

Cahier des Charges Minifusées campagnes national de lancement (C'Space)

Références	MINIF/CDC/1/CNES-PLASCI
Version	4.0
État	Diffusion
Date d'édition	23 novembre 2019
Nombre de pages	16



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 : 23/11/2019
Gestion en configuration (figé ou amené à évoluer) : Oui		
Logiciel(s) hôte(s) : MS word 2003 / 2007		Nombre de pages : 16
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	Guy PREAU
Planète Sciences	Président secteur Espace	Sylvain BESSON
Planète Sciences	Responsable permanent minifusées club et scolaire	Coralie THOLIMET
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,
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 dépôtage.
4.0	23/11/2019	Duplication et modification pour devenir cahier des charges minifusée lancées lors du C'Space Rajout de la règle concernant la mise en place d'une expérience.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
La minifusée	4
Le cahier des charges	4
1 GÉNÉRALITÉS	5
2 LE VOL	6
3 RÉCUPÉRATION	9
4 ÉLECTRONIQUE	10
ANNEXES	12

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 le pandora spécifique à la campagne nationale de lancement organisé par le CNES et Planète Sciences.

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

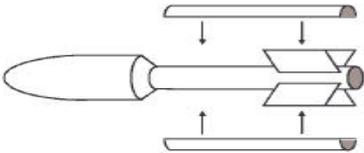
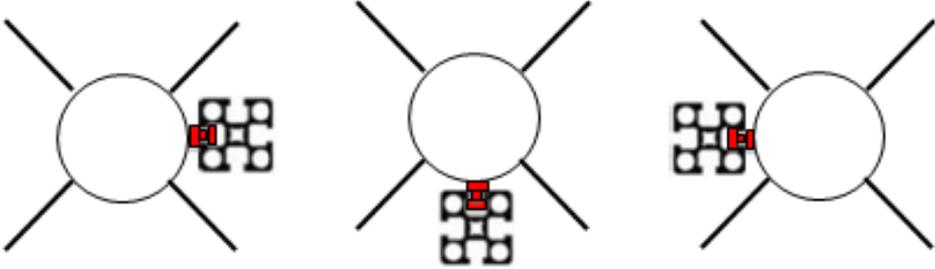
- LES REGLES.
Elles sont à respecter pour toutes les phases du projet.
- LES CONTROLES :
Ceux-ci seront effectués par des contrôleurs pour vérifier le respect des règles.

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.

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 : 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>Lors de la campagne nationale de lancement, les deux rampes sont disponibles.</p> <p>Si la fusée comporte 3 ailerons elle devra comporter des patins pour pouvoir être lancée depuis une rampe rail.</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: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </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>
------------	--

2 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>Sa fixation s'effectue quelques minutes avant le lancement, il doit donc pouvoir être monté ou démonté rapidement.</p> <p>Se référer à l'annexe 1 pour plus de détails sur la fixation du moteur.</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;"> <p>Position de l'axe des ailerons Gabarit suivant le nombre d'ailerons (à +/- 10°)</p> </div> <p>Contrôle des ailerons</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.

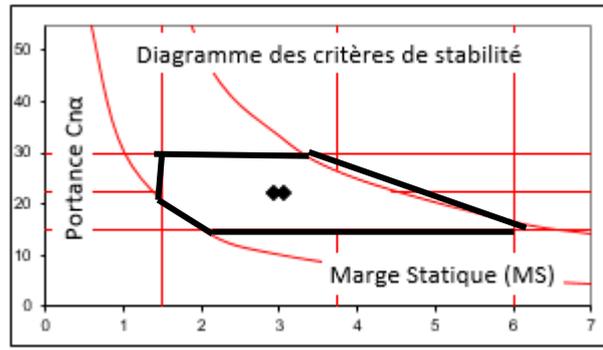
VL4

Règle : La fusée doit avoir un vol stable. Pour cela, il est nécessaire de respecter les conditions suivantes :

- * Une vitesse minimale^{2 et 3} en sortie de rampe de 18 m/s
- * Finesse (rapport longueur sur diamètre) : $10 < f < 20$
- * Portance⁴ : $15 < C_n < 30$
- * Marge statique : $1,5 < MS < 6$
- * Couple (Marge statique x Portance) : $30 < M_s \times C_n < 100$

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.

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



Contrôle : Tous les calculs sont vérifiés avec le logiciel StabTraj v3.

VL5

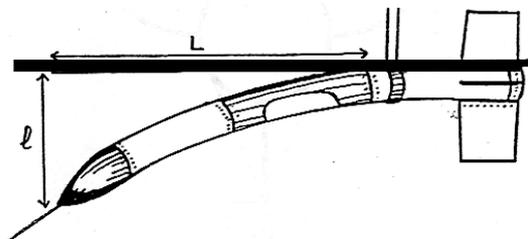
Règle : La flèche statique de la fusée doit être inférieure à 1% (entre l'extrémité supérieure de la fixation des ailerons sur le corps de la fusée et le bas de l'ogive).

La flèche dynamique de la fusée sous un chargement de 250g appliqué à la base de l'ogive doit être inférieure à 2%.

Contrôle : La flèche est le rapport exprimé en pourcentage de la déformation mesurée à l'aide d'un réglet sur la longueur de contrôle ($f = \text{def_mesurée} / (L^5 - l^6)$).

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).

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



$$\text{Flèche} = < 1\% (=0.01)$$

La flèche est mesurée sur les quatre cotés de la fusée.

² La vitesse en sortie de rampe, le coefficient de portance (C_n), la marge statique (MS) et le produit $MS \times C_n$ 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.

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 : <i>La fusée devra pouvoir être secouée vivement (manuellement) dans tous les sens lors des contrôles.</i></p>
-----	--

3 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 traînée 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 fusée doit être munie d'un système réglable en temps permettant la mise en oeuvre d'un ralentisseur à la culmination (point le plus haut de la trajectoire).</p> <p>Celle-ci doit être mise à feu à ±2 s de l'apogée.</p> <p>Contrôle : Le logiciel "Stabtraj" est utilisé pour évaluer la durée du vol jusqu'à l'apogée. Le vol simulé permet de vérifier la reproductibilité avec un temps compris entre ±2 secondes. Le club doit prévoir un premier test d'ouverture sur table et un second lors du vol simulé.</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 (en dernière version) afin de vérifier la portée balistique.</p>

4 ÉLECTRONIQUE

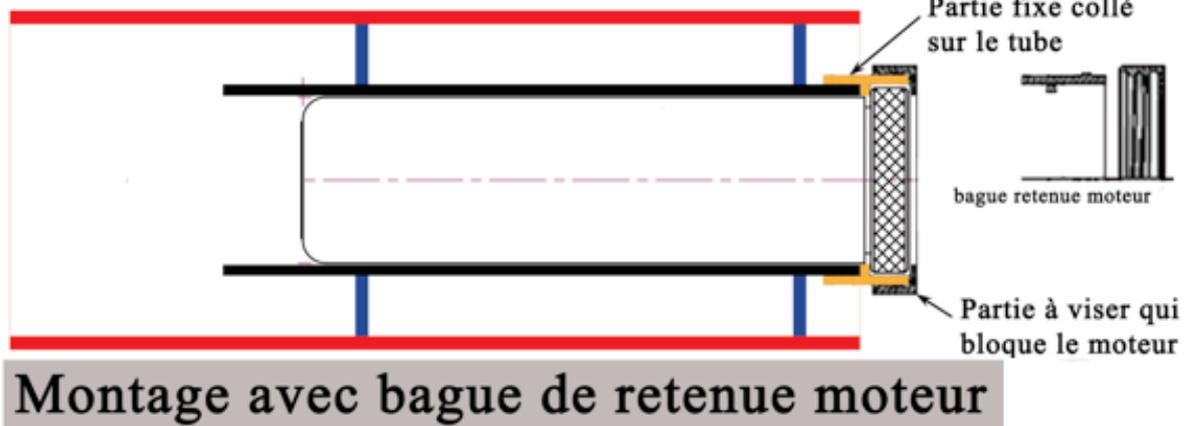
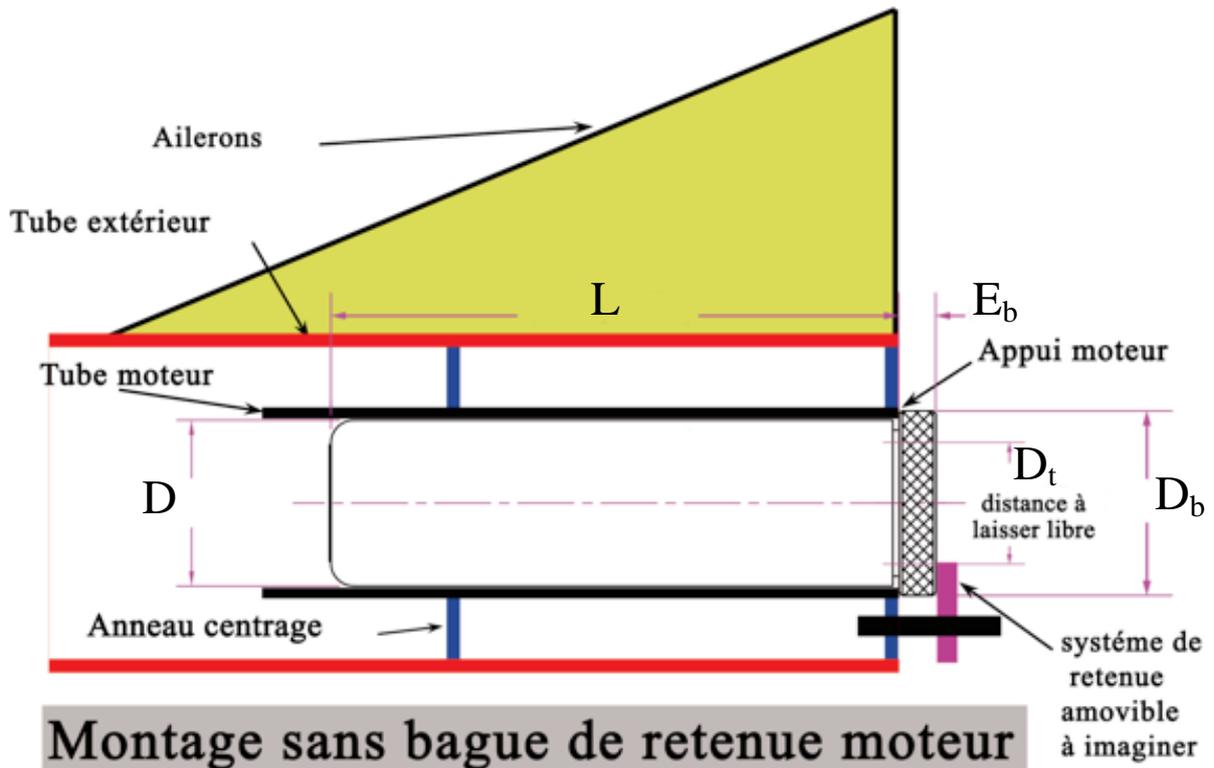
EL1	<p>Règle : La fusée doit être munie d'un système mécanique ou électronique permettant la mise en œuvre du système de récupération.</p> <p>Contrôle : L'équipe doit montrer le bon fonctionnement de l'ensemble des systèmes présents dans la fusée lors d'un vol simulé au sol.</p>
EL2	<p>Règle : Tous les 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 apporter dans le cadre de l'utilisation d'une rampe cage. La zone accessible se situe à $\pm 20^\circ$ autour des ailerons.</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>

EL6	<p>Règle : Si une expérience, autre que de tester un système de récupération ou en lien avec le système de récupération, est intégrée à la fusée, cette dernière doit respecter le cahier des charges fusée expérimentale. Ceci concerne par exemple la télémessure, ou une carte d'expérience avec un capteur.</p> <p>Contrôle : Le contrôle doit se baser sur les règles définies dans les chapitres 3, 7,10 et le paragraphe 5.6 situé dans le cahier des charges fusées expérimentales. Une énonciation des règles se situe en annexe. Pour de plus amples informations veuillez-vous référer au cahier des charges fusées expérimentales.</p>
-----	--

ANNEXES

1. EXEMPLE D'AMENAGEMENT DU PROPULSEUR	13
2. LA CHRONOLOGIE	14
3. LES RAMPES	15

1. EXEMPLE D'AMENAGEMENT DU PROPULSEUR



Désignation	L	D	Dt	Db	Eb
Pandora (Pro 24-6G)	228.09 mm	24 mm	18 mm	25,4 mm	6.35 mm

2. LA CHRONOLOGIE

Lors du lancement, le club doit penser à beaucoup de choses ; l'excitation et le stress aidant, on oublie parfois de basculer un interrupteur, de visser un élément ou même de brancher la pile ! C'est pourquoi une chronologie est demandée : elle sert à rappeler toutes les opérations à effectuer avant le lancement et énumère le "qui-fait-quoi-quand".

La chronologie ci-dessous n'est qu'un exemple, à adapter en fonction de votre projet :

Quand ?	Où ?	Qui ?	Quoi ?
T-60 min	Public	Aurore, Charles et Julie	Arrivée sur l'aire de lancement.
T-45 min	Tante Club	Aurore	Dicter la chronologie à Charles et Julie
		Charles	Mettre l'interrupteur "Alimentation" sur <i>Arrêt</i> . Brancher une pile neuve.
		Julie	Plier le parachute et fermer la trappe.
		Aurore	Prendre un petit tournevis plat, l'initialisateur et la fiche de contrôle.
T-30 min	Zone Rampe	Aurore, Charles, Julie, lanceur, accompagnateurs	Rejoindre la zone rampe.
T-20 min	Zone Rampe	Julie et lanceur	Mettre la fusée en rampe. Effectuer le test de compatibilité rampe.
		Aurore	Continuer à dicter la chronologie à Julie.
		Julie	Attacher l'initialisateur à la rampe, vérifier qu'il s'arrache facilement lors de la sortie de rampe de la fusée.
T-10 min	Public	Accompagnateurs	Rejoindre la zone public.
	Pupitre	Charles	Rejoindre le pupitre de lancement.
	Zone Rampe	Lanceur	Eriger la rampe à 80°.
		Julie	Mettre en place l'initialisateur. Mettre l'interrupteur "Alimentation" sur <i>Marche</i> . Vérifier que la Led verte soit allumée. Attendre deux fois le temps de minuterie. Vérifier que la Led rouge soit éteinte. Laisser le tournevis au lanceur.
T-5 min	Pupitre	Aurore et Julie	Rejoindre le pupitre de lancement.
	Zone Rampe	Lanceur	Aller chercher le propulseur en zone de stockage Mettre en place le propulseur. Mettre en place l'inflammateur.
T-2 min	Pupitre	Lanceur	Rejoindre le pupitre.
		Aurore, Charles, Julie, accompagnateurs	Ecouter les consignes de sécurité.
T-10 s		Lanceur	Décompte final
T		Aurore	Appuyer sur le bouton de mise à feu.

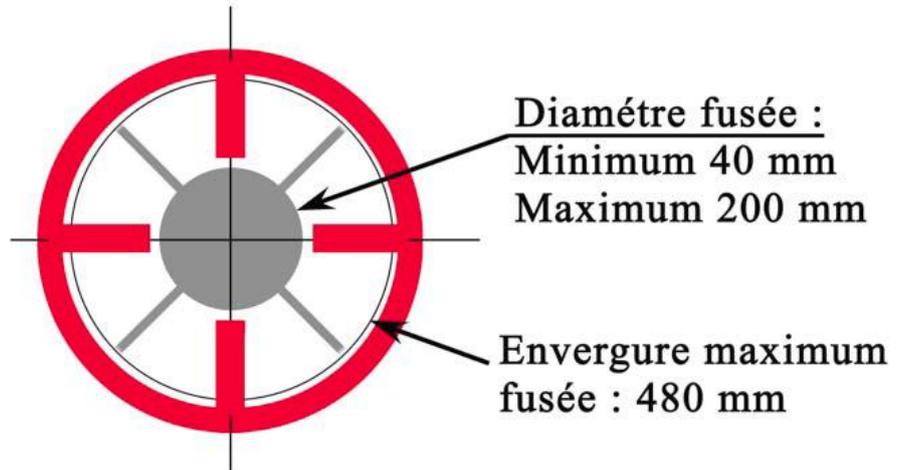
3. LES RAMPES

Il existe deux types de rampes minifusées. Les rampes rail et cage (dite rampe 4 patins ou Falbala).

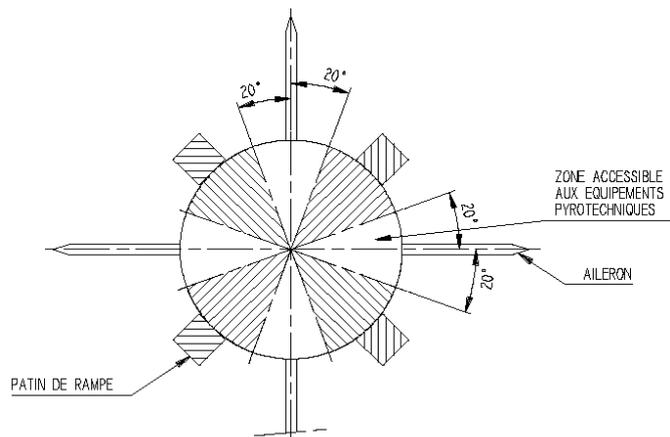
1. Les rampes cages

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°.

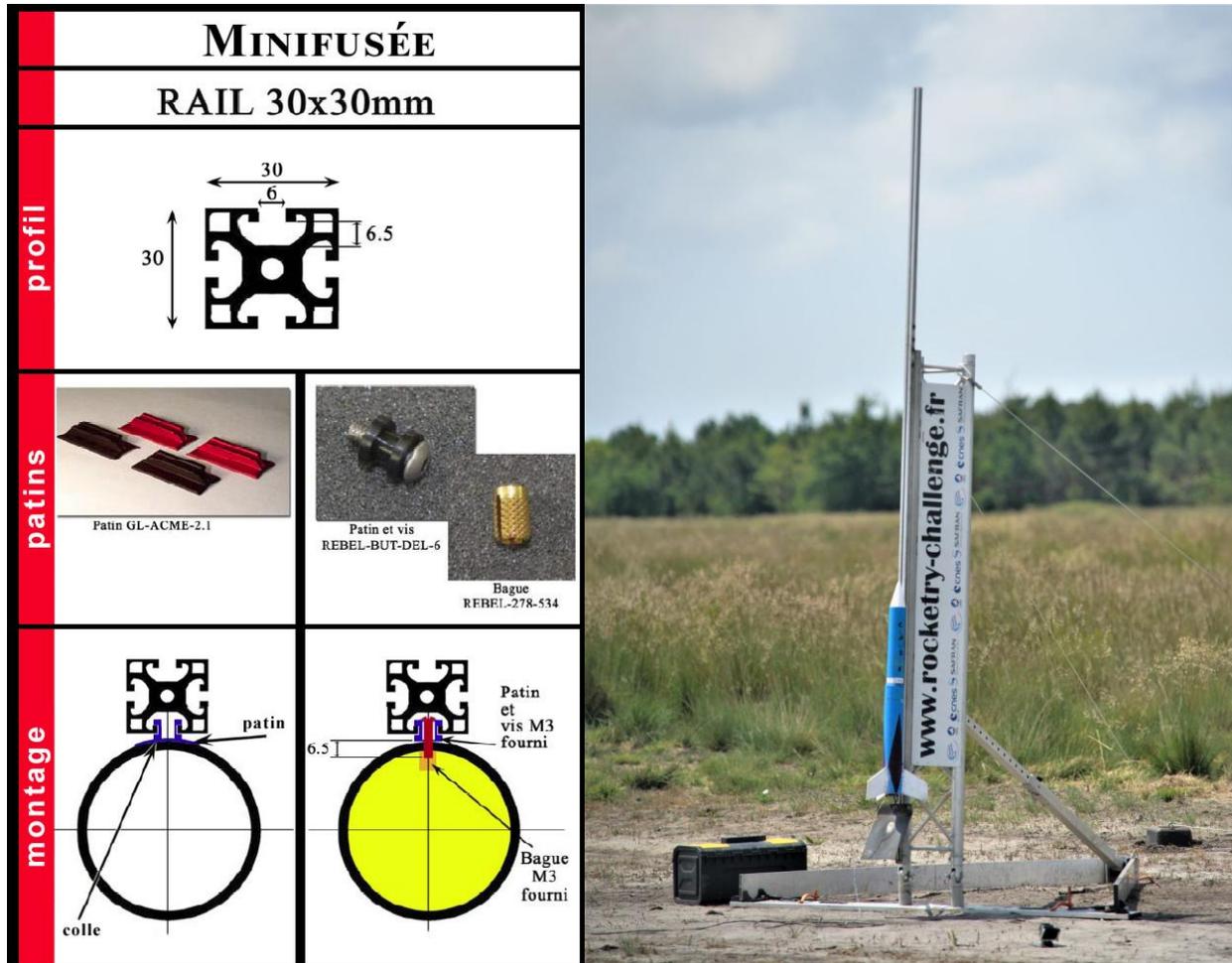


Difficile à réaliser, lourde à transporter, vous risquez de ne pas la trouver sur toutes les campagnes de lancements (voir règle VL5). Renseignez-vous auprès de votre suiveur.

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:



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.*