 Modules de transmission

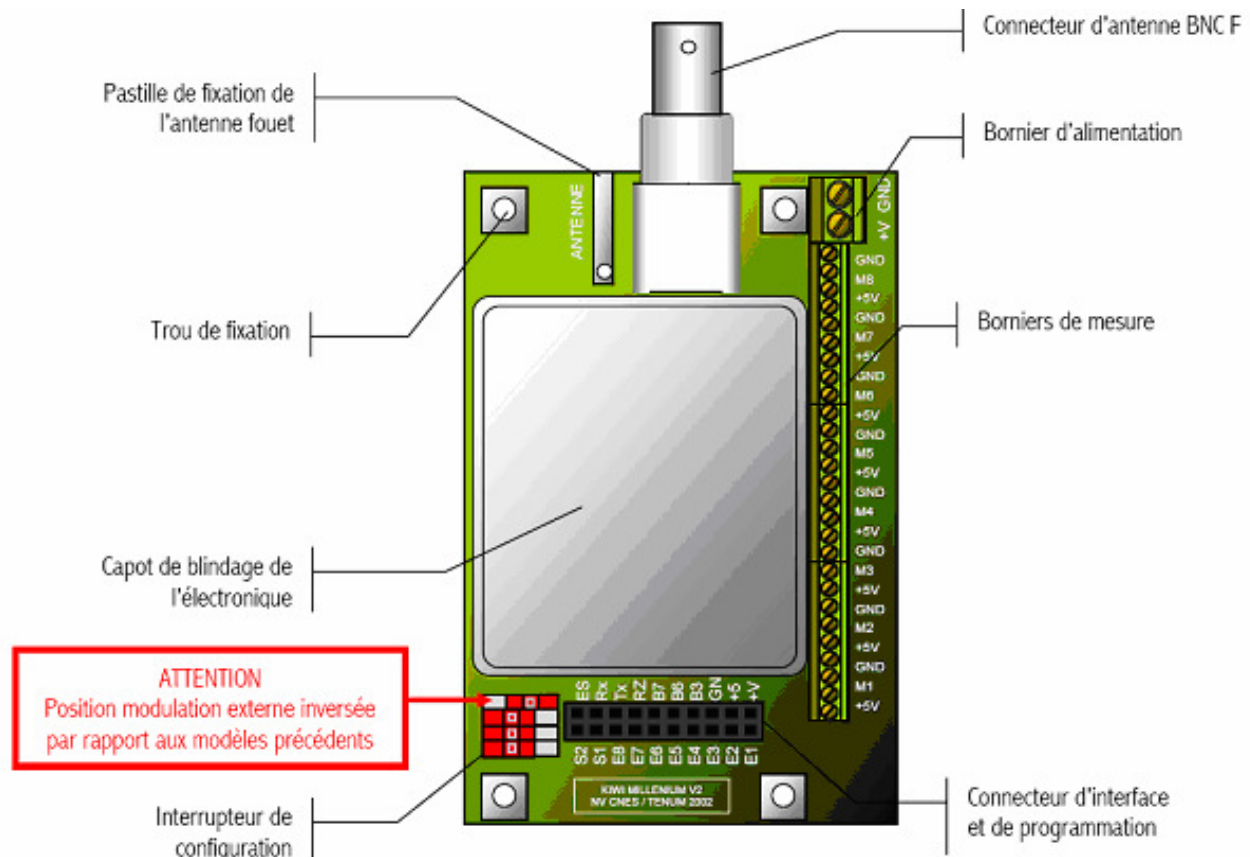
3.2.1 KIWI

Principe de fonctionnement

Le module KIWI permet de réaliser un procédé de transmission et de codage de données adapté à la télémesure des nacelles de ballons avec la version KIWI Millénium.

Le système est constitué d'un émetteur KIWI, d'une antenne radio placée sur la nacelle et d'un récepteur au sol relié à un ordinateur où se fera la lecture des données mesurées à l'aide d'un

logiciel adapté. Nous utiliserons le logiciel KEasy car il permet de configurer le type de trame reçu et permet une mise en forme des données. Les paramètres sont visibles en temps réels sur l'écran de l'ordinateur et sont enregistrés dans un fichier texte.



Choix du mode de fonctionnement

L'émetteur Kiwi possède plusieurs modes de fonctionnement que l'utilisateur peut choisir grâce à un jeu de 4 commutateurs.

Le commutateur «MOD » permet de sélectionner la modulation de l'émetteur. Soit une modulation interne ou une modulation externe.

En mode de modulation interne. Celui-ci prend une par une les valeurs des 8 tensions qui sont présentes sur les entrées analogiques du kiwi. C'est un multiplexeur qui effectue cette fonction. Ensuite, un convertisseur analogique numérique est présent et permet l'acquisition de la valeur de la tension au sein du microcontrôleur PIC. Les valeurs des tensions analogiques à envoyer doivent être comprises entre 0 et 5 volts car elles sont ensuite numérisées par le biais d'un CAN. En effet, les valeurs de référence basses et hautes (Vref- et Vef+) sont respectivement de 0 volts et 5 volts. Ensuite un modulateur FSK envoie le signal par hertzien sur la bande de fréquence des 138 mhz. Les données sont envoyés selon une norme appelé norme SNR.

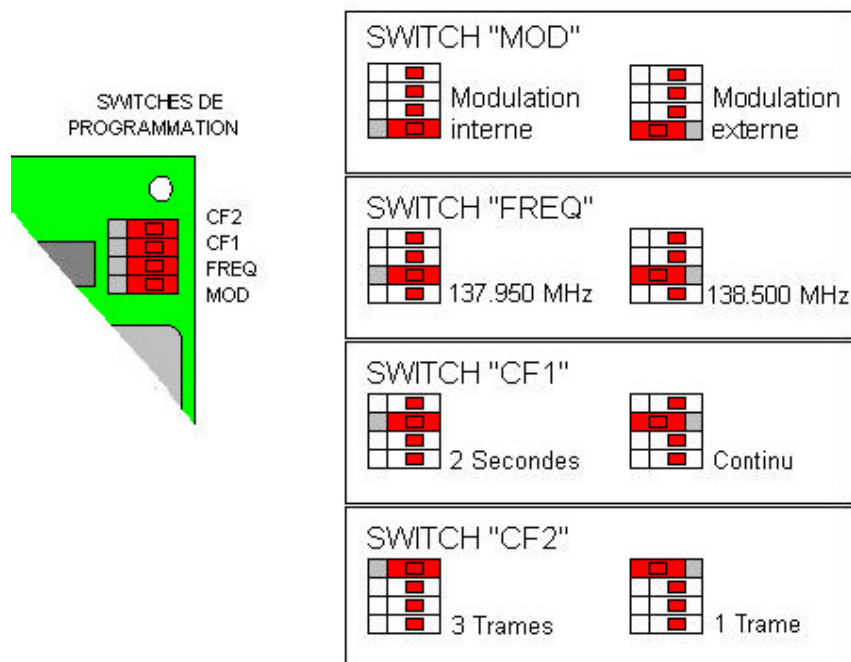
Ce mode est surtout prévu pour les écoliers, car celui-ci n'est pas modulable. Dans ce cas là, le KIWI se contente d'envoyer au sol la valeur de 8 capteurs analogiques directement connectés au KIWI.

C'est pourquoi, il existe un second mode appelé modulation externe. Dans ce mode, le Kiwi n'effectue que l'envoi des données sur le 138 mhz. L'acquisition des données et la modulation ne sont pas traités par le Kiwi. Nous utiliserons dans ce cas là un modulateur externe. Celui-ci est basé sur un composant dénommé XR2206. Les données à envoyer par le biais du Kiwi sont donc d'abord envoyées sur le XR2206 qui effectue la modulation en fréquence. Ensuite, le kiwi envoie les données précédemment modulés.

En mode de modulation externe, la trame peut être formatée comme bon nous semble. Aucune contrainte ne nous est imposée. Ceci, nous permet d'envoyer directement des données numériques comme la position GPS par exemple.

Pour notre projet, nous avons choisi de travailler en modulation externe, car nous n'utiliserons pas les entrées analogiques. En effet toutes les données provenant des différents capteurs seront d'abord acquises par le microcontrôleur. Ensuite, elles seront envoyées sous forme numérique (codage ASCII) au Kiwi.

Dans le cadre du projet ballon, les données sont envoyées à une vitesse de 600 bauds. La vitesse de 1200 bauds aurait également pu être choisie. Toutefois, la distance étant longue, les perturbations sont également beaucoup présentes. Une vitesse faible nous permet alors une meilleure et plus longue transmission des données.



L'interrupteur « FREQ » règle la fréquence d'émission du Kiwi. Une seconde fréquence appelé fréquence de dégagement est possible. Celle-ci sert dans le cas ou un second lâcher de ballon serait fait le même jour. Chaque ballon disposerait alors de sa propre fréquence d'émission.

Les interrupteurs « CF1 » et « CF2 » n'ont une utilité qu'en mode de modulation interne.

Caractéristiques principales de l'émetteur KIWI

- Les dimensions hors tout de l'émetteur sont de 86 mm sur 57 mm et de 11 mm d'épaisseur.
- La masse de l'émetteur KIWI est de 50 grammes.
- Les données sont transmises au sol toutes les deux secondes.
- L'émetteur KIWI doit être alimenté entre 9 et 15 V. L'émetteur est protégé contre une inversion de l'alimentation. La consommation électrique de base est de 190 mA
- Les sorties 5 V permet de disposer d'une alimentation régulée. Le courant prélevé ne doit pas dépasser 100 mA. Ce courant augmente d'autant la consommation de base. Les piles doivent être prévues en conséquence. Attention il n'y a pas de protection contre les courts circuits pour les sorties 5 V régulées.
- Toutes les connexions de masse sont reliées entre elles.
- L'émetteur KIWI doit être placé à l'intérieur de la nacelle du ballon et être protégé du froid. Les performances des piles se dégradent sous l'effet du froid.
- Son antenne est un brin métallique de 50 cm de long livré avec l'émetteur. Elle doit traverser la paroi de la nacelle et se tenir en position verticale vers le bas ou vers le haut à l'extérieur.
- La fréquence radio du KIWI est de 137,950 MHz (ou 138,500 MHz).

3.2.2 Modulateur externe

Pour effectuer cette modulation externe, il faut fournir à l'émetteur KIWI millénium une modulation FSK. À 600 bauds, les bits 0 et 1 sont chacun respectivement représentés par une fréquence précise de 1200 Hz et 900 Hz à l'entrée du KIWI.

Afin de créer cette modulation FSK, nous allons utiliser un modulateur FSK de référence XR2206.

Dès que celui-ci voit sur sa broche 9 (FSK input) un niveau 0 ou 1 il retransmet en sortie la modulation FSK qui correspond. Les deux fréquences de modulation sont physiquement réglées grâce aux résistances R1 et R2.

Schéma du modulateur externe:

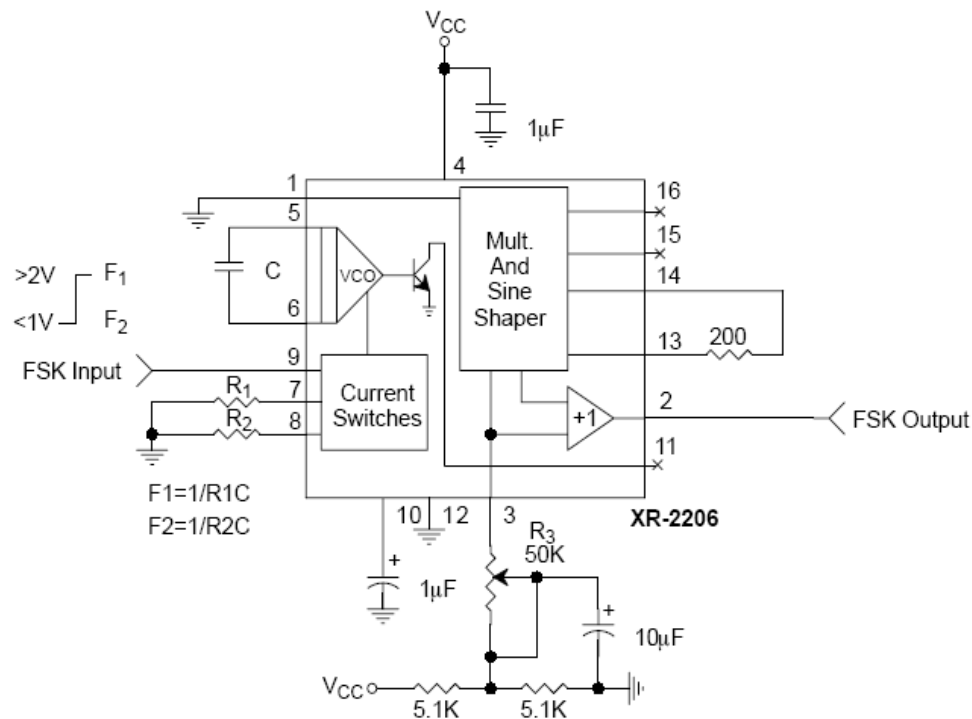


Figure 13. Sinusoidal FSK Generator

- Calcul des composants externes :

Pour une émission de 600 bauds ont à deux fréquences d'envois =

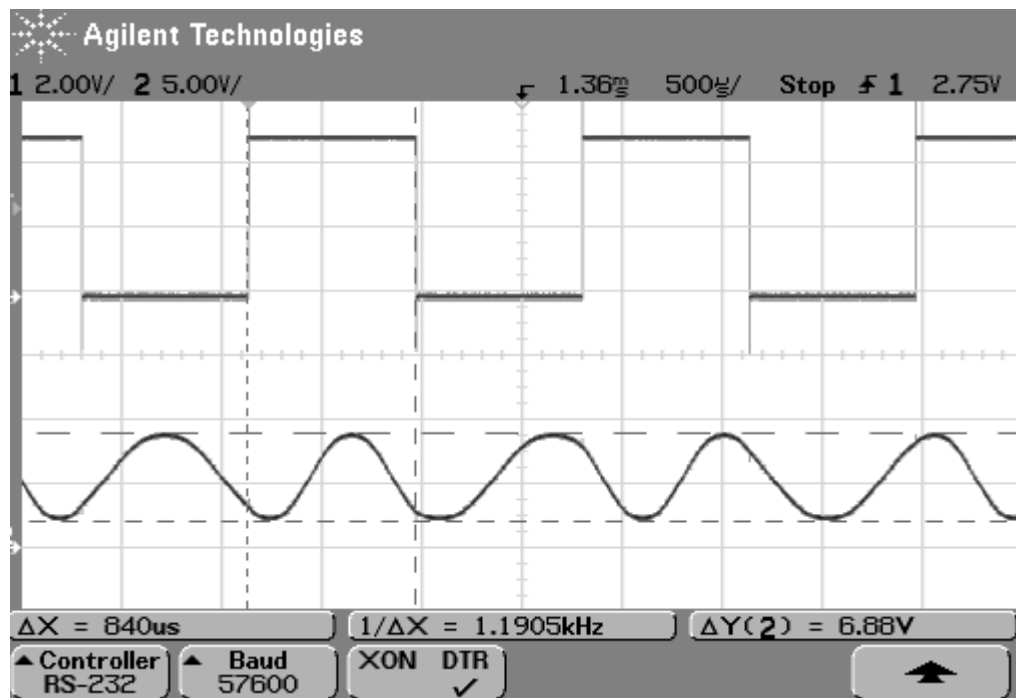
$$F1 = 1/R1C = 1200\text{Hz} \text{ et } F2 = 1/2R2C = 900\text{Hz}$$

On peut fixer $C = 100\text{nF}$ et on aura $R1 = 11,11\text{ Kohms}$; $R2 = 83,33\text{ Kohms}$.

On pourra utiliser des potentiomètres pour ces deux résistances que l'on réglera à la bonne valeur pour obtenir les bonnes fréquences.

- Réglage des fréquences 1200 et 900Hz :

Pour régler les deux fréquences, nous avons d'abord mis l'entrée du modulateur à la masse pour régler le 900Hz puis à 5V pour régler le 1200HZ. Nous avons ensuite injecté un signal carré de fréquence 600Hz (qui représente les 600 bauds) et visualisé la sortie à l'oscilloscope afin de valider le bon fonctionnement du niveau des fréquences.



En haut, le signal à l'entrée du modulateur FSK. En bas, le signal a la sortie du modulateur FSK. On peut déjà remarquer que le signal est bien modulé en fréquence suivant l'état d'entrée. Plus particulièrement, on voit que pour un état 1 (5 volts), la fréquence est de 1,19 kHz soit environ 1200 Hz voulu.

Remarque : le troisième potentiomètre (R3) règle l'amplitude du signal de sortie. Pour la régler, nous avons observé l'amplitude du signal de sortie du kiwi en modulation interne et nous l'avons appliqué à notre signal (à 3,2V).

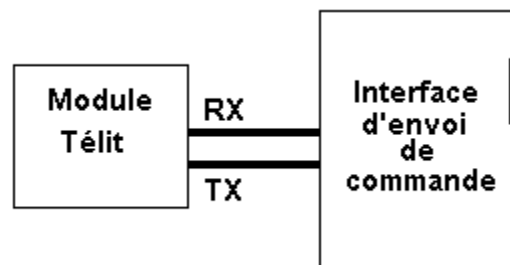
Avec ce modulateur nous n'avons que deux états possibles qui correspondent aux deux fréquences. Nous émettons donc un niveau zéro (900Hz) quand il n'y aura pas de données à envoyer. Ceci ne gêne pas la réception qui a été correctement testé avec cette configuration.

3.2.3 Module TELIT

Rôle du module TELIT

Le module TELIT862 à un double rôle, c'est un récepteur GPS et peut également gérer un réseau GSM. Tel un téléphone portable, il peut envoyer et recevoir des SMS. Il dispose donc de deux antennes. Une pour le GSM et une pour le GPS. Un emplacement est également disponible afin de pouvoir insérer une carte SIM. La communication se fait par lien RS232 au moyen de commande AT. Les commandes AT, constituent un langage de commandes développé à l'origine pour un modem de marque Hayes. Ce jeu de commande s'est ensuite retrouvé dans presque tous les modems produits.

Dans notre cas, l'UART matériel disponible sur le PIC18F458 a été interfacé au module TELIT.



Nous communiquons avec le TELIT avec une vitesse de 9600 bauds, 8 bits de données, 1 bit de stop, pas de parité et pas de flux matériel.

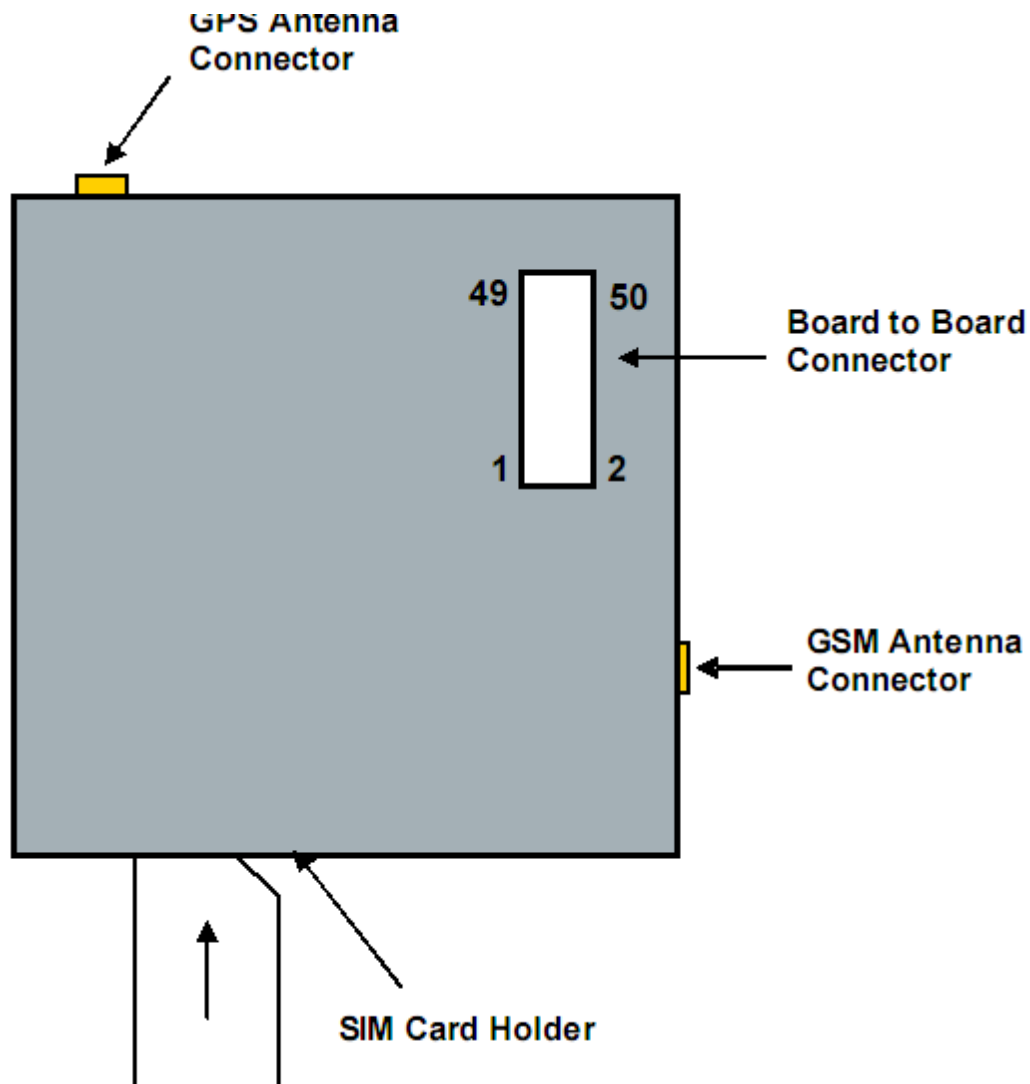
Le module TELIT s'alimente avec une tension de 9 volts. Celui-ci est assez « gourmand » en énergie et provoque de pics d'intensité lors d'une prise de mesure GPS et de l'envoi de SMS.

Le module Télit nous servira donc :

- A connaître la position GPS
- A connaître l'altitude
- A recevoir/envoyer des SMS
- A connaître la qualité de la liaison GSM.

Caractéristique principale

Schéma et connectique du TELIT :



Broche1 : VBATT
 Broche 2 : GND
 Broche 3 : VBATT
 Broche 4 : GND
 Broche 5 : VBATT
 Broche 23 : RESET

Nous avons câblé la broche 23 avec une sortie numérique du PIC18F458. Ceci nous permet de commander à partir du microcontrôleur PIC la mise en route du module TELIT.

3.3 Capteurs météorologiques

3.3.1 Pression et température interne

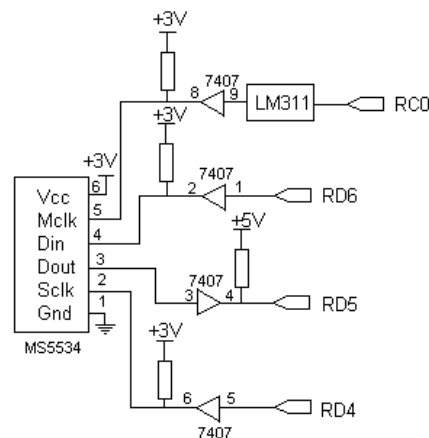
En ce qui concerne le capteur de pression et de température interne, nous avons utilisé le capteur MS55534A.

Caractéristique :

- VDD 4V MAX ;
- Fonctionne en SPI ;
- Température de fonctionnement : -40 °C à 60 °C
- Plage de mesures :
 - * Pression : 300 à 1100 mbar ;
 - * Température : -10 °C à +60 °C.

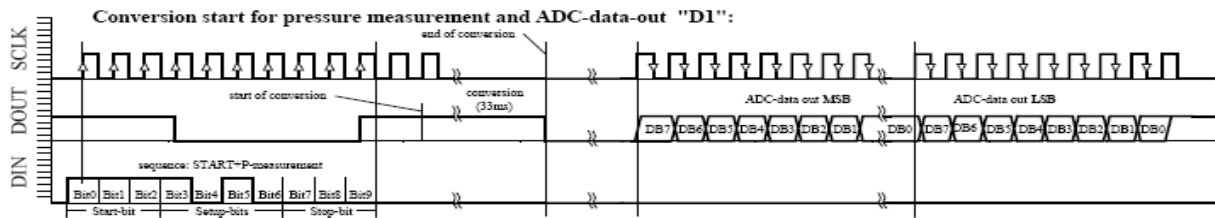


Montage de Capteur :

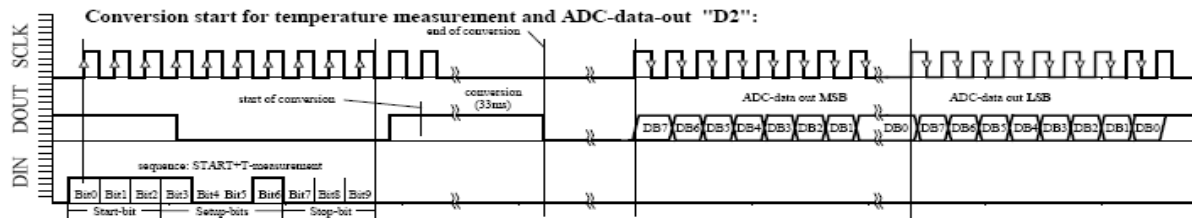


Ce capteur nous a été fourni déjà câblé, toutefois, au cours de l'élaboration du projet, un problème est survenu. Après avoir longtemps cherché, celui-ci venait du fait que le niveau de la tension du master clock (Mclk) se révélait insuffisant.

Le montage autour du LM311 permet donc de réajuster le niveau du master Clock qui est généré par le PIC18F458 grâce à la broche 13 (OSCO). L'horloge (OSCO) variant entre 0 et 1.2V, nous le ramenons à une variation entre 0 et 5V environ nécessaire à son bon fonctionnement.



Séquence d'acquisition sur le bus SPI de D1 : mesure de la pression



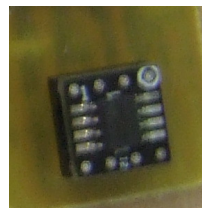
Séquence d'acquisition sur le bus SPI de D2 : mesure de la température

3.3.2 Température externe

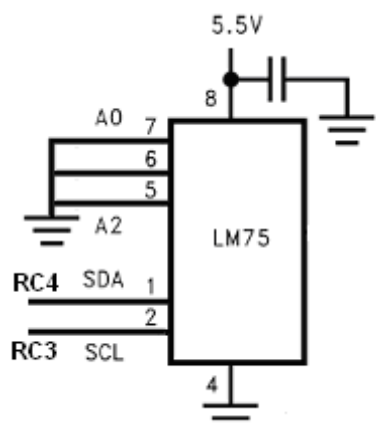
Pour la prise de mesures de température externe, nous avons utilisé le capteur LM75. Préalablement étudié en cours, il est capable de fonctionner entre -55 et $+125^{\circ}\text{C}$, avec une précision de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Ce capteur à bas coûts et simple d'utilisation est pour nous la solution la plus efficace pour notre projet.

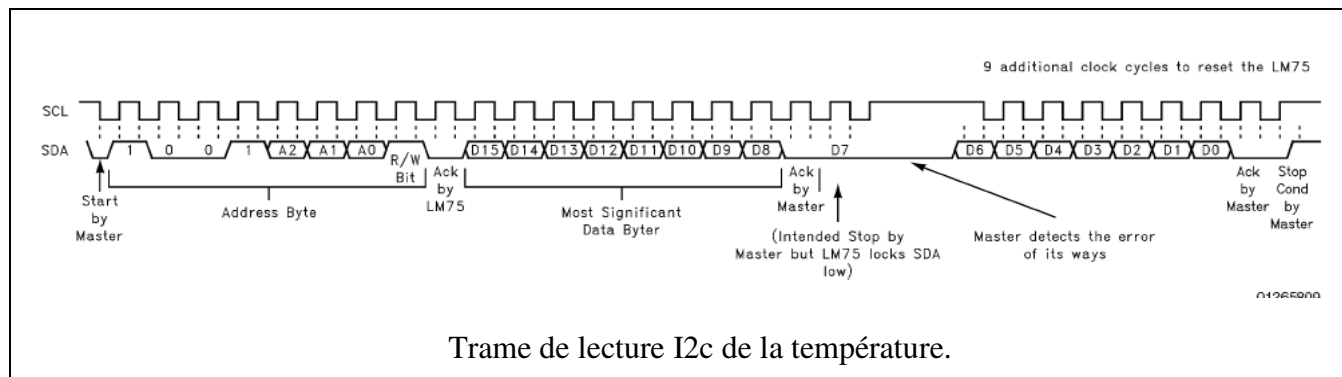
Ce capteur a la particularité de fonctionner sur un bus I2C, ce qui permet, si on le désire, de mettre plusieurs capteurs en parallèle. Ces caractéristiques sont les suivantes :

- Courant de fonctionnement $250\ \mu\text{A}$;
- Tension : 3V à 5.5V
- Adresse A0 – A2 : 000



Nous allons voir ci-dessous le schéma de câblage ainsi que le protocole de communication avec le capteur :

Montage du Capteur	Format des données de Température		Adresse complète du Capteur																				
	Température de sortie numérique Binaire Hex																						
	+125°C	0 1111 1010	0FAh																				
	+25°C	0 0011 0010	032h																				
	+0.5°C	0 0000 0001	001h																				
	0°C	0 0000 0000	000h																				
	-0.5°C	1 1111 1111	1FFh																				
	-25°C	1 1100 1110	1CEh																				
	-55°C	1 1001 0010	192h																				
				<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>A2</td><td>A1</td><td>A0</td></tr><tr><td colspan="4">MSB</td><td colspan="3">LSB</td></tr></table>							1	0	0	1	A2	A1	A0	MSB				LSB	
1	0	0	1	A2	A1	A0																	
MSB				LSB																			



Trame de lecture I2c de la température.

4 PRESENTATION SOFTWARE

4.1 Utilisation des capteurs

4.1.1 Température interne/ Pression

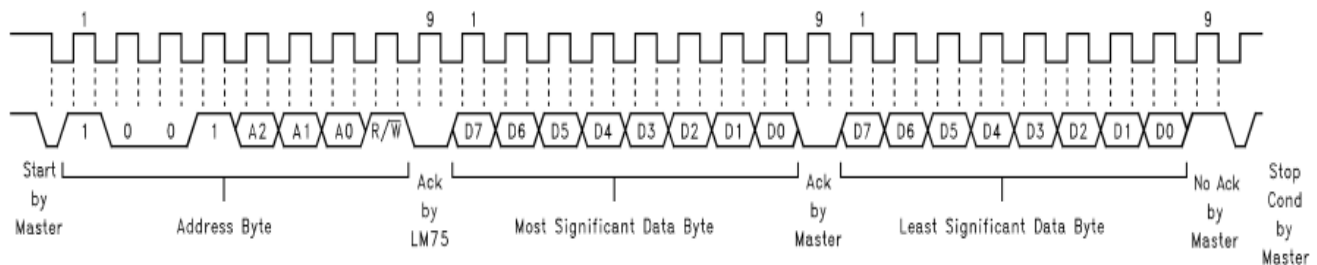
Le capteur MS5534A fonctionne sur le bus SPI. Le code pilotant ce capteur nous a été fourni. Celui-ci ayant été développé dans le cadre de la fête de la science 2007.

Le code fourni a donc été intégré à notre projet. Celui-ci fonctionne correctement. Une simple routine nous renvoie la température, l'altitude, et la pression. L'altitude de ce capteur est ignorée, car on se base sur l'altitude du GPS.

4.1.2 Température externe

Le capteur prenant la température à l'extérieur de la nacelle est le LM75 et fonctionne sur le bus i2c.

La feuille technique nous informe sur la manière de dialoguer avec le capteur en I2c.



(a) Typical 2-Byte Read From Preset Pointer Location Such as Temp, T_{OS} , T_{HYST}

Ce chronogramme issu de la feuille technique nous indique comment effectuer une lecture de la température. Le master est représenté par le PIC. L'esclave étant le LM75.

Après avoir correctement configuré le lien i2c (principalement le mode et le débit), on peut commencer le dialogue entre le pic et le LM75.

Le dialogue commence par le pic qui envoie un start. Celui-ci prend alors le contrôle sur le bus. Le pic envoie ensuite sept bits d'adresses suivi d'un bit 1 indiquant que l'on souhaite effectuer une lecture de la température. Puis, le LM75 envoie un acquittement afin de signaler au pic qu'il a bien reçu les données. S'en suivent huit premiers bits de données. Le pic envoie ensuite un acquittement afin de signaler qu'il a correctement reçu les 8 bits de données. Puis le LM75 envoie de nouveau huit bits de données. Enfin, le pic envoie un NotAck suivi d'un stop afin de clore la transmission.

À la suite de cette communication, nous nous retrouvons avec deux octets envoyés par le LM75. La fiche technique nous informe une fois de plus sur la signification de ces deux octets.

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D09	D08	D07	D06	D05	D04	D03	D02	D01	D00
MSB	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	LSB	X	X	X	X	X	X	x

D00 – D06 : inutilisé

D07-D15 : température, un LSB = 0.5°C.

Nous savons maintenant que la température est contenue dans les bits de D07 à D15. Si le bit D07 est présent, cela voudra dire qu'il faudra ajouter à la température +0.5°C. La température renvoyée est représentée de manière signée. Celle-ci pouvant être négative.

Les erreurs pouvant subvenir lors du dialogue sont principalement des erreurs de collision. Cela peut également être un problème de non-acquittement de la part du capteur. Ces erreurs sont détectées et gérées par le logiciel. Si une erreur de ce type intervient, une deuxième mesure est de suite demandée. Si une erreur intervient une nouvelle fois, on incrémente alors un compteur d'erreur. On ne peut pas redemander en permanence une nouvelle mesure dès qu'une erreur survient. En effet, ceci serait bloquant pour le logiciel. Et le pic ne pourrait traiter les autres tâches.

4.2 TELIT

La communication entre le TELIT et le PIC se fait par le lien série. L'UART matériel a donc été utilisé. La réception par le PIC est utilisée en mode interruption.

Afin de recevoir, les données émises par le module TELIT, un serveur d'interruption a été créé. Ce serveur d'interruption se doit d'être rapide et ne fait que stocker les caractères reçus dans une FIFO (first input first output) pour un traitement ultérieur.

Le traitement de cette FIFO s'effectue dans le programme principal. C'est un automate d'états finis, qui va suivant les caractères reçus, détecter et extraire les informations utiles.

Les différentes trames reçues par l'automate sont :

- La trame +CMTI : suivie du numéro de lecture du SMS et sa référence
- La trame +CMGR : suivie du numéro de téléphone de l'expéditeur du SMS
- La trame \$GPSACP : suivie des coordonnées de position
- La trame +CSQ: suivie de la qualité du réseau GSM
- 'E' pour une détection d'erreur (ERROR)
- 'O' pour une réponse OK.

On remarquera que les différents types de trames reçues commencent toujours par le même caractère et nous permettent de tracer les grandes lignes de notre automate d'états.

Les premiers caractères reçus des trames en provenance du module TELIT :

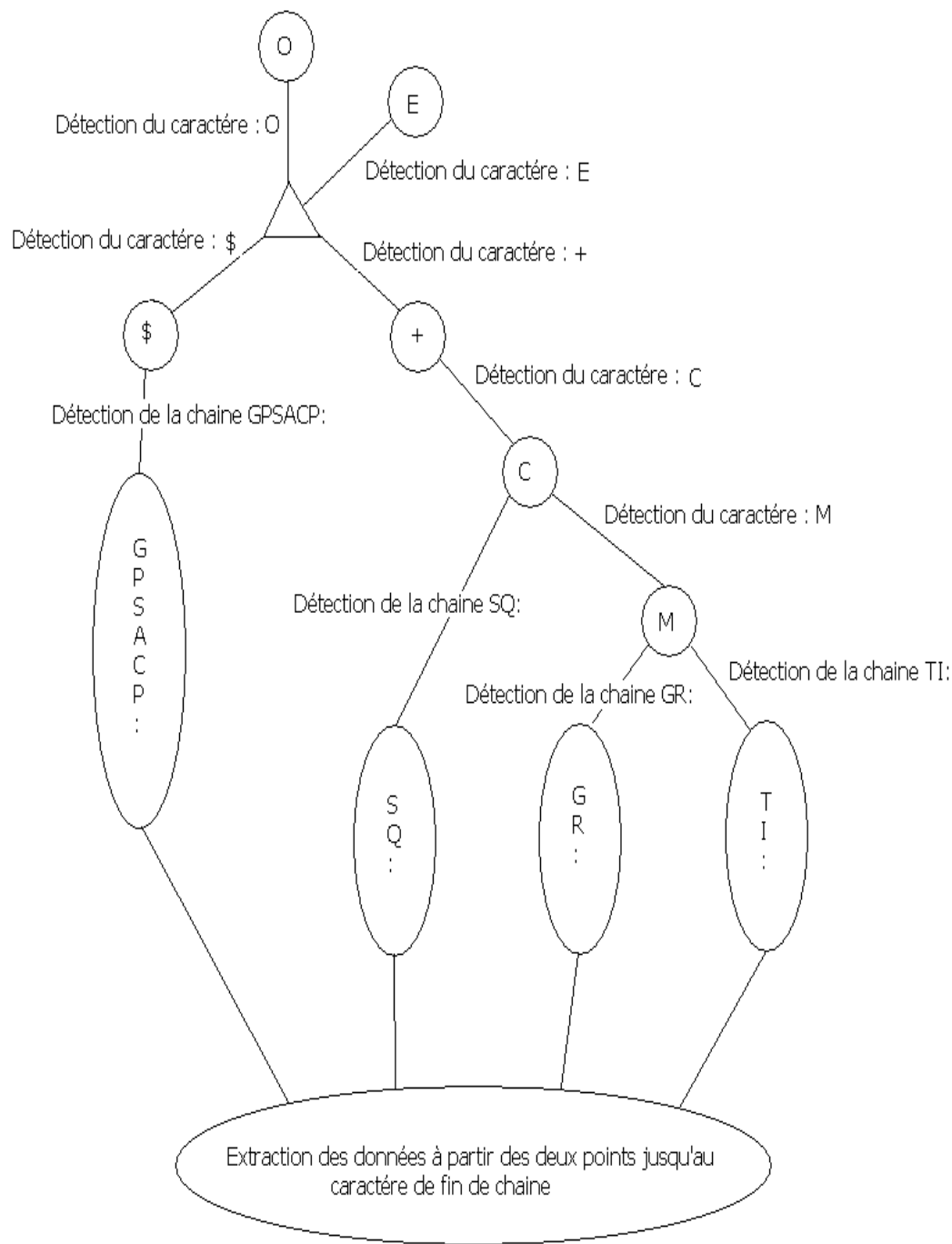
- '+' pour une trame GSM,
- '\$' Pour une trame GPS,
- 'E' pour une détection d'erreur (ERROR),
- 'O' pour une réponse OK.

Les OK et ERREUR sont gérés, et incrémente respectivement un compteur de OK et d'ERREUR. A la manière du réseau CAN, un ratio est effectué. On calcul le nombre d'erreurs sur le nombre d'OK reçus. Si ce ratio est supérieur à 0.005 alors on réinitialise le module TELIT.

Le ratio de 0.005 autorise 5 erreurs pour 1000 OK.

Schéma de l'automate d'état

On trouvera un état commun (sauf dans le cas d'un OK ou d'une ERREUR) ou se fera l'extraction des données entre les deux points et le caractère de fin de chaîne. Par la suite on ira dans différentes fonctions d'extraction selon le type de commande.



4.2.1 Partie GSM

Qualité GSM

On peut également, connaître la qualité de la liaison GSM du TELIT, en interrogeant celui-ci. Afin de connaître la qualité de la liaison GSM, il nous faut envoyer la commande AT :

AT+CSQ

La réponse a cette commande est sous la forme **+CSQ:<RSSI>, <BER>**.

RSSI : correspond à un chiffre entre 0 et 31 et nous indique le niveau de qualité du signal. Le chiffre 99 correspond à un code d'erreur afin de signaler qu'il n'y a pas de réseau.

BER : correspond au pourcentage d'erreur entre 0 et 99.

À partir du chiffre renvoyé par le module, on peut trouver un rapport de puissance en dBm grâce au tableau suivant :

Chiffre renvoyé par le module (RSSI)	Rapport de puissance en dBm
0	-113
1	-111
2.. 30	-109.. -53 avec 2db par pour cent
31	-51
99	Pas de réseau

Un dBm est une unité standard de mesure des niveaux de puissance par rapport à un signal de référence 1 milliwatt.

On peut à partir de cette mesure, en déduire la puissance de réception en Watt.

$$P = 10^{(x / 10)}$$

Ainsi pour une dBm de 0 on trouve bien 1 MW. Pour une réception de -113 dBm (cas extrême), la réception est de 0.005 pW. Pour une puissance de réception de -51 dBm, on trouve une puissance de 7.9 nW.

Transmission GSM

L'envoi des mesures par SMS (réseau GSM) s'effectue grâce au module TELIT. Une fois les acquisitions de différentes mesures effectuées on enverra ces données par palier d'altitude. Ceci

nous permettra de connaître la portée du réseau GSM. Et de doubler les médiums de communication. Notamment lors de sa chute afin de connaître la position de la nacelle.

Un SMS peut contenir au maximum 160 caractères. Il devra contenir toutes nos mesures sans pour autant dépasser le nombre maximal de caractères par SMS.

Un SMS est envoyé si la nacelle est montée (ou descendu) d'une altitude au moins supérieure à 500 mètres depuis le dernier envoi d'un SMS. Tous les SMS sont envoyés selon un format défini :

Format SMS

0	8	1	0	1	1	,	4	4	5	4	.	9	1	2
9	N	,	0	0	4	5	4	.	8	9	7	9	,	0
0	1	1	1	.	1	,	0	2	0	.	0	,	0	2
0	.	0	,	1	0	,	1	0	0	7				

Respectivement :

Heure, Latitude, Longitude, Altitude, Température interne, Température externe, Qualité GSM, Pression

Explication des données envoyées par SMS :

Heure : HHMMSS → Heure au format GMT

Latitude : 0000.0000N → Latitude

Longitude : 00000.0000E → Longitude

Altitude : 00000.0 → Altitude en mètres

Température interne : 000.0 → Température intérieure en °C

Température externe : 000.0 → Température extérieure en °C

Qualité GSM : 00 → Qualité signal GSM (RSSI)

Pression : 0000 → Pression en mbar

Toutes les données sont séparées par des virgules.

Exemple trame :

133827,4454.9243N, 00454.8850E, 136.1, 22.5, 24.0, 11,1003

Envoi SMS

- Initialisation

Afin de pouvoir envoyer des textos, des commandes d'initialisation doivent être envoyées au module TELIT. Ces commandes ne sont à effectuer qu'une seule fois après chaque mise sous tension du module ou reset software.

- Initialisation du mode PDU (permet d'écrire au format texte) : **AT+CMGF = 1**
- Centre de messagerie : **AT+CSCA = <numéro du centre>, <national ou international>**

- Envoi d'un SMS

Voici le scénario à effectuer afin d'envoyer un texto.

- 1) Envoi de la commande AT :

AT+CMGS = <numéro> <national ou international>

- 2) Écriture du message

- 3) Envoi du caractère « **Ctrl + z** » pour confirmer l'envoi du texto.

Lors de l'envoi d'un texto et si il n'y a pas de réseau, le TELIT se contente de nous renvoyer un message d'erreur : **+CMS ERROR: 331**

C'est pourquoi on traitera cette erreur en amont. Ainsi, avant d'envoyer un SMS, on vérifiera la qualité de la liaison GSM. Si celle-ci vaut 99 qui correspond à un code d'erreur pour indiquer qu'aucun réseau n'est disponible. On n'enverra simplement pas de texto.

Envoi SMS sur demande

Pendant le vol, le télit doit pouvoir envoyer les mesures par SMS sur demande. Cette demande se fait également par SMS.

Le télit doit donc être capable de recevoir les SMS. Pour cela, une commande AT doit être envoyée au module TELIT. Cette commande n'est à envoyer qu'une seule fois après chaque mise sous tension du module ou reset software. Cette commande indique que si le module TELIT reçoit un SMS, alors il enverra sur son lien série et donc au PIC, l'indication qu'il a reçu un SMS.

- Commande d'initialisation

AT+CNMI=1,1

Une fois la configuration effectuée, si le TELIT reçoit un SMS, il envoie au pic un message de cette forme :

+CMTI : « SM »,REF

REF indique la référence du message, c'est un nombre compris entre 0 et 255. Ceci nous servira à lire le SMS afin d'en extraire le numéro.

Pour lire un SMS, il faut envoyer la commande AT suivante au module (Avec REF, la référence du message) :

AT+CMGR=REF

Le Telit répond alors :

+CMGR : « REC UNREAD », « +33617404987 », « 07/12/11,17 :05 :17+04 » hello OK

Le Telit nous renvoie donc plusieurs informations dont celle qui nous intéresse : le numéro de téléphone de l'expéditeur du SMS.

Toutes les communications envoyées par le TELIT sont toujours gérées par l'automate d'état. C'est lui, qui va reconnaître les trames reçues et appeler les fonctions d'extractions, qui vont extraire l'index du SMS, le numéro...

Une fois le numéro de l'expéditeur du SMS connu, on peut renvoyer un SMS à ce numéro avec toutes les mesures.

Les numéros courts, généralement ceux utilisés par les opérateurs pour envoyer des messages d'informations sont détectés et ne seront pas sujets à un renvoi d'un SMS.

Dès que le numéro de l'expéditeur est connu et avant de renvoyer un SMS, on se charge également d'effacer le SMS reçu. Celui-ci étant stocké dans la carte SIM, le nombre de SMS stockés est limité, et peut poser problème si une saturation arrivait.

C'est pourquoi, on efface le SMS, dès que l'on a extrait le numéro de l'expéditeur et qu'il ne nous est plus utile. Afin d'effacer le SMS, on doit envoyer cette commande AT (Ou REF est l'index du SMS à effacer) :

AT+CMGD=REF

4.2.2 Réception GPS

Format trame

Afin de connaître la position GPS du module (donc de la nacelle) la trame AT suivante doit être envoyée au module :

AT\$GPSACP

La réponse du module à une trame de ce type est (exemple de réponse):

\$GPSACP: 162903.999,4454.9159N,00454.9028E,1.2,133.5,3,130.05,1.51,0.81,111207,05

La réponse donnée par le TELIT est complète et nous fournit beaucoup d'informations. Mais, seuls quelques éléments nous sont nécessaires. Notamment le premier (l'heure), le second (la

latitude), le troisième (la longitude), le cinquième (l'altitude), le dernier (le nombre de satellites) ainsi que l'avant-dernier (la date).

L'automate d'état détecte une réponse de coordonnées GPS et sauvegarde la trame (après les deux points) dans un tableau. Puis une extraction des informations utiles est effectuée sur les caractères précédemment isolés.

Ceci nous permet d'extraire la latitude, la longitude, l'altitude, la date, l'heure ainsi que le nombre de satellites que le module capte.

Le principe du GPS se base sur la triangulation. La réception des signaux émis par au moins 3 satellites permet la localisation (du récepteur GPS) dans l'espace en 3 dimensions (longitude, latitude et altitude).

C'est pourquoi, avant d'envoyer une mesure, on teste si celle-ci est valide en regardant le nombre de satellites reçu par le récepteur. Si celui-ci est inférieur à 3, une nouvelle mesure est demandée, au bout de 3 échecs consécutifs. Le module GPS est réinitialisé.

4.3 KIWI

4.3.1 Format trame

Nous utilisons le kiwi en modulation externe, c'est-à-dire qu'il nous sert uniquement d'émetteur 138 MHz. Dans ce cas-là, la trame que nous envoyons ne nous est pas imposée. Elle est donc « fabriquée » par le microcontrôleur puis envoyée au modulateur FSK, qui se chargera de transmettre les données au KIWI.

La trame envoyée par l'émetteur KIWI devra toujours commencer par un mot de synchronisation pour signaler le début de celle-ci. En effet, sans ce mot de synchronisation, on serait incapable d'exploiter les données reçues. On ne saurait pas à quel moment commence une nouvelle trame. Ce mot de synchronisation peut être de plusieurs octets. Le choix de ce mot de synchronisation doit être pertinent, il nous faut impérativement prendre une valeur que l'on ne risque pas de retrouver dans les octets de données suivants. Le nombre d'octets de données n'est pas limité.

Dans notre cas, le mot de synchronisation choisi est « FF ». Nous enverrons les données des mesures directement au format ASCII.

À part ce mot de synchronisation nécessaire à ce média de communication, dans un souci de simplification, le format de la trame est le même que la trame SMS (voir 4.2.1 page 28).

4.3.2 Mise en œuvre

Avant d'envoyer nos données au KIWI, on doit d'abord les envoyer à un modulateur FSK. La communication avec celui-ci doit se faire selon la norme RS232, afin d'avoir 8 bits de données, 1 bit de start et 1 bit de stop. Pour effectuer ceci, un UART est donc nécessaire. Or, le PIC18F458 utilisé ne dispose que d'un seul UART matériel. Nous utilisons déjà cet UART afin de communiquer avec le module TELIT.

C'est pourquoi, en s'aidant des sources fournies par Microchip, un UART logiciel a été créé.

Cet UART logiciel codé en assembleur fonctionne parfaitement avec la bonne vitesse d'émission (600 bauds). Il gère parfaitement les 8 bits de données, le bit de start et le bit de stop. Seule l'émission (par le PIC) nous est utile, la réception n'a donc pas été gérée.

Un seul souci pouvait exister sur cet UART logiciel. Dans le cas où une interruption surviendrait pendant l'utilisation de l'UART émulé. La vitesse de 600 bauds en serait modifiée et l'octet envoyé en serait altéré.

Seul un cas d'interruption peut exister pendant l'envoi par l'UART logiciel : une réception par le PIC sur son UART matériel. Or, le module TELIT n'envoie des informations sans demande que si celui-ci reçoit un SMS. Ce cas-là se veut déjà « rare ».

Toutefois, ce cas a été testé dans une utilisation critique. C'est-à-dire, un envoi en permanence sur l'UART logiciel et en même temps un envoi en permanence sur l'UART matériel du PIC qui va de fait provoquer une interruption pour chaque caractère reçu. Après teste, les erreurs se sont révélées négligeables.

Ceci pour plusieurs raisons, tout d'abord le serveur d'interruptions a été conçu pour être le plus rapide possible. Il ne fait que mettre le caractère reçu dans une FIFO.

La vitesse de l'UART matériel qui est de 9600 bauds nous permet également de ne pas rester longtemps en interruption.

Enfin, on peut compter sur la norme RS232 qui prévoit une tolérance de 4 % sur la vitesse.

Dans un cas d'utilisation normal, l'UART logiciel fonctionne donc bien à une bonne vitesse.

Temps théorique d'un bit : $1/600 \text{ bauds} = 1.66 \text{ ms}$. Avec la tolérance de 4 %, le temps d'émission d'un bit pourra être compris entre 1.5936 et 1,7264 ms.

En pratique, le temps d'un bit est entre 1.640 et 1.644 ms. La vitesse de l'UART émulé est donc correcte.

L'envoi des données sur le kiwi se fait donc simplement à travers l'UART émulé tout en respectant la trame définie précédemment.

Cycle d'envoi et de prise des mesures

De manière cyclique, le microcontrôleur PIC18F458 effectue une acquisition des capteurs :

- capteur de température
- capteur de pression

Envoi d'une commande AT pour acquisition des coordonnées GPS et de la qualité GSM.

Ensuite, on traite la FIFO de réception du module TELIT : on récupère les coordonnées précédemment demandées ainsi que la qualité GSM. On regarde également si l'on n'a pas reçu de SMS. La FIFO est entièrement traitée à l'aide d'un automate d'état.

Enfin, on envoi les données. D'abord par SMS si le palier d'altitude a été atteint. Puis par 138 Mhz grâce au kiwi. Tout ceci se fait donc à intervalle régulier.

On observe deux phases durant le vol. Pendant la phase ascensionnelle du ballon nous enverrons les données toutes les minutes ($16 \times 4 = 1 \text{ mn } 04 \text{ s}$). Pour la phase descendante du ballon on passera à une cadence d'envoi des données toutes les 16 secondes.

Le temps entre deux mesures s'effectue avec l'aide du timer 1 qui est cadencé à 32.768 kHz. Son prescaler est de 8 et il fonctionne en mode 16 bits.

Le timer 1 est configuré en interruption sur débordement.
Temps mis par le timer pour déborder :

$$(65536/32.768*10^3)*8 = 16 \text{ secondes}$$

Ainsi pour un cycle de mesures toutes les 1min04. Une variable globale comptera le nombre de débordement. Au bout de 4 débordement ($4*16 = 1\text{min}04$), on autorisera de nouvelles prises de mesures.

5 CONCEPTION

La partie conception du ballon sonde consiste en la réalisation d'une nacelle devant embarquer tout notre système électronique autonome selon des recommandations importantes apportées par des règles de l'aviation civile.

5.1 Règles pour la création de la nacelle

La charge utile contenant l'expérience doit avoir une masse inférieure à 2,5 kg. Si l'expérience le justifie, une masse de 3 kg est envisageable à condition qu'elle soit correctement répartie.

La plus petite arête d'une nacelle ne peut être inférieure à 30 cm.

Les éléments de la chaîne de vol doivent être fabriqués en matériaux peu denses (polystyrène extrudé, carton fort, plastiques légers...).

La vitesse ascensionnelle du ballon ne peut être inférieure à 4 m/s.

Toute suspente ou câble extérieur à la nacelle doit pouvoir se rompre sous l'effet d'une force de traction de 230 N (environ 23 kg).

Le contenu de la nacelle doit pouvoir être accessible, jusqu'au moment du lâché.

5.2 Recommandation

L'utilisation de polystyrène extrudé (type Roofmat ou Styrodur) que l'on trouve dans les magasins de matériaux pour le bâtiment est vivement conseillée.

L'épaisseur recommandée est de 20 mm. En effet, contrairement au polystyrène expansé, celui-ci conserve ses propriétés mécaniques sous l'influence des basses pressions et des basses températures.

Il est fortement déconseillé de réaliser la structure de la nacelle avec des matériaux tels que les résines. Ces matériaux sont très résistants et présentent un danger en cas de collision au sol comme en vol.

Certaines qualités de cordons de maçons vendus dans les quincailleries possèdent une résistance mécanique de 23 kg (230 N) inscrite sur l'étiquette. Utilisez les cordelettes tissées plutôt que les cordelettes multibrins torsadées qui ont tendance à vriller.

Le module de communication Telit doit se trouver à une distance raisonnable des autres composants afin de ne pas perturber par effet de CEM le système.

Les piles doivent être disposées aux quatre coins de la nacelle et non pas regroupées en un seul paquet dense.

La force ascensionnelle libre nécessaire pour obtenir une vitesse ascensionnelle supérieure à 4 m/s est disponible dans le document "Le jour du lâché " pour chaque type de ballon.

5.3 Dimensionnement

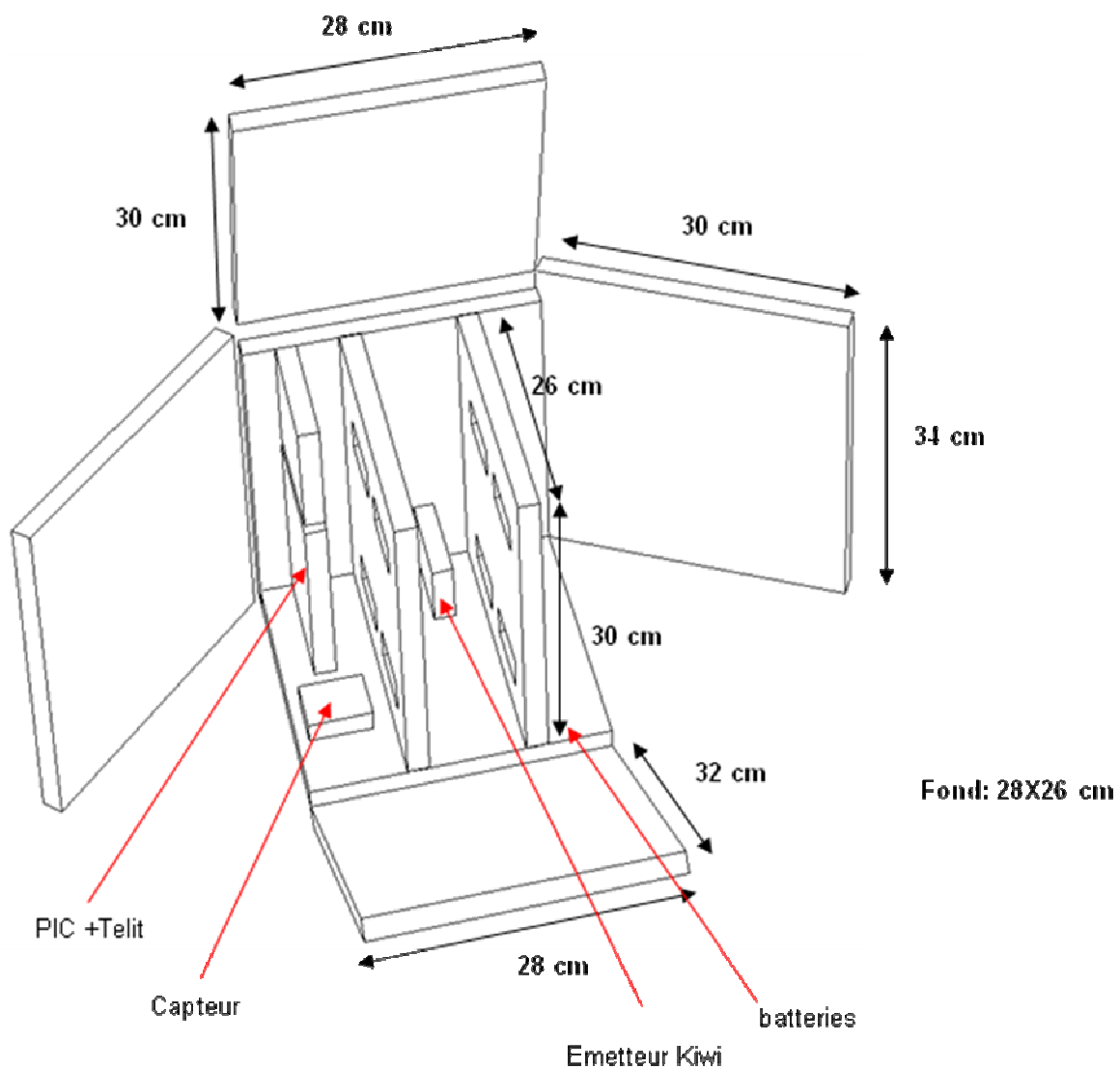
1 TELIT : 102 mm par 76 mm.

2 PICDEM2PLUS : 173 mm par 113 mm.

3 KIWI millenium : 86 mm sur 57 mm et 11 mm d'épaisseur. La masse de l'émetteur est de 50 Grammes.

4 Le TELIT et la carte PICDEM2plus mis a bout et connecté (par rs232) : Longueur de 299 mm et une largeur de 113 mm.

Plan de la nacelle :

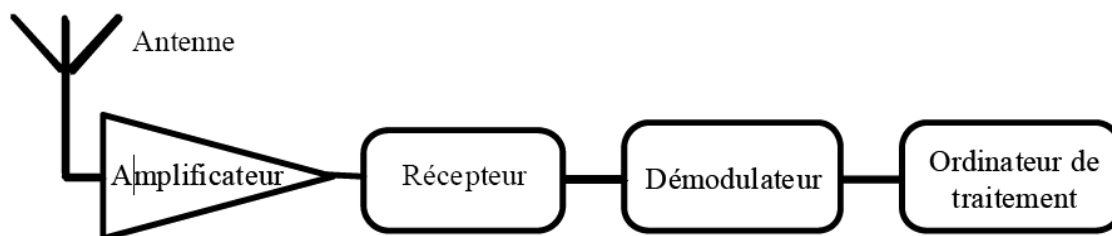


6 STATION AU SOL

La réception des données au sol sera traitée de deux façons selon le mode de communication. En effet nous avons opté pour une liaison GSM ainsi qu'une liaison KIWI. L'utilisation du KIWI permettra en premier temps d'envoyer les données au sol via les hautes fréquences (138Mhz) et en dans un deuxième temps commuter l'envoi des données au sol lorsque la qualité de la liaison GSM ne sera plus opérationnelle. Ainsi, nous pourrons déterminer à quelle altitude la portée du GSM se trouve.

6.1 Réception KIWI

La réception des données par le module KIWI se fait selon ce principe :

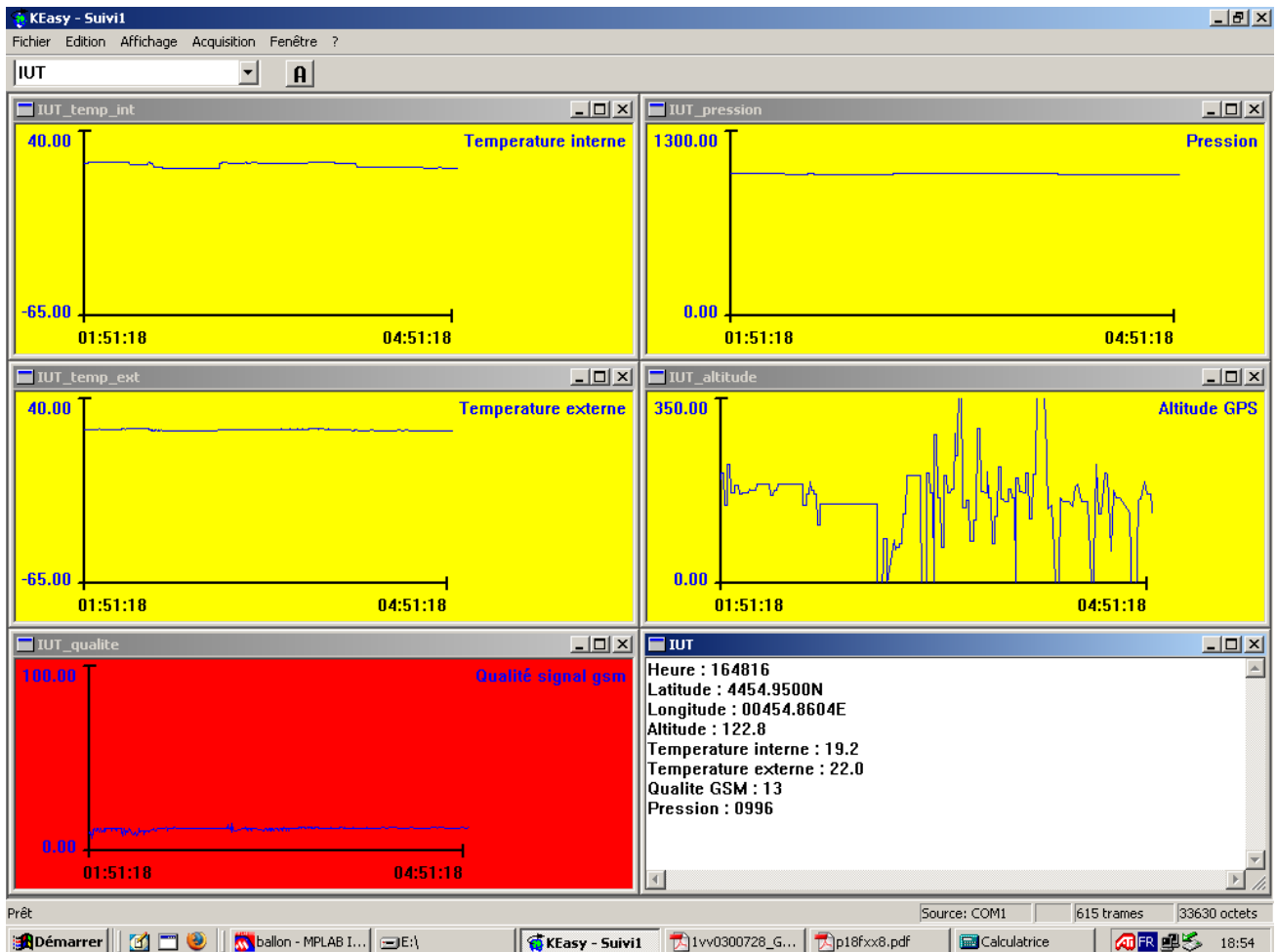


Le module KIWI du ballon envoie les données mesurées en vol sous formes d'ondes hertziennes qui une fois arrivées au sol doivent être traitées. Pour les traiter l'on démodule les données hertziennes reçues par le module KIWI au sol pour retrouver une suite de 0 et de 1. Ces données sont ensuite envoyées à un ordinateur par le biais d'un lien série.

L'ordinateur pourra utiliser le logiciel KEasy afin de décoder les données reçus. Il suffit de configurer dans KEasy les paramètres de la liaison (8 bits de données, 1 bit de stop, pas de parité, vitesse de 600 bauds) afin de lui permettre de correctement recevoir les données. Mais il faut également lui indiquer le format des trame kiwi, à quoi correspond chaque champs, quels sont les séparateurs... Cette seconde configuration se fait grâce à des fichiers de configuration INI.

Keasy permet donc de décoder les trames reçus ; permet de créer des courbes avec les données reçus (courbe de température par exemple). Il enregistre également toute les données brut reçus sur le port série dans un fichier texte.

Démonstration :



Dans chaque fenêtre on relève les mesures de chaque capteur. Ainsi l'on pourra étudier les variations des données pendant le vol.

6.2 Réception GSM

La réception du signal GSM se fera grâce à un module WaveCom qui sera connecté à un Pc par le biais d'un lien série. Ce module WaveCom dispose d'une carte SIM ce qui lui permet d'être en liaison avec le réseau GSM

Un programme en langage JAVA préalablement déjà fournit se charge de dialoguer avec le module WaveCom par le lien série et se charge également de l'interroger afin de vérifier si un nouvel SMS est reçu. Tous les SMS reçu sont stockés en brut dans un fichier texte.

7 BILAN ENERGETIQUE

7.1 Étude énergétique du TELIT

Mode normal :

Les consommations de courants dans les différents modes sont les valeurs maximums suivantes:

Au repos	Demande GPS	Réception SMS
120mA	145mA	180mA

Première solution

Utilisation de la commande GPSSP : AT\$GPSPS= <mode, <PTF_Period>]

Si on se place en mode deux avec par exemple un temps de 30 secondes, le module telit va mettre en veille le GPS et toutes les trente secondes il va faire une nouvelle acquisition (7s max) puis se replacer automatiquement en mode veille pendant 30 secondes.

GPS en veille	Pendant l'acquisition
65mA	140mA

Remarque importante : Si l'on n'est pas satisfait de la nouvelle acquisition (par exemple : nombre de satellites insuffisant) et que le GPS est en veille, on peut envoyer une commande GPSWK qui va réveiller le GPS et forcer l'acquisition d'une nouvelle mesure avant de se remettre en veille.

Deuxième solution

Utilisation de la commande AT#SHDN : cette commande éteint complètement le TELIT.

Un reset hardware est obligatoire afin de le réveiller.

Module TELIT coupé
10mA

Bilan : avec la première solution, on ne met en veille que le GSM et on garde une consommation de 65mA. Mais on pourra continuer à détecter et envoyer des SMS ce qui ne sera pas possible avec la seconde solution.

7.1.1 Bilan énergétique des capteurs

Consommation des capteurs internes = 40mA

Consommation du capteur externe = 1mA

7.1.2 Bilan énergétique de la plaque microcontrôleur

Consommation en mode veille = 55 mA

Consommation en mode éveil = 57mA

On peut voir que le gain en énergie en mode veille est négligeable devant la consommation en mode éveil. Un mode veille de la plaque microcontrôleur sera donc superflu.

7.2 Bilan énergétique du système

Élément de calcul (en condition critique):

- On basera notre calcul en considérant un temps de vol de 4 heures et on distinguera deux phases durant le vol. Durant la phase ascensionnelle du ballon nous enverrons une séquence de données toutes les minutes. Pour la phase descendante du ballon il faudra accélérer l'envoi de données.

- On estimera la durée de la phase de montée d'une heure trente et une heure de descente

- On fera une acquisition GPS toutes les minutes pour la montée et un temps de veille entre les mesures du module GPS

- Cette acquisition sera envoyée trois fois par le module KIWI

- Consommation moyenne du telit:

Consommation en phase montante:

-Hypothèse: une acquisition dure au maximum 7 secondes.

-La phase montante dure 5400 secondes.

-On fait une acquisition toutes les minutes soit 5400/60 soit 90 acquisitions.

-On aura donc 90*7 soit 637 secondes où l'on consommera 140mA et 5400-637 soit 4763 secondes où l'on consommera 65mA.

Consommation moyenne = $(4763 \times 65 + 637 \times 140) / 5400 = 73,8\text{mA}$

Consommation en phase descendante :

Pour faciliter le calcul nous estimerons que nous enverrons les données toutes les 16 secondes. La phase descendante est estimée à 3600 secondes. Durée totale des acquisitions = 3600/16 soit 225 acquisitions. Durée des acquisitions = 1575 secondes où l'on consommera 140 mA et 3600-1575 = 2025 secondes à 65 mA

Consommation moyenne = $(1575 \times 140 + 2025 \times 65) / 3600 = 97,8 \text{ mA}$

Consommation total du telit = $(97,8 \times 3600 + 73,8 \times 5400) / 9000 = 83,2\text{mA}$

Tableau récapitulatif des consommations

Consommation moyenne du telit	83,2mA
Consommation des capteurs internes :	40mA
Consommation de la plaque microcontrôleur	55mA
Consommation du capteur de température externe	1mA
Consommation du KIWI	200mA
Consommation du modulateur externe	20mA
Consommation totale	399 mA
Consommation sans la partie KIWI	200mA

7.3 Hypothèse

Ces hypothèses ont été établies après discussion avec les membres de planète sciences et des différents projets réalisés.

Vecteur	Ballon stratosphérique
Temps de préparation	0h30
Temps de vol	2h30

Nous avons choisi de séparer l'alimentation en deux parties. La première sera pour l'alimentation du KIWI et se fera par pile DURACELL Plus 4,5V MN1203. Sachant qu'il faut une tension minimum de 8V pour le Kiwi il nous faudra donc au moins 3 piles en séries (tension de départ de 12,3V).

Pour l'alimentation de la partie telit, de la partie électronique et du modulateur externe, on utilisera des accumulateurs qui devront fournir une tension minimum de 12V et un courant de plus de 200mA pendant 3h00. Nous avons choisie des accumulateurs saft fournissant du 6V et du 1,8 Ah. Nous nous avons mis trois en série pour avoir une tension suffisante durant le vol mais nécessite la mise en place d'un régulateur pour le modulateur.

8 CONCLUSION

Ce projet de groupe aussi intéressant sur le plan technique que social, a permis à tout à chacun d'effectuer un travail d'équipe dans la joie et la bonne humeur.

Cela nous a également permis de nous réunir afin de mettre en pratique nos connaissances ainsi que celles de nos professeurs et partenaires.

Nous avons pu tester la bonne validité de notre projet grâce à l'intervention d'un membre de Planètes Sciences qui a pu nous apporter le module KWI ainsi que le récepteur associé.

Ceci nous a permis d'observer que l'émission des données est opérationnelle avant le lâcher du ballon.

A la suite de cette intervention nous avons pris la date du 17 juin 2008 pour effectuer notre lâcher du ballon sonde dans les meilleures conditions.

Nous pourrions à la suite de cette date vérifier que nos efforts seront payants et juger de la qualité de notre travail.

Au niveau du bilan financier de ce projet nous estimons que le coût des différents modules capteurs batterie et nacelle reviennent à 450 euros.

9 GLOSSAIRE

GPS : Système de géo localisation par satellite.

GSM : Norme numérique pour la téléphonie mobile.

KIWI : Module de transmission radio basé sur la gamme de fréquence des 137 Mhz. Ce module est fabriqué par le CNES et prêté par planète-sciences.

TELIT: module de réception GPS et de communication GSM, permettant notamment de recevoir et d'émettre des SMS.

Système : Ensemble du matériel embarqué (microcontrôleur, capteurs, moyens de transmission)

PIC : famille de microcontrôleur de la société Microchip

Microcontrôleur : sorte de microprocesseur, circuit intégré rassemblant au sein d'un même boîtier, de la mémoire et des périphériques de communication.

SMS : Appelé Short Message Service permet de transmettre de courts messages textuels via le réseau GSM.

CEM : Champs électromagnétique produit par des appareils électroniques

UART : Appelé Universal Asynchronous Receiver Transmitter correspond au composant utilisé pour faire la liaison entre l'ordinateur et le port série.

FSK : Appelé frequency-shift keying est une technique de modulation apparentée à la modulation de fréquence pour des signaux numériques.

INI : Un fichier INI est un fichier de configuration en mode texte qui contient des paramètres destinés aux applications. Il s'agit d'un format de 'fichier d'initialisation' portant l'extension '.ini', d'où son nom.

10 WEBOGRAPHIE

- <http://www.planete-sciences.org/espace/>
- <http://www.planete-sciences.org/forums/>
- <http://www.duracell.com/oem/>