

FUSEE ROSETTA

SOMMAIRE

Définition des expériences	page 2
Mesure des accélérations enregistrées	page 3
Mesure des accélérations les instruments	page 4
Mesure des accélérations par capteur	page 5
Mesure de l'altitude étalonnage du capteur	page 6
Etalonnage du capteur : méthode utilisée	page 7
Etalonnage du capteur : matériel utilisé	page 8
Mesure de la vitesse : Le tube de Pitot	Page 9
Mesure de la vitesse : matériel expérimental	page 10
Le capteur d'ouverture de trappe à parachute	page 11
Mesure des efforts exercés sur les suspentes	page 12
Mesure des efforts exercés sur les suspentes	page 13
Schéma électronique des circuits Les modulateurs	page 14
Schéma électronique des circuits : le séquenceur	page 15
Implantation des composants sur les cartes	page 16
Tableau général des voies IRIG avant émetteur	page 17
Plan du tableau de commandes	page 18
Plan du tableau de commandes procédure de réglage	page 19
Chronologie 1	page 21
Chronologie 2	page 22

FUSEE ROSETTA

DEFINITION DES EXPERIENCES

Les expériences sont au nombre de 5 :

1. Mesure de l'accélération
 - a) enregistrement sur papier millimétré
 - b) mesure de l'accélération avec transmission par télémesure
2. Mesure de l'altitude : utilisation d'un capteur de pression
3. Mesure de la vitesse par tube de PITOT
4. Mesure de l'ouverture de trappe
5. Mesure des contraintes subies par le parachute à l'ouverture.

FUSEE ROSETTA

DEFINITION DES EXPERIENCES

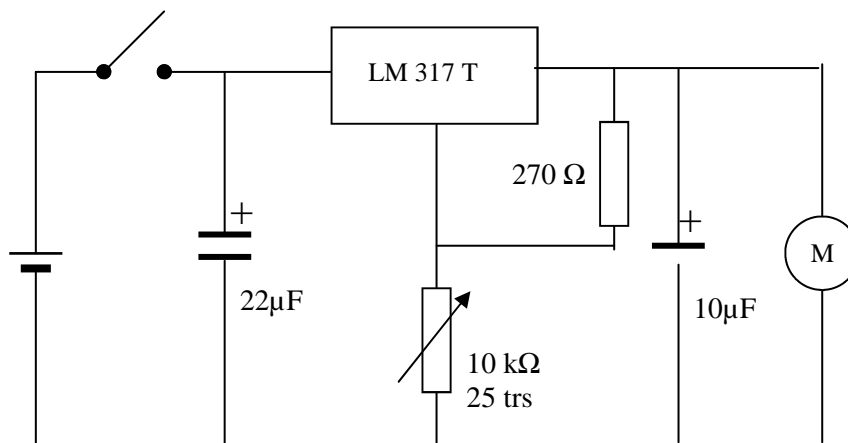
1a) MESURE D'ACCELERATIONS

ENREGISTREMENT DES ACCELERATIONS SUR TAMBOUR
TOURNANT A VITESSE DE ROTATION CONTRÔLÉE.

La vitesse de rotation est pilotée par un circuit à base de LM 317 T

Le réglage est réalisé à l'aide d'une résistance variable multi tours pour une plus grande précision. Le tambour effectue un tour complet en 15 secondes.

SHEMA ELECTRONIQUE DE LA CARTE DE REGULATION



PRINCIPE

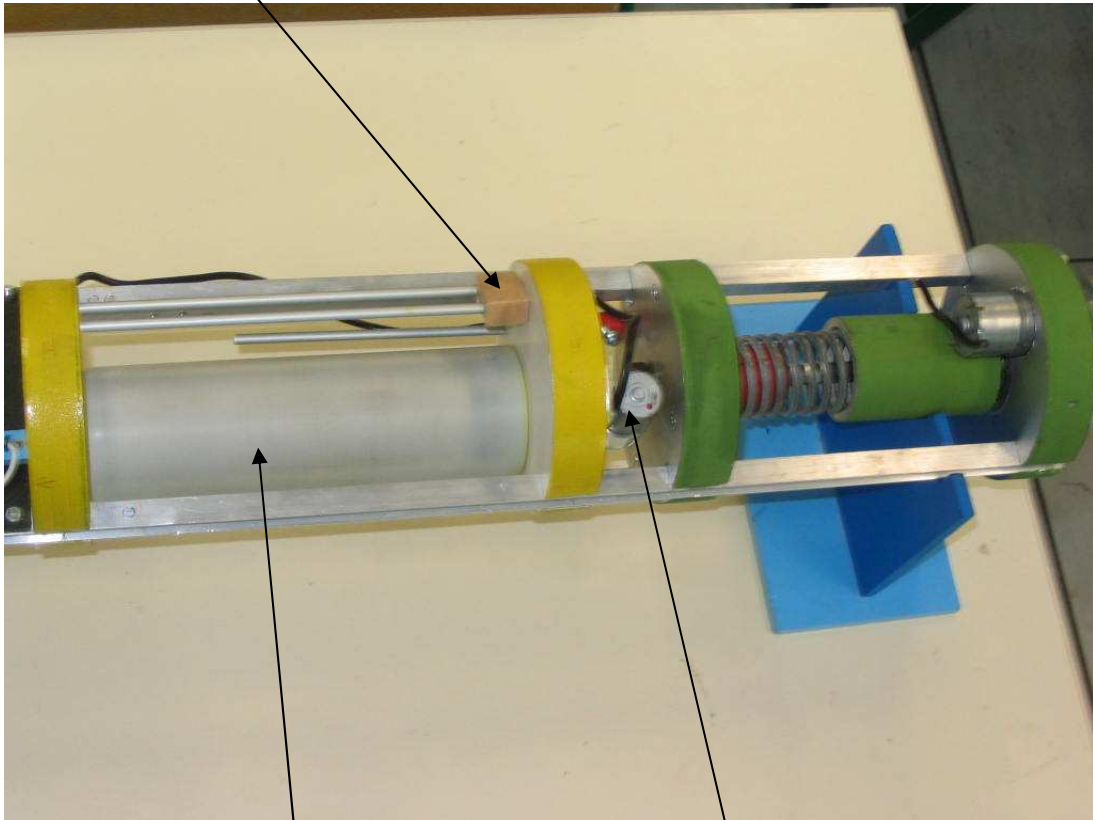
Une masse de 12 g est accrochée à l'extrémité d'un ressort dynamométrique de 2N. Cette masse coulisse sur un guide en aluminium anodisé (diminution des frottements) sur laquelle est fixée une mine de graphite. Le tambour est équipé d'un papier millimétré sur lequel seront inscrites toutes les variations d'accélération.

FUSEE ROSETTA

DEFINITION DES EXPERIENCES

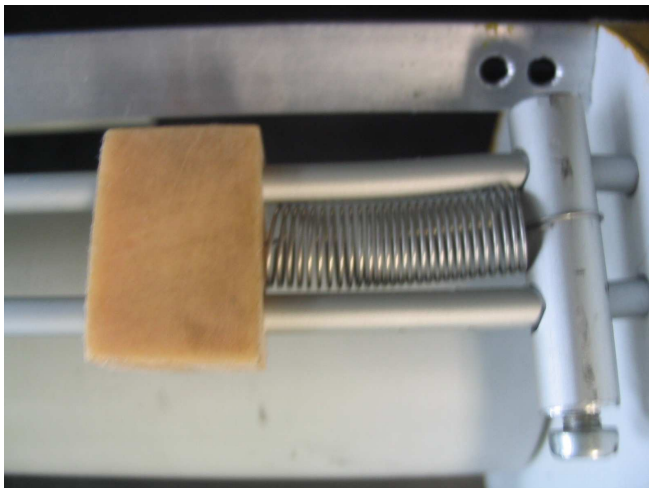
1a) MESURE D'ACCELERATIONS

Masse de 12 g



Tambour tournant

Moteur d'entraînement



Détail de la masse accrochée au ressort dynamométrique de 2 N
On aperçoit les deux guides en aluminium anodisé sur lesquelles coulisse la masse. Le système porteur de mine en graphite n'est pas en place au moment de la photographie.

FUSEE ROSETTA

DEFINITION DES EXPERIENCES

1b) MESURE D'ACCELERATIONS

MESURES DES ACCELERATIONS A L'AIDE D'UN CAPTEUR « ENTRAN »

Le capteur offert par la société ENTRAN est un capteur de haute sensibilité qui délivre $5,28 \text{ mV} / G$. Nous l'utilisons pour comparer les résultats enregistrés précédemment décrites et les valeurs fournies par ce capteur que nous considérons comme une référence.



Nous l'alimentons par pile de 9 Volts indépendant de l'alimentation du circuit d'amplification car nous ne pouvons pas relier les masses. Nous amplifions d'un gain de 100 environ avant de le relier à la VCO. La voie 13000 Hz du standard IRIG sera utilisée pour ces données. Un seul point de mesure est disponible pour ce capteur car la mesure d'accélération n'est pas facile à réaliser au-dessus de $1 G$. Comme ce capteur est sensible sur les trois axes, il suffit de faire une rotation de 90° à la fusée pour changer d'axe et ainsi obtenir une mesure de $1G$. Les résultats sont inscrits dans le tableau récapitulatif en annexe.

DEFINITION DES EXPERIENCES

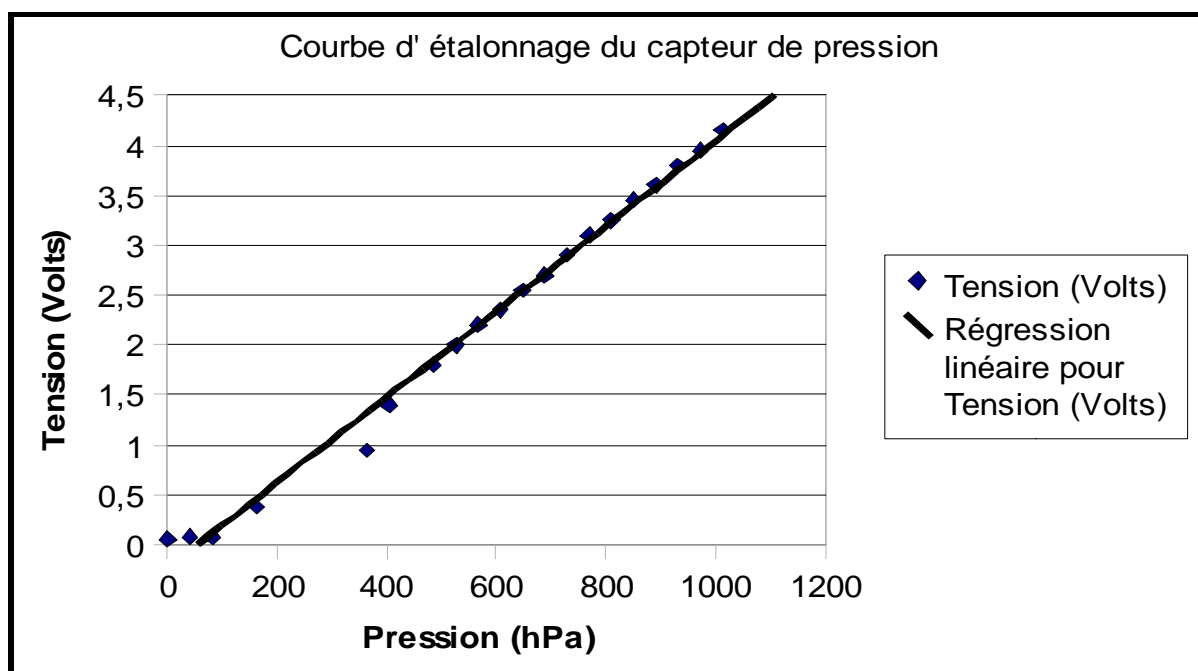
2 MESURE D'ALTITUDE

Nous utilisons pour cette mesure, un capteur de pression pré amplifié couplé à la chaîne de télémessure IRIG pour la transmission au sol des données. Ces données seront transmises sur la voie 1300 Hz.

Étalonnage du capteur de pression

Mesures		V	Pression	Altitude (m)
		4,0674	1000	0
0	0,05	3,5815	887	1000
40,5	0,08	3,1386	784	2000
81	0,08	3,8008	938	3000
162	0,38	2,3818	608	4000
364,5	0,94	2,0593	533	5000
405	1,4	1,7712	466	6000
486	1,8	1,5089	405	7000
526,5	2	1,2767	351	8000
567	2,2	1,0703	303	9000
607,5	2,35	0,8897	261	10000
648	2,55	0,7306	224	11000
688,5	2,7	0,5887	191	12000
729	2,9	0,4683	163	13000
769,5	3,1	0,3651	139	14000
810	3,25	0,2791	119	15000
850,5	3,45	0,2060	102	16000
891	3,6	0,1415	87	17000
931,5	3,8	0,0882	74,6	18000
972	3,95	0,0417	63,8	19000
1012,5	4,15	0,0018	54,5	20000

LA COURBE :



DEFINITION DES EXPERIENCES

2 MESURE DE L'ALTITUDE

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif est composé de :

Une pompe à vide

Une cloche à vide

Un capteur de référence situé dans la cloche à vide

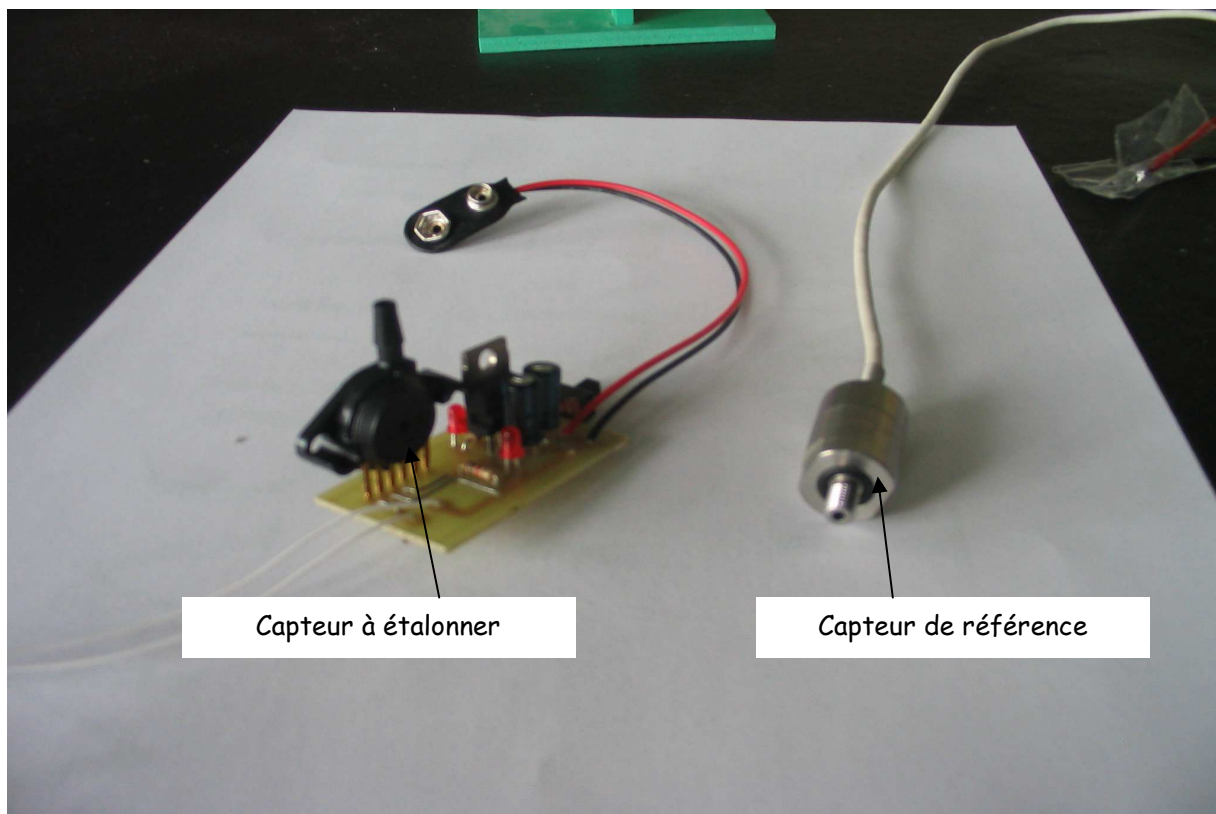
Notre capteur à étalonner (capteur Motorola)

D'un enregistreur

D'un multimètre

METHODE

On place dans la cloche à vide le capteur de référence et le capteur à étalonner. On fait le vide jusqu'à obtenir une pression résiduelle de 1 à 2 mm de Hg ce qui correspond à une altitude au delà de 30 km. On crée une micro fuite pour remonter en pression très lentement et on relève les mesures. Une première série de mesures a été effectuée en descente de pression pour vérifier la présence de phénomène d'hystérésis, ce que nous n'avons pas observé.



DEFINITION DES EXPERIENCES

3 MESURE DE LA VITESSE

ETALONNAGE DU TUBE DE PITOT

DISPOSITIF EXPERIMENTAL :

Souffleur à puissance réglable 100...150 km/h

Oscilloscope

Anémomètre

Tube de Pitot

Capteur différentiel

METHODE

Nous avons utilisé un appareil broyeur/souffleur à vitesse réglable pour avoir à notre disposition une vitesse de vent comprise entre 100 et 150 km/h. Ce qui semble peu comparé à vitesse attendue de la fusée : de l'ordre de 960 km/h. De ce fait, nous n'avons qu'un seul point de mesure. La vitesse du vent est mesurée à la sortie de la soufflerie au même niveau que le tube de Pitot. Nous avons réglé l'anémomètre pour obtenir une vitesse en km/h.

Un élève est aux commandes de la soufflerie et un autre aux mesures. Nous n'avons pas plusieurs points de mesure, une à vitesse 0 et une autre à vitesse 150 km/h. Les résultats sont dans le tableau ci-dessous :

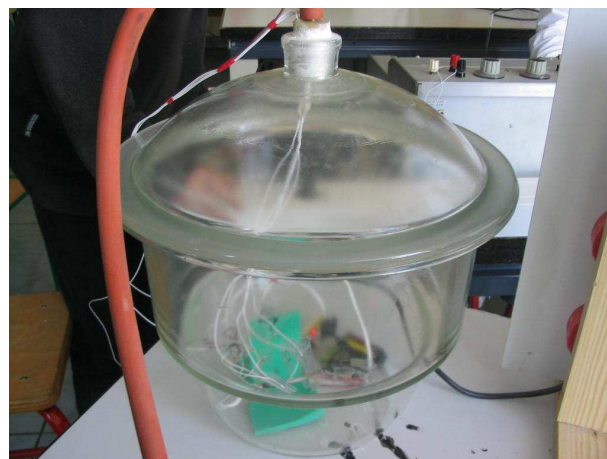
Vitesse	Tension de sortie conditionneur	Fréquence
0 Km/H	0 V	4651 Hz
150 Km/H	0,7 V	5000 Hz

Le réglage de la vitesse de soufflerie nous a permis de vérifier la linéarité du capteur de 100 à 150 Km/h.

DEFINITION DES EXPERIENCES



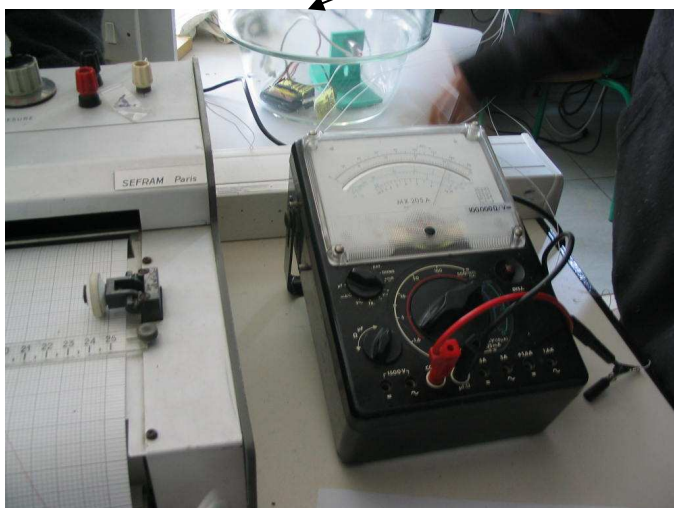
Pompe à vide



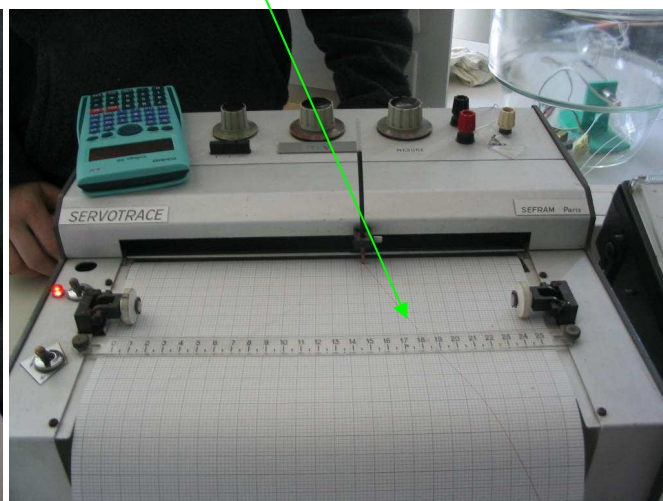
Cloche à vide

Capteur de référence

Courbe de pression



Multimètre

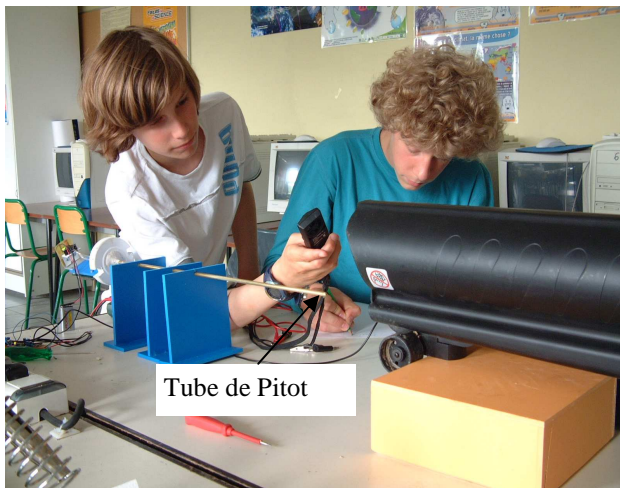


Enregistreur

DEFINITION DES EXPERIENCES

3 MESURE DE LA VITESSE

ETALONNAGE DU TUBE DE PITOT



Remarque : il n'a pas été possible d'obtenir d'autres points de mesure : l'imprécision étant trop importante. On suppose que le tube de Pitot fournira un signal proportionnel à la vitesse de la fusée.

DEFINITION DES EXPERIENCES

4 INFORMATIONS SUR LE MOMENT EXACT DE L'OUVERTURE DE LA TRAPPE (PARACHUTE)

Cette information nous semble importante pour analyser plus finement les données de l'expérience N° 5 : les contraintes subies lors de l'ouverture du parachute. En effet, si nous possédons à la fois les informations sur la vitesse de la fusée et le temps exact de l'ouverture, il sera possible d'établir une relation entre vitesse et choc à l'ouverture en fonction de l'aire du parachute : ce que nous cherchons à obtenir.

PRINCIPE

Un capteur « fin de course » est activé dès l'ouverture de la trappe. Ce capteur, de ce fait fournit deux informations :

L'instant précis de l'ouverture et le bon fonctionnement du séquenceur.

Le CFC (capteur fin de course) est relié à un petit circuit électronique qui fonctionne « en tout ou rien » ce qui se traduit à l'entrée de la voie 4 (400 Hz) par OV ou 5 V (voir tableau en annexe)

Capteur fin de course fixé proche de la came



Came de verrouillage de la trappe du compartiment parachute



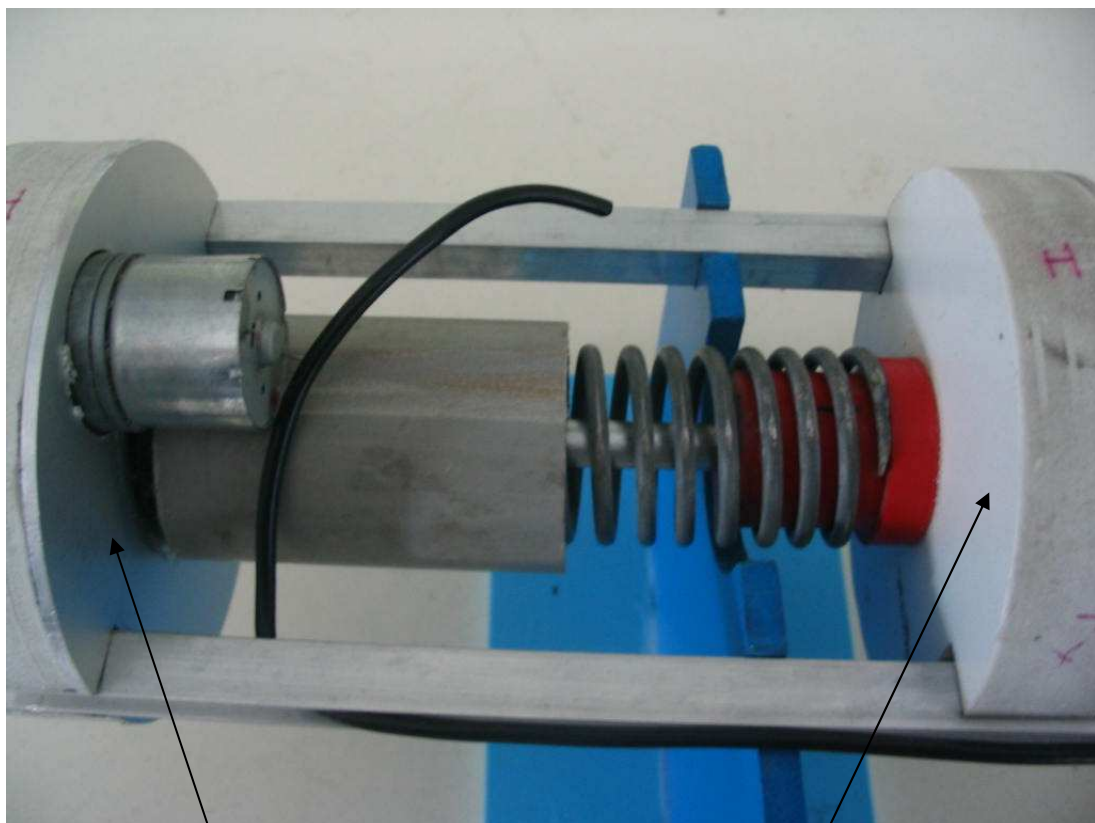
FUSEE ROSETTA

DEFINITION DES EXPERIENCES

5 MESURE DES CONTRAINTES SUBIES LORS DE L'OUVERTURE DU PARACHUTE

Nous cherchons à savoir si les contraintes et les efforts enregistrés par les sangles et les points de fixation du parachute sont importantes. Pour cela, nous avons utilisé le même principe que l'enregistrement des accélérations : un ressort dynamométrique sur lequel on a fixé les attaches du parachute. Le ressort est opérationnel jusqu'à 250 N au delà, nous n'aurons plus d'information. Ce ressort joue un double rôle : amortir le choc au déploiement du parachute et quantifier les tensions au niveau des attaches.

Les compressions seront enregistrées sur le même tambour que la mesure d'accélérations.



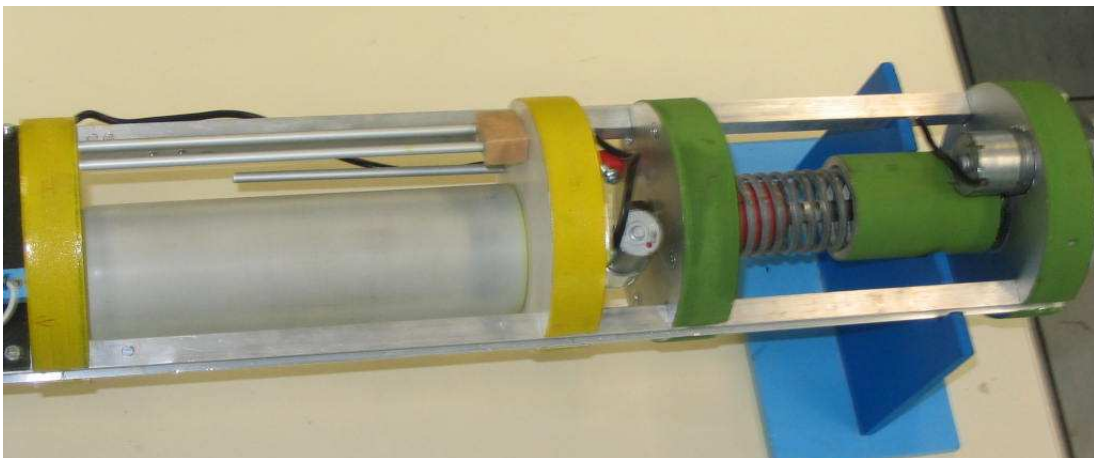
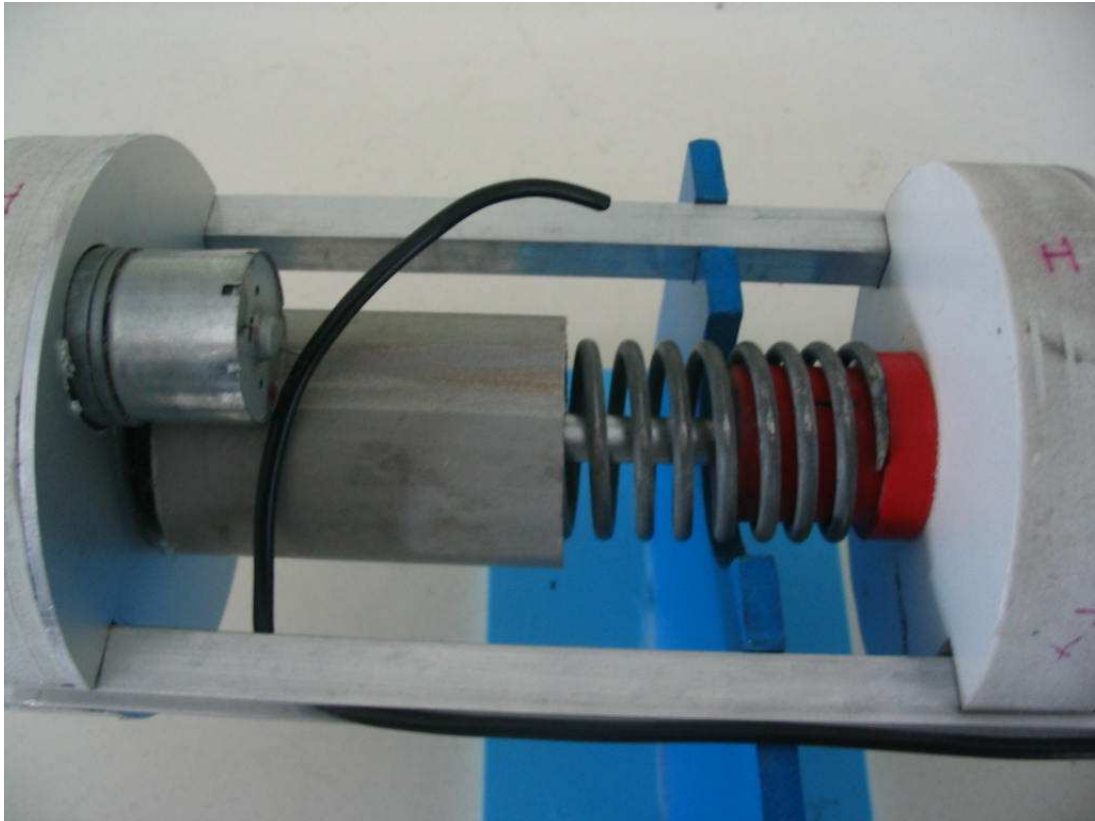
Partie fixe

Partie mobile

FUSEE ROSETTA

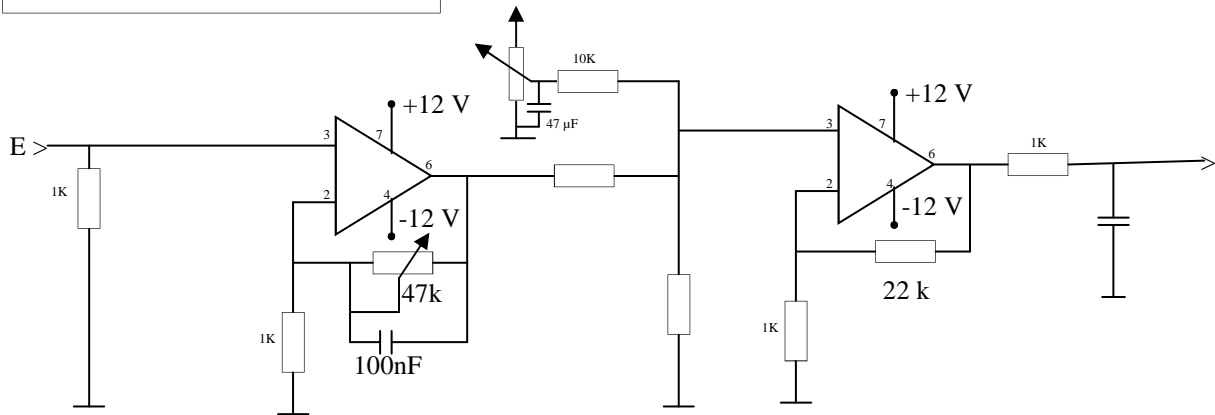
DEFINITION DES EXPERIENCES

5 MESURE DES CONTRAINTES SUBIES LORS DE L'OUVERTURE DU PARACHUTE



SCHEMAS ELECTRONIQUES DES CIRCUITS

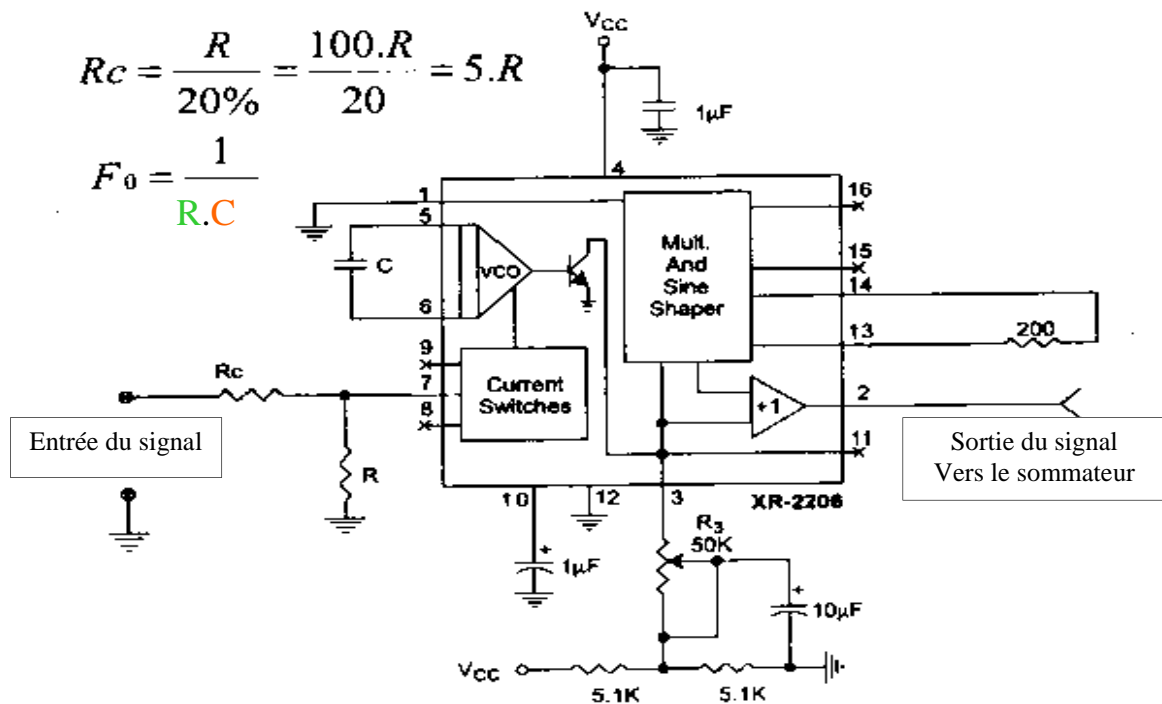
CONDITIONNEURS



MODULATEURS

Valeurs des résistances et des condensateurs en fonction des fréquences F_0 :

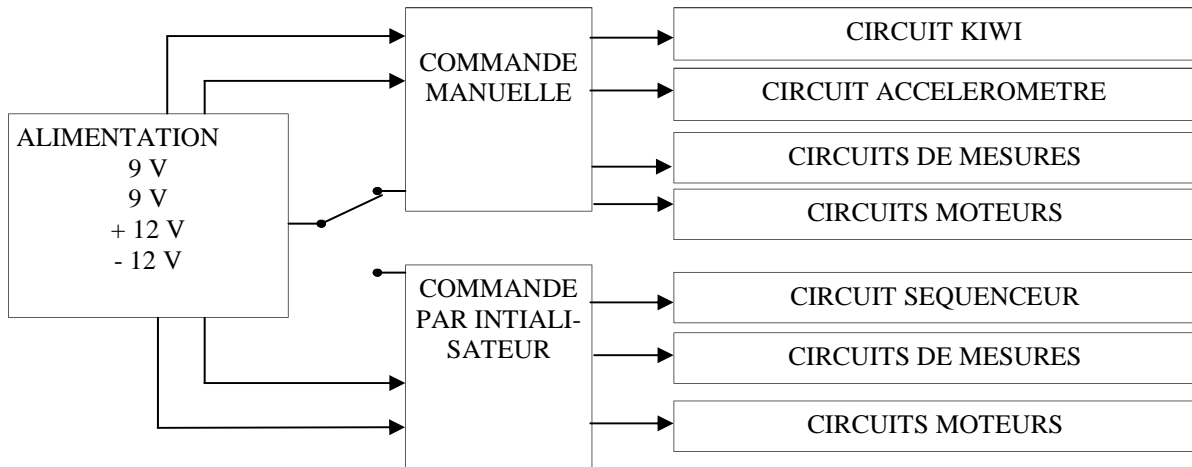
- F_0 400 Hz : $C = 200 \text{ nF}$... $R = 12200 \Omega$ Cette voie est destinée à l'ouverture de trappe
- F_0 1300 Hz : $C = 100 \text{ nF}$... $R = 7450 \Omega$ Cette voie est destinée à la mesure d'altitude
- F_0 4000 Hz : $C = 47 \text{ nF}$... $R = 4700 \Omega$ Cette voie est destinée à la mesure de vitesse
- F_0 13000 Hz : $C = 6,6 \text{ nF}$... $R = 11500 \Omega$ Cette voie est destinée à la mesure d'accélérations



PLAN DE CABLAGE

SCHEMAS ELECTRONIQUES DES CIRCUITS

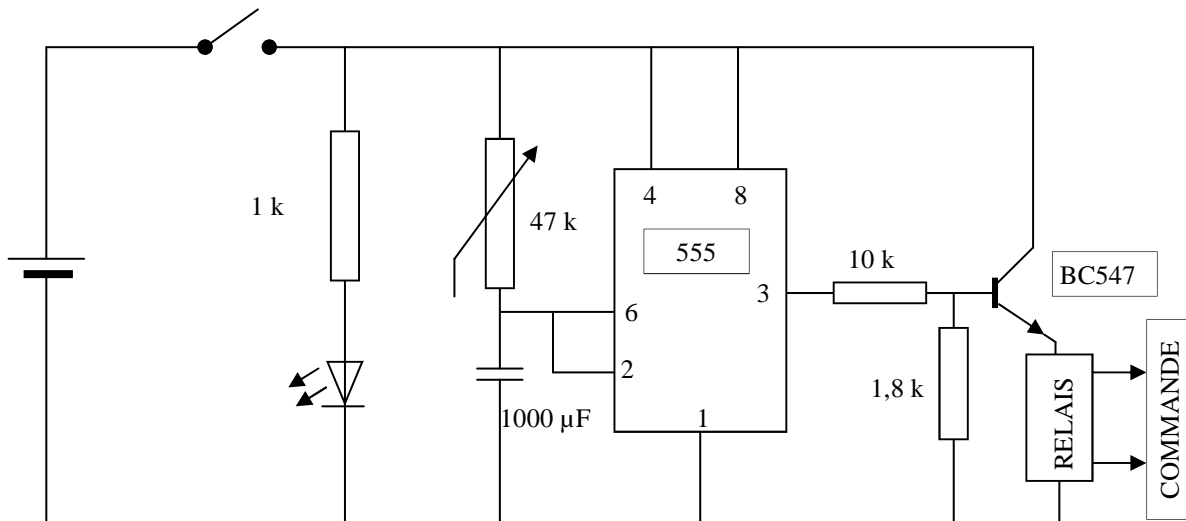
SYNOPTIQUE DES ALIMENTATIONS



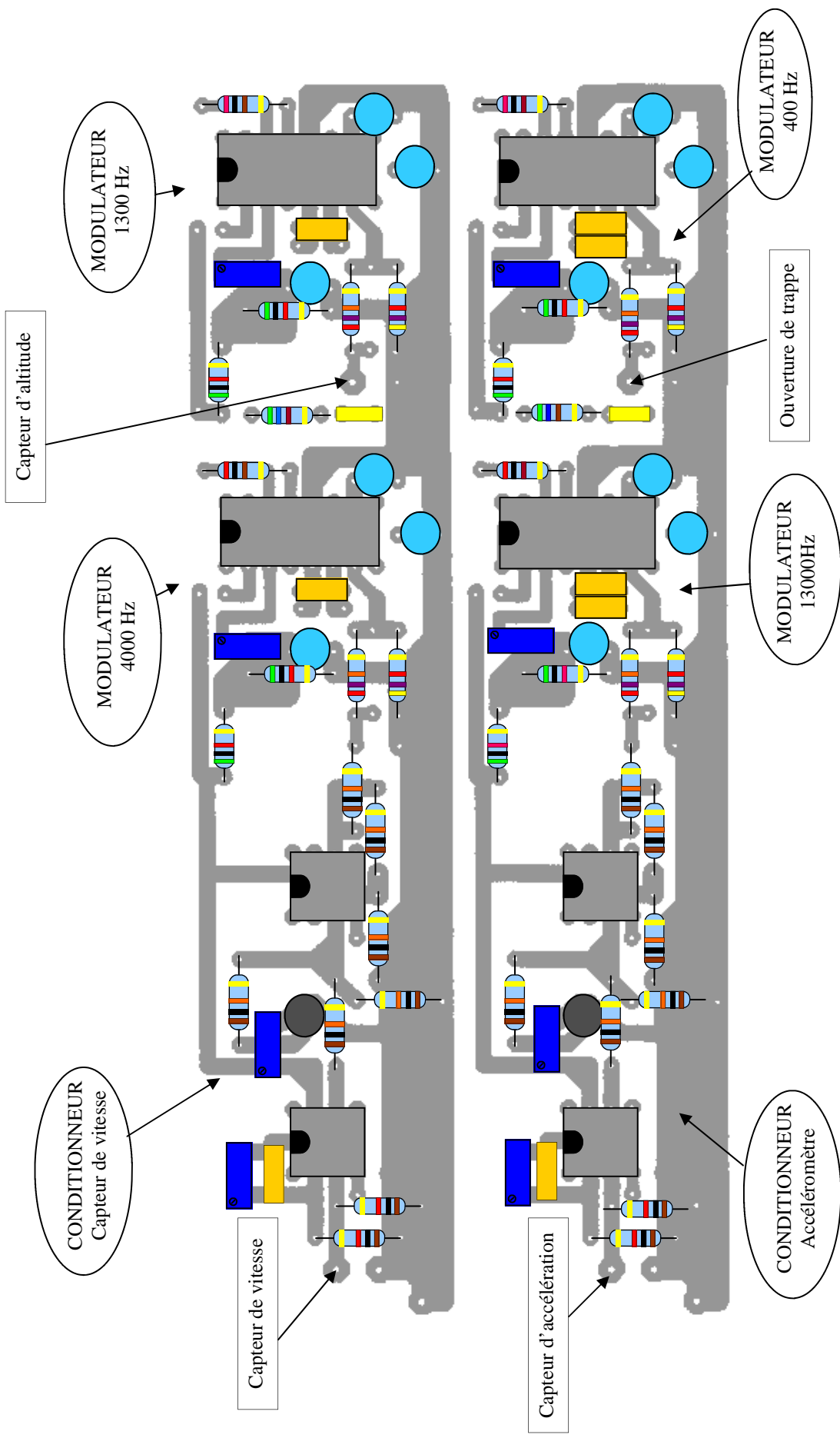
LE CIRCUIT SEQUENCEUR

Le circuit séquenceur est à base de 555. Les composants ont été choisis pour permettre le réglage de la temporisation comprise entre 2 et 30 secondes. La résistance de réglage est un ajustable 10 tours pour une plus grande précision.

SCHEMA ELECTRONIQUE DU SEQUENCEUR



IMPLANTATION DES COMPOSANTS DES MODULATEURS ET CONDITIONNEURS DE LA FUSEE ROSETTA



FUSEE ROSETTA 2007/2008

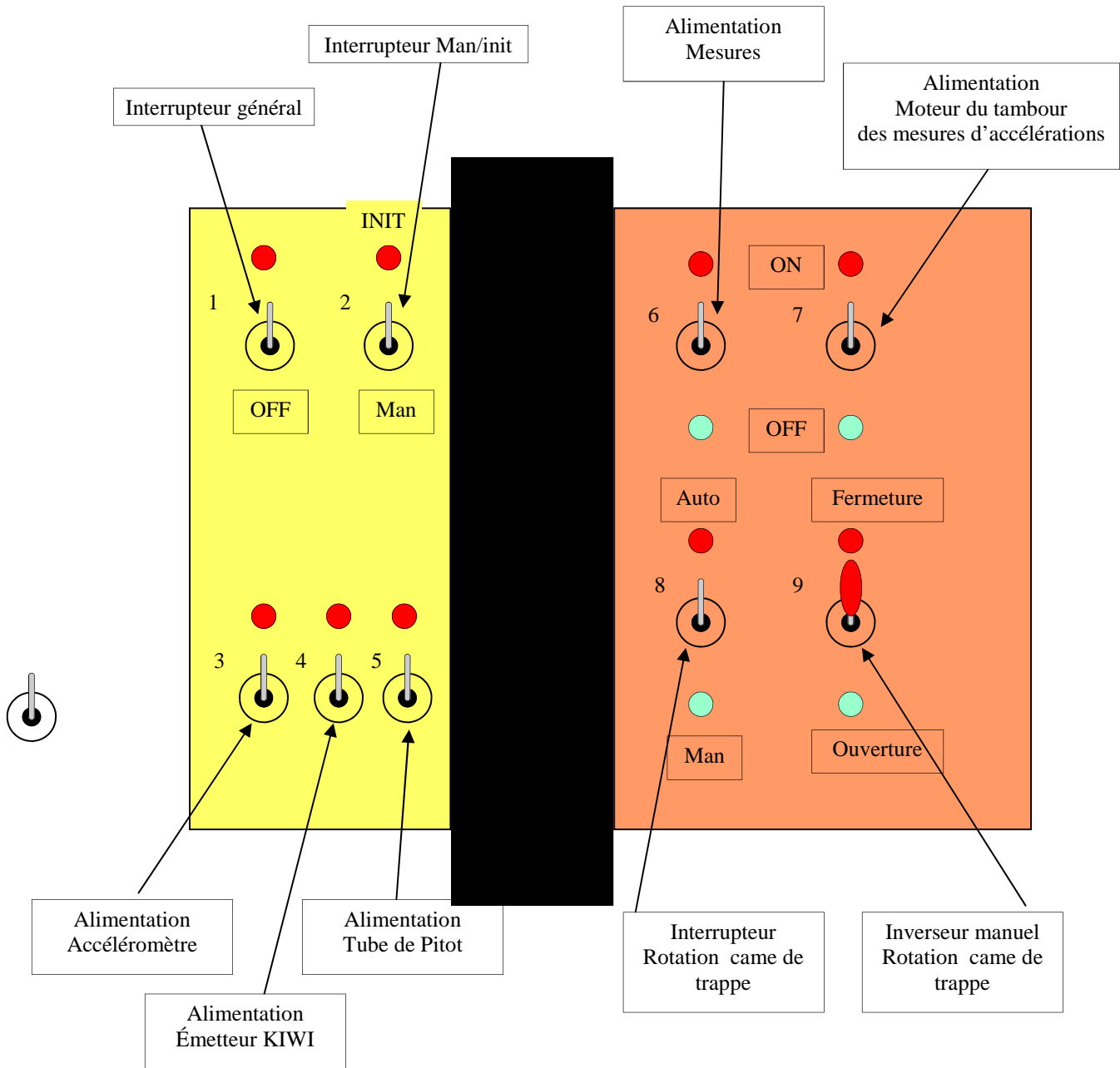
TABLEAU IRIG

CAP-TEURS	VOIES IRIG	Vmin	Vmax	Avant Conditionneur	Après Conditionneur	Carte modulateur	Carte modulateur
OUVERTURE DE TRAPPE	400 Hz 320<400< 480	0V	5V	0...5V	0...5V	363 Hz Trappe fermée	465 Hz Trappe ouverte
MESURE DE L'ALTITUDE	1300 Hz 1300-20% =1040 Hz 1300+20% =1560 Hz	4,15 V au sol(Altitude 25 m)	2,76 V 3000m.	4.15V0 V à 20000m	4.15...0 V	1250 Hz à 4,15 V	Hz à 2.76 V
MESURE DE LA VITESSE	4000 Hz 3200<4000 <4800	10 mV	100 mV	10..100 mV	1...5 V	Vitesse nulle : V = 0V Fréquence 4651 Hz	Vitesse mesurée à l'anémomètre : 150 km/h V= 0,7 V Fréquence 4393 Hz
MESURE DES ACCELERATIONS	13000 Hz 10400<13000<15600	5.28 mV /G	52.8 mV/10 G	5.28...52.8 mV	0.5....5 V	Fusée au repos soit 0 G 12987 Hz	Fusée en accélération de 1 G : 12376 Hz Ce qui donne en extrapolant : ~ 610 Hz/G

REMARQUE : on peut améliorer les mesures en corrigeant la tension d'OFFSET de chaque circuit pour obtenir 0V au repos afin d'avoir le maximum de sensibilité à chaque capteur

FUSEE ROSETTA 2007/2008

PLAN DU TABLEAU DE COMMANDES



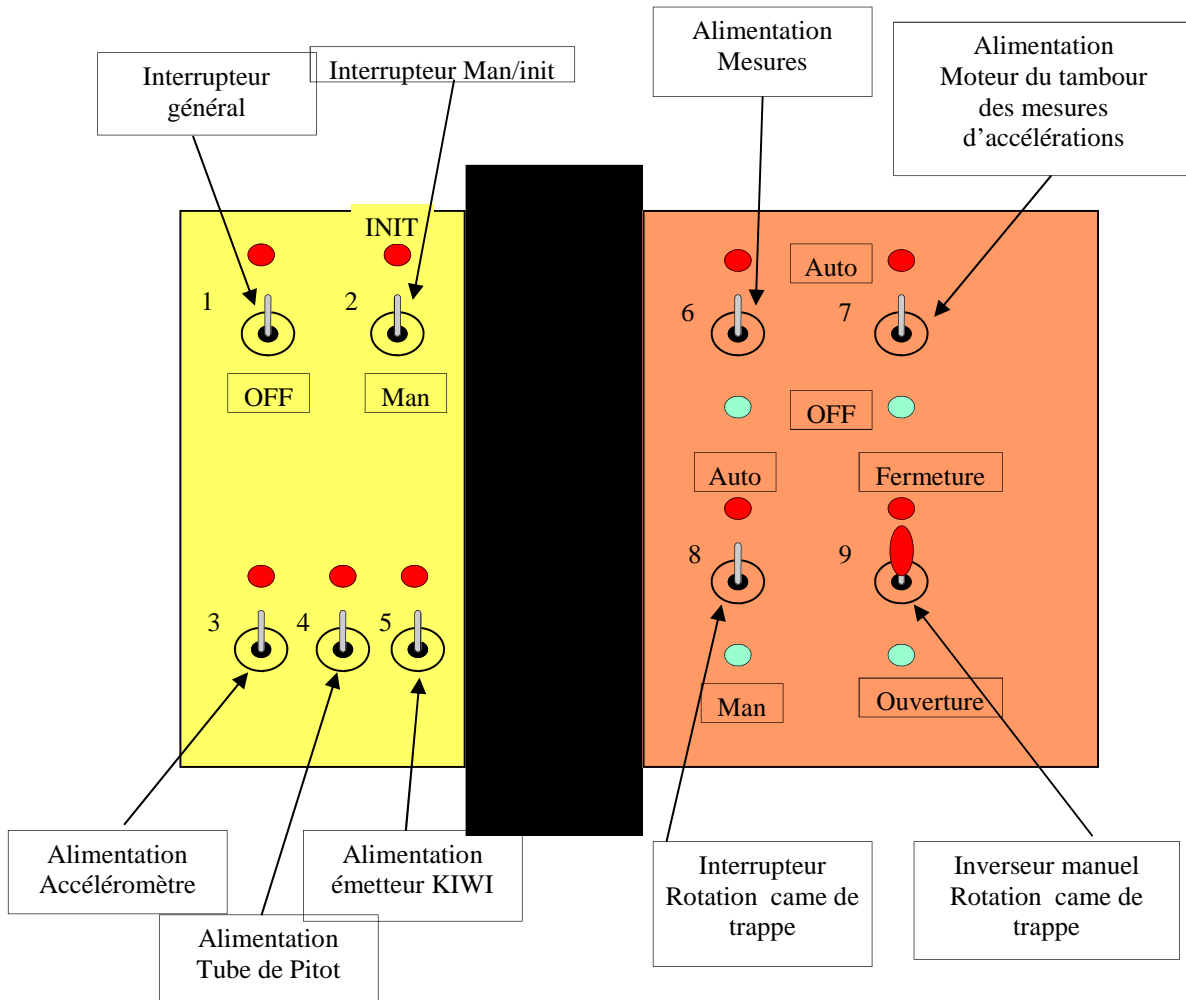
REMARQUES : FUSEE SUR RAMPE

Après avoir effectué tous les réglages, tous les interrupteurs doivent être basculés en position vers les voyants rouges. Cette configuration provoque le fonctionnement des alimentations du secteur jaune et place les circuits du secteur saumon en attente du décollage de la fusée. Seules les DELs 1, 3, 4, et 5 sont allumées lorsque la fusée est placée sur sa rampe de lancement.

FUSEE ROSETTA 2007/2008

PLAN DU TABLEAU DE COMMANDES

LES REGLAGES



PROCEDURES DE REGLAGE ET D'ESSAIS DES CIRCUITS

- Placer l'interrupteur général en position ON
- Basculer l'interrupteur 2 en position Manuel
- Placer l'interrupteur de rotation tambour sur **OFF** (Interrupteur N° 7)
- Basculer l'interrupteur N° 8 en position **Man** le voyant vert s'allume et passé le délai de temporisation du séquenceur, le voyant rouge s'allume aussi. Cela permet de vérifier le bon fonctionnement du séquenceur.
- Effectuer les réglages de la came de fermeture de la trappe parachute par petites impulsions
- Effectuer un contrôle final
- Les interrupteurs 3, 4 et 5 ne dépendent pas de l'alimentation générale et peuvent être utilisés pour les contrôles de qualification.

SUR LA RAMPE DE LANCEMENT

- Tous les interrupteurs doivent être sur la position Auto. Cette opération configure l'ensemble des circuits en attente du départ de la fusée.

FUSEE ROSETTA 2007/2008

CHRONOLOGIE 1

Réglages et vérifications avant lancement

ETAPES	OPERATIONS	Contrôle	OK
	REGLAGE DU SEQUENCEUR		
01	Placer la fusée sur ses supports	Thibaut	
02	Dévisser les vis de fixation au dessus de la trappe parachute		
03	Dévisser les vis de fixation de l'ogive sur le corps de la fusée		
04	Séparer l'ogive de la fusée		
05	Poser l'ogive sur son support sans débrancher les alimentations		
06	Repérer le module d'asservissement du séquenceur		
07	Régler la temporisation selon les consignes		
08	Tester la temporisation en manipulant l'interrupteur général		
09	Renouveler trois fois l'opération et noter à chaque fois le temps La dispersion doit être inférieure à 5% du temps calculé		
10	Eteindre l'alimentation générale		
11	Vérifier le bon fonctionnement du tambour d'enregistrement 1tr/15s		
12	Vérifier la tension d'alimentation des circuits +/- 12 V, 9V, 10V		
13	Couper toutes les alimentations		
14	Remonter l'ensemble dans le corps de la fusée et fixer		
15	Vérifier la bonne tenue mécanique de l'ensemble		
16	Avant de fermer la trappe, vérifier les attaches du parachute		
17	Tirer sur l'attache principale pour vérifier la coulisse de l'enregistreur et replacer le parachute dans son logement.		
18	Placer et verrouiller la trappe en manipulant l'interrupteur de positionnement de la came.		
19	Replacer et fixer l'ogive		
20	Vérifier le fonctionnement global en positionnant tous les interrupteurs sur le mode "attente d'initialisation"		
21	Agir sur la fusée pour simuler un départ		
22	Attendre le temps du séquenceur		
23	Replacer le parachute et verrouiller la trappe		
24	Replacer les interrupteurs sur "attente..."		
25	Couper l'alimentation générale et fixer la trappe du compartiment des interrupteurs de commande		

FUSEE ROSETTA 2007/2008

CHRONOLOGIE 2

Réglages et vérifications phase de lancement

ETAPES	OPERATIONS	Contrôle	OK
	SUR RAMPE DE LANCEMENT		
Chef Op. Vidéo	Reportage vidéo et photos numériques	Antoine Billard	
Op. 1	Lecture de la chronologie Matériel : stylo feuille de chronologie, savoir lire, de l'autorité de la bonne humeur etc...	Henri	
Op. 2	Ouverture et fermeture de la trappe et contrôle avant fermeture. matériel : tournevis cruciforme, tournevis plat N°2 petit récipient pour les vis, ne pas se tromper de sens pour le vissage et dévissage. Être attentif... etc.	Antoine DM	
Op. 3			
Op. 4	Préparation et positionnement des interrupteurs mise en attente des systèmes de mesure... Les 3 interrupteurs : alim Kiwi, Accéléromètre, Tube de Pitot sur ON puis l'interrupteur général sur ON (Tous les interrupteurs sont dans la même position)	Thibaut	
01	Avant de placer la fusée sur la rampe, placer l'interrupteur général sur ON et basculer la fusée de la position horizontale à la position verticale en créant volontairement quelques secousses légères	Antoine DM	
02	Ouvrir la trappe de la partie commande	Antoine DM	
03	Placer les interrupteurs d'alimentation 3, 4 et 5 sur ON	Thibaut	
04	Vérifier l'état des DEL 1, 3, 4 et 5 qui doivent être allumées.	Thibaut	
05	Refermer la trappe de la partie commande	Antoine DM	
06	La fusée est prête à être placée sur rampe	La fusée	
07	Dévisser les vis de maintien du propulseur	Antoine DM	
08	Avoir en main l'outil d'arrêt de départ et être prêt à annuler le compte à rebours si une anomalie survenait.		
09	Vérifier en permanence l'état des DELs : aucune DEL de la partie "mesures" doit être allumée.	Thibaut	
10	Bon vol à la fusée ROSETTA		

NOS RESULTATS : INTERPRETATIONS

LA COURBE D'ACCELERATION ET OUVERTURE DU PARACHUTE

La courbe est enregistrée sur papier mais la trace est trop fine pour être reproduite par photocopie.

Les résultats sont intéressants et exploitables quantitativement.

- En **A** On observe un pic d'accélération en rampe (environ 12 g) puis une poussée régulière en sortie de rampe qui est de 8 g (7,99 exactement) pendant 1,90 secondes ensuite, en **B** une baisse de poussée de 2s à 3,85s.
- La baisse irrégulière entre les points **B** et **D** peut s'expliquer par la présence de frottements.
- Entre le point **D** et **E** (ouverture du parachute), le tambour a fait un tour complet, et au point **E**, il s'agit probablement de l'ouverture du parachute qui, après calcul est survenue à 20,3 secondes. En fait la trappe a été libérée au temps 17 secondes mais trois secondes se sont écoulées avant que le parachute ne se gonfle. Ceci est à prendre en compte car, nous l'avons observé le jour du lancement : la fusée commençait à redescendre avant l'ouverture du parachute. Pendant quelques secondes on a cru à un vol balistique. Cela dit, ce temps est trop long et peut entraîner des risques de sectionnement de la fusée due à la secousse de l'ouverture du parachute.

Une seconde courbe représente l'effort subit par les sangles du parachute à l'ouverture. Cette courbe montre de façon qualitative l'effort important mais difficilement quantifiable.

En conclusion concernant ces résultats : Des renseignements précieux nous ont permis de prendre les décisions suivantes :

- D'installer systématiquement un dispositif d'amortissement du choc à l'ouverture du parachute.
- D'inventer un autre système d'enregistrement des accélérations, nous pensons à un ensemble résistance/pont variable couplé au dynamomètre ; c'est à l'étude pour le projet Philae (projet 2009)
- D'imaginer une expulsion du parachute pour le forcer à sortir et ne pas attendre que le vent agisse sur la trappe.
- De poursuivre, en changeant de système, la mesure des efforts supportées par les sangles du parachute.