

SOMMAIRE



REFERENCES	2
LA MINIFUSEE	5
LE CAHIER DES CHARGES	5
I. GENERALITES	6
II. LE VOL	8
III. RECUPERATION	12
FICHES TECHNIQUES ANNEXES	14

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

- 1 Soit par mail : espace@planete-sciences.org
- 2 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.

LA MINIFUSEE

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 (WAPITI et CARIACOU par exemple) pour lesquels l'objectif principal est la réalisation d'un système de récupération lui permettant de revenir au sol sans être endommagé par le choc lors de l'impact. 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.

Ce cahier s'applique aux minifusées propulsées par un propulseur WAPITI.

Pour les minifusées, toute expérience mise en œuvre lors du vol est considérée comme secondaire par rapport à la récupération de la fusée. Pour les autres types de fusées, il existe des documents spécifiques. Renseignez-vous auprès de Planète Sciences (ou éventuellement de votre suiveur). Si, pour des raisons techniques ou expérimentales, il vous paraît difficile de respecter une règle, vous pouvez préalablement solliciter une dérogation avec Planète Sciences **avant de commencer la réalisation** de votre projet.

Les minifusées peuvent être réalisées dans différents cadres :

- 3 Dans le cadre de clubs. Le document de référence relatif aux relations entre le club et Planète Sciences est le PACS (programme annuel des clubs spatiaux)
- 4 Dans le cadre de l'opération "Une Fusée A l'Ecole". Le document de référence relatif aux relations entre enseignants et Planète Sciences est "Présentation de l'opération Une Fusée A l'Ecole" aux enseignants".
- 5 Dans le cadre de séjours de vacances. Voir avec la structure organisatrice.

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.

Le cahier des charges est basé sur le principe suivant :

- 6 Dans un premier temps on considère que la fusée correspond parfaitement à sa modélisation théorique (schémas, plans). On cherchera alors à valider que cette fusée idéale aura un comportement maîtrisé et retombera dans le gabarit du terrain de lancements.
- 7 Ensuite on cherchera à vérifier dans quelle mesure la fusée réelle s'éloigne du cas idéal étudié précédemment (respect de l'intégrité de la fusée durant le vol, ...).

LES FICHES TECHNIQUES DU CAHIER DES CHARGES

Elles résument :

1. *LES REGLES.* Elles sont à respecter pour toutes les phases du projet.
2. *LES CONTROLES.* Les actions de contrôle seront effectuées par des contrôleurs pour vérifier le respect des règles. Pour certains contrôles, une recommandation est ajoutée en italique afin de compléter les explications. Les contrôles seront effectués pour permettre l'attribution du propulseur.
Les contrôles servent aussi à préciser les règles pouvant parfois être plus qualitatives que quantitatives.

De plus, en fin de cahier, vous trouverez une annexe regroupant les notes techniques spécifiques, une fiche de contrôle et une fiche de Définition de Projet. Certaines fiches sont reliées à des règles spécifiques par un rappel du numéro de la règle.

I. GENERALITES

REGLES

- GN1** : 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. Tout élément éjecté doit être solidement relié à la fusée ou ralenti lors de sa chute dans les mêmes conditions que pour la fusée.
- GN2** : Seule l'utilisation des inflammeurs que peut vous procurer Planète Sciences est possible. Aucune modification ou ajout de matière inflammable n'est autorisé. Lors de l'utilisation d'un inflammeur, un interrupteur de mise à la masse (court-circuit à la masse) est obligatoire.
- GN3** : Votre fusée doit être compatible avec la rampe utilisée lors de la campagne de lancement (rampe de type rail ou de type Idéfix : voir fiches technique). Tous les éléments de commande doivent être accessibles quand la fusée est sur rampe.
- GN4** : Lors du lancement, les procédures peuvent prendre du temps. Pour cette raison, l'autonomie de l'alimentation électrique doit être d'au moins quinze minutes. La présence d'un interrupteur marche-arrêt est obligatoire.
- GN5** : La fusée doit disposer d'indicateurs clairs pour permettre de savoir à tout moment dans quel état elle se trouve (marche/ arrêt ; position sécurité ; position vol ; ...).

CONTROLES

GN1 : La vérification est faite à l'aide du document de définition du projet et lors d'un vol simulé permettant de préparer le lancement. 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.

Les interdits énoncés sont à respecter impérativement.

Cependant, des éléments non actifs peuvent être utilisés pour le marquage (du talc par exemple).

GN2 : Contrôle lors du vol simulé et par des tests électriques sur table. En cas de système électronique, toutes les combinaisons possibles des interrupteurs sont testées et la tension de sortie est mesurée à l'aide d'un multimètre pendant une durée au moins égale à deux fois le temps de la minuterie.

La fusée doit être conforme aux recommandations citées dans l'annexe 4.

L'existence d'un indicateur d'état est utile pour être sûr de ne pas déclencher le système sur rampe lors du basculement de la position sécurité (système à la masse) à la position vol (prêt à faire PAF !). Vous pouvez prévoir des indicateurs simples (diodes, buzzer) activés en position sécurité ou en position vol. Cependant, pensez à l'autonomie, au lanceur et au bon fonctionnement de votre projet. En bref, simplicité = gage de réussite.

GN3 : Un essai de compatibilité rampe est effectué afin de vérifier la mise en place de la fusée et l'accessibilité des commandes et des voyants éventuels. La fixation de l'initialisateur est alors prévue (si elle est nécessaire).

La rampe rail est la plus pratique (transport, montage - démontage, utilisation, accessibilité des commandes). Des patins vous seront fournis sur demande. Faites attention à la compatibilité des patins et de la rampe car il existe différents types de rail.

GN4 : Une évaluation de la consommation est calculée en fonction des éléments actifs (s'il n'y a que des diodes en position d'attente, l'autonomie avec une pile 9V est de plusieurs heures !). En cas de doute, il est demandé au club de prouver l'autonomie minimale de 15 minutes avec au moins un test réel.

L'interrupteur marche-arrêt permet de stopper le système si la fusée est bloquée sur rampe pendant plusieurs minutes. Pour cet interrupteur, un indicateur d'état est demandé.

GN5 : Il est demandé de prévoir des indicateurs clairs pour permettre de savoir à tout moment dans quel état la fusée se trouve (marche/arrêt ; position sécurité ; position vol ; ...). Ces indicateurs peuvent être des LEDs (attention cependant à leur visibilité en plein jour), ou simplement des indications claires sur la position des interrupteurs.

II. LE VOL

REGLES

- VL1** : Le club doit fournir une chronologie (voir fiche technique N°6) au responsable du lancement.
- VL2** : Le propulseur doit entraîner la fusée. Sa fixation s'effectue quelques minutes avant le lancement, il doit donc pouvoir être monté ou démonté rapidement, être centré sur le diamètre, être maintenu dans l'axe de la fusée et s'appuyer sur une plaque de poussée plane.
- VL3** : 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.
- VL4** : La fusée doit avoir un vol stable. Pour cela, il est nécessaire de respecter les conditions suivantes :
- * Une vitesse minimale en sortie de rampe de 18 m/s
 - * Finesse (rapport longueur sur diamètre) : $10 < f < 20$
 - * Portance (voir annexe Logiciel Trajec) : $15 < C_n < 30$
 - * Marge statique (voir annexe Logiciel Trajec) : $1,5 < MS < 6$
 - * Coefficient Marge statique x Portance : $30 < M_s \times C_n < 100$
- VL5** : La Flèche inférieure à 1% (entre la plaque de poussée propulseur et le haut de l'ogive).
- VL6** : Tous les éléments de la fusée doivent rester fixés durant toute la durée du vol. Toute fois, le largage ou l'éjection d'éléments peut être envisagé dans le cadre d'une expérience argumentée. Dans ce cas, on se conformera à la règle GN1.

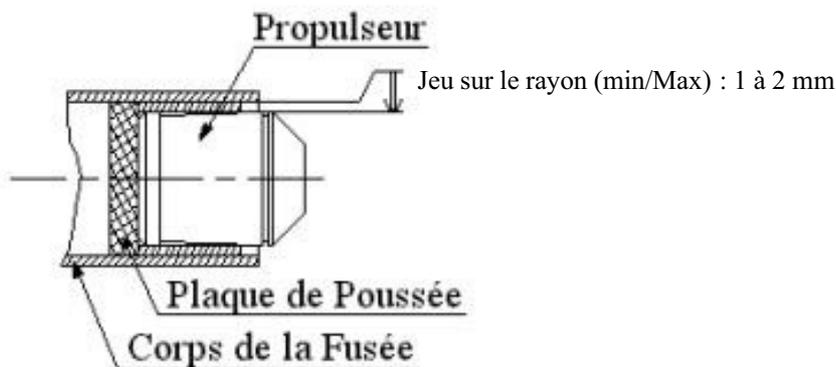
CONTROLES

VL1 : La chronologie sera testée lors du vol simulé.

VL2 : Le test de fixation du propulseur ne peut être validé qu'en présence d'un lanceur.

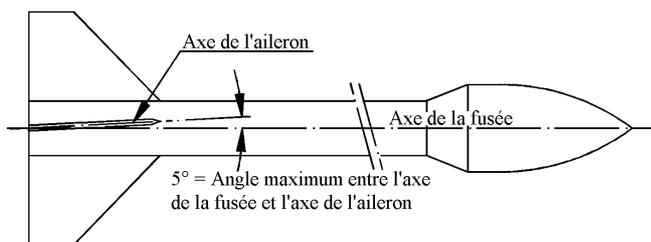
Des essais de montage-démontage sont effectués avec un propulseur vide. Un jeu est demandé pour permettre un montage-démontage plus facile, car les dimensions du propulseur peuvent varier d'un exemplaire à l'autre. Ce jeu de montage permet aussi de réaliser l'isolation thermique entre le propulseur et le corps de la fusée. Pour rattraper le jeu, le club peut avoir à prévoir des petites cales de coincement ou un anneau en carton (qui peut légèrement s'écraser). Cet aspect est à voir avec le lanceur.

Pour que le propulseur soit facile à extraire, la gorge de préhension doit être hors du corps de la fusée, comme l'indique le schéma suivant :

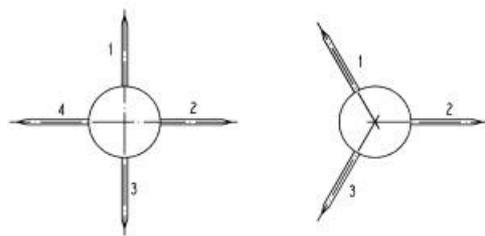


Montage avec moteur WAPITI

VL3 : Les schémas suivants doivent être respectés :



Position de l'axe des ailerons



Gabarit suivant le nombre d'ailerons (à +/- 10°)

Contrôle des ailerons

Pour vérifier la tenue des fixations ailerons-fusée, la fusée sera basculée, par ses ailerons (en les portant manuellement, 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 ciel. Et ce, pour toutes les combinaisons d'ailerons possibles.

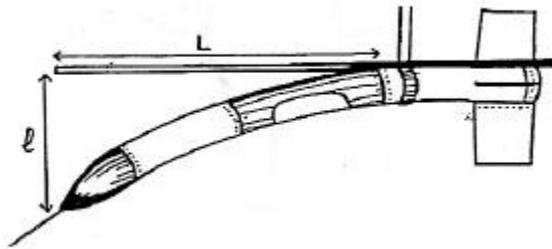
VL4 : Tous les calculs sont obtenus avec le logiciel TRAJEC (voir Fiche Technique N°11).

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.

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

VL5 : La Flèche est le rapport exprimé en pourcentage de la déformation mesurée à l'aide d'un réglet sur la longueur de contrôle ($f = l_{\text{mesurée}}/L$, L valant Xprop).

Elle est mesurée sur au moins 2 axes de la fusée. Si la fusée est trop souple elle risque d'osciller pendant son vol. C'est pour limiter les effets des oscillations que la flèche doit être inférieure à 1 % dans ces conditions de test :



$$\text{Flèche} = \frac{l}{L} < 1\% (=0.01)$$

Il s'agit de faire deux type de mesures. D'une part une mesure à vide, permettant de mesurer la flèche statique (sous l'effet de son propre poids). D'autre part, une mesure sous contrainte, permettant de mesurer la flèche dynamique (flexion).

Les mesures sont effectuées ainsi :

Placer la fusée à l'horizontale, fixée à une table par le haut du corps (côté moteur) à l'aide d'un étau ou de serres-joints. La partie de la fusée où se trouve le propulseur est en appui sur la table, le reste de la fusée est dans le vide.

Aligner ensuite une règle de maçon (par exemple) sur la longueur de la fusée maintenue sur la table (la règle est donc alignée avec l'axe du propulseur). Si la fusée n'a pas de flèche, la règle doit coller la fusée sur toute la longueur de son corps.

Enfin, mesurer la longueur « L » (Xprop, entre l'ogive et l'appui du propulseur sur la fusée) et l'écart « l » à l'aide d'un réglet.

La flèche à vide doit être $\leq 1\%$

Refaire le même test avec une masse de 50 g appliquée au bas de l'ogive (haut du corps).

La flèche doit être $\leq 1\%$ par rapport à la position à vide.

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.

Les mesures sont à faire 4 fois en tournant la fusée d'un quart de tour (porte en haut, en bas, à droite, à gauche).

Pour limiter la flèche, vous pouvez utiliser des profilés pour raidir la fusée par l'intérieur.

VL6 : 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.

Tous les éléments internes et externes de la fusée doivent être fixés avec la plus grande attention. La fusée devra pouvoir être secouée vivement (manuellement) dans tous les sens lors des contrôles. Les « grosses masses » (moteur électrique, piles, ...) devront résister à 1,5 fois (coefficient de sécurité) le poids d'un objet d'une masse égale à leur propre masse multipliée par l'accélération maximale (exprimée en « G ») de la fusée donnée par le logiciel Trajec.

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 (voir GN1). 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° entre l'axe de la goupille et l'axe d'accessibilité des commandes de la fusée (interrupteurs, ...).

III. RECUPERATION

REGLES

- RC1** : La fusée doit être munie d'un système de récupération lui permettant de rejoindre le sol à une vitesse subsidente comprise entre 5 et 15 m/s.
- RC2** : La fusée doit être munie d'un système permettant la mise en œuvre du ralentisseur à la culmination (point le plus haut de la trajectoire).
- RC3** : Le ralentisseur et ses fixations doivent résister au choc lors de l'ouverture.
- RC4** : En cas de trappe latérale : la trappe ne doit pas s'ouvrir sans être commandée mais doit s'ouvrir malgré les contraintes du vol.
- RC5** : La fusée doit retomber dans le gabarit de lancements défini. Le gabarit de lancement Wapiti est conçu pour réceptionner des minifusées de 500grammes minimum (propulseur compris). Pour les minifusée plus légère une dérogation peut être demander pour un lancement sur un gabarit de lancement minifusée cariacou.

CONTROLES

RC1 : La vitesse de descente est obtenue par calcul ou sur un tableau (voir fiche technique N°8). Elle est directement liée à la masse de la fusée et à la surface du ralentisseur. Les valeurs définies permettent de récupérer la fusée intacte sans avoir à aller la rechercher trop loin.

RC2 : L'équipe a le choix de choisir entre un système basé sur le temps (minuterie électrique ou mécanique) ou un système de détection d'apogée.

Dans le premier cas, le logiciel "Trajec" est utilisé pour évaluer la durée de vol jusqu'à culmination. Le vol simulé permet de vérifier la reproductibilité avec un temps compris entre - 1 et + 2 secondes.

Dans le second cas, le club devra prouver que malgré les contraintes du vol son système ne peut pas s'ouvrir lors de la phase propulsée et s'ouvre à culmination.

Le club doit prévoir un premier test d'ouverture sur table et un second lors du vol simulé.

La vitesse ascensionnelle de la fusée devient nulle quand elle arrive à culmination (c'est-à-dire 3 à 4 secondes après le décollage pour un moteur WAPITI). Le ralentisseur est alors soumis à moins de contraintes lors de son éjection.

RC3 : Une formule (voir sur la fiche technique n°13 "Solidité du parachute") permet de calculer l'effort auquel doit résister l'ensemble ralentisseur (parachute, suspentes, sangles, fixations). Un essai est effectué en prenant la chaîne "ralentisseur" à laquelle on ajoute une masse équivalente à l'effort à tester ($M = F/g$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$). On prend alors le parachute par son centre et on soulève l'ensemble...

Pensez à tester votre parachute.

RC4 : En cas de trappe latérale : La trappe rend le tube moins rigide et elle risque de s'ouvrir sous les contraintes du vol. Le test consiste en un essai d'ouverture sous contraintes en plaçant à la base de l'ogive, sur le corps, une masse égale à celle de la fusée lors d'un des vols simulés (la fusée étant verticale, ogive vers le haut lors de ce test).

Pour éviter tout problème, ne faites pas d'ouverture supérieure à 1/3 de la section du tube. Renforcez si nécessaire la structure avec des profilés (en aluminium par exemple).

RC5 : Les minifusées peuvent être lancées lors de la campagne nationale ou plus généralement lors de campagnes régionales (aussi appelées Festiciels). Les terrains de lancements disponibles en régions ont une surface moins importante que celle mise à disposition lors de la campagne nationale. De plus, le gabarit de lancements peut varier d'une région à l'autre. Ainsi, il est important de se renseigner auprès des organisateurs de la campagne régionale de lancements pour s'assurer de l'adéquation entre le terrain de lancements utilisé et votre fusée.

Pour le contrôle du respect de la masse minimale imposée la fusée sera pesée lors des contrôles à l'aide d'une balance précise à +/- 10 g.

Fusée wapiti < 500 grammes (propulseur plein compris)	Gabarit minifusée cariacou
Fusée wapiti > 500 grammes (propulseur plein compris)	Gabarit minifusée wapiti

FICHES TECHNIQUES ANNEXES

Sommaire des fiches techniques annexes

- Cette feuille et les annexes sont appelées à être mises à jour régulièrement,
renseignez-vous pour savoir si votre version est la plus récente -

CLASSEMENT	TITRE / SUJET	NB. DE PAGE(S)
<i>ANNEXE 1</i>	Fiche Technique : L'inflamateur	1
<i>ANNEXE 2</i>	Fiche Technique : La rampe rail	1
<i>ANNEXE 3</i>	Fiche Technique : La rampe type Idéfix	1
<i>ANNEXE 4</i>	Fiche Technique : Les interrupteurs	1
<i>ANNEXE 5</i>	Fiche Technique : L'initialisation	1
<i>ANNEXE 6</i>	Fiche Technique : La chronologie	1
<i>ANNEXE 7</i>	Fiche Technique : Caractéristiques du propulseur WAPITI	1
<i>ANNEXE 8</i>	Fiche Technique : Le montage du propulseur WAPITI	1
<i>ANNEXE 9</i>	Fiche Technique : La stabilité	1
<i>ANNEXE 10</i>	Fiche Technique : Le logiciel Trajec	1
<i>ANNEXE 11</i>	Fiche Technique : Le parachute	1
<i>ANNEXE 12</i>	Fiche Technique : La solidité du parachute	1
<i>ANNEXE 13</i>	Fiche Technique : Les expériences annexes embarquées	1
<i>ANNEXE 14</i>	Fiche de contrôle pour minifusée Fiche de bilan de vol	2 (recto-verso)

FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée à la règle GN2

L'INFLAMMATEUR

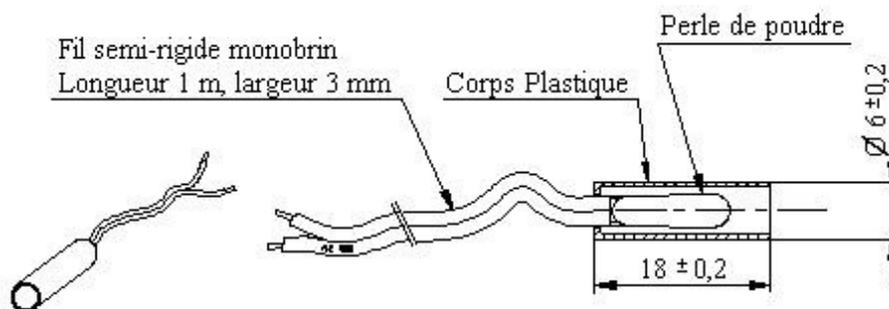
Comme décrit dans le cahier des charges, seuls les inflammeurs fournis par Planète Sciences et le CNES sont autorisés comme système pyrotechnique. Il s'agit de l'inflammeur Davey-Bickford de type B66 dont les dimensions sont précisées ci-dessous et dont les caractéristiques électriques sont :

Résistance : $1,6 \pm 0,2 \Omega$

Intensité de départ : 0,35 A

Intensité normale de fonctionnement : 0,75 A

Dimensions :



Inflammeur DAVEY-BICKFORD

Notez que pour toute utilisation, il faut prévoir sur la fusée un système permettant de court-circuiter l'inflammeur 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.

Ce type d'allumeur est souvent appelé « Gévelot » par les lanceurs, du nom de la firme qui les fabriquait initialement.

Planète Sciences et le CNES mettent gracieusement des inflammeurs 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.

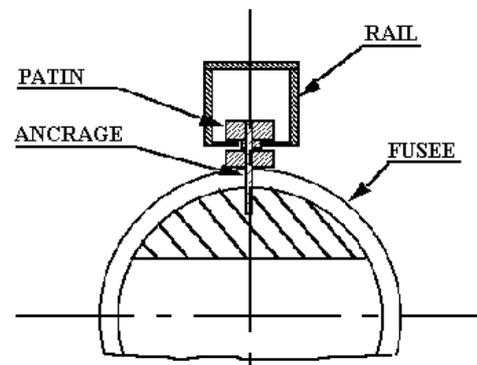
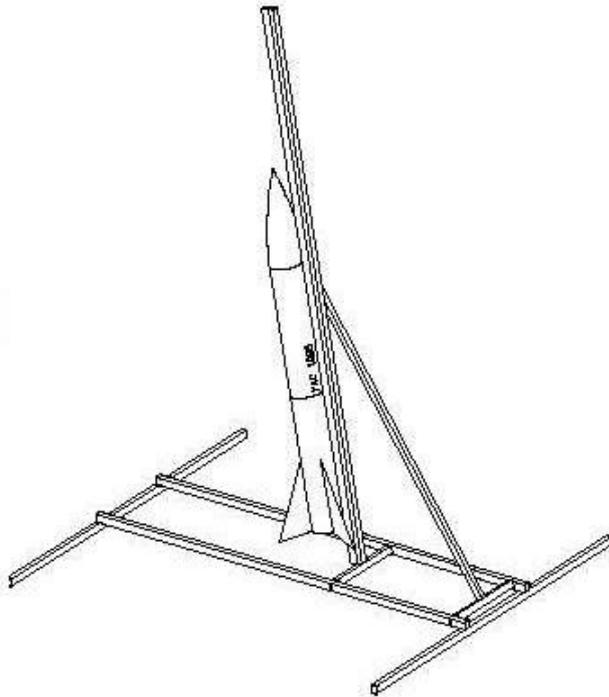
Attention : ces inflammeurs peuvent représenter un danger (brûlure, cavité sous pression). La présence d'un adulte est indispensable lors de leur mise sous tension. Conformez-vous bien aux recommandations faites par votre suiveur et respecter l'usage prévu lors de la demande faite à Planète Sciences !

FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée à la règle GN1

LA RAMPE RAIL

La rampe Rail est la principale rampe pour les minifusées. Elle est composée d'une tringle qui sert à guider la fusée avec deux patins :



AVANTAGES :

Facile à transporter, vous êtes sûrs de la retrouver sur toutes les campagnes de lancements.

Les commandes sont accessibles sur presque tout le tour du corps de la fusée car il n'y a qu'un seul rail de guidage.

INCONVENIENTS :

Il faut fixer 2 patins de guidage sur le corps de la fusée (fournis par le lanceur minif). Un premier au niveau de la plaque de poussée et un second au niveau du centre de gravité. Les patins devront être fixés (vissés ou collés) avec la plus grande attention.

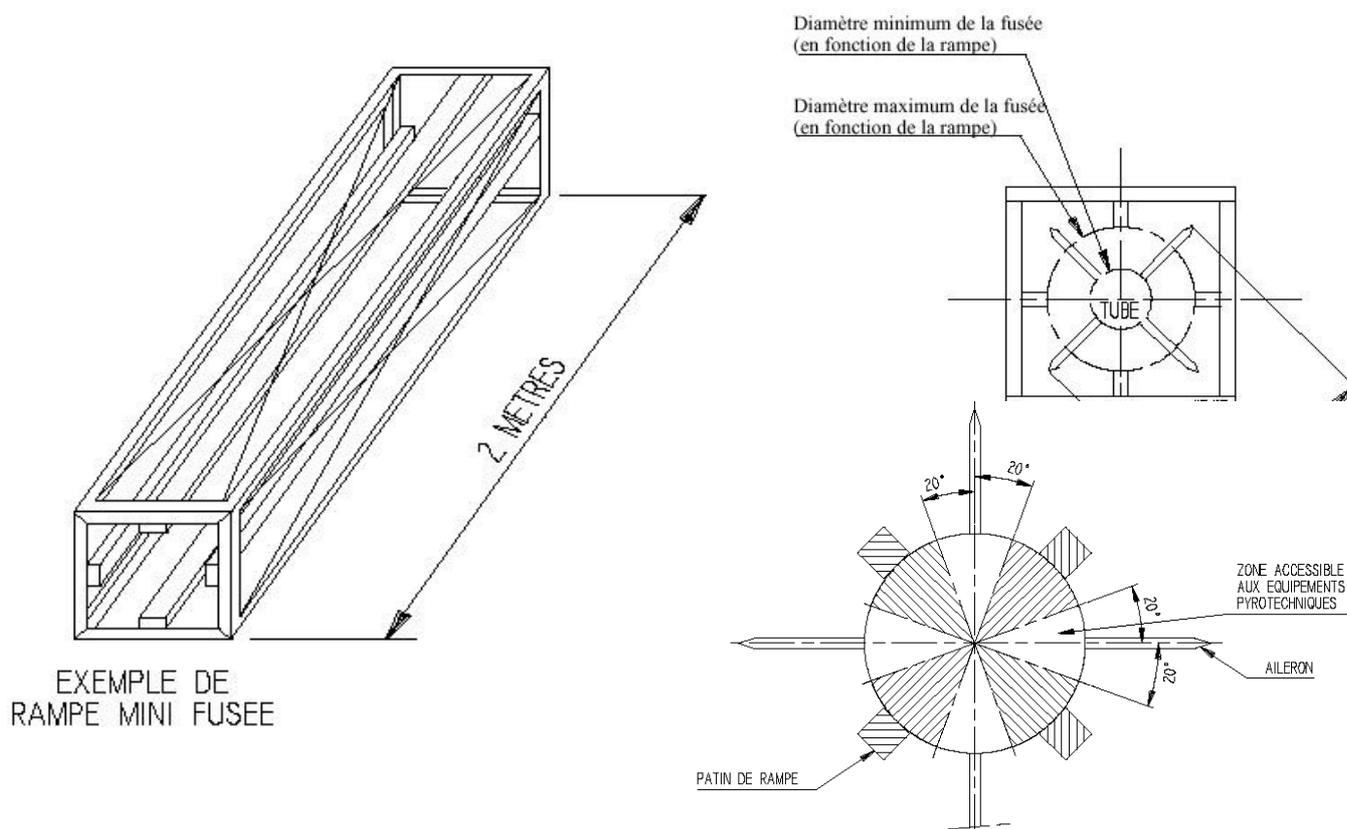
FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée à la règle GN1

LA RAMPE TYPE IDEFIX

Il existe plusieurs type de rampes minifusées. Les rampes Rail et les rampes 4 patins (dite rampe de type Idefix, petite sœur des rampes de Fusex).

Les minifusées propulsées par un Cariatou ne peuvent être lancées qu'à partir de rampes de type Idefix. Elles sont composées de 4 guides et ne peuvent être utilisés que pour des fusées ayant 4 ailerons :



REMARQUES :

Rampe ne nécessitant pas de patins (contrairement aux rampes Rail utilisées pour les Wapitis).

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. Les minifusées Cariatou doivent donc comporter obligatoirement 4 ailerons.

FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée aux règles GN2 et GN4

LES INTERRUPTEURS

Le minimum sur une fusée est un interrupteur qui sert de marche-arrêt comme l'indique le schéma suivant :



Exemple d'interrupteur : l'inverseur simple = toujours une partie "ouverte" et une partie "fermée" (le partie fermée est entourée)

Un interrupteur supplémentaire est demandé en cas de système pyrotechnique (pour l'ouverture d'une trappe parachute par exemple). En effet, il permet d'assurer la sécurité lors du basculement de l'interrupteur marche-arrêt. Ce second système sert à neutraliser les éléments pyrotechniques comme le montre le schéma suivant :



INVERSEUR EN POSITION B :
L'INFLAMMATEUR EST EN POSITION SECURITE,
SES BORNES SONT RELIEES A LA MASSE

INVERSEUR EN POSITION A :
L'INFLAMMATEUR EST RELIE A LA MINUTERIE

Tout autre schéma de neutralisation est accepté à condition de montrer qu'il fonctionne comme suit :

- une **position sécurisée** qui empêche toute explosion des éléments pyrotechniques par court-circuit à la masse,
- et une **position vol** qui autorise l'allumage de l'élément pyrotechnique.

Attention : la forte accélération de la fusée au décollage peut faire basculer un interrupteur vertical de sa position haute à sa position basse. Il est donc conseillé de :

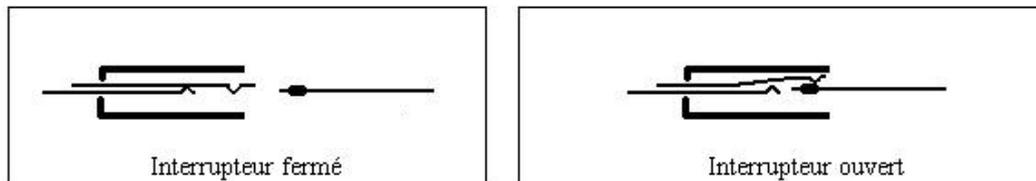
- fixer les interrupteurs en position horizontale ou
- de s'assurer que la position vol est bien en bas dans le cas d'interrupteurs fixés en position verticale.

FICHE TECHNIQUE

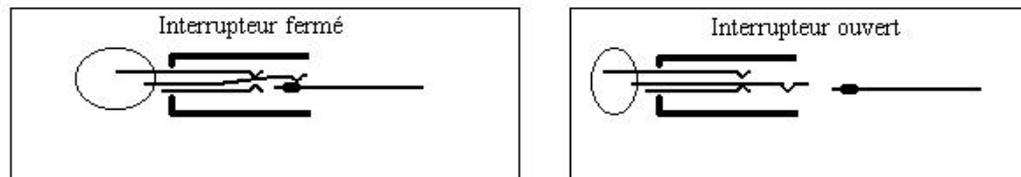
L'INITIALISATION

Le principe de la minifusée est de déclencher la sortie du ralentisseur au "bon moment" (lorsqu'elle est au plus haut sur sa trajectoire). Aussi, il est nécessaire de pouvoir indiquer ce moment à la fusée. Cette indication est basée sur le temps théorique que met la fusée pour atteindre le haut de sa trajectoire. On calcule ce temps, appelé "temps de culmination", avec le logiciel Trajec qui prend en compte les caractéristiques (poids, forme, etc...) de la fusée. On fait sortir le ralentisseur au bout de la durée calculée du "temps de culmination" en prenant le décollage pour moment de départ. Aussi toute la difficulté est d'indiquer le moment du décollage... C'est ce que l'on appelle initialiser.

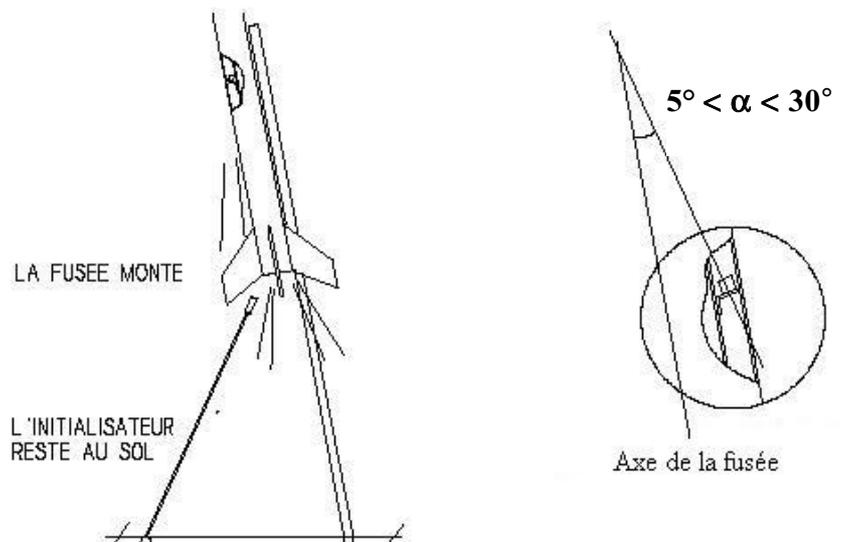
Un moyen très simple est un élément, lié au circuit électrique de la fusée, qui reste au sol lors du décollage. Le plus courant pour cet élément est la prise Jack (prise identique à celle d'un casque de Walkman). En effet, à l'intérieur de cette prise il y a une lamelle métallique souple soulevée par l'autre partie de la prise (voir schéma ci-dessous). Vous pouvez constater qu'il s'agit d'un simple interrupteur...



Une autre solution consiste à utiliser cette prise comme un court-circuit empêchant une minuterie de décompter. Pour cela, on utilise le même jack mais en prenant une autre connexion (jack stéréo) :



Pour toute utilisation d'un initialisateur contenant une partie à fixer sur la rampe, vous devez prévoir, de par les dimensions des différentes rampes, un arrachage dans un angle compris entre 5° et 30° par rapport à l'axe de la fusée. Et, surtout, pensez à bien attacher une ficelle solide à la rampe pour ce type d'initialisateur et à le prévoir dans votre chronologie.



FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée à la règle VL1

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 mn		Aurore, Charlotte et Julie	Arriver sur l'aire de lancement.	
T-45 mn		Aurore	Dictier la chronologie à Charlotte et Julie.	
		Charlotte	Mettre l'interrupteur "Inflammeur" sur <i>Sécurité</i> . Mettre l'interrupteur "Alimentation" sur <i>Arrêt</i> . Brancher l'inflammeur, enclencher le piston, bloquer les goupilles. 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 mn		Aurore, Charlotte et Julie, lanceur, accompagnateurs	Rejoindre la zone rampe.	
T-20 mn		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 mn		Accompagnateurs	Rejoindre la zone public.	
		Charlotte	Rejoindre le pupitre de lancement.	
		Lanceur Julie et lanceur	Aller chercher le propulseur en zone de stockage et le mettre en place. Eriger la rampe à l'inclinaison nécessaire.	
T-5 mn		Julie	Mettre en place l'initialisateur. Vérifier que l'interrupteur "Inflammeur" soit sur <i>Sécurité</i> . 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. Basculer l'interrupteur "Inflammeur" sur <i>Vol</i> . Laisser le tournevis au lanceur.	
			Aurore et Julie	Rejoindre le pupitre de lancement.
			Lanceur	Mettre en place l'inflammeur.
T-2 mn		Lanceur	Rejoindre le pupitre de lancement.	
T-10 s		Lanceur	Décompte final.	
T		Charlotte	Appuyer sur le bouton de mise à feu.	

Légende :

 : zone public (150m ou 250m de la rampe).

 : zone pupitre (60m de la rampe).

☒ : tente club (en zone public).

⚡ : zone rampe.

FICHE TECHNIQUE

CARACTERISTIQUES DU PROPULSEUR WAPITI

Le WAPITI est un propulseur dont l'impulsion totale (ou intégrale de poussée) est comprise entre 20 et 40 Ns (Newton - seconde). Par comparaison avec la classification des micro-propulseurs (A, B et C), il est de classe E.

L'allumage s'effectue à distance à l'aide d'un inflammateur électrique par un lanceur minifusées formé par le CNES et Planète Sciences.

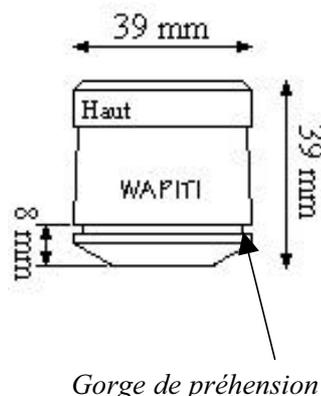
CARACTERISTIQUES MECANIQUES :

- Masse totale : 85 g
- Masse de poudre : 50 g
- Masse mécanique : 35 g

CARACTERISTIQUES PROPULSIVES :

- Impulsion totale : entre 33 et 40 Ns*
- Temps de poussée : entre 3,2 et 3,6 s*
- Poussée maximale : 80 N
- Poussée moyenne : 10,7 N

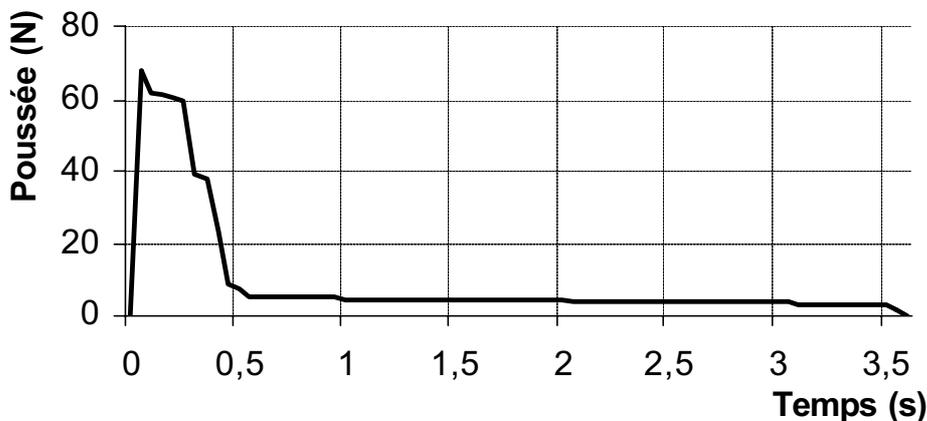
Dimensions en mm



* ces résultats dépendent des lots de propulseurs

COURBE DE POUSSEE DU MOTEUR WAPITI

Liste des points caractéristiques pour le logiciel TRAJEC, seule la version disquette de Planète Sciences



fournie par le contrôleur fait référence. Ces données proviennent des essais de la société LACROIX (1996) :

T (s)	0	0,05	0,1	0,25	0,3	0,35	0,45	0,55	3,5	3,6
P (N)	0	68	62	60	39	38	9	5	3	0

FICHE TECHNIQUE

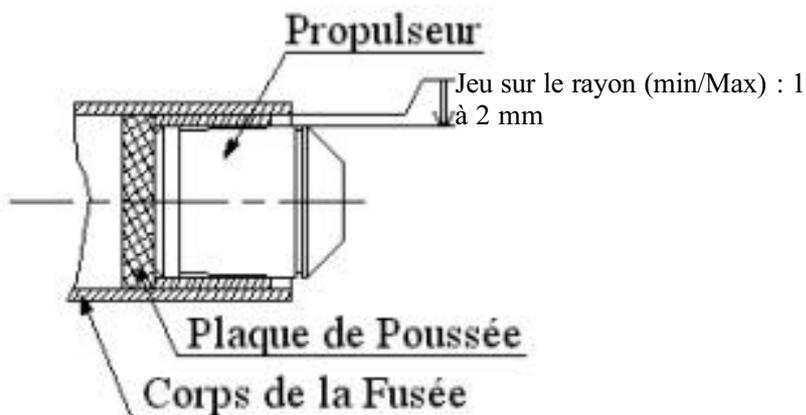
Cette fiche technique est associée à la règle VL2

LE MONTAGE DU PROPULSEUR WAPITI

Le montage du propulseur s'effectue sur l'aire de lancements par le lanceur minifusées. Une fois le propulseur installé, le club ne peut plus modifier sa fusée et la seule chose autorisée est le basculement des interrupteurs quand la fusée est remise sur rampe. Aussi, pensez aux consignes suivantes :

- **Laissez un jeu sur le diamètre** pour le montage-démontage, ce jeu peut être repris par des cales en carton découpées dans le tube qui reste lorsque le rouleau de papier essuie-tout est fini !

MONTAGE AVEC MOTEUR WAPITI



Ce montage correspond à un propulseur qui entre de 31 mm au maximum dans le corps de la fusée.

- Construisez une plaque de poussée bien plane et solide.
- Fixez bien la plaque de poussée pour que l'ensemble soit solidaire car la poussée du moteur est importante lors du décollage.

FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée aux règles VL3 et VL4

LA STABILITE

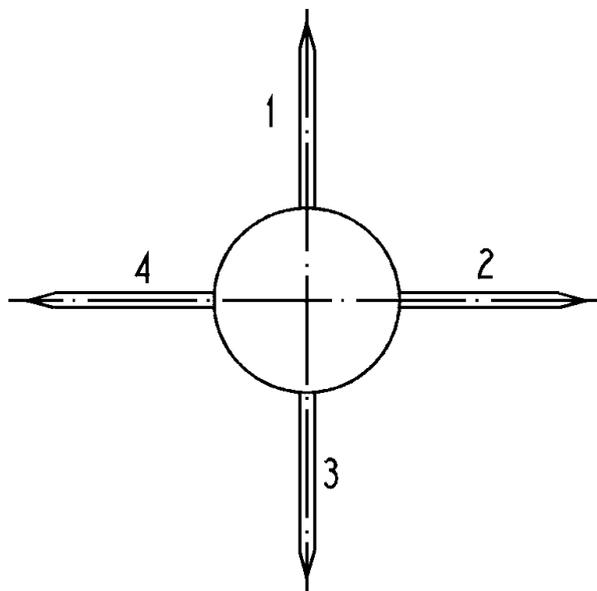
La stabilité, c'est ce qui fait que le vol va bien se passer !

Pour savoir si votre fusée est stable, il existe des formules qui sont décrites dans le document intitulé "Le vol de la fusée", document disponible auprès de Planète Sciences ainsi que le logiciel "TRAJEC" qui reprend les formules du "Vol de la fusée" et automatise les calculs. Il faut savoir que les deux principaux paramètres qui dictent le comportement de la fusée en vol (stabilité) sont la position du centre de gravité et les ailerons (forme, dimensions et emplacement).

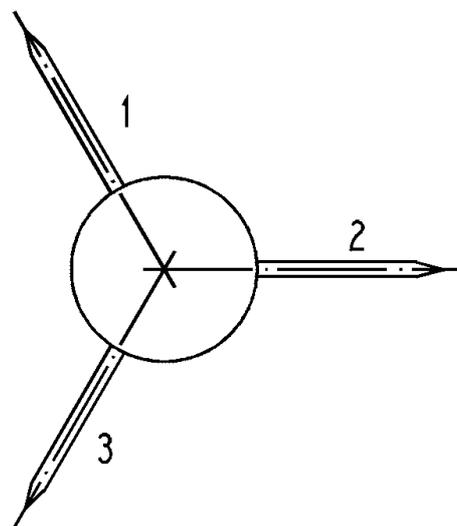
Dans la pratique, la fabrication des ailerons se fait en dernier lorsque les parties mécaniques et électroniques de la fusée ont été intégrées. On peut calculer la stabilité du projet et jouer sur les dimensions des ailerons.

Dans tous les cas, pensez surtout à bien fixer vos ailerons, à bien les aligner par rapport au corps de la fusée et à les répartir systématiquement autour du tube de la fusée.

Utilisez les gabarits suivants pour vous aider avec une tolérance de $\pm 10^\circ$:



Pour 4 ailerons



Pour 3 ailerons

FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée à la règle VL4

LE LOGICIEL TRAJEC

Le Logiciel Trajec permet de calculer les performances d'une fusée, à partir de ses caractéristiques mécaniques (dimensions, masse, ...).

La portance et la marge statique (permettant de déterminer la stabilité de la fusée) sont directement liées à la forme, à la taille et à la position des ailerons. C'est pourquoi, le calcul des dimensions des ailerons est effectué quand la construction de la fusée est suffisamment avancée pour connaître la position du centre de gravité.

En pratique, il est conseillé de finir la réalisation par la fabrication des ailerons.

Le logiciel TRAJEC est proposé gratuitement par PLANÈTE SCIENCES et le CNES. Simple à utiliser, ce logiciel fonctionne sur tous les ordinateurs équipés de DOS ou WINDOWS (avec émulation DOS).

VUE DE L'ECRAN A L'OUVERTURE :

F1 : Trajectoire	F2 : Stabilité	F3 : Fichiers	F4 : Moteurs	F5 : Vent
1 :MOTEUR koudou 2 :MASSE 10.000 kg 3 :MAITRE COUPLE 7562 mm ² 4 :FICHIER RESULTAT NON 5 :TEMPS D'OUVERTURE DU PARACHUTE : 18.0 s 6 :DESCENTE SOUS PARACHUTE OUI 7 :VITESSE PARA : 15 m/s VENT : ventnul.ven	A :PAS DE CALCUL 0.10 s B :Cx ESTIME 0.80 C :ALTITUDE RAMPE 145 m D :SITE DE LA RAMPE 80 ° H :GISEMENT RAMPE 0 ° E :LONGUEUR RAMPE 4.0 F :IMPRESSION DES PRINCIPAUX RESULTATS : NON	G :VITESSE INITIALE 0 m/s X :AXE X INITIAL 0 m Y :AXE Y INITIAL 0 m Z :AXE Z INITIAL 145 m I :TEMPS INITIAL 0.0 s L :IMPRIME UN FICHIER RESULTAT M :EDITE UN FICHIER RESULTAT --- Version 2.2 ---		
0 :FUSEE		R :CLUB		
8 :début du calcul de trajectoire		9 :sortir du programme		

Les touches F1, F2, F3, F4 et F5 permettent de passer d'une option à l'autre. Dans chaque option, des sous-options sont possibles en tapant leur numéro ou en allant sur la case concernée (avec les flèches ou la touche 'tabulation') et en validant à l'aide de la touche 'entrée'.

Commencez d'abord par le choix du propulseur, puis allez dans l'option F2 (Stabilité) pour entrer les dimensions de votre fusée et vérifiez sa stabilité. Revenez ensuite dans le menu F1 (Trajectoire) et choisissez le propulseur (option '1'). Pour évaluer la vitesse en sortie de rampe, faites un calcul avec un pas de 0,01 ; pour une portée balistique ou un temps d'ouverture de parachute, faites le calcul avec un pas de 0,1. N'oubliez pas de mettre à jour la longueur de rampe (2 mètres pour les minifusées).

Lors de la rédaction de cette note, la version la plus à jour est la version 2.4. Pour l'obtenir, il suffit d'en faire la demande auprès de Planète Sciences (ou auprès de votre suiveur). Le logiciel est fourni avec une notice explicative.

Vous pouvez consulter le document « aide d'utilisation à TRAJEC » accompagnant le logiciel (l'ensemble est téléchargeable dans un même fichier compressé depuis le site www.planete-sciences.org/espace/publications/public.htm).

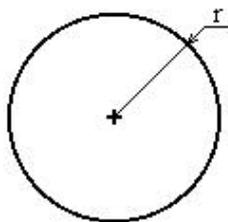
FICHE TECHNIQUE

Cette fiche technique est associée à la règle RC1

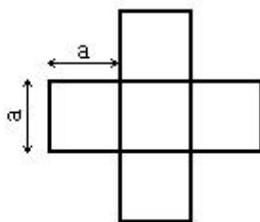
LE PARACHUTE

Le parachute est le type de ralentisseur le plus couramment utilisé (mais ce n'est pas le seul possible).

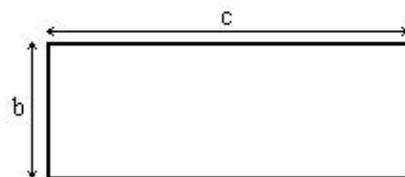
Cette note précise des éléments sur ses dimensions. En effet, on peut utiliser une formule pour le calcul du parachute mais voici un tableau permettant de retrouver des dimensions courantes des 3 types de parachutes présentés ci-dessous :



Le parachute "hémisphérique" basé sur un cercle de rayon "r"



Le parachute "cruciforme" formé par 5 carrés de côté "a"



Le parachute "rectangulaire" de dimension b par c

Le tableau ci-dessous donne des valeurs (arrondies) de paramètres en fonction de la masse de la fusée. On a cherché à obtenir une vitesse de descente de 10 m/s (pour le rectangle, on a en plus : $c=2b$) :

Masse (kg)	Rayon "r" (cm)	Côté "a" (cm)	Longueur "b" (cm)	Longueur "c" (cm)
0,4	15	11,5	18	36
0,5	16	12,5	19,5	39
0,6	17	13,5	21	42
0,7	18	14,5	23	46
0,8	19	15,5	24,5	49
0,9	20	16,5	26	52

Si votre fusée est plus lourde ou si vous souhaitez vérifier les calculs, utilisez la formule :

$$V_d = \sqrt{\frac{2Mg}{\rho_0 C_x S}} \quad \text{où :}$$

M est la masse de la fusée avec le propulseur vide en kg,

S est la surface du parachute déployé en m^2 ,

$g = 9,81$ en m/s^2 (accélération de la pesanteur),

$\rho_0 = 1,23$ kg/m^3 (masse volumique de l'air),

$C_x = 1$ (coefficient de résistance du parachute dans l'air).

A vous d'imaginer tout autre système car il y a beaucoup d'autres possibilités !

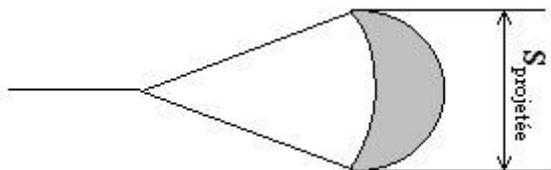
FICHE TECHNIQUE

Cette fiche est associée à la règle RC3

LA SOLIDITE DU PARACHUTE

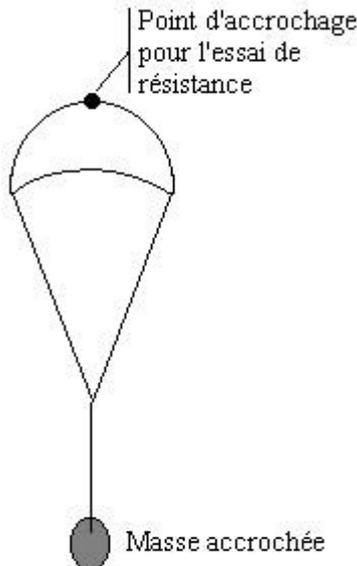
Il faut savoir que le parachute et ses fixations (suspentes, émerillon, sangle, pièce d'accrochage) subissent une force, directement proportionnelle à la vitesse de la fusée au moment de l'ouverture ($V_{\text{ouverture}}$). La formule qui permet de retrouver l'effort que subit le parachute est :

$$F = \frac{1}{2} \rho_0 C_x V_{\text{ouverture}}^2 S_{\text{projetée}} \text{ où } S_{\text{projetée}} \text{ est la section projetée du parachute ouvert :}$$



Pour ce calcul, on prendra $C_x = 1$, ce qui est un maximum pour une surface concave. La force obtenue est répartie (divisée) pour chaque suspente mais se retrouve en totalité pour la sangle, l'émerillon et le point d'attache. La valeur typique de ρ_0 est de 1.23 kg/m^3 . De plus, on prendra un coefficient de sécurité de 2 !

Cela signifie que, pour une vitesse de 10 m/s lors de l'ouverture, on obtient une force de 32.8 Newtons pour un parachute cruciforme où $a=20 \text{ cm}$ (voir fiche technique N°8). Cette force équivaut à accrocher à la chaîne de ralentisseur une masse de 3 kilogrammes, comme l'indique le schéma suivant :



En maintenant l'ensemble par le point d'accrochage, la sangle, l'émerillon, les suspentes et le parachute doivent résister à la traction due à la masse en bas de chaîne.

Si l'ensemble résiste à 6 kg (3 kg calculés plus haut multipliés par le coefficient de sécurité) pour cette minifusée de 1,3 kg avec un parachute cruciforme de petit côté $a = 20 \text{ cm}$, c'est qu'il résistera lors du vol.

A vous d'évaluer la masse à appliquer pour votre fusée en fonction de sa vitesse à culmination et de la surface projetée de votre parachute

FICHE TECHNIQUE

LES EXPERIENCES ANNEXES EMBARQUEES

Certains projets minifusées embarquent des expériences. On parle alors de Minifex (minifusée expérimentale).

Contrairement à la fusée expérimentale, l'expérience reste secondaire par rapport au système de récupération de la minifusée. Cependant le mode de suivi, le type de propulseur sont identiques à la minifusée classique.

- Le document référent à la fabrication de la minifusée expérimentale est les cahiers des charges minifusée wapiti.
- Le document référent à l'expérience de la minifusée expérimentale est le cahier des charges fusées expérimentales.

Les minifusées expérimentales sont mises en œuvre sur les campagnes régionales (ou Festiciels) ou lors de la campagne nationale de lancements.

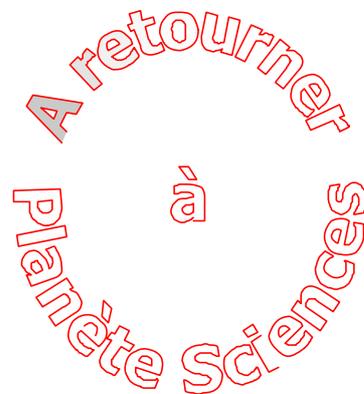
TELEMESURE

Pour des raisons de sécurité (perturbations électromagnétiques), il est demandé de prévoir un interrupteur permettant de couper l'alimentation de l'émetteur durant la mise en œuvre du propulseur.

Attention : dans le cas de télémesure, assurez-vous que les moyens de réceptions associés seront disponibles sur le lieu de lancement souhaité !

Page volontairement laissée vierge

FICHE DE CONTROLE POUR MINIFUSEE



Nom du club :

Nom du projet :

Wapiti

Cariacou

Fiche de contrôle pour Minifusée Wapiti et Cariacou

Noms des participants :	Noms des contrôleurs :
--------------------------------	-------------------------------

Données sur la fusée

Surface Ralentisseur (mm²) :

Couleur(s) de la fusée :

Couleur(s) du ralentisseur :

Type d'éjection :

Longueur totale de la fusée :

Données Trajec

Masse fusée (sans prop en kg) :

Xcg fusée (sans prop en mm) :

Cx utilisé :

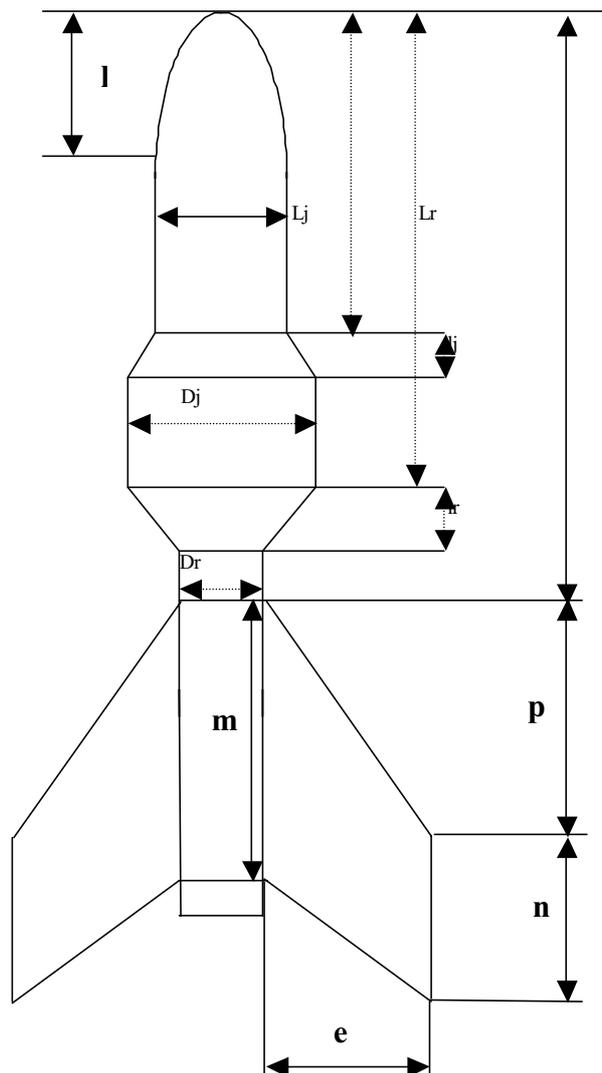
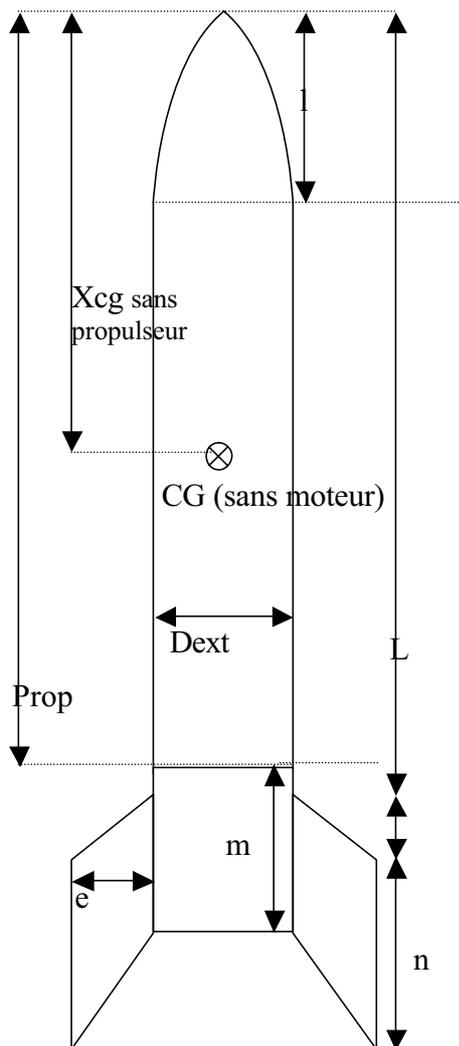
Longueur de rampe :

Ailerons : Ep (mm) = ; Nombre =

Type d'ogive : Conique / Ogivale / Parabolique

Diamètre max (mm) :

DIMENSIONS (MESURES AU PIED A COULISSE ET AU REGLET) :



POINTS DE CONTROLES :

Préciser les valeurs

GN1	Respect des interdits		<i>VL4</i>	<i>Vsortie de rampe (> 18 m/s)</i>	
GN1	Eléments éjectés reliés		<i>VL4</i>	<i>10 < finesse < 20</i>	
GN2	Inflammateur présent		<i>VL4</i>	<i>15 < C_n < 30</i>	
GN2	Interrupteur Sécurité		<i>VL4</i>	<i>1,5 < Ms < 6</i>	
GN3	Compatibilité Rampe		<i>VL4</i>	<i>30 < Ms x Cn < 100</i>	
GN3	Accès aux commandes		VL5	Flèche statique < 1%	
GN4	Autonomie (> 15 mn)		VL5	Flèche dynamique < 1%	
GN4	Interrupteur M/A		VL6	Fixation des éléments internes	
GN5	Indicateurs état fusée		VL6	Sécurité goupille	
VL1	Chronologie		<i>RC1</i>	<i>5 < V_d < 15 m/s</i>	
VL2	Montage propulseur		<i>RC2</i>	<i>Temps de retard ralentisseur</i>	
VL2	Jeu de montage		RC3	Solidité ralentisseur	
VL2	Plaque de poussée		RC4	Trappe conforme	
VL3	Axe longitudinal		RC5	Compatibilité fusée/terrain avec masse minimale	
VL3	Respect du gabarit				
conseil	Solidité fixation patins		Télem	Test télémessure	
conseil	Attache ralentisseur		TEST	Vol simulé	

En grisé : contrôles à effectuer avec un lanceur minif. Pour les critères en **italique-gras**, précisez par la(les) valeur(s).

Demande de dérogation éventuelle :

NON

OUI, Justifications :

Descriptif du point concerné :	Mesure de réduction de risque mise en place :
Information responsable sauvegarde Planète Sciences :	<input type="checkbox"/> Informé en amont <input type="checkbox"/> Présent sur place <input type="checkbox"/> Non contacté
Avis du lanceur responsable du lancement :	<input type="checkbox"/> ACCEPTEE <input type="checkbox"/> REFUSEE

La fusée est qualifiée : OUI

Inclinaison	Portée balistique (m)	Temps de vol avec parachute (s)	Culmination			Accélération max (m/s ²)	Vmax (m/s)
			Altitude (m)	Temps (s)	Vitesse (m/s)		
75°							
80°							

NON, pourquoi :

Lieu, date, nom et signature du contrôleur référent et du lanceur minif :

Le Contrôleur

Le Lanceur Minif

Cette fiche est également disponible dans le cahier des charges minifusée (jointe à la fiche de contrôles). Elle est à remplir après chaque vol et une copie est à retourner à Planète Sciences afin d'enrichir la base de données sur l'ensemble des lancements de minifusées.

<p><u>Nom du LANCEUR :</u></p> <p><u>Nom du PARRAIN :</u></p> <p><u>DATE de lancement :</u></p> <p><u>LIEU de lancement :</u></p> <p><u>PROPULSEUR utilisé :</u></p> <p><input type="checkbox"/> WAPITI N°:</p> <p><input type="checkbox"/> CARIACOU N°:</p> <p><input type="checkbox"/> DEPOTAGE PROPULSEUR</p>	<p><u>RAMPE utilisée :</u></p> <p><input type="checkbox"/> RAIL</p> <p><input type="checkbox"/> type "IDEFIX" (obligatoire pour les cariacou)</p> <p><u>POSITIONNEMENT de la RAMPE</u></p> <p>Coordonnées GPS de la rampe :</p> <p>Latitude : ___ ° ___ ' ___ " Nord</p> <p>Longitude : ___ ° ___ ' ___ " Est</p> <p>Inclinaison verticale rampe (en °) :.....</p> <p>Orientation rampe :</p> <p>cap ___ °</p> <p>ou</p> <p>point cardinal _____</p> <p>ou</p> <p>alignement GPS (<i>dans ce cas, relevez un 2^{ème} point GPS dans l'alignement de la rampe</i>)</p> <p>2nd point</p> <p>Latitude : ___ ° ___ ' ___ " Nord</p> <p>Longitude : ___ ° ___ ' ___ " Est</p>
<p><u>METEO lors du lancement :</u></p> <p>Vitesse Vent :</p> <p>Orientation vent :</p>	<p>alignement GPS (<i>dans ce cas, relevez un 2^{ème} point GPS dans l'alignement de la rampe</i>)</p> <p>2nd point</p> <p>Latitude : ___ ° ___ ' ___ " Nord</p> <p>Longitude : ___ ° ___ ' ___ " Est</p>
<p><u>RESULTAT VOL :</u></p> <p><input type="checkbox"/> NOMINAL <input type="checkbox"/> OUVERTURE PREMATUREE</p> <p><input type="checkbox"/> BALISTIQUE</p> <p><input type="checkbox"/> TORCHE <input type="checkbox"/> OUVERTURE TARDIVE</p> <p>Remarques :</p>	<p>Coordonnées GPS impact :</p> <p>Latitude : ___ ° ___ ' ___ " Nord</p> <p>Longitude : ___ ° ___ ' ___ " Est</p>
<p>JOINDRE :</p> <p><input type="checkbox"/> FICHE CONTROLE</p> <p><input type="checkbox"/> FICHE INCIDENT DE VOL</p> <p>OBLIGATOIRE :</p> <p><input type="checkbox"/> PROPULSEUR INHIBE</p>	<p><u>Remarques :</u></p>