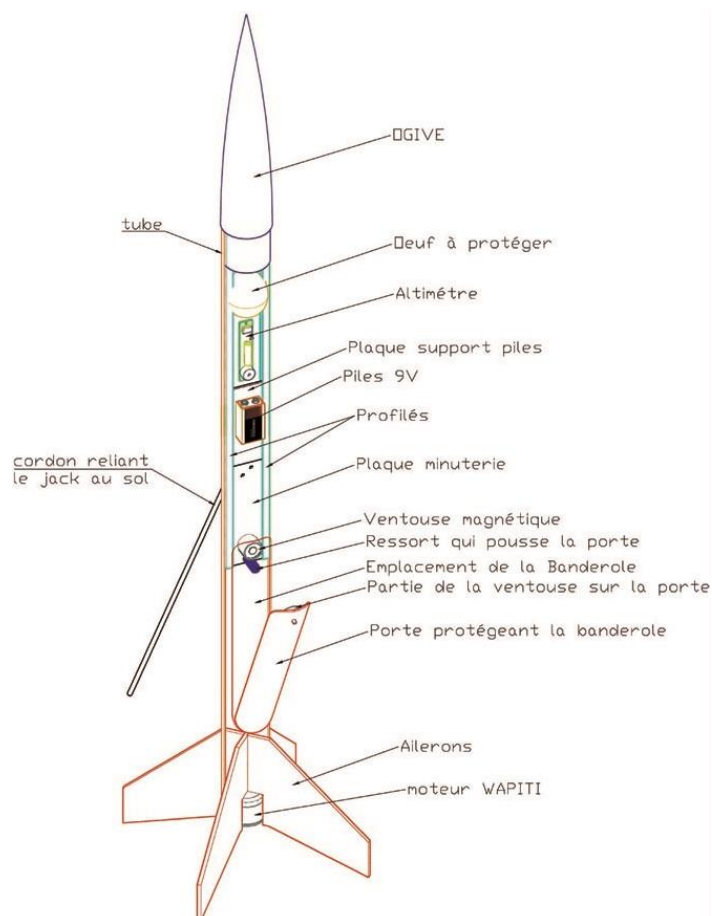


## L'ASTROMODELISME



La conception, la construction et le lancement de fusées en modèle réduit est une activité de loisir qui existe depuis fort longtemps. Les micros ou mini fusées, qu'elles soient à poudre ou à eau, sont un support formidable pour la promotion des sciences et des techniques et font d'ailleurs l'objet de nombreux concours.

En France, la vente et le tir de fusées **à poudre** sont typiquement restreints aux micro-fusées (micro-moteurs A, B, C avec une élévation jusqu'à 150 mètres).

Le tir nécessite l'autorisation du propriétaire du terrain et la couverture de l'activité par une assurance. La fusée doit **obligatoirement** être munie d'un **système de ralentissement** (parachute ou banderole). Il est interdit de faire voler des organismes vivants.

Selon leur poids, puissance et altitude, certaines fusées nécessitent une autorisation de la [Direction générale de l'Aviation civile](#) (gestion de l'espace aérien).

C'est l'association [PLANETE SCIENCE](#) qui a la charge coordonner les actions nationales et de former des animateurs qui doivent être habilités pour assurer des animations de lancements de micros ou mini fusées à poudre.



## MICRO-FUSEE - MINI FUSEE ou FUSEE EXPERIMENTALE ?

Planète science fait une distinction entre micro, mini et fusée expérimentale :

- ✓ Micro : hauteur 30 cm ; élévation jusqu'à 150 m
- ✓ Mini : hauteur 1m, élévation jusqu'à plus de 300 m
- ✓ Fusée expérimentale : hauteur maxi 2m50, élévation jusqu'à plus de **2,5 Km**.



Le schéma ci-dessus présente un exemple de structure d'une mini fusée à poudre participant au concours [Rocketry Challenge](#) qui consiste à propulser une fusée contenant un **œuf cru** qui doit revenir sans aucune fissure ni dommage externe après le vol.

Les propulseurs à poudre utilisés dans ces fusées sont des articles pyrotechniques régis par une réglementation et sont classés en Catégorie P1 et P2.

Leur utilisation ne peut être supervisée que par un responsable ayant reçu une formation agréée par le CNES ou planète science et peut nécessiter l'autorisation des autorités si l'apogée dépasse les 150 m.

Les propulseurs sont classés selon leur capacité de propulsion en N.s et identifiés par des lettres de A à X (voir tableau ci-contre).

En plus de cela la réglementation impose de respecter des contraintes, comme pour toute activité d'Aéromodélisme. Vous pouvez consulter le [GUIDE ASSOCIATIONS D'AÉROMODÉLISME](#) pour retrouver les réglementations gouvernementales.

Classe	Impulsion totale (N.s)
A	1.26-2.50
B	2.51-5.00
C	5.01-10.00
D	10.01-20.00
E	20.01-40.00
F	40.01-80.00
G	80.01-160.00
H	160.01-320.00
I	320.01-640.00
J	640.01-1280.00
K	1,280.01-2,560.00
L	2,560.01-5,120.00
M	5,120.01-10,240.00
N	10,240.01-20,480.00
O	20,480.01-40,960.00
P	40,960.01-81,920.00
Q	81,920.01-163,840.00
R	163,840.01-327,680.00
S	327,680.01-655,360.00
T	655,360.01-1,310,720.00
U	1,310,720.01-2,621,440.00
V	2,621,440.01-5,242,880.00
W	5,242,880.01-10,485,760.00
X	10,485,760.01-20,971,520.00

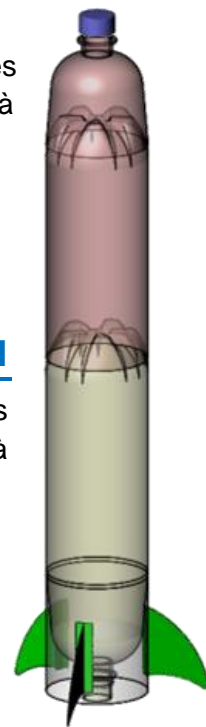
Avant de passer à des fusées pyrotechniques il est intéressant, et bien moins onéreux, de commencer par des **FUSEES A EAU**.



Leur conception requiert les mêmes connaissances et compétences, tant scientifiques que technologiques, que celles des « grande ».

Des kits d'expérimentation de FUSEES A EAU sont disponibles dans le commerce permettant de s'initier aux principes physiques mis en œuvre dans ces fusées, ce sont des supports peu chers mais aussi peu performants.

Mais il est beaucoup plus intéressant et instructif de concevoir des modèles personnels de fusées qui seront relativement facile à fabriquer à partir, en partie, de matériel de récupération.



## L'OBJECTIF DU PROJET EN SPECIALITE SI

Dans le cadre de la spécialité sciences de l'ingénieur, vous devez suivre les différentes étapes d'ingénierie nécessaires pour la conception d'une fusée à eaux optimisée pour répondre à un cahier des charges précis détaillé dans les pages qui suivent.

## LE MATERIEL A DISPOSITION

Lors de projets réalisés les années précédentes, une base de lancement automatisé a été développée qui permet normalement de procéder aux étapes de lancement suivants :

- ✓ Maintenir fermement la fusée sur sa base de lancement pendant toute la phase de préparation au tir
- ✓ Saisir les paramètres de remplissage (volume d'eau et pression)
- ✓ Remplir automatiquement le volume d'eau choisi
- ✓ Mettre en pression l'étage de propulsion à la pression choisie.
- ✓ Permettre l'avortement éventuel du tir (libération de la pression)
- ✓ Informer l'utilisateur du volume d'eau distribué et de la pression réelle en temps réel.
- ✓ Activer le tir de la fusée à partir d'un signal de l'utilisateur
- ✓ Assurer le guidage de la fusée jusqu'à la vitesse minimale requise pour la stabilité.

La base actuelle utilisait une commande filaire et nécessite donc des mises à jour pour être pilotée à distance, sans fil.

De plus des problèmes de conception de la partie de maintien de la fusée sur la base nécessite sa reconception.



La valise d'automatisation du remplissage comporte les éléments suivants :

Une pompe à eau pour remplir la masse d'appui



Un compresseur pour remplir l'énergie de propulsion



Une électrovanne pour commander l'avortement du tir



Un clapet de non-retour pour éviter les retours d'eau dans le réservoir



Un pressostat pour la mesure de la pression



Un débit mètre pour la mesure du volume d'eau



Une batterie de 12V, 5Ah

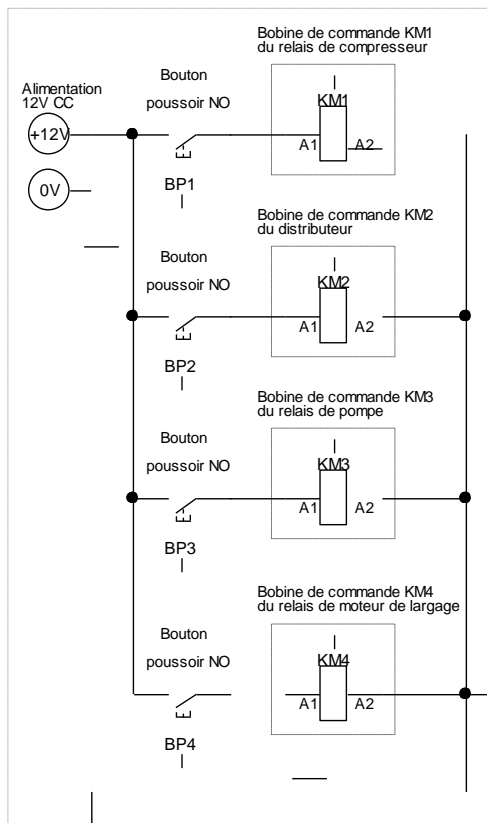


Réservoir pour l'eau

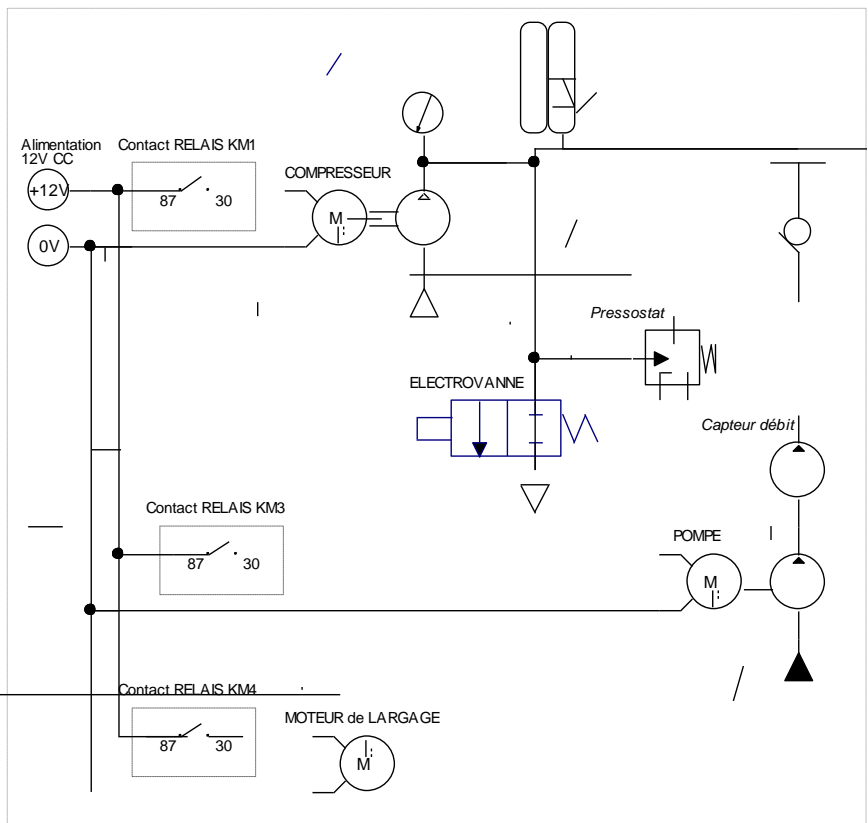


## Schéma de commande de la valise.

**CIRCUIT DE COMMANDE**



**CIRCUIT DE PUISSANCE**



## TACHES A REALISER

Il est aussi nécessaire afin d'optimiser les performances de notre fusée, d'étudier les points suivants :

1	<p>Reconcevoir et fabriquer un <b>système de bridage</b> permettant de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir en sécurité la fusée pendant le remplissage</li> <li>• Libérer la fusée pour le tir à partir d'une consigne électronique.</li> </ul> <p><i>Ce système devra prévoir un système de fixation polyvalent pour être monté / démonté facilement sur les pas de tir ou sur les bancs d'expérimentation.</i></p>	
2	<p>Modifier la <b>valise de pilotage</b> pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que les informations soient traitées par une carte Arduino ou µbit</li> <li>• Commandable en Bluetooth à partir d'un terminal Python</li> <li>• Qu'elle transmette en temps réel les informations de pression et volume d'eau</li> </ul>	
3	<p>Concevoir et fabriquer un <b>banc d'expérimentation</b> permettant de valider la <b>résistance à la pression</b> du propulseur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doit pouvoir s'adapter à des types</li> <li>• Commandable en Bluetooth à partir d'un terminal Python</li> </ul>	
4	<p>Concevoir et fabriquer un <b>banc d'expérimentation</b> permettant de mesurer <b>l'impulsion totale</b> (en N.s) du propulseur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En fonction du volume d'eau et de la pression</li> <li>• La mesure de la poussée doit être précise à <math>\pm 0,1</math> N</li> <li>• La mesure du temps doit être précise à <math>\pm 10</math> ms</li> <li>• La réponse du test doit être une courbe de Poussée = f(temps)</li> <li>• Le banc s'appuiera sur la valise</li> </ul>	
5	<p>Concevoir, dimensionner et fabriquer les <b>appendices de stabilisation</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimiser la stabilité pendant le vol</li> <li>• Limiter la traînée</li> <li>• Assurer les critères du CDCF</li> <li>• Valider la simulation sur le logiciel <a href="#">StabTraj v3</a>.</li> </ul>	
6	<p>Concevoir et fabriquer un <b>système de récupération</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• qui se libère automatiquement à l'apogée,</li> <li>• qui sera un support de promotion de la spécialité Sciences de L'ingénieur au lycée du VAL d'ARGENS.</li> <li>• qui permet de satisfaire les contraintes du CDCF</li> </ul>	
7	<p>Concevoir et fabriquer <b>une coiffe</b> qui soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• optimisée aérodynamiquement</li> <li>• qui puisse accueillir une charge utile comme définie dans le ROCKETER CHALLENGE.</li> <li>• Qui puisse accueillir le système de mesure des paramètres de vol (voir Gr 8)</li> </ul>	
8	<p>Concevoir et prototyper un <b>système de mesure des paramètres de vol</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mesurer l'accélération, la vitesse, l'altitude et le temps pendant tout le vol,</li> <li>✓ Restituer les données par Bluetooth après le vol.</li> </ul>	



## LE CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

La conception d'un système nécessite de prévoir un fonctionnement précis.

Pour ce projet il vous est proposé de concevoir une fusée en essayant de respecter le plus possible le règlement du [ROCKETRY-CHALLENGE](#), en particulier la mission 1 et en essayant d'atteindre une altitude maximale.

Le règlement du challenge fait référence au [cahier des charges des minifusées](#) de planète science.

Les principaux éléments du règlement et du cahier des charges sont reproduits (et parfois simplifiés) ici.



WWW.ROCKETRY-CHALLENGE.FR

### LA CHARGE UTILE

Les fusées doivent contenir un œuf de poule cru d'une masse comprise entre 55 et 61 grammes et d'un diamètre de 45 mm maximum (orientation libre).

L'œuf doit revenir du vol sans aucune fissure ni dommage externe.

Les œufs seront fournis par l'équipe d'organisation le jour de la finale, mais les équipes doivent fournir le leur pour les campagnes d'essais.

L'œuf et l'altimètre seront extraits de la fusée à la fin du vol en présence d'un membre de l'organisation qui inspectera l'œuf et lira l'altitude.

Toute protection entourant l'œufs devra être enlevée par l'équipe avant cette inspection. Tout dommage constaté sur l'œuf durant l'inspection est disqualifiant.

CONTRAINTES MECANQUES :

Les contraintes sont définies ici pour assurer une sécurité du vol.

**MEC1 : Flèche :**

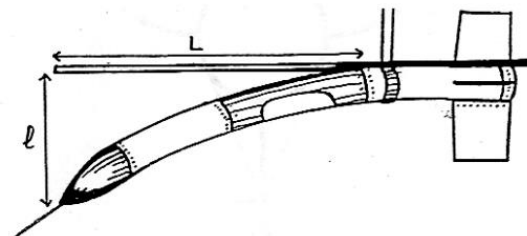
- ✓ La flèche statique  $\leq 1 \%$  (10 mm / m).
- ✓ La flèche dynamique  $\leq$  à 1% par rapport à la position à vide (flèche statique).

Pour la flèche statique, la fusée est maintenue à l'horizontale à l'aide d'une sangle au sommet des ailerons sous un objet droit (règle de maçon par exemple). La mesure se fait 4 fois en tournant la fusée d'un quart de tour (porte en haut, en bas, à droite, à gauche).

Pour la flèche dynamique, la procédure est la même sauf qu'en plus une masse de **200 grammes** est suspendue à la base de l'ogive.

Ce double test garantit à la fois que la fusée ne comporte pas une flèche critique à vide (effet banane) et d'autre part que la tenue mécanique en flexion de la fusée résistera aux efforts du vol sans influencer de façon critique sur celui-ci.

$$\text{Flèche} = \frac{l}{L} < 1 \%$$



*Une flèche faible est garante d'une bonne intégrité de la structure et permet de rester dans le domaine de validité du calcul de stabilité.*

**MEC2 : Tenue en compression :**

Chaque élément de la fusée doit pouvoir supporter une compression équivalente à

$$F = 2 \times \text{Accélération Max} \times \text{Msup}$$

Msup est la masse de la partie supérieure.

Particulièrement, la bague de reprise de la poussée doit résister à deux fois l'accélération maximale du propulseur.

*Le meilleur exemple des problèmes de compression est celui de la canette vide en bon état qui supporte largement votre propre poids*

*Par contre si elle possède une bosse ou un petit trou, elle s'écrase violemment. Donc une ouverture dans la peau peut entraîner des problèmes de tenue en compression.*

**MEC3 : Résistance longitudinale des ailerons :**

Les ailerons doivent pouvoir supporter une force longitudinale de :

$$F = (2 \times \text{Masse d'un aileron} \times \text{Accélération Max}) + (0,02 \times \text{Surface d'un aileron} \times V_{\text{max}}^2 \times \text{Coefficient de traînée}).$$

Le coefficient de traînée sera pris à 0,6.

La force est appliquée en bout d'ailerons.

La surface d'un aileron est la surface en plan (typiquement envergure x emplanture).

Le contrôle peut être réalisé de différentes manières, suivant la configuration des ailerons (cf. Figure 5).

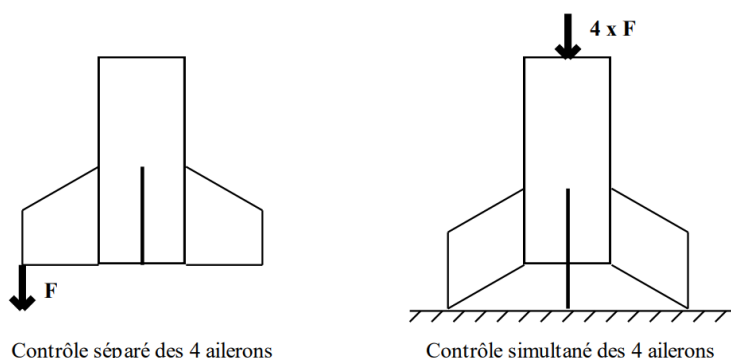


Figure 5: Résistance longitudinale des ailerons

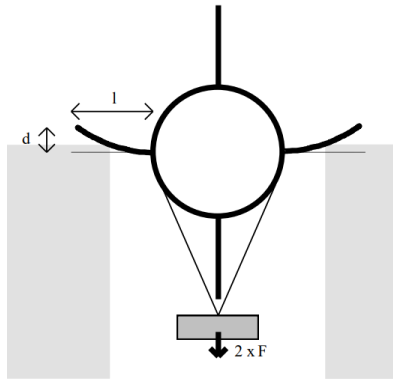


Figure 6: Résistance transversale des ailerons

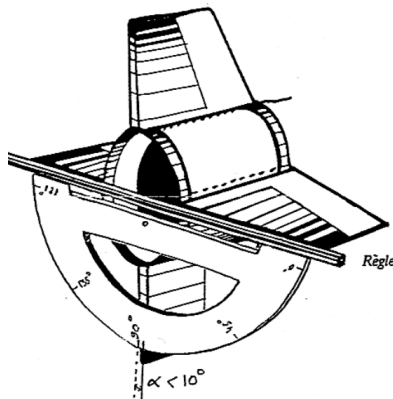


Figure 7: Alignement des ailerons

## MEC4 : Résistance transversale des ailerons :

Une force  $F = 0,1 \times \text{Surface d'un aileron} \times V_{\text{max}}^2$  (en NEWTON) doit entraîner une flèche transversale des ailerons inférieure à  $10^\circ$  (la surface en  $\text{m}^2$  et la vitesse en  $\text{m/s}$ ).

## MEC5 : Alignements des ailerons

L'par rapport à l'axe longitudinal de la fusée  $< 1^\circ$ .

## MEC6 : Angle entre deux ailerons consécutifs :

- ✓  $90^\circ \pm 10^\circ$  (fusée à 4 ailerons)
- ✓  $120^\circ \pm 10^\circ$  (fusée à 3 ailerons).

## MEC7 : Fusée à 2 jeux d'ailerons :

Dans le cas d'une fusée à

deux jeux d'ailerons, les deux jeux d'ailerons sont soumis aux règles MEC3, 4, 5 et 6.

La formule de la règle MEC3 a été construite pour tenir compte des contraintes d'un vol supersonique, le facteur 0,02 étant la valeur approchée de  $2 \times 0,5 \times \text{masse volumique de l'air} \times \sin(1)$  (le  $\sin(1)$  permettant de projeter la surface de l'aileron avec son désalignement maximal autorisé de  $1^\circ$ ).

On retrouve alors l'estimation de la traînée aérodynamique :  $0,5 \times \text{masse volumique de l'air} \times \text{Surface projetée d'un aileron} \times V_{\text{max}}^2 \times \text{Coefficient de traînée}$ , surestimée avec un facteur de sécurité de 2.

*Pour rester stable, la fusée a besoin de garder ses ailerons bien positionnés. Un aileron peut supporter les efforts longitudinaux et transversaux tout en pliant, d'où le critère de flèche des ailerons. Plus vous apporterez de soin dans l'alignement des ailerons, moins votre fusée aura de chances de tourner autour de son axe pendant le vol.*

## MEC8 : Tenue en traction :

L'étage 2 et l'ensemble doivent rester intègres quand ils sont soulevés verticalement par l'ogive les ailerons vers le bas et par les ailerons l'ogive vers le bas.

## MEC9 : Tenue mécanique :

La tenue mécanique de tous les éléments de la fusée doit leur permettre de fonctionner correctement lorsqu'ils sont soumis aux perturbations du vol (accélération, vibrations, ...).

*Pour des raisons de stabilité, il est important que le centre de gravité ne soit pas trop modifié durant le vol propulsé et la phase balistique ascendante. D'autre part, il est important par exemple, que la carte électronique de récupération ne se déplace pas, ce qui pourrait mener à une rupture de fils d'alimentation...*

**RECOMMANDATIONS :** Il est fortement déconseillé de percer ou de pratiquer des enlèvements de matière quelconques dans les ailerons. En effet, cela affaiblirait leurs propriétés mécaniques et donc leurs chances de passer les contrôles et à plus long terme, de garantir la sécurité du vol. Cependant, si un tel procédé était nécessaire, un film de revêtement (type entoilage d'aéromodélisme) doit alors être appliqué afin que les ailerons soient pleins pour l'écoulement de l'air.

## ASSUER LA STABILITE

Tous nos calculs ( $C_n$ ,  $M_s$  et  $C_m$ ) sont basés sur le diamètre de référence qui est celui de l'ogive.

Les critères doivent être suffisamment simples à évaluer pour que les clubs puissent les tester eux même. Cela implique certaines simplifications et donc des marges de sécurité élevées.

De plus des raisons historiques, comme des accidents de tir, ont fait évoluer ces règles qui peuvent sembler parfois exagérées.

Tous les calculs sont vérifiés avec le logiciel [StabTraj v3](#).

**Planète Sciences**

**STABILITO**  
Stabilité de fusée à ailerons

Remplir les cases jaunes

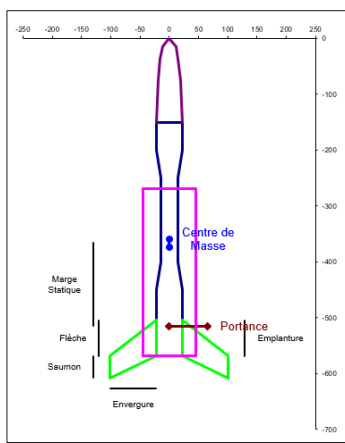
Fusée	
Nom	FUSEE SI
Club	Lycée VAL D'AGENS
Type	Fusée à eau
Masse	549 g
Centre de Masse	359 mm
Longueur totale	569 mm
Diamètre Réf.	44 mm

Propulseur	
Type	H2O 1.5L 600g 6bar
Position du bas	569 mm

Coiffe	
Forme	Parabolique (arrondie)
Hauteur	151 mm
Diamètre	44 mm

Ailerons	
Mono-empennage,	
Emplanture 'm'	64 mm
Saumon 'n'	39 mm
Flèche 'p'	64 mm
Envergure 'E'	79 mm
Epaisseur	3 mm
Nombre	4
Position du bas	569 mm
Diamètre	44 mm

Commentaire libre :



14/09/2022	Min	Résultats	Max
Finesse	1	12,9	100
Portance	15	22,4	30
MargeStat.	1 D	3,19 D	3,55 D
Couple	15	71,3	79,3
XCp		515 mm	
MS / L		25% L	27% L

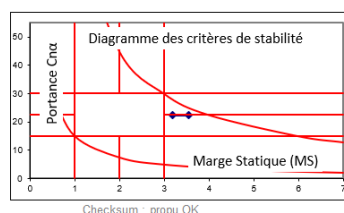
**SURSTABLE**

Language/Langue  Français		
Plusieurs diamètres.		
	Transition A	Transition B
Longueur 'L'	50 mm	50 mm
Diamètre 'D1'	44 mm	30 mm
Diamètre 'D2'	30 mm	44 mm
Implantation 'x'	200 mm	400 mm

	Propu plein	Propu vide	Sans propu
Masse propu	0,6 kg	0 kg	-
CdM propu	120 mm	150 mm	-
Masse fusée	1,149 kg	0,549 kg	0,549 kg
CdM fusée	375 mm	359 mm	359 mm

	XCp	Cnα
Coiffe	76 mm	2,0
Ailerons	548 mm	20,4

Transition A	223 mm	-1,1
Transition B	427 mm	1,1



Les critères à respecter sont les suivants :

### STAB1 : Vitesse

Vitesse en sortie de rampe > 18 m/s

### STAB2 : Elancement

$$10 < f < 35$$

L'élancement est le rapport entre la longueur totale sans antenne et le plus grand diamètre de la fusée.

### STAB3 : Portance

$$15 < C_n < 40$$

### STAB4 : Marge statique

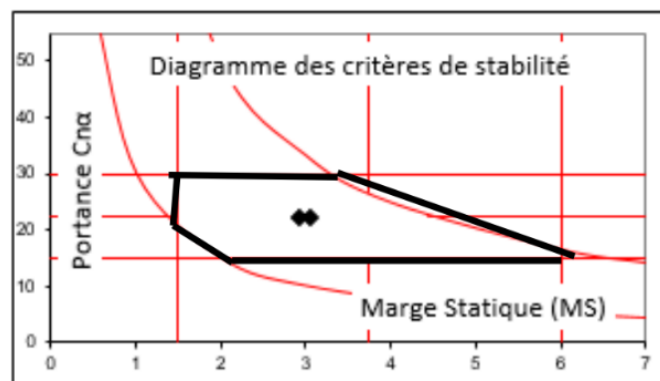
$$\text{Marge Statique} : 1,5 < MS < 6$$

### STAB5 : Couple (marge statique x Portance)

$40 < MS \times C < 100$ , un produit supérieur à 100 nécessite des conditions de lancement particulières.

Planète science préconise un couple de 70

L'action stabilisatrice des empennages n'est garantie qu'à partir d'une certaine vitesse



La fusée est considérée comme stable si les deux points noirs restent dans l'encadré noir.

Un produit supérieur à 100 indique que la fusée est très sensible au vent (limite surstable).



**STAB6 : Fusée à 2 jeux d'ailerons**

Dans le cas d'une fusée à deux jeux d'ailerons dont les ailerons sont alignés, la fusée doit être stable à la fois sans tenir compte des effets de masquage du jeu d'aileron inférieur par le jeu d'aileron supérieur et à la fois en tenant compte de cette interaction.

Dans le cas de deux jeux d'ailerons alignés, le premier jeu d'ailerons va diminuer l'efficacité du second (dans le sens du vent relatif). Cette perte d'efficacité est prise en compte via l'option « bi-empennage à ½ masqué » dans l'outil de trajectographie de PLANETE SCIENCES. La modélisation de ce phénomène étant conservative, il faut également être stable dans le cas non masqué.

**STAB7 : Ailerons**

Les ailerons doivent avoir un profil symétrique. Les ailerons d'un même empennage doivent être identiques et être au nombre de 3 ou 4.

Le logiciel ne peut être utilisé que pour des ailerons ayant un profil symétrique et prend notamment comme hypothèse un profil de plaque plane. De plus, ce modèle ne peut fonctionner que pour un nombre d'ailerons égal à 3 ou 4.

Des ailerons de formes non trapézoïdales peuvent être validés par recouvrement. Pour cela, il doit être possible de les encadrer par deux formes trapézoïdales, la première incluse dans la forme réelle de l'aileron et la seconde incluant la forme réelle, cf. [R1], validant toutes les deux la stabilité.

Si deux empennages sont nécessaires, il est préférable de ne pas les aligner. Il faut alors cependant se méfier de la compatibilité avec la rampe.

Si cela n'est pas possible, réduire l'envergure de l'empennage du haut (en amont de l'écoulement) réduit l'écart de résultats entre les deux cas de calculs (ailerons non masqués et ailerons à ½-masqués).

Si un profil autre que la plaque plane est adopté, il est chaudement recommandé de s'assurer que le projet est stable lorsque contrôlé par l'outil de trajectographie (en considérant des ailerons de même dimension mais en plaque plane).

Enfin, une démarche expérimentale est possible en procédant au test à la ficelle de la fusée (cf. [R1]). Cependant, ce test est conservatif et peut donc déclarer une fusée non stable alors qu'elle l'est.

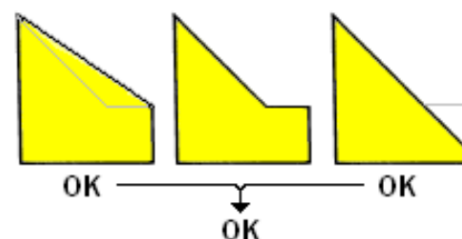


Figure 9 : calcul d'ailerons de forme quelconque

## LE SYSTEME DE RECUPERATION

### **REC1 : Assurer la récupération de la fusée**

La fusée doit être équipée d'un système ralentisseur fiable permettant de réduire sa vitesse de descente. L'éjection du ralentisseur doit être franche.

Tout élément éjecté doit être solidement relié à la fusée ou ralenti lors de sa chute dans les mêmes conditions que la fusée.

*Le but est de récupérer la fusée en bon état. Ces trois tests successifs de la récupération ne constituent pas le vol simulé (voir CHRONO2).*

### **REC2 : Vitesse de chute**

Le système ralentisseur de la fusée et de tout autre élément éjecté doit permettre une arrivée au sol à une vitesse verticale de moins de 15 m/s et de plus de 5m/s.

*La valeur de  $V_d$  doit être prouvée par calcul ou par essai (cette preuve doit être présentée dans le dossier de conception)*

La vitesse de descente est obtenue par calcul à l'aide de la formule suivante :

$$V_d = \sqrt{\frac{2.M.g}{\rho_0.C_x.S}}$$

Dans le cas d'une forme de parachute pour laquelle la formule ci-dessus n'est pas applicable, l'équipe projet devra apporter les éléments de justification nécessaires.

### **REC3 : Déclenchement du ralentisseur**

- ✓ La fusée doit être munie d'un système réglable en temps permettant la mise en œuvre d'un ralentisseur à la culmination (point le plus haut de la trajectoire). Celle-ci doit être mise à feu à  $\pm 2$  s de l'apogée.
- ✓ Le ralentisseur et ses fixations doivent résister au choc lors de l'ouverture.
- ✓ En cas d'utilisation d'une trappe latérale : celle-ci ne doit pas s'ouvrir sans être commandée, mais doit s'ouvrir malgré les contraintes du vol.
- ✓ La portée balistique de la fusée doit être inférieure à 500 m lancée à  $80^\circ$ .

*L'accélération, l'altitude d'apogée, le temps de vol et la portée balistique peuvent être simulés en fonction des paramètres de votre fusée.*

La descente de la fusée ou d'un élément éjecté doit être suffisamment lente pour que l'atterrissage de la fusée se fasse en douceur mais elle doit aussi être suffisamment rapide pour éviter un éloignement (portée balistique) trop important de la fusée.

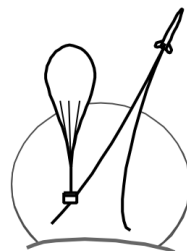
Tous les éléments de la fusée doivent rester fixés durant toute la durée du vol (jusqu'à l'impact au sol), et ce malgré les contraintes liées à l'accélération et à la décélération du propulseur ainsi qu'aux efforts aérodynamiques subits. La fusée devra pouvoir être secouée vivement (manuellement) dans tous les sens lors des contrôles.

Les « grosses masses » (moteur électrique, piles, ...) devront résister à une force équivalente à 1,5 leur masse multipliée par l'accélération maximale de la fusée.

Quand cela le justifie (exemple : goupille), on pourra accepter que certains éléments se détachent durant le vol. On impose cependant que ces derniers restent reliés à la fusée jusqu'à sa récupération. On étudiera alors attentivement à la fois les conséquences possibles de perturbations de la stabilité de la fusée engendrées par cette perte de masse ainsi que la protection des personnes.

Par mesure de sécurité, dans le cas de goupilles sortantes, il est demandé de respecter un écart de  $90^\circ$  entre l'axe de la goupille et l'axe d'accessibilité des commandes de la fusée (interrupteurs, ...). Il est aussi recommandé d'utiliser un dispositif de sécurité pour garantir le maintien de la goupille en rampe.

Pour vous aider vous pouvez consulter cette ressource sur les parachutes.



## L'ELECTRONIQUE DE VOL

### **EL1 : MESURE DES PERFORMANCES DE VOL**

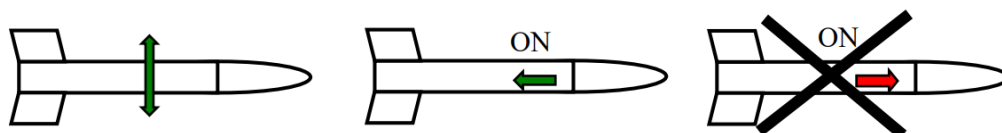
Le système de mesure doit respecter les critères suivants :

- ✓ Mesure de l'accélération :  $a_{\max} = \pm 16g$
- ✓ Mesure de la vitesse de la fusée :  $0,1 \text{ m/s} < V < 200 \text{ m/s}$
- ✓ Mesure de l'altitude : tolérance  $\pm 100 \text{ mm}$
- ✓ Mesure du temps de vol : tolérance  $\pm 10 \text{ ms}$ .
- ✓ Enregistrement des données pour un vol
- ✓ Restitution des données par Bluetooth après le vol

### **EL2 : COMMANDE DE M/A**

Tous les éléments de commande et de mise en route de l'électronique doivent être accessibles quand la fusée est sur rampe de lancement.

Les interrupteurs doivent être positionnés de sorte que leur basculement s'opère de façon perpendiculaire à l'axe de la fusée. Si cela n'est pas possible, la position ON ou VOL d'un interrupteur doit être dirigée vers le propulseur de la fusée.



*Cette précaution doit être prise car Les accélérations et décélérations de la fusée pendant son vol peuvent faire basculer les interrupteurs.*

### **EL3 : INFORMATION D'ETAT**

La fusée doit disposer d'indicateurs clairs pour permettre de savoir à tout moment dans quel état elle se trouve (marche / arrêt, position de sécurité / position de vol, etc.).

## S'ADAPTER AUX RAMPES

Il existe plusieurs types de rampes mini fusées. Les rampes Rail et les rampes cage (ou 4 patins, dite rampe de type Idéfix ou falbala). Les mini fusées propulsées par un Cariatou ne peuvent être lancées qu'à partir de rampes de type Idéfix ou Falbala.

### Les rampes cages

Elles sont composées de 4 guides et ne peuvent être utilisés que pour des fusées ayant 4 ailerons : Elles existent en deux longueurs 2 m pour le type Idéfix et 2,5 m pour le type Falbala. Voici les dimensions à respecter pour utiliser les rampes cages.

Les rampes cages ne nécessitant pas de patins (contrairement aux rampes Rail). Les patins de guidage de la rampe obligent une réflexion préliminaire sur les emplacements des commandes et de l'initialisateur afin d'y accéder sur rampe lors des dernières manipulations avant le lancement. Pour les emplacements, positionnez-les dans l'alignement des ailerons à  $\pm 20^\circ$ .

Difficile à réaliser, lourde à transporter, vous risquez de ne pas la trouver sur toutes les campagnes de lancements (voir règle VL5). Renseignez-vous auprès de votre suiveur.

Attention, à ce jour, le réseau Planète Sciences ne dispose pas de rampe type Idéfix permettant le lancement de fusées 3 ailerons.

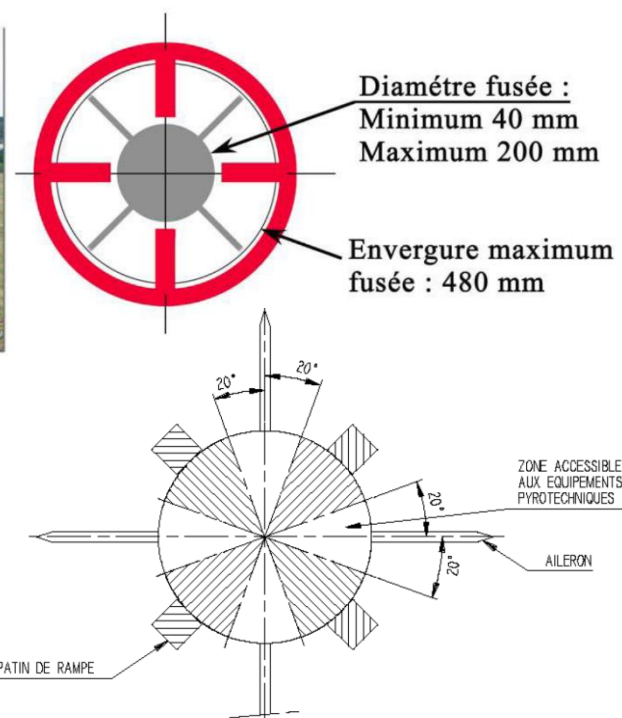
Lors de la campagne de lancement nationale, si la longueur des rampes minifs n'est pas suffisante, il est possible d'utiliser les rampes fusex en faisant une demande de dérogation. Se reporter au cahier des charges fusex pour les détails.

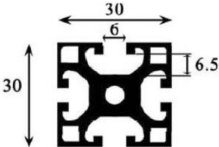
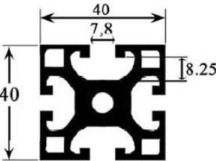
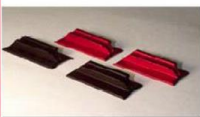


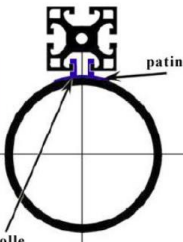
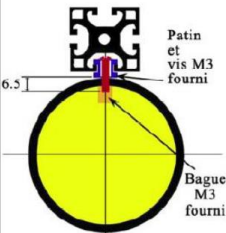
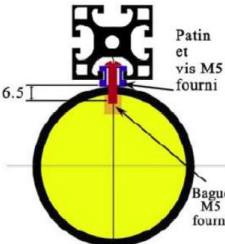
### Les rampes rails

Les rampes type rail existent en plusieurs longueurs de 2, 3 ou 4 m. Elles n'imposent pas de dimensions particulières aux fusées, elles peuvent alors avoir 3 ou 4 ailerons, mais celles-ci doivent disposer d'au moins deux patins. Un au niveau du centre de gravité et l'autre en bas de la fusée.

Leurs dimensions ainsi que celles des patins de fixation qui leurs sont liées sont présentées ci-contre :

Renseignez-vous bien auprès de l'organisateur de la campagne sur le type de rampe disponible et s'il peut vous fournir les patins adéquats.



	MINIFUSÉE	FUSEX	
	RAIL 30x30mm	RAIL 40x40	
profil			
patins	 Patin GL-ACME-2.1	 Patin et vis REBEL-BUT-DEL-6  Bague REBEL-278-534	 Patin et vis REBEL-BUT-DEL-8  Bague REBEL-278-562
montage	 patin colle	 Patin et vis M3 fourni Bague M3 fourni	 Patin et vis M5 fourni Bague M5 fourni

## Exposé scientifique

Il est demandé aux équipes participantes de préparer un exposé scientifique.

L'intégralité des équipes remettra son exposé aux organisateurs par écrit.

Le thème de cet exposé doit porter sur une ou plusieurs connaissances techniques ou théoriques apprises durant la réalisation de la fusée qui est présentée lors du concours du Rocketry Challenge.

Les cinq équipes arrivées en tête de la finale française présenteront leur exposé en français devant un jury.

La durée allouée à chaque exposé est de 10 minutes pour la présentation et 5 minutes pour répondre aux questions du jury.

La présentation pourra se faire en public, sans les autres équipes finalistes.

Les critères de la note de l'exposé sont :



- ✓ l'aisance à l'oral,
- ✓ la qualité du support,
- ✓ la répartition du temps de parole,
- ✓ la compréhension des notions présentées.

Chaque critère est noté sur 5 pour avoir une note sur 20. Si une équipe souhaite projeter un document lors de leur présentation, elle devra le transmettre à l'organisation sous format PDF uniquement, avant le début de la présentation de la première équipe.