

DOSSIER TECHNIQUE :

LES FUSEES A EAU

Par Eric Muscat (eric.muscat@free.fr) Animateur scientifique.

Juin 2001

Petit rappel des faits...

Lundi 21 mai 2001 à 09h06, par 00° 39' 19" de longitude Est et 48° 11' 15" de latitude Nord*, une hirondelle de fenêtre fends joyusement l'air calme dans un ciel de printemps à la recherche de son déjeuner.

Soudain, des cris d'humains venant du sol attirent son attention. « trois... ,deux..., un..., EAUUUUU!!! ». Un objet que l'hirondelle n'a pas le temps d'identifier s'élève alors dans les airs et fonce droit sur elle. Se rappelant ses cours d'évitement de faucons pèlerins en piqué, l'hirondelle échappe à la collision d'un habile coup d'aile et s'enfuit du secteur en maugréant contre ces incompréhensibles humains qui, après avoir inventé le DDT, se mettent à réintroduire dans les airs des faucons pèlerins en plastique qui volent à l'envers.

Au sol, les humains en question se montrèrent beaucoup plus enthousiastes. En effet, l'objet volant n'était autre qu'une fusée à eau en train d'effectuer son baptême de l'air. En s'élevant dans les airs, elle venait de leur faire découvrir ce que signifiait concrètement le principe de réaction. Et avant même que l'implacable gravité n'ait à nouveau clouée l'engin au sol, les jeunes animateurs comprirent la richesse pédagogique que pouvait receler cet outil d'animation scientifique.

Il s'ensuivit 3 jours d'animations fusées à eau auprès des scolaires venus participer à la coupe de robotique, en parallèle d'une animation sur les météorites. Point commun ? Le thème : 2001 l'Odyssée de l'espace. Ce fut l'occasion de s'essayer à quelques pratiques pédagogiques autour des fusées à eau, et de prendre conscience des questions de sécurité à maîtriser.

Tels sont les événements qui introduisirent la déferlante « fusée à eau » au sein de notre petit groupe d'animateurs scientifiques. A la fin de ces journées d'animation, beaucoup de personnes voulurent elles aussi posséder leur base de lancement de fusée à eau, élément indispensable à l'activité. Après avoir mis au point des plans précis, j'organisai un atelier de construction où chacun pu construire la sienne.

Ce dossier fait la synthèse de cet épisode « fusée à eau ».

Il comporte :

- Une grosse partie consacré à la fabrication de la base de lancement des fusées, car sans base, pas de fusées en l'air !
- Des pratiques pédagogiques possibles autour de l'activité fusées à eau, sans prétendre faire un tour exhaustif de la question.

* La Ferté Bernard, Sarthe, France. Festival ARTEC 2001-coupe de robotique E=M6.

1/ CONSTRUCTION DE LA BASE

Les plans des pages suivantes permettent de construire une base quasiment identique à celles que nous avons réalisée. Ces plans intègrent les toutes dernières améliorations conçues après la fabrication de la première série (rehaussement de la tourelle, suppression d'écrous papillons inutiles, déplacement de l'axe de rotation du levier, modification de l'usinage du levier, rallongement du tuyau). Les plans paraîtront peut-être inutilement détaillés aux yeux de certains bricoleurs pour qui un simple schéma de principe aurait suffi. Je ne les ai pas dessinés pour eux !!!

Principe de fonctionnement (voir le plan) :

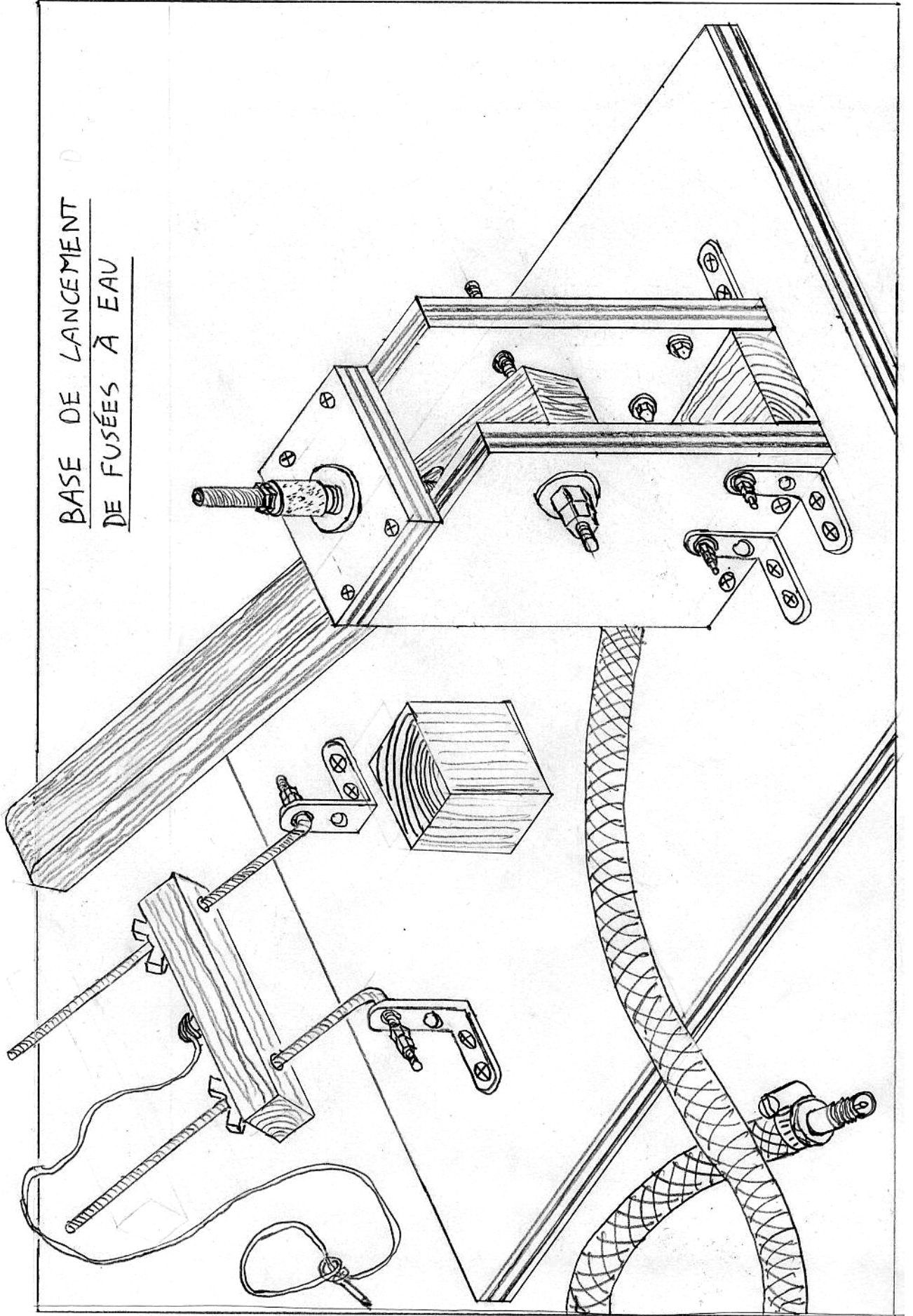
Lorsqu'on appuie sur le levier en bois, on fait descendre d'un ou deux centimètres la tige filetée creuse. La tige écrase le bouchon en caoutchouc fixé dessus. Cet écrasement du bouchon dans le sens vertical provoque son élargissement dans le sens horizontal. Si le bouchon est placé à l'intérieur du goulot d'une bouteille, il vient alors se plaquer fortement contre les parois internes du goulot. Cela à 2 fonctions : étanchéifier le goulot et empêcher la fusée de décoller.

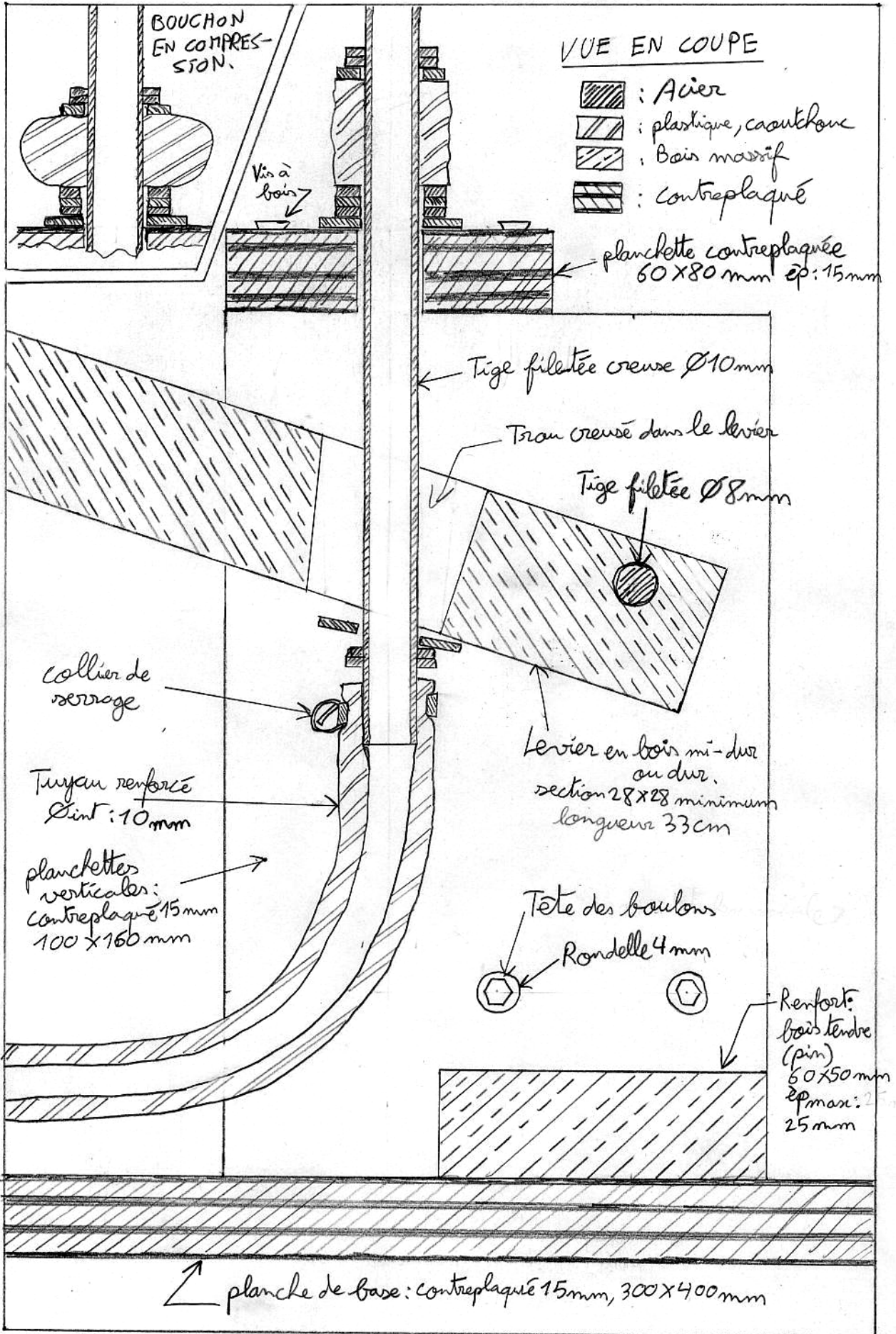
Une fois la fusées mise en place, on insuffle de l'air dans la bouteille à travers la tige filetée creuse. Une valve de vélo est placée au bout du tuyau afin de garder la pression dans l'ensemble bouteille+tuyau.

Pour lancer la fusée, il suffit de libérer le levier en tirant sur la ficelle du bloqueur. A ce moment-là, le bouchon en caoutchouc retrouve sa forme initiale et cela permet à la fusée de s'échapper.

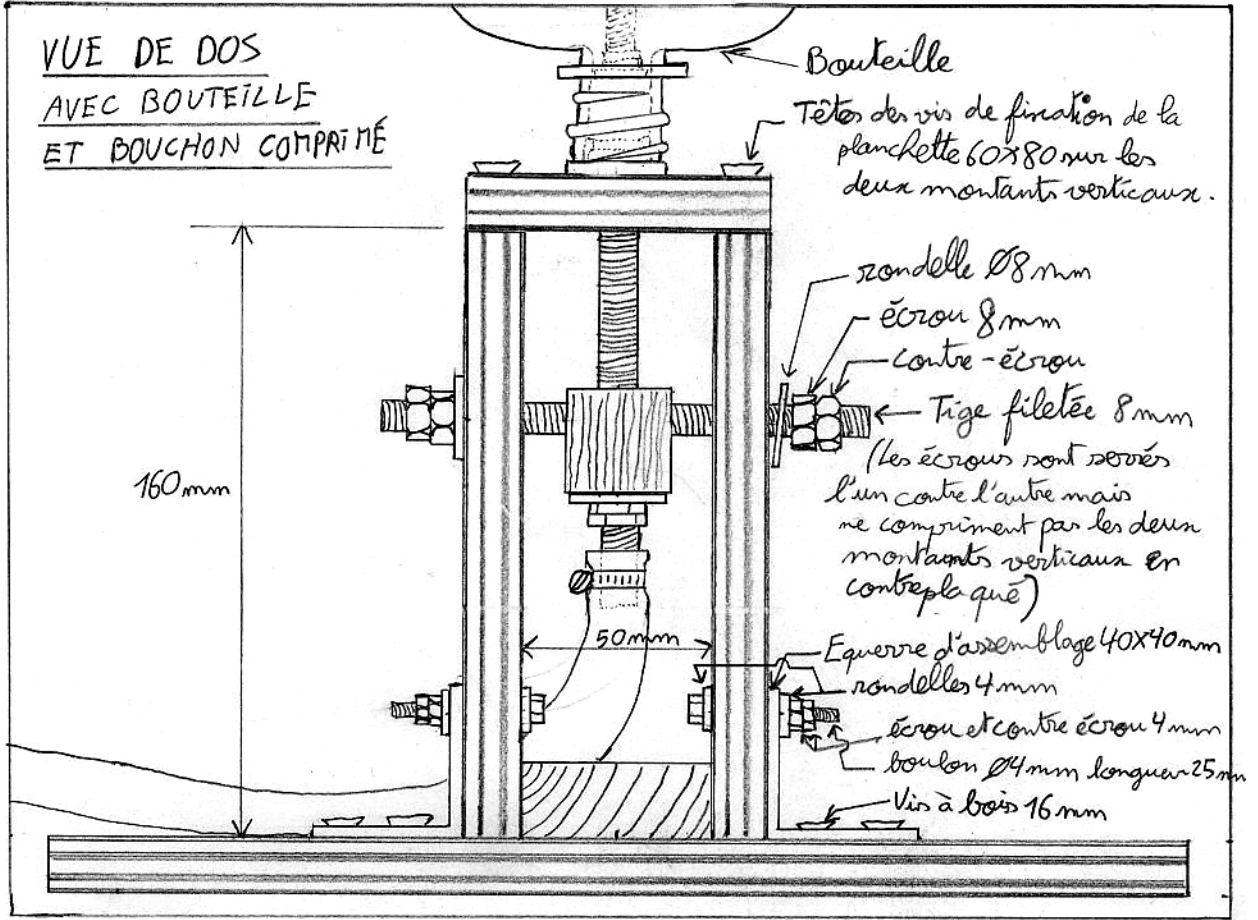
Il existe des modèles plus simples de bases de lancement, notamment des modèles bloquant la fusée à l'aide d'un U en fil de fer qu'on passe de part et d'autre du goulot. Le modèle proposé dans ce dossier à l'avantage de permettre une installation très rapide de la fusée, ce qui est très appréciable quand des dizaines d'enfants attendent leur tour. De plus, il permet de monter haut en pression (jusqu'à éclatement de la bouteille, c'est suffisant, non ?).

BASE DE LANCEMENT
DE FUSÉES À EAU

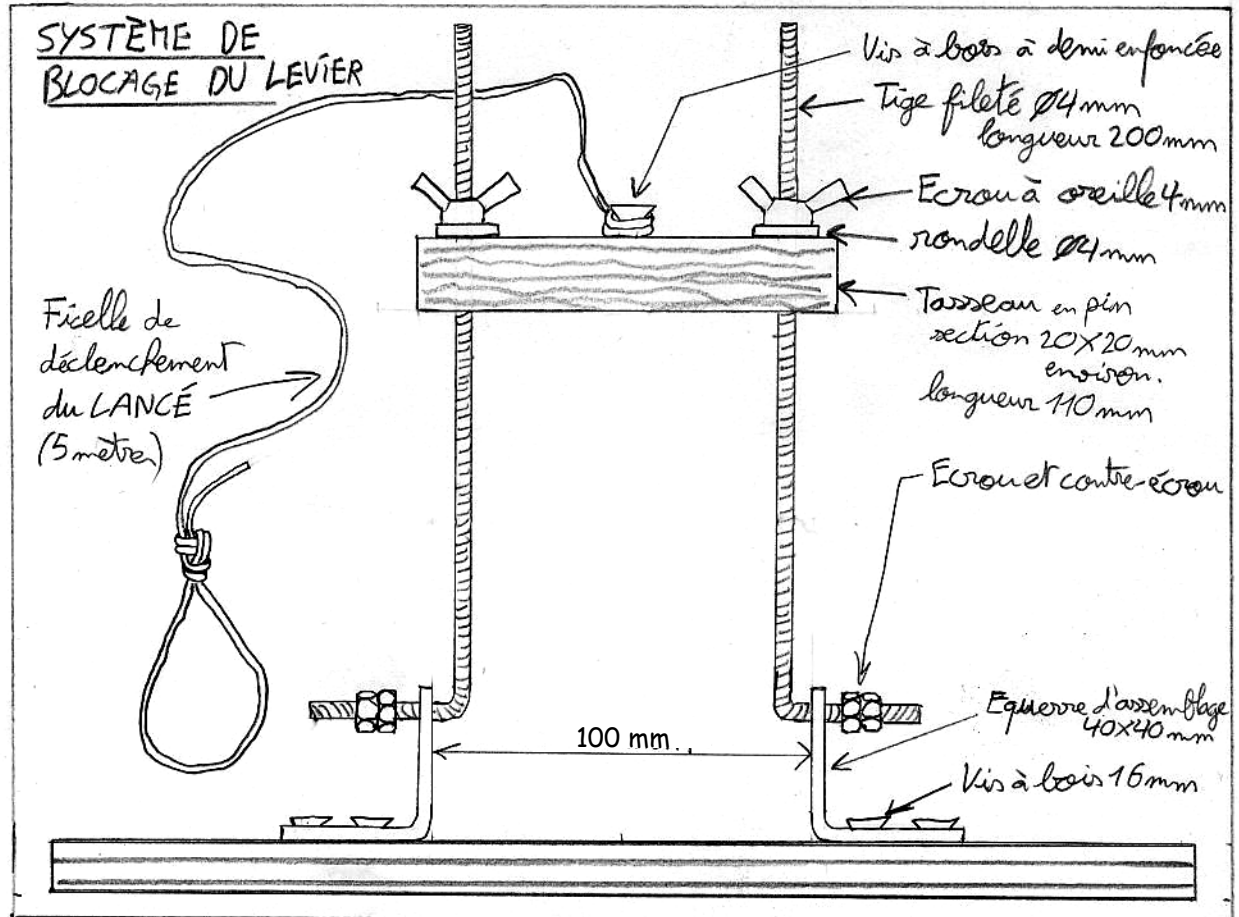




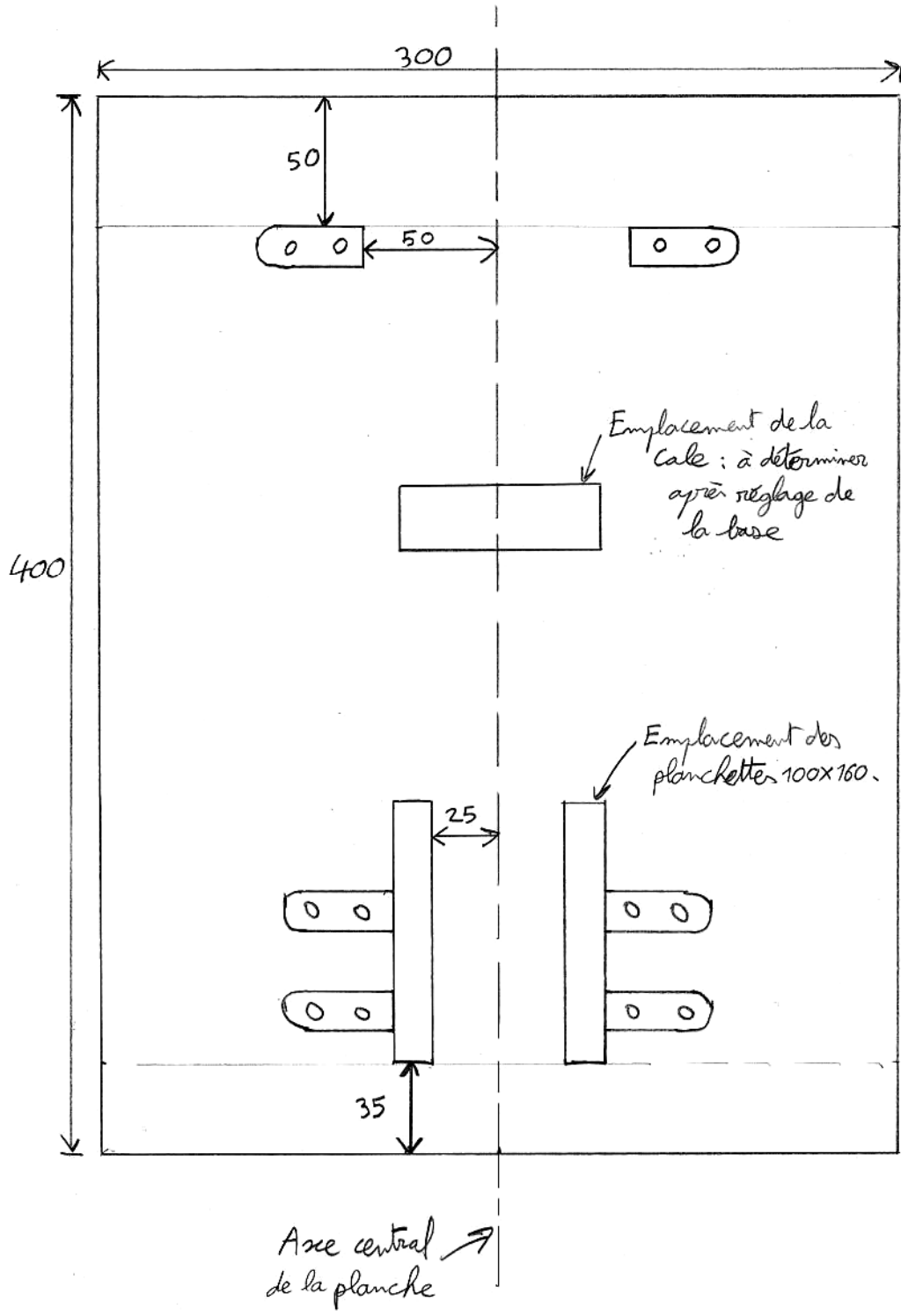
VUE DE DOS
AVEC BOUTEILLE
ET BOUCHON COMPRIMÉ



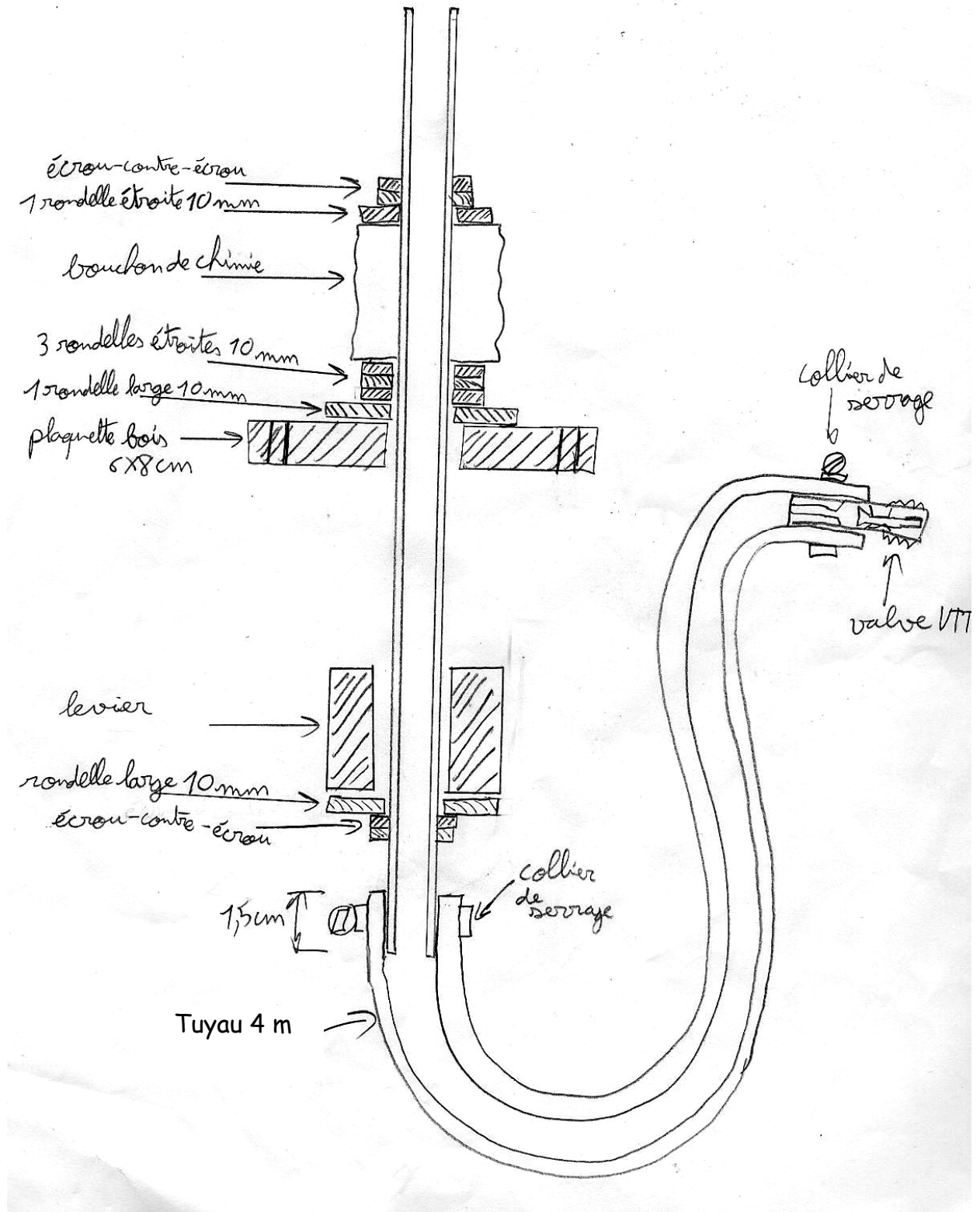
SYSTÈME DE
BLOCAGE DU LEVIER



EMPLACEMENT DES ÉLÉMENTS SUR LA PLANCHE



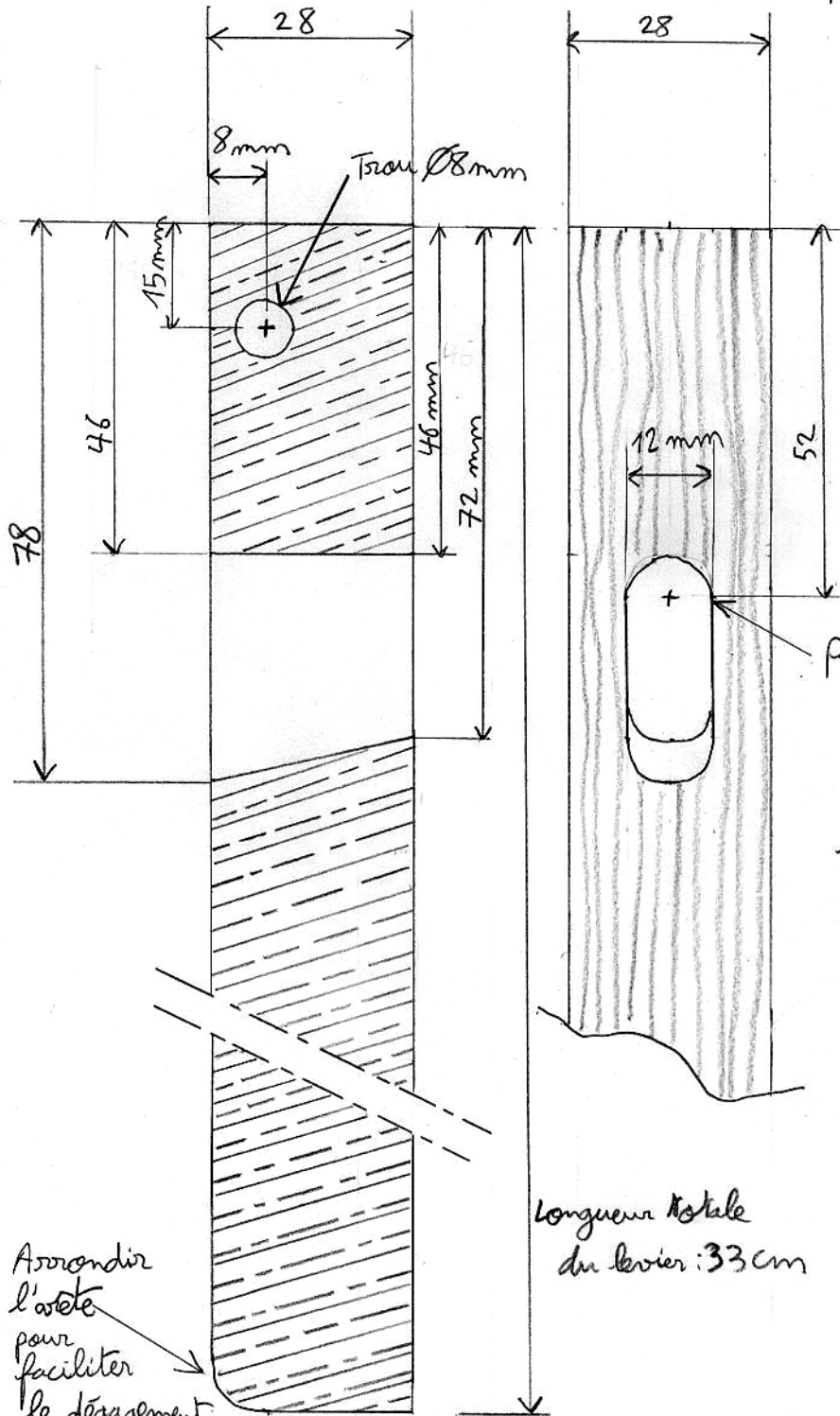
ASSEMBLAGE DE LA TUYAUTERIE



LES USINAGES ET LES PERÇAGES (1/2)

- Cotes pour le levier (prévu avec une section 28x28 mm)

prendre un bois
mi-dur,
surtout pas de
pin ou de sapin!



Percer un premier trou
de $\varnothing 12$ mm à cet
emplacement puis
allonger le trou
en travaillant avec
l'extrémité du
foret.

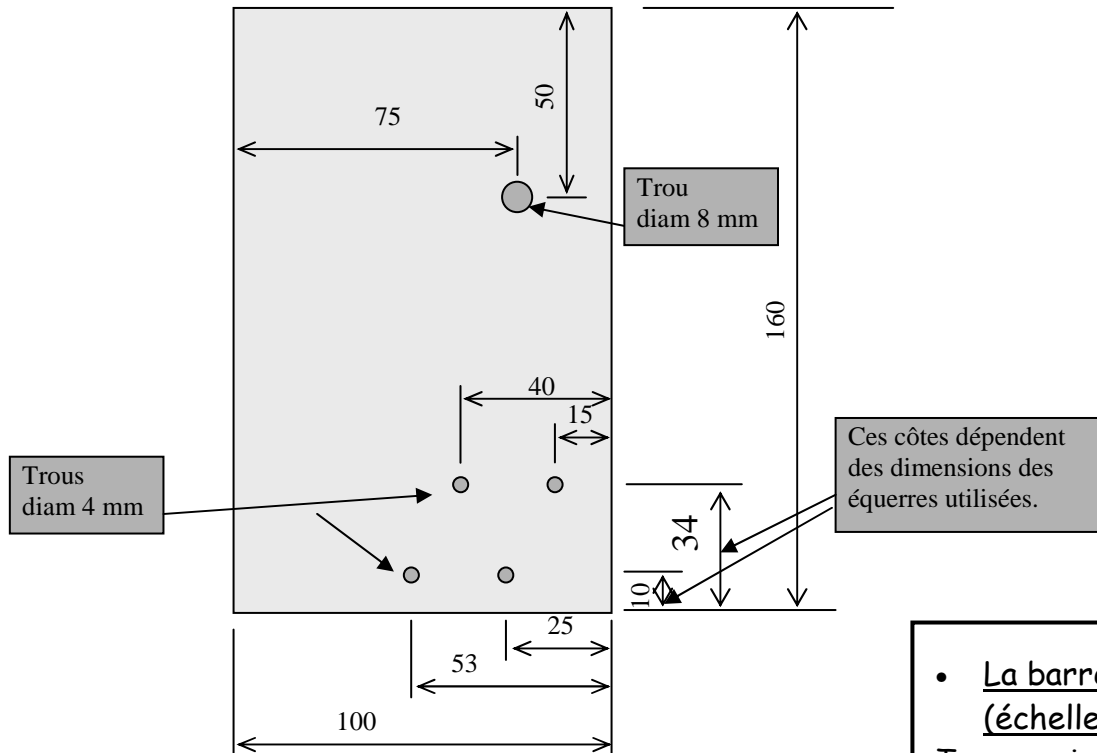
longueur totale
du levier: 33 cm

Arrondir
l'arête
pour
faciliter
le dégagement
du bloqueur.

LES USINAGES ET LES PERCAGES (2/2)

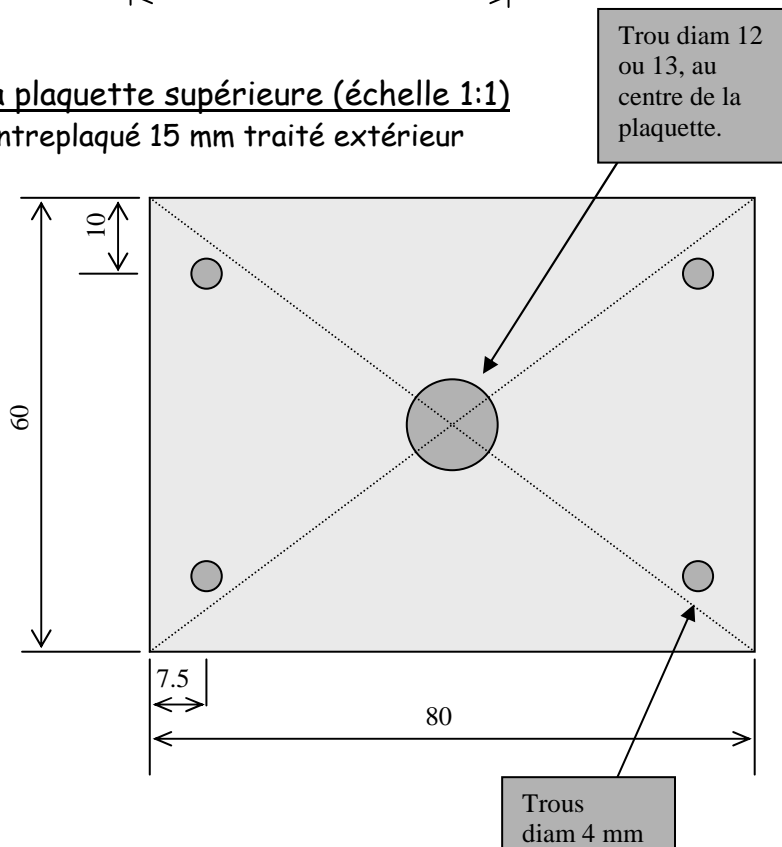
- Les 2 montants en contreplaqué (échelle 1:2)

En contreplaqué 15 mm traité extérieur



- La plaquette supérieure (échelle 1:1)

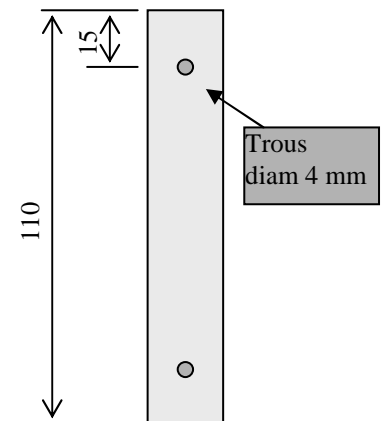
En contreplaqué 15 mm traité extérieur



- La barre du bloqueur

(échelle 1:2)

Tasseau pin 20*20 mm.

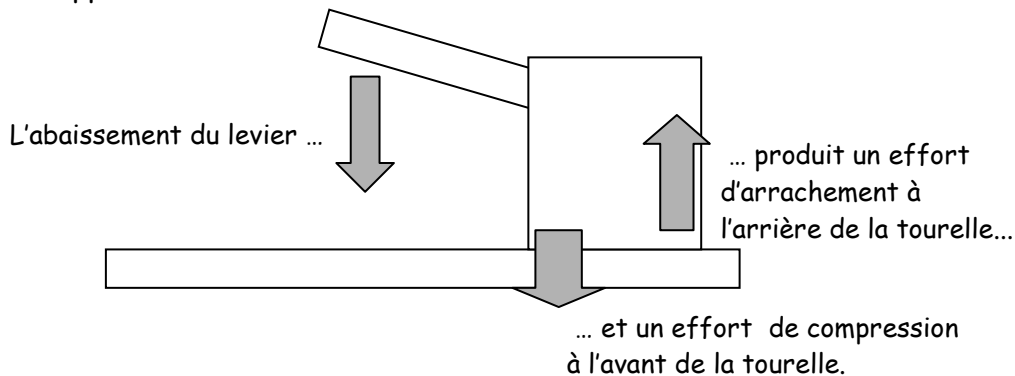


QUELQUES REMARQUES A PROPOS DE LA CONCEPTION DE LA BASE :

- Position des 4 équerres d'assemblage situées à la base de la tourelle :

Ces 4 équerres fixent la tourelle sur la planche de base.

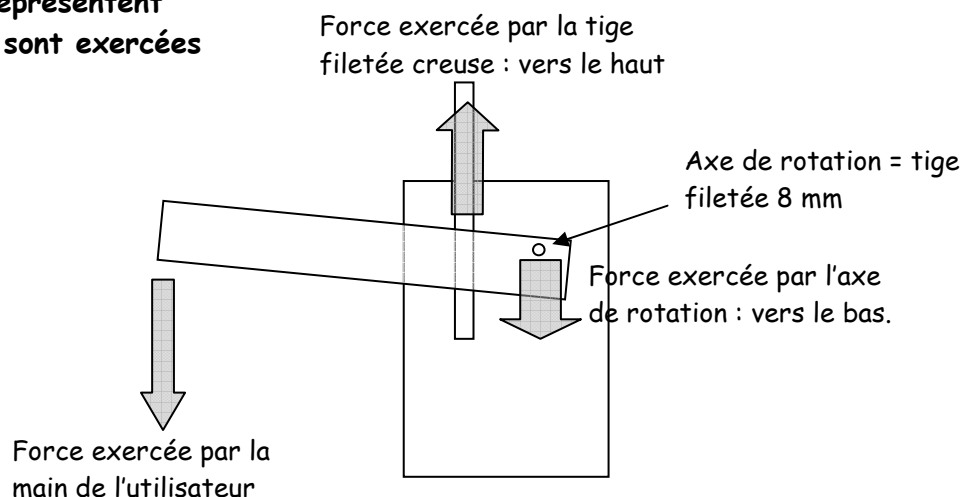
Leur emplacement tient compte des efforts d'arrachement qui s'exercent sur la tourelle lorsqu'on appuie sur le levier.



- Position de l'axe de rotation du levier

Cet axe de rotation est constitué d'une tige filetée de 8 mm qui passe un travers un trou dans le levier. Ce trou est volontairement percé à seulement quelques millimètres de la face supérieure du levier, afin de laisser un maximum de bois en dessous de cet axe. Nous avons apporté cette modification après que des leviers se soient fendus malencontreusement. Le déplacement vers le haut du trou n'est donc pas une simple précaution ! Regardez les efforts que subi le levier en compression :

Les flèches représentent les forces qui sont exercées sur le levier.



La force vers le bas qu'exerce la tige filetée est telle que si le trou de 8mm est percé trop près de la face inférieure du levier, celui-ci peut se fendre en deux dans la longueur !

- La base est démontable pour le stockage :

C'est la raison d'être des 4 boulons de diamètre 4mm qui joignent les 4 équerres métalliques aux 2 montants verticaux en contreplaqué. Il suffit de démonter ses boulons pour détacher la tourelle de la planche de base. Pour permettre ce démontage, la cale en bois de 5cm*6cm*2cm située à la base la tourelle doit être fixée aux 2 montants en contreplaqué et non pas à la grande planche de base. D'ailleurs, cette cale a pour unique fonction de maintenir les 2 montants en contreplaqués bien parallèles entre eux lorsque la base est démontée.

- Des vis à bois enfoncée dans l'épaisseur d'un contreplaqué, c'est moyen moins me direz-vous ...

(Nous parlons des 4 vis de 30 mm qui fixent la plaquette de 6*8 cm sur le dessus des montants verticaux de 10*16 cm en contreplaqué)

Oui, je sais, c'est pas un assemblage dans les règles de l'art... Mais lors de la conception, il nous a semblé que c'était le plus simple et que ça ne posait pas de problème puisque l'effort à cet endroit est 100 % en compression. Cependant vous pouvez remplacer ces vis par des équerres ou autre système de fixation qui ne risque pas de faire éclater le contreplaqué. Ce qu'on peut faire également, c'est fixer la plaquette avec les 4 vis comme sur le plan, mais faire des avant-trou de 2 mm dans les montants verticaux pour prévenir l'éclatement du bois

- La base ne possède pas de guides de trajectoire

On trouve, sur certaines bases de fusées à eau, des baguettes en bois qui ont pour double fonction de maintenir la fusée en place avant le lancement et de guider sa trajectoire dans les premiers instants du vol.

Sur cette base, il me semble qu'un guide serai inutile.

- D'une part, la fusée est très bien maintenue par le bouchon en caoutchouc comprimé à l'intérieur de son goulot. Nous avons déjà fait des lancé inclinés à 45 ° sans problème.
- D'autre part, je pense que le mode de propulsion « à eau » ne nécessite pas de guidage dans les premiers instants du vol car l'accélération est beaucoup plus brutale que dans le cas des fusées à poudre. Une vitesse suffisante à l'auto-stabilité est atteinte quasi immédiatement. D'après un site web de fana, la vitesse serait d'environ 70 Km/h au bout de 2 centièmes de secondes et, pour certaines fusées à eau, culminerait brièvement à 300 Km/h au bout de 7 centièmes de secondes, alors que la fusée n'est qu'à 2 mètres d'altitude!!! Ça me paraît un peu gros tout de même...

LISTE DU MATERIEL POUR UNE BASE

Désignation	Qté	Usage
Plaque contreplaqué 15 mm extérieur 30cm*40 cm	1	Planche de base
Plaque contreplaqué 15 mm extérieur 10cm*16 cm	2	Montants verticaux
Plaque contreplaqué 15 mm extérieur 6cm*8cm	1	Plaquette sup.
Tasseau bois mi-dur (ex : ramin) 28*28*330 mm	1	Levier
Tasseau sapin 2cm*6cm*5cm	1	Cale inter-montants
Tasseau sapin 20*20*110 mm	1	Barre bloqueur
Bloc de bois environ 40*40*120	1	Cale sous levier
Tige filetée creuse (pour luminaire) D. 10 mm L. 20 cm	1	Injection air
Ecrous pour tige creuse 10mm (rayon luminaire)	4	Sur bouchon et sous levier
Rondelles étroites 10 mm	4	Sur et sous bouchon
Rondelles larges 10 mm	2	Sous bouchon et sous levier
Tige filetée acier zingué 8mm L. 12cm	1	Axe du levier
Rondelles 8mm	2	Axe du levier
Ecrous 8mm	4	Axe du levier
Boulons D. 4 mm L. 25 mm	4	Fix. tourelle
Tige filetée acier zingué D4mm L 20 cm	2	Tiges du bloqueur
Ecroû 4 mm	12	Bloqueur + fix. tourelle
Ecroû à oreilles 4mm	2	Bloqueur
Rondelles 4mm	10	Bloqueur + fix.tourelle
Vis à bois D. 4mm L. 16mm	13	Fixation bloqueur + tourelle sur planche de base + ficelle.
Vis à bois D. 4mm L. 30 mm	10	Fixation Plaq 6*8cm + cale 5*6cm + cale sous levier
Equerre d'assemblage 40*40mm	6	Bloqueur + fix. Tourelle
Collier de serrage	2	Tuyauterie
Tuyau armé D. int 10 mm (D.ext 16 mm) , le mètre	4	Tuyauterie
Ficelle 5 m	1	Déclenchement tir
Valve de VTT	1	Au bout du tuyau
Bouchon de chimie 1 trou 22-29 mm	1	Etanchéité de la bouteille

Le coût d'une base est d'environ 30 Euros si on achète tout.

Tous les produits se trouvent facilement sauf le bouchon de chimie en caoutchouc. On peut en acheter chez Pierron Entreprise (fournitures de laboratoire et de matériel éducatif) en demandant la référence suivante :

Réf : MB07517 Bouchon caoutchouc 1 trou N°7. Lot de 10.

Prix du lot : 34.60F (2001)

Adresse :

Pierron Entreprise 2, rue Gutenberg BP 80609 57206 Sarreguemines Cedex.

Tel : 03 87 95 14 77 e-mail : education-france@pierron.fr web : www.pierron.fr

CONSEILS DE REALISATION

Vous pouvez commencer par usiner toutes les pièces dans un premier temps puis passer à la phase d'assemblage. (sauf la cale sous le levier, qui se découpe à la fin, lorsque tout le reste est en place et que les réglages sont faits.)

La construction présente quelques phases délicates qui sont développées ici.

- Usinage du bouchon en caoutchouc

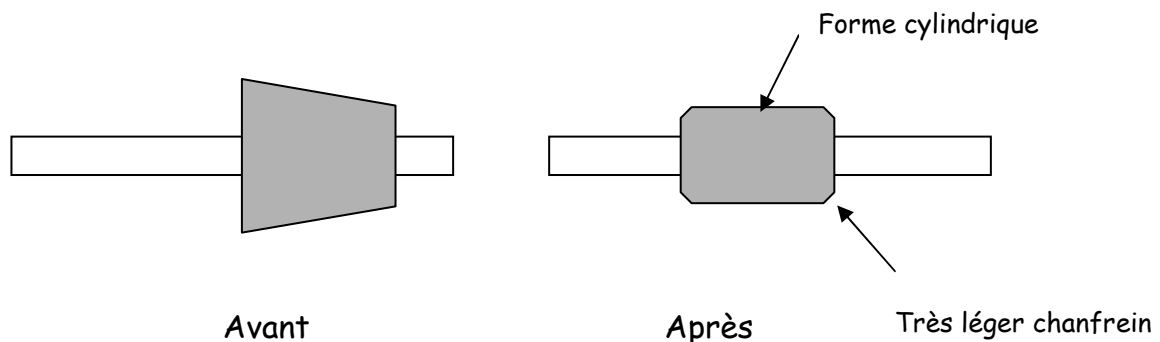
Les bouchons achetés chez Pierron sont trop gros et sont tronconiques. Le but est d'obtenir des bouchons qui s'ajustent sans forcer dans le goulot d'une bouteille de boisson gazeuse lorsqu'ils sont enfilés sur la tige filetée creuse de 10 mm.

Il va donc falloir leur enlever de la matière pour les rendre cylindriques et au bon diamètre.

Enfiler le bouchon sur la tige filetée creuse.

Fixer la tige dans le mandrin d'une perceuse dont on se sert comme un tour.

Une personne (ou un étau) tiens la perceuse fermement pendant que vous râpez le bouchon à l'aide d'une râpe à bois pour en diminuer le diamètre et passer de la forme tronconique à une forme cylindrique. Attention, ça râpe très vite ! Et protégez aussi la moquette, ça produit une montagne de poudre caoutchouteuse immonde. Par essais successifs avec le goulot d'une bouteille, on arrive au bon diamètre. Mouiller le goulot pour reproduire les conditions expérimentales. Le bouchon est assez râpé lorsqu'il ressort du goulot sans forcer. Ne pas prendre de bouteilles d'eau minérale pour les essais, ce n'est pas le même diamètre.



- Usinage du levier

A faire patiemment à l'aide d'une queue de rat ou sauvagement à l'aide d'une mèche de perceuse et d'une seconde personne. Respectez bien les cotes.

Le trou de 8 mm dans le levier devra être bien droit bien évidemment.

- Réglage

- 1) fixation de la plaquette de 6*8 cm

Préalables :

Les deux montants verticaux sont fixés sur la planche de base, le levier est enfilé sur son axe (même provisoirement) et vous voulez fixer la plaquette de 6*8 cm sur le dessus des montants verticaux à l'aide de 4 vis à bois de 30 mm de long.

Procédure à suivre

Pour déterminer précisément la position de cette plaquette, il faut faire passer la tige creuse par le trou central de cette plaquette et par le trou du levier. La bonne position de la plaquette est celle qui donne une position parfaitement verticale à la tige filetée creuse lorsque le levier est horizontal. Ainsi, les fusées partiront bien droit. Lorsque la position est déterminée, il suffit de visser la plaquette sur les montants verticaux.

- 2) Réglage de l'inclinaison du levier et de la position des éléments sur la tige filetée creuse

Préalables :

Les montants verticaux sont fixés, la plaquette de 6*8 cm aussi, le levier est sur son axe, le bouchon est usiné et enfilé sur la tige filetée creuse.

Procédure à suivre :

(Observer le plan « assemblage de la tuyauterie ») :

Enfiler sur la tige creuse, sous le bouchon en caoutchouc, 3 rondelles étroites de 10 puis 1 rondelle large de 10 mm.

Puis passer la tige creuse dans la plaquette et dans le levier.

Par le bas de la tige filetée, sous le levier, enfiler une rondelle large de 10 mm puis 2 écrous de 10 mm sur la tige filetée.

Enfoncer le bas de la tige filetée creuse dans le tuyau sur environ 1,5 cm.

Serrer le tuyau sur la tige avec un collier de serrage.

Redescendre les 2 écrous jusqu'à ce qu'ils ne se trouvent qu'à quelques millimètres de l'extrémité du tuyau en plastique.

A l'aide de 2 clés plates, serrer les deux écrous l'un contre l'autre afin de les bloquer.

Au dessus du bouchon en caoutchouc, enfiler une rondelle étroite de 10 puis 1 écrou de 10.

Faire descendre le bouchon de force le long de la tige filetée en tournant l'écrou de 10 qui se trouve au dessus du bouchon. Pour cela, empêcher la tige de tourner en tenant l'écrou de 10 qui se trouve le plus bas sur la tige (au dessus du tuyau) à l'aide d'une seconde clef. Cette opération peut être longue !

Le bouchon est suffisamment descendu lorsque le levier au repos est dans une position relevé et est à peu près horizontal (ou légèrement relevé) lorsque le bouchon est en compression modérée.

Visser le 2^{ème} écrou au dessus du bouchon et tenter de le serrer contre l'autre écrou à l'aide de 2 clefs plates.

3) Affinage du diamètre du bouchon.

Après l'opération de réglage de l'inclinaison du levier, il se peut que les bouteilles ne s'enfilent plus aussi facilement qu'avant sur le bouchon. C'est normal, le bouchon s'est un peu ratatiné sur lui même lorsque vous l'avez fait descendre de force le long de la tige filetée.

Il faut donc ré-usiner légèrement le bouchon avec une râpe. Ce n'est pas la peine de tout démonter, on râpe directement le bouchon sur la base. Ne pas trop râper tout de même ! Toujours faire les essais de diamètre avec le goulot mouillé.

Et voilà !!!

Bravo si vous avez survécu (et votre base aussi) à toutes ces opérations.

LES VARIANTES

- Une base inclinable

Comme nous le verrons plus loin, il est toujours préférable d'incliner la base de quelques degrés, afin de mieux maîtriser la zone d'atterrissage de la fusée et d'éviter des accidents. Cette inclinaison se fait en pratique avec des pierres ou tout autre objet qu'on place sous la base, mais cela peut poser des problèmes de stabilité.

A vous d'imaginer comment on pourrait faire un dispositif pour régler facilement l'inclinaison de la base et avoir toujours une bonne stabilité.

- Une base compactable

Le modèle présenté dans ce dossier est démontable pour en faciliter le stockage. Mais comment pourrait-on faire pour que la base soit compactable plus facilement qu'en démontant 4 boulons ? Pour avoir une bonne stabilité au sol, il faut conserver une assise de 30 cm sur 40 cm, mais une planche entière de contreplaqué n'est peut-être pas indispensable, on pourrait la remplacer par un plateau dépliant par exemple.

A vous de jouer !

2/ CONDUITE DE L'ACTIVITE

FABRICATION DES FUSEES

Une bouteille de boisson gazeuse, (ou 2 pour faire une ogive)
De quoi faire des ailerons, du lest (cailloux...), du scotch, de l'eau,
...Et voilà une fusée !

Il y a ensuite plein de manière de faire sa fusée :
Taille, nombre et position des ailerons, quantité de lest, aérodynamisme ...

Pour fabriquer les ailerons, nous avons trouvé un matériau sympa : il s'agit du plastique dans lequel sont faites certaines publicités qui se trouvent parfois sur les chariots de supermarché. Il est disponible gratuitement en grandes quantités, se découpe très bien au ciseau, se plie facilement. On le fixe avec du scotch sur le corps de la fusée.
Ce n'est cependant pas le matériau miracle car il est un peu trop souple.

Le défi du parachute

A force de voir les fusées se fracasser par terre à chaque lancé, on en vient rapidement à vouloir installer un parachute sur la fusée.
Le problème est plus complexe qu'il n'y paraît. Nous avons tenté de relever ce défi à plusieurs reprises sans trouver de solution vraiment convaincante. En effet, le but est que le parachute s'ouvre au bon moment : au sommet de la trajectoire, ou un peu après. Souvent nos parachutes ne s'ouvraient pas du tout, ou trop tôt (dès la fin de la phase de propulsion).
Voilà un défi coriace !

IDEES DE PRATIQUES PEDAGOGIQUES

- Des groupes d'enfants autonomes :

Voici la façon dont nous avons mené l'animation fusées à eau à la Ferté-Bernard :
Nos objectifs étaient, en moins d'une heure d'animation par classe, de permettre aux enfants (CE1 à CM2) de réaliser une fusée qui « vole bien » et le plus haut possible, même si ce terme n'est pas très objectif : qu'est-ce qu'une fusée qui vole bien ?

Les fusées à eau se diffèrent des micro-fusées par le fait qu'elles sont beaucoup plus rapides à construire (si on se cantonne à des modèles simples), et leur assemblage à base de scotch ne nécessite pas les mêmes conditions de travail.
Ainsi, s'il fait beau il est tout à fait possible d'installer l'atelier de fabrication de fusée à proximité immédiate du terrain de lancé, à même le sol au besoin et c'est ce que nous avons fait.

Nous avons constitué des groupes de 2 ou 3 enfants. Le défi qui leur était lancé était de trouver comment fabriquer une fusée qui vole le plus haut possible.

Nous avons mis à leur disposition :

- D'un coté un atelier de fabrication de fusées : des bouteilles, des feuilles de plastiques (avec des ailerons prè-tracé malheureusement car nous manquions de temps), du scotch, des ciseaux, une réserve d'eau.
- D'un autre coté, une zone d'expérimentation de vol, avec la base de lancement, une pompe à vélo et un animateur responsable des tirs.

Les groupes étaient donc assez autonomes dans leurs recherches. Ils pouvaient construire la fusée à leur rythme et effectuer plusieurs séries de lancé - observation du vol - interprétation - idées d'améliorations - fabrication de fusée etc...

Après chaque vol, l'animateur posté à la zone de tir aidait les enfants à interpréter le comportement de la fusée. Les animateurs postés à l'atelier de fabrication sollicitaient le groupe d'enfant pour qu'émerge des propositions d'amélioration de la fusée et facilitaient la réalisation pratique.

- Une démarche expérimentale menée à l'échelle de toute la classe :

Voici une seconde possibilité d'organisation d'une animation fusée à eau, que j'ai eu l'occasion d'expérimenter avec des CM1 :

L'objectif ici est d'avantage d'amener la classe à découvrir le maximum de paramètres influant sur le vol de la fusée, savoir dans quels sens ils agissent et quel est la valeur optimale de chacun d'eux pour un améliorer le vol.

Dans un premier temps, les enfants construisent tous leur fusée à eau, au cours d'un atelier de 2 heures. Les fusées sont donc généralement plus élaborées que celles fabriquées en 5 minutes sur un coin de pelouse. Leurs ailerons en Dépron sont collés sur le corps, elles possèdent une ogive aérodynamique, sont décorées. Il faut absolument éviter que les fusées soient toutes identiques du point de vue des paramètres de vol.

Une seconde séance de 2 heures est consacré au lancé de toutes les fusées.

Comme toutes les fusées sont prêtes en même temps, les enfants sont tous impatients de lancer la leur. Il faut être capable de gérer cela !

On peut alors initier une démarche expérimentale en choisissant, parmi les fusées brandies par les enfants, deux ou trois fusées en tout point identiques SAUF pour un paramètre (par exemple le volume d'eau). Ce choix est expliqué à la classe. On aide alors les constructeurs des fusées à effectuer leur lancé. Les autres élèves observent les vols et font le lien entre les différentes performances et la variation du paramètre expérimental.

Au bout de 2 ou 3 variations de paramètres, les élèves rentrent dans le jeu de la démarche. Pour lancer sa fusée, il faut être capable de proposer une nouvelle variation de paramètre. Certains n'hésitent donc pas à transformer leur fusée pour cela : retrait d'ailerons, rajout d'eau, surcharge du nez... Lors de chaque série de tir, un bilan est

effectué pour retenir quelle est la meilleure valeur, pour le paramètre testé. Il se définit ainsi petit à petit une « fusée idéale », qui donne lieu à de nouveaux tests, etc... Il est donc important d'avoir sur le terrain quelques outils permettant une modification des fusées. L'inconvénient de cette méthode est la relative passivité des élèves durant la séance de lancement.

Voici des paramètres qu'il est possible de faire varier :

- Nombre d'ailerons,
- Forme des ailerons,
- Emplacement des ailerons,
- Taux de remplissage en eau de la bouteille,
- Pression d'air,
- Poids du lest,
- Aérodynamisme (ogive)

LA SECURITE

Les fusées à eau peuvent présenter 4 dangers principaux :

- Eclatement de la bouteille lors du gonflage
- Basculement de la base et tir direct de la fusée vers des personnes ou des biens
- Retombée d'une fusée lestée sur des personnes ou des biens.
- Retombée d'une fusée lestée ou non sur un lieu de passage de véhicules.

• Eclatement de la bouteille

Merci les normes de sécurité ! Sans elles, jamais Coca-cola et les autres marques n'auraient été contraintes de concevoir des bouteilles qui résistent à la pression jusqu'à 11 bars. De plus, ces bouteilles sont conçues pour qu'en cas d'éclatement elles ne projettent pas de fragments dangereux. Lorsqu'elles éclatent, il n'y a normalement que le fond de la bouteille qui se déchire et forme comme des pétales, sans projeter de fragments.

Donc en théorie l'éclatement d'une bouteille n'est pas dangereux, même si c'est brutal comme un coup de fusil. Cependant, inutile de prendre de risque :

- Eviter de monter à plus de 9 bars en temps normal (sauf pour en faire éclater une exprès)
- Le public s'éloigne au moins à 5-6 mètres. Les personnes qui lancent la fusée doivent aussi être à plus de 4 mètres de la fusée, et surtout les grandes personnes. En effet, si la fusée éclate « en pétale », les personnes les plus grandes et les plus proches de la fusée ont des risques de se trouver dans le cône d'éjection d'éventuels fragments.

Une bouteille peut aussi éclater à moins de 11 bars si elle a été endommagée lors d'un précédent vol.

Ne jamais utiliser de bouteilles de boisson non gazeuse, le plastique est différent. Elles résistent moins bien à la pression et surtout leur explosion projette des fragments de plastique dangereux.

- Basculement de la base

Il m'est déjà arrivé de voir une base portant une fusée gonflé à bloc basculé sur le coté et pointer la fusée vers le public !

Pour éviter ce genre de danger, il faut d'une part gérer l'emplacement des spectateurs (voir plus bas) et d'autre part assurer une excellente stabilité à la base pour l'empêcher de basculer. C'est pourquoi la base proposée dans ce dossier est stabilisée par une grande planche de 30 cm * 40 cm. Il ne faudrait pas descendre en dessous de ces dimensions. Principalement 2 phénomènes peuvent faire basculer la base :

- Le vent, qui pousse la bouteille
- La traction sur la ficelle lors du lancé

Il faut faire attention de ne pas trop déstabiliser la base lorsqu'on l'incline en plaçant des objets en dessous et veiller à ce que les enfants tirent la ficelle bien droit.

Une solution radicale à tous vos problèmes de basculement ? Utilisez des sardines !

Percez des gros trous à 2 coins de votre base et passez-y des piquets de tente que vous plantez dans le sol.

Est-il nécessaire de préciser qu'il ne faut jamais mettre sa tête au dessus d'une fusée lorsqu'elle est sous pression ?

- Retombée de la fusée

Une fusée non lestée n'est pas dangereuse si on se la prend sur la tête. Elle peut cependant provoquer des accidents si elle retombe sur une route.

Une fusée lestée en revanche est à peu près aussi dangereuse lorsqu'elle retombe qu'un caillou lancé à 50 mètres de haut et qui retomberai sur le sol.

Les mesures de sécurité sont similaires à celles qu'il faut prendre pour un lancé de micro-fusée :

- Toujours incliner légèrement le base. Tenir compte du sens du vent de façon à ce que la fusée ne retombe pas sur le public. Une fusée bien conçue va remonter contre le vent lors de sa phase ascensionnelle puis être emportée par le vent à la retombée.
- Maintenir les spectateurs en arrière de la base
- Disposer d'un terrain assez grand (taille d'un terrain de hand-ball). Cette surface doit être augmentée s'il y a du vent car il devient difficile de maîtriser la trajectoire.
- Interdire aux enfants de tenter de rattraper la fusée lorsqu'elle retombe ! Tout le monde reste derrière la ligne de sécurité jusqu'à ce que la fusée ai touché le sol.
- Enfin, le plus important est qu'à chaque lancé, tout les spectateurs soient attentifs et observent le vol de la fusée. C'est la meilleure façon de ne pas la recevoir sur la tête ! Attention en particulier si vous organisez un atelier de bricolage à proximité de la zone de tir, les enfants bricolant leur fusée risquent de ne pas être attentifs aux fusées en l'air.