

DOSSIER TECHNIQUE

De la fusée ANDROMEDE

FUSEE EXPERIMENTALE
ANDROMEDE
REALISEE PAR :

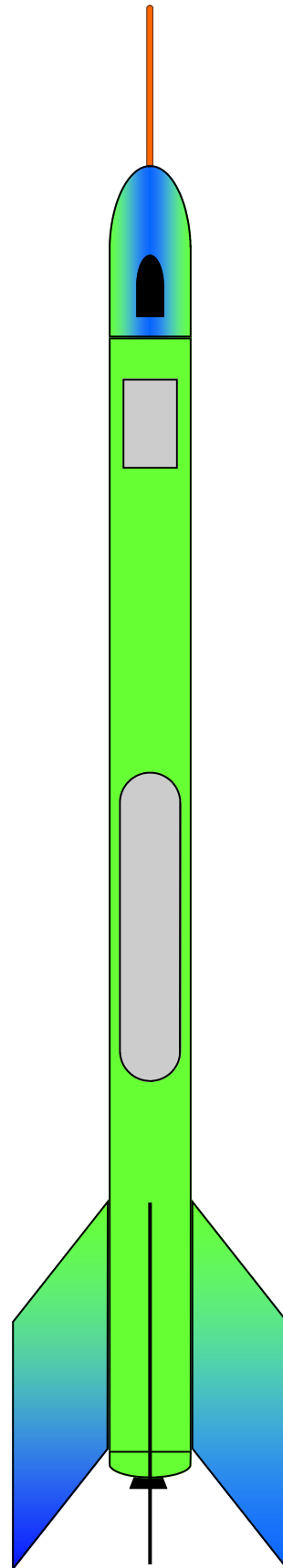
Sylvain Beau
Mallet Thibault
Rémy Coste
Aymeric Hostache

Collège Louis Lumière
Marly Le Roi

SOMMAIRE

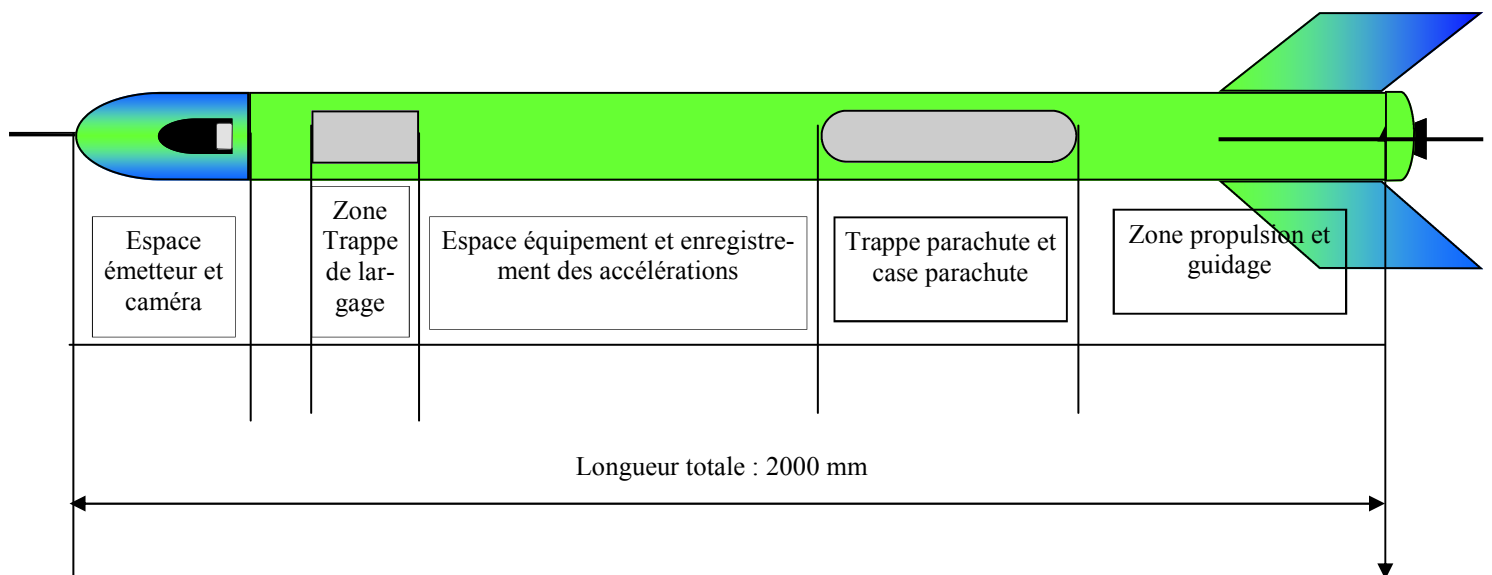
VUE GENERALE	Page 3
VUE GENERALE DETAILLEE	Page 4
MISSIONS	Page 5
LES PLANS MECANIQUES	Page 6
LA PLAQUE DE POUSSEE	Page 7
LA PLAQUE DE POUSSEE ET TUBE GUIDE	Page 8
FIXATION DES AILERONS	Page 9
VERROUILLAGE DE LA TRAPPE A PARACHUTE	Page 10
ENREGISTREMENT DES ACCELERATIONS	Page 11
VERROUILLAGE DE LA TRAPPE A MICRO SATELLITE	Page 12
SYSTEME DE LARGAGE DU MICRO SATELLITE	Page 13
SYSTEME DE FIXATION DU PROPULSEUR	Page 14
SYSTEME DE REDUCTION DE LA TRAINEE	Page 15
LES MISSIONS D'ANDROMEDE	Page 16
ENREGISTREMENT DES ACCELERATIONS	Page 17
ENREGISTREMENT DES ACCELERATIONS	Page 18
MESURE D'ALTITUDE ETALONNAGE DU CAPTEUR	Page 19
SYSTEME DE LARGAGE DU MICRO SATELLITE	Page 20
SYSTEME DE DETECTION D'OUVERTURE DE TRAPPE	Page 21
POSITIONNEMENT DE LA CAMERA	Page 22
ALIMENTATIONS ET CABLAGES (Infos générales)	Page 23
CIRCUITS ELECTRONIQUES	Page 25
SCHEMA DES SEQUENCEURS	Page 26
SCHEMAS STRUCTURELS DES SEQUENCEURS	Page 27
PLAN D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS DES SEQUENCEURS	Page 28
LES CIRCUITS « IRIG »	Page 29
CALCULS DES VALEURS DES COMPOSANTS	Page 30
IMPLANTATION DES COMPOSANTS DES CIRCUITS IRIG	Page 31
LE PARACHUTE	Page 32

VUE GENERALE



VUE GENERALE DETAILLEE

Différentes zones de la fusée Andromède



LES MISSIONS DE LA FUSEE ANDROMEDE

Mesurer l'accélération

Mesurer et transmettre l'altitude

Transmettre le déverrouillage de la trappe à parachute

Transmettre le moment précis du largage du micro satellite

Visionner le comportement de la fusée pendant la phase ascendante et contrôler le largage du satellite par caméra embarquée

Largage d'un micro satellite

Ramener tout ce matériel en douceur !

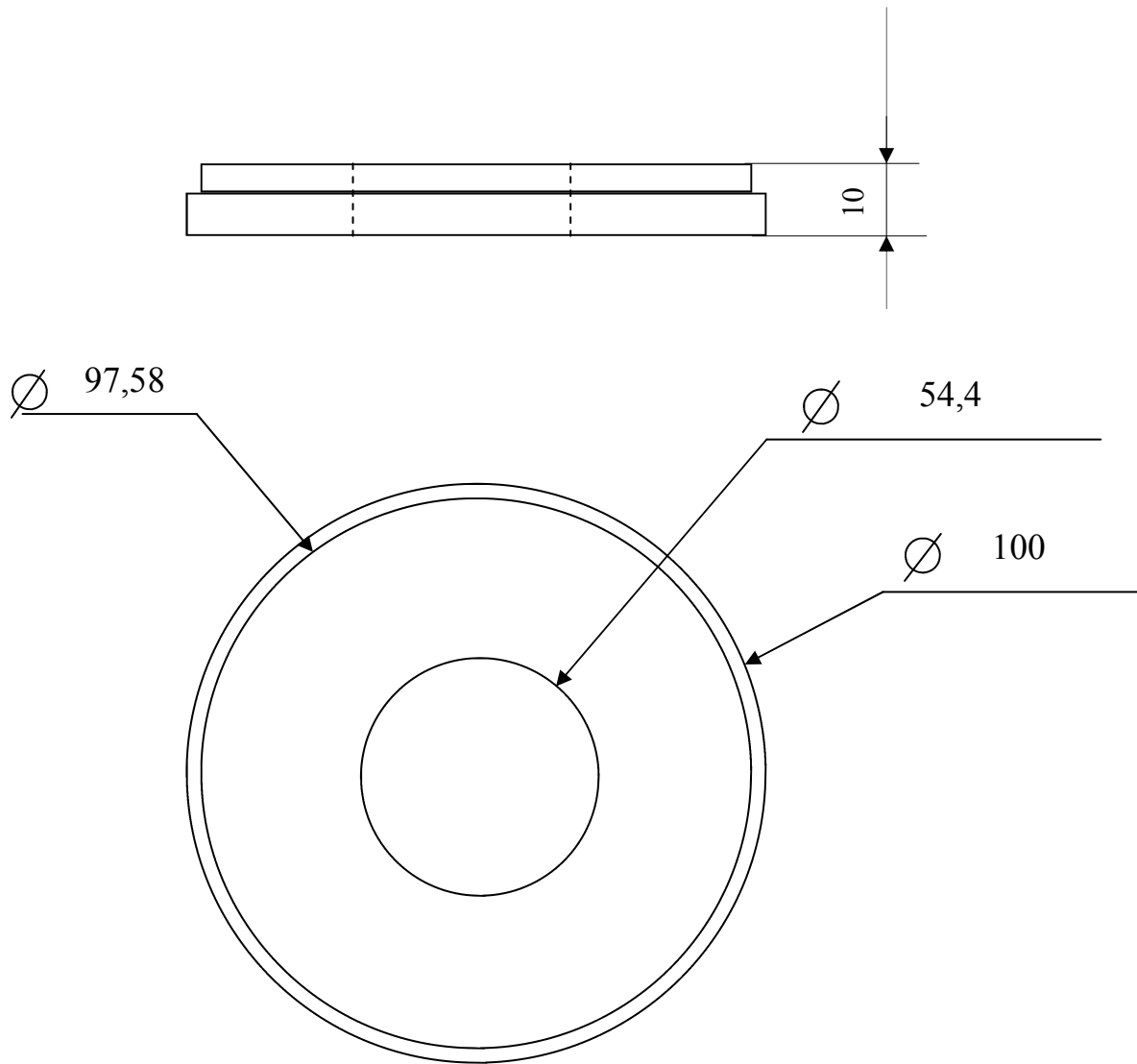
LES PLANS

PARTIE MECANIQUE

- I Plaque de poussée
- II Plaque de poussée et tube-guide du propulseur
- III Fixation des ailerons
- IV Système de verrouillage de la trappe à parachute
- V Enregistreur d'accélération
- VI Verrouillage de la trappe du micro satellite
- VII Largage du micro satellite
- VIII Fixation du propulseur sur la plaque de poussée
- IX Réduction de la traînée aérodynamique

Les plans

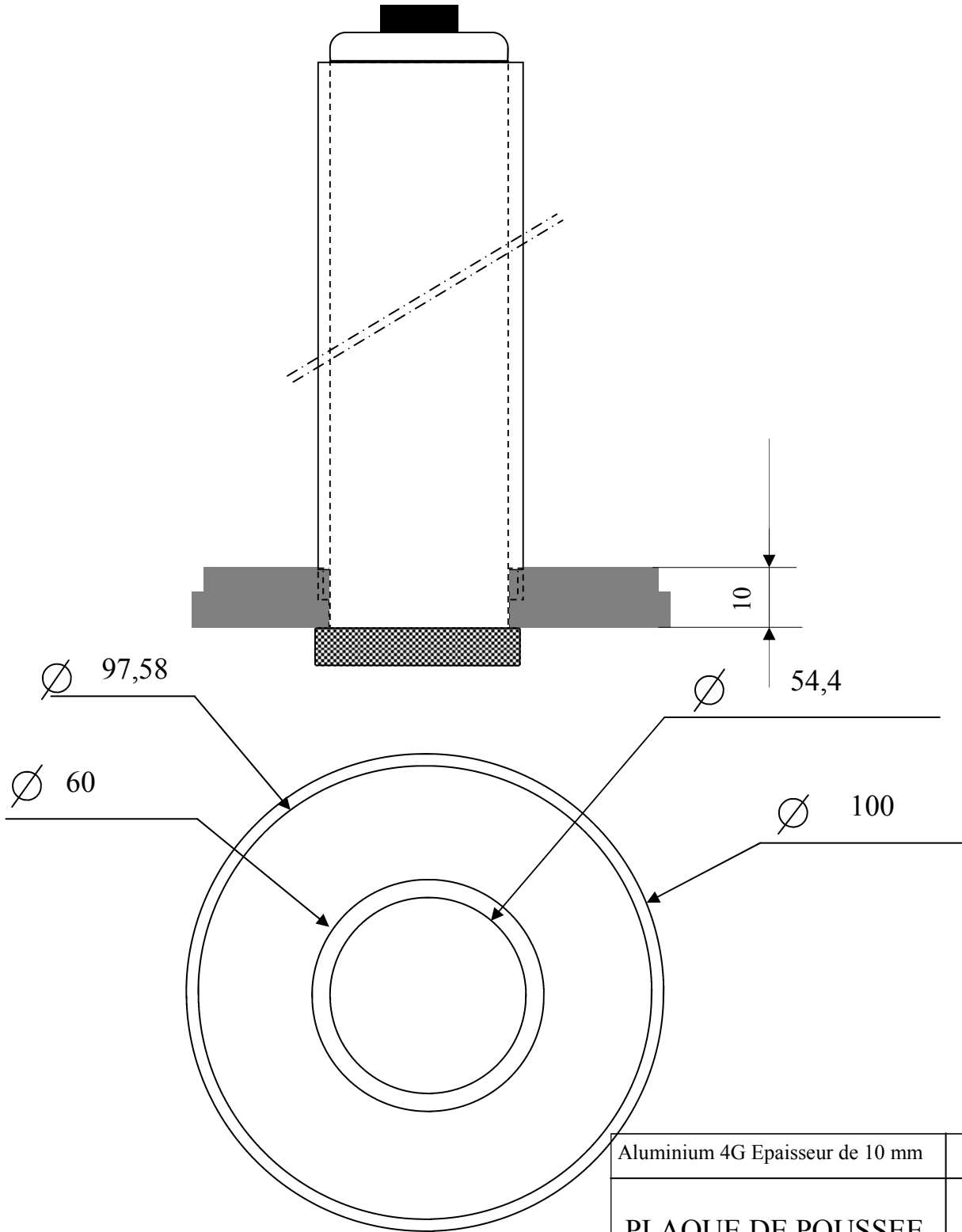
I PLAQUE DE POUSSEE



Aluminium G4 Epaisseur de 10 mm	1 pièce
PLAQUE DE POUSSEE	

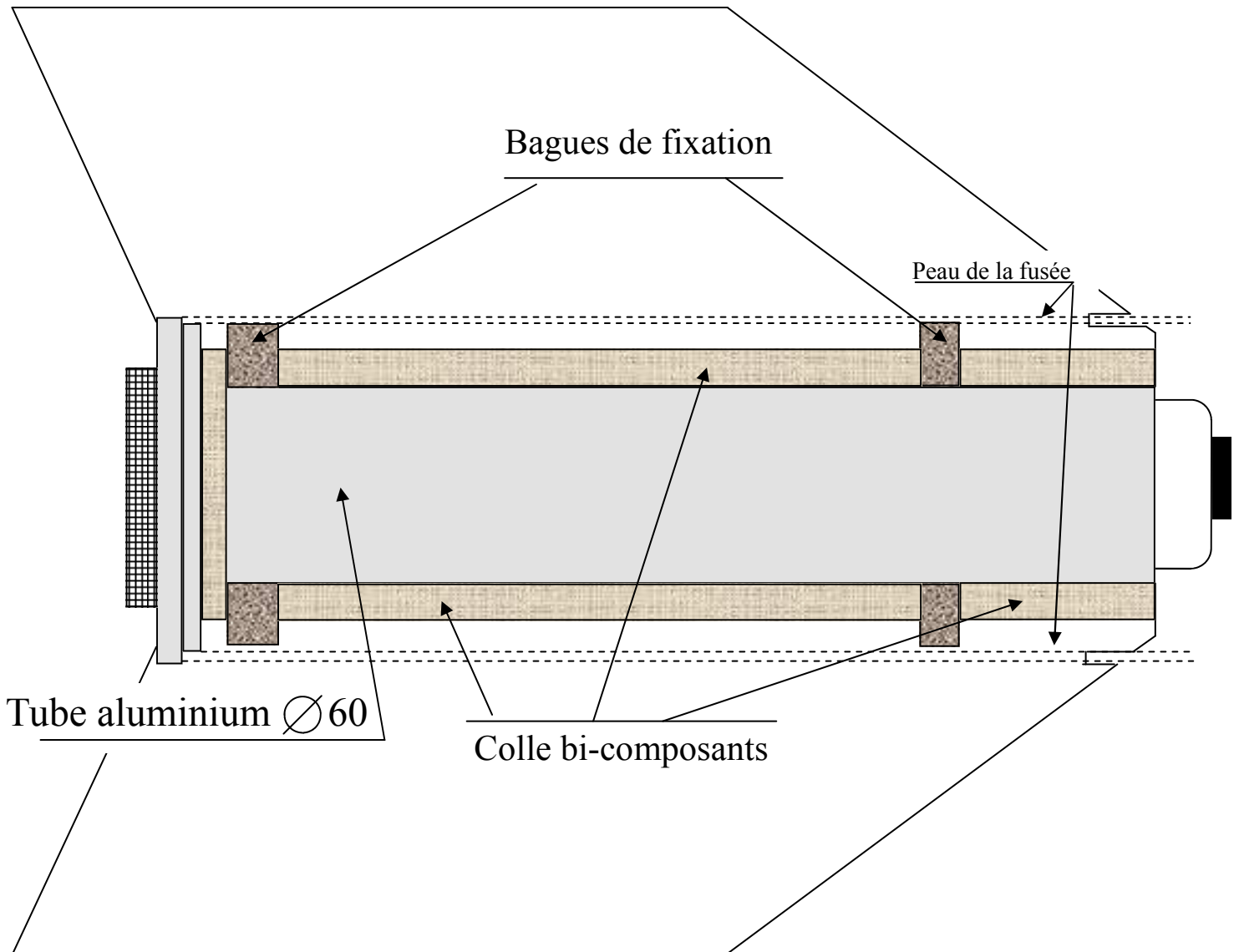
Les plans

II PLAQUE DE POUSSEE ET TUBE-GUIDE PROPULSEUR



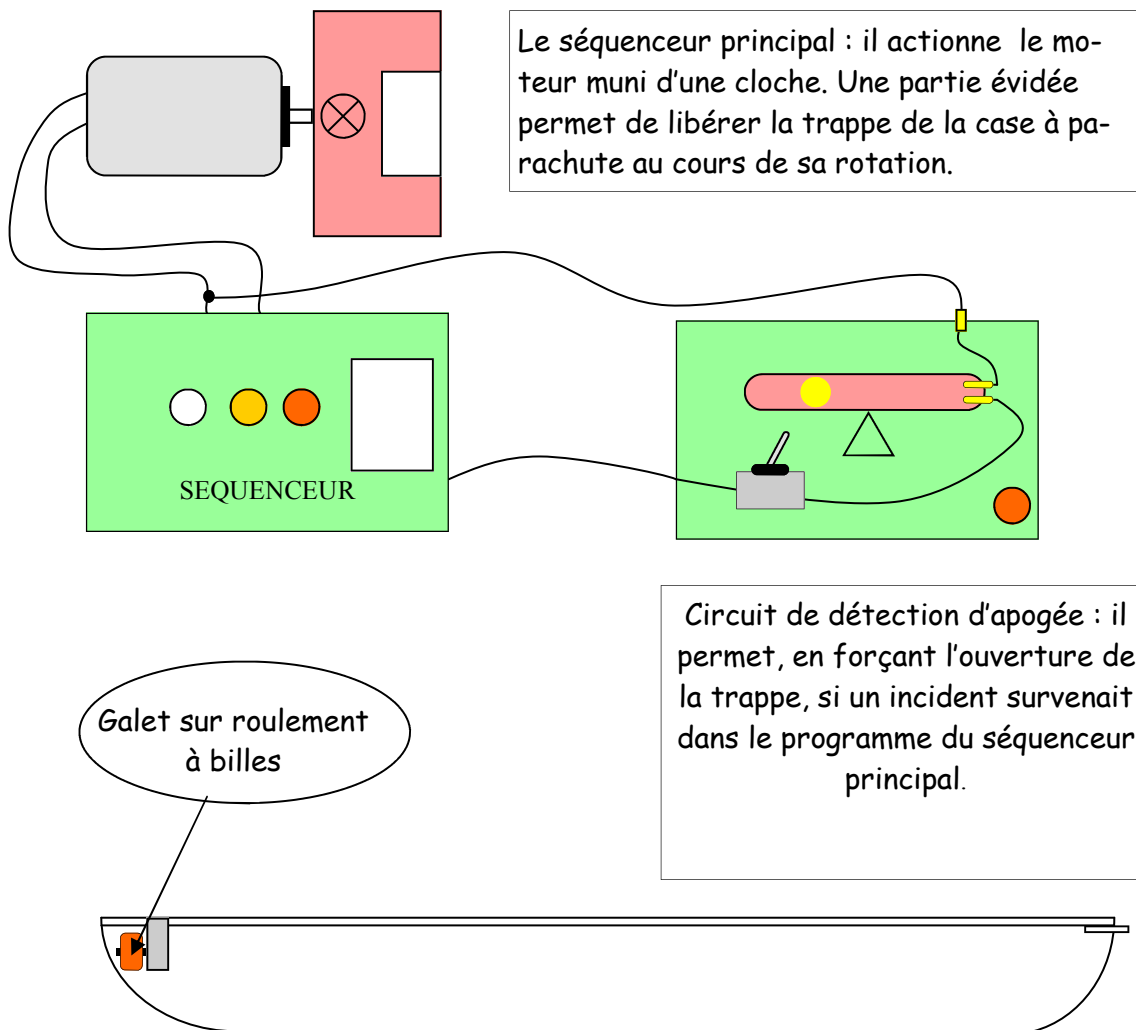
Aluminium 4G Epaisseur de 10 mm	1 pièce
PLAQUE DE POUSSEE	

III FIXATION DES AILERONS



Matière : Alu 4G	Epaisseur 1,5 mm
Ailerons	Quant : 4

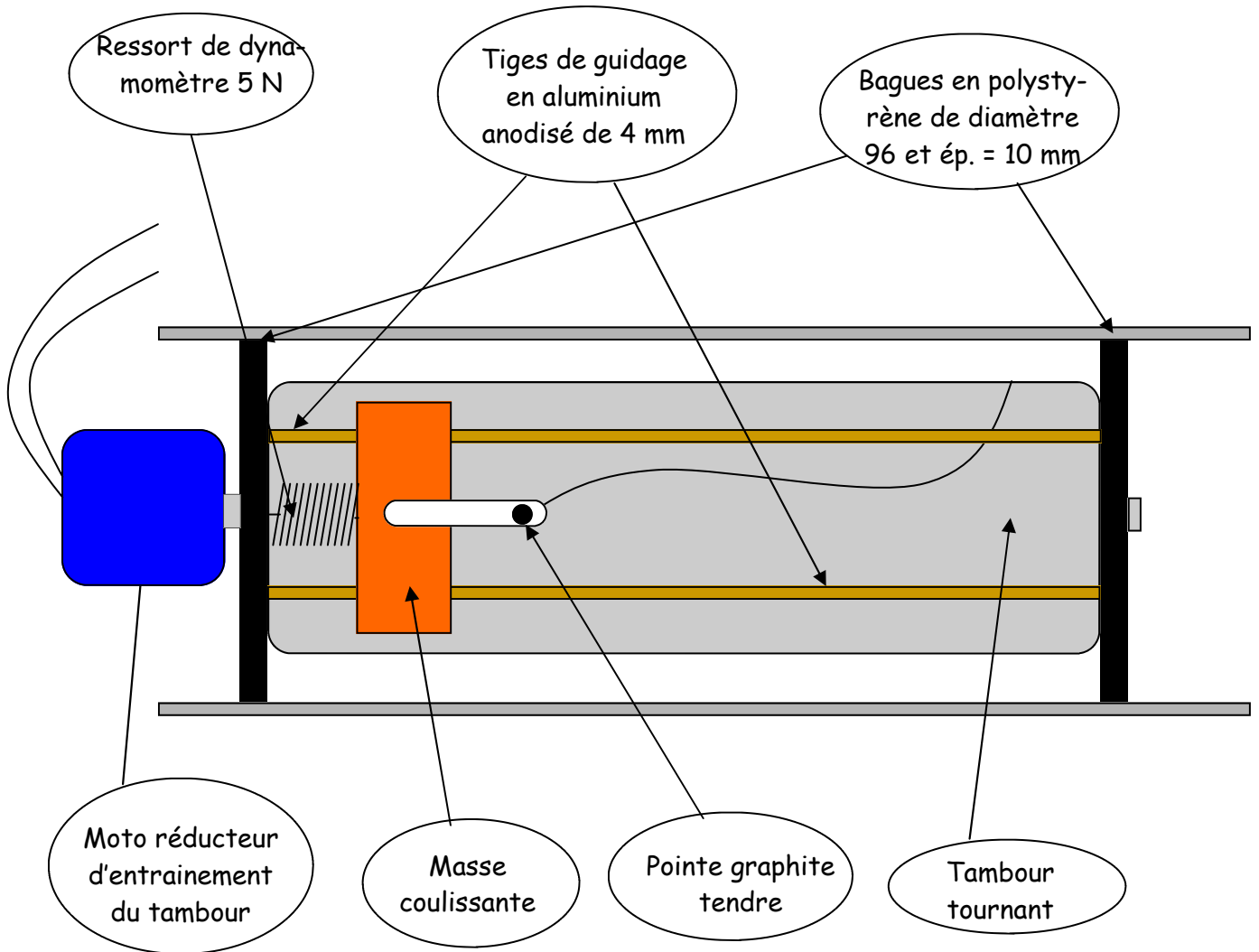
IV VEROUILLAGE DE TRAPPE A PARACHUTE



Détail du système de fixation de la trappe sur le corps de la fusée par l'intermédiaire de la cloche. La trappe sera reliée au corps de la fusée à l'aide d'une drisse en nylon.

Les plans

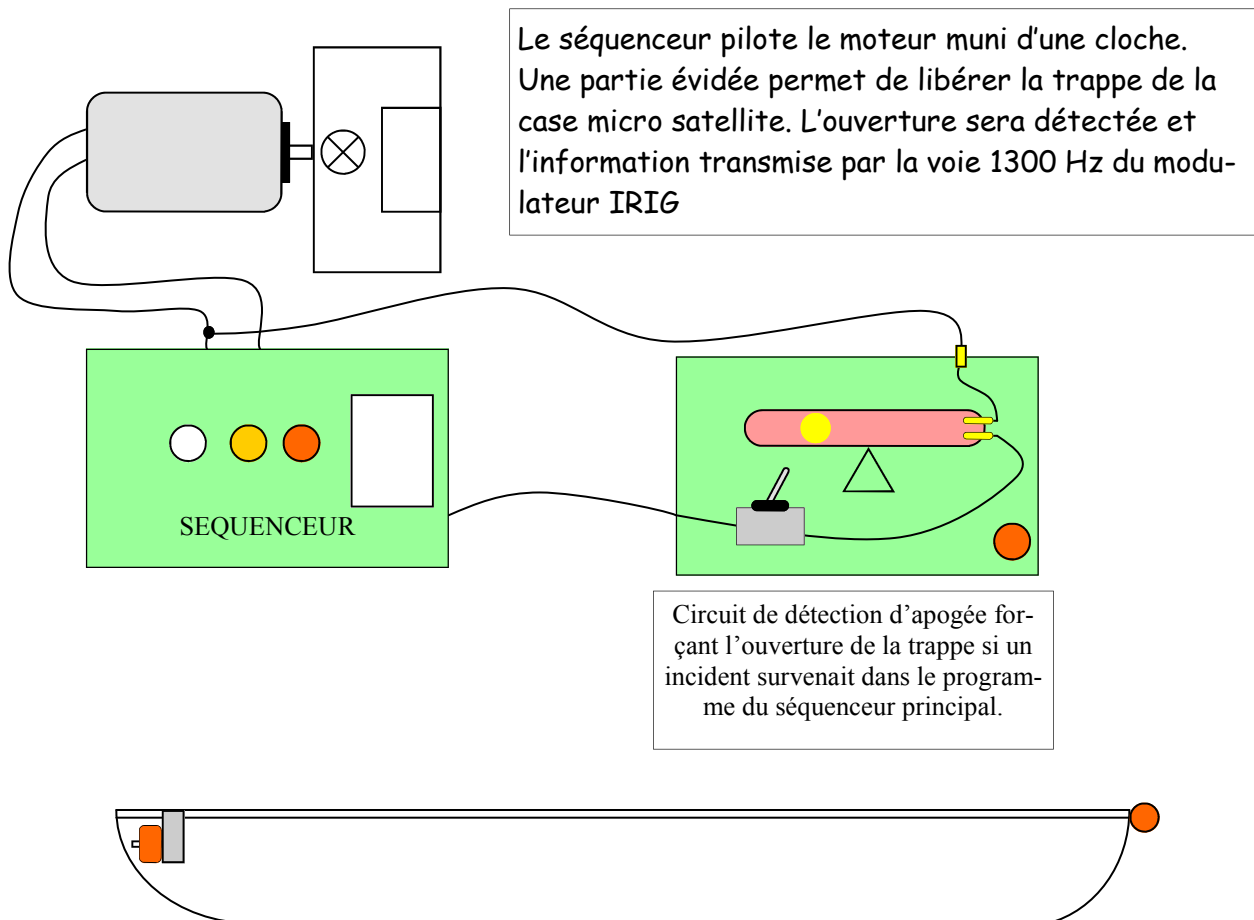
V ENREGISTREMENT DES ACCELERATIONS



Les missions

VI VERROUILLAGE DE TRAPPE A MICRO SATELLITE

PRINCIPE : une trappe sera déverrouillée selon le même principe que la trappe à parachute, à l'aide d'un moto réducteur qui en permettra l'ouverture après le temps de la minuterie. La trappe enferme le micro satellite qui est sous la pression des ressorts d'éjection. Dès que la porte est déverrouillée, le micro satellite est éjecté.

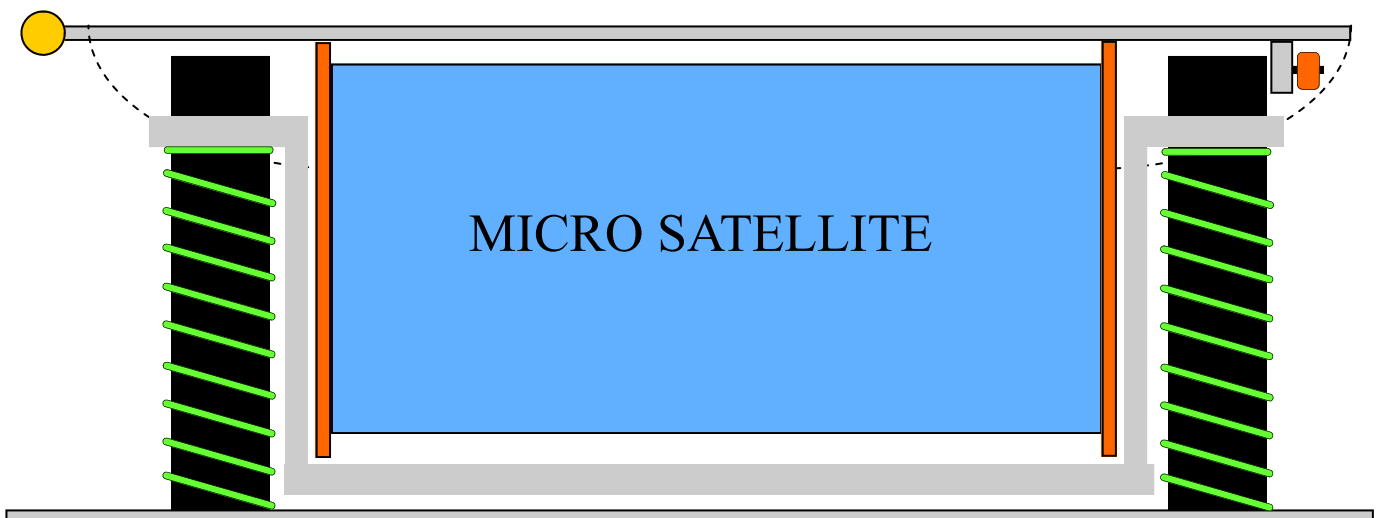


Les plans

VII LARGAGE DU MICRO SATELLITE

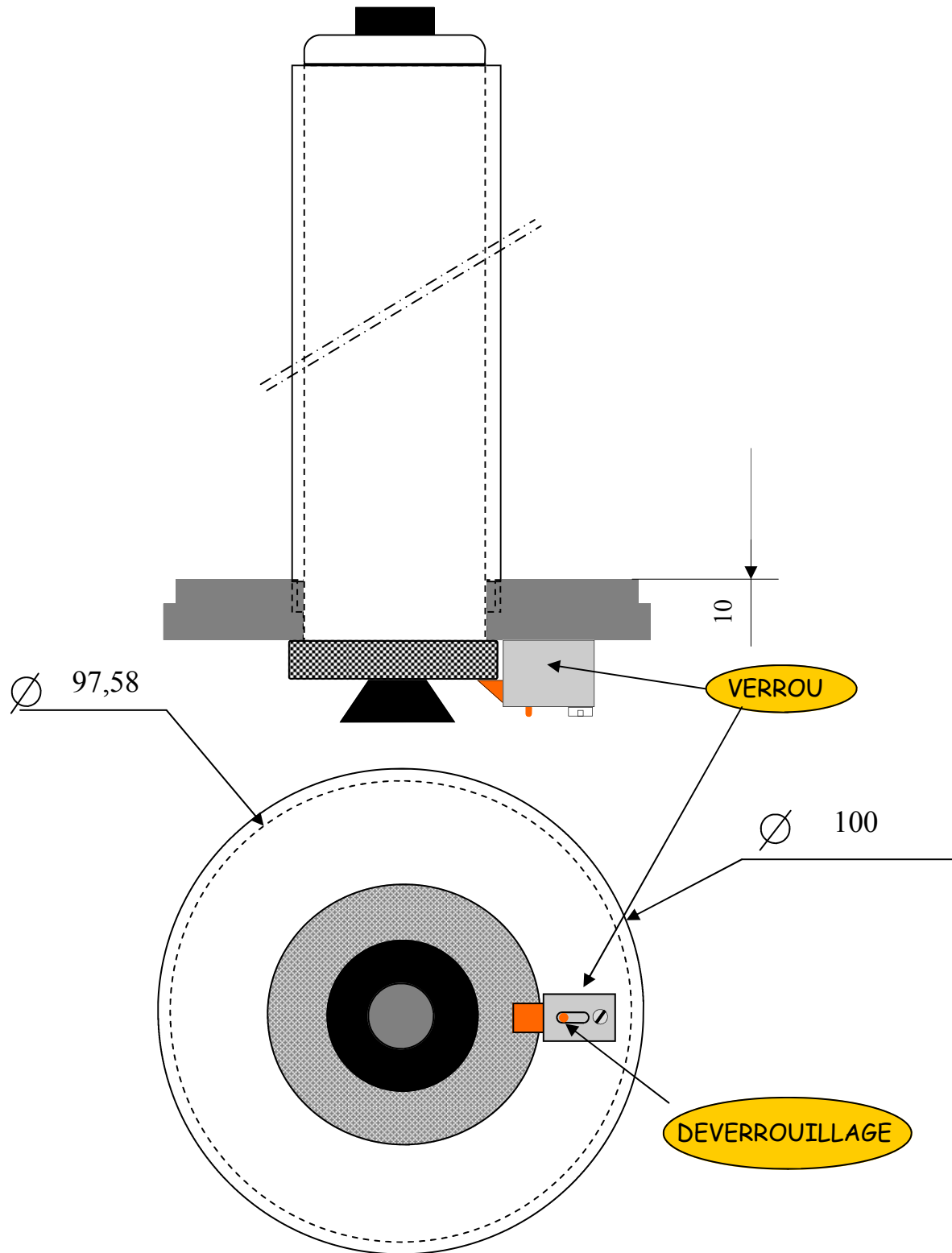
PRINCIPE :

L'ouverture de la trappe provoque la sortie du micro satellite poussé par deux ressorts. Dès la sortie, l'antenne se déploie et le parachute s'ouvre pour ralentir sa descente à une vitesse de 6 à 7 m/s. Ce parachute peut se réduire en fonction des conditions météorologiques pour augmenter la vitesse de descente (de toute façon < à 15 m/s).



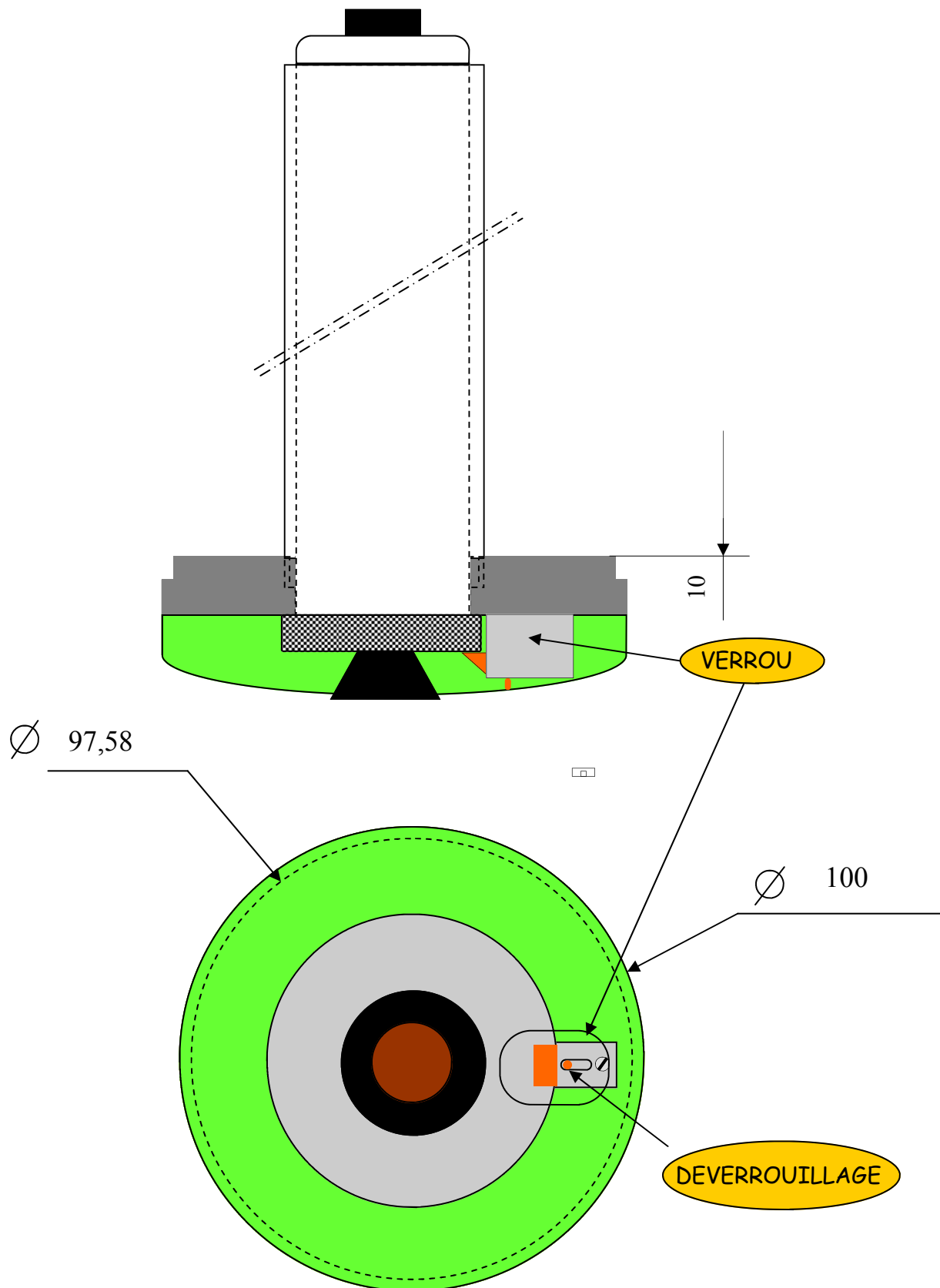
Les plans

FIXATION DU PROPULSEUR



Les plans

REDUCTION DE LA TRAINEE AERODYNAMIQUE



LES MISSIONS D'ANDROMEDE

Les missions

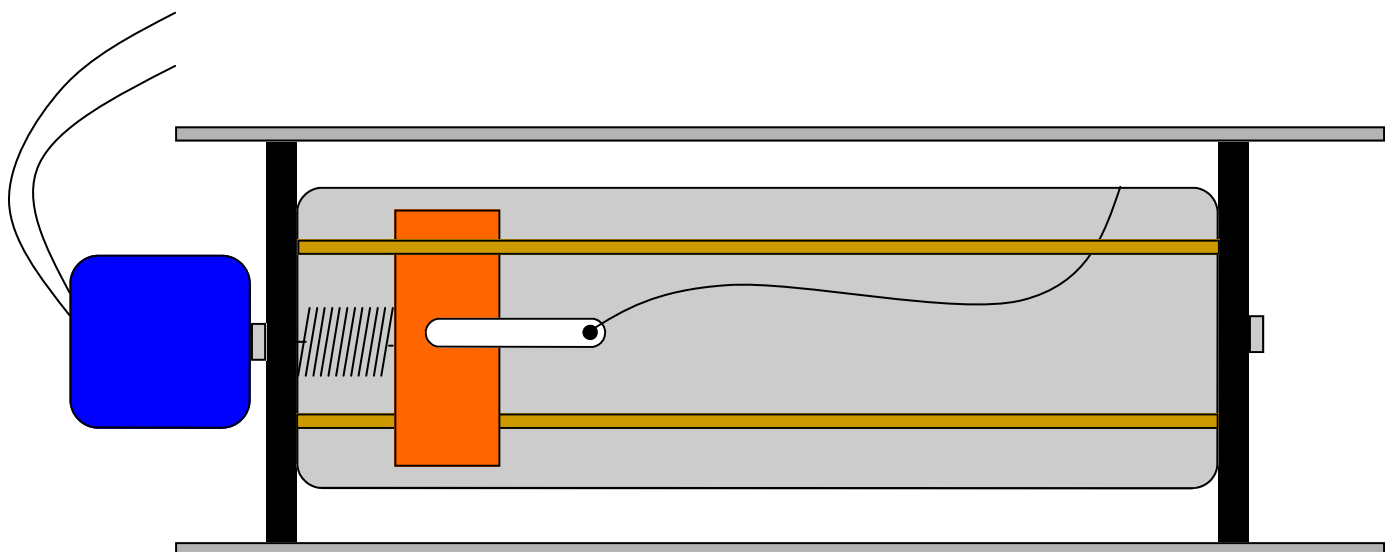
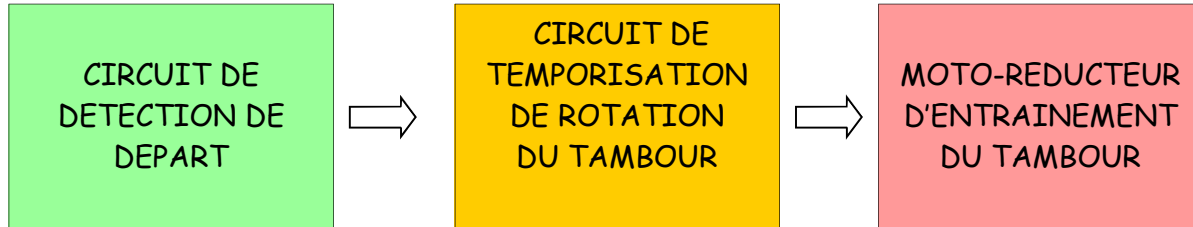
I ENREGISTREMENT DES ACCELERATIONS

Nous avons choisi d'enregistrer les accélérations sur papier millimétré.

PRINCIPE :

L'enregistrement des accélérations se font sur papier millimétré fixé sur tambour tournant. Ce dernier est mis en rotation dès le départ de la fusée par accéléro-contact. Le temps de rotation est limité à 6 secondes par un circuit monostable, ce qui correspond à un tour complet du tambour enregistreur. Le système inscripteur est assuré par une masse sur laquelle on a fixé une lame souple munie d'une pointe en graphite 2B. Le tout se déplace sur des tiges parallèles à l'axe du tambour. La masse coulissante est calculée pour un déplacement limité à une valeur de 10 g . Le ressort du dynamomètre est un ressort calibré à 5 N.

SCHEMA FONCTIONNEL :



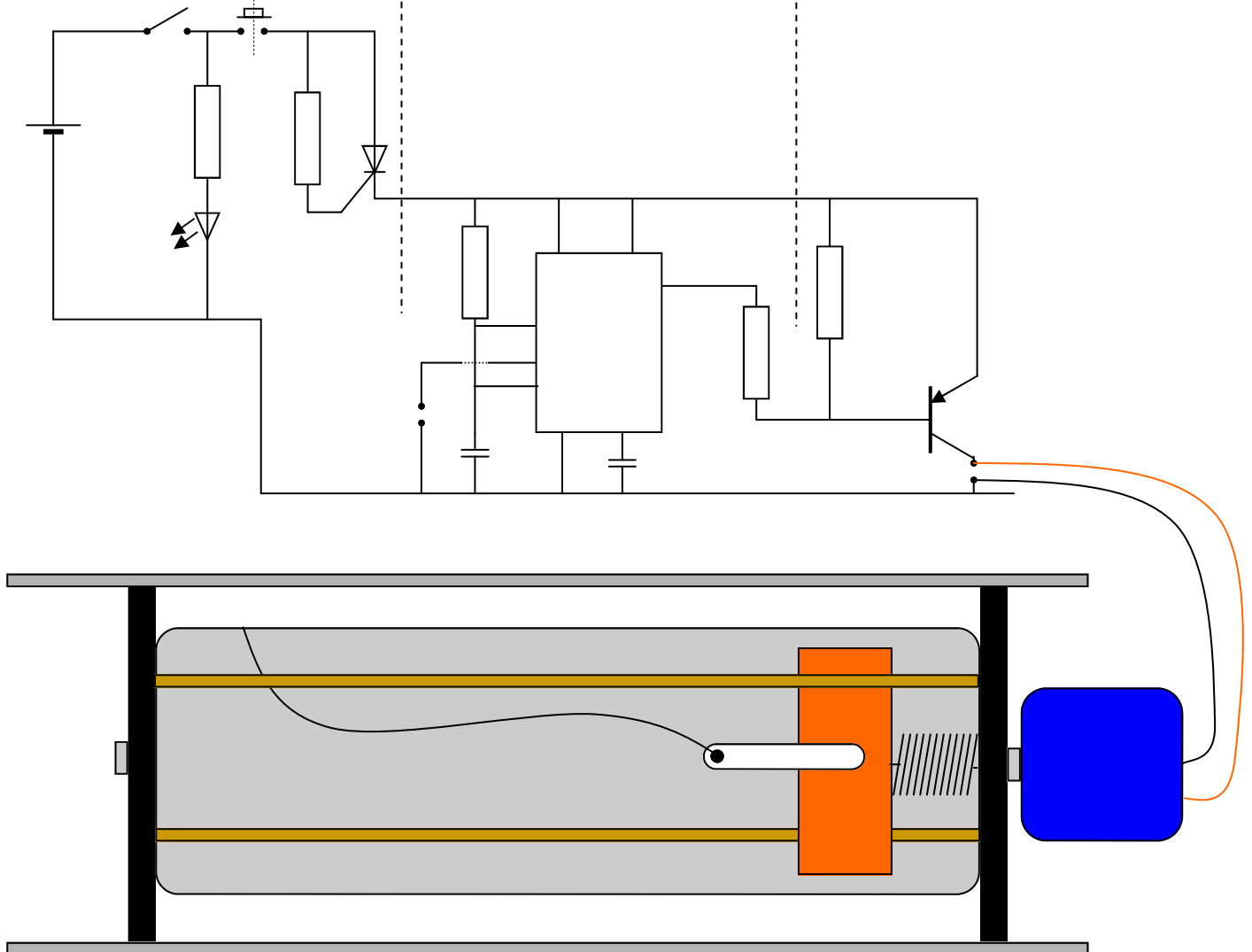
Les missions

I ENREGISTREMENT DES ACCELERATIONS

SCHEMA FONCTIONNEL :



SCHEMA STRUCTUREL :



Les missions

II MESURER L'ALTITUDE

PRINCIPE :

Nous utilisons un capteur absolu de pression. La mesure permet d'en extraire l'altitude

ETALONNAGE :

Pour étalonner le capteur, nous disposons d'un ensemble de mesures pour les basses pressions.

Une pompe à vide (pression inférieure à 0,01 mm de Hg)

Une cloche à vide

D'un capteur de pression très précis qui est utilisé en référence

D'un enregistreur « SERVOTRACE SEFRAM »

Circuit à étalonner.



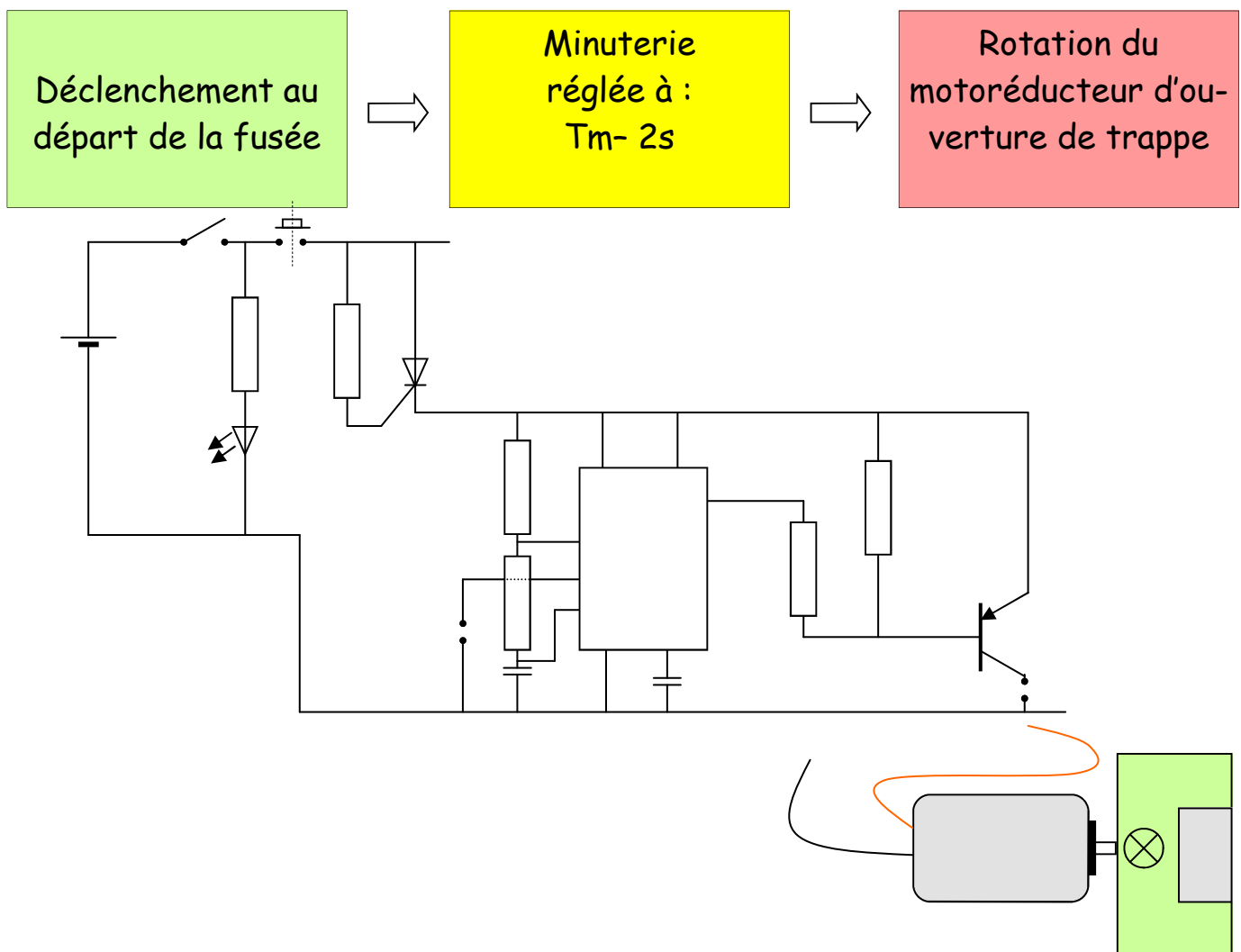
Sylvain chargé d'étalonner le capteur de pression.

III LARGAGE DU MICRO SATELLITE

PRINCIPE :

La case à micro satellite est fermée pendant toute la durée ascensionnelle, son ouverture est asservie par minuterie qui se déclenche au « TOP » de la mise à feu par accéléro-contact. La minuterie est réglée avec une temporisation inférieure à la temporisation d'ouverture de trappe à parachute du séquenceur principal. Si un dysfonctionnement survient au séquenceur principal, la case à micro satellite sera actionnée par le capteur d'apogée ainsi que l'ouverture de la trappe à parachute. (circuit secondaire)

SCHEMA FONCTIONNEL :

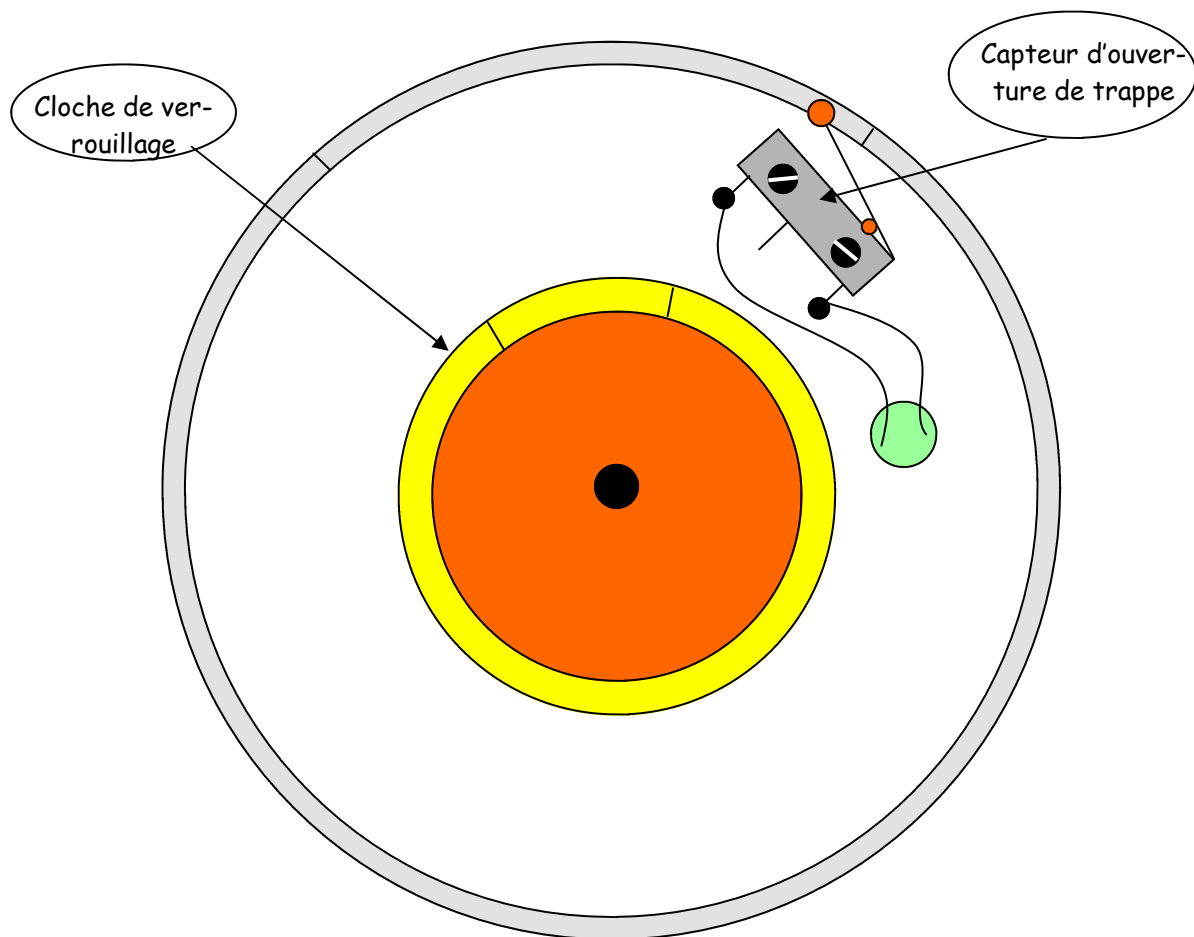


Les missions

DETECTION DE DEVERROUILLAGE DE LA TRAPPE

PRINCIPE :

L'interrupteur « fin de course » signale l'ouverture de la trappe à parachute puisqu'il est libéré de l'action de la trappe sur son système de commande. Cet IFC est relié à un circuit d'alimentation en 5 V . Ainsi, en position fermé, le circuit transmet un signal de 0 V et en position ouverte, le circuit transmet un signal de 5 V. Il est relié au modulateur IRIG de la voie 400 Hz



Les missions

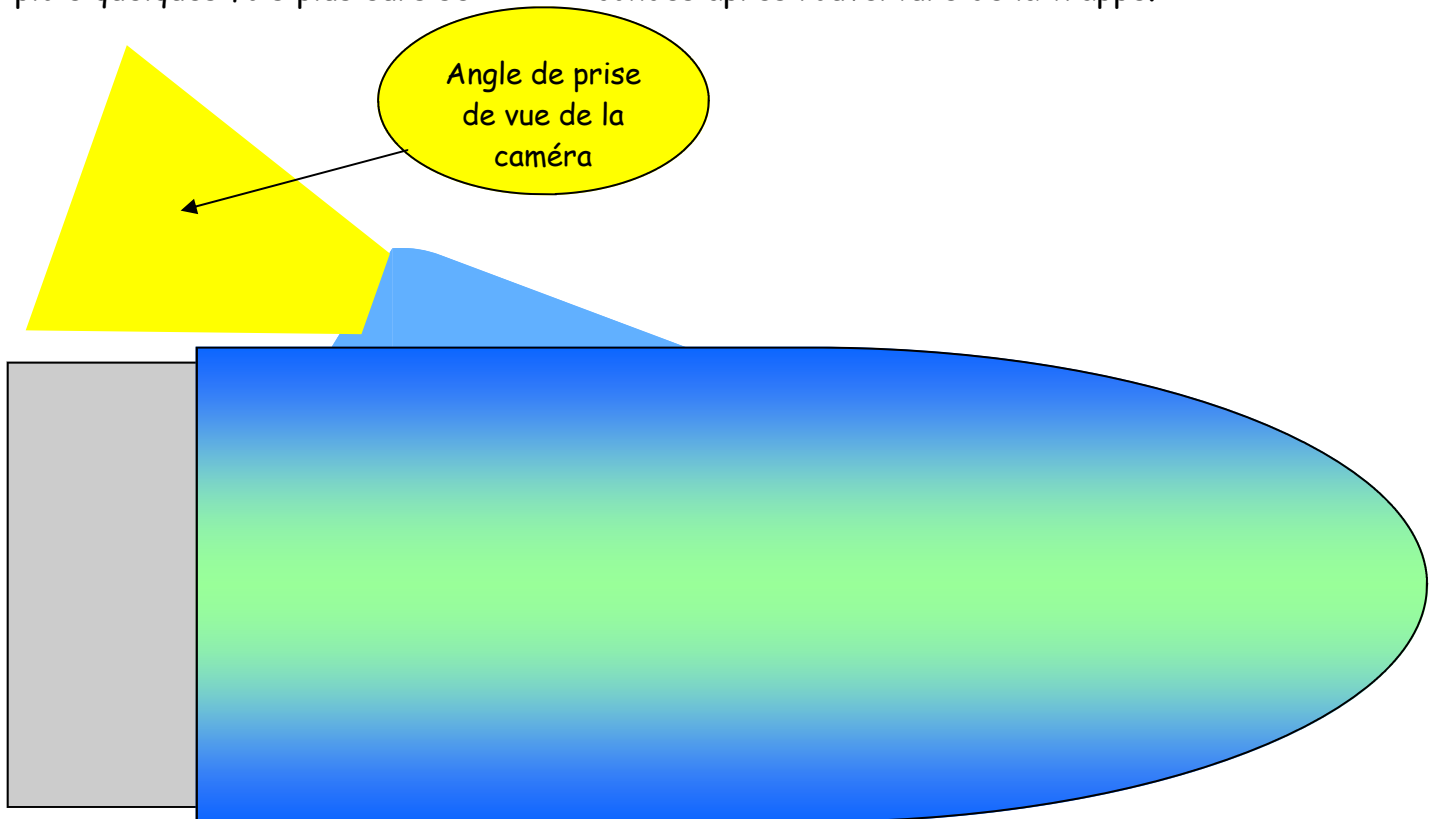
LA CAMERA

PRINCIPE et MISSIONS

La caméra sera activée en rampe avant le basculement de la fusée. Cette caméra a une autonomie de 80 mn, cela ne devrait pas poser de problèmes même si la mise en rampe s'avère longue.

La caméra est fixée dans l'ogive mais permet un angle de prise de vue total.

Cette caméra doit nous permettre de contrôler l'efficacité des différentes ouvertures de trappes et la sortie du parachute. On pourra ainsi comprendre pourquoi le parachute se déploie quelques fois plusieurs secondes après l'ouverture de la trappe.



ALIMENTATIONS CABLAGE ET COMMANDES

PRINCIPE :

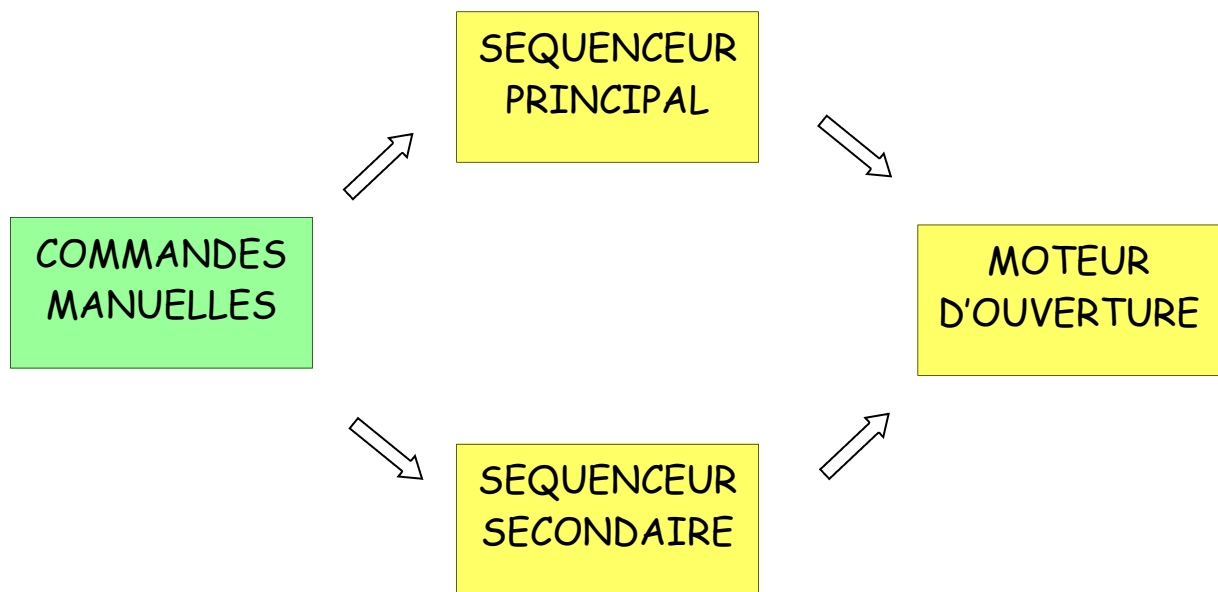
Les câblages sont réalisés à l'aide de fils blindés et reliés à la peau et aux parties métalliques de la fusée.

LES ALIMENTATIONS :

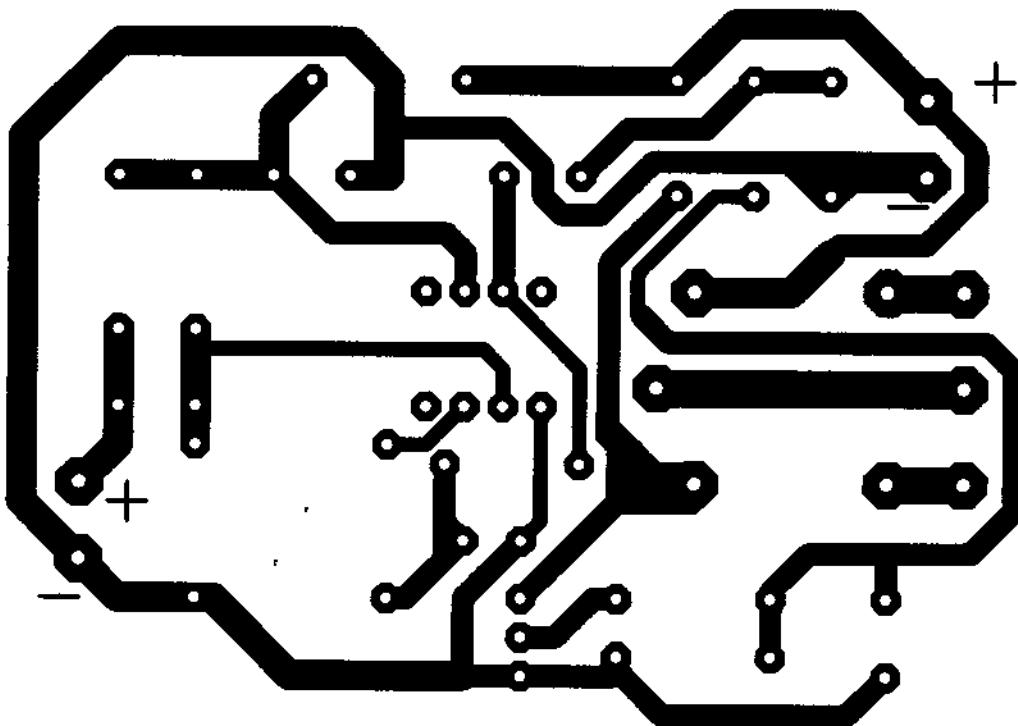
1. Le séquenceur principal est alimenté par une batterie de 9V. Son alimentation est prévue pour une autonomie de 2 heures au minimum en régime d'attente. En fonctionnement, son autonomie est de 20 mn.
2. Le séquenceur secondaire a une autonomie semblable mais séparée de l'alimentation principale.
3. Le circuit de rotation du tambour de mesures est alimenté seulement au décollage de la fusée, son autonomie de veille est de plusieurs heures (témoins de fonctionnement uniquement).
4. Le circuit d'ouverture de trappe à micro satellite a une autonomie semblable aux séquenceurs.
5. Le circuit du KIWI possède une autonomie de 3 heures. Cependant, cette alimentation cessera 2 mn après le retour de la fusée au sol pour libérer la fréquence utilisée par le KIWI.
6. Les circuits du micro satellite ont une autonomie de 2 heures mais là aussi, l'émetteur cessera d'être alimenté quelques minutes après avoir transmis ses données. IL utilisera la 2ème fréquence de l'émetteur KIWI (138,05 MHz)

ALIMENTATIONS CABLAGE ET COMMANDES

SCHEMA GENERAL :

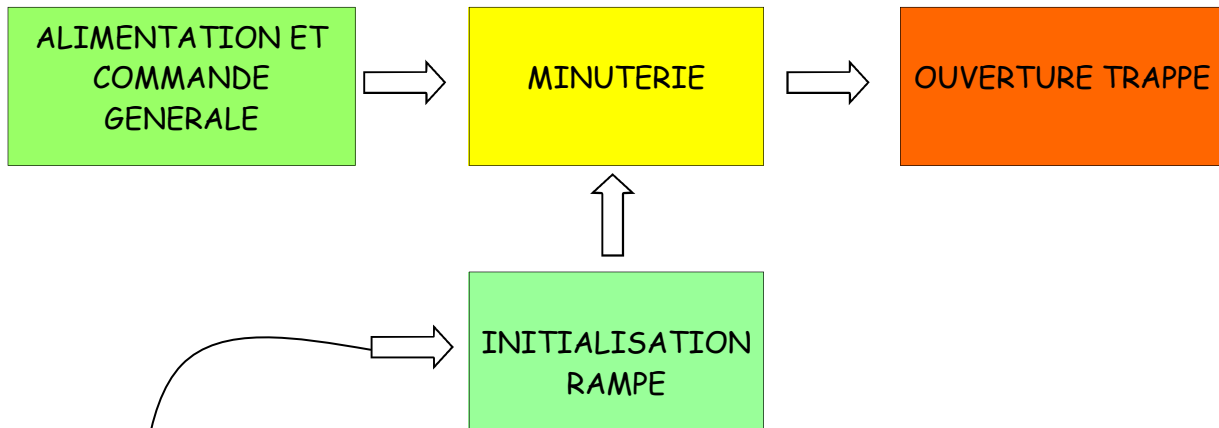


LES CIRCUITS ELECTRONIQUES DE MESURES

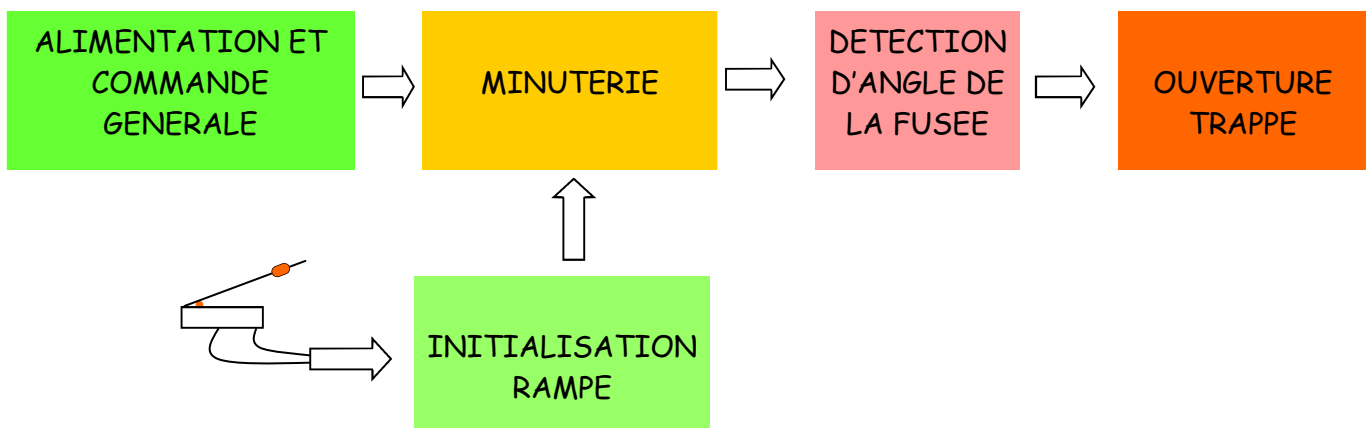


SCHEMA DES SEQUENCEURS

I Le séquenceur principal

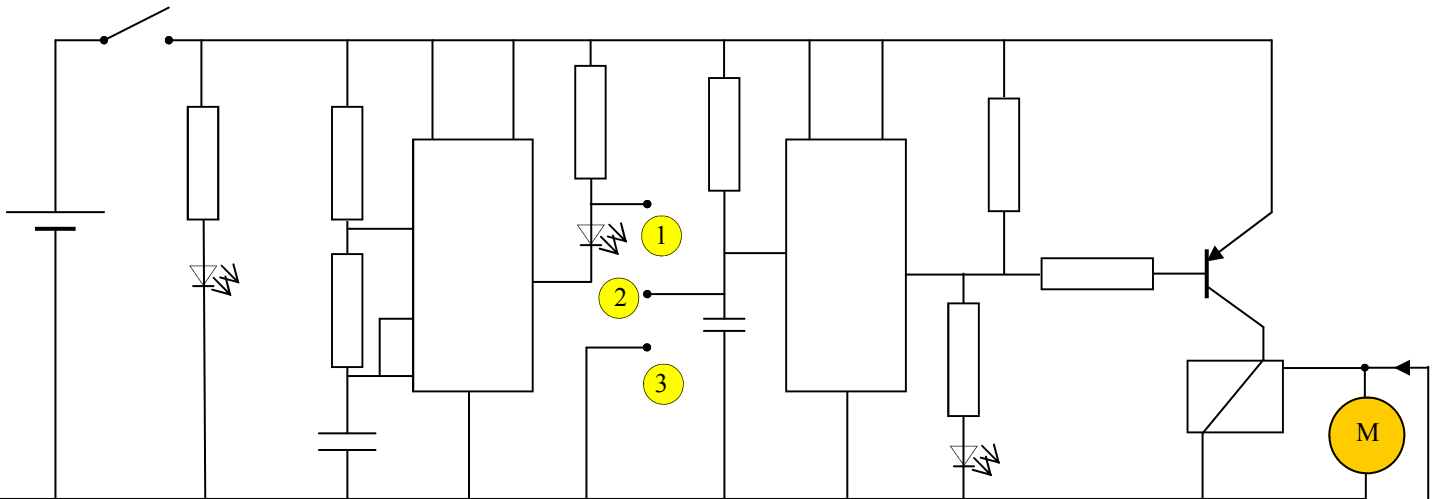


I Le séquenceur secondaire

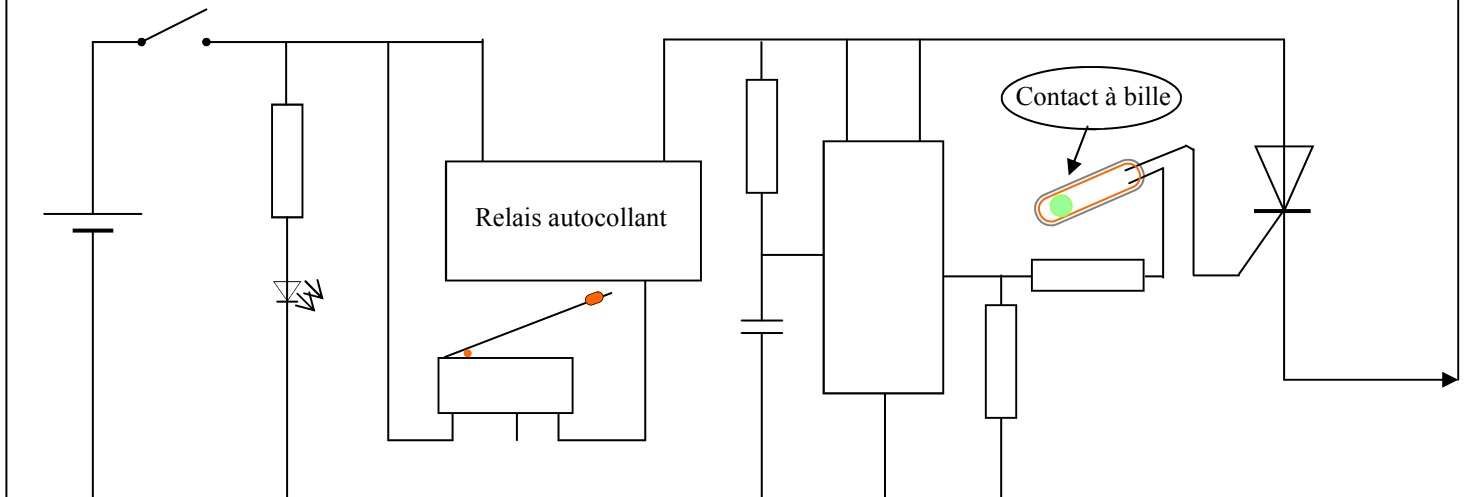


SCHEMA STRUCTUREL

I Le séquenceur principal



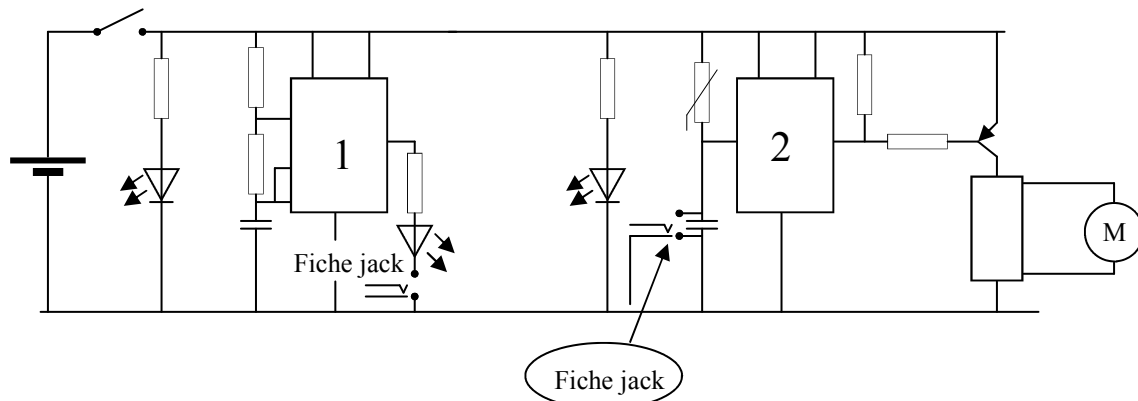
II Le séquenceur secondaire



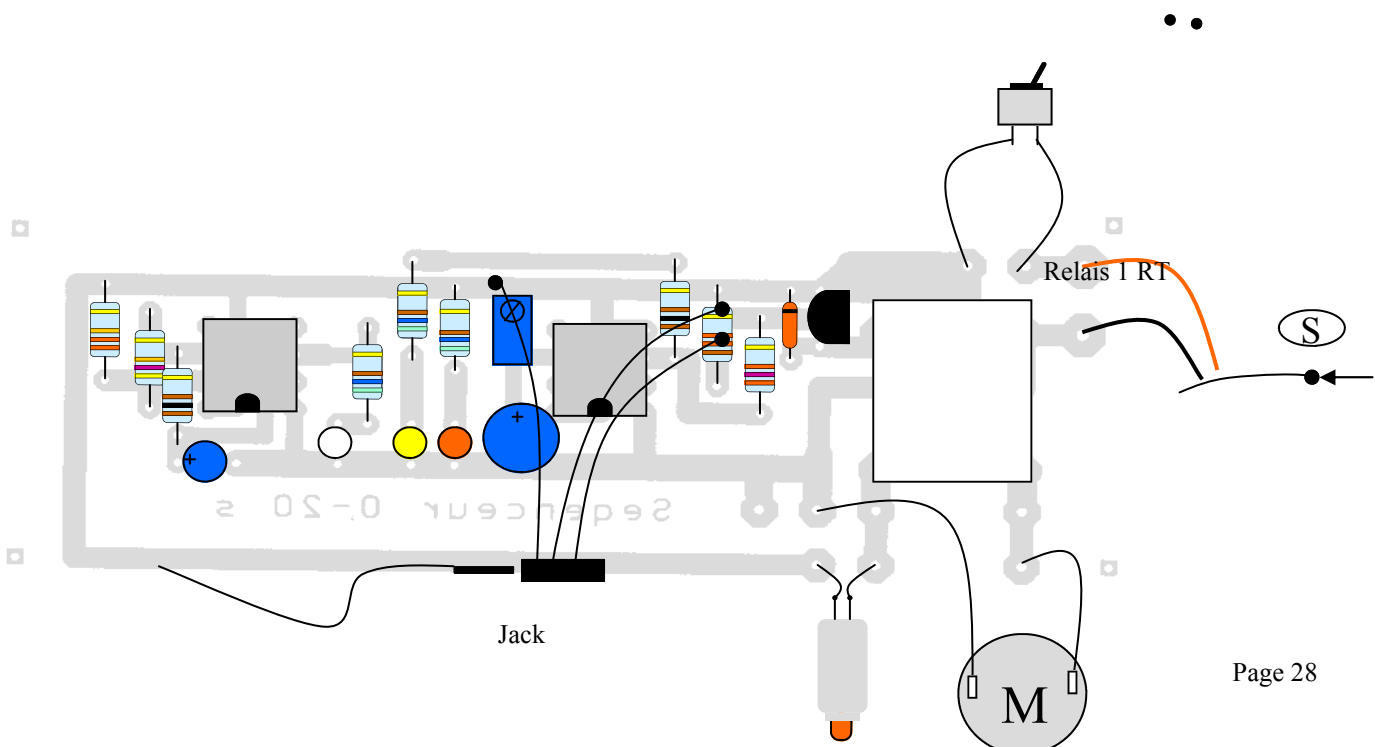
SCHEMA STRUCTUREL ET IMPLANTATION DES COMPOSANTS

Principe de fonctionnement du séquenceur :

A la mise sous tension, les deux circuits sont alimentés en 9 volts. Si la fiche Jack est en place, la minuterie de compte pas, elle est en attente. Dès la mise à feu du propulseur, la fusée quitte la rampe de lancement et provoque l'arrachage de la partie mâle du jack, ce qui assure la liaison avec le négatif au niveau de la DEL du circuit 1 et autorise la charge du condensateur du RC d'entrée du comparateur du circuit 2. A l'issue du comptage, le transistor est alimenté et permet au relais de passer en position Travail. : le moteur tourne ! Au point S, le contacteur à bille du circuit secondaire assure le contact même si le séquenceur principal n'en donne pas l'ordre.



Plan d'implantation du séquenceur :

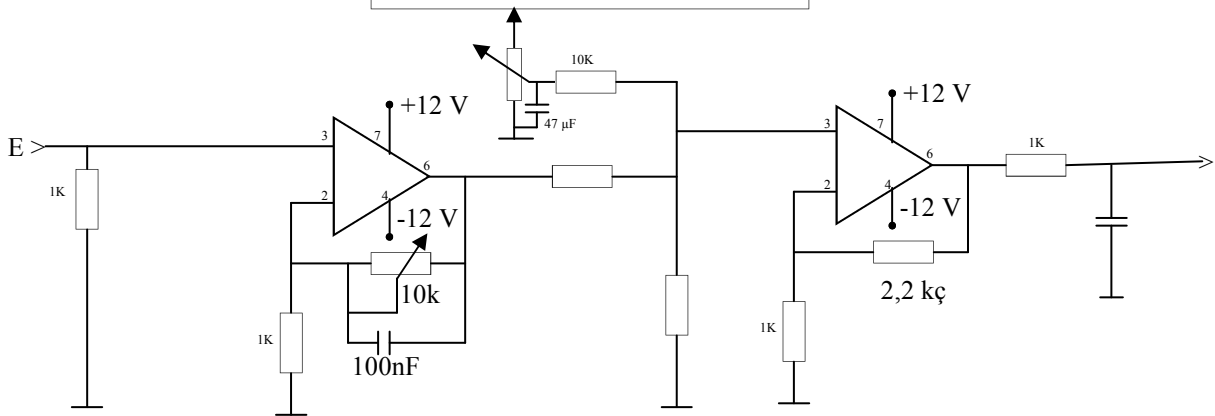


SCHEMA DE CABLAGE

LES CIRCUITS IRIG

SCHEMAS ELECTRONIQUES DES CIRCUITS

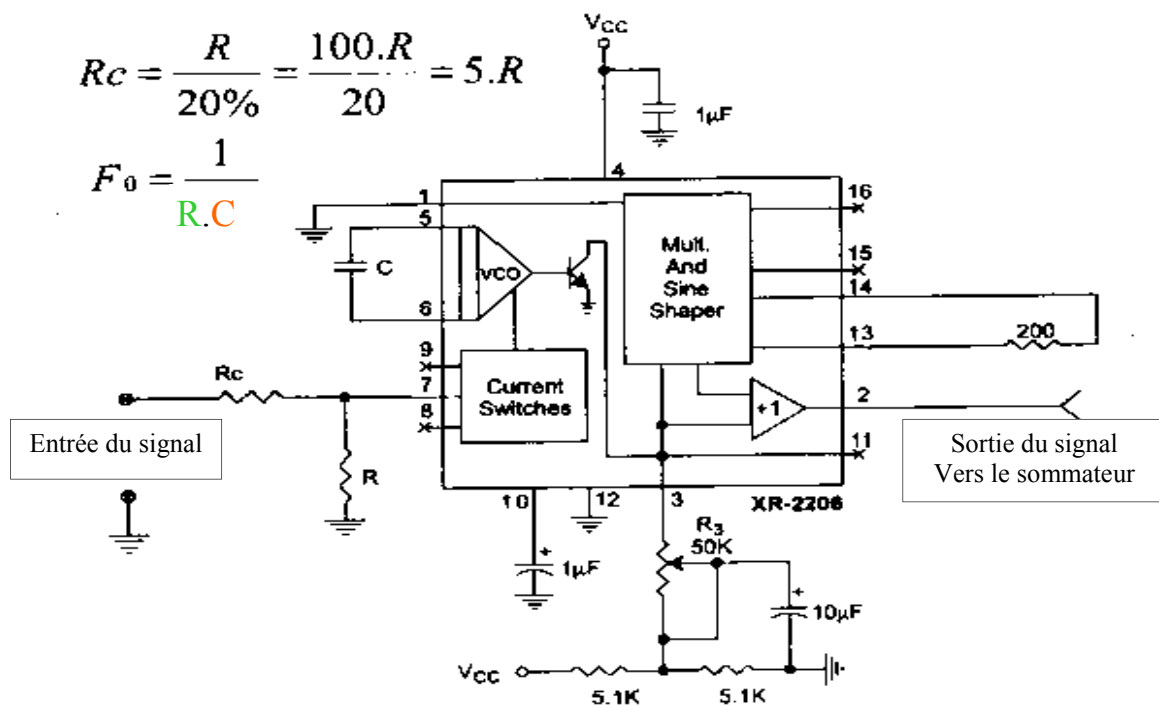
CONDITIONNEUR



MODULATEURS

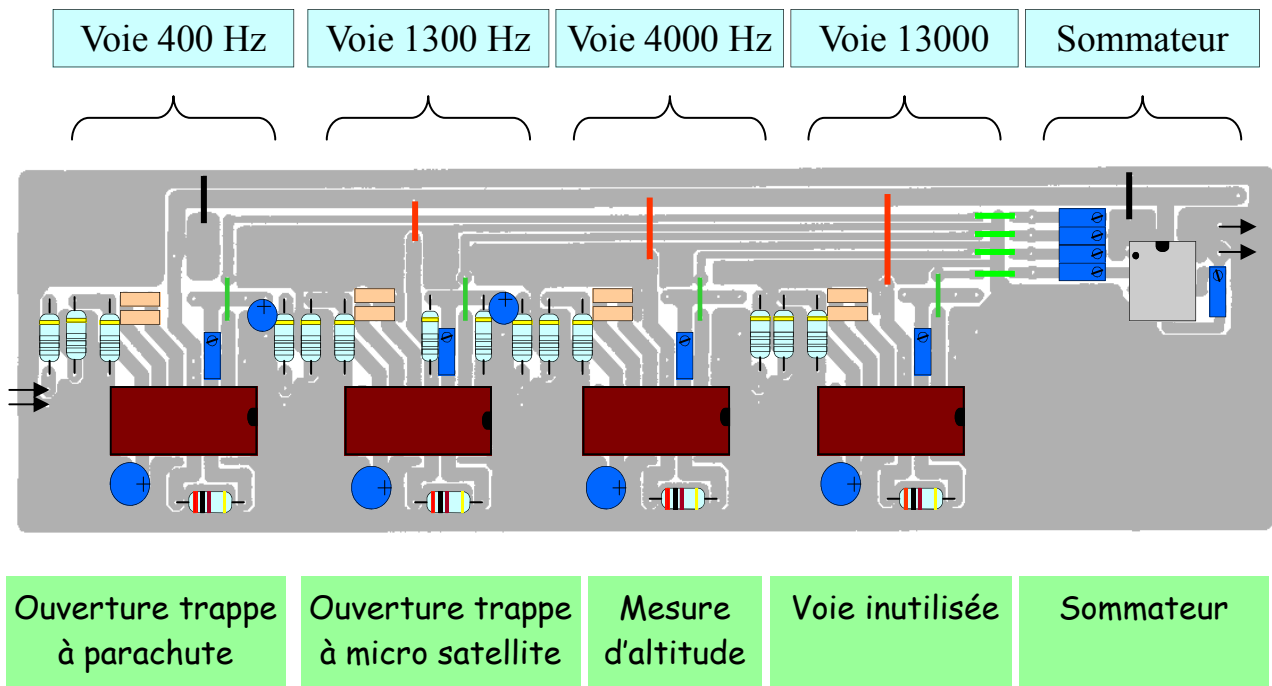
Valeurs des résistances et des condensateurs en fonction des fréquences F_0 :

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



FUSEE ANDROMEDE

Implantation des composants des circuits IRIG et attribution des voies



LE PARACHUTE

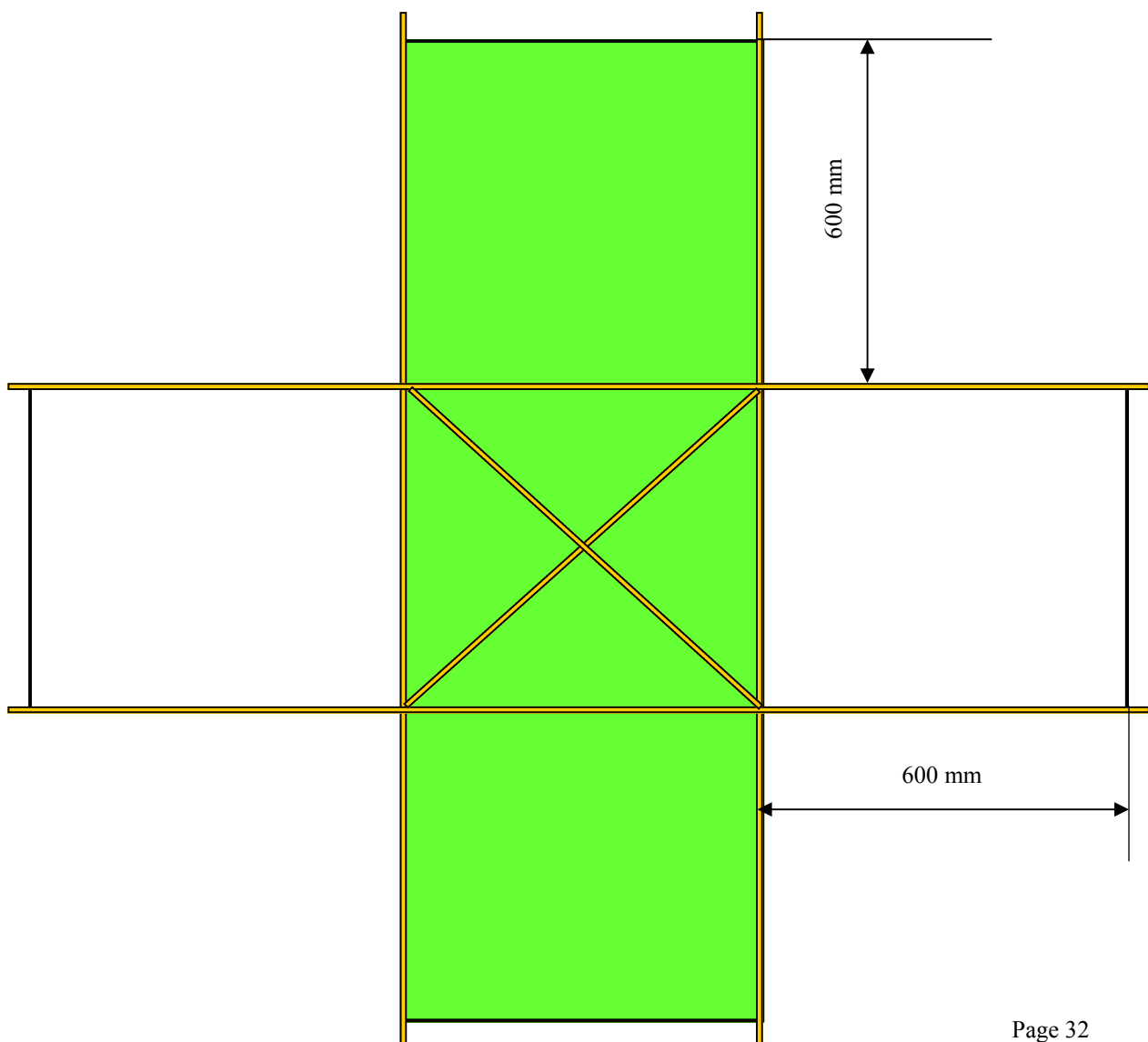
LES DIMENSIONS :

La masse totale de la fusée est de 8,4 Kg

Nous souhaitons un retour de la fusée en fixant la vitesse de descente à un niveau maxi de 8m /s

Soit une aire de parachute de $1,8 \text{ m}^2$ au minimum.

Comme nous décidons de fabriquer un parachute cruciforme, cela donne les dimensions suivantes :



LE MICRO SATELLITE

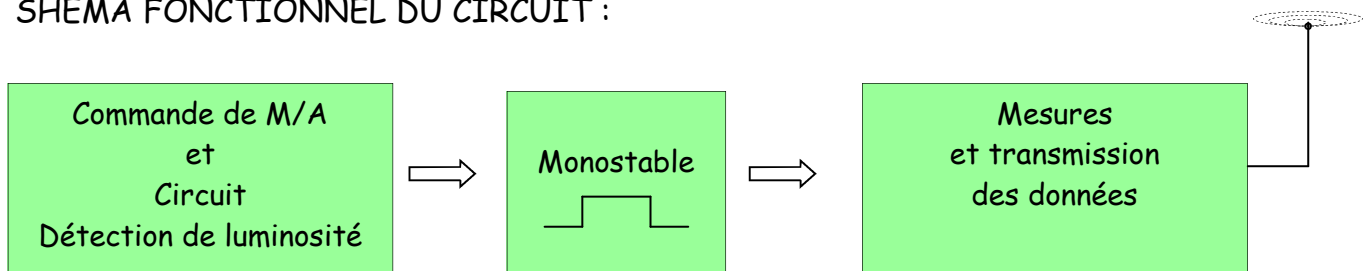
PRINCIPE :

Après ouverture de la trappe, le micro satellite est projeté à l'extérieur à l'aide de deux ressorts préalablement comprimés. Dès sa sortie, le parachute se déploie ainsi que l'antenne de l'émetteur KIWI. Les deux capteurs (température et pression) transmettent les données à l'émetteur via l'étage de modulation. La temporisation de l'émetteur est fixée à 4 mn. Temps de descente estimé : 150 s . Le micro satellite cessera d'émettre 1 mn après avoir atterri.

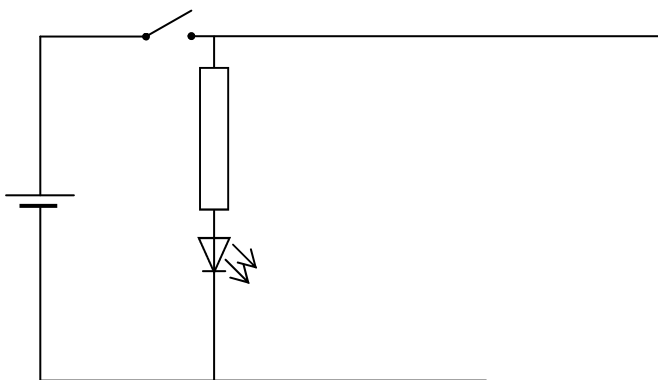
DISPOSITIF DE MISE EN MARCHE :

Dans le corps de la fusée, le détecteur de luminosité bloque l'alimentation du circuit émetteur. Dès la sortie, le système autorise l'alimentation de l'émetteur KIWI et du circuit monostable dont la durée est fixée à 4 mn. Passé ce délai, l'alimentation cesse ce qui permet de libérer la bande de fréquence pour les autres projets.

HEMA FONCTIONNEL DU CIRCUIT :



SCHEMA STRUCTUREL :



LES CAPTEURS

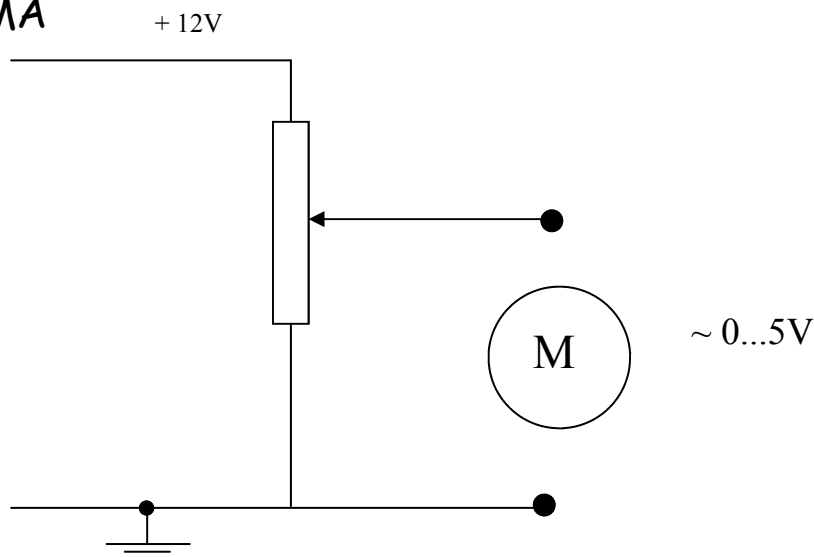
I Le capteur d'ouverture de porte de parachute

Le capteur est un interrupteur « fin de course » en série dans un circuit alimenté en 12 V. Pour obtenir un signal ne dépassant pas les 5 V, on l'a placé dans un circuit diviseur de tension.

Le potentiomètre permet d'obtenir le signal souhaité.

La voie 400 Hz est utilisée pour ce capteur

SHEMA



II Le capteur d'ouverture de trappe à micro satellite

Le principe est identique au capteur N°1

La voie 1300 Hz est utilisée pour ce capteur.

LES CAPTEURS

I Le capteur d'altitude :

Ce capteur est un capteur de pression absolue qui délivre une tension comprise entre 0 et 4,04V. Cette tension de sortie correspond à la pression au sol. Ce capteur a été étalonné au collège sur un banc de mesures équipé de pompe à vide et d'un capteur de référence.

LES RESULTATS

CAPTEUR	Fréquence en Hz de la voie Irig
Trappe parachute VOIE 400 HZ	Porte fermée : 333 Hz
	Porte ouverte : 400 Hz
Trappe Micro satellite VOIE 1300Hz	Porte fermée : 1333 Hz
	Porte ouverte, micro satellite éjecté : 1600 Hz
Capteur d'altitude : VOIE 4000 Hz	Pression au sol ~ 4,04 V (selon la pression) soit 3816 Hz
	Tension à 2000 m : 2,85 V soit 4210 Hz Les variations sont considérées comme linéaires entre ces deux valeurs.

CHRONOLOGIE

<u>H</u>	<u>LIEU</u>	<u>OPERATIONS</u>	<u>QUI ?</u>
H - 180 mn	R3	Recharge de la batterie	Sylvain
H - 120 mn	R3	Changement des piles	Thibaut
H - 100 mn	R3	Mettre le papier millimétré et la mine	Sylvain
H - 90 mn	R3	Intégration de l'ensemble et mettre du talc dans le parachute. Pliage du parachute et fermeture de la trappe	Rémy
H - 75 mn	R3	Essais et simulation d'ouverture de trappe à parachute sans laisser tomber le parachute (mains sur trappe)	Tous
H - 65 mn	R3	Manipuler et vérifier que les interrupteurs soient sur la position off	Thibaut
H - 64 mn	R3	Prendre la visseuse, petit tournevis (plat et cruciforme), élastiques, le jack, piles ainsi que les supports de fusée	Aymeric
H - 60 mn	Aire de lancement	Arrivée sur l'aire de lancement	Tous
H - 45 mn	Tente club	Descente en tente club avec la fusée, ses supports et le matériel	Tous
	Tente club	Lecture de la chronologie	Aymeric
H - 44 mn	Tente club	Demande d'autorisation et d'utilisation de la fréquence d'émission pour le kiwi	Thibaut
H - 40 mn	Tente club	La changer si il le faut puis demander d'autorisation d'émettre. Allumer le Kiwi et les modulateurs	Thibaut
H - 39 mn	Tente club	Demander si la télémessure est OK	Thibaut
H - 30 mn	Tente club	Vérification de tous les interrupteurs et voyants (jack en place) en position OFF (rien d'allumer)	Sylvain
	Tente club	Dévisser l'ogive 4 vis	Sylvain
H - 24 mn	Tente club	allumer la caméra (stand by)	Sylvain
H-23 mn	Tente club	Revisser l'ogive 4 vis	Sylvain

CHRONOLOGIE

	Tente club	Revisser l'ogive	Sylvain
H - 23 mn	Rampe	Descente en rampe	Tous
H-22 mn	Rampe	Photos	Sylvain
H-21 mn	Rampe	Essais de compatibilité rampe	Rémy et Sylvain
H-16 mn	Rampe	Retirer la fusée de la rampe	Rémy et Sylvain
	Rampe	Demande d'autorisation d'allumer le KIWI	Thibaut
	Rampe	Allumer le kiwi et la modulation	Thibaut
	Rampe	Vérification de bonne réception	Thibaut
	Rampe	Mise en mode d'enregistrement de la caméra et vérification	Sylvain
	Rampe	Placer la fusée en rampe	Thibaut et Sylvain
H - 8 mn	Rampe	Accrochage du jack	Thibaut
H - 7 mn	Rampe	Mettre l'interrupteur (séquenceur) sur ON, DEL rouge et jaune allumées	Thibaut
H - 4 mn	Rampe	Départ vers le pupitre de mise à feu	Tous
H - 3 mn	Rampe	Mise en place du propulseur	Pyrotechnicien
H - 2 mn	Rampe	Levée de la rampe	Pyrotechnicien
H - 5 s	Partout	Décompte finale	Tous
H - 0 s	Pupitre de mise à feu	Appuyer sur le bouton	Sylvain
H + 0 s	Rampe	Décollage, démarrage des minuteries parachute et cansat ainsi que l'accéléromètre	Fusée
H + 13 s	Ciel	Ouverture de la trappe puis sortie du parachute	Fusée
H + 15 s	Ciel	Largage du Cansat	Fusée
H + 15 s	Ciel	Début de la descente	Fusée
H + 3 mn 22 s	Sol	Atterrissage	Fusée

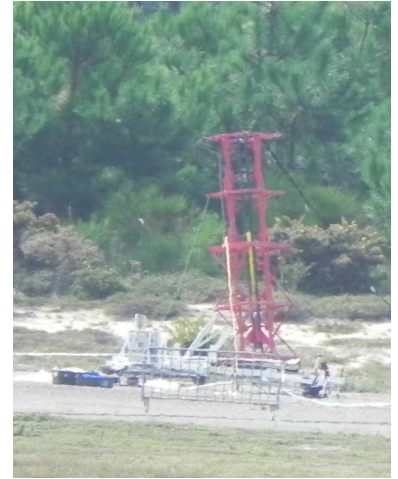
Le jour du lancement

Date : le jeudi 26 Août 2011

Lieu : Biscarosse



LES RESULTATS



I Données IRIG

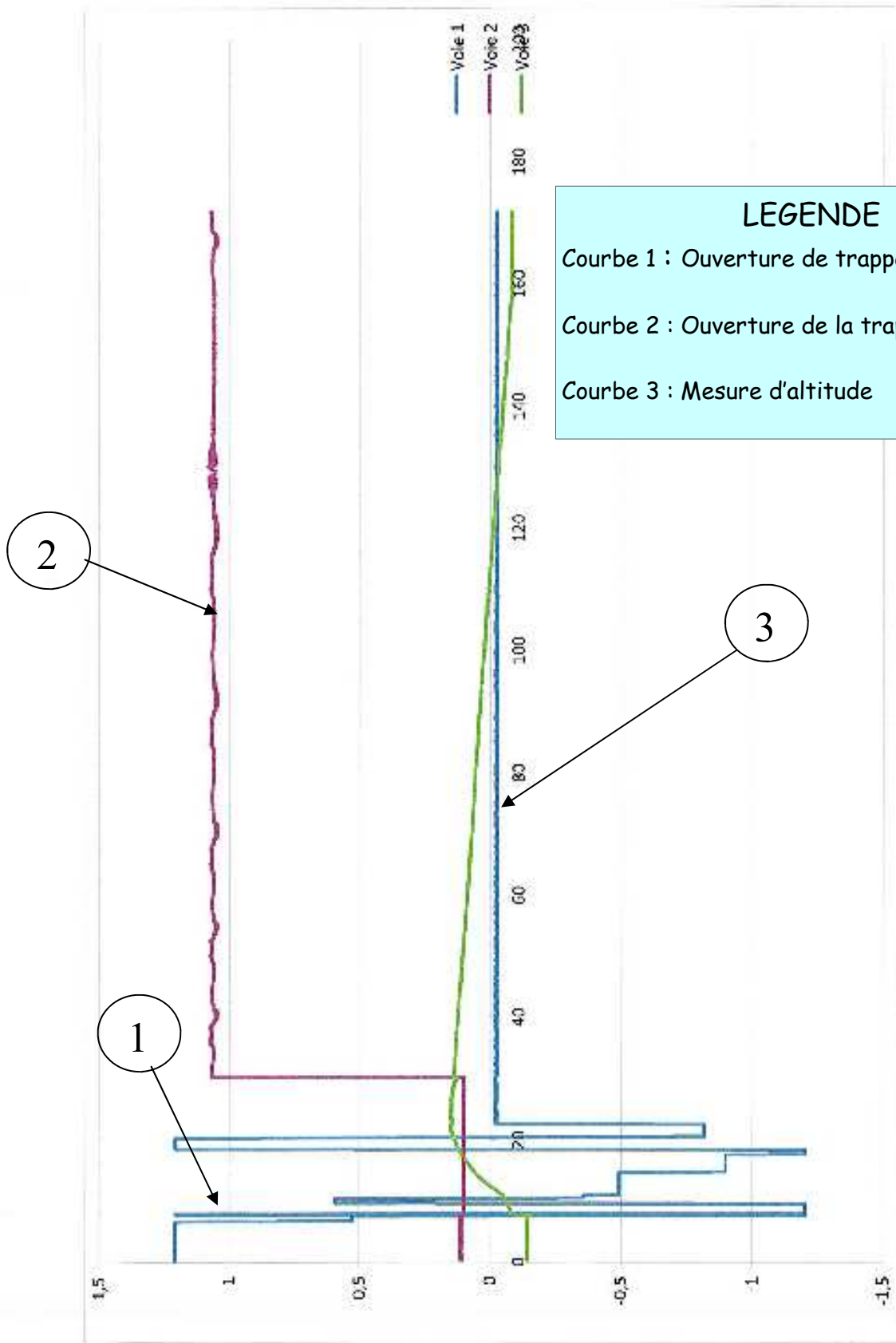
II Courbes

III Mesures d'accélération

IV Vidéo embarquée

DONNEES IRIG

FUSEE EXPERIMENTALE ANDROMEDE Campagne 2011 Biscarosse



LEGENDE

Courbe 1 : Ouverture de trappe à parachute

Courbe 2 : Ouverture de la trappe à Cansat

Courbe 3 : Mesure d'altitude

INTERPRETATION DES COURBES

COURBE 1

Cette Courbe présente des variations brutales du capteur d'ouverture de trappe à parachute.

Le capteur était mal positionné ce qui a entraîné une trop grande sensibilité aux vibrations de la porte de trappe.

Cependant, nous avons obtenu l'information que nous attendions : le temps précis de l'ouverture de trappe.

Ce temps correspond à ce que nous avons prévu.

COURBE 2

Il s'agit aussi d'un capteur d'ouverture de trappe à compartiment du micro « satellite ».. Il ne présente pas de dysfonctionnement et informe avec précision du délais qui avait été réglé pour le séquenceur.

COURBE 3

C'est la courbe de mesure de pression qui, après conversion donne l'altitude de la fusée à son apogée.

De cette mesure nous avons évalué l'altitude de 1600 m avec une précision de +/- 50 m

Ce capteur sera remplacé par un capteur beaucoup plus précis à l'avenir

LA COURBE D'ACCELERATION

Cette courbe ne peut pas se photocopier, le tracé est invisible.

Nous avons étalonné le dispositif et la courbe montre qu'une forte accélération en sortie de rampe (au delà de 10g) était enregistrée. Ensuite, la courbe est conforme à la courbe de poussée fournie par le constructeur de propulseur.

Ainsi nous avons évalué à 8,8 g l'accélération au début de la poussée et une fin à 5,3 g .

Dans la phase de fin de poussée, on a observé deux « anomalies » qui nous ont attiré l'attention (voir courbe retracée sur papier à partir de la courbe d'origine)

Grâce à la vidéo offerte par la DGA, on s'est rendu compte que le propulseur, en fin de poussée, avait eu deux petites explosions clairement visibles qui pourraient expliquer ces « anomalies ».

Ces phénomènes observés ont été importants pour valider notre système de mesures d'accélération. Il sera reconduit dans le prochain projet.

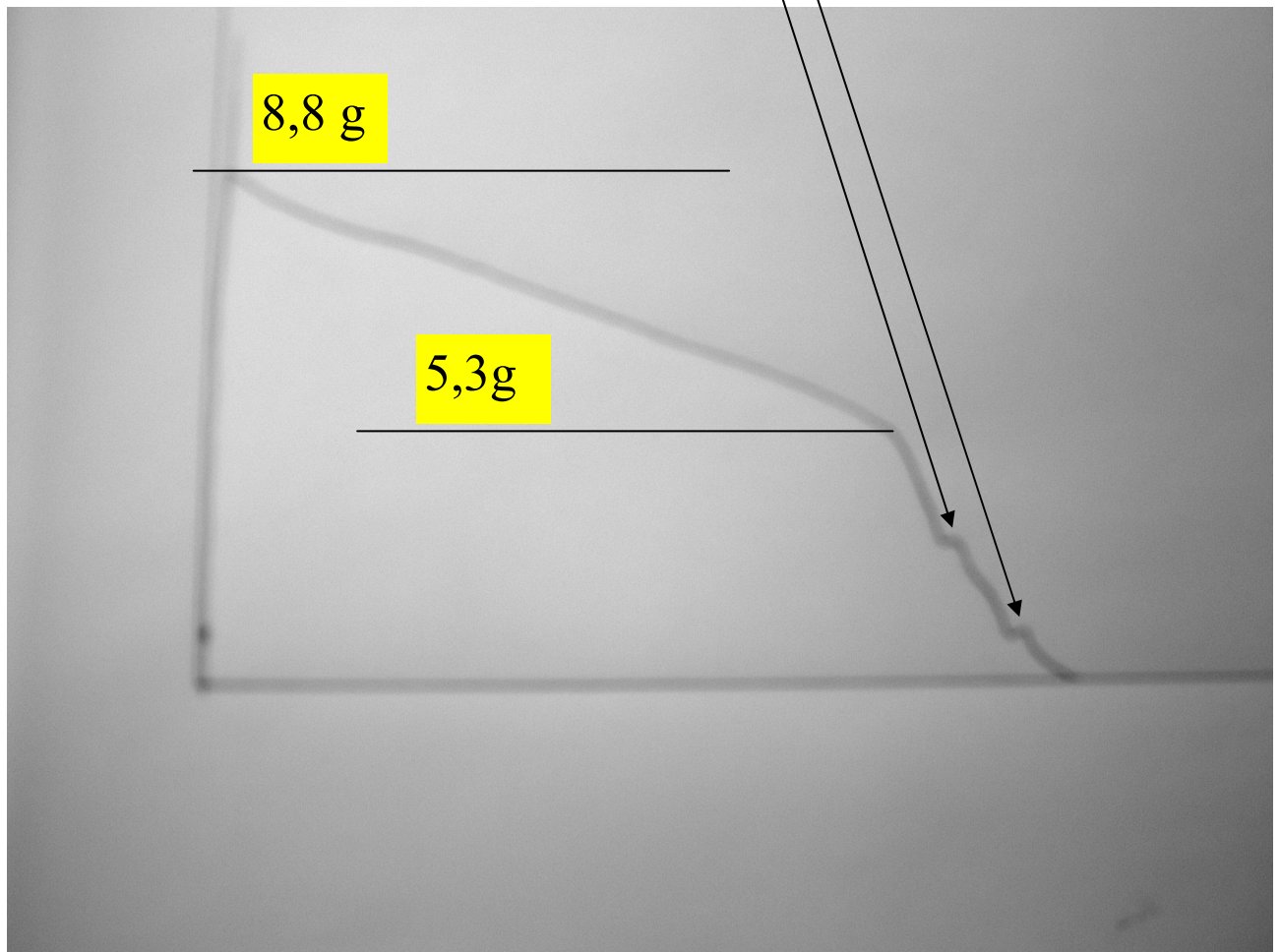
Conclusion :

Le tracé était quasiment illisible, il a fallu le lire à l'aide d'une loupe binoculaire.

Nous avons été obligés de retracer la courbe, ce qui entraîne des imprécisions car les échelles de mesures sont trop petites.

Les résultats, bien qu'encourageants sont peu précis, nous devons utiliser un tambour de plus gros diamètre pour l'enregistrement. Le dispositif mobile est assez précis donc nous le conserverons.

Les 2 « anomalies » observées
sur la courbe d'accélération



Ce dessin est extrait de l'enregistrement de la courbe d'accélération.

VIDEO EMBARQUEE

C'est la grande déception du programme de ce lancement, la vidéo a cessé de fonctionner dès sa mise en rampe.

On a enregistré les préparatifs mais rien de plus.

Nous abandonnons ce modèle pour le prochain projet.