

# UTINAM

## Mini-fusée, 2000



# Centrale Lyon Cosmos

## Utinam Mini-fusée, 2000

### Participants

Laurent Regnault  
Guillaume Smet (KS)  
Philippe Noury  
Laurent Mallet  
Ingrid Iguacel  
Sébastien Barré (Poupou)

### But de ce document

Ce document présente l'évolution du projet Utinam, mené en 2000 par le Centrale Lyon Cosmos et finalisé en 2001.

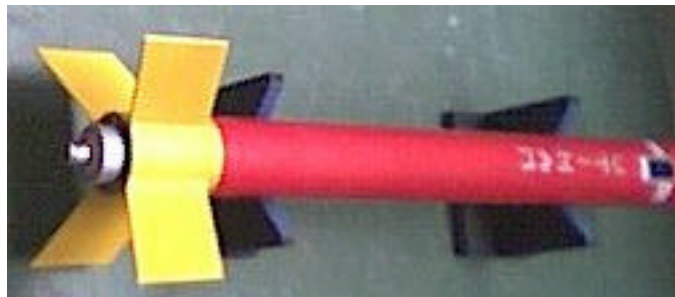
Il est conçu pour rappeler les objectifs initiaux et voir ceux qui ont été réalisés ceux réalisés, les problèmes rencontrés et comme un guide d'utilisation (Schéma électrique, chronologie, ... )

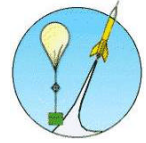
### But(s) du projet

Utinam est une fusée d'initiation pour les membres du club nouvellement recréé. C'est pour cela que notre choix s'est porté sur une mini-fusée.

Pourtant Utinam rentre dans notre volonté de développer le club : sa minuterie numérique est conçue pour être réutilisée sur nos prochaines fusées expérimentales. Il en va de même pour la mesure de vitesse par tube Pitot et pour la détection d'apogée (pour une ouverture optimale du parachute) qui ont été commencées mais non terminées.

La politique du club est de réutiliser les acquis des années précédentes afin de pouvoir se focaliser sur les innovations : un projet se construit sur les des anciennes briques et rajoute les siennes à l'ensemble. En l'occurrence la commande du servo est reprise d'anciennes fusées du club, avec quelques modifications.





## Sommaire

### 1. Informations générales

Un rapide descriptif de la fusée et de la manière dont sont agencés les éléments à l'intérieur.

Un point est fait sur l'intégration, un autre sur les ailerons. La fin donne les résultats de Trajec (stabilité et trajectoire)

### 2. L'expérience

L'expérience principale est la mesure de la vitesse axiale de la fusée par un tube Pitot.

Nous voulons aussi utiliser ce capteur pour réaliser une détection d'apogée qui commandera l'ouverture du parachute.

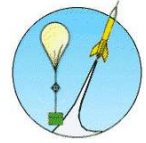
### 3. Le système de récupération

Le système de récupération se compose d'une porte latérale maintenue en position fermée par un servomoteur. L'ordre d'ouverture provient soit du détecteur d'apogée, soit de la minuterie numérique (c'est une sécurité pour le cas où le détecteur ne fonctionne pas).

### 4. La chronologie

Où comment préparer et actionner notre fusée, guide pour les manchots et les gens stressés.

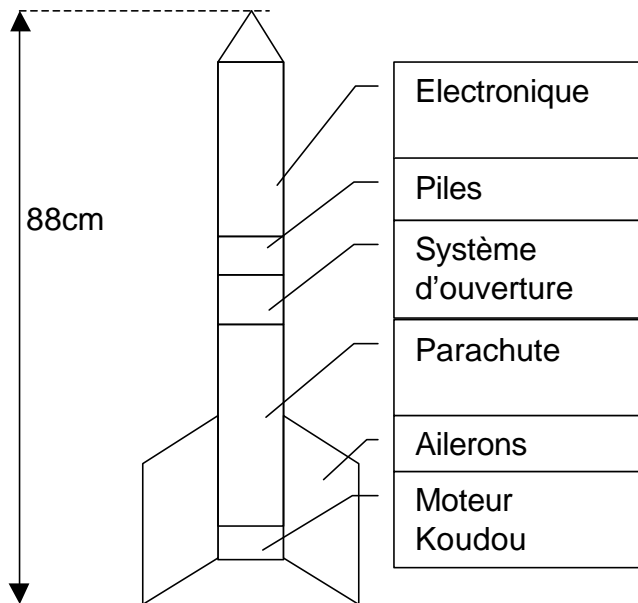
### 5. Annexe 1 : les CR du suivi



## 1. L'intégration

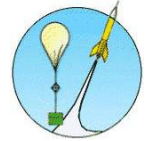
### Schéma global

Voici un plan sommaire des constituants d'Utinam.



Le parachute est en bas pour profiter de la plaque de poussée (là où s'appuie le moteur) pour attacher le parachute. De plus tous les éléments à retirer peuvent du coup l'être par l'ogive, il n'y a pas de coupure.

Le Centre De Gravité a aussi été pris en compte : mettre tous les éléments lourds vers le haut présentait le problème d'augmenter sérieusement la marge statique et le problème de flèche (bien qu'en mini-fusée la flèche ne soit pas un facteur critique !). Il a donc été décidé de mettre les éléments lourds (moteurs, piles,...) le plus bas possible.



## L'intégration

L'intégration est la manière dont les divers éléments constitutifs de la fusée sont mis à l'intérieur de celle-ci.

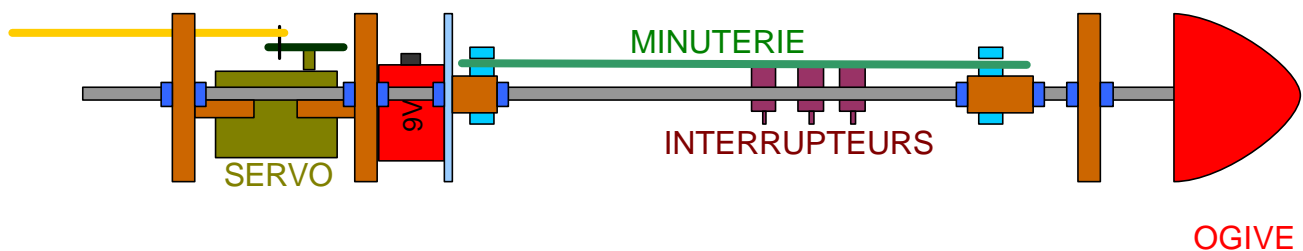
Il est primordial que l'intégration soit facilement accessible et démontable afin d'avoir un accès immédiat à un élément, une carte électronique par exemple. C'est pour cela que nous avons opté pour un 'rack' extractible : on tire l'intégration par l'ogive et tous les éléments viennent.





- Servomoteur de l'ouverture
- Mécanisme d'ouverture
- Alimentation
- Minuterie et interrupteurs
- Connectique

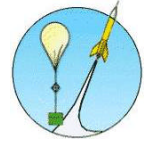


En fait cette intégration est totalement autonome : même sorti de la fusée la minuterie fonctionne et le système d'ouverture tourne. Le gain en efficacité lors du montage et des recherches de bugs (et il y en a eu beaucoup!) est considérable ! Tous les blocs sont accessibles et l'on peut vérifier qu'il n'y a pas de problème entre eux.

Mais il y a un autre avantage à cette intégration : sa robustesse. Pour des raisons de budget notre tube était en PVC de canalisation, donc pas très solide. C'est l'intégration qui encaisse les efforts durant le vol (surtout au décollage !) et assure la rigidité de la fusée!



	Rondelle de bois (litière !)
	Ecrou et contre écrou
	Ecrou et contre écrou
	Tige filetée



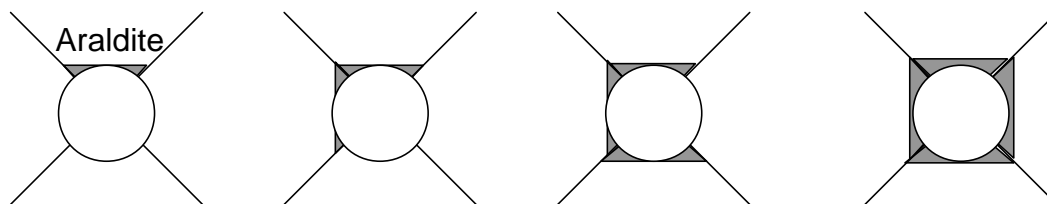
Les rondelles du haut et du bas sont fixées à la peau par 2 X 4 vis à bois. La rondelle bleue est en PVC, ce qui permet de gagner en épaisseur par rapport à celles en bois. La minuterie est fixée par 4 vis sur 2 petites plaques de bois, celles-ci ont des trous où passent les deux tiges filetées et le tout est maintenu en position par des écrous-contre écrous qui règlent l'écartement du tout.

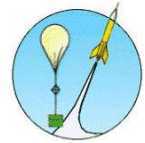
Les deux tiges filetées dépassent largement vers le bas car pour mettre en position l'intégration elles doivent rentrer dans 2 logements en haut de la case parachute. Ceci assure que l'intégration soit en bonne position avant de mettre les vis et de fermer la porte!

### Les ailerons

Les ailerons ont été calculés sous Trajec une fois le corps et l'intégration finis pour avoir une marge statique et une portance correctes.

Découpés dans du PVC ils ont été sommairement collés à la super glu 3 sur le tube pour les maintenir en place. On a ensuite utilisé de l'araldite 2H pour les fixer définitivement, selon le schéma suivant (on laisse sécher entre chaque étape !)





Les résultats de Trajec

**F1 : Trajectoire    F2 : Stabilité    F3 : Fichiers    F4 : Moteurs    F5 : Ven**

FUSEE:utinam    CLUB:CLC    MOTEUR:koudou    PAS: 10 %

virole: NON    Xcg: 50    biétage : NON  
masse: 1.000

prop: 790    te= 85

←100 → D —Xcg vide: 475 → —Xcg: 549 →    masse: 1.085 kg  
63    avec moteur et virole

L= 770    ←m= 80

coiffe:ogivale    p= 25 → ←n= 80

jupe/rétréint : NON    épaisseur ailerons : 2.0

sortir du programme

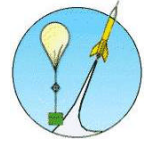
déplacements: ←f1→ valid.: RETURN variations: +- nombre d'ailerons : 4

Produit Ms x Cn : vide= 50.7 plein= 43.8

abscisse du centre de gravité sans moteur en millimètres

Cn=16.8 ||Xcp: 713 ||marge statique:de 2.6 à 3.0    cotes en mm

F1 : Trajectoire	F2 : Stabilité	F3 : Fichiers	F4 : Moteurs
calcul de trajectoire en cours			
t=0.000s	z-z0= 0m	v= 0m/s	x= 0m y= 0m g= 0m/s <sup>2</sup> A= 80°
sortie de rampe			
t=0.160s	z-z0= 4m	v= 50m/s	x= 1m y= 0m g=247m/s <sup>2</sup> A= 80°
fin de propulsion			
t=0.500s	z-z0= 35m	v= 118m/s	x= 6m y= 0m g= 35m/s <sup>2</sup> A= 80°
culmination			
t=7.840s	z-z0= 366m	v= 11m/s	x= 107m y= 0m g= 10m/s <sup>2</sup> A= 0°
impact			
t=17.56s	z-z0= 0m	v= 62m/s	x= 188m y= 0m g= 2m/s <sup>2</sup> A=-85°



## **2. L'expérience**

Un tube pitot était initialement prévu pour mesurer la vitesse. Cette mesure devait servir à détecter l'apogée de la fusée (minimum de vitesse), ceci afin de commander l'ouverture de la porte parachute.

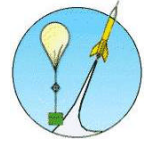
Le minimum de vitesse est détecté d'une manière assez simple : on compare la valeur de la vitesse au temps  $T$  à celles aux temps  $T-dT$ ,  $T-2*dT$ , ... pour vérifier s'il y a une décroissance globale (fin poussée moteur) puis une augmentation (phase de descente), on donne alors l'ordre d'ouverture.

Nous n'avons pas pu la finir à temps, elle est donc reportée sur notre futur projet : Golden Air.

Le montage pitot est repris d'une année précédente. Le signal est proportionnel au carré de la vitesse, ce qui permet de comparer les vitesses au cours du temps.

Un problème sera sûrement les erreurs de mesures qui rendraient les comparaisons inutilisables...





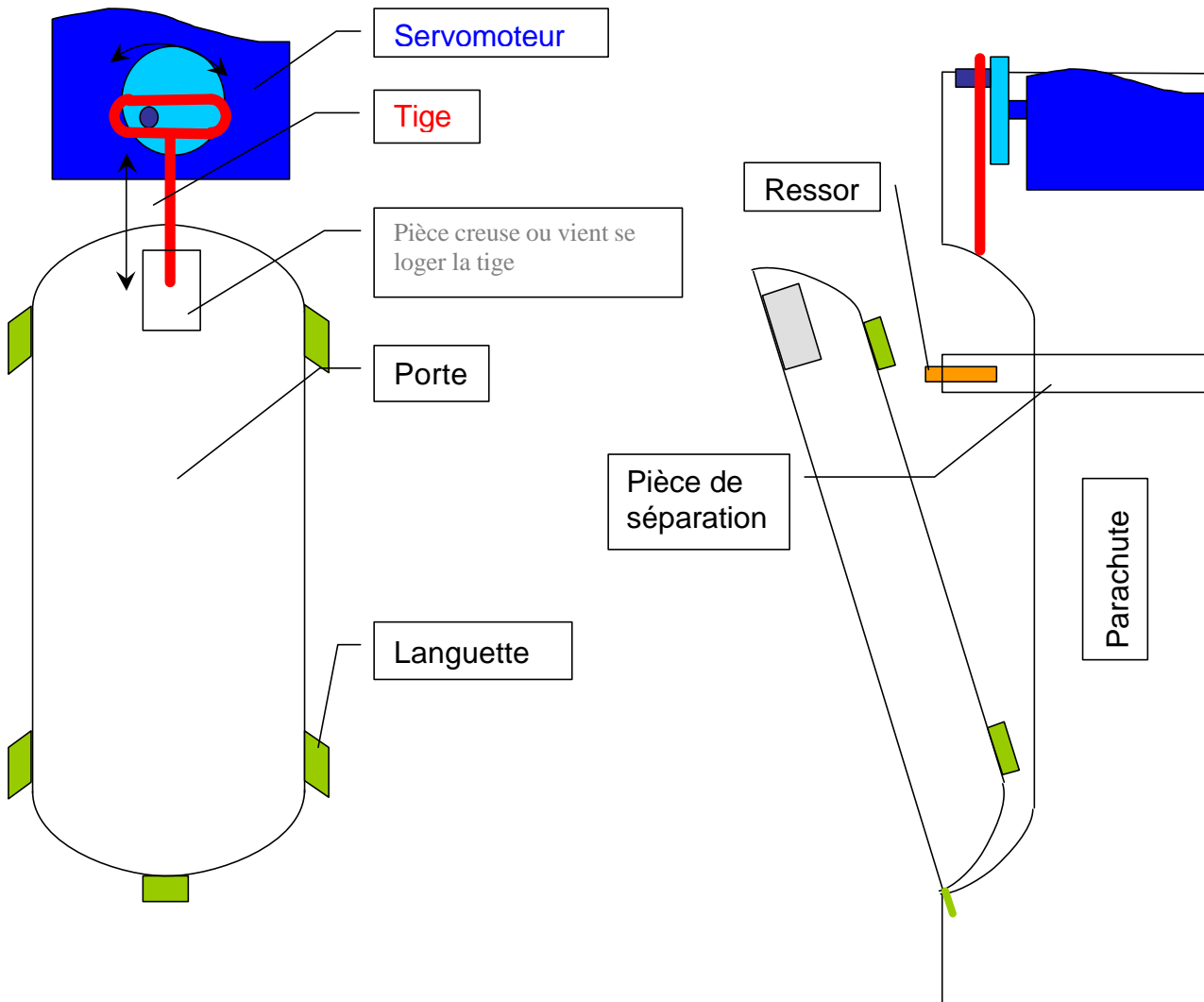
### 3. Le système de récupération

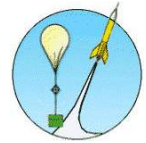
Le système d'ouverture est primordial dans une fusée puisqu'il permet de la récupérer... et de ne pas représenter de danger lors de la descente. C'est le défi principal pour une mini-fusée.

#### **Le système d'ouverture**

Le corps de notre fusée est en plastique (un tuyau de canalisation d'eau). Comme il est facile à usiner nous avons opté pour une porte latérale qui est maintenue en place pendant le vol. Elle est libérée à l'apogée et le parachute peut alors se déployer. L'avantage est que le système mécanique de séparation peut être très simple... et donc efficace !

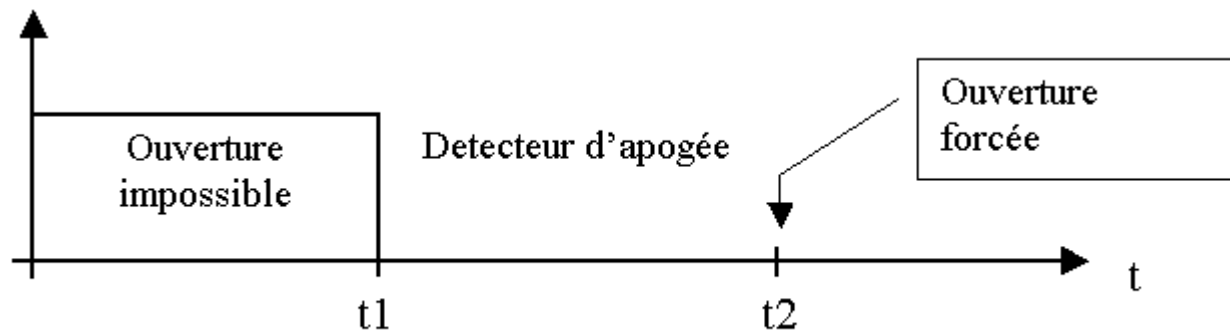
Un servomoteur tire ou pousse une tige qui vient ouvrir ou bloquer la porte, comme un verrou. Il y a aussi des languettes sur la porte pour la maintenir en place. Un petit ressort placé sous la porte l'aide à s'ouvrir lorsqu'elle est débloquée. De plus la porte est reliée à la sangle du parachute : quand la prise au vent l'arrache elle entraîne le parachute qui se déploie plus facilement.





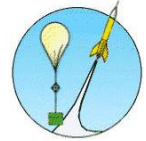
### Commande d'ouverture

Le signal d'ouverture est donné par un détecteur d'apogée basé sur la vitesse axiale de la fusée. Mais le cahier des charges impose qu'il y ait aussi une minuterie à fenêtrage comme sécurité pour les fusées expérimentales. Notre objectif étant la réutilisation sur des fusées ex de cette minuterie nous avons tenu compte dès le début du fenêtrage : le détecteur est inopérant jusqu'à  $t_1$  et l'ouverture forcée à  $t_2$  si ce n'est pas encore fait.



Voici les points que doit réaliser notre minuterie :

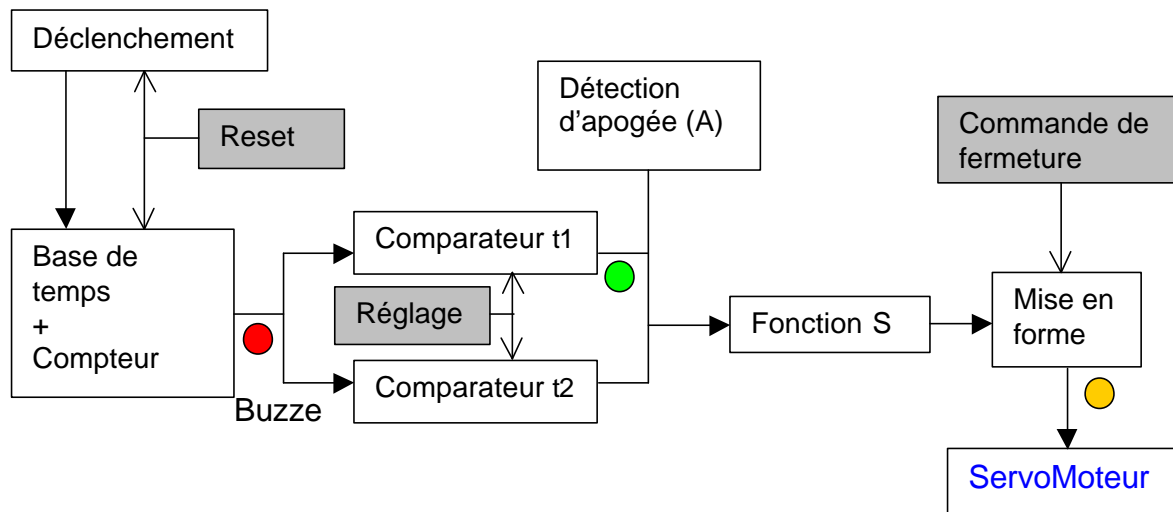
- Détection du décollage
- Marche/Arrêt
- Remise à zéro
- Fermeture de la porte
- $t_1$  et  $t_2$  doivent pouvoir être réglés facilement entre 5 et 12s (changement au dernier moment)
- Bloquer l'ouverture jusqu'à  $t_1$
- Forcer l'ouverture à  $t_2$  si nécessaire
- Afficheur 7 Segments du compteur (pas le temps)
- Signalisation (LED) :
  - Alimentation Marche LED Verte
  - Comptage en cours LED Rouge
  - Commande d'ouverture LED Orange
  - Détecteur d'apogée bloqué, débloqué LED Verte (débloqué)
  - Porte fermée LED Verte



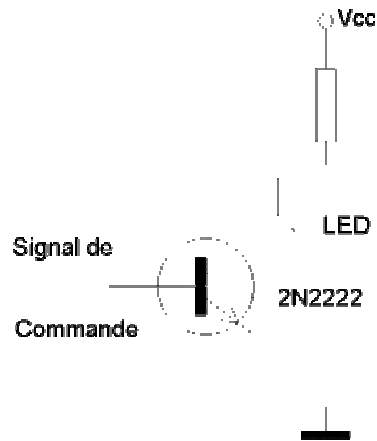
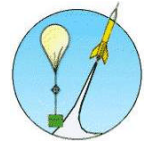
Si A est le signal d'apogée (0 avant l'apogée, 1 ensuite), la commande S vers le servomoteur est donnée par :  
 $S=t1.(A+t2)$  (en combinatoire)

C'est à dire que pour le signal d'ouverture il faut que la date t1 soit passée, puis la détection (A) ou la minuterie (t2) donne l'ordre. Le signal S arrive sur un montage qui génère un pas cyclique, le rapport de celui-ci indique au servomoteur à quel angle se mettre. Supposons que la détection soit effectuée après la date t1 (et on croise les doigts pour que ça le fasse !); alors le signal S passe à 1 et le servomoteur tourne pour libérer la porte. Puis la minuterie fait passer t2 à 1... mais rien ne change car S est déjà à 1.

J'ai opté pour une minuterie numérique car elle consomme moins, est facile à régler, fiable et peut facilement évoluer pour d'autres projets. Une base de temps donnée par un 4060 est divisée jusqu'à une période de 0.1s, puis un compteur (le même 4060 en fait) délivre le signal sur des comparateurs, c'est sur eux que l'on règle t1 et t2 (pour arriver à 12s il faut donc au moins 7 bits, soit  $128 \times 0.1 = 12.6s$ ). Les sorties sont ensuite entrées dans la fonction logique S et le signal d'ouverture est mis en forme pour commander le servomoteur.

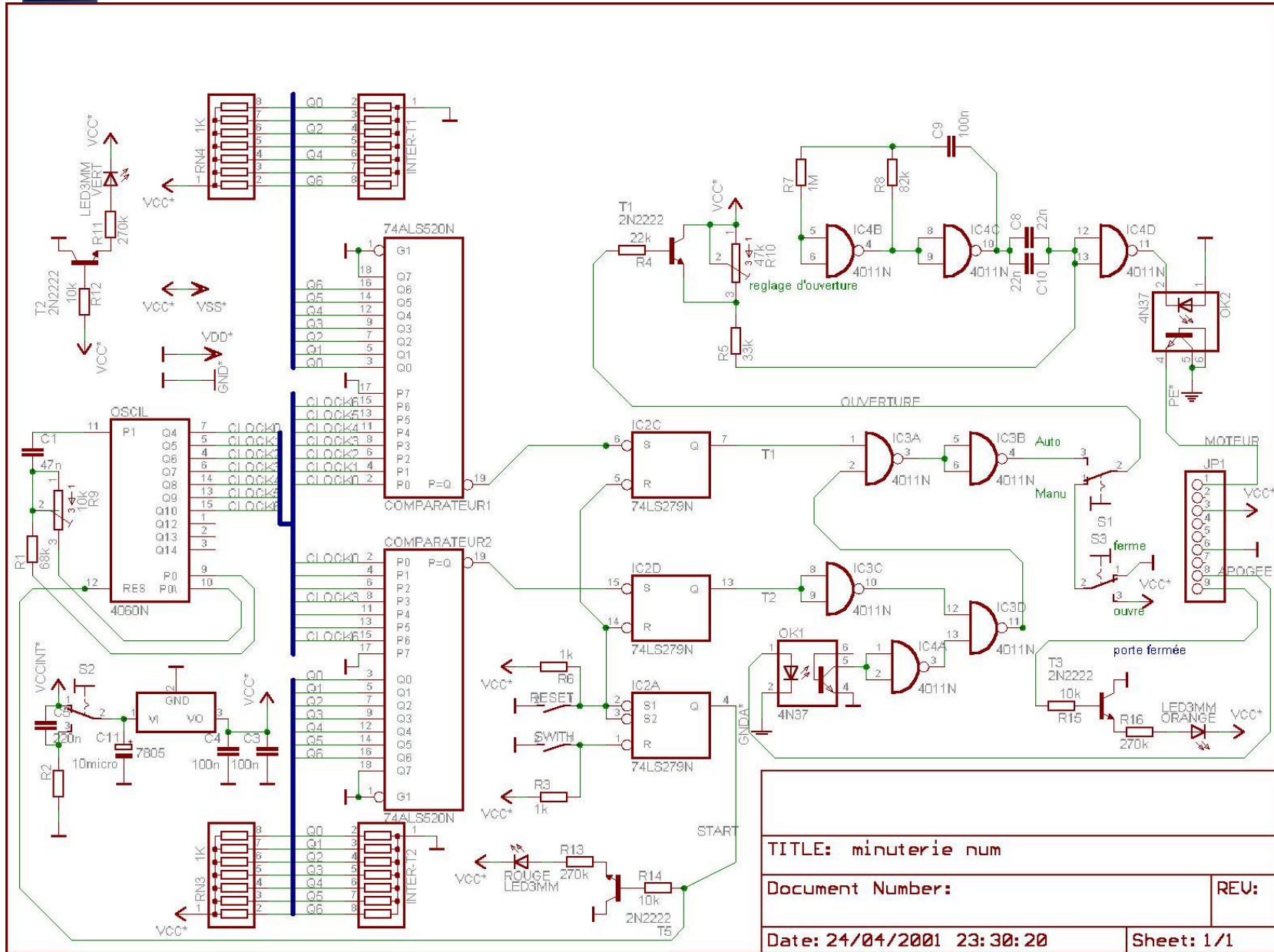
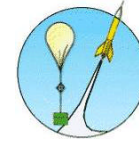


Les points représentent les diodes de contrôles. Le développement du schéma électrique se fait sans en tenir compte : un montage très simple avec un transistor permet ensuite de brancher une diode où l'on veut dans le montage, sans en perturber les signaux logiques.

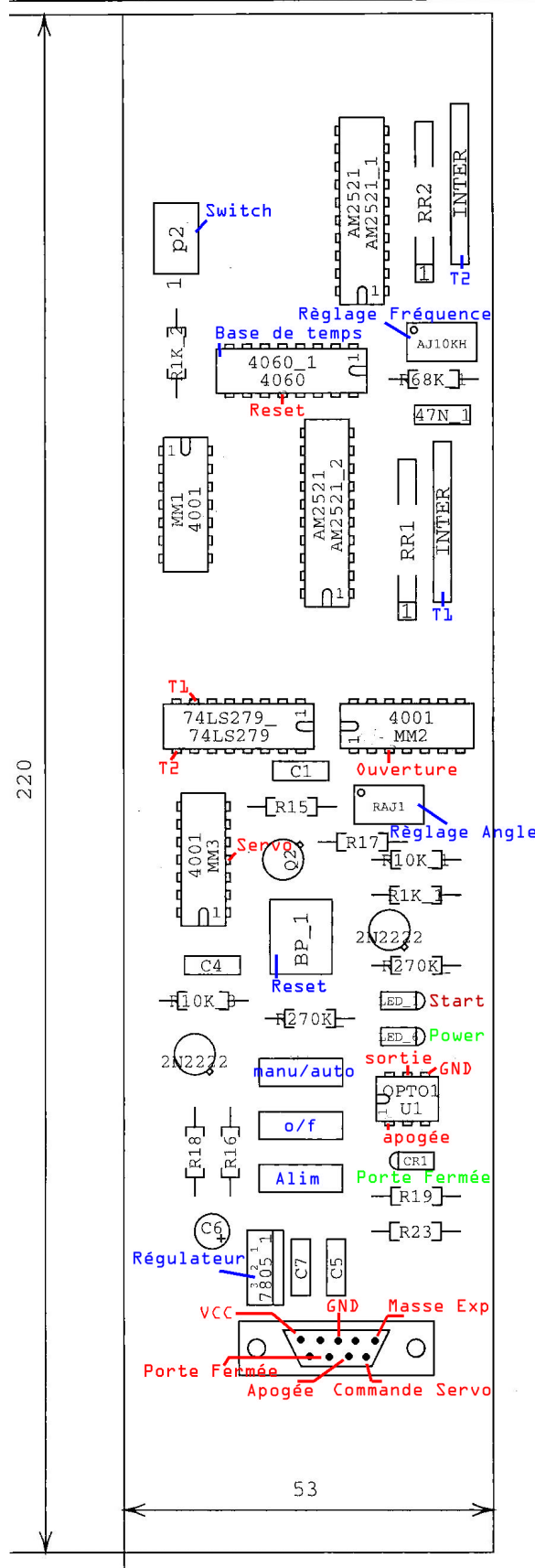
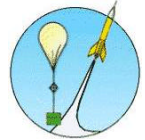


### Les schémas électriques

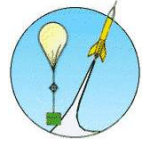
Pour des raisons de place les diodes de visualisation de t1 (détection débloquée) et de la commande d'ouverture n'ont pas été intégrées dans le circuit (5cm de large c'est vraiment pas beaucoup), nous avons gardé la mise sous tension, le début du comptage et la fermeture car elles sont nécessaires pour le décollage. Mais des points de test ont été prévus : il nous suffira de connecter deux petits montages (cf. au-dessus) sur ces points lors des tests pour avoir une signalisation claire.  
(Nous n'avons pas eu la nécessité de les réaliser)



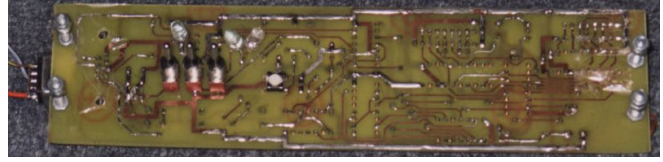
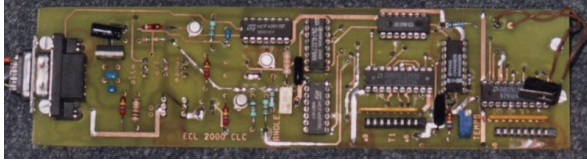
TITLE: minuterie num	
Document Number:	REU:
Date: 24/04/2001 23:30:20	Sheet: 1/1



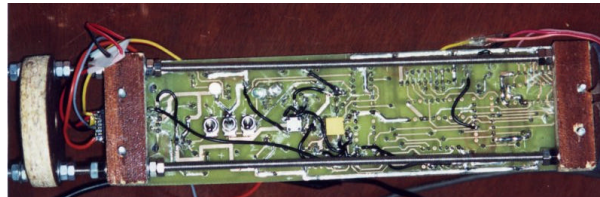
Implantation des composants



Voici la carte une fois finie.

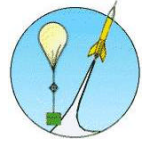


Bien sûr il y a eu quelques modifications à apporter... Nous vous conseillons TRES fortement de bien vérifier les entrées de vos composants avant de faire un circuit-imprimé : confondre R et \_R ça ne pardonne pas. Donc voici la version finale de la carte...



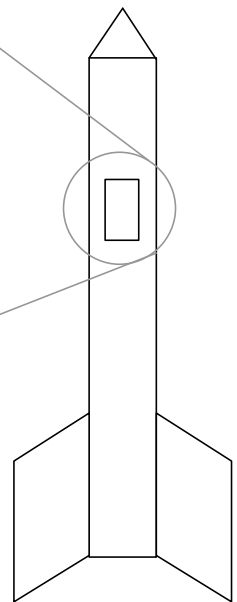
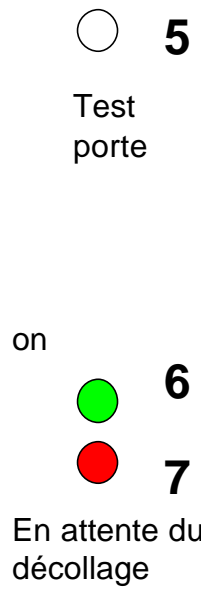
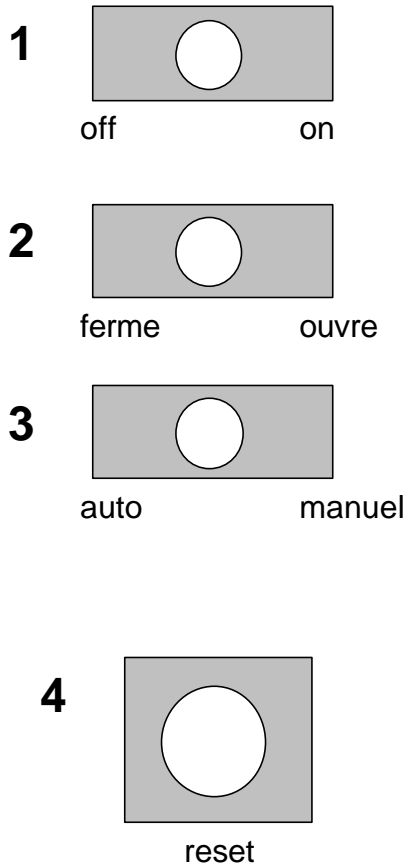
Attention toutefois !

Le montage marche bien mais le moteur et l'électronique sont sur la même pile. Si celle-ci est un peu faible les perturbations quand le moteur ouvre la porte sont trop grandes et l'électronique se bloque. Il faut aussi une référence commune entre l'alimentation du servomoteur et du signal de commande, un optocoupleur entre le signal et le servomoteur permet de séparer les alimentations (cet optocoupleur est rajouté sur le schéma) et donc d'utiliser 2 piles... et d'augmenter l'autonomie tout en éliminant les parasites ! (il faut alors rajouter un régulateur de tension pour le servo car il lui faut du 5V)

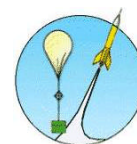


#### 4. La chronologie

##### Schéma des interrupteurs d'UTINAM





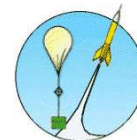


LIEU	H	TEMPS	OPERATIONS	DESCRIPTIONS
R3	46'30"	01'	<b>Servomoteur en position ouvert</b>	
			Interrupteur 2 droite	<i>position ouvre</i>
			Interrupteur 1 droite	LED 6 Verte s'allume
			Interrupteur 3 droite	Servo passe en position ouvert
			Interrupteur 1 gauche	LED 6 Verte s'éteint
	45'30"	10'	<b>Souder les 2 piles 9V de vol</b>	
		01'	<b>Connecter la carte et fixer le connecteur</b>	
	34'30"	02'	<b>Vérifier les connexions au multimètre</b>	alim, GND, Ouverture, alim servo, masse servo
		00'30"	<b>Test alimentation</b>	
			Interrupteur 1 droite	LED 6 Verte s'allume
			Interrupteur 1 gauche	LED 6 Verte s'éteint
	32'	07'	<b>Fixer les piles</b>	
	25'	07'	<b>Pistocoller les composants</b>	
	18'	04'	<b>Fixer la carte</b>	
	14'	05'	<b>Mettre en place l'intégration</b>	
	09'	05'	<b>Viser, mais pas à fond</b>	
	04'	04'	<b>Prendre la boîte à outils</b>	colle, pinces, tournevis, fer, étain, multi composants de rechanges, documentations
				vis, talc
TENTE	23'30"	03'	<b>Plier le parachute + Talc</b>	
	20'30"	03'	<b>Mettre le parachute dans la case ( sangles dessous)</b>	
		00'30"	<b>Fermer la case para</b>	
			Interrupteur 3 droite	<i>position manuelle</i>

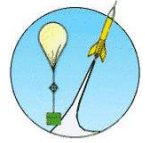


# Rapport

## UTINAM



			Interrupteur 1 droite	LED 6 Verte s'allume
			Interrupteur 2 gauche	servo passe en position fermé
	17'	00'30"	<b>Test minuterie et vérification de la tempo</b>	
			Interrupteur 3 gauche	<i>position auto</i>
			Bouton 4	LED 7 Rouge s'allume
			Simuler décollage	LED 7 Rouge s'éteint
		00'30"	<b>Fermer la case para</b>	
			Interrupteur 3 droite	servo passe en position fermé (position manu)
			<b>et éteindre la minuterie : inter 1 gauche</b>	LED 6 Verte s'éteint
	16'	05'	<b>Visser toutes les vis à fond</b>	
		10'		
RAMPE	01'	01'	<b>Mise en position vol</b>	
			Interrupteur 1 droite	LED 6 Verte s'allume
			Interrupteur 3 gauche	<i>position auto</i>
			Bouton 4	LED 7 Rouge s'allume
			Attendre au moins 15s pour vérifier qu'il n'y	
			a pas de déclenchement	
TENTE			3	
PYRO			2	
			1	
		1H	ARRET CHRONO CAUSE METEO	
			Reprise à s-30	
			FEU !	Youpi
			Payer un coup aux contrôleurs	surtout au chef...



**5. Annexe 1, documents de suivi**

**Compte rendu de visite du Cosmo Club Lyon  
Projet UTINAM**

**Première visite.**

Suiveur présent :

Emmanuel JOLLY.  
(EJY dans la suite du  
document)

Ejolly@magic.fr

49-51, rue Alexandre  
Dumas,  
75011 Paris

Membre du club présent :

Philippe NOURY

[philippe.noury@ecl2002.ec-lyon.fr](mailto:philippe.noury@ecl2002.ec-lyon.fr)

Ecl,  
51 chemin des Mouilles,  
Bat X, ch 213,  
69130 Ecully

Laurent  
REGNAULT

[laurent.regnault@ecl2002.ec-lyon.fr](mailto:laurent.regnault@ecl2002.ec-lyon.fr)

36, avenue Guy de Collongue  
69130 Ecully

Ingrid IGUACEL

[ingrid.iguacel@ecl2002.ec-lyon.fr](mailto:ingrid.iguacel@ecl2002.ec-lyon.fr)

Ecl,  
51 chemin des Mouilles,  
Bat U, ch 305,  
69130 Ecully

Sébastien BARRE

[barre.sebastien@ecl2002.ec-lyon.fr](mailto:barre.sebastien@ecl2002.ec-lyon.fr)

Ecl,  
51 chemin des Mouilles,  
Bat X, ch 211,  
69130 Ecully

Guillaume SMET

[guillaume.smet@ecl2002.ec-lyon.fr](mailto:guillaume.smet@ecl2002.ec-lyon.fr)

Ecl,  
51 chemin des Mouilles,  
Bat X, ch 410,  
69130 Ecully

Laurent MALLET

[laurent.mallet@ecl2002.ec-lyon.fr](mailto:laurent.mallet@ecl2002.ec-lyon.fr)

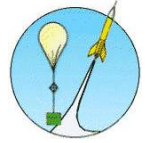
Ecl,  
51 chemin des Mouilles,  
Bat U, ch 622,  
69130 Ecully

Délice Choc

1 boite

La rencontre s'est déroulée à 9H30 à l'école Centrale le 05/02/00.

Comme Laurent (REGNAULT) est déjà suiveur à l'ANSTJ, je n'ai pas repris toute la présentation de l'ANSTJ.



**IMPORTANT** : Le CLC n'a toujours pas reçu le projet Espace et n'a donc pas pu le renvoyer signé. EJY va donc faire la demande auprès d'Etienne pour que ce dernier envoie ce document, ainsi qu'un certain nombre « sans s svp » de notes techniques et de cahier des charges.

A part Laurent, tous les membres sont des débutants. Le club n'ayant pas eu d'activité depuis 2 ans, ils sont en train de remonter le club.  
Pour toutes ces raisons, le club va réaliser cette année une mini-fusée pour ce familiariser avec les techniques de vols.

## Le projet UTINAM :

Ce sera une Mini-fusée expérimentale !

Le but de l'expérience est de détecter la culmination de la minif pour déclencher l'ouverture du parachute.

Une minuterie sera chargée de réaliser un fenêtrage temporelle « *temporel un fenêtrage* » afin de valider cette culmination.

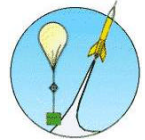
Si l'expérience ne pouvait être réalisée à temps, la mini-fusée volerait quand même avec la minuterie uniquement.

Le capteur de vitesse n'est pas encore bien défini. Il pourrait s'agir d'une mesure par différence de pression (tube PITOT repris sur PULSAR (1994)), ou bien d'une jauge de contrainte placée sur l'ogive.

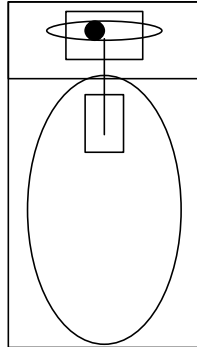
Le club se donne encore 2 semaines pour valider l'une ou l'autre des solutions.

Au niveau de la détection, il y a « pas de » à là aussi 2 solutions (quelque soit le capteurs choisi) :

- Détection par niveau : Lorsque la fusée a atteint une certaine vitesse, l'ouverture est déclenchée.  
Avantage : électronique simple.  
Inconvénient : Il faut un bon étalonnage du capteur.
- Détection par changement de signe de la vitesse : Il suffit de dériver le signal, et lorsque ce dernier change de signe, on déclenche le parachute.  
Avantage : Un étalonnage très grossier de la vitesse suffit.  
Inconvénient : Technologiquement, le club ne pourra réaliser un dérivateur qu'en analogique. Or les constantes de temps physiques de la fusée étant très lente, EJY a peur que le dérivateur sorte beaucoup plus de bruit HF et que le signal (très lent) de la dérivée soit très difficile à extraire. La solution possible serait de mettre un filtre passe-bas en sortie de dérivateur. C'est à tester.



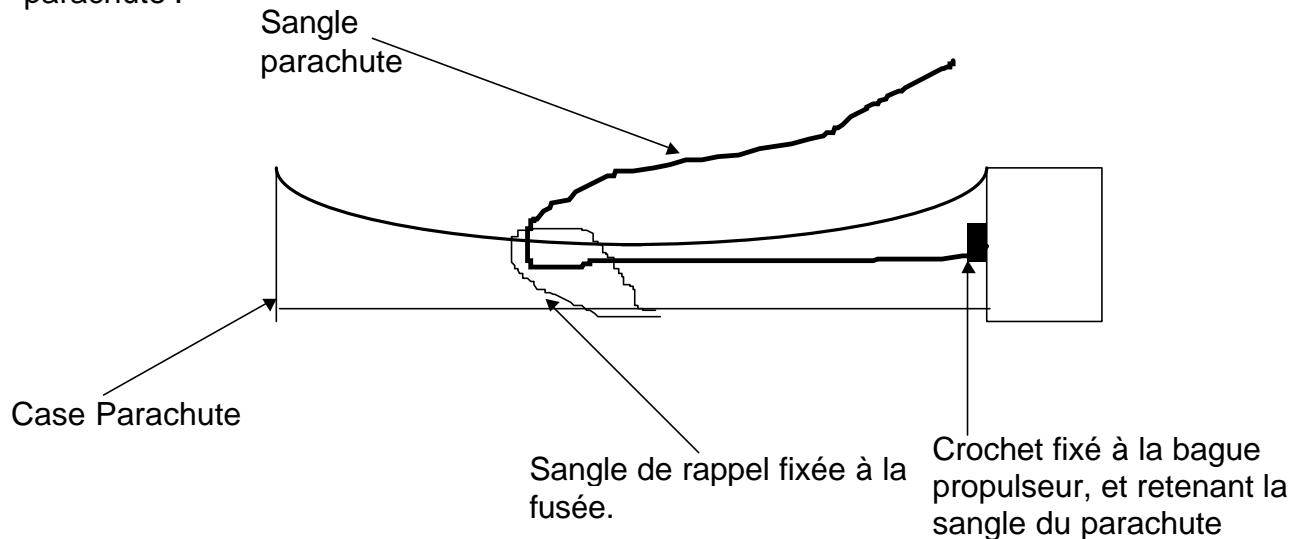
Le club se donne un peu de temps pour valider l'une ou l'autre des solutions.  
Au niveau de la mécanique, un plan général existe déjà. Le système de récupération est basé sur un servomoteur muni d'une sorte de bielle pour libérer la porte :

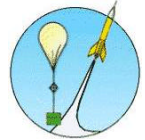


Lorsque le servomoteur tourne, l'axe se déplace dans la bielle, cette dernière se soulève et libère la porte parachute.

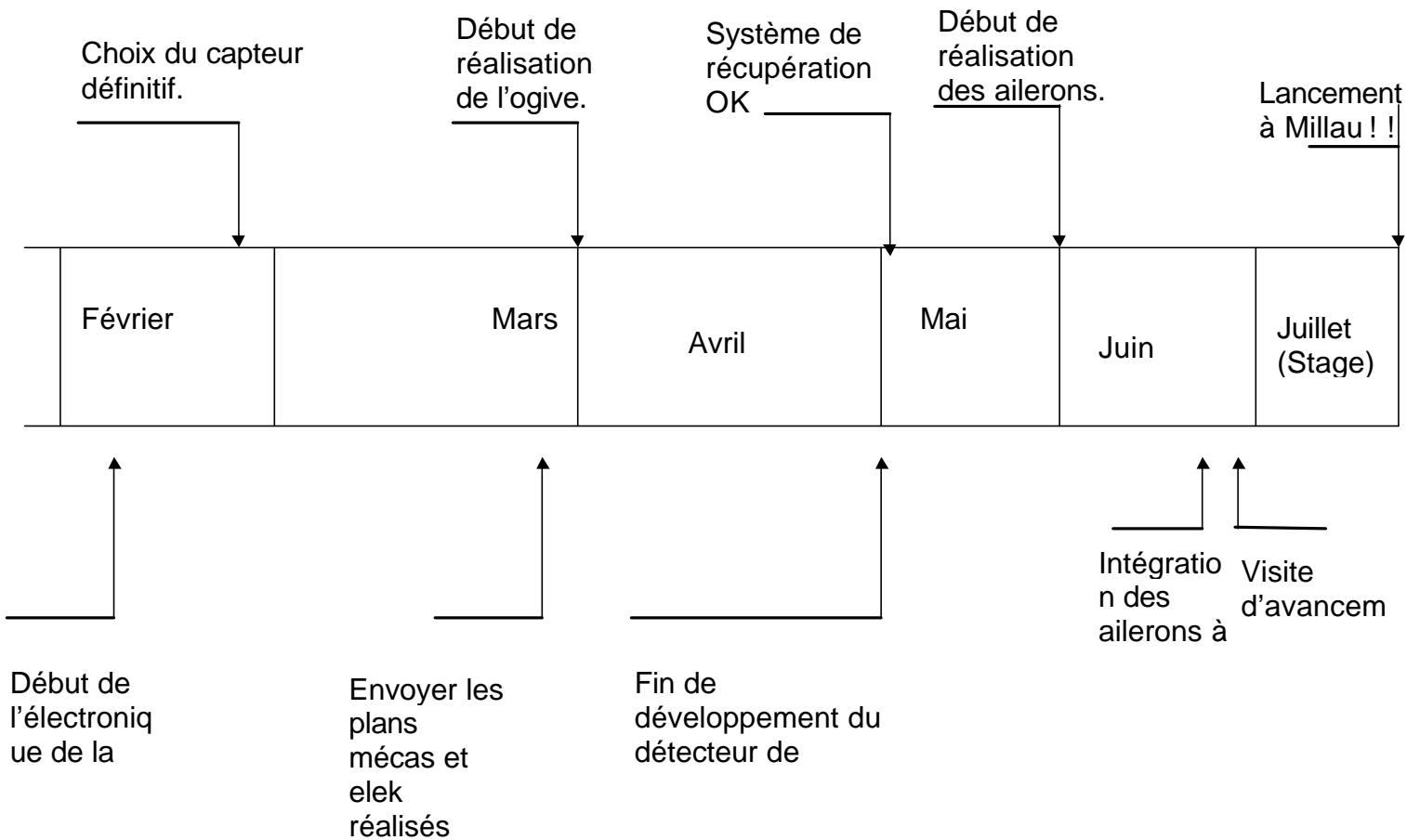
Le parachute sera relié à la fusée par une sangle solidaire de la bague propulseur. (il est recommandé de plaquer le crochet contre cette bague pour éviter qu'elle ne gêne la sortie du parachute.

Durant la réunion, il a été aussi proposé de rajouté un crochet de rappel dans la case parachute :





Enfin un planning prévisionnel a été établi :



Nous n'avons pas convenu de la date de la prochaine réunion, mais elle pourrait avoir lieu au mois de mars ou avril.

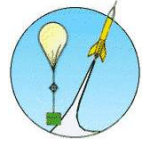
Bon courage à Tous !

Emmanuel JOLLY



Rapport

UTINAM



## Compte rendu de visite du Cosmo Club Lyon Projet UTINAM

### Seconde visite.

La rencontre s'est déroulée à 21H00 à l'école Centrale le 18/05/00.

#### Le projet UTINAM :

Globalement le club est en retard sur ce projet.  
De la réunion, il ressort que :

Le tube est réalisé à peu près.

Il y a un début d'intégration.

L'ogive n'est pas commencée « *éé !!!* » (et non défini « *ie !!!!* » pour le moment).

Le système de récupération n'est pas commencé. Il est en attente du servomoteur qui devrait être acheté « *é pas er !!!* » dans les 15 jours.

L'électronique du séquenceur est réalisée à 50 %

L'expérience (détection de l'apogée par un tube pitot) a avancé sur le papier. La prochaine étape consiste en la réalisation « *j'aurais mis à réaliser* » d'une maquette.

Les étudiants étant entrés dans une période d'examen dont ils ne sortiront que mi-juin, ils disposeront alors d'une semaine pour finir toute la fusée avant la visite d'avancement.

La fusée doit en effet impérativement être terminée pour fin Juin. En effet, tous les étudiants seront en stage en juillet et août, et ils semblent difficilement envisageable de venir à Millau plusieurs jours.

Il a donc été décidé que la fusée sera « *serai* » prête fin Juin ou bien ne sera pas lancée.

Le club demande une visite d'avancement plutôt fin Juin.

Emmanuel JOLLY