

Les propulseurs des clubs scientifiques spatiaux

Données relatives aux propulseurs
pour Fusées Expérimentales

Version 1.6 - Février 2018

Remerciements

Ce document a été rédigé au cours des années par :

- ↳ Alain Dartigalongue (CNES)
- ↳ Raphael Breda (Planète Sciences)
- ↳ Jean Lamoure (Planète Sciences)
- ↳ Patrick Rommeluère (Planète Sciences)
- ↳ Romain Boré (Planète Sciences)
- ↳ Julien Franc (Planète Sciences)
- ↳ Alexandre Simon (Planète Sciences)

Il a été relu, corrigé, enrichi par :

- ↳ Etienne Maier (Planète Sciences)
- ↳ Nicolas Pillet (CNES)
- ↳ Nicolas Verdier (CNES)
- ↳ Thierry Stillace (CNES)
- ↳ Commission propulsion (Planète Sciences)
- ↳ Vincent Riché (Planète Sciences)
- ↳ Flavien Denis (Planète Sciences)
- ↳ Sylvain Besson (Planète Sciences)

Merci également au service propulsion et pyrotechnie du CNES Toulouse (D Dilhan) pour sa contribution.

ED.	REV.	DATE	OBSERVATIONS
5	0	Fev 2002	Ancienne version
1	1	17 janvier 2008	Pro54
1	2	21 janvier 2008	Schémas reprise de poussée
1	3	12 Fev 2008	Traduction en anglais
1	4	01 juin 2008	Micro & mini-propu, Pro75
1	5	29 mars 2009	Correction
1	6	Janvier 2018	Pro75, Pandora/Pro 24-6G

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
LEGISLATION	4
CADRE D'ATTRIBUTION D'UN PROPULSEUR	5
MISE EN ŒUVRE	6
LES MICROPROPULSEURS	7
<i>GENERALITES</i>	7
<i>CARACTERISTIQUES</i>	7
<i>Courbe de poussée</i>	8
CARIACOU	9
<i>GENERALITES</i>	9
<i>CARACTERISTIQUES</i>	9
LES PROPUSLEURS PRO-X	13
<i>GENERALITES</i>	13
<i>INTERFACE AVEC LA FUSEE</i>	13
<i>Caractéristiques du Pro54-5G / BARASINGA</i>	16
<i>Caractéristique du pro 75-3G</i>	19
<i>Caractéristique du Pandora / Pro 24-6G</i>	21
ANNEXES	23
<i>HISTORIQUE</i>	23
<i>LE LANGAGE DU PYROTECHNICIEN</i>	24
<i>NOTES DU CLUB</i>	29

LEGISLATION

La fabrication et la manipulation de poudres et explosifs est dangereuse et soumise à une réglementation stricte (journal officiel de la république française - sécurité pyrotechnique).

Depuis 1962, le CNES propose un cadre de pratiques, de réalisations et de lancements de fusées amateurs de jeunes garantissant la sécurité des personnes et des biens tout en permettant une activité ludique, éducative et expérimentale. Ce document rappelle les principales informations techniques utiles aux clubs spatiaux et groupes jeunes engagés sur un projet fusée dans le cadre des opérations éducatives spatiales du CNES et de Planète Sciences.

Les propulseurs décrits ci-après sont exclusivement réservés à cet usage et ne peuvent être mis en œuvre que par des lanceurs habilités par le CNES ou Planète sciences

CADRE D'ATTRIBUTION D'UN PROPULSEUR

Dans la mesure où un club décide d'utiliser un propulseur fourni par le CNES, il s'engage implicitement à réaliser son projet dans un cadre mis en place par le CNES et Planète Sciences.

Un projet donnera tout d'abord lieu à une série d'échanges de documents et de visites entre le club et Planète Sciences, association effectuant par délégation du CNES le suivi des projets spatiaux.

Ces échanges se concrétiseront par :

Une définition d'objectifs, rédigée par le club afin d'en signaler l'existence tout en fixant les fondements expérimentaux du projet,
une revue de définition qui permet de faire le point quant à la faisabilité du projet, et de choisir un propulseur adapté aux objectifs du projet
une revue de conception qui clôt l'étude complète du projet,
une visite d'avancement ou revue de pré-qualification qui préfigure des contrôles effectués lors de la campagne de lancement des fusées,
un compte rendu d'expérience dressant un bilan des difficultés, des points positifs et des résultats obtenus par les expériences.

Ces étapes sont d'ailleurs indispensables pour la vie d'un club puisqu'elles constituent des points d'avancement du projet. Elles permettent un archivage des différents documents afin de constituer une sorte de bibliothèque accessible à tous et répertoriant les projets des clubs.

- ① **LE CHOIX DU PROPULSEUR DOIT ÊTRE JUSTIFIÉ PAR LES OBJECTIFS DU PROJET. DANS CERTAIN CAS LE CNES ET PLANÈTE SCIENCES PEUVENT PROPOSER UN AUTRE MOTEUR QUE CELUI DEMANDÉ PAR LE CLUB.**
- ① **DANS CETTE PROCÉDURE, LE CLUB S'ENGAGE À CONSTRUIRE SA FUSÉE CONFORMÉMENT AU CAHIER DES CHARGES, DOCUMENT DISTRIBUÉ PAR PLANÈTE SCIENCES ET QUI ÉNUMÈRE UN CERTAIN NOMBRE DE RÈGLES ÉLÉMENTAIRES. CELLES-CI ASSURENT LA SÉCURITÉ ET LA COMPATIBILITÉ AVEC L'AIRE DE LANCEMENT QUE PLANÈTE SCIENCES, AVEC LE SOUTIEN DU CNES, MET À LA DISPOSITION DES CLUBS DE JEUNES.**

MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre des propulseurs des clubs aérospatiaux encadrés par Planète Sciences et le CNES est effectuée par des personnes formées à cela (pyrotechniciens, artificiers). Les membres de clubs ne manipulent le propulseur à aucun moment, en aucun cas.

Catégorie Propulseur	Mise en œuvre par	Lieu de Lancement
MicroFusée	Agrémenté Microfusée	Multiples (Terrains de foot)
MiniFusée	Lanceur Minifusée	Campagnes régionales
Fusée expérimentale	Lanceur Fusée Expérimentale	Campagne Nationale annuelle

Chaque année, les campagnes de lancement régionales sont organisées par les délégations régionales de Planète Sciences, qui proposent plusieurs dates et lieux. La campagne nationale de lancement est organisée par le CNES et Planète Sciences, elle a lieu lors des vacances d'été sur un terrain militaire.

Les contrôles et tests de compatibilité du moteur avec la fusée sont effectués avec des propulseurs vides (déjà consommés ou enveloppe seule). Ces tests doivent être passés avec succès pour obtenir l'autorisation de lancement.

Les propulseurs sont apportés et préparés juste avant le vol, près des rampes de lancement. Ce sont les pyrotechniciens qui assemblent le propulseur à la fusée.

- ① **IL EST DONC PRIMORDIAL QUE LA CONCEPTION D'UNE FUSÉE PERMETTE UN MONTAGE ET UN DEMONTAGE DU PROPULSEUR TRÈS RAPIDEMENT, EN PLEIN AIR, PAR UN PYROTECHNICIEN MUNI DE GANTS DE PROTECTION.**

La fixation des deux éléments (moteur et fusée) étant effectuée, l'artificier pourra alors introduire la "canne d'allumage" (allumeur commandé électriquement) au sein du propulseur. Toutes ces opérations ne se déroulent qu'au milieu d'une aire vaste et dégagée de tout public. Ainsi, un incident, toujours possible, n'implique qu'un nombre restreint de personnes.

A cette étape, l'artificier ordonne l'évacuation totale de l'aire de lancement. Tout doit se passer dans le calme et le silence...5...4...3...2...1...0, aux côtés de l'artificier, un membre du club presse le bouton de mise à feu...

- ① **POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS SUR LA MISE EN ŒUVRE DES PROJETS, VOUS POUVEZ VOUS REFERER À LA NOTE TECHNIQUE : "AIDE À LA RÉDACTION D'UNE CHRONOLOGIE DE FUSÉE EXPÉRIMENTALE". ELLE EST DISPONIBLE SUR SIMPLE DEMANDE À PLANÈTE SCIENCES OU EN TÉLÉCHARGEMENT À L'ADRESSE : [HTTP://WWW.PLANETE-SCIENCES.ORG/ESPACE/RESSOURCES/CHRONOLOGIE-ET-PLANNING/](http://www.planete-sciences.org/espace/ressources/chronologie-et-planning/).**

LES MICROPROPULSEURS

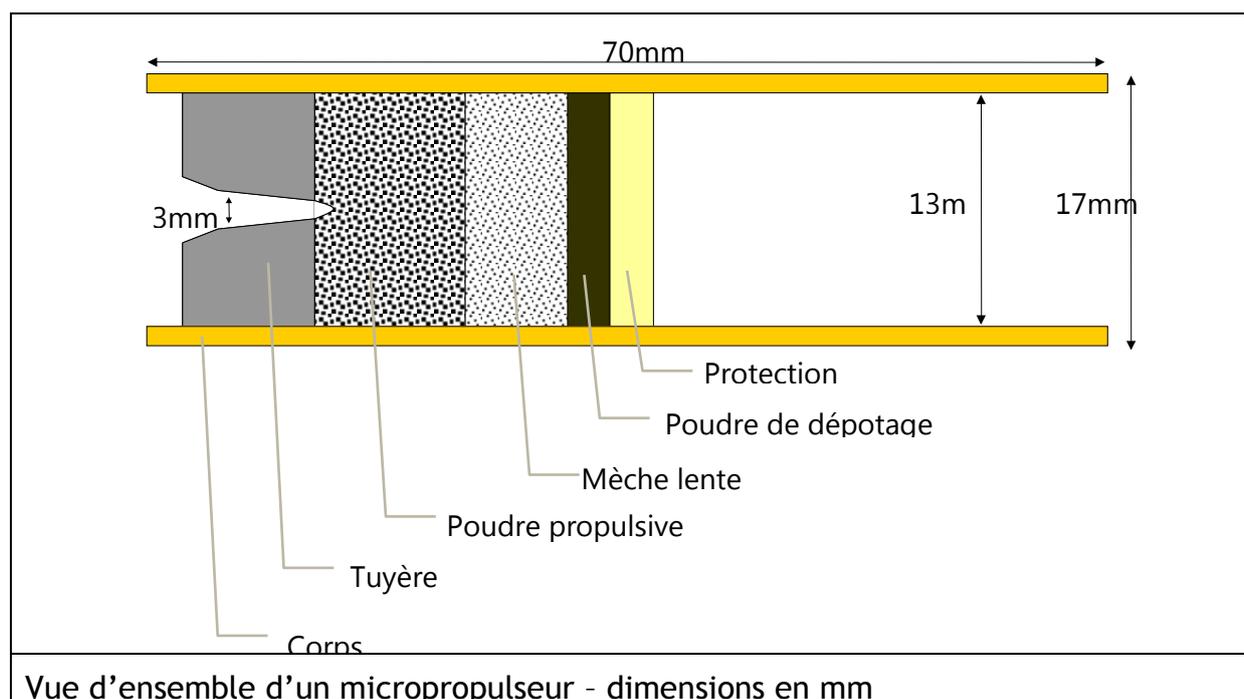
GENERALITES

Les micropropulseurs correspondent aux catégories de propulseurs A, B et C. Ils sont mis en œuvre dans le cadre de l'activité microfusée proposée par Planète Sciences.

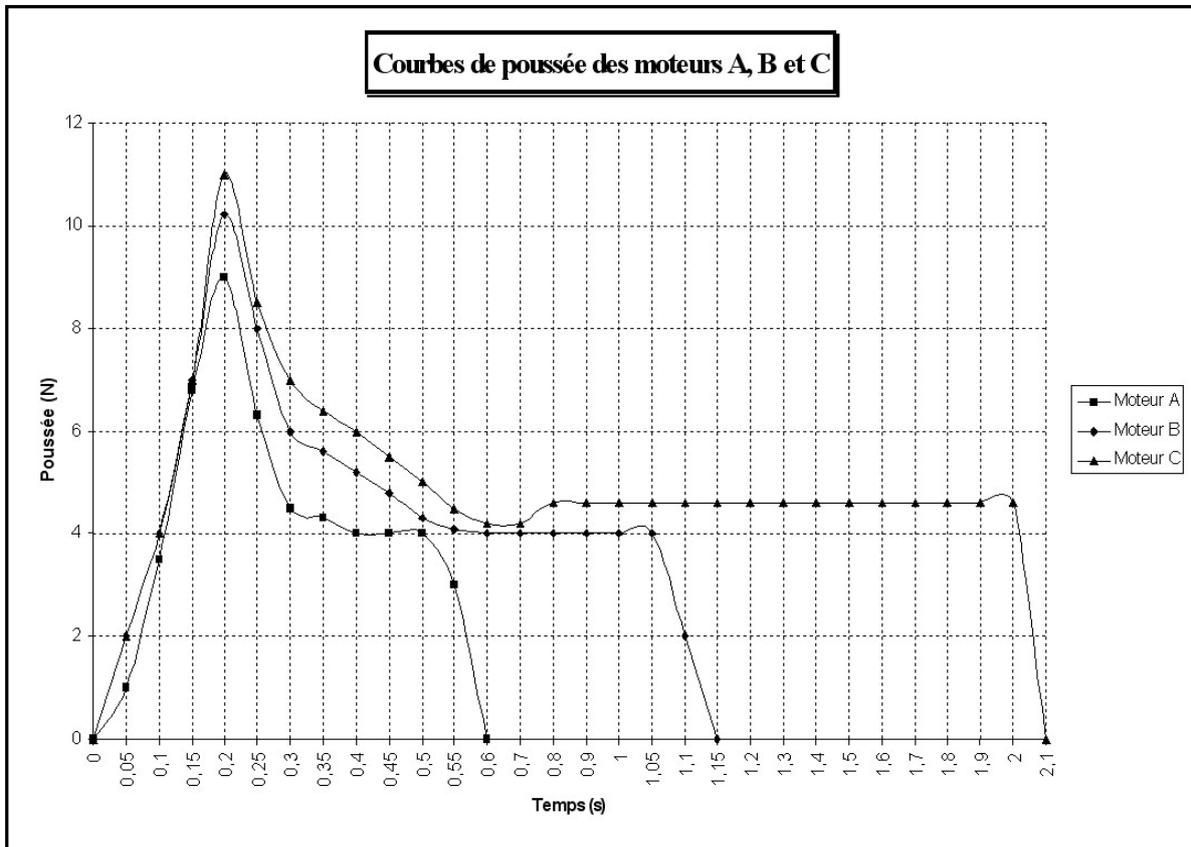
CARACTERISTIQUES

Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques des micropropulseurs distribués par Planète Sciences. Il existe d'autres variantes, en particulier en ce qui concerne la durée de la mèche lente, exprimée en seconde par le second chiffre de la nomenclature.

Code	A 8-3	B 4-0	B 4-4	C 6-0	C 6-3	Unité
Impulsion totale	2.5	5	5	10	10	N.s
Temps de poussée	0.32	1.2	1.2	1.7	1.7	s
Poussée maximum	14	13	13.3	13.5	13.5	N
Masse avant combustion	11	20	20	23	23	g
Masse après combustion	11.8	14	14	10.5	10.5	g



Courbe de poussée



Interface avec la fusée

Les micro-propulseurs sont prévus pour être insérés dans des tubes de cartons de 20mm de diamètre intérieur, tube très couramment utilisé pour la fabrication de microfusées. Le jeu entre le diamètre du propulseur et celui du tube est comblé par quelques épaisseurs de scotch ou de papier enroulées autour du propulseur.



CARIACOU

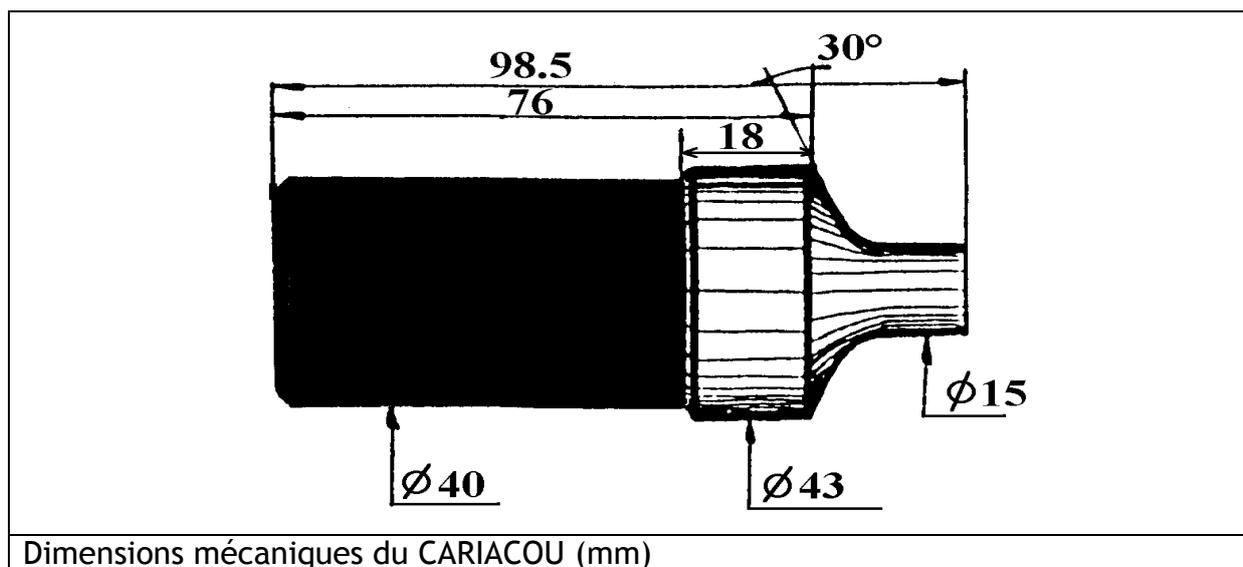
GENERALITES

Le CARIACOU est un propulseur proposé dans le cadre de la minifusée. Il appartient à la catégorie G, selon la classification des propulseurs.

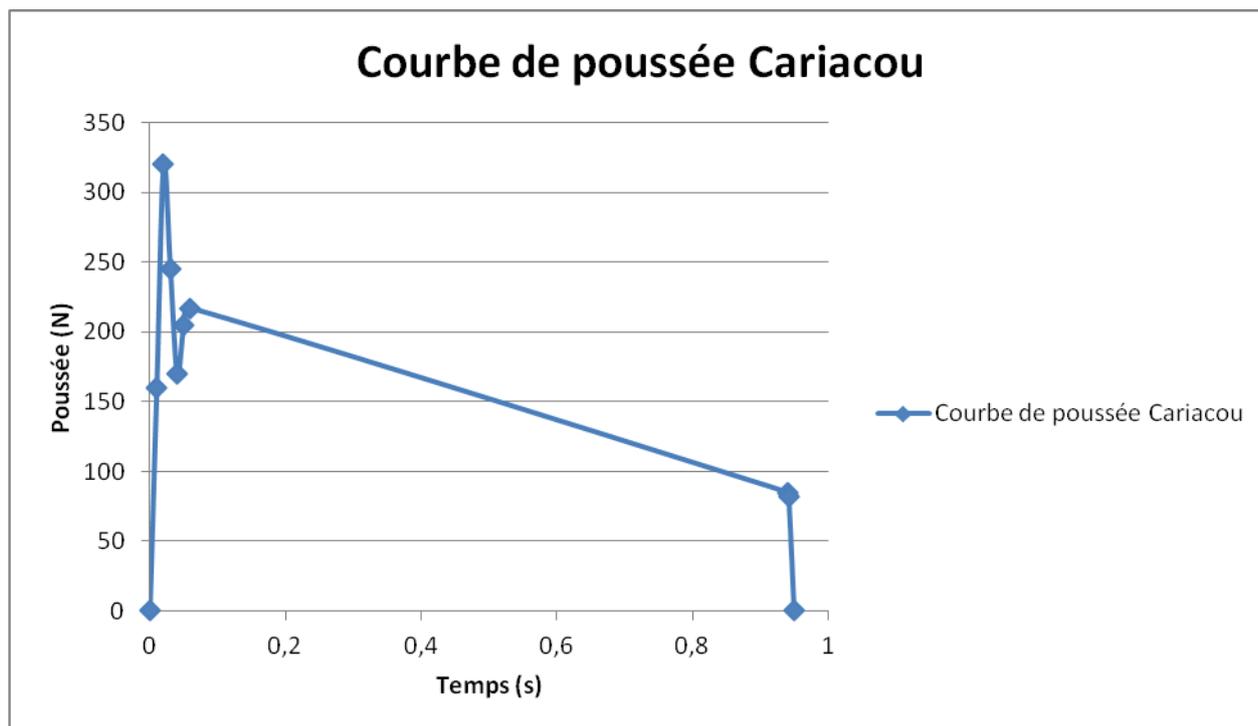
CARACTERISTIQUES

Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques du CARIACOU :

Code	CARIACOU	Unité
Impulsion totale	145.3	N.s
Temps de poussée	0.95	s
Poussée maximum	320	N
Poussée moyenne	150	N
Masse avant combustion	220	g
Masse après combustion	150	g
Centre de gravité plein ¹	50	mm
Centre de gravité vide ³	55	mm



¹ Mesuré à partir du sommet du propulseur
Cahier des propulseurs V1.6 - février 2018

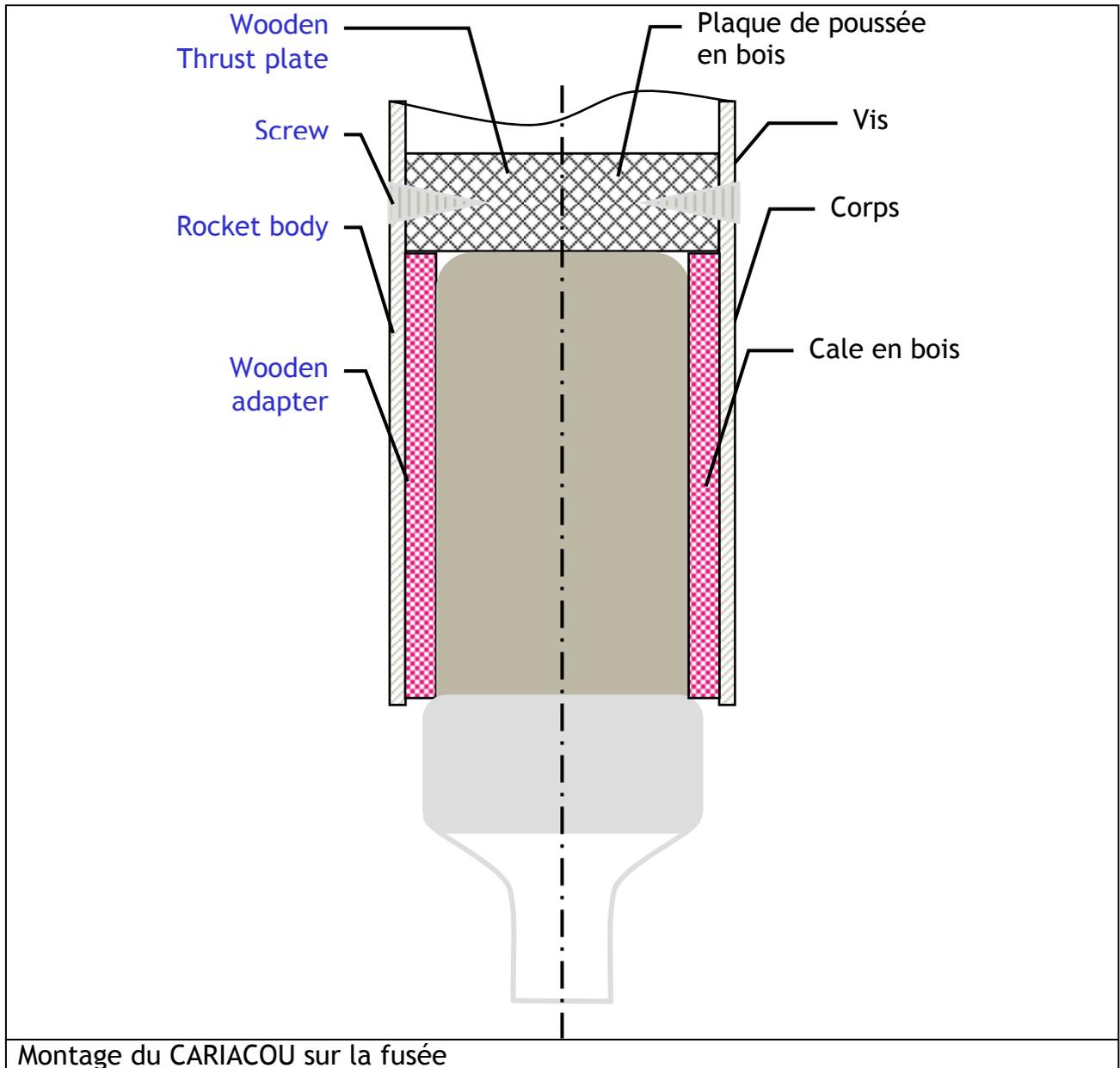


Courbe de poussée du CARIACOU

Points de poussée pour le logiciel de trajectoire

Ces données proviennent des essais effectués en 2001 par la société LACROIX

Temps (s)	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.94	0.942	0.95
Poussée (N)	0	160	320	245	170	205	217	85	82	0



La règle **VL2** énonce que: 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.

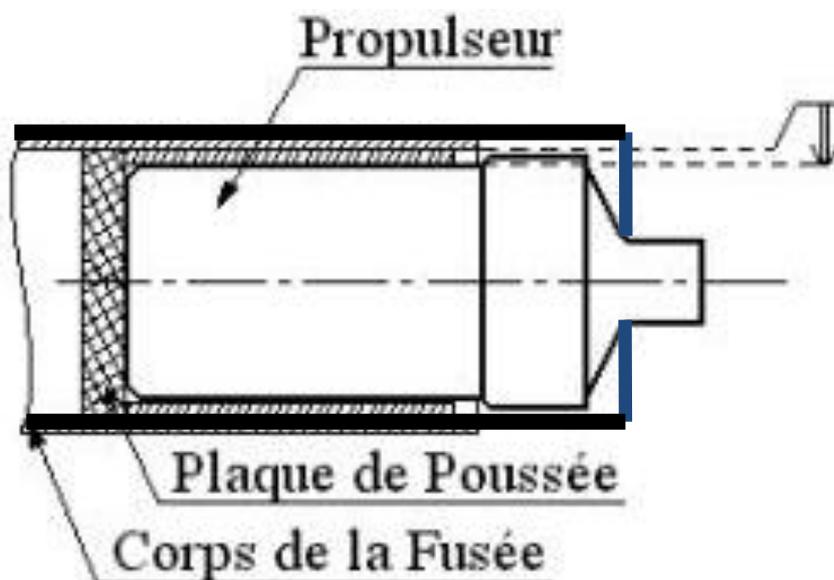
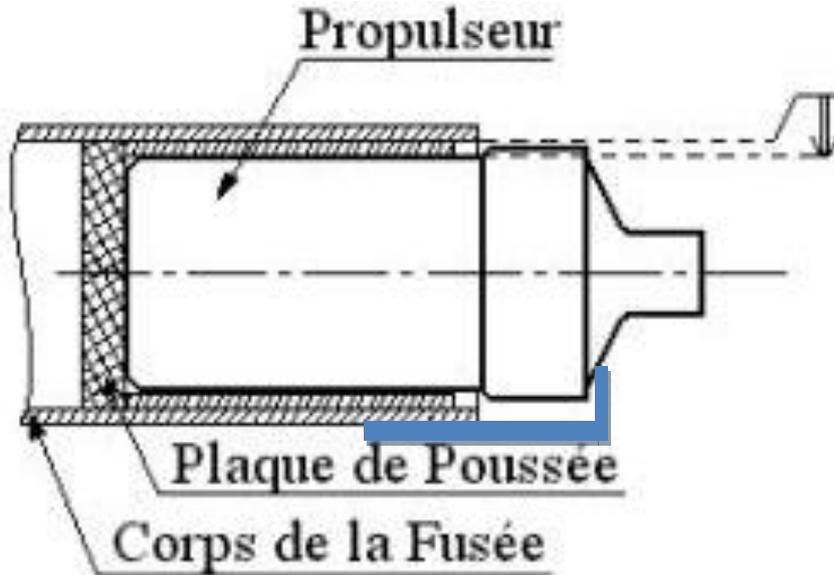
Cette règle devient caduque et elle est remplacée par la règle suivante:

VL2 : Le propulseur doit entraîner la fusée et être centré sur le diamètre. Il doit être maintenu dans l'axe de la fusée et s'appuyer sur une plaque de poussée plane.

Le propulseur doit être obligatoirement maintenu par au moins une bride de retenue.

Sa fixation s'effectue quelques minutes avant le lancement, il doit donc pouvoir être monté ou démonté rapidement.

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 annexe.



LES PROPUSLEURS PRO-X

Depuis 2008, les propulseurs pour fusées expérimentales proposés par le CNES sont issus de la famille des propulseurs solides Pro-X fabriqués par la société canadienne *Cesaroni Technology Incorporated* (CTI) et commercialisés par la société néerlandaise *Rebel Rocketry*. L'utilisation de ces propulseurs en Europe fut rendue possible par leur homologation CE en juin 2005, suivant la directive européenne CE 93/15/EEC, Module B.

Le CNES apporte les modifications suivantes :

- validation des opérations de mise en œuvre par le CNES et Planète Sciences,
- validation des opérations de transport/stockage/destruction,
- inhibition de sa charge de dépotage (Pro-54)

En effet, dans leur version standard, les moteurs Pro-54 possèdent une charge d'éjection (comme en microfusée) qui n'est pas utilisée dans le cadre des activités Fusées Expérimentales.

Des informations sont disponibles sur le site du fabricant : www.pro38.com.

GENERALITES

Les propulseurs sont composés de 2 parties majeures: l'enveloppe et la charge propulsive. Celle-ci est intégrée dans l'enveloppe juste avant le lancement. Dans leur version standard, ces moteurs possèdent une charge d'éjection (comme en microfusée) qui n'est pas utilisée dans le cadre des activités Fusées Expérimentales.

INTERFACE AVEC LA FUSEE

Les propulseurs Pro-X sont longs et fins, avec un fond qui n'est pas plat. Plusieurs bagues sont nécessaires pour maintenir en position le moteur dans la fusée. Ces bagues ont pour but, de transmettre la poussée à la fusée, de centrer le moteur et de le retenir dans son logement. Le jeu entre le diamètre nominal du propulseur et le diamètre de l'alésage des bagues doit être compris entre 0.5mm et 1mm.

- La bague de poussée subit l'effort dû à la poussée du moteur ; elle doit être résistante et fixée solidement au tube de la fusée.
- Le (ou les) anneau(x) de centrage.
- La (ou les) bride(s) de retenue, fixée sur la bague de poussée, sert à maintenir le moteur dans son logement, sur rampe et en fin de propulsion.

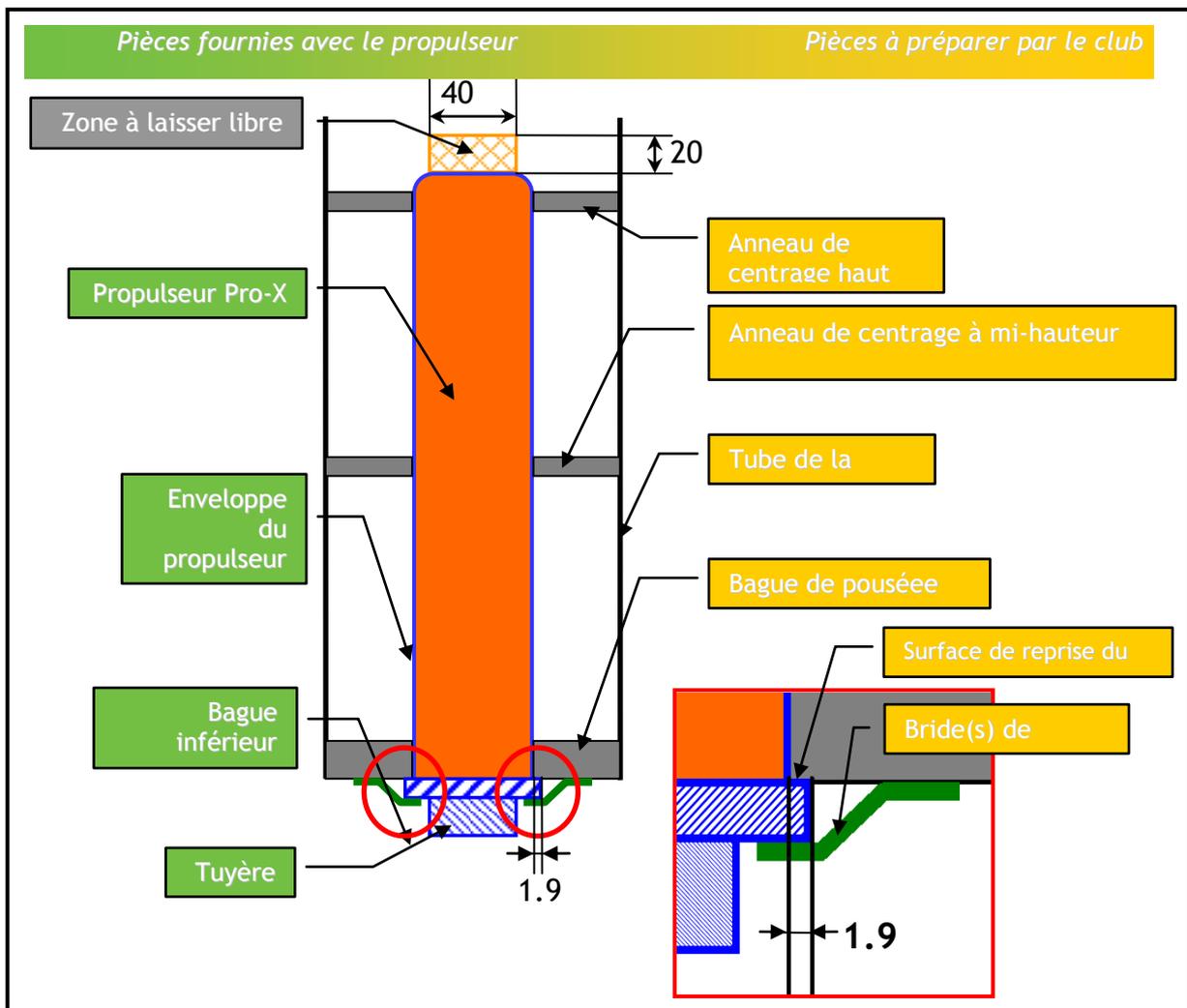
Sa mise en place doit être facile et ne doit nécessiter qu'un minimum d'outils (voire aucun), car elle sera fixée par un pyrotechnicien muni de gants.

La reprise de poussée peut être effectuée de deux manières sur les Pro-X, méthodes détaillées dans les pages suivantes.

Reprise de la poussée par le bas

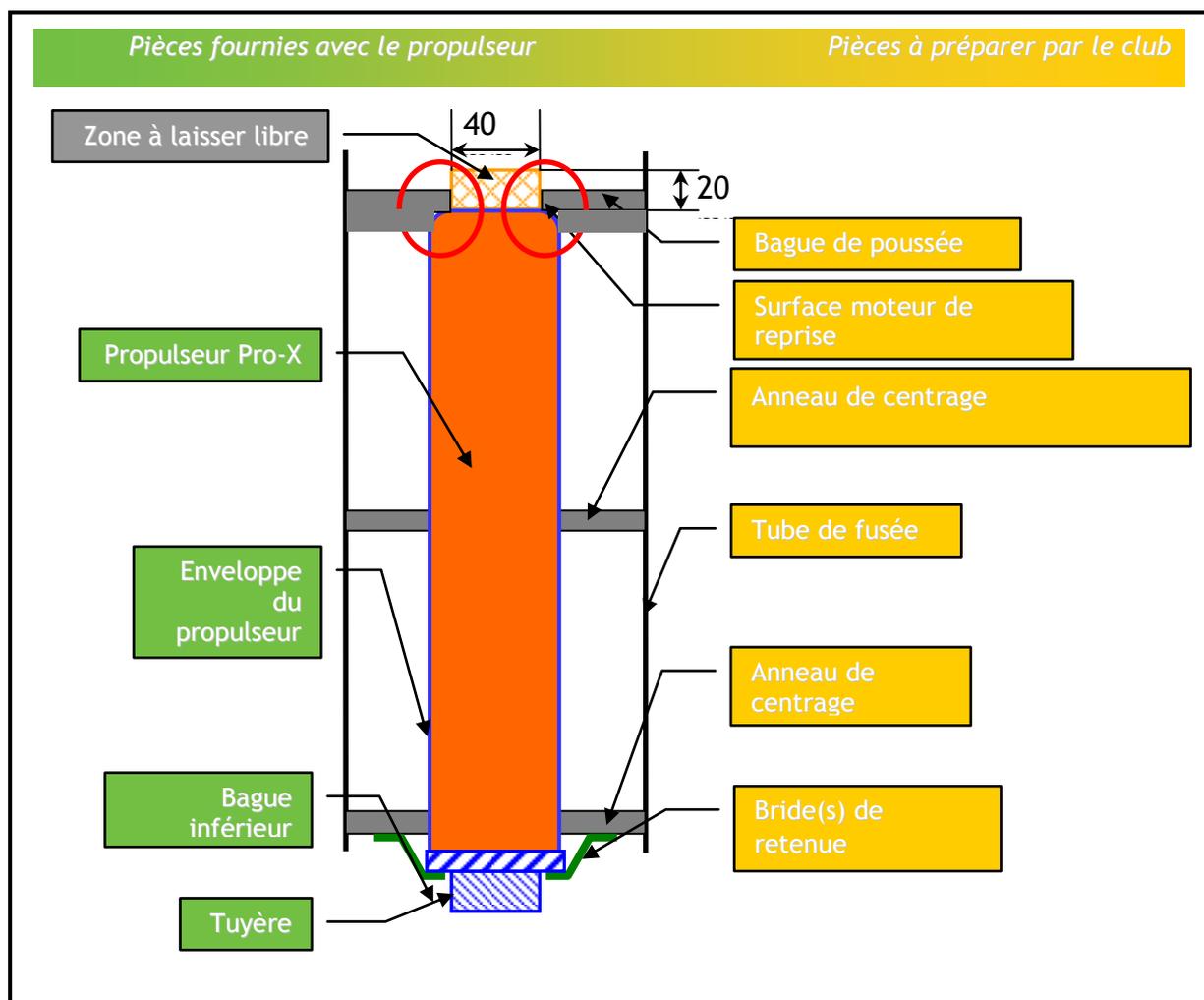
La poussée est reprise en bas, sur la couronne d'appui entre la virole filetée de fixation de la tuyère et la bague de centrage / poussée inférieure fixée à la fusée. La surface d'appui étant relativement faible, une attention particulière devra être apportée à l'usinage de la bague de poussée.

Des essais mécaniques ont été menés par l'ESO (club spatial de l'ESTACA) en 2007 et ont démontré que le filetage de la virole permettait de transférer l'effort de la poussée du propulseur.



Reprise de poussée par le haut

La poussée est reprise en haut de l'enveloppe du moteur. La surface d'appui étant relativement faible, une attention particulière devra être apportée pour l'usinage de la bague de poussée. Ce mode de reprise de poussée a été mis en œuvre sur les fusées de tests de la série Malychka.



Caractéristiques du Pro54-5G /BARASINGA

Le Barasinga est issu du Pro54-5G de la société CTI avec les particularités suivantes :

- validation de ses opérations de mise en œuvre par le CNES et Planète Sciences,
- validation de ses opérations de transport/stockage/destruction,
- inhibition de sa charge de dépotage

Ce propulseur fut qualifié en vol sur la fusée Malychka de Planète Sciences lancée en Grande Bretagne le 29 septembre 2006.

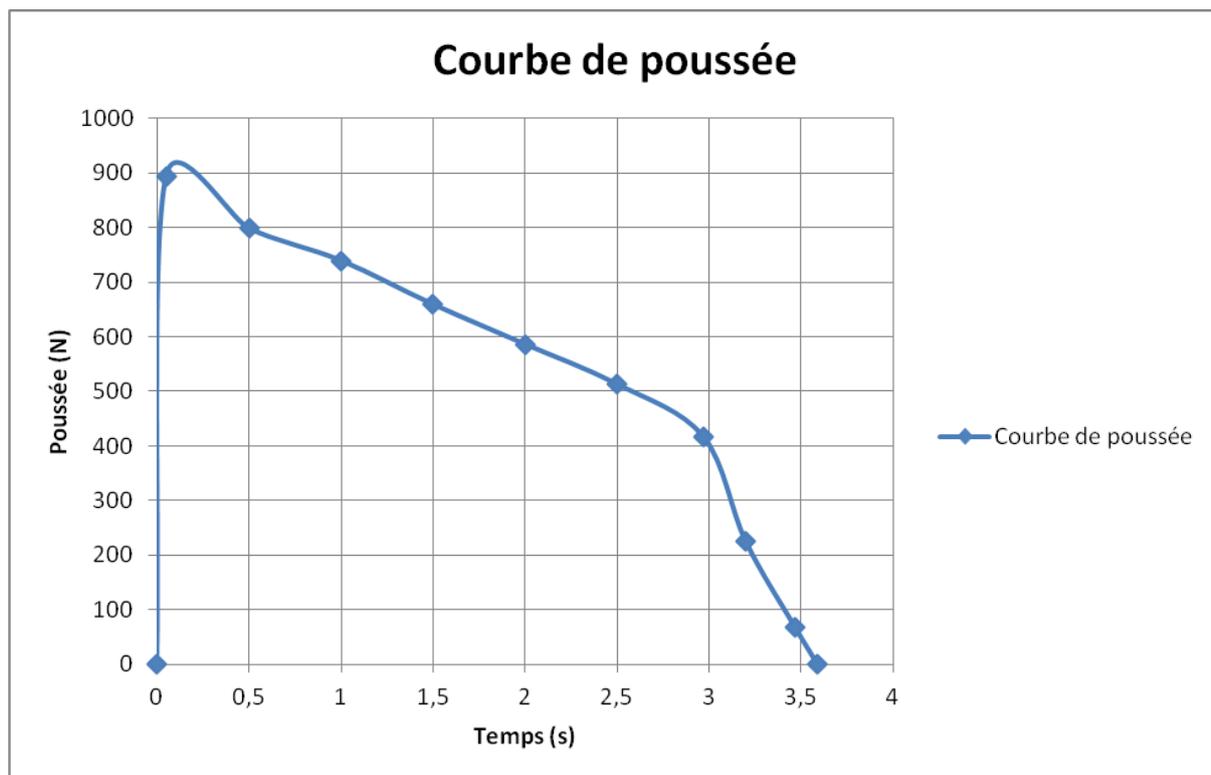
Il a fait l'objet d'une campagne spécifique CNES/ Planète Science de qualification en vol, en mars 2007, ce qui a permis de se familiariser avec la mise en œuvre au sol et de vérifier les performances en vol. Les deux fusées utilisées pour cette qualification ont hélas fait un vol balistique, ce qui n'a pas permis l'expertise de l'enveloppe du propulseur à l'issue du vol.

Ce moteur a ensuite volé lors de la campagne de La Courtine en juillet 2007, sur la fusée Bénélos de l'Aero-Ipsa qui a réussi un vol nominal. Le CNES et Planète Sciences considèrent donc que Barasinga est pleinement qualifié pour utilisation sur Fusées Expérimentales.

Caractéristiques techniques et performances

<i>Description</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
Masse totale	1.68	kg
Masse à vide	0.65	kg
Masse du chargement	0.99	kg
Position du centre de gravité ² plein	250	mm
Position du centre de gravité ¹ vide	240	mm
Longueur totale	488	mm
Diamètre enveloppe métallique	54	mm
Poussée Maximale	893	N
Poussée moyenne	574	N
Impulsion totale	2062	N.s
Temps de combustion	3.59	s

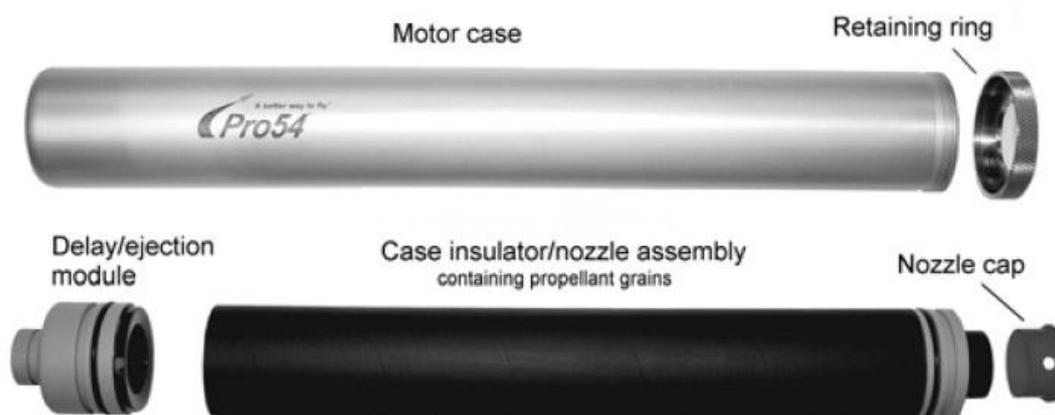
² Mesuré à partir du sommet du propulseur
Cahier des propulseurs V1.6 - février 2018



temps (s)	0	0,05	0,5	1	1,5	2	2,5	2,97	3,2	3,47	3,59
poussée (N)	0	893	798	739	659	586	513	417	225	67	0

Vue des éléments du moteur Pro54 et dimensions

Remarque : dans le cadre des campagnes FUSEX CNES / Planète Sciences, la charge d'éjection ("delay / ejection module") n'est pas utilisée



Caractéristique du pro 75-3G

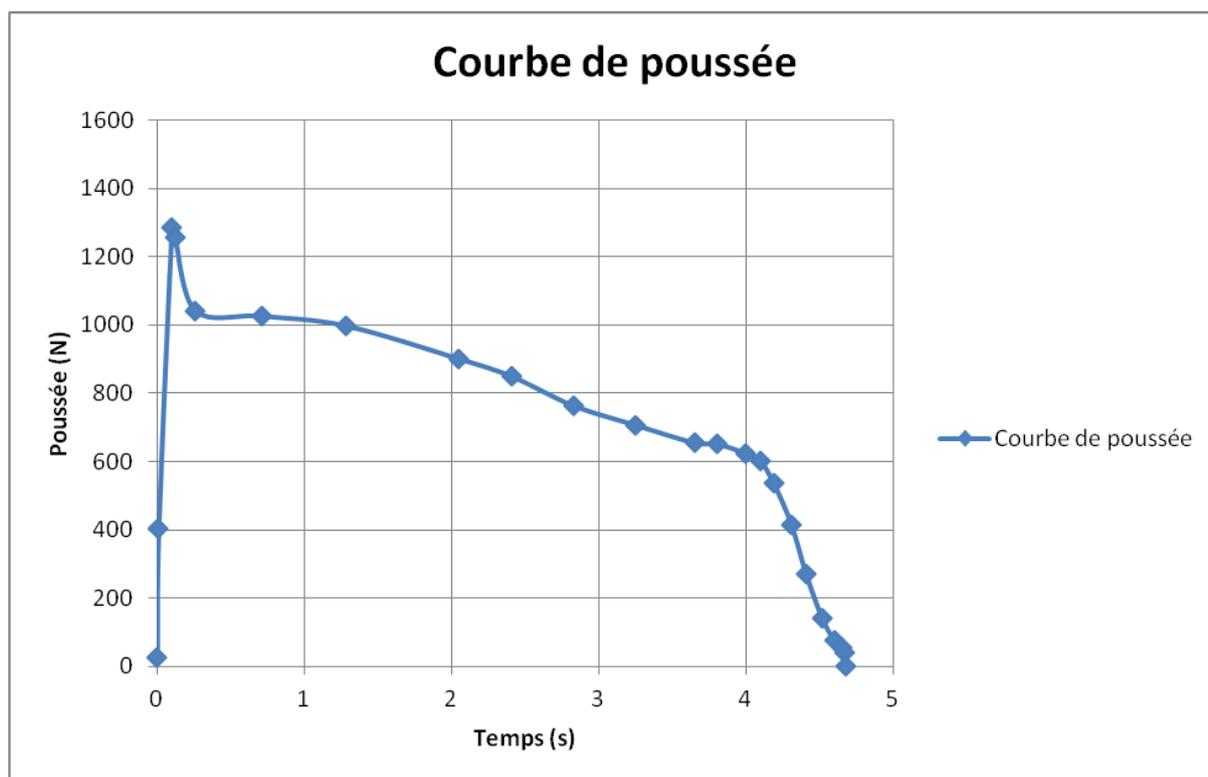
Le Pro75-3G est issu du "Pro75-3G 3757L800-P" de la société Cesaroni Technology Incorporated (CTI).

L'utilisation de ce moteur est soumise à autorisation par la commission CNES-Planète Science.

Caractéristiques techniques et performances

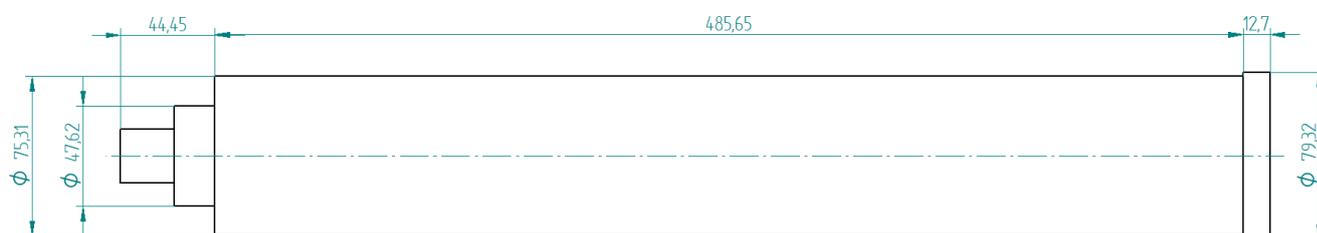
<i>Description</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
Masse totale	3.511	kg
Masse à vide	1.638	kg
Masse du chargement	1.795	kg
Position du centre de gravité ³ plein	243	mm
Position du centre de gravité ¹ vide	243	mm
Longueur totale	486	mm
Diamètre nominal enveloppe métallique	75.3	mm
Diamètre maximal enveloppe métallique	75.8	Mm
Poussée Maximale	1286	N
Poussée moyenne	804	N
Impulsion totale	3757	N.s
Temps de combustion	4.67	s
Impulsion Spécifique	213.5	s

³ Mesuré à partir du sommet du propulseur
Cahier des propulseurs V1.6 - février 2018



Temps (en s)	0	0,01	0,1	0,12	0,26	0,71	1,28	2,05	2,41	2,83	3,25	3,65
Poussée (en N)	27	402,4	1286	1257	1042	1027	998,4	901,4	849,6	763,5	707,1	655,1
Temps (en s)	3,8	4	4,1	4,19	4,31	4,41	4,52	4,6	4,65	4,67	4,68	
Poussée (en N)	651,7	624,1	601,3	536,2	415,7	270,2	140,2	76,9	54,9	40,2	0	

Les dimensions sont en millimètre. Les dimensions du propulseurs sont données au plus juste, pensez à ajouter des tolérances fonctionnelles pour l'intégration du propulseur.



PRO 75-3G

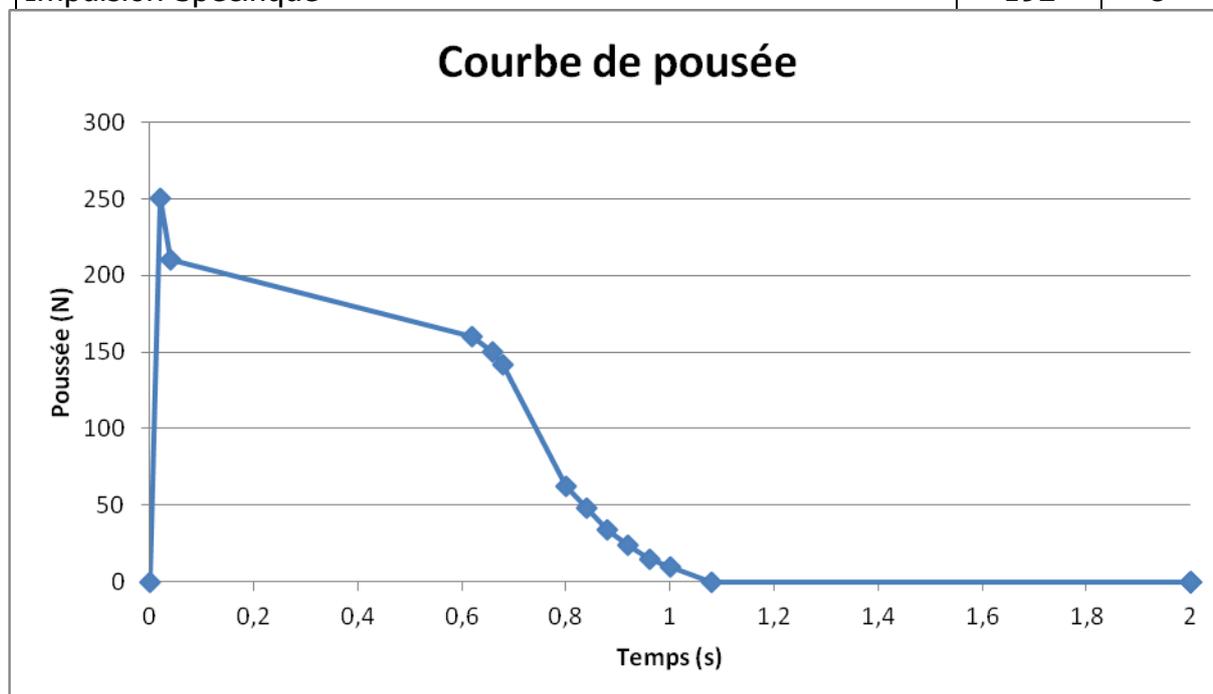
Tolérance Longueur : +/- 0,25
Tolérance Diamètre : +/- 0,05

Caractéristique du Pandora /Pro 24-6G

Le Pandora (ou Pro 24-6G-143G150 Blue Streak) provient de la société Cesaroni Technology Incorporated (CTI). Il est le successeur du cariacou. La reprise de poussée du Pandora doit se faire par le bas de la fusée (cf paragraphe INTERFACE AVEC LA FUSEE)

Caractéristiques techniques et performances

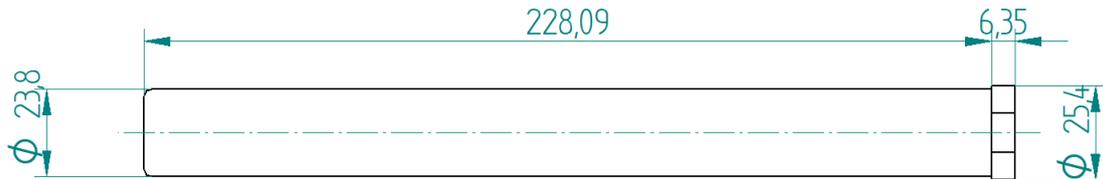
Description	Value	Unit
Masse totale	0.1599	kg
Masse à vide	84.3	g
Masse du chargement	0.0756	kg
Position du centre de gravité ⁴ plein	114	mm
Position du centre de gravité ¹ vide	114	mm
Longueur totale	228	mm
Diamètre nominal enveloppe métallique	24	mm
Poussée Maximale	250	N
Poussée moyenne	100	N
Impulsion totale	142.4	N.s
Temps de combustion	1	s
Impulsion Spécifique	192	s



Temps (s)	0	0,02	0,04	0,62	0,66	0,68	0,8	0,84	0,88	0,92	0,96	1,
Poussée (N)	0	250	210	160	150	142	62	48	34	24	15	10

⁴ Mesuré à partir du sommet du propulseur
Cahier des propulseurs V1.6 - février 2018

Les dimensions sont en millimètre. Les dimensions du propulseurs sont données au plus juste, pensez à ajouter des tolérances fonctionnelles pour l'intégration du propulseur.



Pandora / Pro 24-6G

ANNEXES

HISTORIQUE

La politique moteur du CNES et de Planète Sciences a été lancée en 1973. Elle avait pour but d'offrir aux jeunes une gamme complète de propulseurs. Les objectifs qui ont dicté cette orientation ont été déterminés à partir de l'expérience acquise sur la génération précédente des moteurs Cabri, Atef, Elan, Faon, Koudou et Caribou à savoir :

- une gamme de moteurs cohérente offrant un choix important de performances,
- une sécurité de fonctionnement,
- un faible coût,
- une grande disponibilité.

Cela conduisit le CNES à la fabrication de moteurs conçu spécialement pour les clubs : les **Chamois** (1974-2008), **Isard** (1982-2008) et **Caribou** (1982-1998). Pour cela, il retenait les choix technologiques suivants :

un moteur rechargeable et mécaniquement simple,
une poudre SD à faible température de combustion,
un pain de poudre extrudé fabriqué à partir d'outillages professionnels déjà existants : les blocs *Targon*, *Souges* et *Ruchard*,

un système d'initiation par une canne d'allumage (moyenne énergie), afin de permettre l'armement du moteur au tout dernier moment avant le lancement.

L'apparition de fusées expérimentales plus petites et de l'activité minifusée (1983) incite le CNES à utiliser des moteurs dérivés d'utilisations commerciales (faible coût et bonne disponibilité). Ainsi, le **Bambi** (1979-1985) est le propulseur d'une fusée paragrêle de la société *Ruggieri*, le **Dick-Dick** (1985-1991) est le propulseur d'une fusée de détresse, et le **Wapiti** (1998-...) est issu d'une fusée éclairante de la société *Lacroix*.

Les **Koudou** (1987-2003) et **Cariacou** (2001-2018) sont fabriqués par la société *Lacroix* suite à un appel d'offre du CNES.

En 1993, le service pyrotechnique du CNES a entrepris la mise à niveau de l'Isard et du Chamois. Ceci a conduit, en 1994 et 1995, à tester de nouvelles versions de ces propulseurs.

En 2006, en prévision de l'épuisement des stocks de moteur Chamois, des recherches ont été menées pour trouver un moteur de remplacement existant. C'est vers la société *Cesaroni*, et son important catalogue de moteurs destinés aux amateurs, que le choix c'est porté. C'est ainsi que le Pro54-5G et est entré en usage lors de nos campagnes sous le nom de **Barasinga**.

En 2017, le stock de Cariacou arrivant à épuisement, un nouveau moteur a été recherché. Afin de conserver la même impulsion totale et temps de poussée et d'uniformiser les moteurs utilisés lors des campagnes régionale, le choix du moteur c'est fait vers le Pro24-6G -143G150 Blue Streak.

Cette gamme de moteurs n'est pas figée. Chaque année, Planète Sciences, le CNES et les motoristes réfléchissent à l'amélioration de la gamme de propulseurs. Nous invitons les clubs souhaitant contribuer à son évolution à contacter Planète Sciences.

LE LANGAGE DU PYROTECHNICIEN

Définitions usuelles

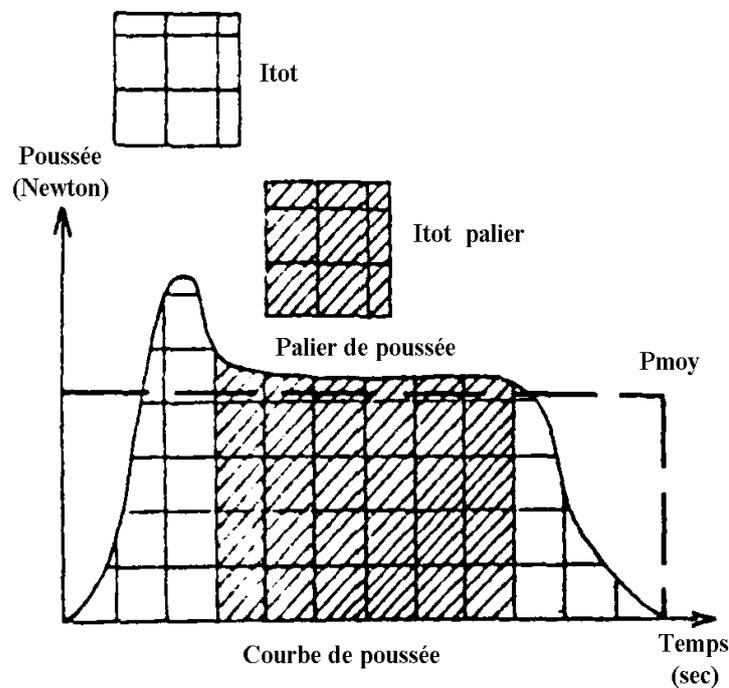
LE DEBIT MASSIQUE (D_m) est la masse de produits de combustion expulsés par unité de temps.

L'IMPULSION SPECIFIQUE (I_s) est un paramètre qui détermine l'efficacité d'un propergol et du moteur en général. $I_s = \text{Poussée} / (g \times D_m)$ avec D_m le débit massique

LA POUSSEE est la force exercée par le moteur sur la fusée pendant la phase propulsée.

L'IMPULSION TOTALE (I_{tot}) est l'intégrale de la poussée au cours du temps. Dans la pratique, on calcule cette impulsion en effectuant la somme des produits de la poussée par des intervalles de temps petits (où la poussée doit pouvoir être considérée constante). Géométriquement, l'impulsion totale correspond à l'aire sous la courbe de poussée.

Courbe de Poussée



LA POUSSEE MOYENNE (P_{moy}) est la valeur d'une poussée constante pendant le temps de combustion telle que le produit "poussée moyenne" x "durée de combustion" redonne l'impulsion totale : $P_{moy} = I_{tot} / t$ avec I_{tot} l'impulsion totale.

LE PALIER DE POUSSEE est la partie horizontale ou assimilée de la courbe de poussée d'un moteur. Au cours de cette phase, tous les paramètres du moteur sont constants.

L'IMPULSION TOTALE PALIER (I_{tot} palier) est l'impulsion totale calculée sur la durée du palier de poussée.

LA PRESSION PALIER est la pression dans la chambre de combustion alors que le palier de poussée est atteint (régime établi).

Définitions extraites du dictionnaire de Pyrotechnie rédigé par le GTPS (Groupe de Travail de Pyrotechnie) /

ARTIFICIER

Personne qui possède la qualification professionnelle requise pour utiliser ou fabriquer des matières et objets explosifs.

PYROTECHNICIEN

Spécialiste qui conçoit, fabrique ou utilise les matières explosives ou les systèmes pyrotechniques qui les contiennent

Allumage

INITIATEUR (n.m.)

Terme général désignant un composant disposé à l'amont d'une chaîne pyrotechnique qui est le siège d'au moins une transformation d'énergie et dont l'effet produit est nécessairement pyrotechnique.

Il contient une faible quantité de substance active qui réagit sous l'effet de phénomènes énergétiques variés pour engendrer, suivant le cas, une détonation, une déflagration ou une combustion.

L'énergie incidente peut être : mécanique, électrique, photonique, thermique, etc.

Exemples : initiateur électrique à fil chaud de Davey Bickford type SA 2001 pour minifusées ou SA2351 pour FUSEX.

INFLAMMATEUR

Initiateur produisant une flamme et donc apte à entraîner la combustion.

PROPERGOL

Produit comprenant un ou des ergols, soit séparés, soit réunis, pour former un mélange ou un composé apte à fournir l'énergie de propulsion d'un moteur-fusée.

Exemples : catergol, diergol (ou biergol), hypergol, monergol, triergol.

PROPERGOL COMPOSITE

Propergol solide constitué par un mélange intime de combustible (liant plastique parfois énergétique) et de comburant, additionné souvent d'un métal pulvérulent jouant le rôle de réducteur d'appoint.

Exemples : Chargement des propulseurs Cariatou, Pro54

PROPERGOL HOMOGENE

Propergol solide dont les constituants principaux forment une seule phase contenant les éléments oxydants et réducteurs.

Exemple : propergol double base de constituants principaux nitrocellulose et ester nitrique (en général nitroglycérine).

PROPERGOL SD

Dénomination française d'un propergol homogène fabriqué sans dissolvant, la mise en forme étant faite par extrusion à chaud et sous vide d'un mélange thermoplastique de nitrocellulose et de nitroglycérine ou d'une autre huile nitrée. La gélatinisation est effectuée par laminage.

Exemples : chargement Souges et Targon des moteurs Isard et Chamois

Protections

PROTECTION THERMIQUE

Ensemble des matériaux utilisés, en général sur la paroi de la structure d'un propulseur, pour la protéger contre l'échauffement interne ou externe.

INHIBITEUR

- a) Revêtement solidaire de certaines parties de la surface d'un bloc de propergol pour maîtriser son mode de combustion.
- b) Substance ralentissant ou empêchant le déroulement de réactions chimiques indésirables.

CLASSIFICATION DES PROPULSEURS

La pratique des activités et les conditions de sécurité sont conditionnées par l'énergie disponible dans le propulseur. Il existe une classification basée sur l'Impulsion Totale, aussi appelé intégrale de poussée, qui est le produit de la poussée moyenne par la durée efficace de la poussée. Pour désigner un propulseur, il est d'usage d'accoler la valeur de sa poussée moyenne en Newton à la lettre de sa classe. Les classes sont ainsi définies (en progression géométrique de la raison 2).

Classe	Impulsion (N.s)	Catégorie	Exemple
A	0 à 2.5	MicroFusée	A8-3
B	2.5 à 5		B4-4
C	5 à 10		C6-3
D	10 à 20	MiniFusée	
E	20 à 40		Wapiti (R10)
F	40 à 80		
G	80 à 160		Cariacou (G150) Pandora
H	160 à 320	Fusée Expérimentale	
I	320 à 640		
J	640 à 1280		Isard (J600)
K	1280 à 2560		Pro54-5G (K570)
L	2560 à 5120		Pro75-3G (L800)
M	5120 à 10240	Fusée sonde	Caribou (M3780)
N	10240 à 20480		
O	20480 à 40960		
P	40960 à 81920	Lanceur de satellite	

NOTES DU CLUB

FIN DE DOCUMENT