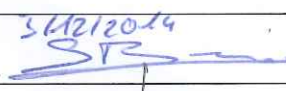
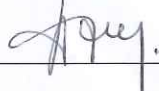


Cahier des Charges Minifusées

Références	MINIF/CDC/1/CNES-PLASCI
Version	3.0
État	Diffusion
Date d'édition	22 novembre 2014
Nombre de pages	14



Analyse documentaire

Classe (Confidentialité) : N.C.		Type : Cahier des charges
Mots clés : fusées, Cahier des charges / Contrôles		
Rédacteur(s) : bénévoles et permanents Planète Sciences		
Résumé : Document de référence relatif aux conditions de qualification d'un projet minifusée		
Date de première parution : 01/11/2012		Date de dernière mise à jour : 22/11/2014
Gestion en configuration (figé ou amené à évoluer) : Oui		
Logiciel(s) hôte(s) : MS word 2003 / 2007		Nombre de pages : 14
Approuvé par :	Sylvain BESSON Responsable sauvegarde Planète Sciences	
Autorisé pour application par :	Jean Pierre LEDEY Président de l'association Planète Sciences	

Diffusion

Organisme/Groupe	Sigle	Nom
Planète Sciences	Président	Jean-Pierre LEDEY
Planète Sciences	Président secteur Espace	Aline MEURIS
Planète Sciences	Responsable national activités espace	Amandine GUEURCE
Planète Sciences	Responsable permanent minifusées club et scolaire	Elodie FRANCILIETTE
Planète Sciences	Responsable Sauvegarde	Sylvain BESSON
Planète Sciences	Contrôleurs minifusées	Tous les contrôleurs minifusées
Planète Sciences	Lanceurs minifusées	Tous les lanceurs minifusées
Planète Sciences	Référents espace régionaux	Tous les référents espace dans les délégations, antennes et relais Planète Sciences
CNES	CNES/DCE	Claire EDERY-GUIRADO, Stéphane FREDON
Divers		Tous les clubs inscrits pour un projet minifusée
		Tous les établissements inscrits pour un projet minifusée

Modifications / Historique du document

VERSION	Date	MODIFICATIONS
1.0	21/08/2004	Version initiale. Ce document est en partie issu des précédents cahier des charges Wapiti et cahier des charges minifusées Koudou-Cariacou.
1.1	09/09/2004	Mise à jour RC2, stabilité et minifex
1.2	23/09/2004	Mise à jour sécurité
2.0	07/10/2004	Mise à jour du critère de flèche
2.1	15/10/2005	Mise à jour VL5,RC5
2.2	15/10/2012	Mise à jour de la fiche de contrôle et des dimensions du propulseur Pro 24 remplaçant du Wapiti
3.0	22/11/2014	Mise à jour moteurs Pro29 et utilisation de la charge de dépotage.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
La minifusée	4
Le cahier des charges	4
Avertissement	4
1 GÉNÉRALITÉS	5
2 LE VOL	6
3 RÉCUPÉRATION	8
4 ÉLECTRONIQUE	9
ANNEXES	10

Pour toute question ou documentation, n'hésitez pas à nous contacter :

- Soit par mail : espace@planete-sciences.org
- Soit par téléphone : 01 69 02 76 10 (si vous appelez d'un poste fixe, Planète Sciences vous rappelle sur demande) du lundi au vendredi de 10h à 12h et de 14 à 18h. Ou de préférence lors des permanences du secteur Espace, tous les mercredis soir entre 19h et 23h.

INTRODUCTION

La minifusée

Planète Sciences et le CNES classent les fusées de jeunes (propulsées par propulseur à poudre) en trois catégories : les microfusées, les minifusées et les fusées expérimentales. On appelle minifusées les objets propulsés avec des moteurs d'impulsion comprise entre 10 et 160 Newton-secondes pour lesquels l'objectif principal est la réalisation d'un système capable de résister aux contraintes d'un vol dans une fusée. La minifusée est aussi une bonne expérience de gestion de projet et de réalisation technique (intégration, validation d'un système de récupération). C'est un bon entraînement avant l'étape suivante : la fusée expérimentale.

Les minifusées peuvent être réalisées dans différents cadres :

- opérations scolaires à destination des collèges et lycées,
- les clubs aérospatiaux,
- le Rocketry Challenge.

Le cahier des charges

Un cahier des charges est un document qui regroupe des spécifications techniques pour la réalisation d'un projet. Il est, en quelque sorte, la « règle du jeu » à suivre pour construire des fusées en amateur. **C'est un document contractuel que toute équipe qui entame la construction d'une fusée s'engage à respecter.** Dans le cas contraire, il ne lui sera pas attribué de propulseur. Ce document a été créé afin que les lancements se déroulent en toute sécurité pour les différentes personnes présentes. En le respectant, vous avez l'assurance de réaliser une fusée qui est apte au lancement en fin de réalisation.

Ce cahier s'applique aux minifusées propulsées par les propulseurs Cesaroni Pro24 et Pro29 de classe E, F et G.

Les règles énoncées dans le cahier des charges sont regroupées par thèmes. Pour chacune d'elles sont présentées :

- LES RÈGLES.
Elles sont à respecter pour toutes les phases du projet.
- LES CONTRÔLES :
Ceux-ci seront effectués par des contrôleurs pour vérifier le respect des règles.

La validation de l'ensemble des contrôles est nécessaire pour permettre l'attribution du propulseur.

Si, pour des raisons techniques ou expérimentales, il vous paraît difficile de respecter une règle, vous pouvez préalablement solliciter Planète Sciences pour une dérogation avant de commencer la réalisation de votre projet.

Avertissement

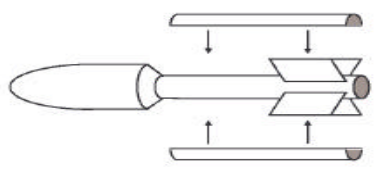
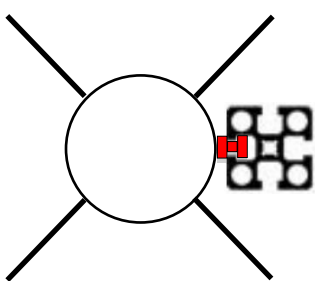
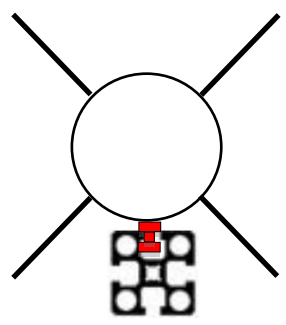
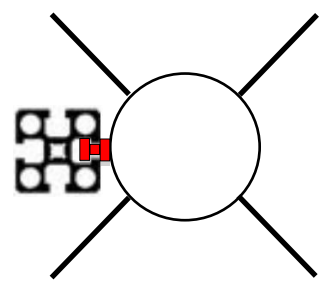
Vous devrez vous renseigner, au près de Planète Sciences, sur les propulseurs disponibles pour l'opération et la campagne auxquelles vous voulez participer. Vous devez, au moment de votre inscription, indiquer quel propulseur vous utiliserez. La commande générale des propulseurs se faisant en début d'année scolaire, il ne sera pas possible de changer au dernier moment, sauf si les stocks le permettent en cas de désistement.

Le calcul des masses maximale et minimale admises, en fonction de votre fusée, est régi par les règles VL4 et RC5.

1 GÉNÉRALITÉS

GN1	<p>Règle : La fusée ne doit présenter aucun danger pour les personnes ou l'environnement. Aussi, sont interdits : les fumigènes, l'embarquement d'animaux morts ou vifs, les expériences dangereuses pour l'environnement, tout élément inflammable ou explosif, tout dispositif entraînant une modification de la stabilité de la fusée en phase ascensionnelle.</p> <p>Contrôle : La vérification est faite lors d'un contrôle visuel et d'un échange entre le contrôleur et l'équipe projet en s'appuyant sur la définition même du projet. Les interdictions énoncées sont à respecter impérativement.</p>
------------	--

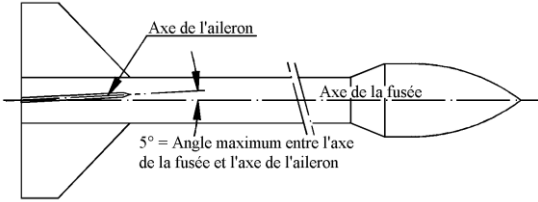
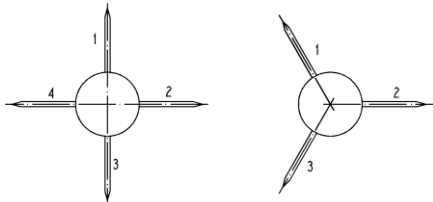
GN2	<p>Règle : L'utilisation d'inflamateurs de quelque nature que ce soit, est régie par la fiche technique en annexe en fin du document.</p> <p>Contrôle : Il sera vérifié que les inflamateurs présents dans la fusée respectent les documents en vigueur.</p>
------------	--

GN3	<p>Règle : La fusée doit être compatible avec la rampe utilisée lors de la campagne de lancement (rampe type rail ou cage : voir fiches technique en annexes).</p> <p>Dans le cadre de l'utilisation d'une rampe rail : les patins (pouvant être fournis par Planète Sciences), au nombre de deux minimum, doivent être parfaitement alignés entre eux et fixés solidement à la fusée. Le premier doit être au niveau du centre de gravité et le deuxième en bas de la fusée.</p> <p>Contrôle : Un essai de compatibilité rampe est effectué afin de vérifier la mise en place de la fusée et l'accessibilité des commandes, des initialisateurs et des voyants éventuels.</p> <p>Dans le cas de l'utilisation d'une rampe cage, pour que le guidage de la rampe soit efficace, il faut que le diamètre extérieur de la fusée soit le même sur toute la longueur de la fusée. Ainsi, dans le cas d'une fusée avec retraits, des sabots sont à prévoir.</p> <p>Dans le cadre de l'utilisation d'une rampe rail, la fixation des patins doit permettre de retenir une portion de rampe pesant 1.2 kg, selon les 3 directions suivantes, lorsque l'on tient la fusée à la main horizontalement.</p> <div style="text-align: right; margin-right: 50px;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin: 20px 0;">    </div> <p>Renseignez-vous bien sur le type de rampe disponible lors de votre campagne de lancement et si Planète Sciences peut vous fournir les patins adéquats.</p>
------------	--

LE VOL

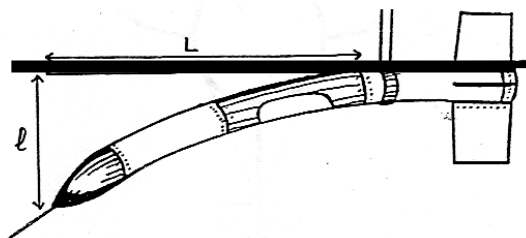
VL1	<p>Règle : L'équipe projet doit fournir une chronologie au responsable du lancement.</p> <p>Contrôle : La chronologie est un document décrivant la totalité des actions nécessaires à la mise en œuvre de la fusée. Elle doit mentionner le nom de la personne exécutant chaque action et combien de temps avant le lancement cette action doit être exécutée. Elle débute après la qualification de la fusée et prend fin lors de la récupération.</p> <p><i>La chronologie sera testée lors du vol simulé.¹</i></p>
------------	--

VL2	<p>Règle : Le propulseur doit entraîner la fusée et être centré sur le diamètre.</p> <p>Le propulseur doit être obligatoirement maintenu dans l'axe de la fusée par la bague arrière et un système doit empêcher le propulseur de sortir vers l'arrière, notamment lors du dépotage.</p> <p>Le haut du propulseur doit rester dégagé pour la charge de dépotage.</p> <p>Sa fixation s'effectue quelques minutes avant le lancement, il doit donc pouvoir être monté ou démonté rapidement.</p> <p>Contrôle : Le test de fixation du propulseur ne peut être validé qu'en présence d'un lanceur. Des essais de montage-démontage sont effectués avec un propulseur vide. Un exemple d'aménagement du propulseur est présenté dans les fiches techniques en annexes ainsi que les dimensions.</p>
------------	--

VL3	<p>Règle : L'axe longitudinal de chaque aileron doit être parallèle à l'axe longitudinal de la fusée. Les ailerons doivent être répartis de manière symétrique autour du corps de la fusée. Ils doivent supporter les fortes contraintes aérodynamiques du vol.</p> <p>Contrôle : Les schémas suivants doivent être respectés :</p> <div style="text-align: center;">   </div> <p><u>Position de l'axe des ailerons</u> <u>Gabarit suivant le nombre d'ailerons (à +/- 10°)</u></p> <p><i>Contrôle des ailerons</i></p> <p><i>Pour vérifier la tenue des fixations des ailerons, la fusée sera basculée, par ses ailerons (en les tenant par leur extrémité : le plus loin de l'axe de la fusée), de la position ogive dirigée vers le sol à la position ogive dirigée vers le haut. Et ce, pour toutes les combinaisons d'ailerons possibles.</i></p> <p><i>Lors de ce test, les ailerons ne doivent pas visuellement se déformer.</i></p>
------------	---

¹ Le vol simulé est une répétition de l'ensemble du vol, de l'arrivée sur l'aire de lancement à la sortie du parachute, tout en gardant la fusée à côté de soi.

VL4	<p>Règle : La fusée doit avoir un vol stable. Pour cela, il est nécessaire de respecter les conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> * Une vitesse minimale^{2 et 3} en sortie de rampe de 18 m/s * Finesse (rapport longueur sur diamètre) : $10 < f < 20$ * Portance⁴ : $15 < Cn < 30$ * Marge statique : $1,5 < MS < 6$ * Couple (Marge statique x Portance) : $30 < Ms \times Cn < 100$ <p>Si la géométrie ou la masse de la fusée est modifiée lors de la phase ascensionnelle, la stabilité de la fusée doit être vérifiée avant et après cette modification.</p> <p>Contrôle : Tous les calculs sont vérifiés avec le logiciel StabTraj v3.</p>
------------	---

VL5	<p>Règle : La flèche statique de la fusée doit être inférieure à 1% (entre l'extrémité supérieure de la fixation des ailerons sur le corps de la fusée et le bas de l'ogive).</p> <p>La flèche dynamique de la fusée sous un chargement (60g pour les Pro24-1G, 100g pour les Pro29-1G et Pro24-3G et 150 g pour les Pro29-2G) appliqué à la base de l'ogive doit être inférieure à 2%.</p> <p>Contrôle : La flèche est le rapport exprimé en pourcentage de la déformation mesurée à l'aide d'un réglet sur la longueur de contrôle ($f = \text{def_mesurée} / (L^5 - l^6)$).</p> <p>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).</p> <p>Pour la flèche dynamique, la procédure est la même sauf qu'en plus une masse est suspendue à la base de l'ogive.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Flèche = $< 1\% (=0.01)$</p> </div> <p>La flèche est mesurée sur les quatre cotés de la fusée.</p>
------------	---

VL6	<p>Règle : Tous les éléments de la fusée doivent rester solidement fixés pendant toute la durée du vol. Toutefois, le largage ou l'éjection d'éléments peut être envisagé. Dans ce cas, on se conformera à la règle RC1 pour ces éléments.</p> <p>Contrôle : La fusée devra pouvoir être secouée vivement (manuellement) dans tous les sens lors des contrôles.</p>
------------	---

² La vitesse en sortie de rampe, le coefficient de portance (Cn), la marge statique (MS) et le produit MS x Cn peuvent être calculés à l'aide de la feuille de calcul StabTraj v3 (faisant foi lors des contrôles), disponible en ligne sur le site internet de Planète Sciences.

³ Les ailerons ne sont efficaces qu'à partir d'une certaine vitesse, c'est pourquoi il est imposé une vitesse minimale en sortie de rampe qui est directement liée à la masse de la fusée et à la longueur de la rampe.

⁴ La portance et la marge statique sont fonction de la forme, de la taille, et de la position des ailerons.

⁵ Distance entre le sommet de l'ogive et l'extrémité supérieure de la fixation des ailerons sur le corps de la fusée.

⁶ Longueur de l'ogive.

2 RÉCUPÉRATION

RC1	<p>Règle : La fusée doit être munie d'un système de récupération lui permettant de rejoindre le sol à une vitesse verticale comprise entre 5 et 15 m/s.</p> <p>Tout élément éjecté doit être solidement relié à la fusée ou ralenti lors de sa chute dans les mêmes conditions que la fusée.</p> <p>Contrôle : La vitesse de descente est obtenue par calcul à l'aide de la formule suivante :</p> $V_d = \sqrt{\frac{2.M.g}{\rho_0.C_x.S}}$ <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>m</i> : la masse de la fusée en kg <i>g</i> : la constante de gravitation = 9,81 m/s² <i>ρ₀</i> : masse volumique de l'air = 1,3 kg/m³ <i>S</i> : Surface projetée du parachute en m² <i>C_x</i> : Le coefficient de trainée du parachute = 1 <p>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.</p>
RC2	<p>Règle : La charge de dépotage du moteur doit être utilisée pour faire sortir le ralentisseur. Celle-ci doit être mise à feu à ±2 s de l'apogée.</p> <p>Contrôle : Le contrôleur vérifiera que le ralentisseur est bien protégé des flammes et qu'il sort sans trop de difficultés. Le réglage de la charge de dépotage est effectué par le lanceur.</p> <p>Dans le cas où la charge de dépotage ne sert pas pour faire sortir le ralentisseur, cela fera l'objet d'une demande de dérogation et la charge de dépotage ne pouvant être inhibée, l'équipe devra trouver un moyen pour faire sortir les gaz chaud de la fusée.</p>
RC3	<p>Règle : Le ralentisseur et ses fixations doivent résister au choc lors de l'ouverture.</p> <p>Contrôle : Le contrôleur testera la solidité de l'ensemble ralentisseur (parachute, suspentes, sangles, fixations). Le parachute sera soumis à un chargement de 5kg attaché à ses suspentes. Un effort plus important peut être appliqué si le ralentisseur est déployé loin de la culmination.</p> <p>Calculs vérifiés avec le logiciel StabTraj v3. Voir Document « Fiches Techniques »</p>
RC4	<p>Règle : 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.</p> <p>Contrôle : La fixation de la trappe sera évaluée par le contrôleur alors que celui-ci exerce des efforts de torsions et de flexions sur le tube de la fusée.</p> <p>Voir Document « Fiches Techniques »</p>
RC5	<p>Règle : La portée balistique de la fusée doit être inférieure à 200 m lancée à 80°.</p> <p>Contrôle : La fusée sera mesurée et pesée puis les données seront entrées dans la feuille de calcul StabTraj v3 afin de vérifier la portée balistique.</p>

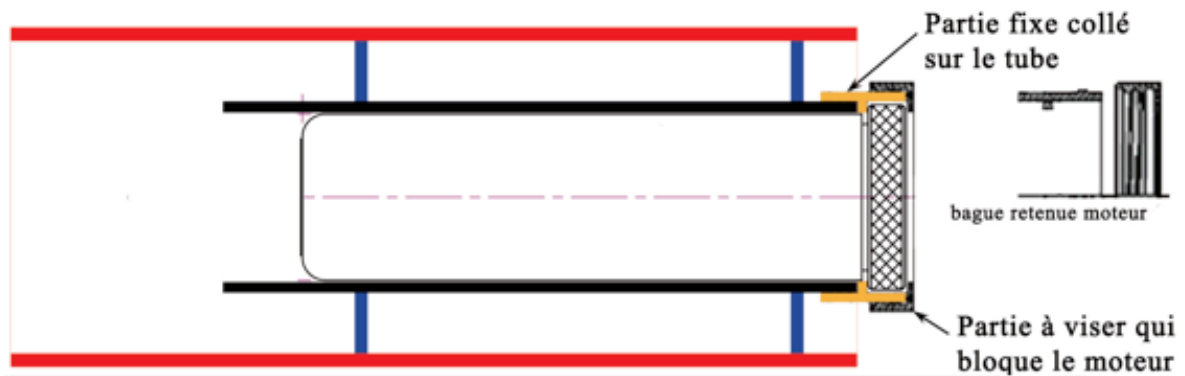
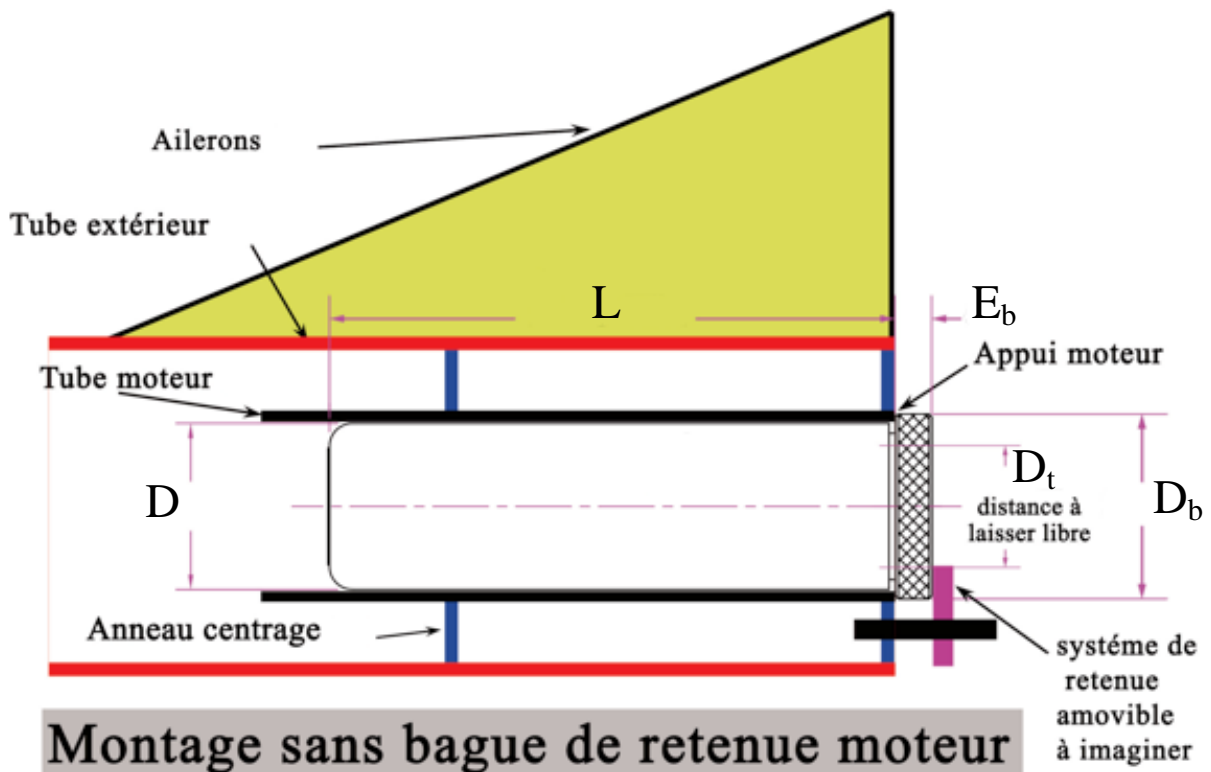
3 ÉLECTRONIQUE

EL1	<p>Règle : La fusée doit être munie d'un système mécanique ou électronique permettant la mise en œuvre d'une action au court du vol, autre que le dépotage. (Sauf Rocketry Challenge)</p> <p>Contrôle : L'équipe doit montrer le bon fonctionnement de l'ensemble des systèmes présents dans la fusée lors d'un vol simulé au sol.</p>
EL2	<p>Règle : Tous les éléments de commande doivent être accessibles quand la fusée est sur rampe.</p> <p>Contrôle : L'accessibilité des commandes et voyants éventuels ainsi que la fixation d'un éventuel initialisateur de ces systèmes devront être testés lors de la compatibilité rampe effectuée pour le contrôle de la règle GN3. Une attention particulière est à apporté dans le cadre de l'utilisation d'une rampe cage.</p>
EL3	<p>Règle : L'autonomie de l'alimentation électrique doit être d'au moins 15 minutes. La présence d'un interrupteur marche/arrêt facilement accessible est obligatoire.</p> <p>Contrôle : Lors du lancement, les procédures peuvent prendre du temps. Pour cette raison, il est demandé au club de justifier de l'autonomie minimale dans le dossier du projet. A défaut, un test réel de 15 minutes devra être réalisé. L'interrupteur marche-arrêt permet aux membres du projet ainsi qu'au lanceur de stopper le système si la fusée est bloquée sur rampe pendant plusieurs minutes.</p>
EL4	<p>Règle : 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.).</p> <p>Contrôle : Ces indicateurs peuvent être des DELs (attention cependant à leur visibilité en plein jour), ou simplement des indications claires sur la position des interrupteurs. Un contrôle visuel sera effectué lors des qualifications.</p>
EL5	<p>Règle : 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.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Contrôle : Cette précaution doit être prise car Les accélérations et décélérations de la fusée pendant son vol peuvent faire basculer les interrupteurs.</p> <p>Un contrôle visuel sera effectué lors des qualifications.</p>

ANNEXES

1. EXEMPLE D'AMÉNAGEMENT DU PROPULSEUR	11
2. L'INFLAMMATEUR.....	12
3. LES RAMPES	13

1. EXEMPLE D'AMÉNAGEMENT DU PROPULSEUR



Désignation	L	D	Dt	Db	Eb
PRO24 – 1G (RUFINA)	69 mm	24 mm	18 mm	25,4 mm	6 mm
PRO24 – 3G	133 mm	24 mm	18 mm	25,4 mm	6 mm
PRO29 – 1G	98 mm	29 mm	22 mm	31,8 mm	6 mm
PRO29 – 2G	142 mm	29 mm	22 mm	31,8 mm	6 mm

2. L'INFLAMMATEUR

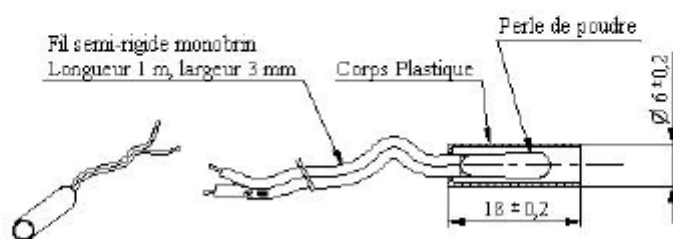
Comme décrit dans le cahier des charges, seuls les inflammateurs fournis par Planète Sciences et le CNES sont autorisés comme système pyrotechnique. Il s'agit de l'inflammateur Davey-Bickford ou Cesaroni dont les dimensions sont précisées ci-dessous et dont les caractéristiques électriques sont :

Résistance : $1,6 \pm 0,2 \Omega$

Intensité de départ : 0,35 A

Intensité normale de fonctionnement : 0,75 A

Dimensions :



Inflammateur DAVEY-BICKFORD

Notez que pour toute utilisation, il faut prévoir sur la fusée un système permettant de court-circuiter l'inflammateur afin d'éviter tout allumage intempestif lors des diverses manipulations. Le système est alors armé sur rampe juste avant l'évacuation de la zone de lancements.

Planète Sciences et le CNES mettent gracieusement des inflammateurs à la disposition des clubs. Il faut en faire la demande suffisamment à l'avance afin que ces derniers vous soient livrés par votre suiveur lors de sa visite. Attention : ces inflammateurs peuvent représenter un danger (brûlure, cavité sous pression). La présence d'un adulte est indispensable lors de leur mise sous tension. Conformez-vous bien aux recommandations faites par votre suiveur et respectez l'usage prévu lors de la demande faite à Planète Sciences !

Il est à noter que l'utilisation d'inflammateurs est interdite dans le cadre du Rocketry Challenge.

3. LES RAMPES

Il existe plusieurs types de rampes minifusées. Les rampes Rail et les rampes cage (ou 4 patins, dite rampe de type Idefix ou falbala).

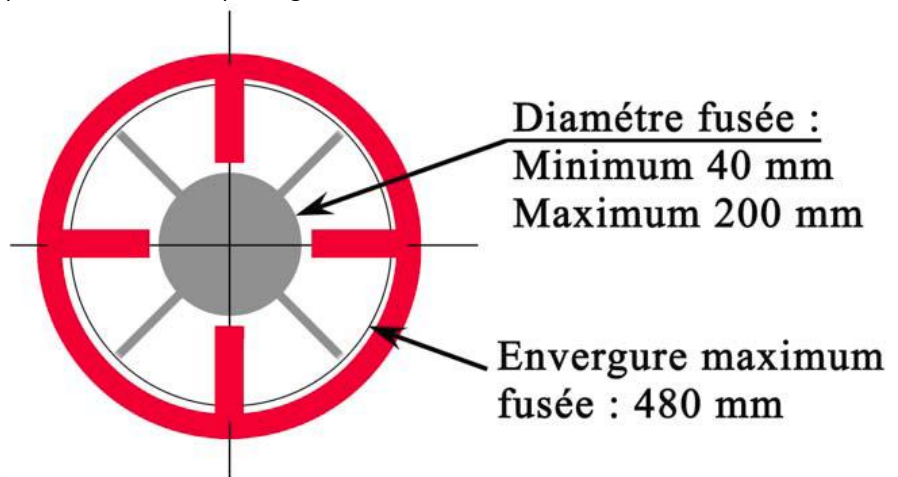
Les minifusées propulsées par un Cariatou ne peuvent être lancées qu'à partir de rampes de type Idéfix ou Falbala.

1. Les rampes cages

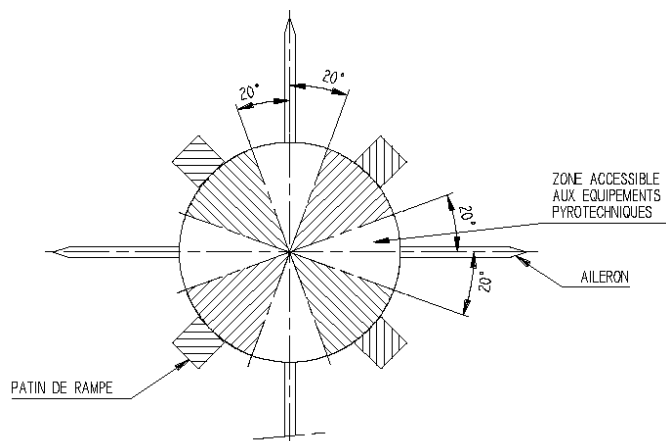
Elles sont composées de 4 guides et ne peuvent être utilisés que pour des fusées ayant 4 ailerons :

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 +/- 20°.



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 Idefix 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.

2. 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-après:

	MINIFUSÉE	FUSEX	
	RAIL 30x30mm	RAIL 40x40	
profil			
patins	<p>Patin GL-ACME-2.1</p>	<p>Patin et vis REBEL-BUT-DEL-6 Bague RFBEL-278-534</p>	<p>Patin et vis REBEL-BUT-DEL-8 Bague RFBEL-278-562</p>
montage	<p>patin colle</p>	<p>Patin et vis M3 fourni 6.5 Bague M3 fourni</p>	<p>Patin et vis M5 fourni 6.5 Bague M5 fourni</p>

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.*