

Compte rendu de

Beep Beep



REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux sans qui le projet n'aurait pas pu aboutir. Notamment :

- Nos sponsors : UNION THERMIQUE, ANSTJ, CNES, ESTACA, pour nous avoir soutenus, offert des locaux et des moyens de conception
- Tous les membres du projet

L'ESO tient à remercier en particulier les organisateurs de la campagne de MILLAU qui ont fait un travail super et rendu cette semaine de lancements inoubliable ; ainsi que l'AERO-EFREI pour leur aide (merci lapin!) et leur soutien.

Et bien sur, il ne faut pas oublier Alain DARTIGALONGUE pour son appui et ses conseils.

SOMMAIRE

Remerciements

Sommaire

Introduction 1

MECANIQUE DE BEEP BEEP 2

I / PRESENTATION 2

II / PIECES COMPOSANT LA FUSEE 2

1 – Corps de la fusée 2

2 – Bague ailerons et ailerons 2

3 – Bague de séparation 3

4 – Bague ogive + ogive 3

5 – Parachute 4

6 – Problèmes rencontrés 4

ELECTRONIQUE DE BEEP BEEP 5

I / PRESENTATION 5

II / FONCTIONNEMENT 5

1 – Principe 5

2 – Montage 6

III / REALISATION 7

1 – Routage 7

2 – Implantation et câblage 8

3 – Intégration de la carte sur la mécanique 8

IV / PROBLEMES RENCONTRES 9

LE VOL DE BEEP BEEP 10

I / LES CONTROLES 10

II / LE LANCEMENT 10

1 – Déroulement 10

2 – Explications 11

III / LE CRASH 11

Conclusion 13

Annexes 14

Beep Beep

1999-2000

CARACTERISTIQUES

type de séparation	transversale
système de récupération	parachute
propulseur	koudou
nombre d'ailerons	4
masse	1.100 Kg
hauteur	72 cm
accélération max	25 g
vitesse max	118 m/s
altitude max	420 m
portée balistique	226 m
temps de culmination	9s

MEMBRES

Méca	Elec
BOMPOINT Rémy (chef projet)	GIRARD Vincent
EFFANTIN Emmanuelle	JOANNES Sébastien
LABRUYERE Thomas	NOEL Jean



INTRODUCTION

Nous voulions concevoir une mini-fusée afin de nous permettre d'être sûr d'avoir les connaissances de base pour la conception de fusées expérimentales futures. De cette façon, nous nous confrontons à des problèmes pratiques restant à notre portée. Nous nous étions fixé comme objectif de faire une fusée supersonique. Or après évaluation du dimensionnement des masses de la fusée, nous avons abandonné ce projet. Nous avons alors décidé de permettre à chaque membre de se faire plaisir dans sa spécialité.

Le gévelot présentait un bon défi pour un système d'ouverture. En effet, peu de fusées de l'ESO utilisent un système pyrotechnique pour la séparation. En électronique, nous voulions développer une carte qui puisse être utilisée par la suite sur des Fusex. Nous avons alors décidé de concevoir un séquenceur numérique. En effet, ceci nous permet en utilisant les états des compteurs d'envoyer plusieurs signaux à des instants différents avec un seul séquenceur. Aucun d'entre nous n'avait de connaissances particulièrement poussées dans ces domaines. De ce fait nous avons dû apprendre beaucoup sur le tas. Ceci nous a également conduit à abandonner toute idée d'expérience au vu du temps à passer sur le séquenceur. C'est pourquoi Beep Beep a fini par prendre une grande importance à nos yeux.

Nous allons donc essayer de présenter ce projet en détaillant le fonctionnement de la partie mécanique et de la partie électronique. Nous y présenterons également les difficultés que nous avons pu rencontrer et la façon dont nous avons réalisé la fusée. Nous terminerons en analysant le vol de Beep Beep qui s'est soldé par un « Balistique ».

MECANIQUE DE BEEP BEEP

I / PRESENTATION

Au commencement du projet, nous nous sommes posé la question du type de fusée que nous voulions construire : séparation transversale ou latérale, quel système de séparation. Nous avons finalement opté pour une séparation transversale à l'aide d'un gévelot. Ce dernier nous semble être le système le moins encombrant et la séparation transversale plus simple à mettre en place.

Les pièces mécaniques à réaliser étaient :

- | | |
|--|-------------------------|
| • Corps de la fusée, | en fibre de verre |
| • Bagues ailerons + séparation + ogive, | en aluminium |
| • Ailerons, | en aluminium |
| • Ogive, | en balsa |
| • Parachute, | en toile de cerf-volant |
| • Système de maintien de l'électronique ¹ | en aluminium |

En ce qui concerne les pièces réalisées sur tour, c'est-à-dire les 3 bagues, nous avons choisi une épaisseur de 2 mm pour les parties en contact avec le corps en fibre de verre. Cela nous a semblé un bon compromis poids-résistance. En effet, une épaisseur inférieure aurait peut-être été insuffisante pour tenir la visserie à cause d'un filetage trop court.

II / PIECES COMPOSANT LA FUSEE²

1 – Corps de la fusée

La séparation étant transversale, la fusée est composée de 2 tronçons. Ces derniers sont 2 tubes en fibre de verre de 50 mm de diamètre intérieur et de 1 mm d'épaisseur. Afin de les fabriquer, nous avons drapé de la fibre de verre sur un tube en PVC de 50mm de diamètre avec un mélange colle-durcisseur. De plus, l'expérience des années précédentes nous indiquait que le démoulage était difficile à cause d'une adhérence entre fibre et PVC trop forte. Ainsi, cette année nous avons intercalé entre le PVC et la fibre un papier adhérent peu à ces matériaux, ce qui s'est avéré très concluant.

2 – Bague ailerons et ailerons

Cette bague est à triple fonction. Elle doit à la fois maintenir le propulseur KOUDOU, les ailerons et elle est rattachée au parachute.

¹ Voir II / 4 dans la partie ELECTRONIQUE

² Voir les Annexes pour le schéma des pièces

Afin de tenir le propulseur, nous avons opté pour un système de cale en carton. Il s'avère simple à réaliser et résistant à la chaleur. Nous avons donc laissé un jeu important entre le propulseur et la bague. Puis, nous avons rempli ce dernier avec des épaisseurs de tubes en carton.

Le plus difficile sur cette pièce a été de trouver un système de maintien des ailerons. Nous voulions tout d'abord les maintenir à l'aide de rivets mais la bague étant petite, cette méthode était peu commode. Nous nous sommes alors décidés pour une soudure à l'arc que nous avons fait faire par un professionnel.

Nous avons aussi prévu un trou taraudé pour accueillir la fixation du parachute.

Les ailerons sont les dernières pièces de la fusée à avoir été réalisées. En effet, leur dimensionnement nécessite de connaître les caractéristiques de la fusée (poids, centre de gravité,...). Ils ont été découpés dans une plaque d'aluminium de 2 mm d'épaisseur.

3 – Bague de séparation

Cette pièce est la plus difficile que nous ayons eu à concevoir. Ne connaissant que peu le gévelot, nous avons rencontré de nombreux problèmes. Le premier fut de définir son mode de fonctionnement. Nous voulions tout d'abord l'utiliser pour couper un fil, mais nous avons préféré le principe de goupille semblant plus fiable. Ensuite, il a fallu le positionner dans la fusée. Il doit être très bien maintenu car lors de son explosion, il subit une forte poussée vers l'arrière. Nous avons alors choisi de le placer dans une fente fermée par un capuchon en aluminium. Il exerçait sa poussée directement sur la goupille. Mais, lors de tests à l'ANSTJ, nous avons remarqué que le compartiment du gévelot n'était pas suffisamment étanche. La goupille ne se déplaçait même pas d'un millimètre. La pièce que nous avons usinée était donc à repenser. Comme nous étions en juillet, il nous était impossible de la refaire entièrement. Nous avons donc dû effectuer les modifications sur cette dernière. Ainsi, nous avons rentré en force le gévelot dans le trou guidant la goupille. Le gaz dû à la combustion ne pouvait plus s'échapper. De plus, nous avons fait passer les fils du gévelot à travers un tube en aluminium destiné à maintenir le gévelot en position lors de son inflammation.

Une fois la fusée terminée, nous nous sommes aperçus, lors de vols simulés avec gévelot, que des efforts relativement importants s'exerçaient sur la goupille. Même si cela ne semblait pas altérer la séparation de la fusée, nous avons préféré minimiser ces efforts. Pour cela, nous avons inséré une vis de guidage sur la bague de séparation et fait une encoche dans le corps en fibre de verre afin de positionner correctement le trou fait dans la peau. De cette façon, nous minimisions le cisaillement horizontal. Nous avons également agrandi le trou dans la fibre de verre pour minimiser les frottements lors de l'éjection de la goupille.

4 – Bague ogive + ogive

Cette pièce sert à maintenir l'ogive et l'électronique.

Nous avons choisi de faire une ogive conique en balsa car son poids est très faible et son usinage assez simple. Sa forme a été obtenue en la ponçant à la main.

5 – Parachute

Le parachute a une surface de 0.2 m². Il a été réalisé en toile de cerf-volant et cousu à la main. La fusée pesant 1.100 kg, sa vitesse de descente est donc de 9 m/s. Il est placé dans la partie inférieure de la fusée. Afin de le protéger lors de son éjection, il est mis dans deux coquilles en PVC non solidaires. Ainsi, lors de la séparation de la fusée, un ressort pousse sur la partie inférieure des coquilles, ce qui permet d'éjecter le parachute (et les coquilles par la même occasion).

6 – Problèmes rencontrés

Les principaux problèmes que nous avons pu rencontrer sont surtout d'ordre logistique. En effet, le nombre de machines outil disponibles pour les associations à l'école est très réduit et l'accès en reste limité. De ce fait, nous n'avons pu prendre notre temps pour nous familiariser au fonctionnement des machines. Ainsi, nous avons rencontré de gros problèmes pour l'usinage de nos pièces. Pour y pallier, nous avons donc été usiner nos pièces à l'extérieur.

Le second problème résidait dans notre méconnaissance des caractéristiques du gévelot et notamment de son utilisation. Nous avons donc dû beaucoup tâtonner avant de trouver une solution confinant correctement le gévelot. Ceci permettait alors d'obtenir la poussée optimale pour éjecter la goupille.

ELECTRONIQUE DE BEEP BEEP

I / PRESENTATION

L'idée d'un séquenceur numérique est partie du fait que sur la plupart des minuteriers de l'ESO, des montages à charge de condensateurs sont utilisés. Ce moyen nous permet de gagner de la masse et s'avère simple à mettre en œuvre pour les débutants. Mais le problème est que l'on part du principe où la charge exponentielle d'un condensateur peut être résumée à une droite si le temps réglé sur le RC est petit devant la constante de temps du circuit. De plus, le réglage de la constante de temps du RC est très approximatif puisque réalisée à l'aide d'un chronomètre. **Nous voulions donc un séquenceur qui puisse être très précis, qui bénéficie d'un réglage simple du temps de culmination, et qui de plus puisse servir de plate-forme pour les Fusex à venir.** Ce montage convient donc parfaitement puisqu'on peut utiliser les signaux des états des compteurs pour commander des actions successives avec le même séquenceur. Enfin, nous voulions commander entièrement le séquenceur, c'est-à-dire stopper le comptage arrivé à culmination tout en déclenchant un signal pour allumer le gévelot tout le long de la phase descendante de la fusée.

Ne disposant alors que de quelques bases simples, nous nous sommes documenté sur la technologie des compteurs.

II / FONCTIONNEMENT³

1 – Principe⁴

Nous avons commencé par rechercher une base de temps qui nous permette d'utiliser simplement des compteurs décimaux. Nous avons tout d'abord pensé à utiliser un quartz pulsant à 10 Hz. Mais ceux-ci sont relativement chers. La pulsation à 10 MHz nous permet d'avoir une précision de l'ordre du 10/s. Nous nous sommes rabattus sur un **générateur de fonctions 8038** pour notre base de temps. Celui-ci délivre donc un signal carré de fréquence 10 Hz. Le rapport cyclique est réglé de manière à obtenir des impulsions assez courtes en temps haut. Ce circuit intégré doit être alimenté en 12 V continu.

A la sortie, ce signal va être envoyé à une série de **3 compteurs décimaux 74 LS 190⁵** montés en cascade. Le premier va sortir une impulsion à chaque fois qu'il aura compté 10 impulsions fournies par le 8038. Le second va envoyer un signal de sortie au troisième dès qu'il aura compté x impulsions venant du premier LS 190. Ces impulsions correspondent à des secondes puisque le premier compteur divise la base de temps par 10. Le nombre x d'impulsions à compter avant de sortir un signal peut être réglé en alimentant certaines des pattes du LS 190. Pour qu'une patte soit alimentée, il faut basculer un interrupteur qui allume

³ - Voir les Annexes pour les Data Sheet des composants utilisés

⁴ - Voir les Annexes pour le schéma de principe

⁵ - Voir les Annexes pour schéma de fonctionnement des LS 190

une LED. Chaque patte possède un « poids » (une puissance de 2) qui lui est propre. Une combinaison de ces poids nous permet de régler la minuterie. De même, le troisième LS 190 va compter les dizaines de secondes. Ces circuits intégrés doivent être alimentés en 5 V continu.

Le signal à la sortie est envoyé dans un **transistor de puissance MOSFET**. Celui-ci n'envoiera un signal au gévelot que si le signal sur son entrée passe un certain seuil de tension.

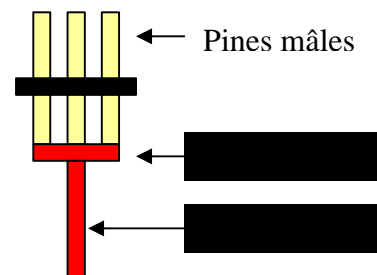
Nous voulions de plus que la minuterie s'arrête dès que le troisième LS 190 présentait un signal en sortie. Nous avons également besoin de maintenir le niveau du signal de sortie des compteurs pour que le gévelot puisse se déclencher dans la phase descendante du vol. C'est pourquoi nous avons utilisé une **bascule D 74 LS 74**⁶ pour y parvenir. En effet, le signal de sortie des compteurs est une impulsion et non un niveau stable. Cette bascule doit également être alimentée en 5 V continus.

Le déclenchement de la minuterie se fait à l'aide d'un Jack qui initialise l'autorisation de comptage des 3 LS 190. Toute la logique de la carte utilise donc la technologie TTL.

2 – Montage

Jack :

Lorsque la carte est sous tension et le jack présent, une diode verte est allumée. Lors de l'arrachage du jack, cette diode doit s'éteindre et une autre doit s'allumer en jaune. De cette façon, nous sommes sûrs de la position du jack et du bon fonctionnement de la carte. Ceci nous a imposé l'utilisation d'un jack différent d'un de type walkman. Il s'agit d'une broche de 3 pines mâles soudées au même point. Cette fiche rentre dans une partie femelle reliée à un connecteur Stoko sur la carte.



Monostable LS 123 :

Ce circuit intégré est utilisé pour créer une impulsion basse nécessaire à la bascule pour déclencher l'autorisation de comptage des LS 190. Alimenté en 5V continu, il utilise la charge d'un RC pour faire son impulsion. Il doit être initialisé comme tous les autres circuits intégrés.

Bascule 74 LS 74 :

Celle-ci gère tous les états de la minuterie. C'est en quelque sorte le cerveau du montage. Elle sert à donner et maintenir l'autorisation de comptage aux compteurs, à maintenir le niveau nécessaire au gévelot pour éclater. Elle permet également de bloquer le comptage, arrivé à culmination.

Poussoir Load :

Ce bouton poussoir permet d'initialiser toute la carte une fois mise sous tension et le jack mis. Il initialise les compteurs : il met en mémoire les états des compteurs pour leur permettre d'avoir un niveau de départ pour leur décompte. Il initialise le monostable LS 123.

⁶ - Voir les Annexes pour le timing de la logique de la carte

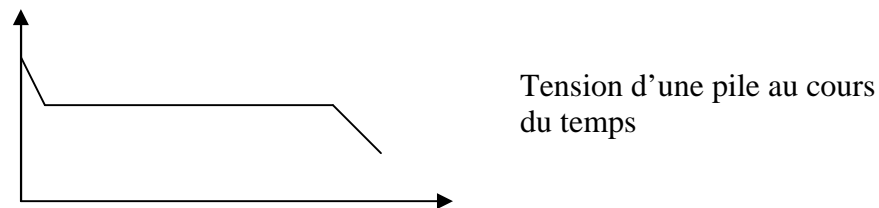
Il règle les états initiaux de la bascule 74LS74. Ce poussoir doit donc créer un niveau bas lorsqu'il est enfoncé et un niveau haut lorsqu'il est relâché. Nous avons donc naturellement choisi un poussoir avec un ressort de rappel. Durant la période où il est enfoncé, une diode jaune est allumée.

Gévelot :

Cette charge de poudre a besoin d'environ 700mA pour éclater. Nous avons tablé sur 1A par mesure de sécurité. Le cahier des charges nous demande d'installer un interrupteur de sécurité permettant de passer le gévelot à la masse. Cet interrupteur doit donc avoir un pouvoir de coupure d'environ 1A. En effet, après avoir éclater, le gévelot peut se comporter comme un court-circuit. Nous avons donc ajouté une diode indiquant si le gévelot est à la masse ou non. De plus une diode clignotante est déclenchée par le MOSFET lorsqu'il conduit. De ce fait, la diode clignote à la fin du comptage et nous permet de faire des essais de fonctionnement de la carte sans gévelot.

Alimentation :

Tous les composants sont alimentés en 5V sauf le 8038 qui est alimenté en 12V. Nous avons donc utilisé la sortie en collecteur ouvert du 8038 pour faire l'alimentation en 5V du reste du circuit via un **régulateur 7805**. A l'origine, l'alimentation était en 12V. Nous nous sommes ensuite aperçus que la courbe du débit d'une pile n'est absolument pas constante mais a la forme suivante :



De ce fait, notre carte n'était plus alimentée qu'en 9V. Nous avons donc changé le système d'alimentation en mettant deux piles de 9V en série. Ensuite nous avons placé un **régulateur 7812**. Nous avons alors une source de tension correcte.

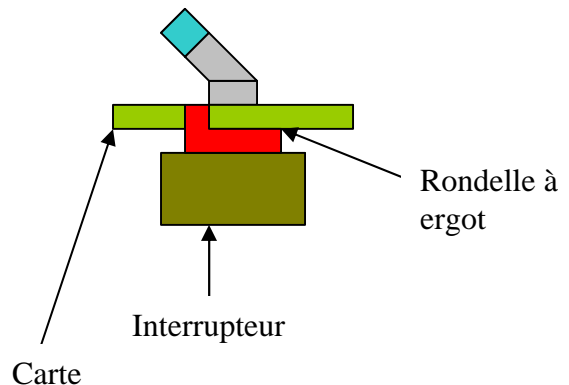
III / REALISATION

1 – Routage

En raison du nombre important de liaisons et limités par les dimensions de la carte (40x150), nous avons décidé de router la carte en double face. Les logiciels de routage dont nous disposions n'étant pas disponibles à l'époque où nous routions, nous avons décidé de router entièrement la carte en double face à la main. Ceci nous a pris environ 1 mois sur table lumineuse et papier au pas de 2,54 mm. Un plan de masse a été rajouté ainsi que des condensateurs de 220 pF pour le découplage.

2 – Implantation et câblage

Nous avons installé les interrupteurs d'alimentation et du gévelot de chaque côté de la carte grâce à des rondelles particulières fournies avec. Elles permettent d'éviter la rotation de l'interrupteur sur lui-même en vol. Ceci nous permettait un gain en épaisseur de la carte. Les interrupteurs basculent horizontalement lorsque la fusée montée est verticale. De cette façon, nous minimisons les effets des G positifs et négatifs sur les interrupteurs. Des micro-switches sont utilisés pour régler le temps.



Les régulateurs et le MOSFET présentent leur tranche de plus faible épaisseur à l'action des G. De ce fait, on économise la place perdue s'ils avaient été couchés. La partie en aval du MOSFET est totalement câblée avec du fil souple multibrins afin de permettre le passage d'un courant d'1 A.

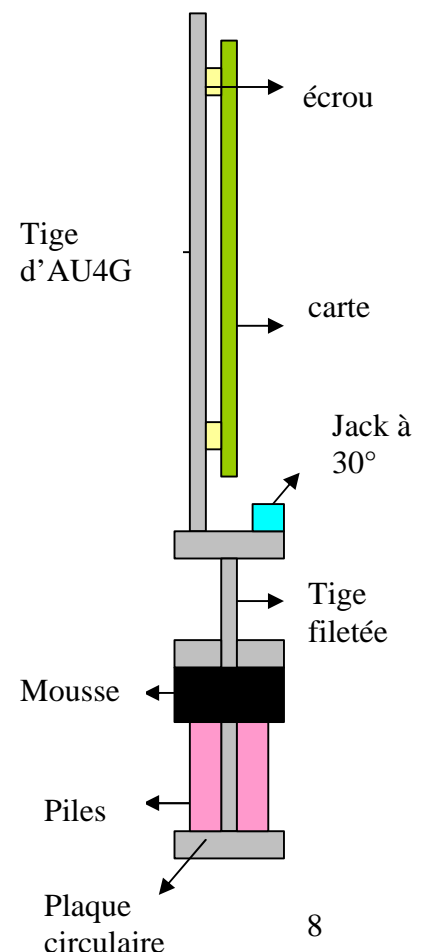
Des borniers à vis sont utilisés pour l'alimentation et les fils du gévelot. Des cosses sont montées sur les fils d'alimentation afin d'avoir un meilleur contact dans le bornier. Les fils qui risquent de se dessouder (alimentation) sont gainés avec de la gaine thermorétractable. Les fils qui frottent sur des arêtes vives en métal sont mis dans une gaine tressée.

3 – Intégration de la carte sur la mécanique

La carte est fixée sur des tiges en aluminium AU4G de 5x5. Des écrous en laiton servent d'entretoise afin d'éviter que les tiges en aluminium ne soient en contact avec les points de soudure. En effet, afin de relier les masses mécaniques et électroniques, nous avons utilisé les écrous en laiton pour venir mettre en contact la visserie et le plan de masse.

Le jack est fixé sur une plaque circulaire en AU4G située sous la carte. C'est la partie femelle du jack qui y est fixée. Cette plaque circulaire est primordiale dans le montage. En effet, dessus viennent se fixer les tiges supportant la carte grâce à des vis. Un trou en son centre permet de faire passer les fils d'alimentation et les fils du gévelot. De plus deux tiges filetées de 3mm de diamètre viennent s'y fixer par des écrous.

Ces 2 tiges vont servir de support aux 2 piles de 9V. Les piles sont verticales et sont maintenues verticalement par un bloc de mousse de polyuréthane ainsi que par une



plaque circulaire d'AU4G de chacun des côtés. Les tiges filetées servent à maintenir les piles latéralement et à serrer les deux plaques d'AU4G contre les piles.

Enfin, les tiges sur lesquelles est montée la carte sont fixées sur la bague supportant l'ogive grâce à deux vis. De ce fait tout le bloc électronique est séparable du reste de la fusée en minimisant les opérations mécaniques : il suffit de dévisser la bague ogive du corps supérieur et de tirer sur la bague ogive. Les blocs de mousse viennent frotter sur les parois internes du corps supérieur assurant ainsi une très bonne stabilité de tout le bloc électronique dans la fusée et limitant ainsi les problèmes de vibration. Des rondelles éventail sont disposées sous tous les écrous afin d'éviter que ceux-ci se dévissent en vol.

Des trous et des fentes ont été percés dans la peau du corps supérieur afin de laisser les principales diodes apparentes et les interrupteurs accessibles. Ces découpes faites à la lime ne modifient pour ainsi dire pas la rigidité du corps et ont du être agrandies après contrôle pour que la fusée puisse être lancée sur rampe.

IV / PROBLEMES RENCONTRES

Nous avons été surtout confronté à des problèmes du fait de notre manque de connaissance, par exemple pour la courbe de débit d'une pile. Notre principal problème a résidé dans le fait que lorsque nous avons connecté les piles à la carte, si le gévelot était connecté, il explosait.

Nous avons donc étudié le problème et finit par s'apercevoir qu'il était dû au fonctionnement du MOSFET. En effet, si celui-ci ne reçoit pas de signal sur le « Gate », le courant peut passer entre le « Drain » et la « Source ». C'était effectivement le cas qui se posait à nous. Nous avons résolu ce problème en déplaçant l'interrupteur Marche / Arrêt, qui se trouvait alors en aval du bornier d'alimentation, en amont de celui-ci. De cette façon, le courant ne pouvait plus passer dans le MOSFET tant que la carte n'était pas allumée et donc tant qu'il n'y avait pas de signal sur le « Gate » du MOSFET.

LE VOL DE BEEP BEEP

I / LES CONTROLES

Nous n'avons pas eu de problèmes particuliers concernant l'électronique durant cette phase.

En ce qui concerne la mécanique, seul un aileron un peu vrillé nous a été reproché. Nous y avons immédiatement remédié en le redressant.

On peut donc dire que le projet a été bien mené. En effet, nous sommes arrivés à MILLAU avec une fusée finie à 99.9 %. De plus, nous n'avons pas connu de problèmes de délais majeurs.

II / LE LANCEMENT

1 – Déroulement

A l'arrivée en tente club sur le plateau du Larzac, nous avons commencé par changer les piles des tests par un jeu de piles neuf. Lors de la mise sous tension de **la carte**, celle-ci **s'est allumée de façon très brève** (toutes les diodes vertes allumées) **puis éteinte**. Nous avons essayé de basculer à nouveau l'interrupteur Marche / Arrêt, mais ceci ne changeait rien. Nous avons alors desserré les blocs de mousse tenant les piles et refait un nouvel essai. La carte fonctionnait alors normalement, mais les piles n'étaient plus fixées. Nous avons alors changé à nouveau le jeu de piles par un autre neuf. Aucun problème ne s'est alors manifesté. Depuis la réalisation de la carte, nous n'avons jamais eu de problème de dysfonctionnement. Nous n'avons toujours pas compris d'où pouvait venir le problème si ce n'est du jeu de pile. Or celui-ci fonctionne normalement sur des appareils conventionnels (télécommande de modélisme). Leur charge est correcte et l'était également quand les piles étaient montées sur la fusée. Nous avons réglé le temps de culmination à 9s conformément à Trajec et aux directives données par le CNES et l'ANSTJ. Puis nous avons fait un vol simulé sans connecter le gévelot. Aucun problème n'est apparu.

Nous avons donc emmené Beep Beep sur rampe Idéfix. Lors du basculement des interrupteurs, et plus particulièrement lors du basculement du gévelot en position connecté, le gévelot a éclaté et **la fusée s'est ouverte en rampe**. Ceci paraît incompréhensible du fait que les indications de la carte étaient correctes et qu'avant le basculement de cet interrupteur, l'enfoncement du jack a été vérifié. Nous l'avons donc **ramenée en tente club** pour essayer de comprendre d'où pouvait venir le problème.

Les piles étaient OK. Le jack était correctement enfoncé, ce qui était confirmé par la carte (diode verte allumée). La base de temps était correctement réglée (interrupteurs et fréquence à 10 Hz). Nous avons rallumé la carte et vérifié les indications qu'elle donnait après avoir pris soin de remettre le gévelot sur masse. Tout était bon. Nous avons alors refait les mêmes gestes que sur rampe et aucun dysfonctionnement n'est apparu. Nous avons également vérifié

la présence de court-circuits sur la carte : RAS. Nous avons refait un vol simulé sans gévelot mais en basculant son interrupteur : RAS. Nous avons alors remarqué que l'Araldite qui fixait le régulateur 7812 n'était pas tout à fait sèche en surface. Or cette pellicule non sèche n'était en contact qu'avec la partie en plastique du régulateur. Par acquis de conscience, nous avons enlevé cette pellicule et vérifié avec une aiguille que tous les points de colle étaient complètement secs. Ceci ne paraît pas avoir été source de problème puisqu'il n'y avait aucun court-circuit. Nous avons ensuite vérifié que les pics de courant arrivant au MOSFET et au gévelot, dus à la mise sous tension de la carte, étaient suffisamment faibles pour ne pas déclencher le gévelot. Ceci s'est avéré évidemment infructueux : aucun problème n'est apparu avec les mêmes piles que celles utilisées en rampe.

Avec l'accord de l'ANSTJ et du CNES, nous avons refait en tente un essai de comportement en rampe simulé avec gévelot : **nous avons remis un gévelot neuf et refait les mêmes gestes qu'en rampe. Aucun problème n'est apparu lors du basculement des interrupteurs. Avec l'accord des responsables du CNES et de l'ANSTJ, nous avons alors ramené la fusée en rampe pour effectuer le lancement avec les mêmes piles.**

2 – Explications

Cette série de dysfonctionnements reste totalement incompréhensible puisque nous avons fait auparavant de très nombreux tests et environ cinq vols simulés avec gévelot (notamment à l'ANSTJ). Nous avons fait les tests avec des piles différentes. Jamais aucun problème n'était apparu sur la carte... Ces problèmes étaient les premiers à apparaître et tous les responsables qui ont pu y jeter un œil en tente club sont restés sans explication possible.

Le jour du lancement, il faisait très humide et il bruinaît. Il est possible que l'humidité ait joué un rôle ou que la pluie ait réussi à atteindre la carte malgré les protections mises. Mais ceci reste assez douteux. Les seules explications possibles sont :

- Premier jeu de pile défectueux dans ces conditions climatiques
- Premier gévelot défectueux : faux contact entre les deux électrodes
- Défaut d'isolement du fil du gévelot relié au MOSFET (contact avec la masse)

Le fait de réutiliser le même capuchon vert pour le gévelot peut peut-être causer ce défaut d'isolement par dépôt de carbone lors des mises à feu des gévelots précédents.

III / LE CRASH

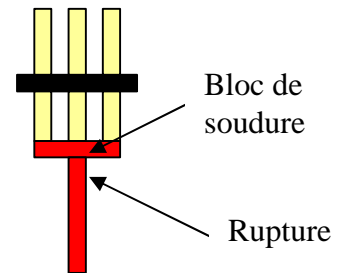
Une fois Beep Beep mise en rampe, nous avons fixé le jack et basculé les interrupteurs. Tout s'est déroulé comme prévu. Le pyrotechnicien et le PC Chrono nous ont alors donné le feu vert pour le lancement.

Après un décollage impressionnant par sa vitesse et son accélération, nous avons perdu de vue la fusée dans les nuages. Au bout de 12- 13 secondes environ, nous avons entendu un sifflement strident puis un bruit d'impact. Verdict : « **Balistique** ».

Nous sommes allés récupérer les restes de la fusée et en passant devant la tente pyro, le pyrotechnicien nous a donné la cause du crash : **le jack ne s'est pas arraché de la fusée**. Jamais durant les tests le jack n'a accroché la peau de la fusée. Nous avons pourtant fait des tests de solidité du jack. Ceux-ci sont peut-être à la base de l'arrachement du fil. En effet, le

fil principal relié à la rampe est serré dans une cosse. Celle-ci montée sur la pine centrale est le support pour la soudure des deux autres pines. La cosse pinçant le fil peut avoir, au fur et à mesure des tests, entamé la gaine et les tores. Avec le choc brutal du décollage, le fil aurait cédé ...

Celui-ci s'est rompu juste en dessous du point de soudure. De ce fait, les 3 pines mâles sont restées connectées et la minuterie ne s'est pas déclenchée. Nous aurions peut-être du relier chacune des broches extérieures à celle centrale par un fil conducteur. Puis passer le câble de fixation au sol dans chacune des boucles ainsi créées. De ce fait, si le jack ne s'était pas arraché, les boucles auraient pu être sectionnées. Ainsi la minuterie se serait déclenchée malgré tout.



Ce balistique s'inscrit donc dans une journée profondément marquée par Murphy. Tous les problèmes rencontrés durant cette journée ne se sont absolument jamais présentés auparavant et restent pour nous complètement obscurs et incompréhensibles, en excluant le jack. Ni la partie électronique ni la partie mécanique n'avaient présenté de problèmes aussi mineurs soient-ils durant tous nos vols simulés et les essais réalisés une fois la fusée terminée.

CONCLUSION

Ce projet a été très formateur pour nous puisque nous avons réussi à développer une fusée avec le peu de connaissances que nous avions. Nous nous sommes aperçu que même si nous avions de bonnes connaissances théoriques, nous finissions toujours par être limité par des problèmes d'ordre pratique : usinage, soudure à l'arc, comportement des piles, ... Ce projet s'est donc révélé passionnant puisqu'il nous permettait de mettre réellement en application nos connaissances et également de nous confronter à la mise en œuvre d'un véritable travail d'ingénieur.

En effet, nous avons agencé les personnes relatives au projet comme un bureau d'étude : une partie mécanique et une partie électronique. Chacune des deux équipes développant sa partie, il nous a fallu faire de nombreuses réunions pour faire le lien entre mécanique et électronique. De cette façon, nous nous sommes réellement rendu compte que rien ne pouvait être fait l'un sans l'autre.

Il a été certes frustrant de voir Beep Beep se crasher, d'autant plus à cause d'un problème purement secondaire, mais le fait de n'avoir jusqu'au lancement eu quasiment aucun problème nous motive d'autant plus pour concevoir des fusées plus élaborées dans les années à venir. Ceci nous a montré que nous étions capables de penser la fusée à la fois dans son ensemble mais aussi de manière très précise en envisageant les défaillances possibles et essayant d'y apporter une solution. Cette expérience nous prouve aussi que la plupart du temps les problèmes proviennent d'une partie plus ou moins négligée car paraissant secondaire. De ce fait, tout est à placer sur le même plan d'importance.

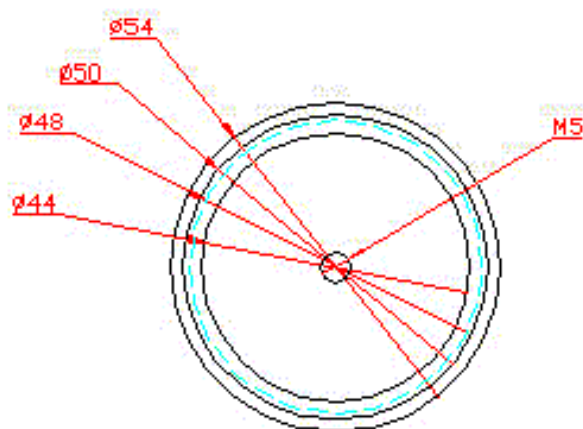
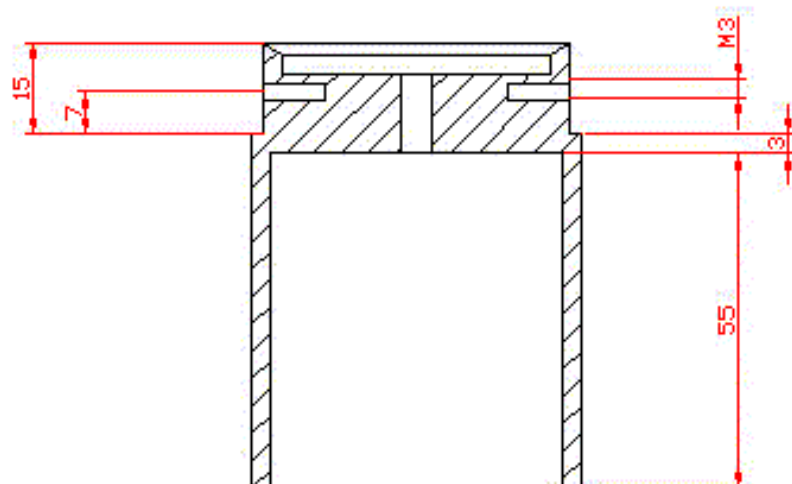
ANNEXES

MECANIQUE

plans mécaniques détaillé	I
plan fusée complète	IV
trajec	V

ELECTRONIQUE

schéma de principe	VI
data sheets	VII
timing compteurs	VIII
timing minuterie	IX
implantation	X
routage	XI
chronologie	XII



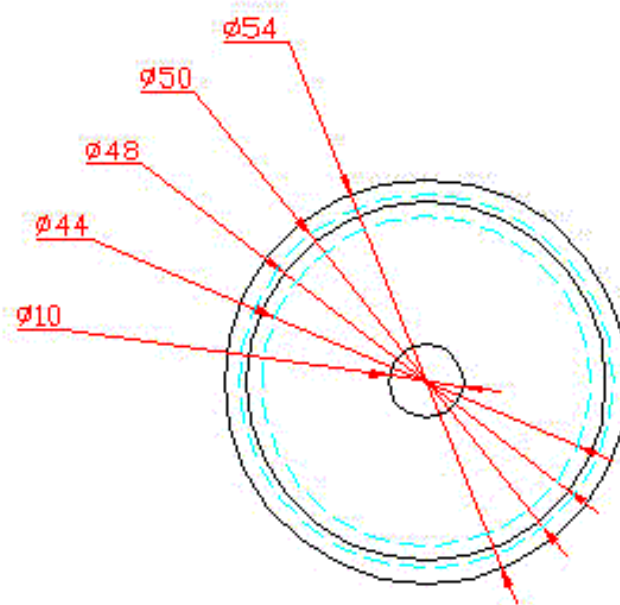
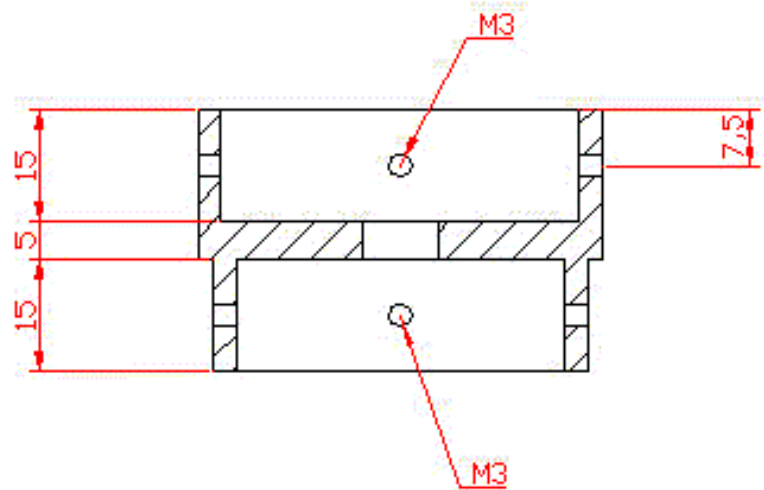
Matière : AU4G

Date : 20 juin 2000

ECHELLE

1:1

Bague - ailerons



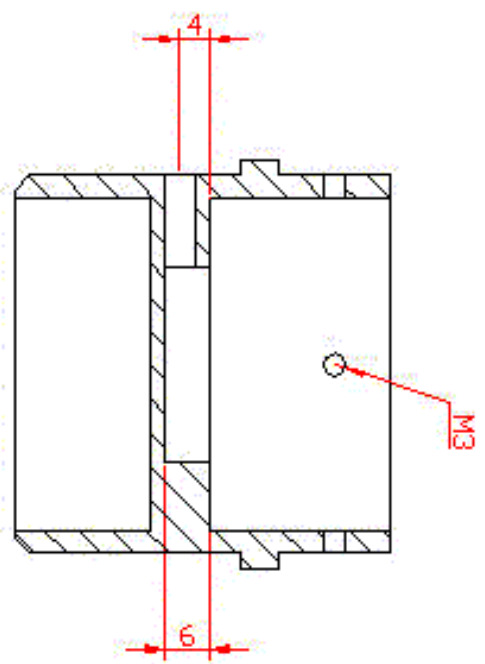
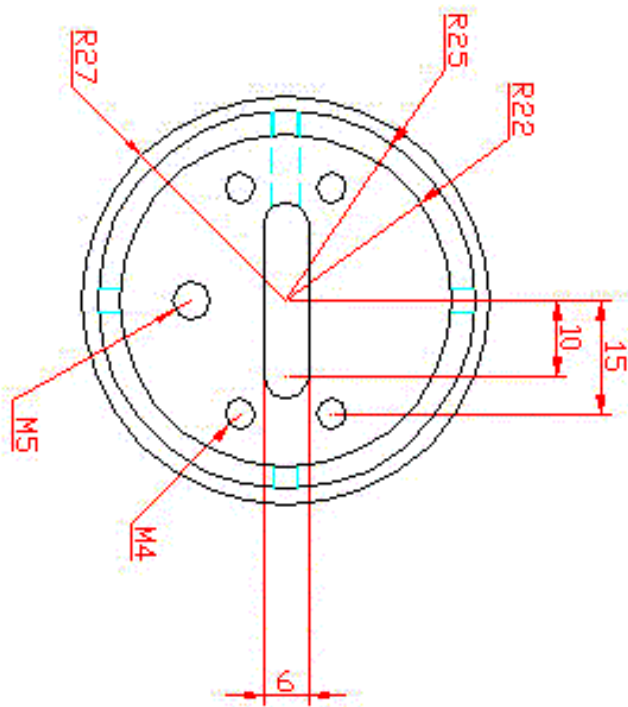
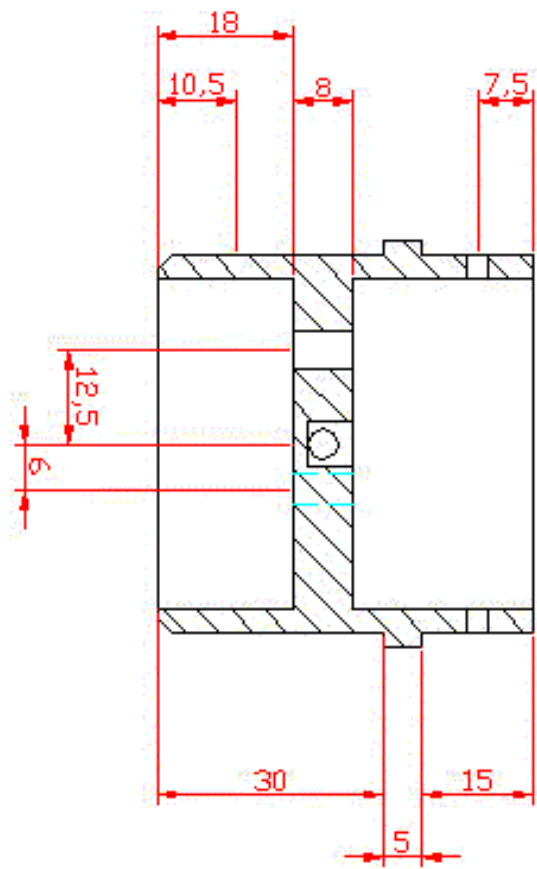
Matière : AU4G

Date : 20 juin 2000

ECHELLE

1:1

Bague - ogive



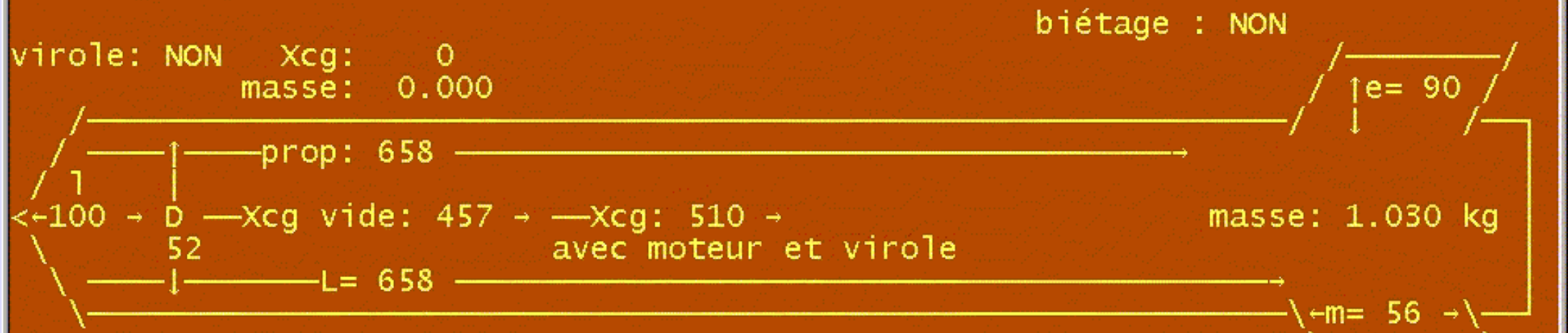
Matière : AU4G

Date : 20 juin 2000

ECHELLE
1:1

Bague - séparation

FUSEE: beepbeep	CLUB: ESO	MOTEUR: koudou	PAS: 10 %
-----------------	-----------	----------------	-----------



coiffe:ogivale

jupe/rétréint : NON

épaisseur ailerons : 2.0

p= 33 → ←n= 34 →

sortir du programme

déplacements: ←|→ validation: RETURN

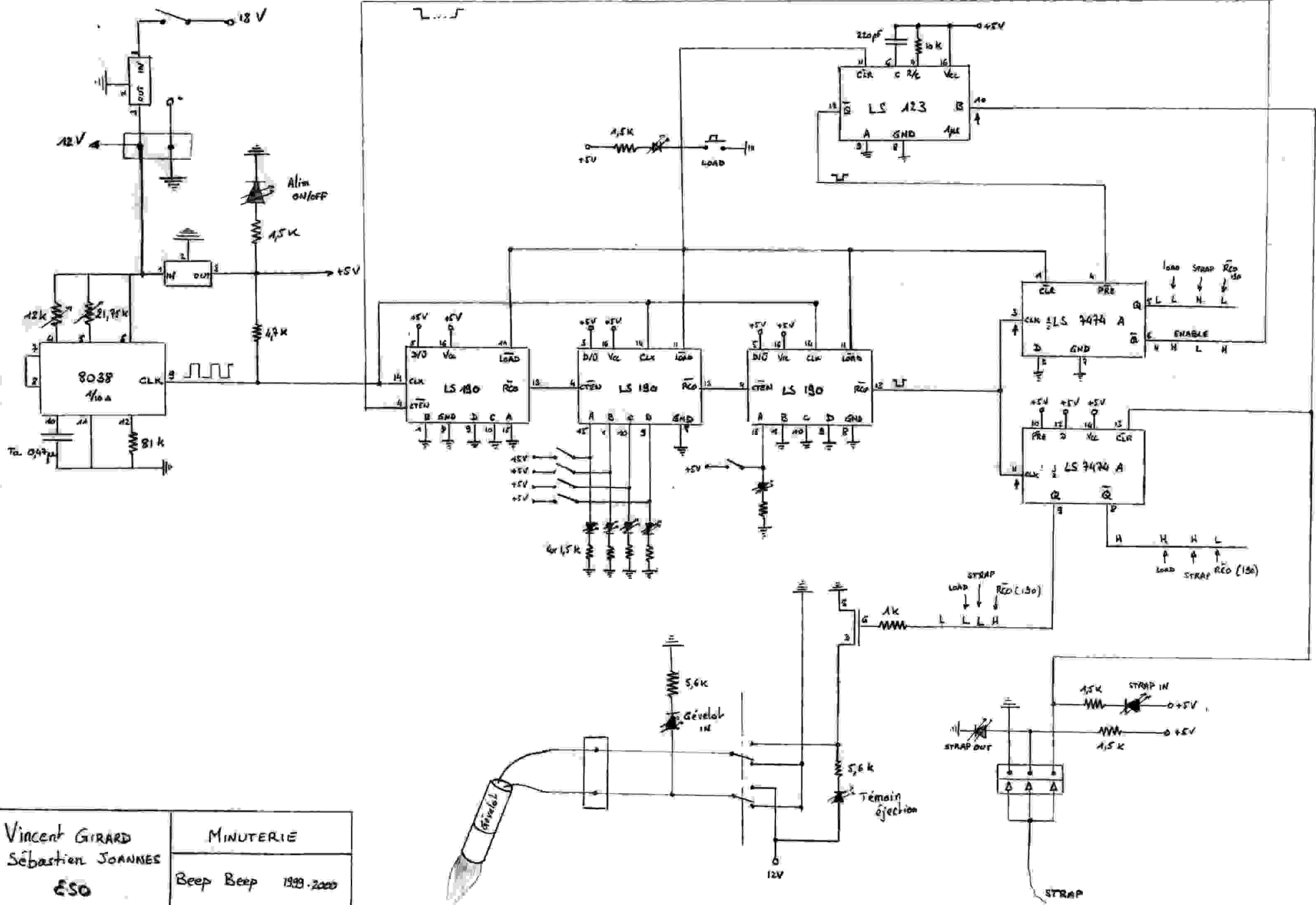
variations: + -

nombre d'ailerons : 4

nom de la fusée

Cn=19.8 || Xcp: 620 || marge statique: de 2.1 à 2.5

distances en mm

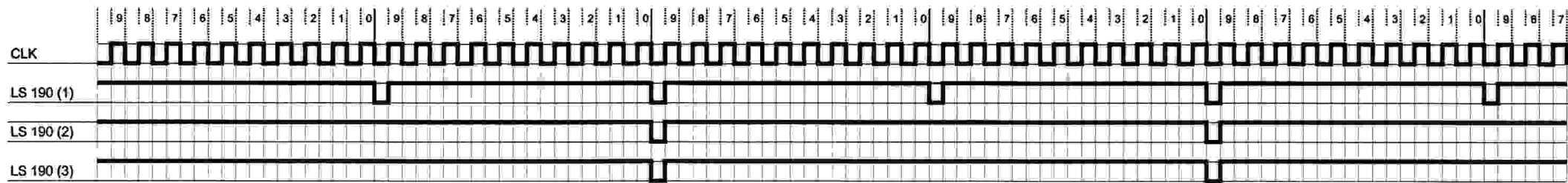


Vincent GIRARD
Sébastien JOANNES
ÉSO

MINUTERIE
Beep Beep 1999-2000

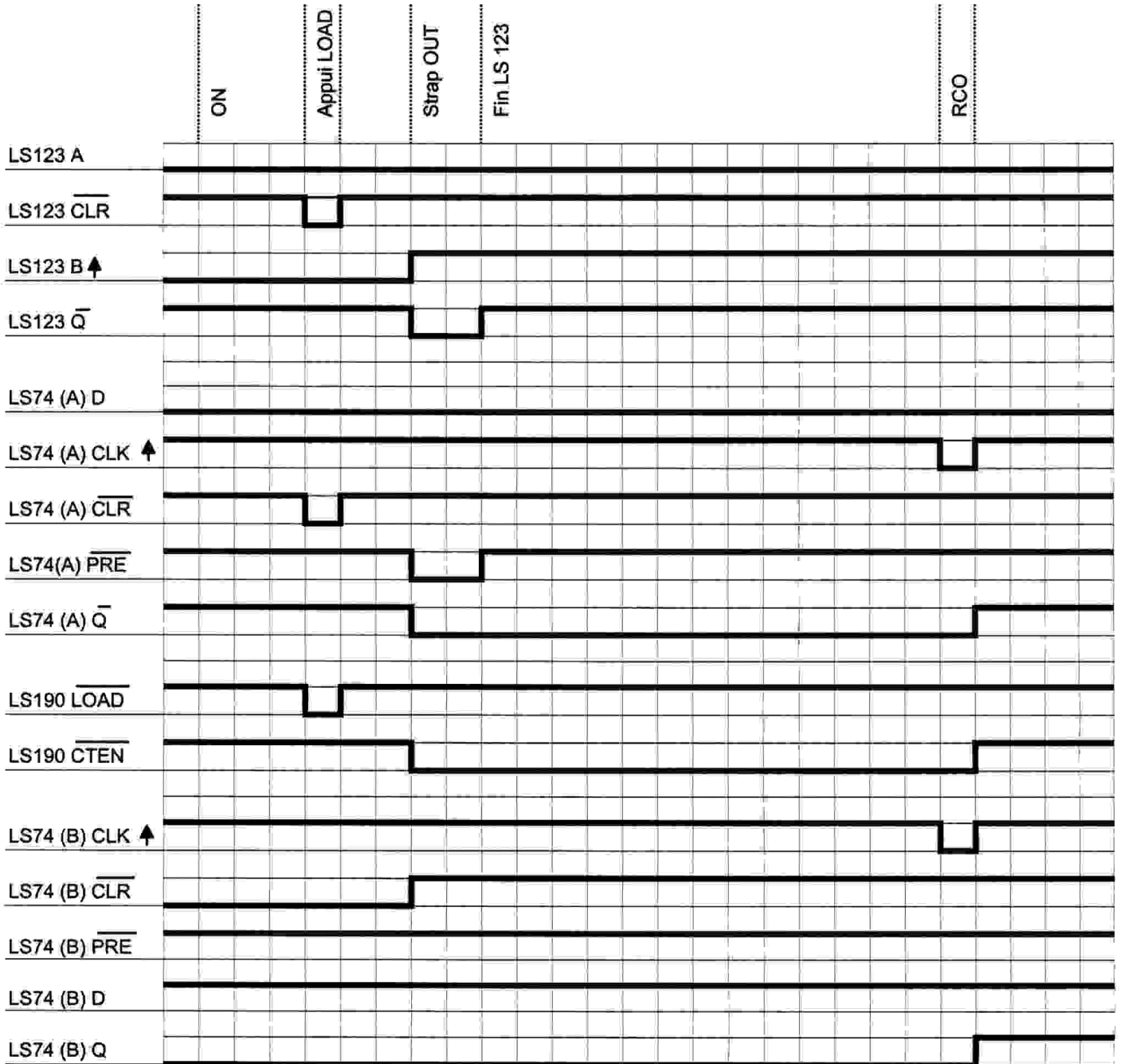
Timing des Compteurs SN54LS190
Compteur n°2 réglé à 2s

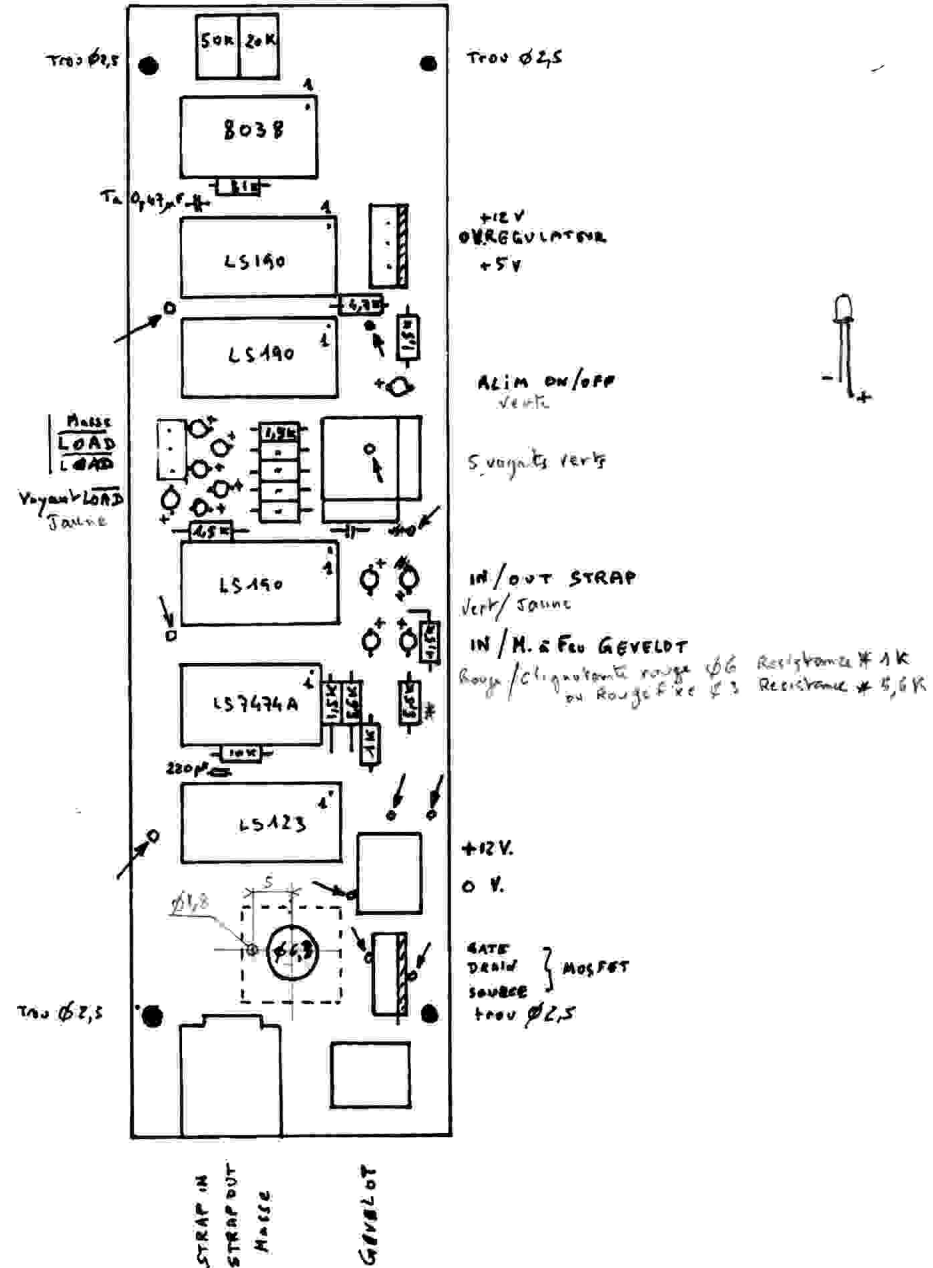
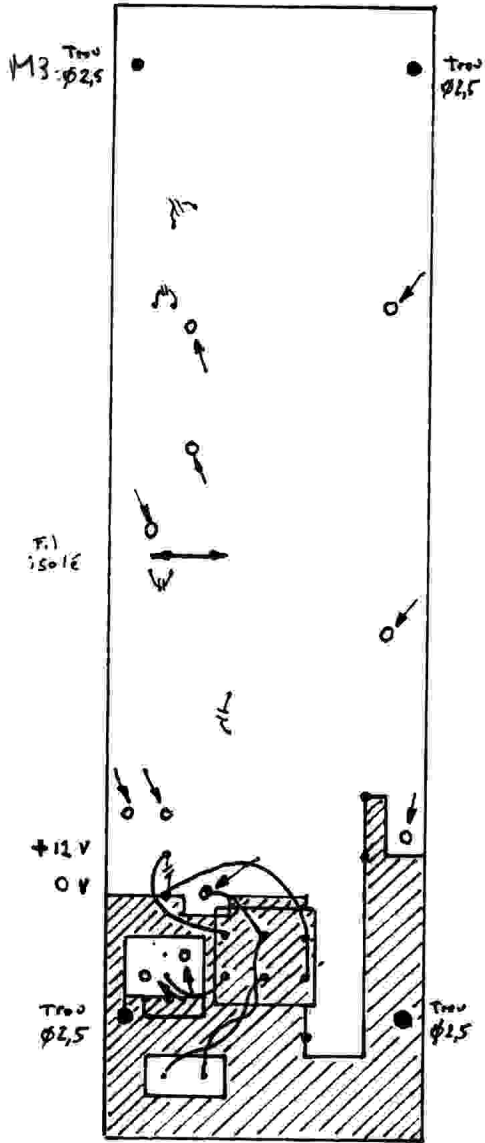
Rapport cyclique : 0.1



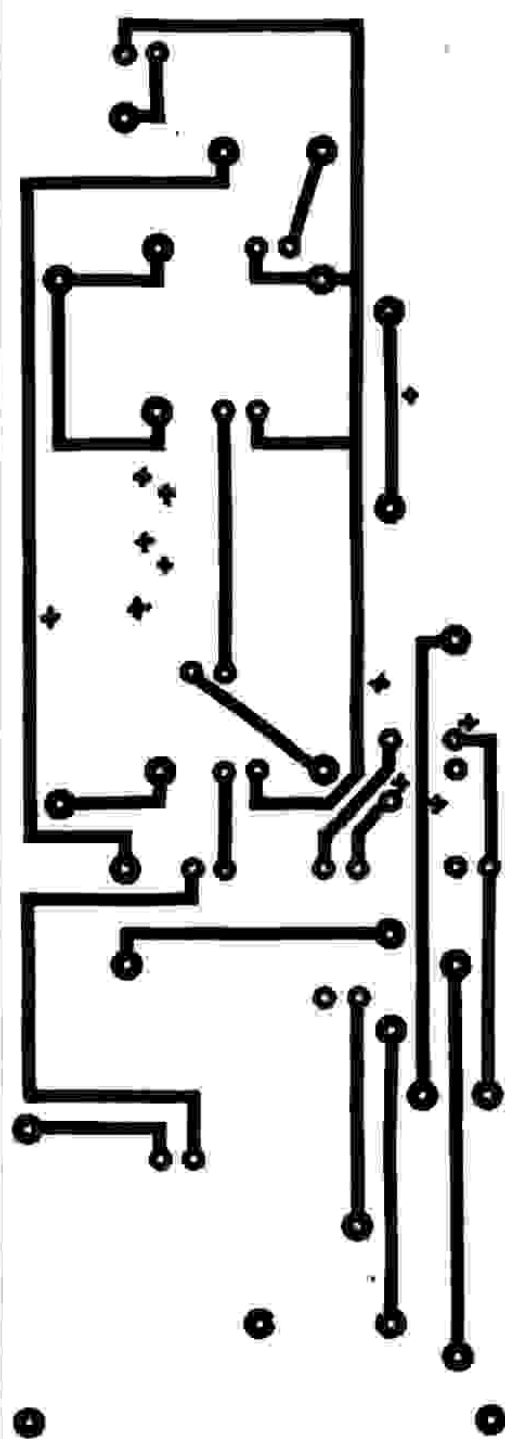
Timing de la Minuterie

Beep Beep

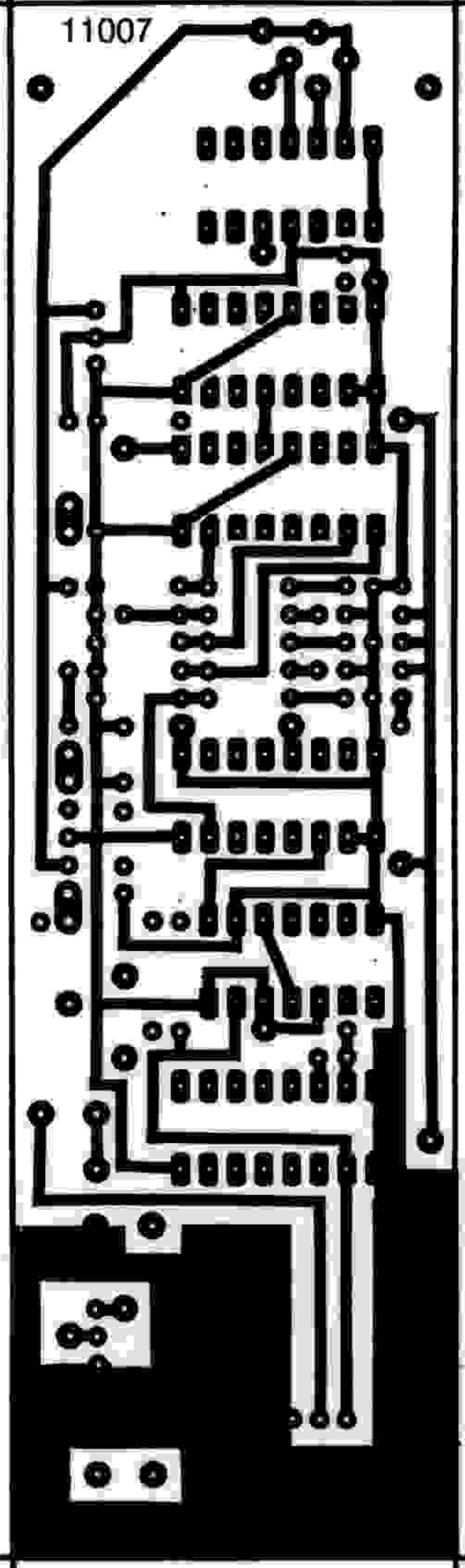




2956



11007



CHRONOLOGIE DE BEEP-BEEP

(Fusée de Emmanuelle, Vincent, Sébastien, Jean et Rémy)

- H-60 mn Arrivée sur l'aire de lancement
- H-45 mn Rémy prend la chronologie et la lit à ses camarades
Mise en place des piles neuves
Mise en place du gévelot (+ tube en acier)
Vérifier le temps de la minuterie
Monter la fusée
Mettre le jack
Dernier essai de fonctionnement
Mettre les interrupteurs sur « off » et « masse »
- H-30 mn Descente sur rampe et essai de compatibilité
- H-15 mn Mise en place du propulseur par l'artificier
- H-12 mn Emmanuelle, Jean et Sébastien remontent
- H-10 mn Mise en place du jack et fixation du cordon sur la rampe
- H-7 mn Mettre la carte sous tension et vérifier que seuls les 2 voyants verts sont allumés
Commuter le gévelot sur « connecté » (diode rouge allumée)
Appuyer sur le poussoir « load » (diode jaune allumée)
Vérifier que seuls les voyants verts et le voyant gévelot sont allumés
- H-5 mn Evacuation de la rampe et armement du propulseur par l'artificier
- H-1 mn Le lanceur rejoint le poste de lancement accompagné de Rémy
- H-10 s Décompte final
- H 0 Rémy appuie sur le bouton de mise à feu