

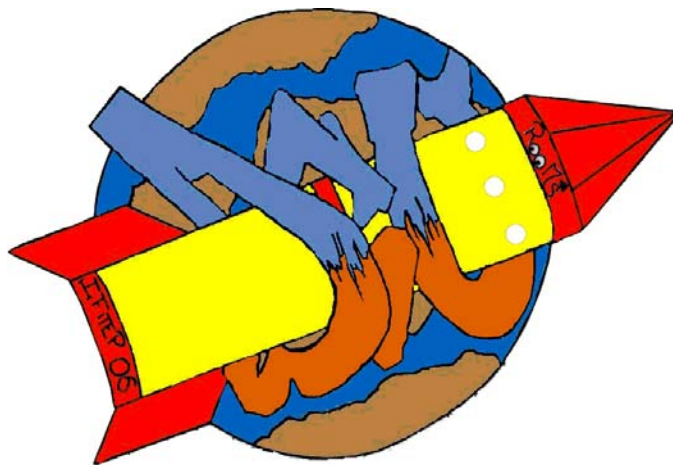
Dossier Technique

Liste de distribution : *Zorica Pantelic, Cédric Ségard et David Corolleur*

Contenu : Dossier technique de notre projet

Nom du fichier : Dossier_technique.doc

Format : Microsoft Office Word



SOMMAIRE

1	CARTE PRINCIPALE	3
1.1	ENONCE DES ACTIVITES	3
1.2	LA CARTE PRINCIPALE (NUMERIQUE)	3
1.2.1	<i>Le microcontrôleur</i>	3
1.2.2	<i>Architecture autour du microcontrôleur</i>	4
1.2.3	<i>Organisation du programme</i>	4
1.2.4	<i>Mémoire</i>	6
1.2.5	<i>Emetteur HF</i>	6
1.2.6	<i>GPS</i>	6
1.2.7	<i>Afficheur</i>	7
1.3	CARTE PRINCIPALE (ANALOGIQUE)	7
1.3.1	<i>Timer</i>	7
1.3.2	<i>Capteurs utilisés</i>	7
2	DETECTION D'APOGEE	8
3	LIAISON INTER CARTES	9
3.1	SEQUENCEUR	9
3.2	INTERRUPTEURS	10
3.3	LEDs	10
4	SYSTEME DE LOCALISATION	11
4.1	SYSTEME DE LOCALISATION 1	11
4.2	SYSTEME DE LOCALISATION 2	11
5	ALIMENTATION	13
5.1	CARTE PRINCIPALE	13
5.2	SEQUENCEUR	13
6	MECANIQUE	14
6.1	INTRODUCTION	14
6.2	REALISATION MECANIQUE	14
6.2.1	<i>Dimension de la fusée</i>	14
6.2.2	<i>Ogive</i>	14
6.3	PLAN D'ENSEMBLE	14
7	INTEGRATION	15
7.1	FIXATION DE L'OGIVE	15
7.2	CASE PARACHUTE	15
7.3	CARTES ELCTRONIQUES	16
7.4	CAMERA	16
8	SYSTEME DE RECUPERATION	17
8.1	PARACHUTE	17
8.2	DIMENSION DU PARACHUTE	18
9	CAMERA	19
10	TRAJEC	20
10.1	F1	20
10.2	F2	20
10.3	CALCUL DE LA TRAJECTOIRE POUR UN ANGLE DE RAMPE DE 80°	21
10.4	CALCUL DE LA TRAJECTOIRE POUR UN ANGLE DE RAMPE DE 70°	21

1 CARTE PRINCIPALE

1.1 ENONCE DES ACTIVITES

La carte principale se découpe en 2 parties :

1. Numérique : microcontrôleur, mémoires...
2. Analogique : capteurs, amplificateurs, filtres...

L'ensemble est chargé de :

1. Mesurer les paramètres désirés pendant le vol de la fusée
2. Détecter le point de culmination afin d'ouvrir le parachute
3. Faire l'acquisition des données mesurées par les capteurs
4. Enregistrer les données dans une mémoire externe
5. Transmettre les données à l'émetteur

1.2 LA CARTE PRINCIPALE (NUMERIQUE)

Dans cette partie est présenté la partie numérique de la carte principale : composants clés, architecture, fonctionnement du programme...

1.2.1 Le microcontrôleur

Le microcontrôleur devant réaliser l'acquisition des données, nous avons décidé d'utiliser un micro ayant un port de conversion Analogique – Numérique (ADC) afin de nous économiser l'utilisation de convertisseurs. De plus, afin d'utiliser un minimum de composants, notre choix s'est porté sur un micro ayant une mémoire interne. Enfin, le micro choisi sera programmé en C (langage qui nous paraît le plus approprié) et devra avoir des outils informatiques (compilateur et programmeur) gratuits.

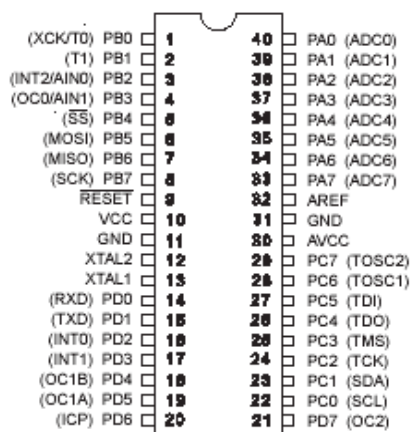
En prenant ces critères, nous avons le choix entre 2 types de micro :

1. PIC
2. ATMEGA

Les principales différences entre les deux sont la gestion des pages « mémoires » et le nombre d'interruptions.

Pour l'ATMEGA, le changement de page est transparent pour l'utilisateur, alors que le PIC demande, lui, une gestion de la part du programmeur. Le nombre d'interruptions est de 3 pour le micro de chez ATMEL et de un pour le PIC. L'ATMEGA semblait donc présenter plus d'avantages qu'un PIC pour notre application. De plus, l'IFITEP peut nous fournir les programmeurs d'ATMEGA.

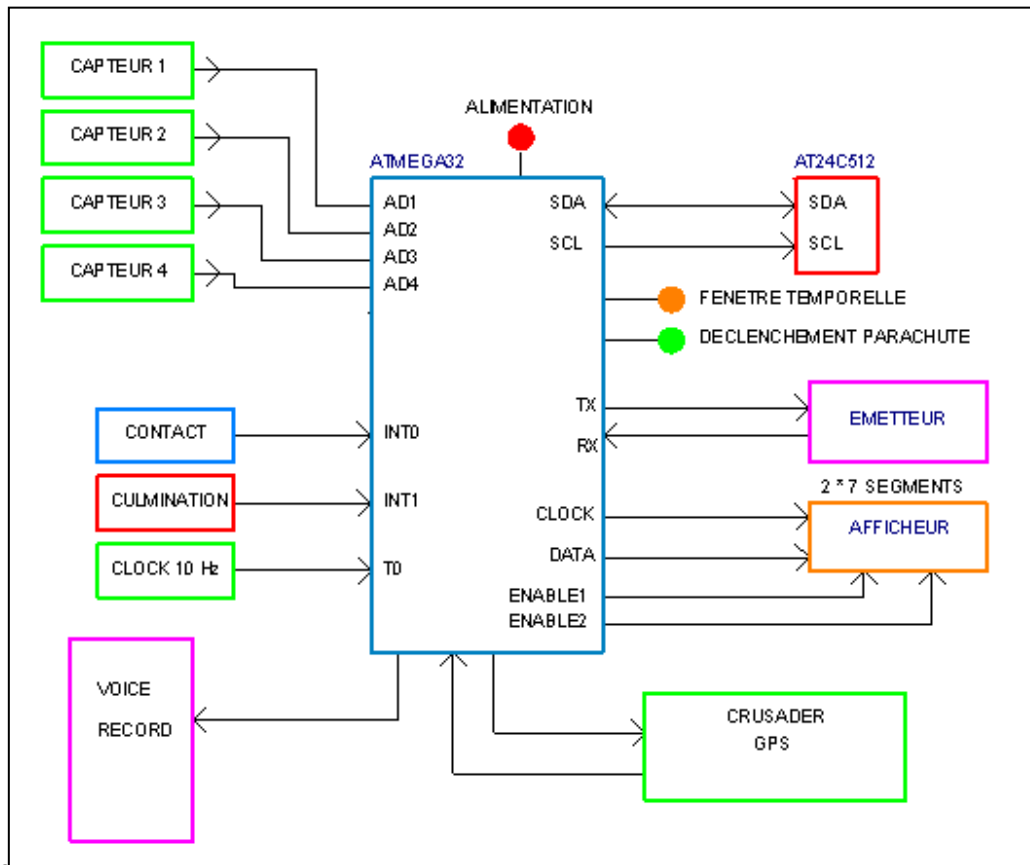
Notre choix s'est donc porté sur l' **ATMEGA32**



Ce microcontrôleur dispose de :

- Bus I2C
- USART
- SPI
- Port ADC
- 3 interruptions
- 2 timers
- Fréquence de travail = 16 MHz

1.2.2 Architecture autour du microcontrôleur



(Le schéma a été saisi sur Orcad mais le format A4 ne permet pas une lecture facile. De ce fait, seule l'architecture est présente dans ce document)

Liste des périphériques :

1. 4 ou 5 capteurs : température, pression et accélération
2. Contact entre la fusée et la rampe
3. Détecteur du point de culmination
4. Horloge externe
5. Voice record
6. Module GPS
7. Afficheur
8. Emetteur HF
9. Mémoire(s)

1.2.3 Organisation du programme

Le programme utilise 2 entrées d'interruptions : INT0 pour la mise à feu et INT1 pour la détection de culmination.

L'interruption INT0 est configurée sur front montant. A la mise à feu, la rupture du contact entre la rampe de lancement et la fusée modifiera l'état du signal appliqué sur l'entrée INT0 et de ce fait exécutera l'interruption.

INT1 est configurée sur front montant également. Lorsque le point de culmination est détecté, le signal relié à l'entrée INT1 passe au niveau logique 1.

De même, 2 timers sont utilisés.

Le timer 0 (8 bits) est utilisé comme compteur sur signal externe. Le signal référence est un signal carré de fréquence 10 Hz (réalisé par un NE555). Sa fonction est de définir la fenêtre temporelle d'ouverture du parachute.

Le timer 1 (16 bits) utilise l'horloge interne et permet de définir le temps entre 2 mesures. Actuellement, près de 20 mesures par secondes sont effectuées.

La conversion Analogique Numérique des données mesurées par les capteurs est effectuée par le microcontrôleur (port A). Le résultat de la conversion est sur 10 bits, néanmoins les 2 bits de poids le plus faible sont négligés afin que le résultat tienne sur 1 octet.

La transmission des données entre le micro et l'émetteur se fait par USART. Ce dernier est configuré de la manière suivante : 38400 baud, 8 bits de données, 1 bit de stop et aucun bit de parité. Les informations sont envoyées sous la forme suivante :

2 octets	1 octet	1 octet		1 octet	1 octet		1 octet	//	1 octet
Bourrage	Synchro	Adresse Capteur 1	Numéro échantillon	Données1	Adresse Capteur 2	Numéro échantillon	Données 2		Test

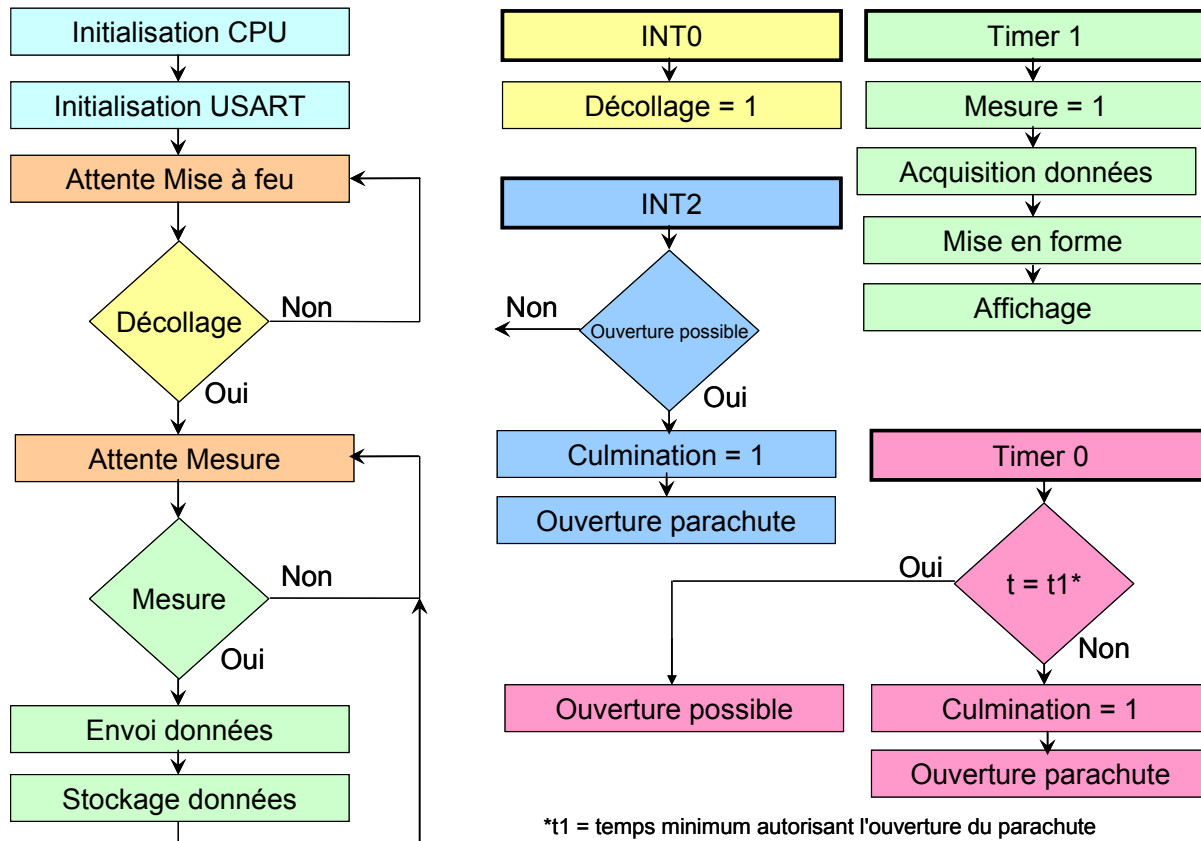
2 octets de bourrage et 1 de synchro sont envoyés au début de trame afin de s'assurer que le récepteur (logiciel PC) sera prêt pour la réception des données. Chaque octet de données est précédé par un octet contenant l'adresse du capteur et du numéro d'échantillon. Chaque capteur aura une adresse, adresse qui permettra de l'identifier à la réception. De plus, le numéro de l'échantillon sera également transmis. Ce dernier sera compris entre 1 et 20 (lorsque le numéro d'échantillon % 20 = 0, on le réinitialise à 1) et permettra de s'assurer que toutes les données mesurées ont été transmises.

Adresse			Numéro échantillon				
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0

En fin de trame, un octet de validation est envoyé (toujours la même valeur). Si la valeur reçue est correcte, il sera considéré que la trame reçue est validée.

A ce jour, on peut considérer que le nombre de capteurs sera de 4 ou 5. Le nombre d'octets par trame sera donc égal à 2 (bourrage) + 1 (synchro) + 4 * 2 (adresse + échantillons + données) + 1 (test) soit 12 octets dans le cas où 4 capteurs seront utilisés et 14 si nous utilisons un cinquième capteurs.

L'I²C est une des fonctionnalités du micro également utilisé par notre programme. Ce type de communication est utilisé pour communiquer avec la ou les mémoires externes. La fréquence d'horloge maximale est de 1MHz, cependant, nous la limiterons vraisemblablement à 100kHz. En effet, la vitesse de transmission étant proportionnelle au risque d'erreur de transmission et n'ayant pas de contraintes fortes en ce qui concerne le temps d'écriture des données, nous pouvons utiliser une vitesse "standard" et modérée.



A la mise sous alimentation, le programme rentre dans une phase d'initialisation : initialisation des variables globales, des registres de configuration du microcontrôleur... puis dans une phase d'attente. A noter qu'un message est envoyé par USART afin de vérifier que la chaîne de transmission fonctionne correctement.

Le programme reste dans cette boucle d'attente jusqu'à l'exécution du programme d'interruption INT0 soit le décollage de la fusée.

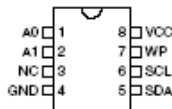
Une fois l'interruption traitée, le programme principal sort de sa boucle d'attente, valide le registre permettant aux timers de fonctionner et rentre à nouveau dans une boucle d'attente, qui, elle, contrairement à la précédente, n'a pas de condition de sortie. Toutes les 50ms (à définir), le timer 1 est en overflow ce qui exécute un programme d'interruption. Dans ce dernier sont appelées les fonctions faisant l'acquisition des données sur le port A (capteurs), l'affichage des valeurs converties sur l'afficheur 2 * 7 segments et l'envoi des données sur le port série et à la mémoire externe. Lors de l'exécution de ces différentes tâches, les timers sont arrêtés. Une fois terminées, le timer 1 voit ses valeurs initiales rechargées.

A partir du moment où la fusée a décollé, la détection du point de culmination peut, certes à tort, devenir active et, de ce fait, demander l'ouverture du parachute au séquenceur. Cependant, l'information "ouverture parachute" ne peut être envoyée par le microcontrôleur au séquenceur que dans le cas où le programme d'interruption INT2 (culmination détectée) est exécuté et que l'envoi soit déverrouillé. Cette dernière condition est vraie, dès lors que le timer 0 passe pour la première fois en overflow, soit environ 10 secondes après le décollage (à définir). Comme le timer 1, le programme d'interruption associé est alors exécuté et permet de déverrouiller l'envoi de l'information. Aussi, le timer 0 est chargé par une nouvelle valeur ce qui provoquera un nouvel overflow 5 secondes (à définir) plus tard. Contrairement à la précédente interruption, celle-ci force l'envoi de l'information "ouverture parachute" au séquenceur. A noter que les valeurs déterminant la fenêtre temporelle ne sont pas figées et seront modifiées en accord avec les résultats observés sur Trajec et que la fenêtre sera plus large que celle fixée par le séquenceur.

1.2.4 Mémoire

Les mémoires utilisées sont des AT24C512 de chez ATMEL. Ce sont des EEPROM de 512k.

Pin Name	Function
A0-A1	Address Inputs
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect



En considérant que 6 octets (Start + 4 données + contrôle) sont mémorisés par mesure, cela fait au total 65 536 points de mesures par capteur soit un temps de mesure supérieur à 9 minutes.

Le temps de vol étant théoriquement inférieur à 5 minutes, la capacité de stockage est suffisante.

Afin d'augmenter nos chances de récupération des données stockées, nous envisageons de mettre 2 mémoires en parallèle. En effet, selon la manière et le lieu de l'atterrissage, il se peut que la fusée et donc les composants soient abîmés et donc inutilisables. Cette redondance permet de se donner le droit à la perte d'une des 2 mémoires.

1.2.5 Emetteur HF

Les données sont envoyées à l'émetteur via l'USART. Ce dernier est configuré comme indiqué dans [Organisation du programme](#). Pour plus de détails, voir [Etude_HF.doc](#).

1.2.6 GPS

Le protocole de communication avec le GPS n'est pas encore défini. Seule certitude, un microcontrôleur supplémentaire, probablement un ATMEGA 8, est nécessaire pour communiquer avec ce module. En effet, un USART est nécessaire pour récupérer les informations du GPS mais celui du micro principal est déjà utilisé. Ce nouveau composant récupèrera les données, les mettra en forme pour ensuite les envoyer au microcontrôleur (I²C). Pour plus de détails sur ce module, voir [Système de localisation](#)

1.2.7 Afficheur

L'afficheur est uniquement utilisé pendant la phase de développement. Il ne sera pas monté pendant le vol. Son utilité première est de donner une visibilité aux utilisateurs du bon fonctionnement du programme. En effet, ce dernier a pour objectif d'indiquer les valeurs mesurées sur chacune des entrées utilisées en convertisseur analogique numérique. L'étage "afficheur" est constitué de 2 afficheurs 7 segments et de 2 registres à décalage (74LSN164N). L'envoi des données sur les afficheurs suit le principe de communication I²C : un signal d'horloge, un signal de données. Par ailleurs, 2 signaux permettent de valider indépendamment les registres à décalage.

1.3 CARTE PRINCIPALE (ANALOGIQUE)

Dans cette partie sera présentée les différents modules analogiques de la carte principale : capteurs, timer...

1.3.1 Timer

Le timer 0 (voir [Organisation du programme](#)) est synchronisé sur une horloge externe au microcontrôleur. Celle ci est générée par un NE555 fonctionnant en astable à une fréquence de 10 Hz.

1.3.2 Capteurs utilisés

Initialement, nous pensions utiliser un nombre conséquent de capteurs différents : tube de Pitot, altitude, accélération, gyromètre, température, rotation et jauges de contraintes.

Finalement, suite au week end au musée de l'air, nous avons décidé de limiter la diversité des mesures en utilisant seulement 3 types de capteurs :

1. Température : 1 sur la partie électronique
2. Pression : 1 utilisé avec le tube de Pitot et 1 pour l'altitude
3. Accélération

En effet, après en avoir discuté avec différentes équipes ayant une expérience dans ce type de projet, nous avons pu constater que certains de ces capteurs (gyromètre et jauges) donnent en général des résultats assez loin de la réalité et, de ce fait, ne sont pas interprétables.

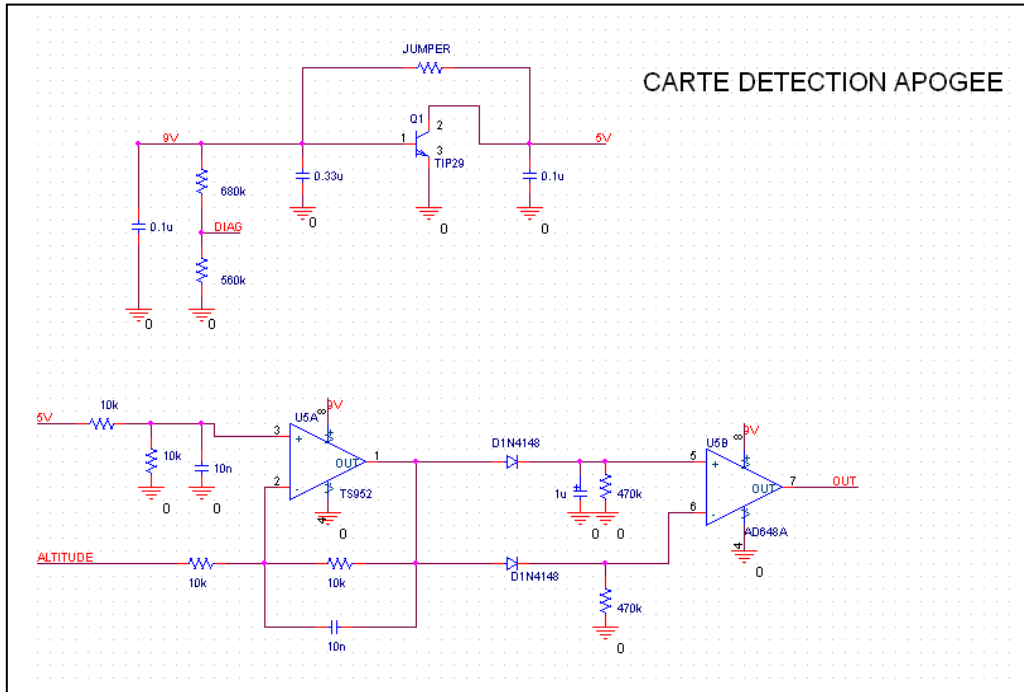
[Voir fiche capteurs pour plus de détails dans.](#)

Actuellement, nous avons réalisé une carte par paramètre mesuré afin de simplifier le debuggage des maquettes, mesurer plus facilement la consommation et faciliter les tests. Néanmoins, il est convenu que tous les capteurs seront sur la carte principale (avec le microcontrôleur). Ainsi, peu d'informations seront transmises de carte à carte. Seuls l'alimentation, les informations décollage et apogée nécessitent la mise de connecteurs.

2 DETECTION D'APOGEE

Afin d'ouvrir le parachute lorsque la fusée est à son apogée, nous avons prédisposé un étage de détection du point de culmination. Nous avons la possibilité de le détecter avec le microcontrôleur ou par une structure analogique. Finalement, nous avons opté pour la seconde solution.

La détection d'apogée est réalisée à partir du paramètre « altitude », paramètre mesuré par l'intermédiaire du capteur de pression.

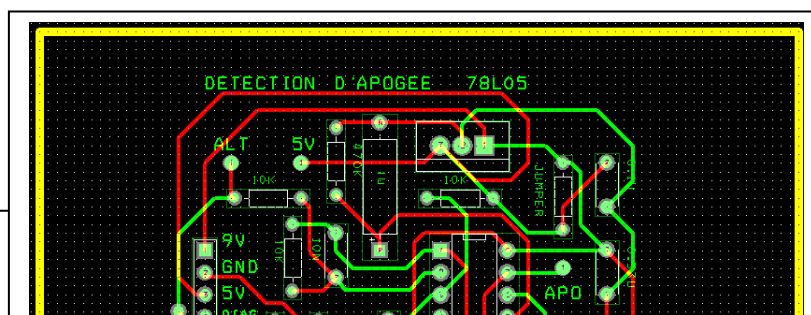


Comme tous les capteurs, il y a un régulateur linéaire 5 Volt sur cette carte. Ici le 5 Volt sert de tension référence.

Le premier étage est un étage soustracteur. En sortie, on obtient (5 Volt – ALTITUDE). La tension maximale délivrée par la carte « altitude » est de 5 Volt, valeur obtenue pour une altitude de 0 mètre. Plus la fusée va augmenter, plus la pression va diminuer. L'altitude étant ici égale à la pression (normalement, inversement proportionnelle → la correspondance se fait par logiciel en réception), ce paramètre aussi va diminuer. De ce fait, en sortie de l'étage soustracteur, la tension augmente pendant la phase d'ascension. Inversement, lorsque la fusée entre dans sa phase de descente, la tension de sortie va diminuer.

Le second étage est un étage comparateur. Il compare la tension à l'instant (t-1) à la tension à l'instant t. Ainsi, lors de la phase d'ascension, la sortie du comparateur sera à 0 (V- > V+) et lors de la phase de descente (V+ > V-), à 9 Volt. En effet, nous avons prédisposé un détecteur d'enveloppe ce qui introduit un décalage entre les deux tensions d'entrée du comparateur.

Fin mars, nous avons réalisé le PCB de cette carte (voir ci-dessous). Celle-ci a été testée et fonctionne. Cependant, lors de nos tests, nous avons utilisé une source de tension réglable pour simuler le paramètre altitude.



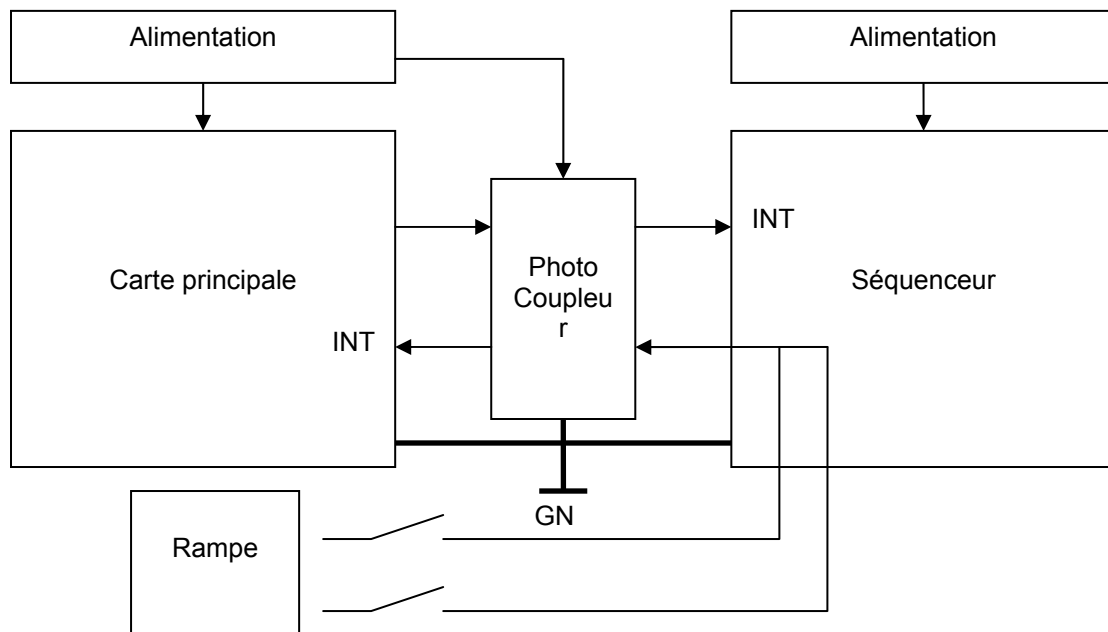
Comme pour toutes les cartes « capteurs », les étages de filtrage n'ont pas été étudiés pour le moment. L'objectif était pour le moment de valider l'étage d'un point de vue fonctionnel. Cependant, il est envisagé très prochainement d'étudier l'étage de filtrage et de réaliser des tests CEM.

3 LIAISON INTER CARTES

3.1 Séquenceur

Pour transmettre l'information « point de culmination atteint » au séquenceur, nous utilisons un optocoupleur PC817. Ainsi, il n'y a, hormis la masse, aucune connexion filaire entre le séquenceur et le reste de la fusée (ici carte principale). De même, ce composant est utilisé pour transmettre l'information décollage à la carte principale. A ce jour, L'optocoupleur est monté sur la carte

principale.



Lors du décollage, il y a rupture de contact entre la rampe et la fusée. Cette information est primordiale pour que les expériences équipant la fusée soient activées. Aussi, afin de diminuer le facteur risque (jack arraché...), nous avons décidé d'utiliser 2 « détecteurs » de décollage. Comme la plupart des équipes, nous allons utiliser les prises Jack

3.2 Interrupteurs

A ce jour, nous pensons utiliser 4 interrupteurs :

1. Emetteur
2. Modulation + carte principale
3. Système de localisation
4. Séquenceur

3.3 LEDs

Aussi, des LEDs seront prédisposés afin d'identifier le mode de fonctionnement de la fusée. Elles sont aux nombres de 5

1. ON / OFF de l'émetteur
2. ON / OFF de la carte principale + modulation
3. ON / OFF du séquenceur (voir sequenceur.doc)
4. VOL / SOL (voir sequenceur.doc)
5. OUVERTURE PARACHUTE (voir sequenceur.doc)

4 SYSTEME DE LOCALISATION

Dans cette partie est présenté le procédé utilisé pour localiser la fusée après atterrissage. La récupération de notre fusée (comme pour un grand nombre de participants, je suppose) est primordiale. En effet, la vidéo étant uniquement stockée (pas de transmission) dans une carte mémoire, il est nécessaire de la récupérer (en bon état).

Afin d'y parvenir, nous avons décidé de coupler 2 procédés : l'un permettant une localisation avec une précision d'environ 10 mètres et l'autre permettant (lorsque nous serons proche de la fusée) d'identifier clairement la position de l'appareil.

4.1 Système de localisation 1

Afin de connaître le lieu de l'atterrissage, nous avons décidé d'équiper la fusée d'un module GPS. Ce dernier devrait nous permettre de définir une zone de recherches relativement restreintes (10 à 15 mètres autour de la fusée). Le module utilisé nous a été fourni par le club électronique de Siemens VDO Automotive. Ce dernier est utilisé dans des radionavigations. Pour le moment, nous n'avons pas véritablement commencé à travailler dessus.

Aussi, il est envisagé d'utiliser un second module GPS qui, lui, sera relié à un PC. Son rôle sera de nous fournir notre position et ainsi de faciliter la recherche de la fusée (en comparant les positions reçues).

4.2 Système de localisation 2

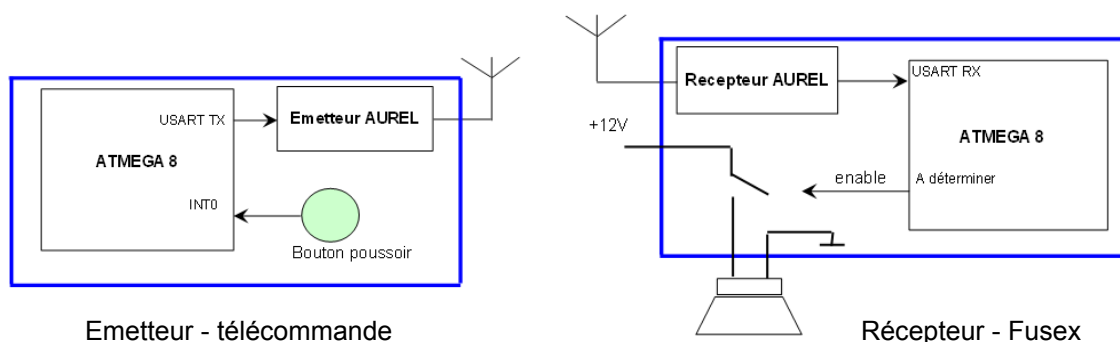
Lors des week-ends organisés par Planète Science, nous avons pu constater que de nombreuses équipes ont connu des difficultés à trouver leur fusée même dans un petit périmètre de recherches (accrochée dans un arbre...). Afin d'éviter cette situation, nous avons décidé d'équiper notre fusée d'une alarme (voir ci dessous) contrôlable à distance. En effet, une fois la zone d'atterrissage définie, par l'intermédiaire d'une télécommande, un son sera émis de la fusée.



Alimentation : 1 à 13 Vdc	Diamètre : 45 mm
Consommation : 30 mA	Hauteur : 25 mm
Fréquence : 2.9kHz	Sonnerie continue ou alternée
Niveau sonore : 105 dB	

La partie télécommande est assurée par deux ATMEGA8 et deux modules AUREL (récepteur et émetteur). L'ATMEGA8 est une version "allégée" de l'ATMEGA32, microcontrôleur utilisé dans la carte principale. L'émetteur utilisé, le TX-4MAVSA10, utilise une modulation d'amplitude, a une fréquence d'émission de 433 MHz, une bande passante de 4kHz et une puissance d'émission de 10dBm. Le récepteur, l'AC-RX, a une fréquence centrale de 433MHz, une bande passante de ± 2 MHz et un niveau minimum de réception égal à -100dB. A noter qu'il est faible consommation.

Pour le moment, seuls des tests sur la sirène ont été effectués. Néanmoins, le schéma fonctionnel a été réalisé (voir ci dessous) et le code pour les ATMEGA8 est en cours de développement. En revanche, les modules AUREL n'ont pas encore été testés. Lors de ces tests, il sera important de voir la distance maximale de communication entre les 2 modules et, en fonction des résultats observés, de concevoir une antenne.



Lorsque le bouton sera appuyé, une interruption sera demandée. L'exécution de celle ci provoquera l'envoi, sur l'USART, une trame de X (à définir) octets. Cette trame sera transmise par l'émetteur AUREL et théoriquement reçue par le récepteur situé dans la fusée. Ce dernier transmettra au micro qui identifiera la trame. Une fois identifiée, la sirène sera active durant un temps X (à définir également). Il est envisageable que le temps de l'alarme soit fonction du temps de pression du bouton.

5 ALIMENTATION

Tous les composants clefs (capteurs, microcontrôleurs...) sont alimentées par une alimentation régulée. A ce jour, toutes les cartes ou fonctions sont alimentées par leur propre batterie (pile 9 Volt). De cette façon, le test des différentes fonctions s'avèrent plus faciles et nous pouvons vérifier aisément que la consommation calculée est conforme au courant réellement consommé.

5.1 Carte principale

Tous les capteurs et microcontrôleur sont alimentés en +5 Volt par des régulateurs linéaires de type 78L05 (régulateur 5Volt, voir schémas des étages "capteurs"). Néanmoins afin d'optimiser le nombre de piles tout en ayant une autonomie suffisante, il est envisagé d'utiliser des régulateurs ayant un dropout voltage relativement faible (0.5 Volt). En effet, le régulateur actuellement utilisé a une tension de drop pouvant atteindre 2 Volts ce qui permet d'avoir un fonctionnement correct de certains capteurs uniquement lorsque la tension batterie (pile 9 Volt) est supérieure à 6.5 Volt.

5.2 Séquenceur

Voir document Sequenceur.doc

6 MÉCANIQUE

6.1 INTRODUCTION

Le but de ce document est de donner toutes les informations relatives à la réalisation mécanique de la fusée.

Nos tâches sont divisées en quatre parties :

- Réalisation des plans et des pièces mécanique
- Intégration des différents éléments dans la fusée : caméra, cartes électronique...
- Système de récupération
- Gestion et fixation de la caméra

6.2 REALISATION MECANIQUE

6.2.1 Dimension de la fusée

L'année passée, toujours dans le cadre du projet académique, l'IFITEP s'est inscrit au projet FUSEX. Cependant, la fusée n'a pas passé l'étape de qualification du mois de juin. De ce fait, nous avons pu récupérer certains éléments de leur projet.

La taille de la fusée est de 2m10 (voir **plan d'ensemble** à la page suivante). Afin de monter le plus haut possible, nous nous sommes fixés un poids de 10Kg. Ce poids comprend la fusée (corps + ogive + ailerons + systèmes embarqués + batteries) et le propulseur avec la poudre. A ce jour, nous sommes à 6.3Kg (poids = corps de la fusée + ailerons + propulseur + poudre). La fusée est en aluminium d'un diamètre extérieur de 100mm.

6.2.2 Ogive

Préparation du moule

L'équipe de l'année dernière a réalisé un moule pour l'ogive en PVC. Nous avons également décidé de le réutiliser. Sa forme ne correspondant pas à nos attentes (principalement esthétique mais aussi d'un point de vue pénétration dans l'air), nous l'avons travaillé à l'aide d'un tour et d'un couteau pour affiner l'ogive. Afin d'avoir le moule le plus lisse possible (et ainsi faciliter son utilisation lors du démoulage), nous l'avons poncé avec du papier de verre à l'eau.

Réalisation de l'ogive

Dans un premier temps, nous avons pensé réaliser l'ogive en fibre de carbone (léger et facile à mettre en oeuvre). Aussi, l'antenne de l'émetteur HF sera vraisemblablement positionnée sur le haut de la fusée. Par l'intermédiaire du forum de Planète Sciences et de recherches, nous avons appris que le carbone se comporte comme un court-circuit en hautes fréquences. De ce fait, nous avons opté pour de la fibre de verre (1m x 1m). Ne connaissant que très peu les caractéristiques de ce matériau et les méthodes de moulage, nous avons décidé de nous rendre à SICOMIN, entreprise spécialisée dans les fibres, et d'y rencontrer M. Denjan (directeur). Durant cet entretien, il nous a expliqué les différents maillages ainsi que le principe de moulage.

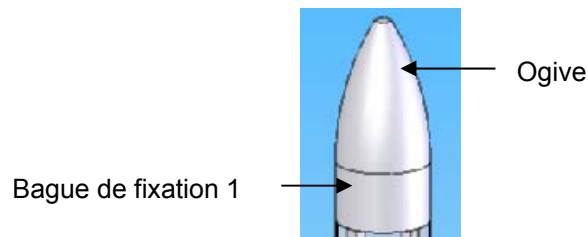
6.3 Plan d'ensemble

Voir photos dans Plans.rar

7 INTEGRATION

Nous avons fait une étude sur les méthodes utilisées sur les fusées déjà lancées. Pour cela nous nous sommes servis des différents rapports existant sur le site de Planète Sciences. Ce travail de recherches nous a paru être une étape importante car permettant de ne pas refaire les mêmes erreurs que nos prédécesseurs.

7.1 FIXATION DE L'OGIVE



La fixation de l'ogive sur le corps de la fusée se fera à l'aide d'une bague de fixation. Dans un premier temps, nous voulions fixer l'ogive directement sur le corps. Néanmoins, avec ce procédé, nous risquions d'abîmer l'ogive lors des phases de développement, l'extraction de la partie électronique se faisant par le sommet de la fusée. En fixant l'ogive sur une bague de fixation, le montage et démontage de l'ogive se verra plus aisé et l'usure liés à ces manipulations n'atteindra pas l'ogive.

7.2 CASE PARACHUTE

Au début du projet, nous voulions réaliser une ouverture transversale. Après la réunion avec Planète Science au musée de l'air, nous nous sommes rendus compte que ce type d'ouverture implique une mise en œuvre assez complexe. N'ayant pas beaucoup de temps devant nous (3 semaines) et n'ayant pas de compétences pointues dans ce domaine (mécanique), nous avons finalement choisi une ouverture latérale. De plus, le corps de la fusée récupéré est déjà configuré pour ce type d'ouverture. La découpe a été effectuée au laser et est donc "propre".

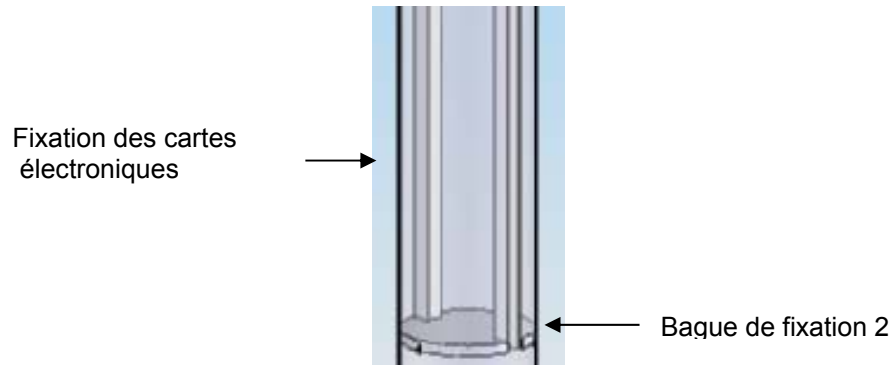
Au démarrage, la fusée est susceptible d'avoir une accélération proche de 20G. Pour éviter que le parachute se retrouve bloqué dans le fond de sa case, nous avons prévu de la rembourrer par de la mousse. En effet, celle-ci permettra "d'amortir" et de bloquer les mouvements verticaux du parachute lors de cette forte accélération.

L'ouverture de la case parachute se fera par l'intermédiaire d'un électroaimant (PA204831 24Vcc) commandé en courant, ce qui évitera toute consommation inutile.

Pour notre utilisation, nous le commanderons sous une tension de 9V et un courant de 37mA, nous placerons également deux ressorts afin de faciliter l'éjection de la porte lors de l'ouverture de l'électroaimant.

7.3 CARTES ELECTRONIQUES

Voici la méthode utilisée pour l'intégration des cartes électroniques :



Les cartes électroniques sont fixées avec des vis (vis + écrou + rondelle éventail) sur deux profilés en forme de U. Le U est positionné vers l'extérieur. Ainsi, nous pourrons accéder plus facilement aux vis. Les profilés sont immobilisés sur une bague à l'aide de vis, la bague qui est-elle même fixée sur le corps de la fusée par 4 vis de type M3.5.

7.4 CAMERA

Ne transmettant pas la vidéo, il est primordial que nous puissions la récupérer dans un bon état. Aussi, le site de lancement (La Courtine) étant parsemé de marais, il semble nécessaire que la caméra soit protégée de l'environnement extérieur. De ce fait, nous avons prévu de la placer dans une boîte en plexiglas transparente et entièrement étanche. Ne trouvant pas de boîte aux dimensions souhaitées, nous avons décidé de la fabriquer nous même, à l'aide d'une feuille de plexan (épaisseur :1mm, plus rigide que le plexiglas).

Une ouverture (10cm x 10cm) sera réalisée sur le corps de la fusée afin de filmer de l'intérieur via une plaque de plexi en remplacement de la zone d'aluminium découpé.

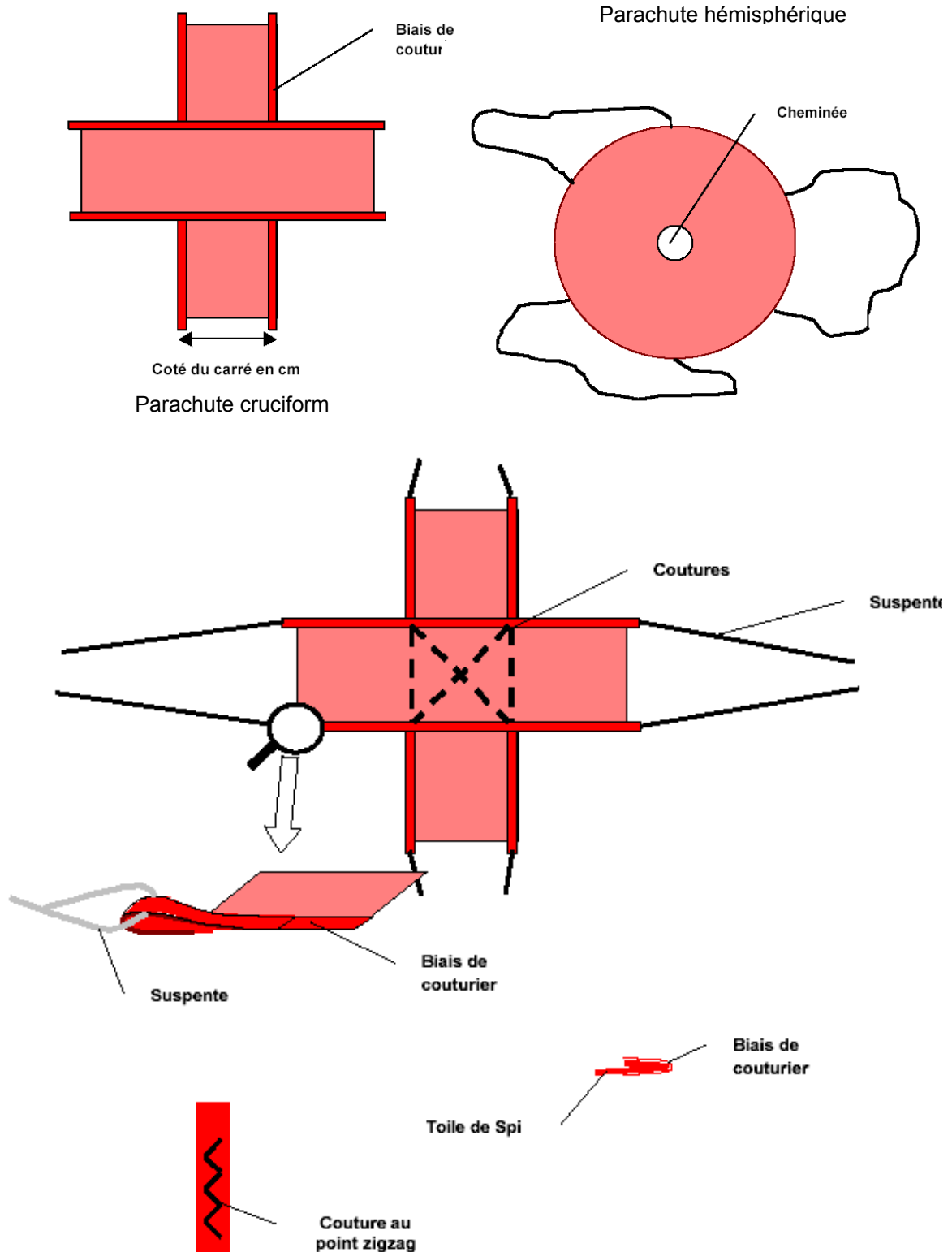
La caméra n'étant pas commandable à distance, nous utiliserons un système de tige mis en place par l'extérieur pour le déclenchement de celle-ci lors de la mise en rampe.

8 SYSTEME DE RECUPERATION

8.1 PARACHUTE

Choix de la forme du parachute

Deux formes de parachute sont généralement utilisées : hémisphérique ou cruciforme. Nous avons choisi de réaliser un parachute cruciforme.



8.2 Dimension du parachute

Nous nous sommes fixés un poids total de 10Kg. Le cahier des charges nous impose une vitesse de descente sous parachute entre 8 m/s et 15 m/s. nous avons opté pour une vitesse de 12 m/s.

Calcul de la surface du parachute : $Sp = 2 M.g / (R0.Cx.V^2)$ en m^2

M : masse de l'ensemble de la fusée (M= 10 Kg)

g : accélération de la pesanteur ($g=9.81m/s^2$)

R0 : Masse volumique de l'air ($r0 = 1.3 kg/m^3$)

Cx : Coefficient de pénétration dans l'air (Cx=1)

Vd : Vitesse de descente (Vd = 12 m/s)

$Sp = 1.048 m^2 \Rightarrow$ Surface totale

$Sp/5 = 0.2096 m^2 \Rightarrow$ Surface d'un carré

Dimension d'un côté $\Rightarrow 45.78 cm$

9 CAMERA



Nous avons choisi d'utiliser une mini camera DV 5300.

Point positif : son format très compact

Point négatif : autonomie

Le décollage pouvant avoir lieu jusqu'à 45min après la mise en rampe, il nous faudra réaliser une alimentation spécifique sur batteries pour la caméra, celle d'origine ne suffisant pas.

Capacité mémoire upgradé à 512Mb.

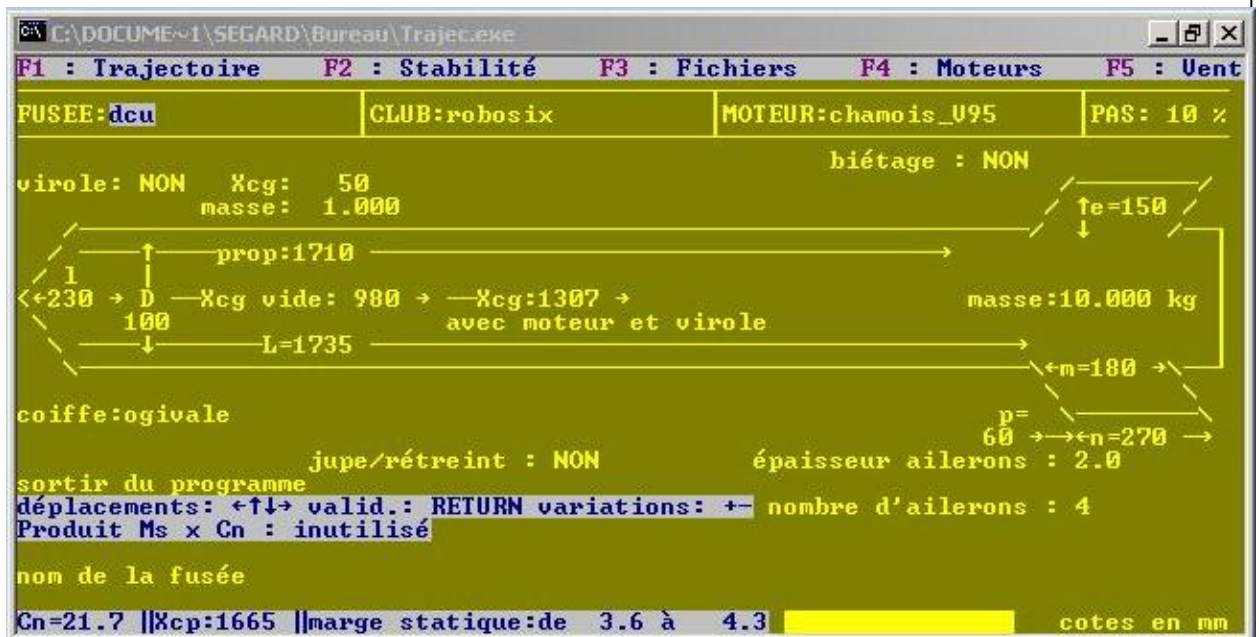
La mise en route de la caméra et le déclenchement de l'enregistrement se feront lors de la mise en rampe, ce qui nous laissera suffisamment de temps d'enregistrement jusqu'à l'atterrissage.

10 TRAJEC

10.1 F1



10.2 F2



Fusée STABLE

(40) 78.12 < Ms x Cn < 93.31 (100)

10.3 Calcul de la trajectoire pour un angle de rampe de 80°

```

C:\DOCUME~1\SEGARD\Bureau\Trajec.exe
F1 : Trajectoire  F2 : Stabilité  F3 : Fichiers  F4 : Moteurs  F5 : Vent
calcul de trajectoire en cours
t=0.000s  z-z0= 0m  v= 0m/s  x= 0m  y= 0m  g= 0m/s²  A= 80°
sortie de rampe
t=0.370s  z-z0= 4m  v= 22m/s  x= 1m  y= 0m  g= 76m/s²  A= 80°
fin de propulsion
t=2.900s  z-z0= 320m  v= 180m/s  x= 71m  y= 0m  g= 22m/s²  A= 77°
culmination
t=16.50s  z-z0= 1340m  v= 28m/s  x= 504m  y= 0m  g= 10m/s²  A= 0°
ouverture parachute
t=18.00s  z-z0= 1327m  v= 31m/s  x= 545m  y= 0m  g= 10m/s²  A=-28°
t=18.00s  z-z0= 1327m  v= 12m/s  x= 545m  y= 0m
atterrissage
t=124.8s  z-z0= 0m  v= 12m/s  x= 544m  y= 0m
appuyez sur une touche pour retourner au menu

```

10.4 Calcul de la trajectoire pour un angle de rampe de 70°

```

C:\DOCUME~1\SEGARD\Bureau\Trajec.exe
F1 : Trajectoire  F2 : Stabilité  F3 : Fichiers  F4 : Moteurs  F5 : Vent
calcul de trajectoire en cours
t=0.000s  z-z0= 0m  v= 0m/s  x= 0m  y= 0m  g= 0m/s²  A= 70°
sortie de rampe
t=0.370s  z-z0= 4m  v= 22m/s  x= 1m  y= 0m  g= 76m/s²  A= 70°
fin de propulsion
t=2.900s  z-z0= 299m  v= 182m/s  x= 139m  y= 0m  g= 22m/s²  A= 64°
culmination
t=15.50s  z-z0= 1182m  v= 52m/s  x= 920m  y= 0m  g= 10m/s²  A= 0°
ouverture parachute
t=18.00s  z-z0= 1149m  v= 55m/s  x= 1048m  y= 0m  g= 9m/s²  A=-26°
t=18.00s  z-z0= 1149m  v= 12m/s  x= 1048m  y= 0m
atterrissage
t=110.9s  z-z0= 0m  v= 12m/s  x= 1046m  y= 0m
appuyez sur une touche pour retourner au menu

```

Séquenceur

Auteur(s) : Mansenao DOHO

Liste de distribution : Toute l'équipe Fusex.

Contenu :

- ❖ Définition des moyens utilisés pour menés à bien le développement du séquenceur.
- ❖ Schéma de réalisation électronique du séquenceur.

Nom du fichier : Sequenceur.doc

Format : Microsoft Office Word

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
1.1	OBJECTIFS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2	SEQUENCEUR	3
2.1	CAHIER DES CHARGES	3
2.2	L'ETUDE DU SEQUENCEUR.....	3
2.2.1	<i>Système complet du séquenceur</i>	3
2.2.2	<i>Partie séquenceur</i>	4
2.2.3	<i>Partie de détection.....</i>	4
2.2.4	<i>Partie actionneur</i>	5
2.2.5	<i>Partie réglage</i>	6
2.2.6	<i>Partie alimentation.....</i>	7
2.2.7	<i>Partie initialisation.....</i>	7
2.2.8	<i>Partie signalisation</i>	8

1 SEQUENCEUR

1.1 Cahier des charges

Le séquenceur est l'élément de base de la fusée. Les objectifs du séquenceur sont la détection du décollage de la fusée et l'ouverture du parachute.

Le séquenceur doit respecter plusieurs points :

- La fiabilité : Il doit être très fiable étant donné qu'il est l'élément le plus important dans la récupération de la fusée.
- Il doit être indépendant de tous les autres systèmes de la fusée. Aucune connexion ne doit s'opérer entre le séquenceur et les autres parties (à l'exception de la masse).
- L'autonomie du séquenceur doit être d'au moins 45 minutes.
- Des points de tests, leds et cavaliers doivent être montés sur le séquenceur afin de vérifier la bonne fonctionnalité du système.

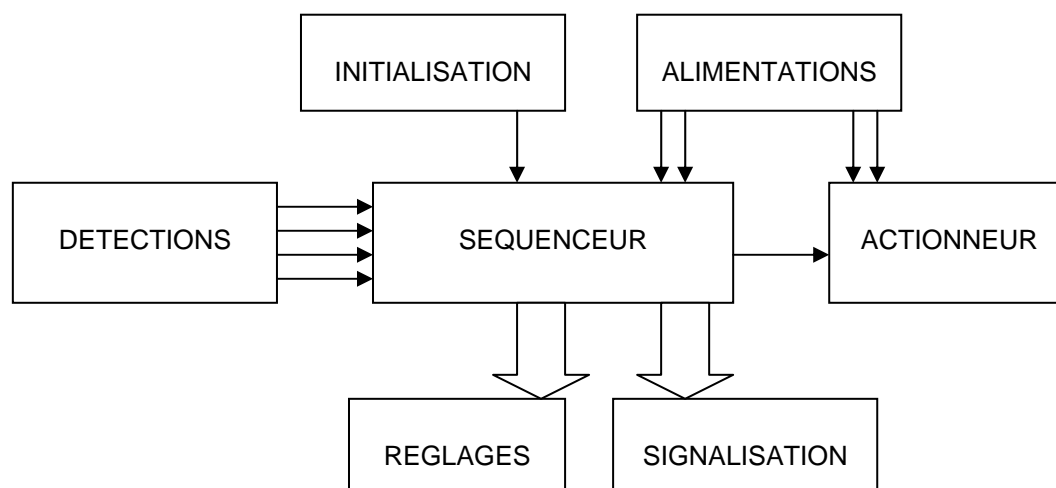
1.2 L'étude du séquenceur

1.2.1 Système complet du séquenceur

Le système du séquenceur comprend 7 parties :

- Le cœur du système est un microcontrôleur ATMEGA16 cadencé à 8 MHz.
- La partie détection gère toutes les informations reçues par le séquenceur : décollage, point de culmination et la fenêtre temporelle pour ouvrir le parachute.
- La fonction signalisation assure l'interface entre l'utilisateur et le système lors de la vérification de son fonctionnement. Elle est composée de leds, points de tests et cavaliers.
- La partie réglage permet essentiellement le réglage des fenêtres temporelles numérique et analogique.
- La partie actionneur permet au microcontrôleur le pilotage de l'actionneur.
- La partie alimentation permet d'alimenter tout le système séquenceur.
- La dernière partie initialise tout le système séquenceur.

Synopsie du système séquenceur

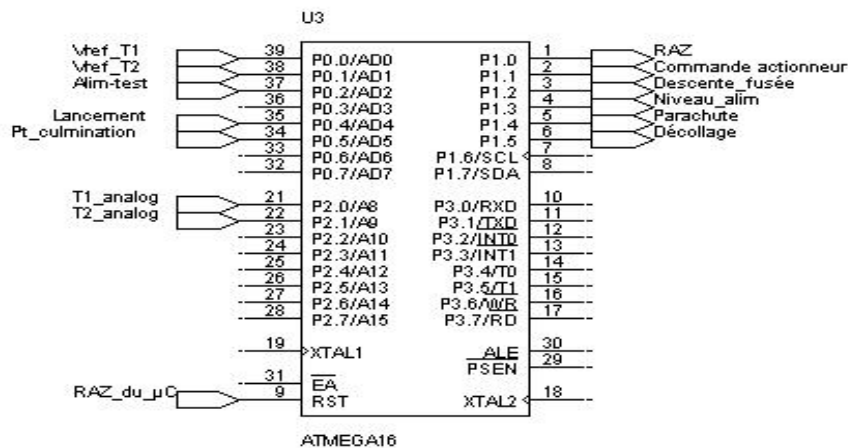


1.2.2 Partie séquenceur

Cette fonction est essentiellement réalisée par un microcontrôleur ATMEGA, cadencé à 8 MHz. Ce dernier reçoit les signaux de détections (détection du décollage, du point de culmination et fenêtre temporelle analogique) et les informations de « réglages ».

Elle traite les informations reçues des autres parties du séquenceur (partie réglages...), règle la fenêtre temporelle de manière numérique puis pilote l'actionneur.

Schéma électrique du séquenceur



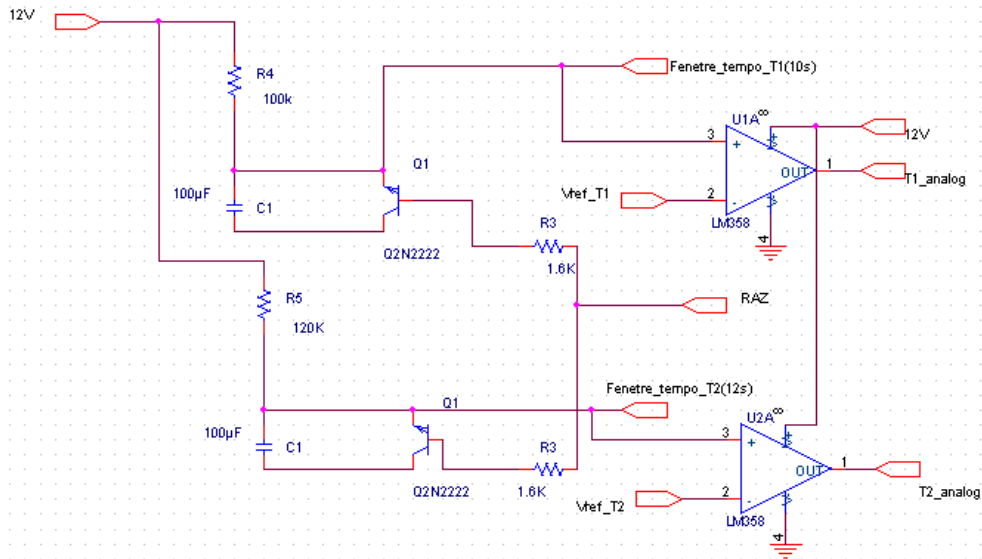
1.2.3 Partie de détection

La récupération de la fusée se fera grâce à la détection du point de culmination combinée aux fenêtres temporelles numérique et analogique. La fenêtre temporelle numérique est réalisé par un timer interne (16 bits) au microcontrôleur et l'analogique par l'association de circuits RC.

Cette partie gère tous les événements :

- Détection du décollage
- Détection du point de culmination
- Détection du début et de la fin de la fenêtre temporelle analogique
- Détection du début et de la fin de la fenêtre temporelle numérique

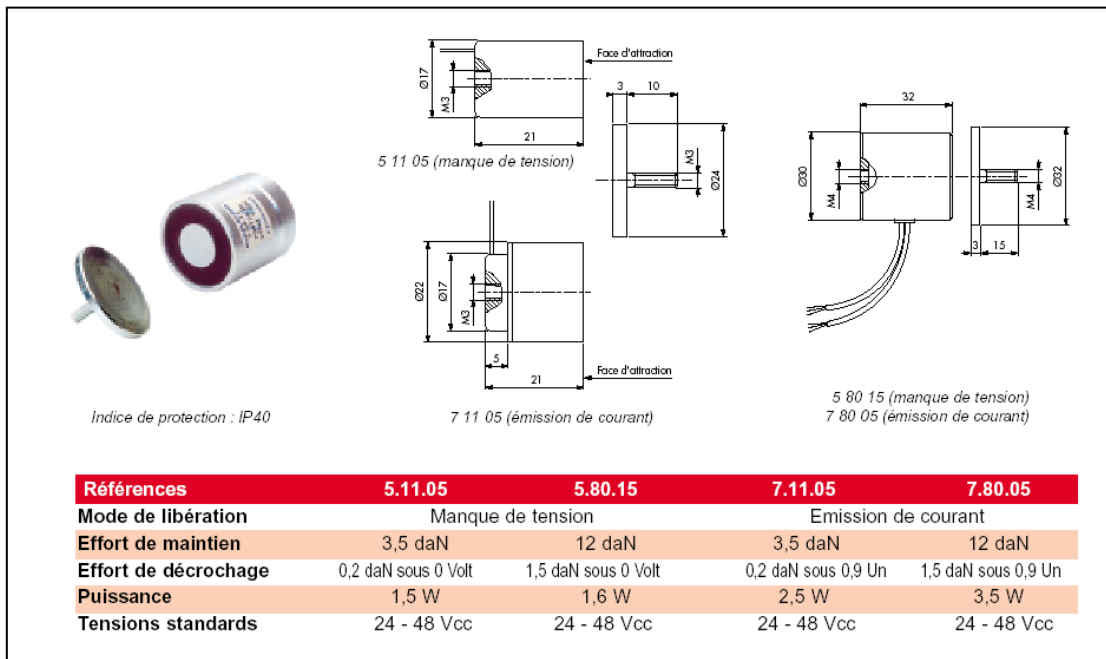
Schéma électrique de la réalisation de la fenêtre temporelle analogique



1.2.4 Partie actionneur

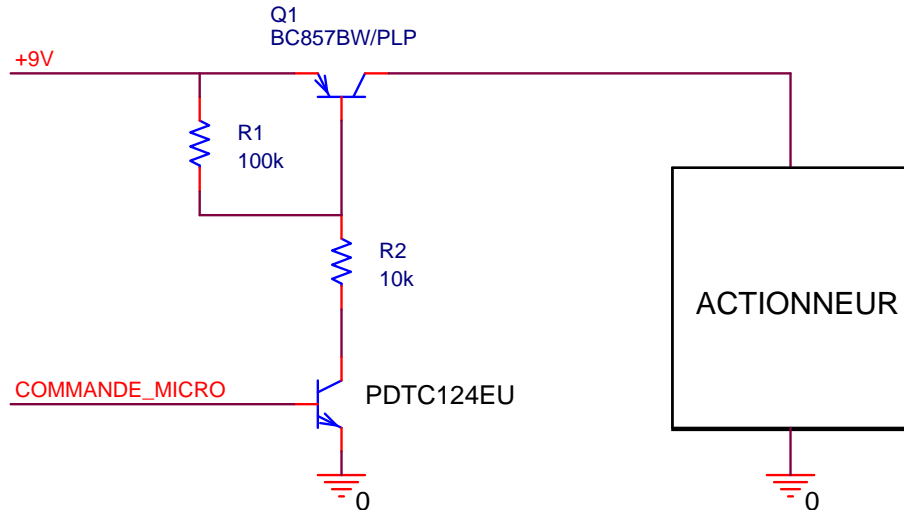
Cette partie réalise l'interface entre le microcontrôleur et l'actionneur. Elle permet au microcontrôleur le pilotage de l'actionneur. La puissance utile à l'actionneur étant légèrement trop élevée par rapport à la puissance que le microcontrôleur peut fournir, il est nécessaire d'intercaler entre ces 2 éléments une interface permettant le pilotage de l'actionneur.

La partie actionneur est commandé par le microcontrôleur et doit être actif lorsque la demande d'ouverture du parachute a été demandée. Le courant nécessaire au bon fonctionnement de l'actionneur (50 mA) étant supérieur au courant de sortie du micro (40 mA), il a donc été mis en place un étage d'adaptation. Ce dernier est réalisé par l'association de 2 transistors.



L'actionneur utilisé est le 7.11.05

Schéma de électrique de la partie actionneur



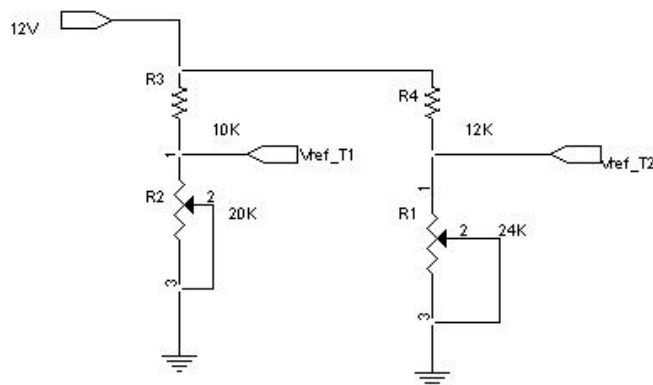
Dans cette configuration, le courant fournit peut atteindre 100 mA (limite du transistor)

1.2.5 Partie réglage

Cette partie permet le réglage des fenêtres temporelles analogique et numérique :

- Le réglage de la fenêtre numérique se fera à l'aide de deux circuits de ponts diviseurs ajustables (potentiomètres). Les signaux sont ensuite numérisés par le CAN du microcontrôleur. Les valeurs converties déterminent la fenêtre temporelle numérique.
- Le réglage de la fenêtre temporelle analogique se fera à l'aide de ces mêmes circuits de ponts diviseurs. Les signaux servent alors de référence sur des montages comparateurs. Ceux ci sont comparés à des tensions issues de circuits RC (voir dans la *partie détection*). Cet étage réalise la fenêtre temporelle analogique.

Schéma électrique de la partie réglage

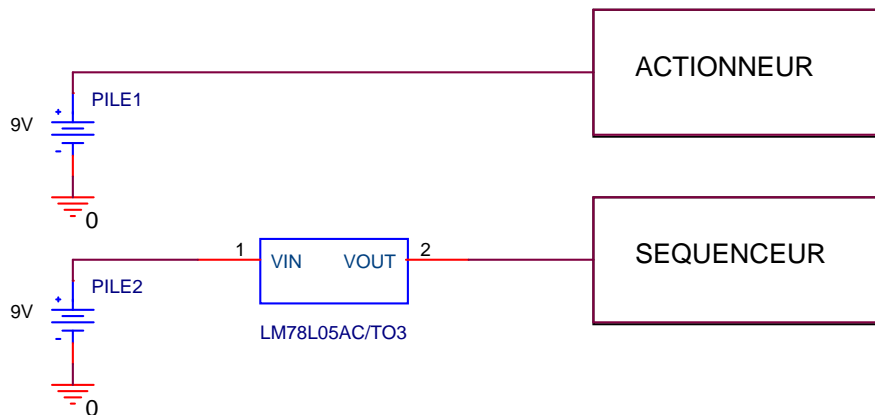


1.2.6 *Partie alimentation*

Deux piles 9 Volt seront utilisées pour alimenter le séquenceur. La première est utilisée pour alimenter l'actionneur tandis que la seconde alimente le reste du séquenceur.

- La tension alimentant l'actionneur est fournie directement par la pile. Son utilisation sera ponctuelle. Néanmoins, nous ne pouvons pas utiliser la même batterie que pour le séquenceur. En effet, étant susceptible de rester 45 minutes en rampe, la tension fournie par la pile sera inférieure à 9 Volt (encore à déterminer) et pourrait donc être insuffisante au bon fonctionnement de l'actionneur.
- L'alimentation du reste du séquenceur sera régulée par un régulateur linéaire 5 Volt. Pour le moment, nous en utilisons un du type 78L05. Néanmoins, nous sommes susceptibles (en fonction de l'autonomie de notre système) de le modifier par un régulateur ayant un « drop voltage » (de l'ordre de 0.3 Volt contre 2 Volt pour le 78L05) plus faible. En effet, ce dernier permettrait d'optimiser l'autonomie de notre montage.

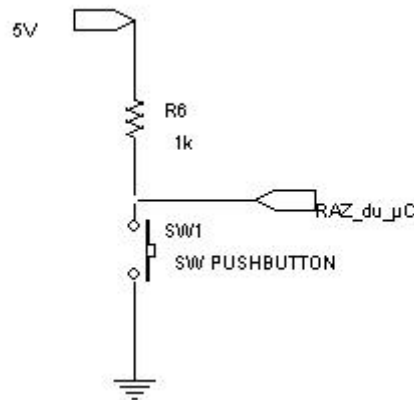
Schéma de électrique de la partie alimentation



1.2.7 *Partie initialisation*

L'initialisation de tout le système s'effectue via cette partie. Via un bouton, le microcontrôleur est RAZ. Ce dernier initialise alors tous les autres éléments du système : la fenêtre temporelle analogique et toutes les leds de tests.

Schéma de électrique de la partie initialisation



1.2.8 Partie signalisation

Cette partie est équipée de 4 leds principales et d'un interrupteur.

Une LED indiquera dans le même moment que la fusée est dans sa phase descendante.

Une LED indique que le séquenceur est alimenté :

- Allumée = séquenceur sous tension
- Clignotant = batterie faible
- Eteinte = séquenceur hors tension

Un buzzer bipera lorsque l'alimentation du séquenceur commencera à faiblir.

Une LED indique l'activation du séquenceur :

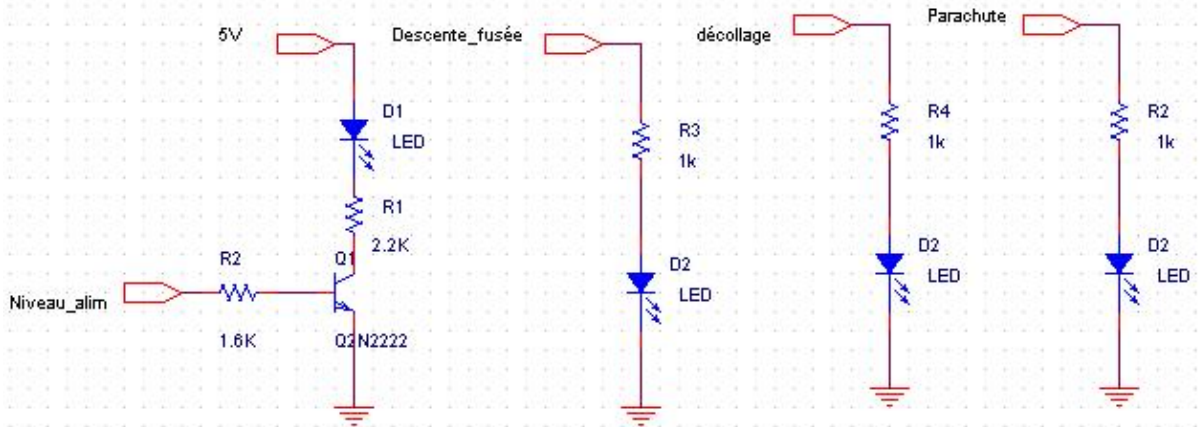
- Allumée = séquenceur activé => décollage de la fusée
- Eteinte = séquenceur désactivé => fusée attente de décollage

Un interrupteur sera monté afin de simuler la descente de la fusée. Ce dernier sera utilisé pour simuler le bon fonctionnement du séquenceur.

Une autre LED indique le largage parachute :

- Allumée = actionneur actif => séparation commandée
- Eteinte = actionneur inactif => séparation non commandé

Une série de LED est également prédisposée pour la vérification de la valeur du temps de déclenchement.



Etude HF

Auteur : S. BORGES

Participant(s) :

Liste de distribution : Toute l'équipe DCU, Planètes Sciences.

Contenu : Ce document contient les points traités pour la réalisation de l'émetteur et du récepteur HF.

Approbation :

Nom	Date	Signature

Nom du fichier : Etude HF

Format : Microsoft Word 9.0

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	3
1.1	OBJECTIFS	3
1.2	ACRONYMES ET DEFINITIONS.....	3
2	ETUDE HF	4
2.1	CAHIER DES CHARGES	4
2.2	CHOIX DE LA MODULATION	4
2.2.1	<i>Généralités sur les modulations</i>	<i>4</i>
2.2.2	<i>Modulations analogiques.....</i>	<i>5</i>
2.2.3	<i>Modulations numériques</i>	<i>6</i>
2.2.4	<i>Comparaison modulation analogique et numérique.....</i>	<i>6</i>
2.3	STRUCTURE DE L'EMETTEUR	7
2.3.1	<i>Modulateur FSK.....</i>	<i>7</i>
2.3.2	<i>Mélangeur.....</i>	<i>8</i>
2.3.3	<i>Oscillateur local</i>	<i>9</i>
2.3.4	<i>Filtre 138 MHz</i>	<i>10</i>
2.3.5	<i>Amplificateur</i>	<i>12</i>
2.4	STRUCTURE DU RECEPTEUR	12
2.4.1	<i>Filtres</i>	<i>13</i>
2.4.2	<i>Amplificateur</i>	<i>13</i>
2.4.3	<i>Mélangeur.....</i>	<i>13</i>
2.4.4	<i>Oscillateur local</i>	<i>13</i>
2.4.5	<i>Démodulateur FSK.....</i>	<i>13</i>
2.5	ANTENNE EH	15
2.5.1	<i>Principe.....</i>	<i>15</i>
2.5.2	<i>Mise en œuvre.....</i>	<i>16</i>

1 INTRODUCTION

1.1 Objectifs

Le but de ce document est de donner toutes les informations relatives à la réalisation du système de transmission de données. Il explique également les raisons des choix techniques, il contient les expériences réalisées.

1.2 Acronymes et définitions

Acronyme/nom	Définition
AM	Amplitude Modulation
FM	Frequency Modulation
VCO	Voltage Controlled Oscillator
FSK	Frequency Shift Keying
CP	Comparateur de Phase
HF	Hautes Fréquences

2 ETUDE HF

2.1 Cahier des charges

Le cahier des charges a été fixé par Planète Sciences. Tout d'abord, la fréquence d'émission est comprise entre 137,95 MHz et 138,5 MHz, soit une bande passante de 550 kHz. La puissance minimale d'émission est de 150 mW, pour le Kiwi la puissance est de 300 mW. Le T.O.S. (Taux d'Onde Stationnaire) doit être inférieur à 2 à la fréquence d'émission. L'autonomie doit être d'au moins 45 minutes. Des points tests et des cavaliers doivent être présents entre chaque partie de la chaîne. Le système doit résister à une rupture de transmission. Dans le cas où les données reçues ne se situent pas dans la bande 20 Hz - 20 kHz le club doit fournir le moyen de les stocker. Et enfin, le club doit être capable de décoder les données reçues.

2.2 Choix de la modulation

2.2.1 Généralités sur les modulations

La transmission d'information se faisant bien souvent par des antennes, le canal utilisé est l'air qui a la propriété d'absorber les ondes. L'absorption est un phénomène dû à une perte d'énergie dans le milieu, le signal s'atténue en parcourant le milieu comme le fait l'onde de choc créée par un corps jeté dans l'eau.

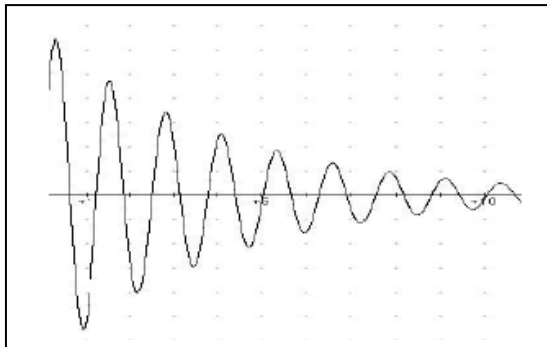


Illustration d'un signal se propageant

De la même façon, toutes les composantes fréquentielles d'un signal ne se propagent pas à la même vitesse. D'où l'intérêt, lors de la transmission d'un signal, de transmettre un spectre assez étroit :

$$\text{c'est à dire si : } f_{\max} - f_{\min} = \Delta f ;$$

$$f_{\max} - f_{\min} = f_{\text{moy}}$$

$$\text{d'où pour un spectre étroit } \Delta f < f_{\text{moy}} .$$

Un récepteur capable de capter un signal provenant d'un émetteur rayonnant une onde électromagnétique d'amplitude, de phase et de pulsation constantes, ne recevrait comme information que la fréquence du signal émis. Il est donc nécessaire de moduler le signal émis afin de pouvoir multiplier les informations transmises.

Indépendamment de cela, il faut pouvoir transmettre les signaux à distance. Dans le cas de la radiodiffusion: l'intérêt est d'utiliser un signal porteur de haute fréquence qui se propage bien dans

l'air, pour transmettre un signal basse fréquence (la voix ou musique) qui se transmettrait moins loin de l'émetteur et moins bien.

2.2.2 Modulations analogiques

Au cours du développement des dispositifs de télécommunication, il est rapidement apparu indispensable de coder l'information à transmettre, soit pour adapter l'information au canal de transmission (dans notre cas les faisceaux hertziens), soit pour transmettre simultanément plusieurs signaux informatifs sur un seul et même canal. De ce fait, le codage de l'information s'est révélé être un point-clef qui fait aujourd'hui encore l'objet de recherches et de normalisation.

L'une des formes de codage de l'information parmi les plus simples et les plus anciennes consiste à effectuer une translation en fréquence du signal informatif. Ce type de codage est appelé modulation. Il est d'usage de distinguer trois types de modulations analogiques :

Modulation d'amplitude AM (Amplitude Modulation)

Modulation de phase PM (Phase Modulation)

Modulation de fréquence FM (Frequency Modulation)

Ces deux dernières modulations sont des modulations angulaires. Le fonctionnement de ces trois modulations repose sur la modification d'une des caractéristiques (fréquence, phase ou amplitude) d'un signal sinusoïdal haute fréquence qui est transmis tel quel en l'absence de signal informatif. Ce signal prend la dénomination de porteuse (carrier en anglais) et sa fréquence est appelée fréquence porteuse. Elle sera notée f_p (la pulsation porteuse $\omega_p = 2\pi f_p$).

2.2.2.1 La modulation d'amplitude (AM)

Des techniques de modulations analogiques, la modulation d'amplitude fut la première employée. Elle se caractérise par une grande simplicité de mise en oeuvre. On la trouve fréquemment pour les transmissions hertziennes (stations radiophoniques grandes ondes par exemple).

2.2.2.2 La modulation de fréquence (FM)

La **modulation de fréquence** (*frequency modulation, Frequenzmodulation*) est la plus connue des modulations angulaires par le fait des nombreuses stations de radiodiffusion émettant par ce moyen. En fait, si est l'excursion en amplitude du signal modulant, l'excursion en fréquence du signal modulé peut s'exprimer logiquement par : $k\Delta a = \Delta f$.

On définit l'indice de modulation pour un signal modulant sinusoïdal de fréquence la quantité :

2.2.2.3 La modulation de phase (PM)

Si, au lieu de faire varier la fréquence du signal modulé, on fait varier sa phase, on obtient une modulation de phase. Ces deux modulations sont étroitement liées entre elles, et ne se distinguent que par une dérivation ou une intégration préalable du signal modulant.

2.2.2.4 Comparaison des différentes modulations analogiques

Pouvoir quantifier la qualité du signal après sa transmission et sa démodulation est l'un des points essentiels des techniques de communication. Il est relativement intuitif de comprendre que le signal reçu après une transmission à longue distance va être considérablement atténué et comme par ailleurs, à ce signal vont se superposer des parasites, le signal arrivant au démodulateur. Enfin, le signal subit différent traitement (modulation, amplification, démodulation) qui vont entraîner des déformations. Il est d'usage de caractériser le bruit par sa puissance. De ce fait, l'influence du bruit sur un signal est donné par le rapport signal bruit qui est le rapport de la puissance du signal non bruité sur la puissance de bruit (SNR : Signal to Noise Ratio). Cette quantité est fréquemment exprimée en décibels ($10 \log(S/N)$). Plus le SNRdB est élevé, meilleure est la qualité du signal récupéré. La mesure de la déformation d'un signal est donné par le taux de distorsion harmonique total (THD :

Total Harmonic Distorsion). La mesure du THD consiste à déterminer les harmoniques du signal après traitement au signal original, lequel est un signal sinusoïdal pur.

	Bande de fréquence	de Complexité	Amélioration après démodulation	Sensibilité aux perturbations
AM	$2 f_m$	minime	jamais en détection crête	importante
FM	$2 N(\delta) f_m$	complexe	si $\delta > 0,475$	faible
ΦM	$2 N(\delta) f_m$	complexe	si $\delta > 0,775$	faible

2.2.3 Modulations numériques

Les modulations numériques impliquent nécessairement l'échantillonnage des signaux analogiques puis leur codage sous la forme d'un mot écrit sous forme binaire. L'échantillonnage implique le respect du théorème de Shannon ($f_{Max} < 2f_e$). D'ailleurs, le codage sous forme d'un mot binaire se traduit par une erreur de quantification. En effet, un mot de n bits ne peut prendre que 2^n valeurs discrètes. Cette discrétisation introduit une erreur entre le signal original et le signal numérisé. Cet écart entre les deux signaux nommé bruit de quantification. Enfin, du fait même du codage, le signal numérisé occupe spectre nettement plus important que le signal analogique original. Toutefois, les problèmes distorsion et de bruit peuvent être traités de façon largement simplifiés ce qui permet régénérer les signaux au cours des transmissions. Enfin, la simplicité (relative, ne nous y trompons pas) la souplesse de mise en oeuvre, conduisent à la généralisation des codages numériques.

Les trois caractéristiques principales permettant de comparer entre elles les différentes techniques de transmission numériques sont les suivantes:

- *La probabilité d'erreur P_e par bit transmis* permet d'évaluer la qualité d'un système de transmission. Elle est fonction de la technique de transmission utilisée, mais aussi du canal sur lequel le signal est transmis. Il est à noter que P_e est une valeur théorique dont une estimation non biaisée au sens statistique est le Taux d'Erreur par Bit TEB.
- *L'occupation spectrale* du signal émis doit être connue pour utiliser efficacement la bande passante du canal de transmission. On est contraint d'utiliser de plus en plus des modulations à grande efficacité spectrale.
- *La complexité du récepteur* dont la fonction est de restituer le signal émis est le troisième aspect important d'un système de transmission

Le signal numérique nécessite une bande passante plus grande qu'un signal analogique.

2.2.4 Comparaison modulation analogique et numérique

La modulation numérique offre par rapport à la modulation analogique une capacité supérieure pour le transport de volumes d'information accrus, ce qui constitue de toute évidence une évolution majeure dans la concurrence pour l'espace spectral. Les formats numériques sont également compatibles avec les services de données numériques, offrant une sécurité accrue des données, une meilleure qualité de transmission et une disponibilité plus immédiate des systèmes.

Nous avons assisté ces dernières années à une mutation majeure, passant de la modulation d'amplitude analogique simple (AM) et de la modulation de fréquence/phase (FM/PM) aux nouvelles techniques de modulation numérique.

On utilise couramment les formats courants :

- QPSK (Quadrature phase shift keying)
- FSK (Frequency shift keying)
- MSK (Minimum shift keying)
- QAM (Quadrature amplitude modulation)

A cela vient s'ajouter dans de nombreux systèmes un autre facteur de complexité : le multiplexage, c'est-à-dire la technique qui permet de délivrer plusieurs signaux indépendants avec accès simultané à un système unique.

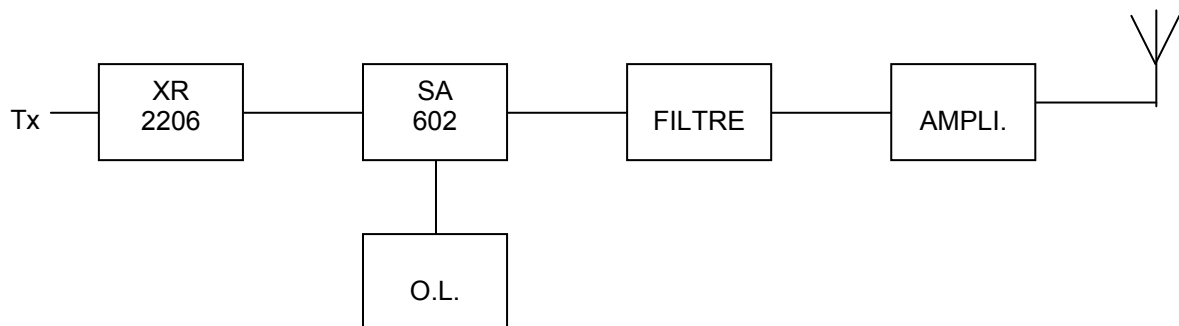
Les deux principaux types de multiplexage sont le TDMA (Time Division Multiple Access) et le CDMA (Code Division Multiple Access).

Cependant, ces procédés efficaces en bande passante exigent des matériels plus complexes.

Malgré le fait que la modulation analogique est plus simple à mettre au point, il me semble plus intéressant dans notre cas d'utiliser une modulation numérique.

2.3 Structure de l'émetteur

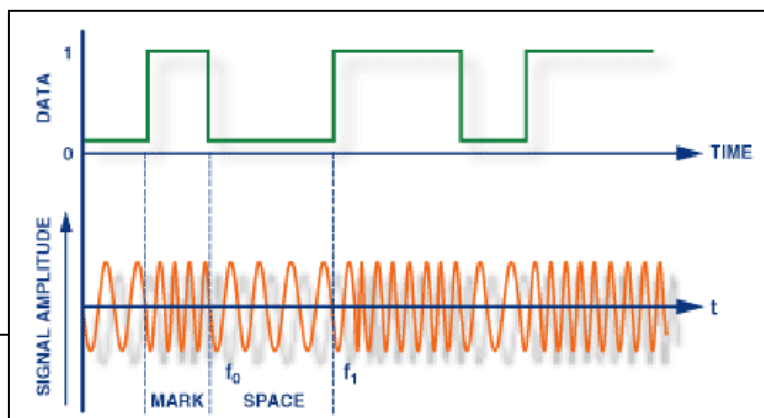
Pour des questions de temps, nous avons choisi de bâtir notre émetteur autour du circuit XR2206, qui est un circuit intégré générateur de fonction comprenant entre autre un VCO. Grâce au XR2206, nous modulons notre signal à transmettre en FSK. Ensuite, à l'aide du SA602 (mélangeur), nous transposons notre signal à la fréquence de transmission (137,95 MHz – 138.5 MHz). L'oscillateur local nous permet de faire cette transposition. Ensuite, avec le filtre nous sélectionnons les composantes que nous voulons transmettre. Et enfin nous l'amplifions avant de l'envoyer à l'antenne.



Structure de l'émetteur FSK

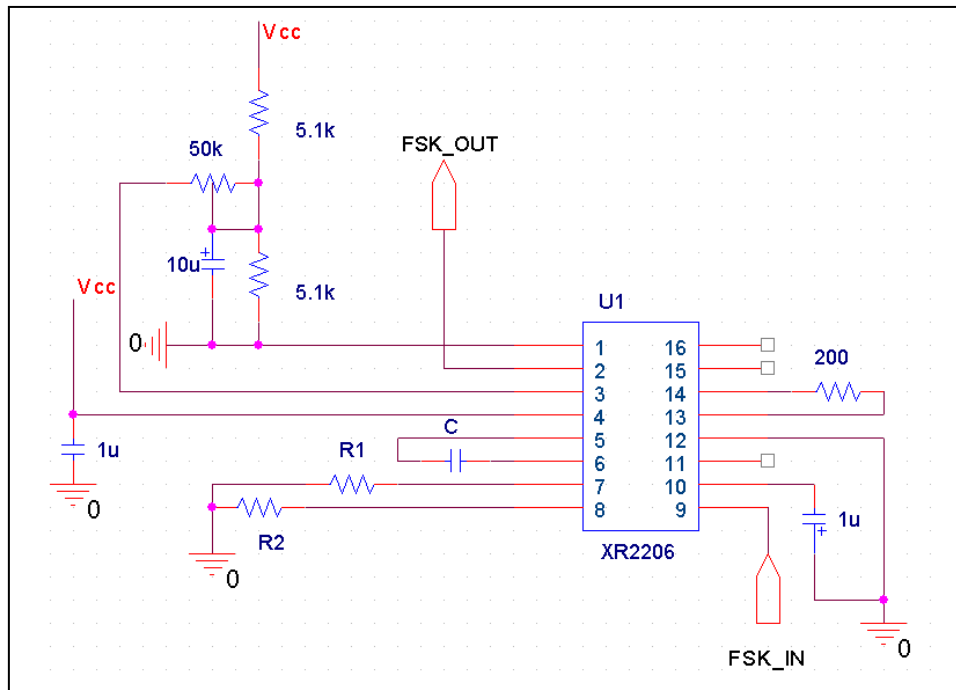
2.3.1 Modulateur FSK

La modulation FSK consiste à transmettre un signal dont la fréquence peut prendre deux valeurs en fonction du bit à transmettre. Ces deux valeurs sont appelés f_{mark} (la valeur la plus basse) et f_{space} (la valeur la plus haute).



Signal modulé en FSK

Le circuit intégré XR2206 permet de réaliser un modulateur FSK, mais il ne permet pas de moduler directement à haute fréquence. Voici le schéma du XR2206 configuré pour moduler un signal en FSK.



Montage du modulateur

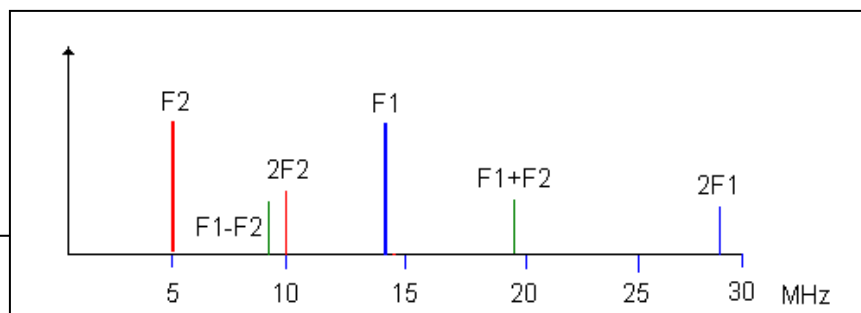
$$f_{space} = \frac{1}{R1.C} \quad f_{mark} = \frac{1}{R2.C}$$

2.3.2 Mélangeur

Le rôle du mélangeur (SA602) est de transposer le signal modulé à haute fréquence (137.95 MHz – 138.5 MHz).

En appliquant deux signaux en entrée du mélangeur nous retrouverons en sortie des combinaisons linéaires de ces signaux, en filtrant nous aurons en sortie du filtre la combinaison qui nous intéresse.

En injectant deux signaux à des fréquences différentes ($F1 = 14$ MHz et $F2 = 5$ MHz) sur un élément non linéaire, nous retrouvons en sortie les harmoniques de $F1$ et $F2$ mais aussi $F1+F2$, $F1-F2$.



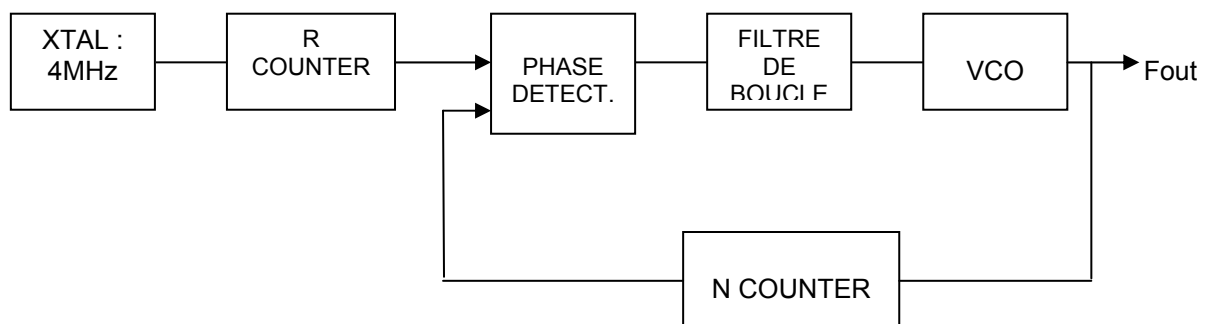
Exemple de spectre de signaux a la sortie d'un mélangeur

Donc en prenant une porteuse à haute fréquence, nous pourrons transposer notre signal modulé FSK par le XR2206 à la fréquence autorisée par Planète Sciences.

2.3.3 Oscillateur local

Nous avons besoin d'un oscillateur local afin de transposer le signal a transmettre dans la bande alloué par Planète Sciences.

Pour le faire, nous allons utiliser le principe de la synthèse de fréquence.



Structure de l'oscillateur local

Le principe de fonctionnement du synthétiseur de fréquence est le suivant, en partant d'un signal délivré par un oscillateur stable, par exemple un oscillateur à quartz. On divise ce signal par R (dans notre cas 8) ainsi en entrée du comparateur de phase on a un signal à la fréquence de 500 kHz, qui est comparé avec un signal issu du VCO divisé par N (dans notre cas : $270 < N < 290$), donc en sortie du VCO on aura un signal qui varie entre 135 Mhz et 145 MHz en fonction de la valeur prise par N, en supposant que R est fixé à 8.

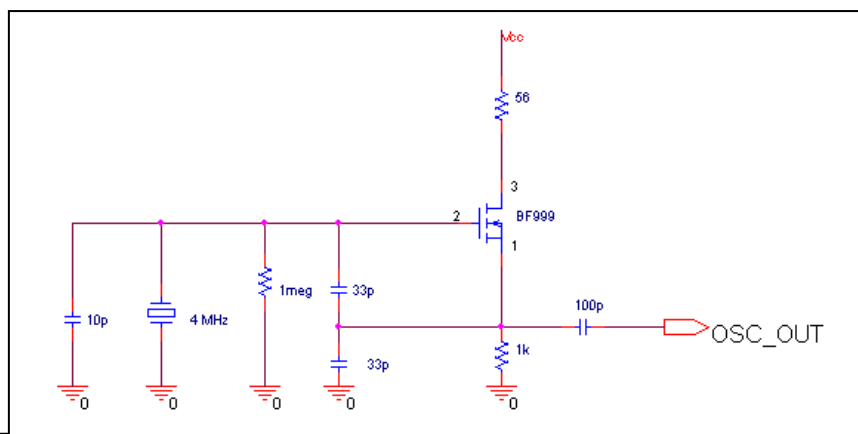
La fréquence en sortie du VCO est :

$$F_{out} = \frac{fr \cdot N}{R}$$

fr étant la fréquence du signal à la sortie de l'oscillateur à quartz.

2.3.3.1 Oscillateur a quartz

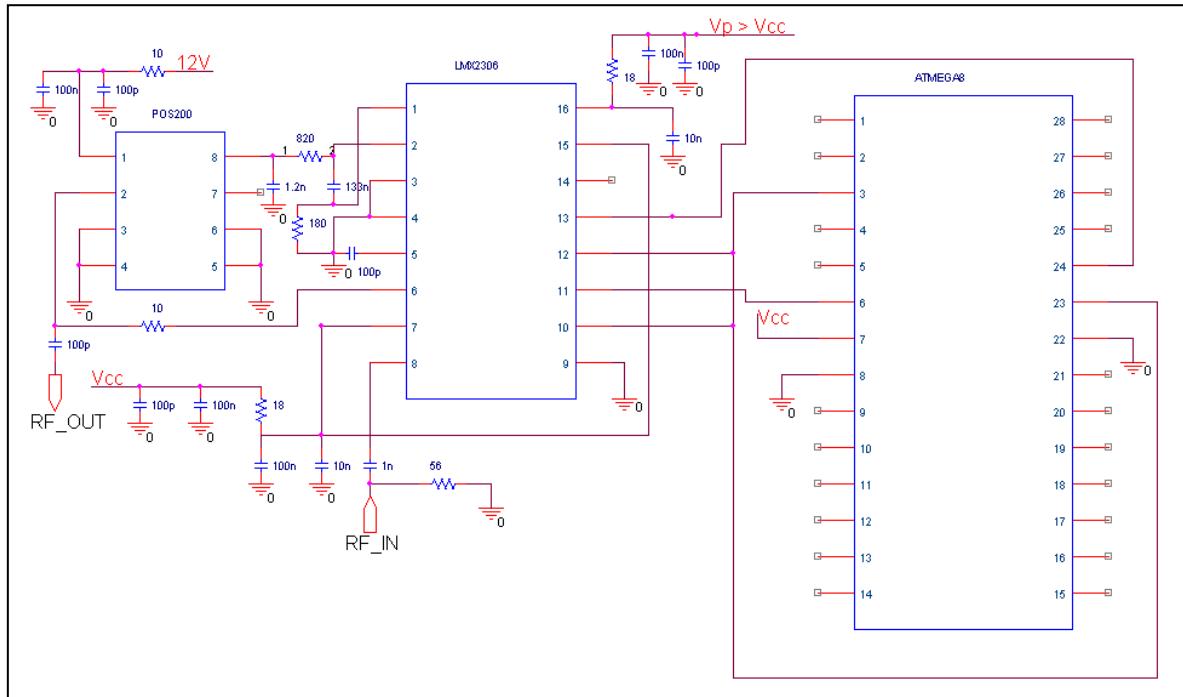
Voici le schéma de l'oscillateur à quartz :



L'oscillateur a été testé et fonctionne.

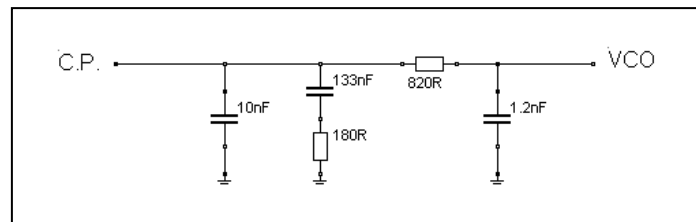
Le signal issu de l'oscillateur à quartz est connecté sur l'entrée RF_IN.

Voici le schéma de l'oscillateur local :



2.3.3.2 Filtre de boucle

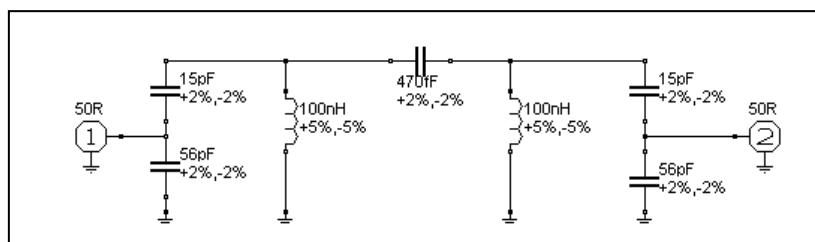
Le filtre de boucle a été calculé à partir des données constructeurs (de la PLL).



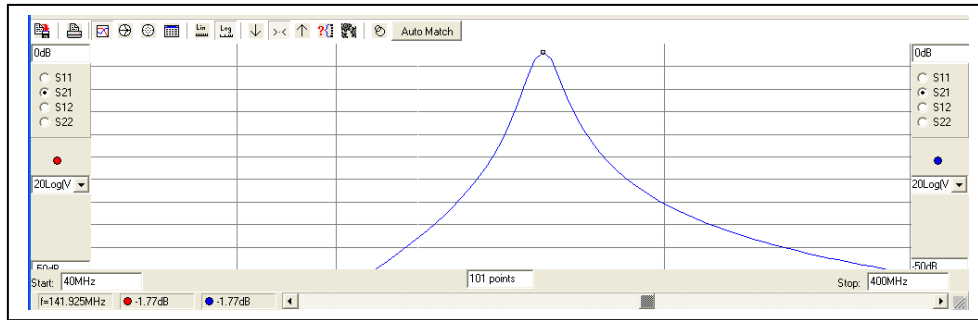
2.3.4 Filtre 138 MHz

Le rôle du filtre est de permettre uniquement les signaux dans la bande qui nous intéresse. Il sera réalisé en éléments discrets (selfs et capacités).

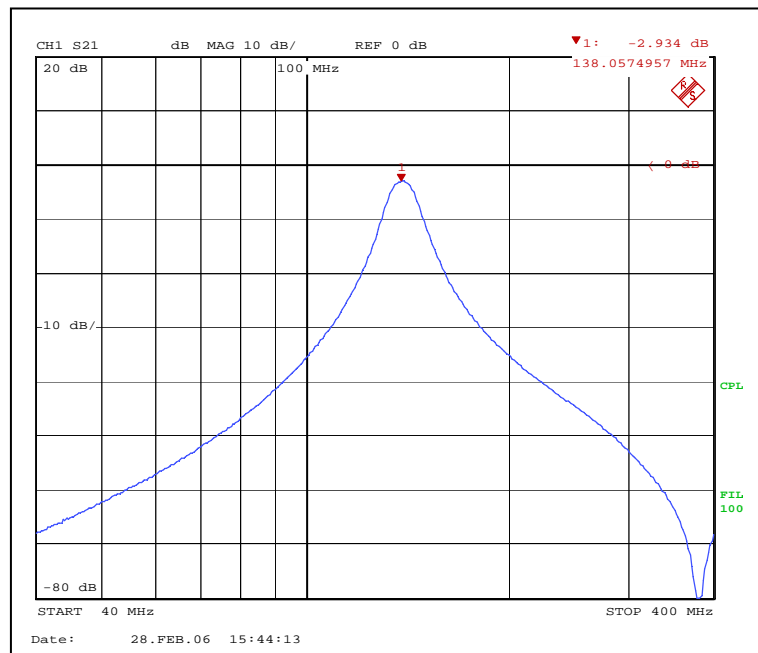
Voici une première proposition du filtre, il doit être adapté en fonction des impédances d'entrée et de sortie, ici il est réalisé sous 50 Ω.



Voici les résultats de la simulation :



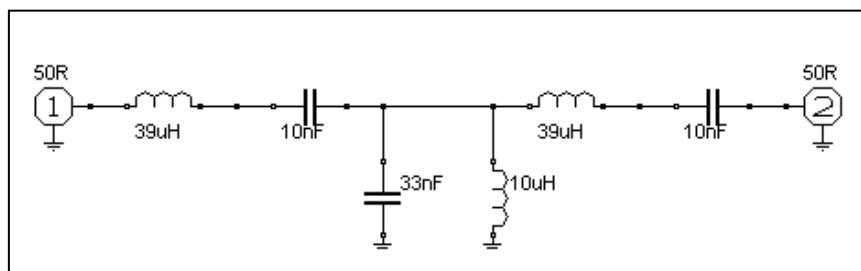
Voici la réponse du filtre mesurée à l'analyseur de réseau :



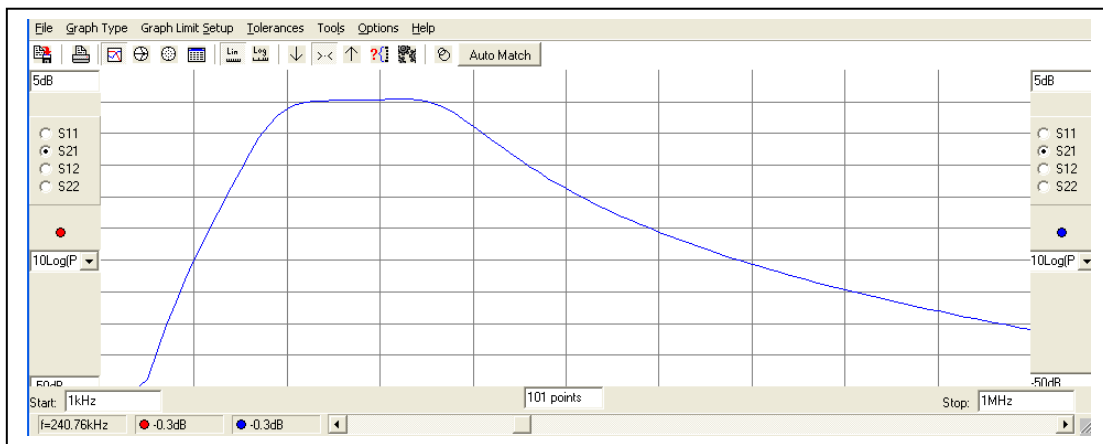
2.3.4.1 Filtre 300 kHz

Ce filtre sert à sélectionner le signal FSK en sortie du mélangeur.

Voici le schéma du filtre :



Voici les résultats de la simulation :



Ce filtre n'a pas encore été testé.

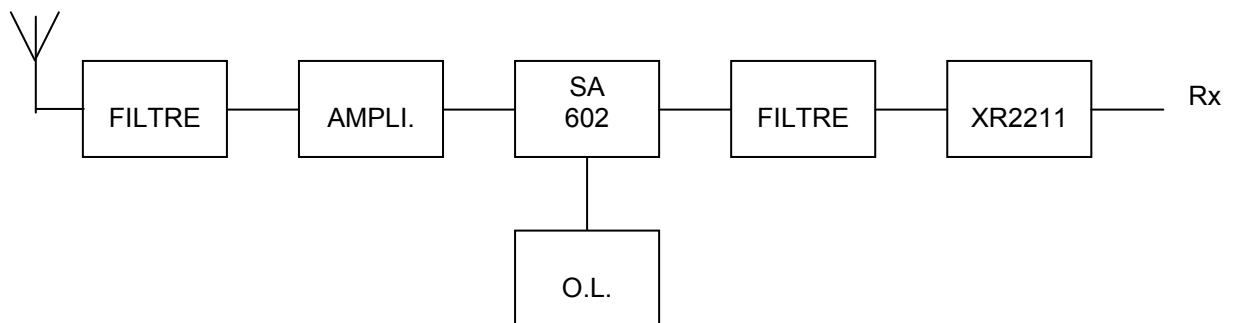
2.3.5 Amplificateur

Le rôle de l'amplificateur est de fournir à l'antenne le niveau de signal nécessaire pour que le récepteur reçoive un signal avec une amplitude suffisante pour que la démodulation se fasse dans de bonnes conditions.

Pour l'instant, le choix de l'amplificateur n'a pas été fait, mais nous pouvons envisager d'utiliser un amplificateur à transistor.

2.4 Structure du récepteur

Le récepteur est organisé autour du circuit XR2211, voici la structure générale du système de réception :



Structure du récepteur

2.4.1 Filtres

Le rôle du premier filtre est de sélectionner uniquement les signaux se trouvant dans la bande passante du canal alloué par Planète Sciences. Ce filtre sera réalisé en éléments discrets (capacités et selfs).

(cf. paragraphe 2.3.4)

Le deuxième filtre sert à sélectionner en sortie du mélangeur les combinaisons entre le signal reçu et le signal provenant de l'oscillateur local qui nous intéresse.

Pour l'instant le deuxième filtre n'est pas défini.

2.4.2 Amplificateur

Le rôle de cet amplificateur est d'amplifier le signal reçu afin que le niveau soit suffisant à l'entrée du mélangeur.

On peut également le réaliser avec un transistor.

2.4.3 Mélangeur

Pour le principe de fonctionnement voir paragraphe 2.4.2.

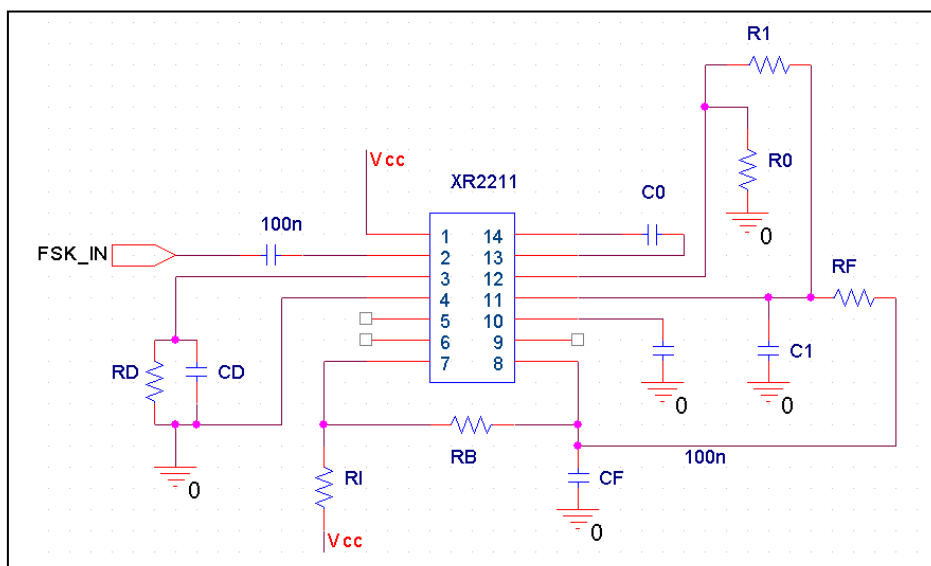
Ici en sortie du mélangeur, nous nous intéresserons à la composante issue de la différence entre les deux signaux (porteuse et signal modulant).

2.4.4 Oscillateur local

L'oscillateur local est toujours un synthétiseur de fréquence. (Cf. paragraphe 2.4.3)

2.4.5 Démodulateur FSK

Une fois que nous avons la différence entre la porteuse et le signal reçu, le circuit XR2211 se chargera de la démodulation FSK.



Montage du démodulateur FSK

La fréquence de l'oscillateur est fixé par la résistance R0 et la capacité C0 :

$$f_{vco} = \frac{1}{R_0 \cdot C_0}$$

Nous devons respecter les conditions suivantes :

$$10 \text{ k} < R_0 < 100 \text{ k}$$

$$200 \text{ pF} < C_0 < 10 \text{ }\mu\text{F}$$

La résistance R_d et la capacité C_d n'est à connecté que si le « Tone Detect » est utilisé.

V_{ref} (pin 10) doit avoir la valeur suivante :

$$V_{REF} = \left(\frac{V_{CC}}{2} \right) - 650 \text{ mV (en Volts)}$$

La constante de temps du filtre de boucle est définie de la manière suivante :

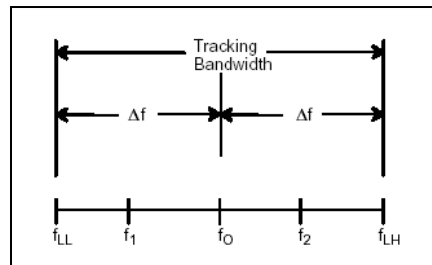
$$\tau = C_1 \cdot R_{PP} \text{ (en secondes)}$$

avec :

$$R_{PP} = \left(\frac{R_1 \cdot R_F}{R_1 + R_F} \right)$$

La condition suivante doit aussi être respectée :

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{R_0}{R_1}$$



Constante de temps du filtre FSK :

$$\tau_F = \frac{R_B \cdot R_F}{R_B + R_F} \cdot C_F \text{ (secondes)}$$

Conversion du détecteur de phase :

$$K_D = \frac{V_{REF} \cdot R_1}{10000 \cdot \Pi} \text{ (volt/radian)}$$

Conversion du VCO :

$$K_0 = \frac{-2 \cdot \pi}{V_{REF} \cdot C_0 \cdot R_1} \text{ en } \frac{\text{radian / second}}{\text{volt}}$$

Fonction de transfert du filtre :

$$F_{(S)} = \frac{1}{1 + S.R_1.C_1}$$

$$\text{avec } S = j\omega$$

Gain total de la boucle :

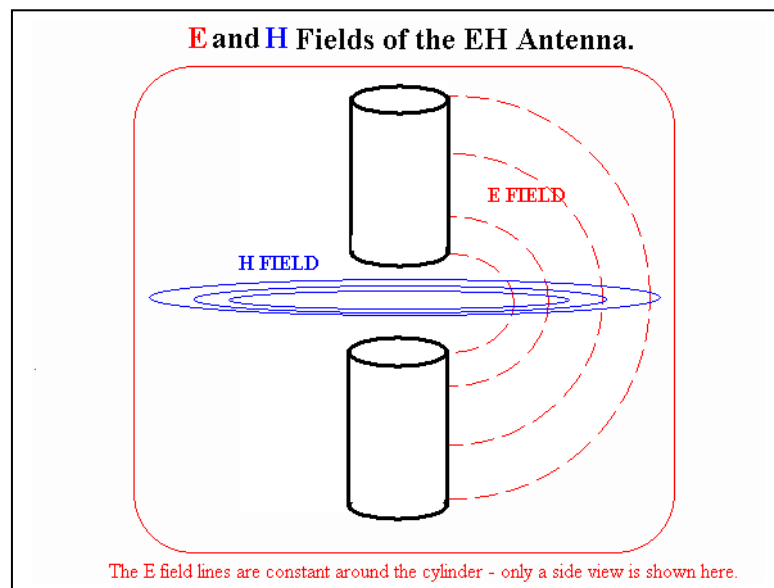
$$K_T = K_0.K_d.F_{(S)} = \left(\frac{R_F}{5000.C_0.(R_1 + R_F)} \right) \text{ en (1/second)}$$

2.5 Antenne EH

Nous voulons utiliser une antenne de type EH.

2.5.1 Principe

Physicien Britannique et professeur d'université HENRY POYNTING découvre et met en évidence en 1880 un phénomène basé sur la production simultanée de deux champs : E et H, ces deux champs correspondent à l'énergie produite par la tension et l'intensité en sortie d'émetteur, en règle générale pour une antenne dipôle ces deux champs sont alternativement déphasés ainsi un maximum de tension correspond au minimum d'intensité et vice-versa, on obtient un rayonnement électromagnétique pour peu que la longueur de l'élément rayonnant soit bien calculé en fonction de la fréquence, ce phénomène correspond à la découverte de H.HERTZ. Ici les champs doivent se produire **SIMULTANEMENT** et sont perpendiculaires entre eux; le champ H doit encercler le champ E et avoir la même courbure, pour arriver à cela la présence d'une bobine dans l'alimentation aura pour but de retarder le champ H et le résultat sera la mise en PHASE des deux champs E et H. Le schéma ci-dessous montre la production du rayonnement électromagnétique par rapport aux champs précédemment cités...



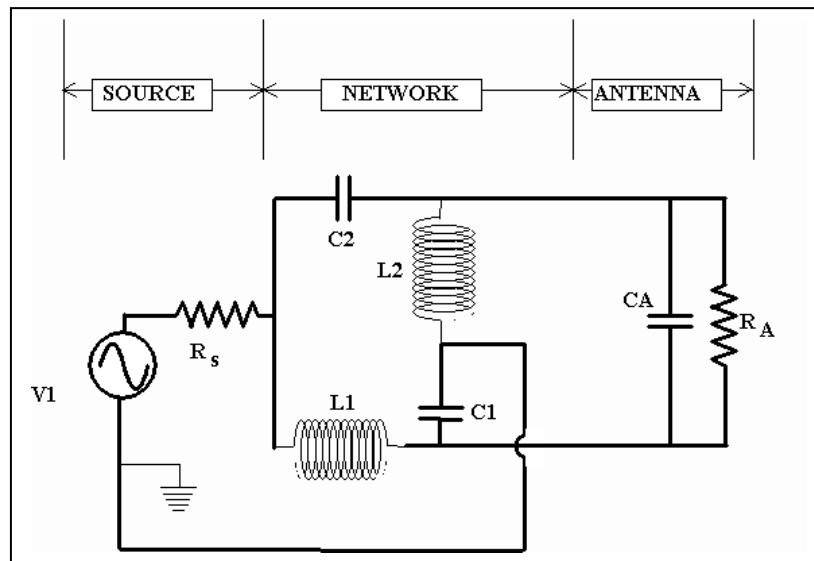
Antenne EH

2.5.2 Mise en œuvre

Cette découverte n'est pas nouvelle, elle a déjà été exploitée pour des émetteurs de radiodiffusion AM (en Egypte), et porte le nom d'antenne CFA (Cross Field Antenna).

Revenons à l'antenne EH pour les radioamateurs. TED HART, un ingénieur électronique et inventeur de l'antenne EH propose une configuration simple de mise en pratique du théorème de POYNTING pour les Radioamateurs.

La puissance fournie à l'antenne est appliquée à une induction entre la source et l'élément rayonnant, l'induction retardera la phase du courant relativement à la tension appliquée. Par conséquent, dans l'antenne, la phase de la tension "champ E" et la phase du courant "champ H" se produisent simultanément, ainsi le nom d'antenne EH. Ceci permet la satisfaction du théorème de POYNTING et le rayonnement se produit. Pour obtenir physiquement cet effet, un circuit que l'on appelle le "RESEAU ou NETWORK" assure la mise en phase correcte de la tension et du courant, on y distingue 2 selfs et 2 condensateurs.

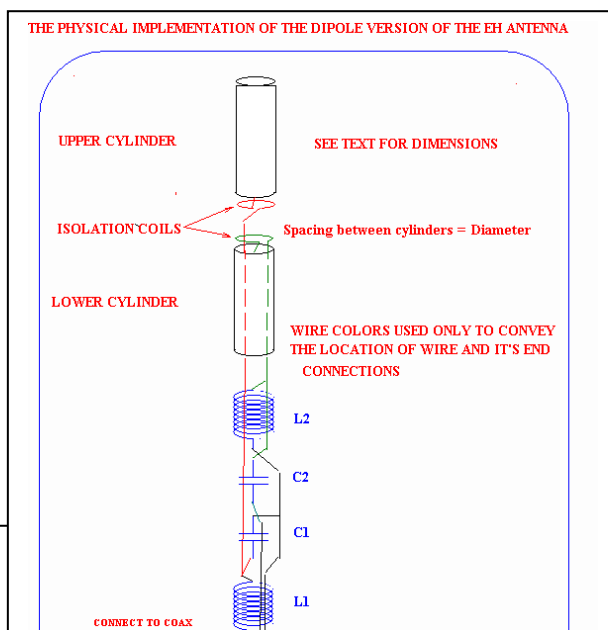


Mise en œuvre de l'antenne EH

En raison du rendement élevé de l'intégration des champs E et H l'antenne n'est qu'une fraction de la longueur d'onde. La taille physique de l'antenne est très petite comparée à la longueur d'onde de fonctionnement <1% .

Cette antenne est composée de deux parties :

- un réseau de mise en phase EH (bobines et capacités)
- un dispositif rayonnant, le dipôle (cylindre)



Exemple d'antenne EH

Schéma général de l'antenne EH

Accélération ADXL150

Contenu : Etat d'avancement des activités du groupe 3

Nom du fichier : capteur_acceleration.doc

Format : Microsoft Office Word

SOMMAIRE

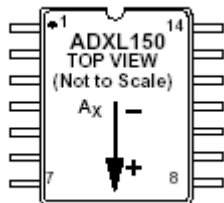
1	CAPTEUR UTILISE.....	2
2	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	2
3	PINNING.....	2
4	ALIMENTATION.....	2
5	MESURE REALISEE	2
6	PARAMETRE ETUDIE.....	2
7	SCHEMA	3
8	CONSOMMATION	3
9	ROUTAGE.....	4
10	NOMENCLATURE	4
11	DEVIS	4
12	DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES	4
13	ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS	5
14	ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE.....	5
15	PROCEDURE DE TEST	6
16	ETALONNAGE.....	6

1 CAPTEUR UTILISE

La fonction "mesure de l'accélération" est réalisée avec un **ADXL150**.

2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le capteur ADXL150 a pour but de mesurer l'accélération suivant un axe (voir schéma ci-dessous).

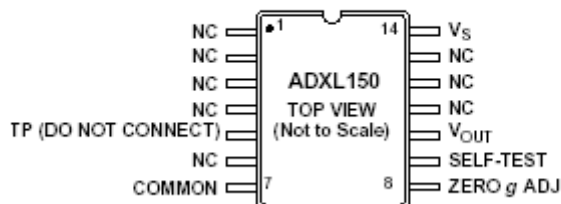


POSITIVE A = POSITIVE V_{OUT}

L'ADXL150 délivre en sortie une tension en fonction l'accélération de 38 mV / g (avec $g=9,81 \text{ m/s}^2$). Lors du vol de la fusée, l'accélération ne dépassera pas de 20g.

3 PINNING

PIN CONNECTIONS



4 ALIMENTATION

L'ADXL150 fonctionne normalement lorsque la tension d'alimentation est comprise entre 4 et 20 Volt. Ici, il sera alimenté via un régulateur linéaire 5 Volt.

5 MESURE REALISEE

L'accéléromètre ADXL150 permet de mesurer uniquement l'accélération.

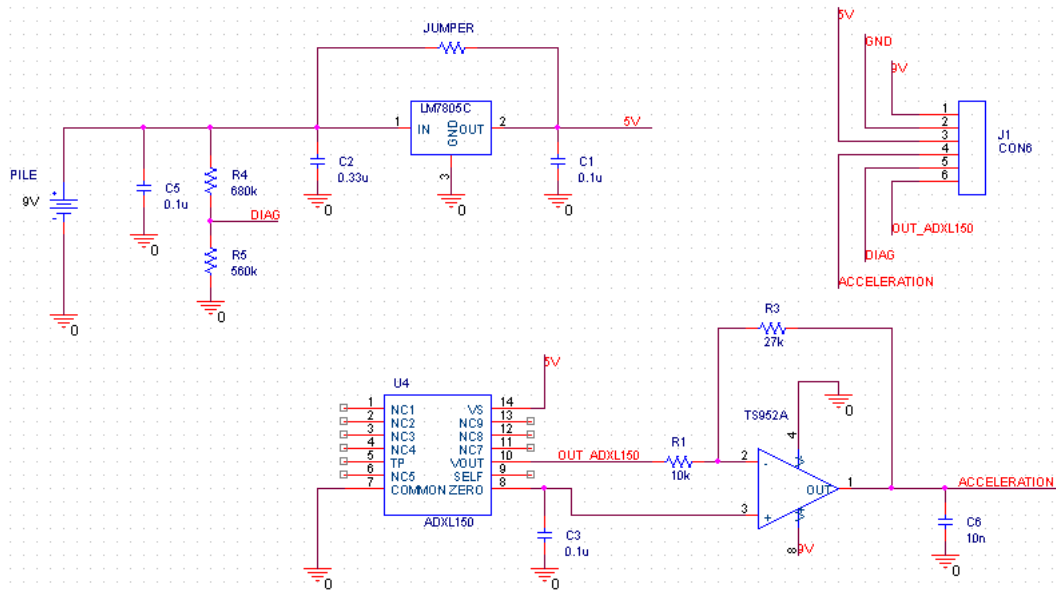
6 PARAMETRE ETUDIE

La mesure effectuée par le capteur n'est pas utilisé pour mesurer d'autres paramètres. En aval du capteur, seuls des étages de filtrage et d'amplifications sont utilisées.

7 SCHEMA

Ci dessous, la première version (février 2006) de la carte réalisant la fonction accélération.

CARTE ACCELERATION



8 CONSOMMATION

9 ROUTAGE

Ci contre, le premier routage réalisé (mars 2006) de la carte température. Le routage a été réalisé sur le logiciel Orcad et la carte, à l'IFITEP. Pour le moment, toutes les fonctions sont sur des cartes différentes afin de faciliter leur debuggage. Aussi, les composants utilisés sont le plus souvent des composants non CMS. A l'avenir (une fois les cartes testées et validées), tous les composants passifs seront des CMS taille 805.

10 NOMENCLATURE

Composants utilisés	Quantité
10n	1
0,32 μ	1
0,1 μ	3
680k	1
560k	1
10k	1
27k	1
78L05	1
TS952A	1
ADXL150	1

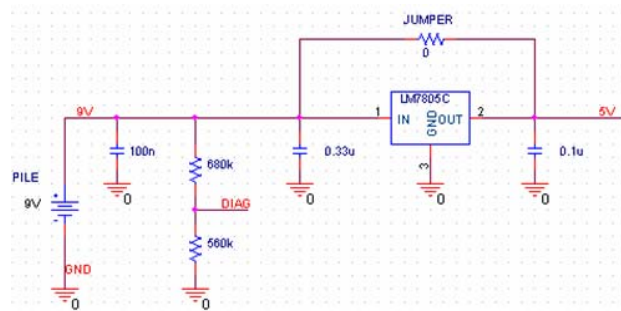
11 DEVIS

La fonction accélération (hors PCB) est estimée à environ 42 € (31€ pour l'accéléromètre, 0,6€ pour le régulateur, 1,26 € pour l'AOP , 2,40 € pour les résistances et 3 € pour les condensateurs).

12 DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES

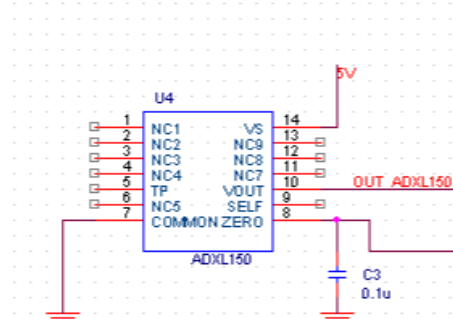
Etage alimentation

Le capteur est alimenté par un régulateur linéaire 5 Volt de type 78L05. A l'avenir, nous allons, en fonction de la consommation des différents étages "capteurs", remplacer le 78L05 par des LF50. Ces derniers sont plus chers mais ont l'avantage d'avoir une tension de drop beaucoup plus faible que les 78L05 (0.3 pour 2 V). Ainsi, la plage de fonctionnement sera optimisée.



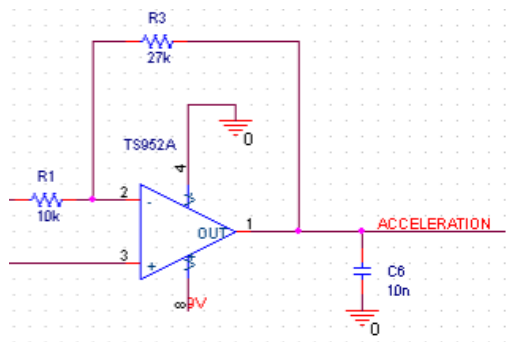
Etage de mesure accélération

L'ADXL150 mesure automatiquement l'accélération pendant le vol est délivre en sortie (pin 10) une tension de 38mV/g.



Etage Amplification

Nous utilisons un amplificateur non inverseur. Le gain est égal à $1+27/10$ soit 3,7 afin d'avoir en sortie 100mV/g.



13 ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS

Les étages de gain et filtrage n'ont pas d'influence sur la précision de la mesure. Les tolérances des composants peuvent éventuellement modifier le gain mais ce dernier est connu et peut donc être rectifié lors du traitement des résultats mesurés. Cependant, le fait d'amplifier augmente l'erreur de mesure du capteur (voir ci dessous).

14 ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE

D'après la documentation constructeur du capteur, la précision est de $\pm 0,5\%$ (maximum) soit $\pm 185\mu V$. Après amplification, l'erreur de mesure peut être de $\pm 684,5\mu V$. Le reste du montage n'incluant pas de dégradation.

15 PROCEDURE DE TEST

1. Appliquer une tension d'alimentation sur le + 9Volt supérieure à 6.5 Volt
2. Vérifier que le +5V est égal à 5% près à 5 Volt
3. Mesurer la tension en sortie du capteur (pin 10) et que cette tension varie lorsque nous faisons des mouvements du a l'accélération
4. Mesurer la tension en sortie de l'amplificateur sur la patte 1 de ce dernier et vérifier que le signal s'amplifie bien par rapport a l'entrée notre amplificateur lorsqu'on fait bouger le circuit imprimer

16 ETALONNAGE

L'étalonnage aura une influence uniquement sur la partie traitement des informations sur le logiciel. La partie électrique ne sera pas modifiée. Il existe très peu de moyens fiables, afin de mesurer l'accélération avec l'ADXL150, on s'est donc fié a la datasheet. Mais certains tests d'étalonnage aura lieu lorsque la carte définitive sera réalisée et seront faites par le biais d'un véhicule motorisé.

ALTITUDE MPX5100

Contenu : Description de l'étage « mesure accélération »

Nom du fichier : Altitude.doc

Format : Microsoft Office Word

SOMMAIRE

1	CAPTEUR UTILISE.....	2
2	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	2
3	PINNING.....	2
4	ALIMENTATION.....	3
5	MESURE REALISEE	3
6	PARAMETRE ETUDIE.....	3
7	SCHEMA	3
8	CONSOMMATION	3
9	ROUTAGE.....	4
10	NOMENCLATURE	4
11	DEVIS	4
12	DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES	5
13	ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS	6
14	ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE.....	6
15	PROCEDURE DE TEST	6
16	ETALONNAGE.....	6

1 CAPTEUR UTILISE

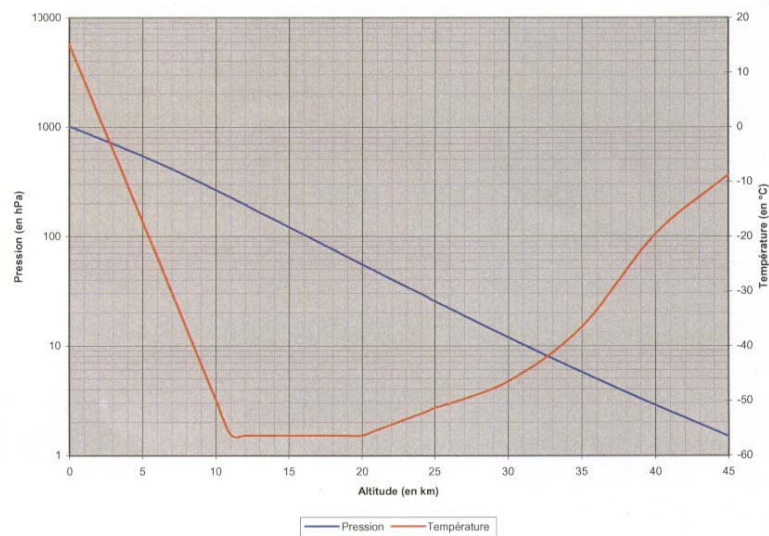
La fonction "mesure d'altitude" est réalisée avec un **MPX5100**.

2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

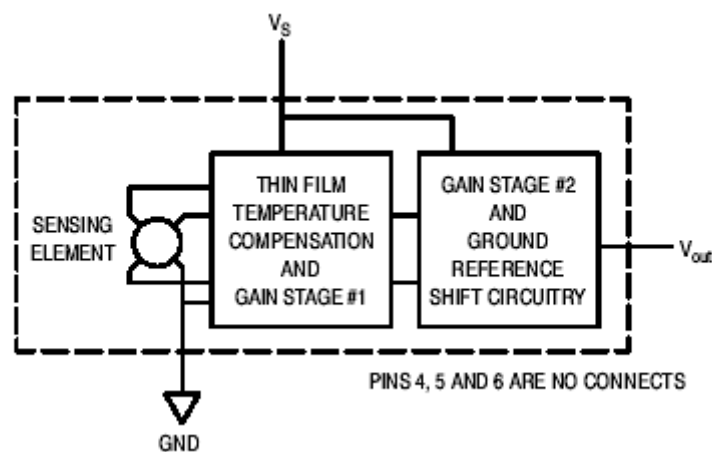
Afin de mesurer l'altitude de la fusée lors de son trajet, nous avons décidé d'utiliser le capteur de pression MPX5100, capteur qui permet de déterminer la pression atmosphérique ambiante et d'en déduire l'altitude (voir courbe 1). Ce capteur mesure des pressions comprises entre 0 et 100kPa.

COURBE 1

Table d'atmosphère standard



3 PINNING



PIN NUMBER			
1	V_{out}	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	V_S	6	N/C

4 ALIMENTATION

Le MPX5100 fonctionne correctement lorsque la tension d'alimentation est comprise entre 1 et 16 Volt. Ici, il sera alimenté via un régulateur linéaire 5 Volt.

5 MESURE REALISEE

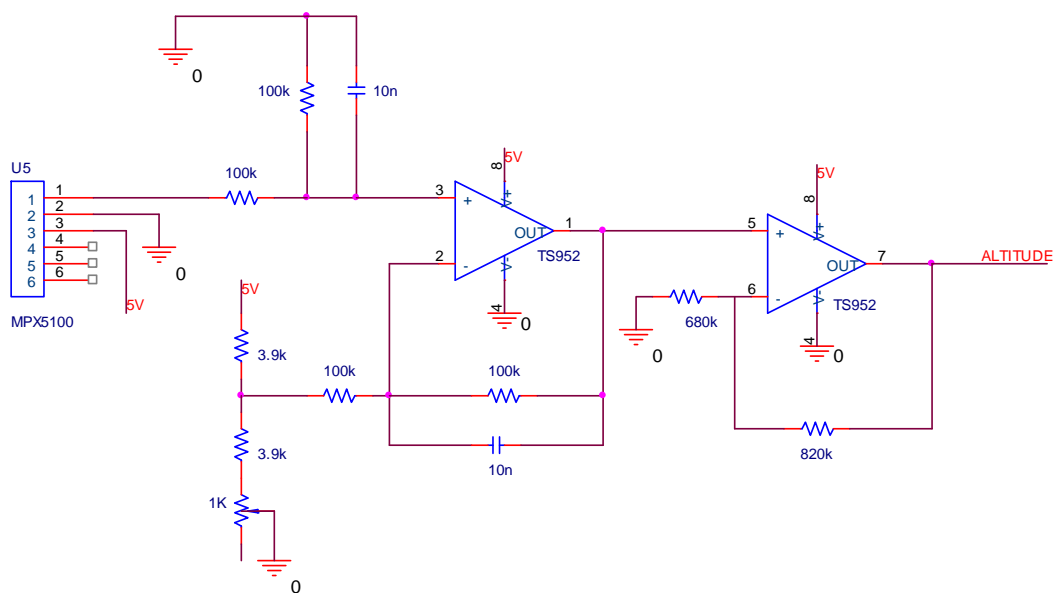
Le MPX2200 permet de mesurer la pression atmosphérique ambiante.

6 PARAMETRE ETUDIE

La pression est liée directement à l'altitude (voir courbe 1). Celle-ci est le paramètre étudié. Aucun traitement analogique particulier n'est effectué pour obtenir ce paramètre, la correspondance entre l'altitude et la pression est effectuée par informatique (logiciel de réception). De ce fait, en aval du capteur, seuls des étages de filtrage et d'amplifications sont utilisées.

7 SCHEMA

Ci dessous, la première version (février 2006) de la carte réalisant la fonction altitude.

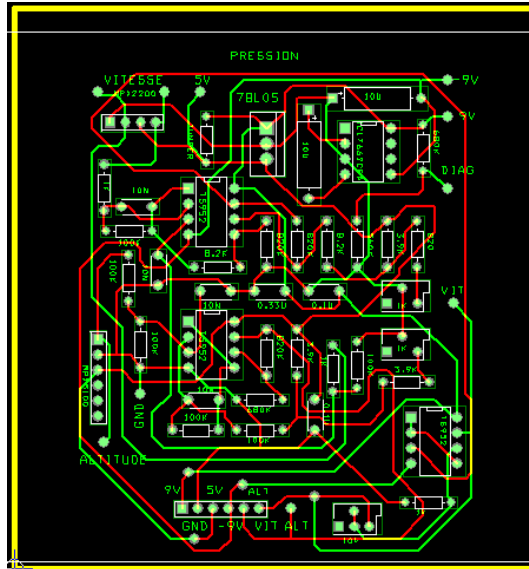


8 CONSOMMATION

Le courant consommé mesuré est égal à xx mA.

9 ROUTAGE

Ci contre, le premier routage réalisé (mars 2006) de la carte température. Le routage a été réalisé sur le logiciel Orcad et la carte, à l'IFITEP. Pour le moment, toutes les fonctions sont sur des cartes différentes afin de faciliter leur debuggage. Aussi, les composants utilisés sont le plus souvent des composants non CMS. A l'avenir (une fois les cartes testées et validées), tous les composants passifs seront des CMS taille 805.



A noter que l'étage « mesure vitesse » est implanté sur la même carte.

Fin mars, cette carte a été testée. Son fonctionnement est conforme aux résultats obtenus par simulation, par calcul et par manipulations sur plaque « Labdec ». Cependant, il est difficile de vérifier le bon fonctionnement de cet étage. En effet, l'accélération est un paramètre difficile à mesurer sur table.

Aussi, les étages de filtrage n'ont pas été étudiés pour le moment. L'objectif était pour le moment de valider l'étage d'un point de vue fonctionnel. Cependant, il est envisagé très prochainement d'étudier l'étage de filtrage et de réaliser des tests CEM.

10 NOMENCLATURE

Composants utilisés	Quantité
10n	2
100k	4
3,5k	2
680k	1
820k	1
pota 1k	1
TS952A	1
MPX5100	1

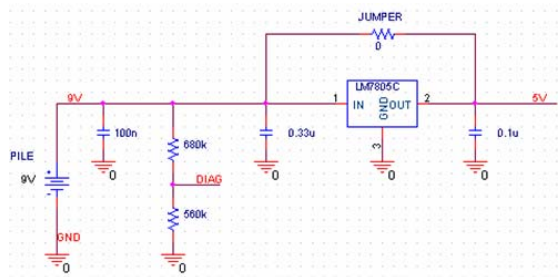
11 DEVIS

Composants utilisés	Quantité	Prix en €
10n	2	1,2
100k	4	2,4

3,5k	2	1,2
680k	1	0,6
820k	1	0,6
pota 1k	1	1
TS952A	1	1,26
MPX5100	1	30
total		38,26

12 DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES

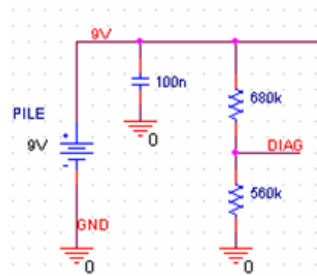
Etage alimentation



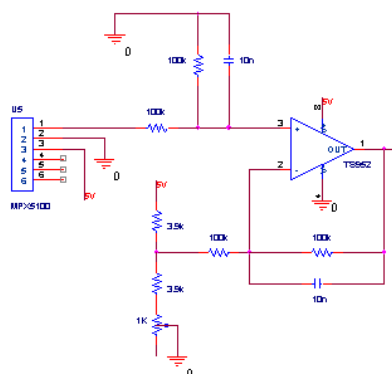
Le capteur est alimenté par un régulateur linéaire 5 Volt le type 78L05. A l'avenir, nous allons, en fonction de la consommation des différents étages "capteurs", remplacer le 78L05 par des LF50. Ces derniers sont plus chers mais ont l'avantage d'avoir une tension de drop beaucoup plus faible que les 78L05 (0.3 pour 2 V). Ainsi, la plage de fonctionnement sera optimisée.

Etage de diagnostic

Il permet de vérifier que la tension "batterie" permet un fonctionnement correct du capteur et des différents étages. Un pont diviseur est prédisposé afin de pouvoir traiter l'information par un microcontrôleur.

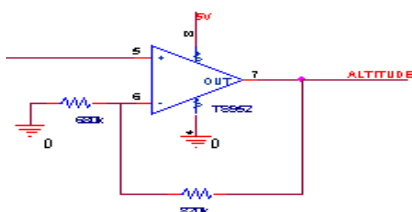


Etage soustracteur



Notre capteur mesure des pressions comprises entre 0 et 100kPa et délivre une tension maximale de 5 V (à 100kPa soit une altitude de 0m). L'altitude maximale estimée étant 3000 mètres, soit une tension de 2.9 Volt en sortie du capteur, nous avons mis en place, à la sortie de notre capteur, un étage soustracteur qui a pour but de supprimer cette tension de 2,9V Ceci dans le but d'élargir la plage de tension et ainsi avoir des mesures plus précises.

Etage amplification



Nous avons enfin introduit un amplificateur de

gain 1+820/680 afin que le signal de sortie soit compris entre 0 et 4 V pour être exploitable par le microcontrôleur.

13 ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS

Les étages de gain et filtrage n'ont pas d'influence sur la précision de la mesure. Les tolérances des composants peuvent éventuellement modifier le gain mais ce dernier est connu et peut donc être rectifié lors du traitement des résultats mesurés. Cependant, le fait d'amplifier augmente l'erreur de mesure du capteur (voir ci dessous).

14 ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE

D'après la documentation constructeur du capteur, la précision est de $\pm 2,5\%$ soit ± 125 mV. Après amplification, l'erreur de mesure peut être de ± 275 mV. Le microcontrôleur ayant un pas de conversion proche de 20 mV, valeur inférieure à l'erreur due au traitement, la conversion analogique numérique n'influe pas sur la précision de la mesure.

15 PROCEDURE DE TEST

1. Appliquer une tension d'alimentation sur le + 9Volt supérieure à 6.5 Volt
2. Vérifier que le +5V est égal à 5% près à 5 Volt
3. Vérifier si notre capteur délivre bien une tension de 5 V lorsqu'on fait une mesure a 0m d'altitude.
4. Vérifier que le soustracteur soustrait bien une tension de 2,9V
5. Enfin voir si le signal de sortie est bien d'environ 4V.

16 ETALONNAGE

Il est difficile de faire des mesures pour étalonner notre capteur Aussi pour réaliser cet étage, nous avons essentiellement utilisé la documentation constructeur Aussi, nous allons essayer de faire des mesures sur des points culminants autour de Paris afin de vérifier le bon fonctionnement du capteur.

Son ISD2560

Contenu : Description de l'étage « enregistrement audio »

Nom du fichier : Son.doc

Format : Microsoft Office Word

SOMMAIRE

1	CAPTEUR UTILISE.....	2
2	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	2
3	PINNING.....	2
4	ALIMENTATION.....	2
5	MESURE REALISEE	2
6	PARAMETRE ETUDIE.....	2
7	SCHEMAS.....	3
8	CONSOMMATION	4
9	ROUTAGE.....	4
10	NOMENCLATURE	5
11	DEVIS	5
12	DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES	6
13	PROCEDURE DE TEST	6

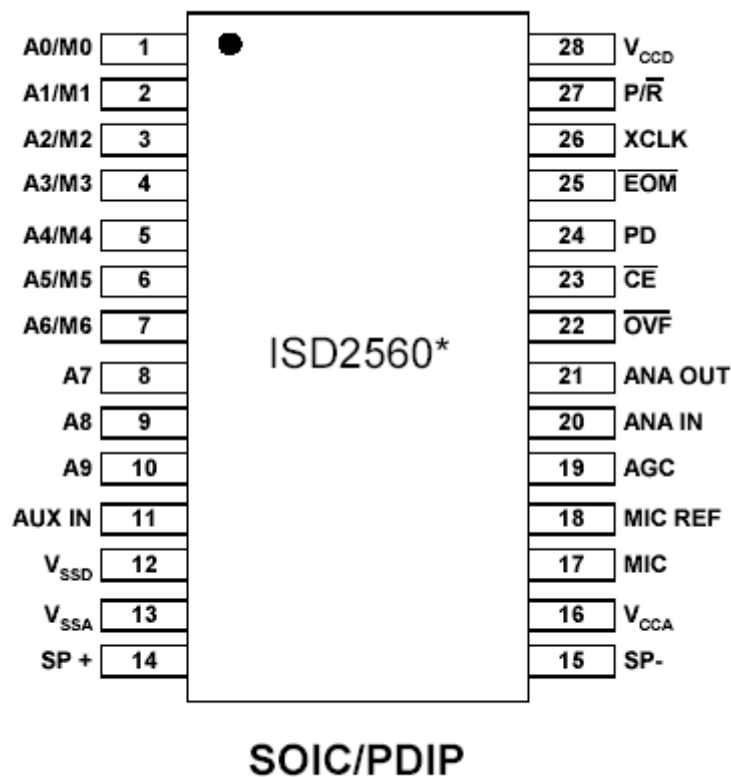
1 CAPTEUR UTILISE

La fonction "enregistrement du son" est réalisée par un **ISD2560**.

2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'image et le son seront enregistrés par une mini caméra fixée le long du fuselage de la fusée. Néanmoins, celle-ci étant placée dans une boîte étanche, le son n'est pas réellement exploitable. De ce fait, nous avons équipé la fusée d'un Voice record, composant permettant d'enregistrer le son, ici pendant 60 secondes. Ce dernier sera aussi accompagné d'un micro+amplificateur audio+hauts-parleurs.

3 PINNING



4 ALIMENTATION

L'ISD2560 fonctionne normalement pour une tension d'alimentation typique de 5Volt (min = 4,5 et max = 5,5 Volt). Il sera alimenté via un régulateur linéaire 5 Volt.

5 MESURE REALISEE

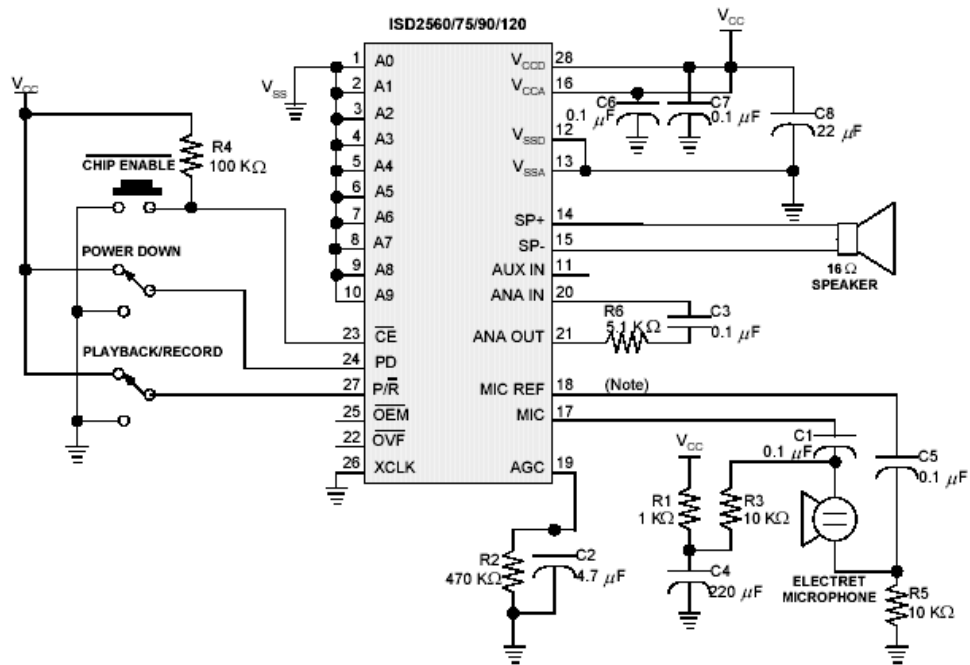
L'ISD2560 permet d'enregistrer uniquement le son.

6 PARAMETRE ETUDIE

La mesure effectuée par le capteur n'est pas utilisée pour mesurer d'autres paramètres. En aval du capteur, seuls des étages de filtrage et d'amplifications sont utilisées.

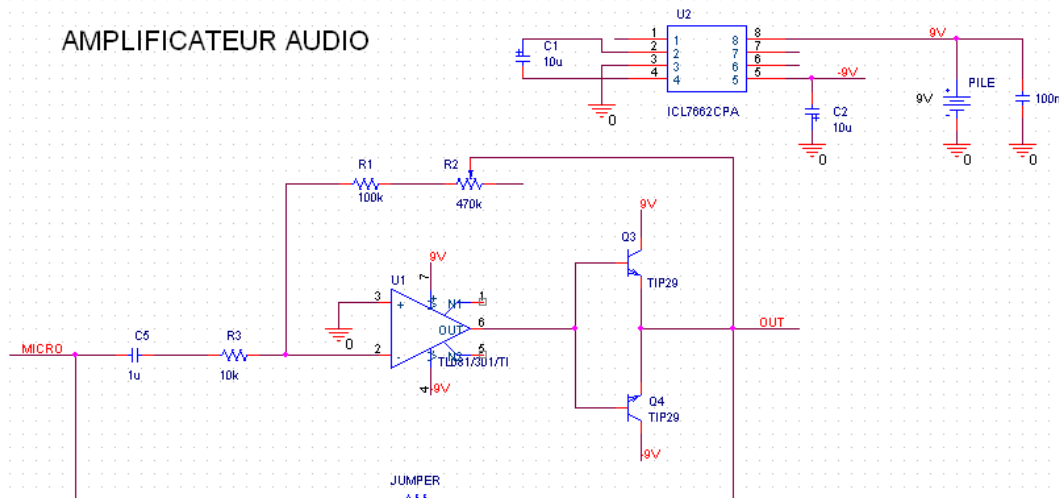
7 SCHEMAS

Ci dessous, la première version (février 2006) de la carte réalisant la fonction vitesse.



Aussi, nous avons réalisé une seconde carte, qui est extérieure à la fusée, permettant d'amplifier le son enregistré par l'ISD. En effet, ce dernier est assez faible en sortie du composant ce qui ne permet pas une écoute facile.

AMPLIFICATEUR AUDIO



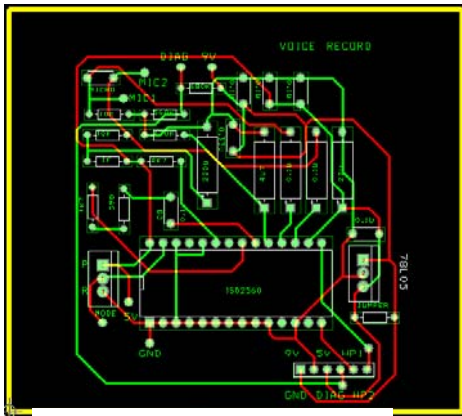
8 CONSOMMATION

Le courant consommé pour la carte ISD est de

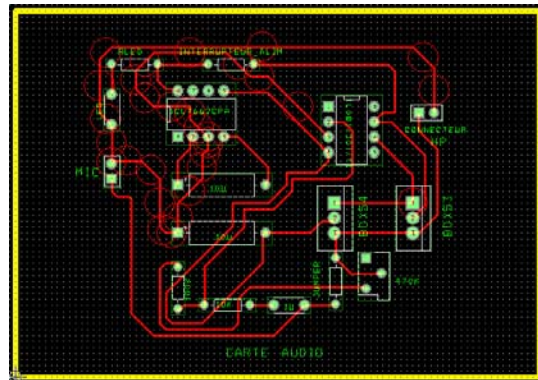
Le courant consommé pour la carte amplificateur audio est de

9 ROUTAGE

Ci contre, le premier routage réalisé (mars 2006) de la carte température. Le routage a été réalisé sur le logiciel Orcad et la carte, à l'IFITEP. Pour le moment, toutes les fonctions sont sur des cartes différentes afin de faciliter leur debuggage. Aussi, les composants utilisés sont le plus souvent des composants non CMS. A l'avenir (une fois les cartes testées et validées), tous les composants passifs seront des CMS taille 805.



Voice Record



Amplificateur audio

Fin mars, ces cartes ont été testées. Leur fonctionnement est conforme aux résultats obtenus par simulation, par calcul et par manipulations sur plaque « Labdec ».

Aussi, les étages de filtrage n'ont pas été étudiés pour le moment. L'objectif était pour le moment de valider l'étage d'un point de vue fonctionnel. Cependant, il est envisagé très prochainement d'étudier l'étage de filtrage et de réaliser des tests CEM.

10 NOMENCLATURE

Carte Voice-Record

Composants utilisés	Quantité
0,1μ	7
0,33μ	1
22μ	1
4,7μ	1
220μ	1
560k	1
680k	1
4,7k	2
390	1
470k	1
1k	2
10k	1
78L05	1
ISD2560	1
micro	1
haut-parleur	1

Carte ampli audio

Composants utilisés	Quantité
10μ	3
1μ	1
100n	1
10k	1
100k	1
pota 470k	1
TIP29	2
TL081	1
ICL7662CPA	1

11 DEVIS

Carte Voice-Record

Composants utilisés	Quantité	Prix en
0,1μ	7	4,2
0,33μ	1	0,6
22μ	1	0,6
4,7μ	1	0,6
220μ	1	0,6
560k	1	0,6
680k	1	0,6
4,7k	2	1,2
390	1	0,6
470k	1	0,6
1k	2	1,2
10k	1	0,6
78L05	1	0,6
ISD2560	1	10
micro	1	1,45
haut-parleur	1	recup
total		24,05

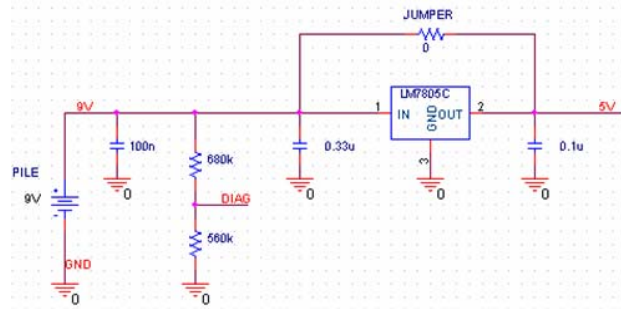
Carte ampli audio

Composants utilisés	Quantité	prix
10μ	3	1,8
1μ	1	2,4
100n	1	0,6
10k	1	0,6
100k	1	0,6
pota 470k	1	1
TIP29	2	4
TL081	1	0,6
ICL7662CPA	1	2,35
total		13,95

12 DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES

Etage alimentation

Le capteur est alimenté par un régulateur linéaire 5 Volt de type 78L05. A l'avenir, nous allons, en fonction de la consommation des différents étages "capteurs", remplacer le 78L05 par des LF50. Ces derniers sont plus chers mais ont l'avantage d'avoir une tension de drop beaucoup plus faible que les 78L05 (0.3 pour 2 V). Ainsi, la plage de fonctionnement sera optimisée.

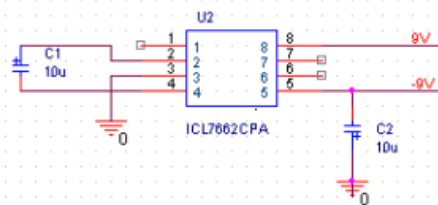


Etage Voice

Record

Voir schéma. Le schéma utilisé est celui de l'application note du composant ISD 2560P.

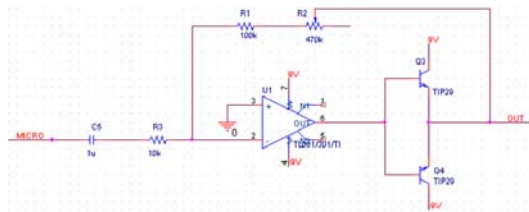
Etage inversion de tension



Cette étage, nous permet de convertir une tension positive (ici +9V) en une tension négative (-9V).

Cette tension négative nous permettra ensuite d'alimenter nos différents AOP en +/-9V.

Etage amplificateur audio



L'étage utilisé est un amplificateur inverseur à gain variable (potentiomètre). Les transistors permettent de fournir le courant nécessaire pour alimenter le HP (4, 8, 16 ou 32Ω).

13 PROCEDURE DE TEST

1. Relier la sortie de la carte ISD à l'entrée de la carte amplificateur audio via le câble audio (jack)
2. Appliquer une tension d'alimentation sur le + 9Volt supérieure à 6.5 Volt
3. Vérifier que le +5V est égal à 5% près à 5 Volt
4. Mettre l'interrupteur marche / arrêt de la carte amplificateur audio en position marche (LED allumée)
5. Mettre le cavalier sur la position R (Record)
6. Mettre l'interrupteur en position 0
7. Parler ou diffuser un son ou une musique
8. Mettre le cavalier sur la position P (Play)
9. Ecouter (possibilité de régler le son via le potentiomètre)

Capteur de température LM35DZ

Contenu : Description de l'étage « mesure de la température »

Nom du fichier : Température.doc

Format : Microsoft Office Word

SOMMAIRE

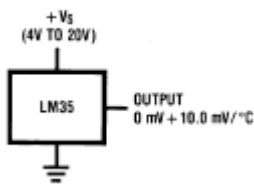
1	CAPTEUR UTILISE.....	2
2	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	2
3	PINNING.....	2
4	ALIMENTATION.....	2
5	MESURE REALISEE	2
6	PARAMETRE ETUDIE.....	2
7	SCHEMA	3
8	CONSOMMATION	3
9	ROUTAGE.....	3
10	NOMENCLATURE	4
11	DEVIS	4
12	DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES	4
13	ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS	6
14	ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE.....	6
15	PROCEDURE DE TEST	6
16	ETALONNAGE.....	6

1 CAPTEUR UTILISE

La fonction "mesure température" est réalisée avec un **LM35DZ**

2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le LM35DZ est un composant de la famille des LM35, capteurs de précision en température. Contrairement aux LM35 A, B et C, le LM35DZ a une plage de fonctionnement en température uniquement positive : de 0 à 100° C. Durant le vol (notamment au point de culmination), la température extérieure peut être basse et proche voire inférieure à 0° (dans un cas extrême). Dans ce cas, la tension délivrée par le capteur pourrait être erronée. Cependant, après différents tests sur le capteur, nous avons pu constater que la variation de la tension de sortie est relativement lente et de ce fait les variations durant le vol ne pourront être mesurées. Ce capteur permet "uniquement" de mesurer la température ambiante au décollage.



La tension de sortie est directement proportionnelle à la température.

3 PINNING



+Vs : tension d'alimentation
Vout : tension de sortie
GND : masse

4 ALIMENTATION

Le LM35DZ fonctionne normalement lorsque la tension d'alimentation est comprise entre 4 et 20 Volt. Ici, il sera alimenté via un régulateur linéaire 5 Volt.

5 MESURE REALISEE

Le capteur LM35DZ permet de mesurer uniquement la température.

6 PARAMETRE ETUDIE

La mesure effectuée par le capteur n'est pas utilisée pour mesurer d'autres paramètres. En aval du capteur, seuls des étages de filtrage et d'amplifications sont utilisés.

Fin mars, cette carte a été testée. Son fonctionnement est conforme aux résultats obtenus par simulation, par calcul et par manipulations sur plaque « Labdec ». Le résultat est cohérent, cependant il sera nécessaire d'utiliser une étuve afin de l'étalonner avec précision. Aussi, les étages de filtrage n'ont pas été étudiés pour le moment. L'objectif était pour le moment de valider l'étage d'un point de vue fonctionnel. Cependant, il est envisagé très prochainement d'étudier l'étage de filtrage et de réaliser des tests CEM.

10 NOMENCLATURE

Composants utilisés	Quantité
78L05	1
880k	2
560k	1
100k	1
100n	2
330n	1
10n	2
LM35DZ	1

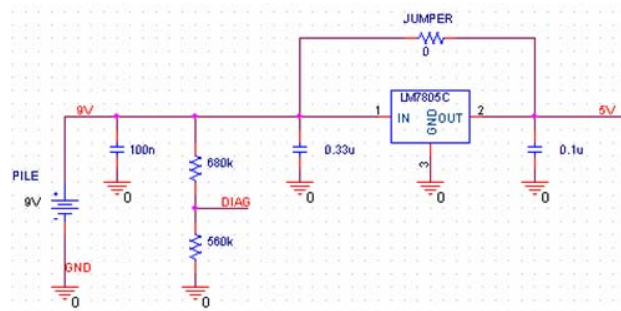
11 DEVIS

La fonction température (hors PCB) est estimée à environ 4 € (0.6 pour le régulateur, 1 pour le capteur, 1.2 pour les résistances et 2.2 pour les condensateurs).

12 DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES

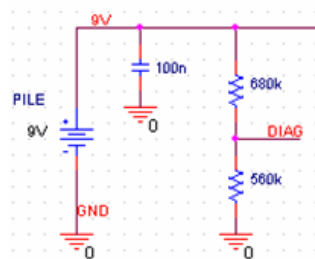
Etage alimentation

Le capteur est alimenté par un régulateur linéaire 5 Volt de type 78L05. A l'avenir, nous allons, en fonction de la consommation des différents étages "capteurs", remplacer le 78L05 par des LF50. Ces derniers sont plus chers mais ont l'avantage d'avoir une tension de drop beaucoup plus faible que les 78L05 (0.3 pour 2 V). Ainsi, la plage de fonctionnement sera optimisée.



Etage de diagnostic

Il permet de vérifier que la

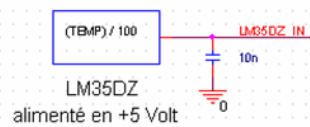


tension "batterie" permet un

fonctionnement correct du capteur et des différents étages. Un pont diviseur est prédisposé afin de pouvoir traiter l'information par un microcontrôleur.

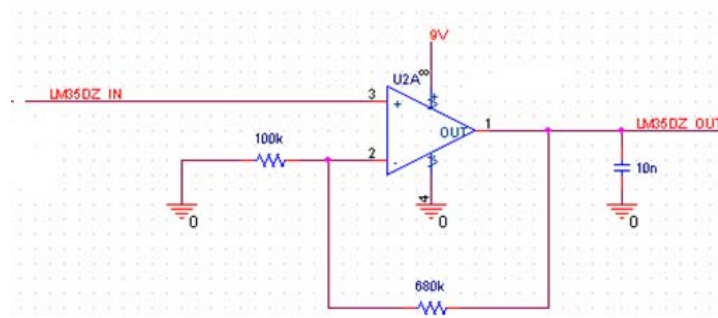
Etage filtrage

A ce jour, seul un condensateur a été prédisposé pour filtrer la tension délivrée par le capteur. Elle n'est pas montée actuellement. Cette partie sera étudiée lors de tests plus poussés (CEM).

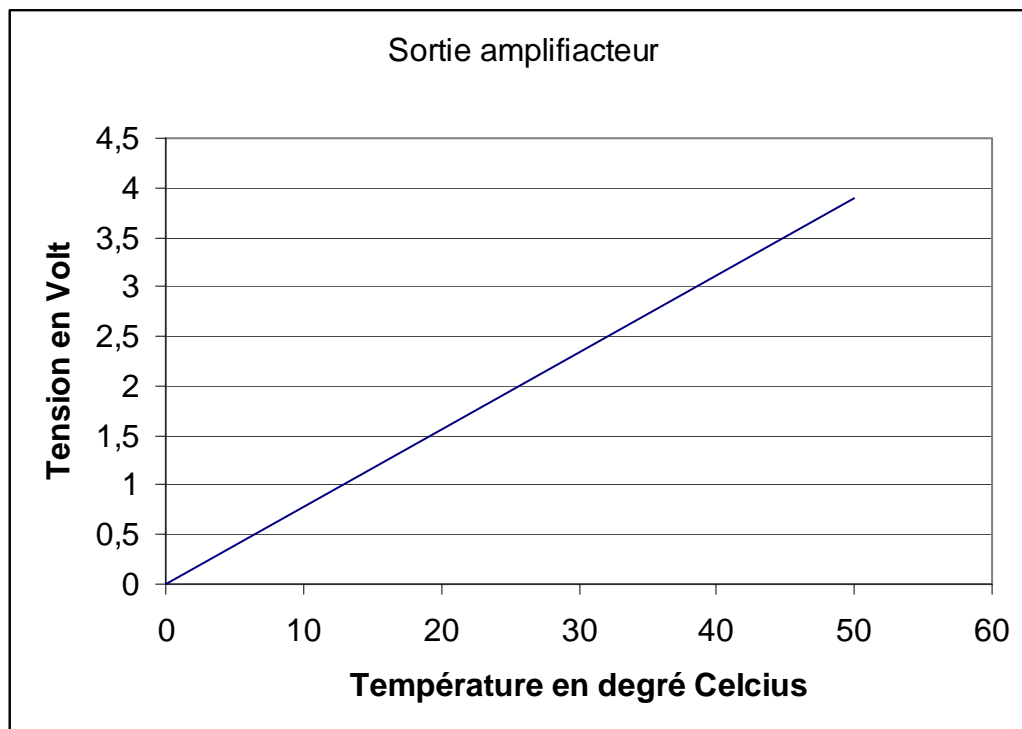


Etage Amplification

Nous utilisons un amplificateur non inverseur. Le gain est égal à $1 + 680/100$ soit 7.8.



En considérant la température ambiante comprise entre 0 et 50 °C, la tension en sortie du capteur sera entre 0 et 500mV. Après l'étage d'amplification, la tension sera comprise entre 0 et 3.9 Volt.



13 ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS

Les étages de gain et filtrage n'ont pas d'influence sur la précision de la mesure. Les tolérances des composants peuvent éventuellement modifier le gain mais ce dernier est connu et peut donc être rectifié lors du traitement des résultats mesurés. Cependant, le fait d'amplifier augmente l'erreur de mesure du capteur (voir ci dessous).

14 ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE

D'après la documentation constructeur du capteur, la précision est de $\pm 1^\circ\text{C}$ (maximum) soit $\pm 10\text{ mV}$. Après amplification, l'erreur de mesure peut être de $\pm 80\text{ mV}$. Le reste du montage n'incluant pas de dégradation de celle ci, on peut estimer que la mesure sera précise à 2%. Le microcontrôleur ayant un pas de conversion proche de 20 mV , valeur inférieure à l'erreur due au traitement, la conversion analogique numérique n'influe pas sur la précision de la mesure.

15 PROCEDURE DE TEST

1. Appliquer une tension d'alimentation sur le + 9Volt supérieure à 6.5 Volt
2. Vérifier que le +5V est égal à 5% près à 5 Volt
3. Vérifier que la tension de diagnostique est supérieure à 2.9 Volt
4. Mesurer la tension en sortie du capteur (patte du milieu) ou sur le connecteur (théoriquement compris entre 150 et 300 mV si en intérieur)
5. Mesurer la tension en sortie de l'amplificateur sur la patte 1 de ce dernier ou sur le connecteur (théoriquement compris entre 1.17 et 2.34 V si en intérieur)

16 ETALONNAGE

L'étalonnage aura une influence uniquement sur la partie traitement des informations sur le logiciel. La partie électrique ne sera pas modifiée. Un premier étalonnage aura lieu lorsque la carte définitive sera réalisée. Pour cela, nous utiliserons une étuve. Lors de la campagne, nous n'aurons de moyens précis pour réaliser un nouvel étalonnage. Seule la valeur de la température ambiante pourra être vérifiée.

Vitesse MPX2200

Contenu : Description de l'étage « mesure vitesse »

Nom du fichier : Vitesse.doc

Format : Microsoft Office Word

SOMMAIRE

1	CAPTEUR UTILISE.....	2
2	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	2
3	PINNING.....	2
4	ALIMENTATION.....	2
5	MESURE REALISEE	2
6	PARAMETRE ETUDIE.....	2
7	SCHEMA	3
8	CONSOMMATION	3
9	ROUTAGE.....	3
10	NOMENCLATURE	4
11	DEVIS	5
12	DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES	5
13	ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS	7
14	ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE.....	7
15	PROCEDURE DE TEST	7
16	ETALONNAGE.....	7

1 CAPTEUR UTILISE

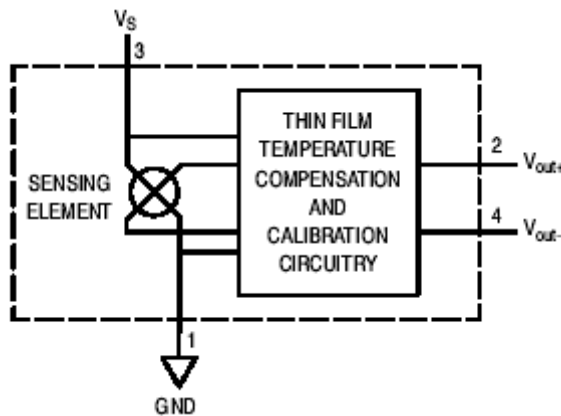
La fonction "mesure de vitesse" est réalisée avec un **MPX2200**.

2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Afin de mesurer, la vitesse de la fusée lors de son trajet, nous avons décidé d'utiliser le capteur de pression MPX2200. Ce dernier permet de faire un différentiel de pression et ainsi en déduire précisément la vitesse.

Cette expérience consiste à mesurer la vitesse grâce à un tube de Pitot : différence entre la pression « dynamique » qui entre dans le tube et la pression atmosphérique ambiante, à fleur du tube. Une fois la différence entre ces 2 pressions effectuée, on obtient la vitesse par une simple formule de mécanique des fluides.

3 PINNING



PIN NUMBER			
1	Gnd	3	V_S
2	$+V_{out}$	4	$-V_{out}$

4 ALIMENTATION

Le MPX2200 fonctionne normalement lorsque la tension d'alimentation est comprise entre 1 et 16 Volt. Ici, il sera alimenté via un régulateur linéaire 5 Volt.

5 MESURE REALISEE

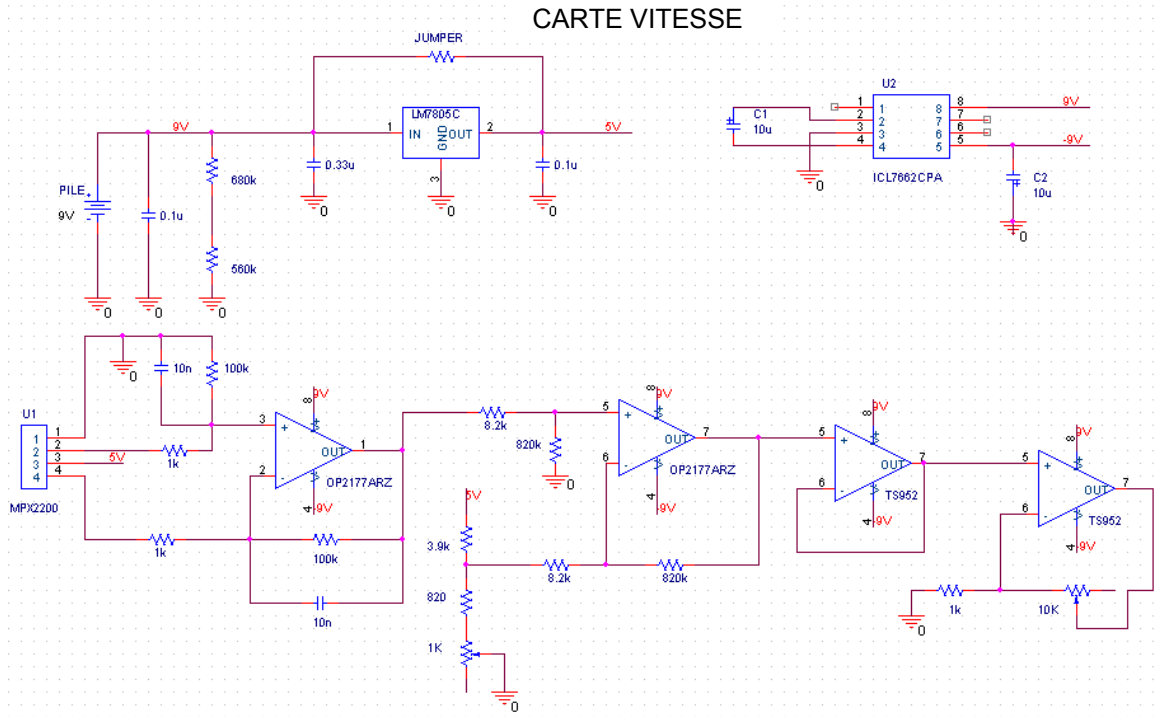
Le MPX2200 permet de mesurer 2 pressions indépendantes : ici les pressions statique et dynamique.

6 PARAMETRE ETUDIE

La différence entre les 2 pressions mesurées est liée à la vitesse de la fusée. Celle-ci est le paramètre étudié. Aucun traitement analogique particulier n'est effectué pour obtenir ce paramètre, la correspondance entre la différence de ces 2 pressions et la vitesse est effectuée par informatique (logiciel de réception). De ce fait, en aval du capteur, seuls des étages de filtrage et d'amplifications sont utilisées.

7 SCHEMA

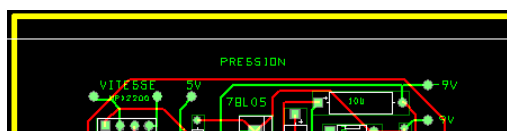
Ci dessous, la première version (février 2006) de la carte réalisant la fonction vitesse.



8 CONSOMMATION

9 ROUTAGE

Ci contre, le premier routage réalisé (mars 2006) de la carte température. Le routage a été réalisé sur le logiciel Orcad et la carte, à l'IFITEP. Pour le moment, toutes les fonctions sont sur des cartes différentes afin de faciliter leur debugage. Aussi, les composants utilisés sont le plus souvent des



composants non CMS. A l'avenir (une fois les cartes testées et validées), tous les composants passifs seront des CMS taille 805.

A noter que l'étage « mesure altitude » est implanté sur la même carte.

Fin mars, cette carte a été testée. Son fonctionnement est conforme aux résultats obtenus par simulation, par calcul et par manipulations sur plaque « Labdec ». Le résultat est cohérent, cependant il sera nécessaire d'utiliser une étuve afin de l'étalonner avec précision
Aussi, les étages de filtrage n'ont pas été étudiés pour le moment. L'objectif était pour le moment de valider l'étage d'un point de vue fonctionnel. Cependant, il est envisagé très prochainement d'étudier l'étage de filtrage et de réaliser des tests CEM.

10 NOMENCLATURE

Composants utilisés	Quantité
0,1 μ	1
0,33 μ	1
10 μ	2
10n	2
580k	1
680k	1
100k	2
1k	3
8,2k	2
820k	2
3,9k	1
820	1
pota 1k	1
pota 10k	1
OP21177ARZ	1
TS952A	1
LM7805	1
ICL7662CPA	1
MPX2200	1

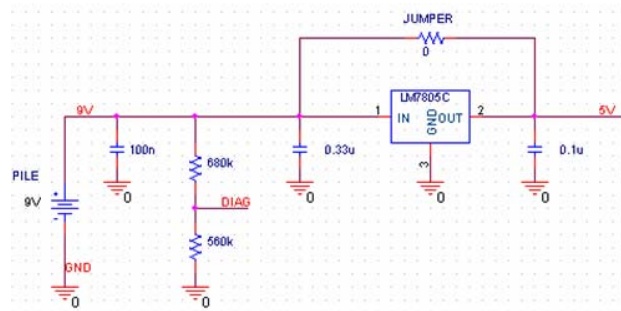
11 DEVIS

Composants utilisés	Quantité	Prix en €
0,1μ	1	0,6
0,33μ	1	0,6
10μ	2	1,2
10n	2	1,2
580k	1	0,6
680k	1	0,6
100k	2	1,2
1k	3	1,8
8,2k	2	1,2
820k	2	1,2
3,9k	1	0,6
820	1	0,6
pota 1k	1	1
pota 10k	1	1
OP21177ARZ	1	3
TS952A	1	1,26
LM7805	1	0,6
ICL7662CPA	1	2,36
MPX2200	1	35
total		55,62

12 DESCRIPTION DES DIFFERENTS ETAGES

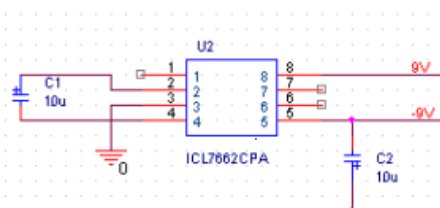
Etage alimentation

Le capteur est alimenté par un régulateur linéaire 5 Volt de type 78L05. A l'avenir, nous allons, en fonction de la consommation des différents étages "capteurs", remplacer le 78L05 par des LF50. Ces derniers sont plus chers mais ont l'avantage d'avoir une tension de drop beaucoup plus faible que les 78L05 (0.3 pour 2 V). Ainsi, la plage de fonctionnement sera optimisée.



Etage

inversion de tension

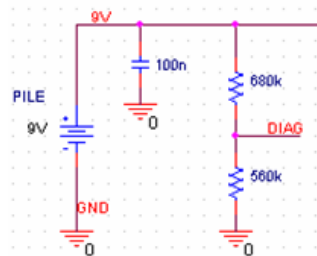


Cette étage, nous permet de convertir une tension positive (ici +9V) en une tension négative (-9V).

Cette tension négative nous permettra ensuite d'alimenter nos différents AOP en +/-9V.

Etage

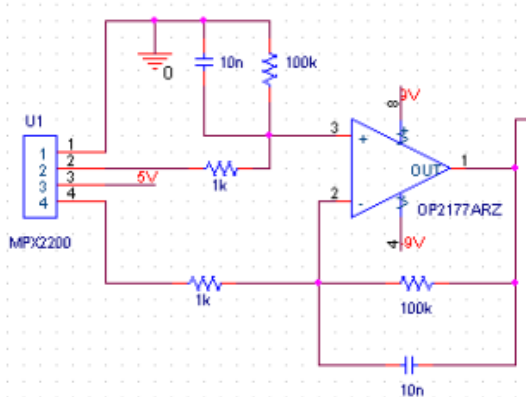
Il permet de vérifier que la



tension "batterie" permet un

fonctionnement correct du capteur et des différents étages. Un pont diviseur est prédisposé afin de pouvoir traiter l'information par un microcontrôleur.

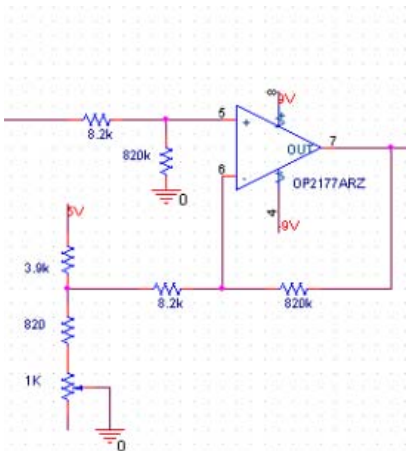
Etage différentiel



Afin de déterminer le différentiel de pression, nous avons prédisposé un soustracteur à la sortie de notre capteur afin de réaliser une soustraction entre la tension relative à la pression « dynamique » qui entre dans le tube de Pitot et la tension relative à la pression atmosphérique ambiante.

Sachant que cette différence est très faible (soit quelques μV), nous avons amplifié la différence réalisée par le soustracteur par un gain de 100.

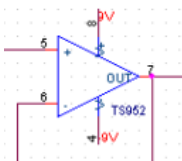
Etage soustracteur



Afin d'éliminer la composante continue qui peut fausser nos valeurs dues aux faibles valeurs de tension, nous avons utilisé un soustracteur avec une tension référence ajustable (réglé avec un potentiomètre lors de l'étalonnage).

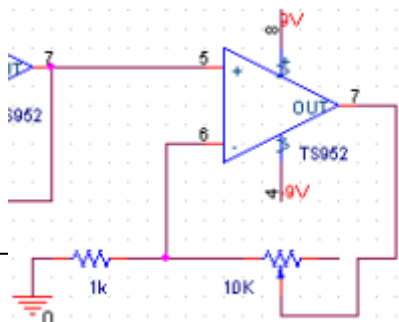
Ainsi, nous réglerons la tension référence afin d'obtenir à vitesse nulle, une tension en sortie de cet étage nulle.

Etage suiveur



Ce montage a pour but afin d'adapter l'impédance.

Etage amplificateur



Enfin, le signal est amplifié par un amplificateur non inverseur à gain variable. Ainsi, la tension est susceptible de varier dans une plage de tension allant de 0 à 4,5 Volt, tension exploitable par le microcontrôleur.

13 ERREURS DUES AUX ETAGES EN AVAL DU CAPTEURS

Les étages de gain et filtrage n'ont pas de réelles influence sur la précision de la mesure. Les tolérances des composants peuvent éventuellement modifier le gain mais ce dernier est connu et peut donc être rectifié lors du traitement des résultats mesurés. Cependant, le fait d'amplifier augmente l'erreur de mesure du capteur (voir ci dessous). Aussi, les étages soustracteurs peuvent introduire une imprécision dans le résultat mesuré.

14 ERREURS DE MESURE DUES A TOUTE LA CHAINE

D'après la documentation constructeur du capteur, la précision est de $\pm 0,25\%$ ce qui est très précis. Le reste du montage est susceptible d'augmenter la tolérance. Dans le pire cas, on peut estimer que la mesure sera précise à $\pm 1\%$. Le microcontrôleur ayant un pas de conversion proche de 20 mV, valeur inférieure à l'erreur due au traitement, la conversion analogique numérique n'influe pas sur la précision de la mesure.

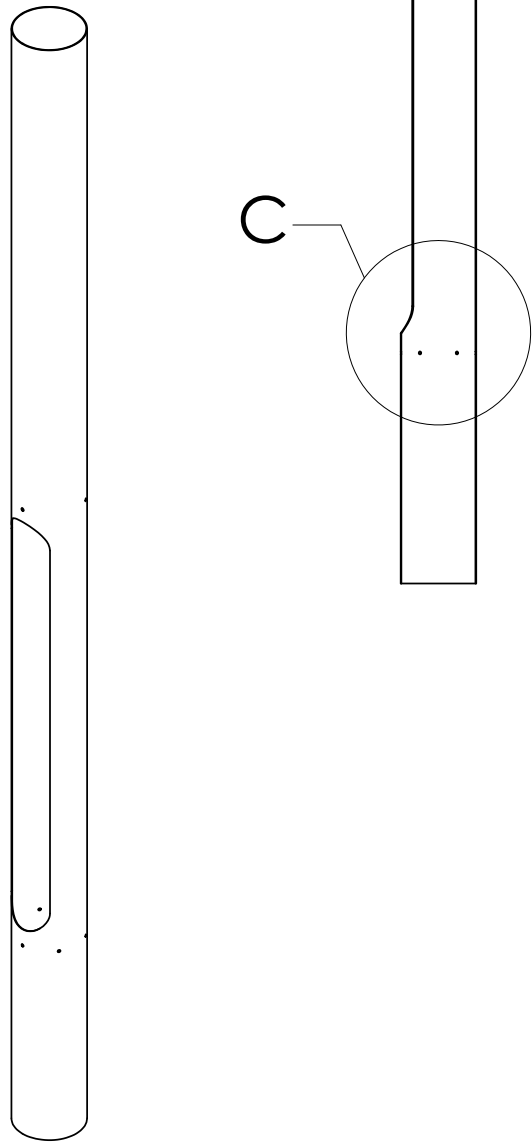
15 PROCEDURE DE TEST

1. Appliquer une tension d'alimentation sur le + 9Volt supérieure à 6.5 Volt
2. Vérifier que le +5V est égal à 5% près à 5 Volt
3. Régler le soustracteur n°2 avec le potentiomètre afin d'avoir 0V à la sortie pour un différentiel nul ($P1=P2$)
4. Vérifier qu'on est une différence variable lorsque qu'on augmente la pression dans une des deux mesures de pression
5. Enfin régler le dernier amplificateur avec le potentiomètre pour que pour le cas le plus défavorable (vitesse maximum que peut atteindre notre fusée) pour avoir une tension exploitable par le microcontrôleur.

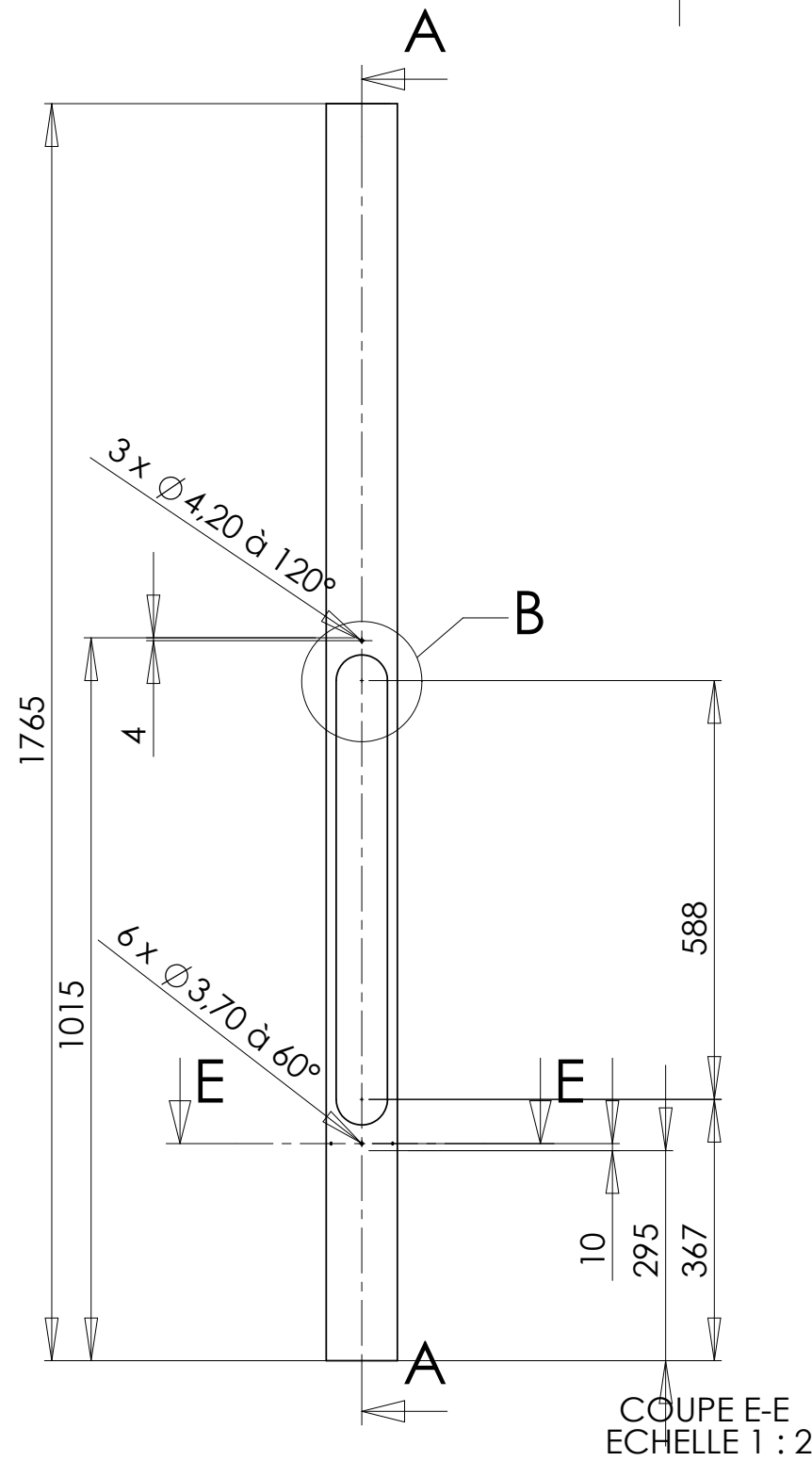
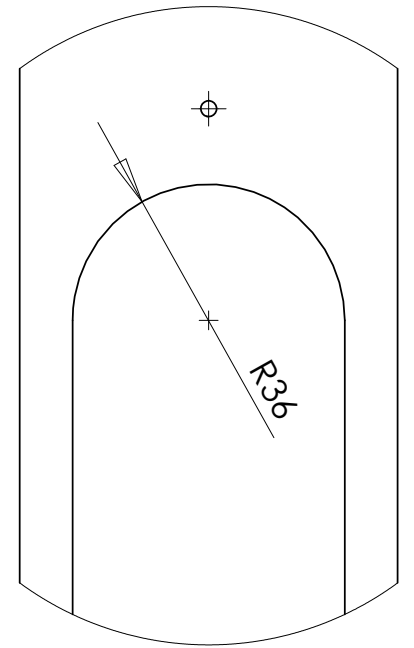
16 ETALONNAGE

L'étalonnage aura une influence sur la partie traitement des informations sur le logiciel et sur l'ajustage des tensions références (étage soustracteur) afin de régler les tensions d'offset. Un premier étalonnage aura lieu lorsque la carte définitive sera réalisée. Aussi, nous allons tenter de mesurer la vitesse lors de trajets en voiture. Cette méthode devrait permettre de vérifier notre montage (tout en prenant compte de la tolérance du compteur du véhicule).

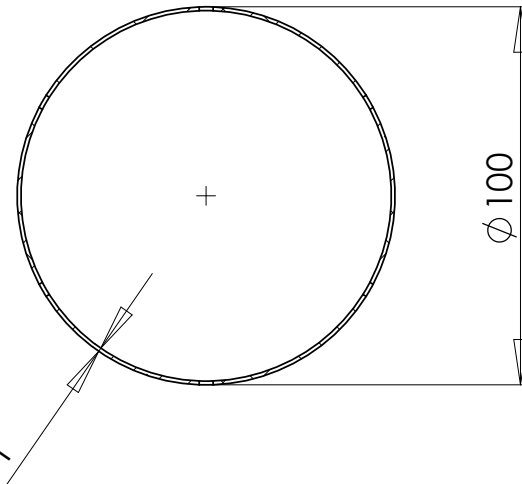
COUPE A-A



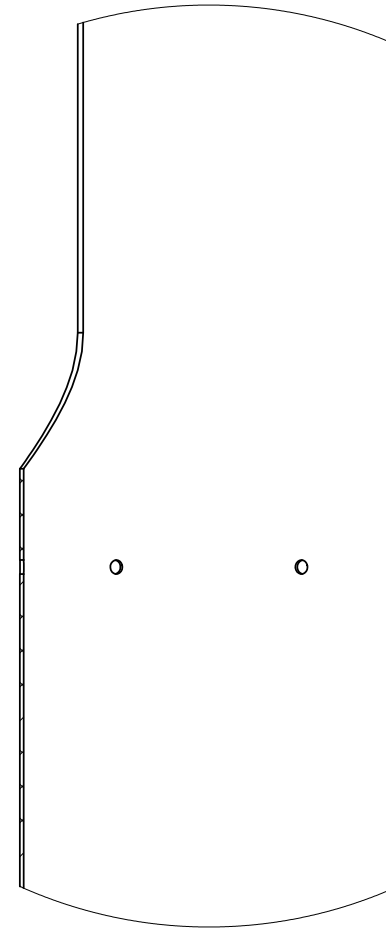
DÉTAIL B
ECHELLE 1 : 2



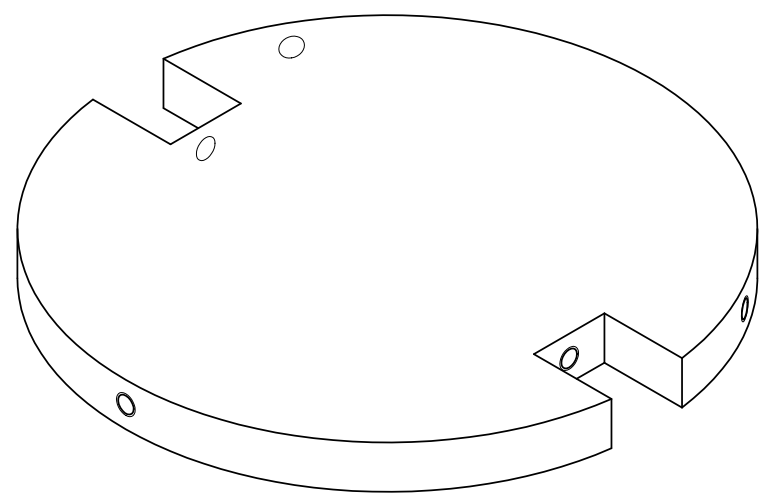
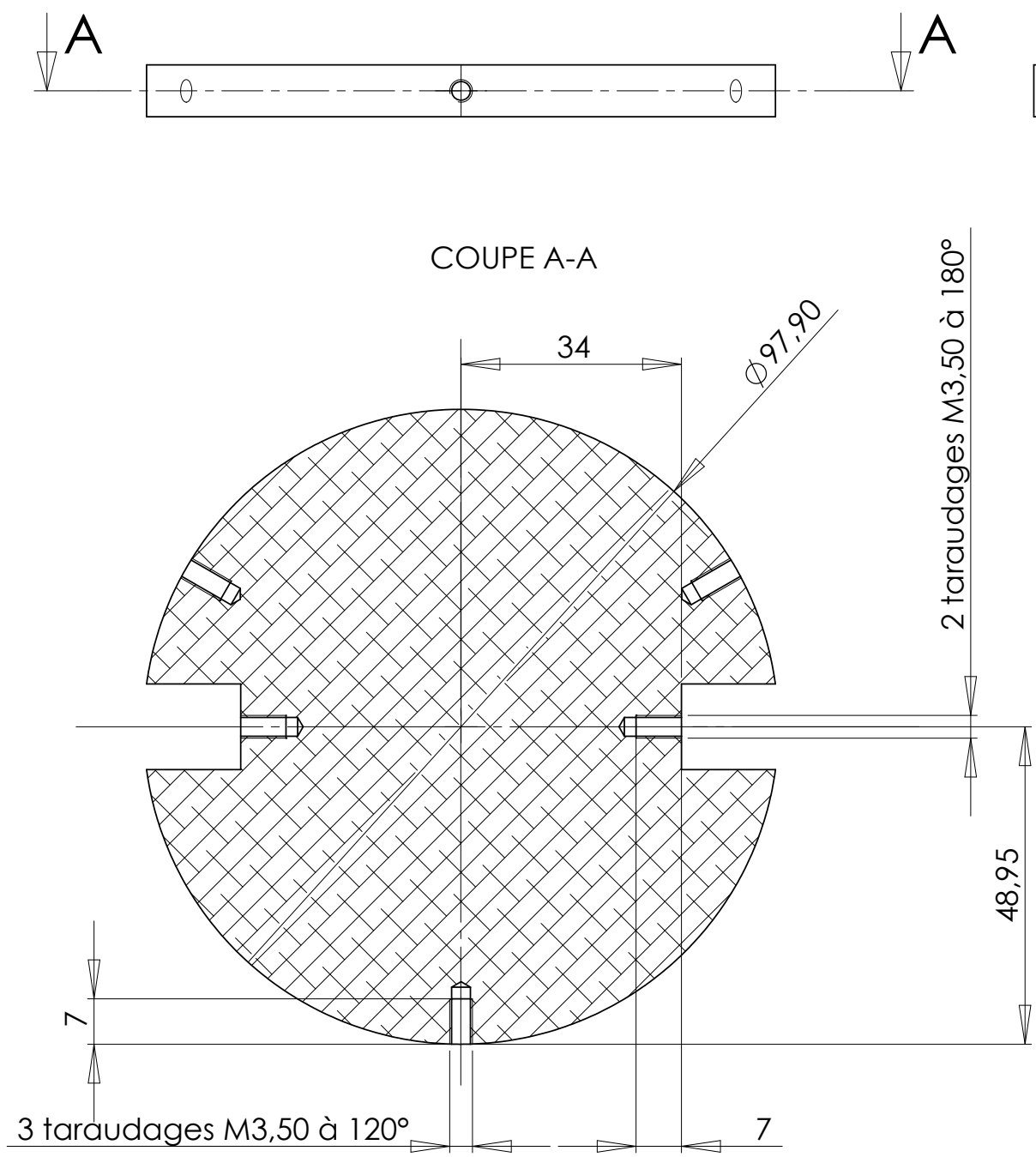
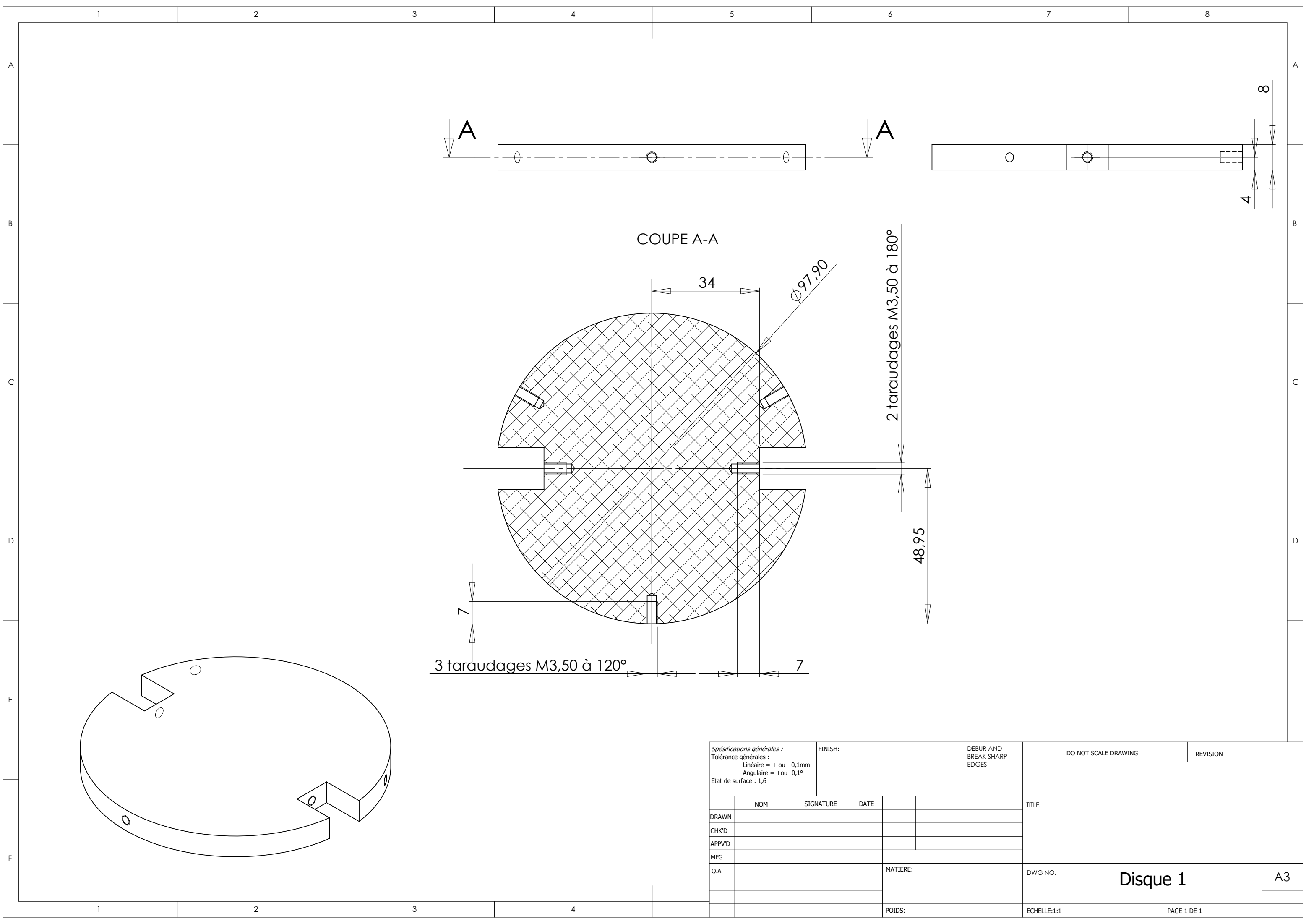
COUPE E-E
ECHELLE 1 : 2



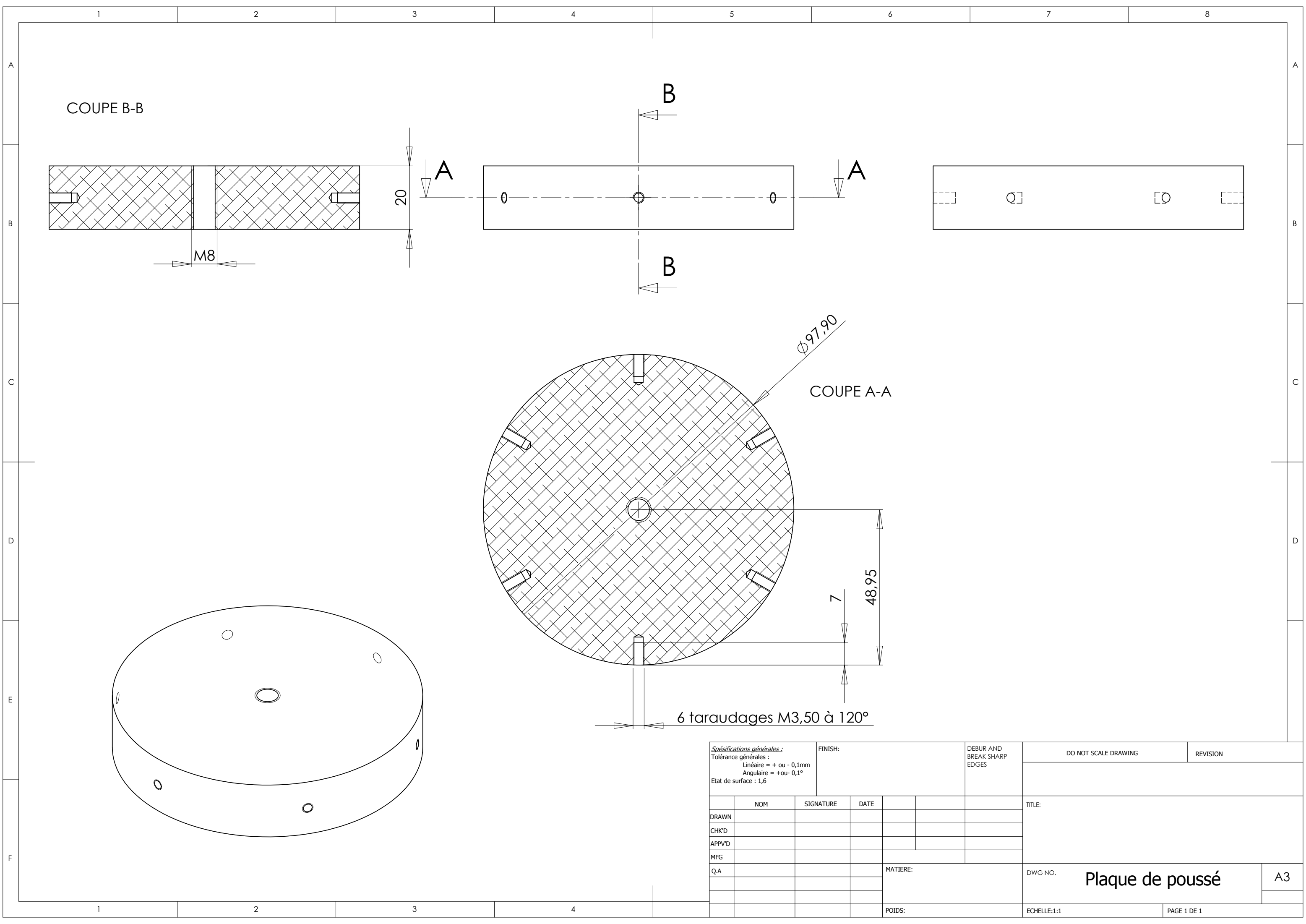
DÉTAIL C
ECHELLE 1 : 2



<i>Spécifications générales :</i> Tolérance générales : Linéaire = + ou - 0,1mm Angulaire = +ou- 0,1° Etat de surface : 1,6				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NOM				SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN				CHK'D		APPV'D		MFG			
QA				MATERIE:		DWG NO.		Corps		A3	
POIDS:				ECHELLE:1:10		PAGE 1 DE 1					



<i>Spécifications générales :</i> Tolérance générales : Linéaire = + ou - 0,1mm Angulaire = +ou- 0,1° Etat de surface : 1,6				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATIERE:		DWG NO.		A3	
								Echelle: 1:1		PAGE 1 DE 1	
						POIDS:		Disque 1			



COUPE B-B

COUPE A-A

6 taraudages M3,50 à 120°

<i>Spécifications générales :</i> Tolérance générales : Linéaire = + ou - 0,1mm Angulaire = +ou- 0,1° Etat de surface : 1,6				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATIERE:		DWG NO.		A3	
								Echelle: 1:1		PAGE 1 DE 1	

Plaque de poussé