

Les propulseurs des clubs aérospatiaux

Cahier des propulseurs

Version 1.5 - mars 2009

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
LEGISLATION	4
CADRE D'ATTRIBUTION D'UN PROPULSEUR	5
MISE EN ŒUVRE	6
LES MICROPROPULSEURS	7
WAPITI	9
CARIACOU	11
LES PROPULSEURS PRO-X	13
BARASINGA (PRO54-5G)	16
PRO75-3G	19
HISTORIQUE	22
LE LANGAGE DU PYROTECHNICIEN	23
CLASSIFICATION DES PROPULSEURS	25

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)
- ↳ Léo Côme (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)

Il a été mis à jour, recompilé et traduit en anglais par :

- ↳ Christophe Scicluna (Planète Sciences)

Merci également au service propulsion et pyrotechnie du CNES Toulouse pour sa contribution.

ED.	REV.	DATE	OBSERVATIONS
5	0	Fev 2002	Ancienne version
1	1	17 Jan 2008	Pro54
1	2	21 Jan 2008	Schémas reprises de poussée
1	3	12 Fev 2008	Traduction en anglais
1	4	01 juin 2008	Micro & mini-propu, Pro75
1	5	29 mars 2009	Corrections

LEGISLATION

La fabrication et la manipulation de poudres et explosifs est dangereuse et soumise à une réglementation stricte (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 de jeunes engagés sur un projet de fusée dans le cadre des opérations éducatives spatiales du CNES et de Planète Sciences.

Les propulseurs mentionnés dans ce document sont exclusivement réservés à cet usage, et ne peuvent être mis en œuvre que par des personnes habilitées 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 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** 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 PROPULSEUR 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.**

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 du Propulseur	Mise en œuvre par	Lieu de Lancement
MicroFusée	Agrémenté Microfusée	Multiplés (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 l'inflammateur ou l'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 appuie sur 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 : WWW.PLANETE-SCIENCES.ORG/ESPACE/BASEDOC/

LES MICROPROPULSEURS

Présentation

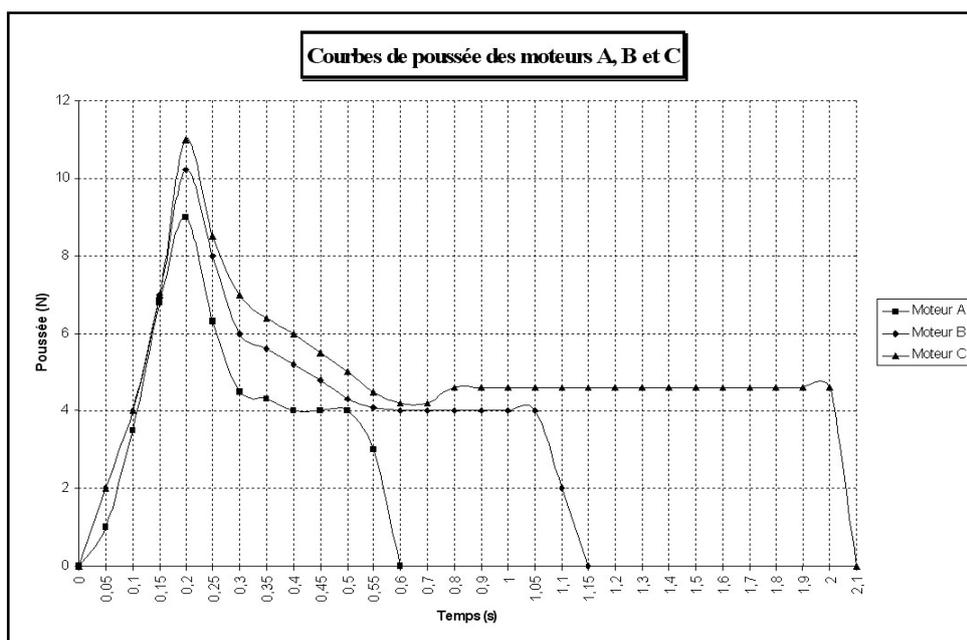
Les micropropulseurs correspondent aux catégories de propulseurs A, B et C. Ils sont mis en œuvre dans le cadre de l'activité microfusée proposée par Planète Sciences.

Caractéristiques

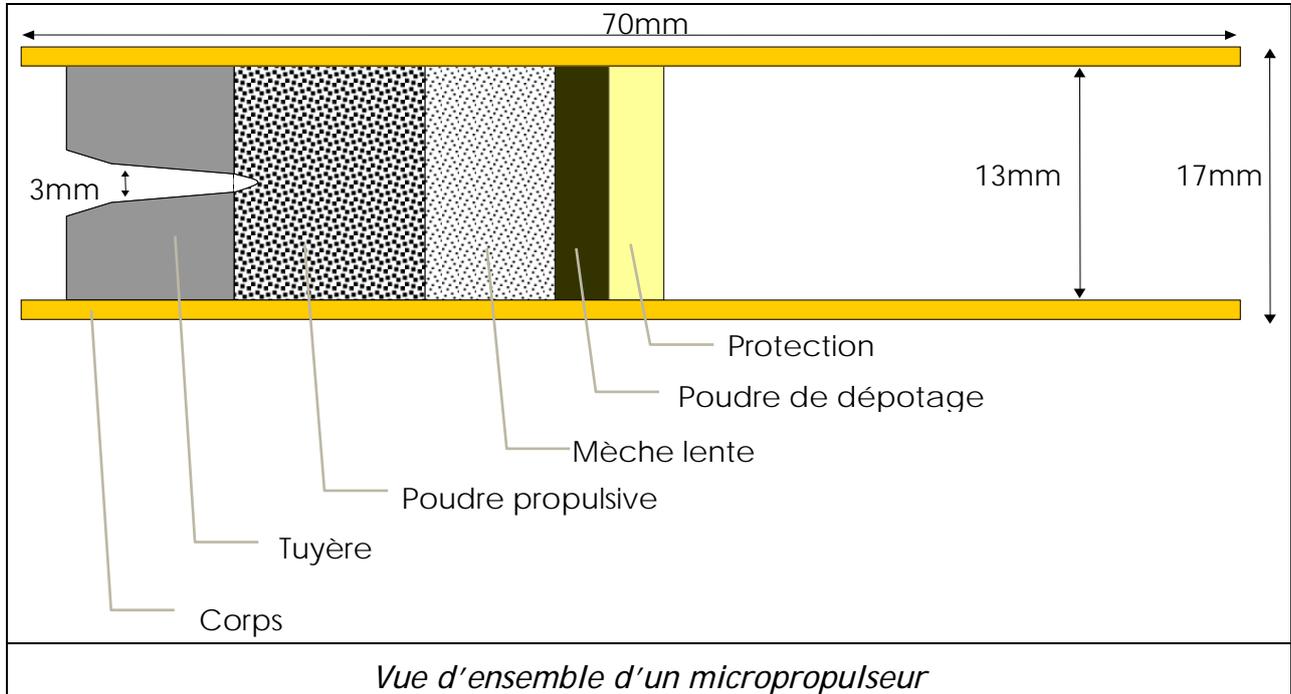
Le tableau ci-dessous présente les principales caractéristiques des micropropulseurs distribués par Planète Sciences. Il existe d'autres variantes, en particulier en ce qui concerne la durée de la mèche lente, exprimée en seconde par le 2^{ème} chiffre de la nomenclature ; elles ne sont pas distribuées par Planète Sciences

	A 8-3	B 4-0	B 4-4	C 6-3	Unité
Impulsion totale	2.5	5	5	10	N.s
Temps de poussée	0.32	1.2	1.2	1.7	s
Poussée maximum	14	13	13	13.5	N
Masse avant combustion	15	18	19	22	g
Masse après combustion	10.8	12	13	9.5	g
Retard de dépotage	3	0	4	3	s

Courbe de poussée

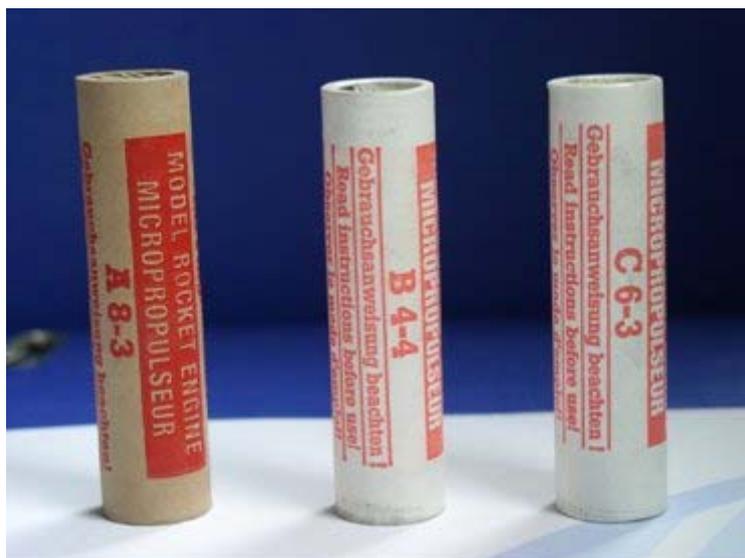


Dimensions



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.



WAPITI

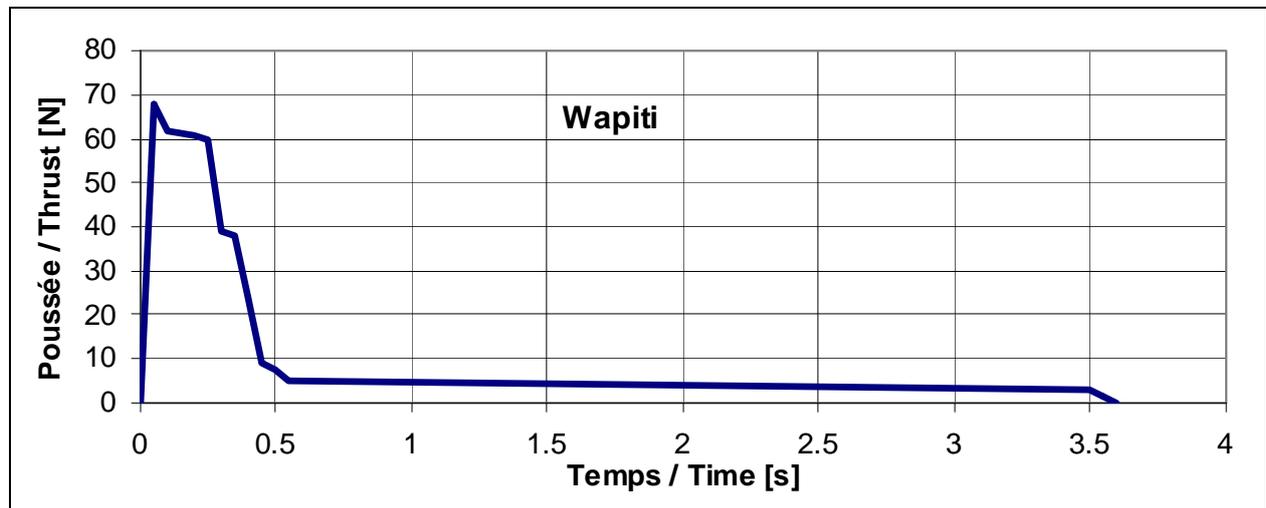
Présentation

Le WAPITI est un propulseur proposé dans le cadre de la minifusée depuis 1998. Il appartient à la catégorie E, selon la classification des propulseurs.

Caractéristiques

	WAPITI	Unité
Impulsion totale (selon lot)	33 à 40	N.s
Temps de poussée	3.2 à 3.6	s
Poussée maximum	68 à 80	N
Poussée moyenne	10.7	N
Masse avant combustion	85	g
Masse après combustion	35	g
Centre de gravité ¹	20	mm

Courbe de poussée



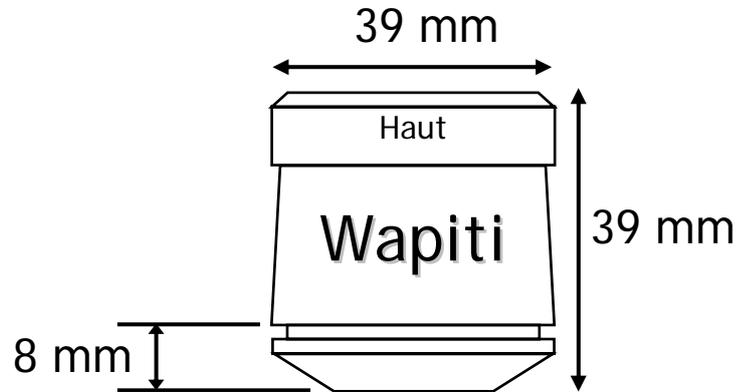
Points de poussée pour les logiciels de calcul de trajectoire :

Temps (s)	0	0.05	0.1	0.25	0.3	0.35	0.45	0.55	3.5	3.6
Poussée (N)	0	68	62	60	39	38	9	5	3	0

Ces données proviennent des essais effectués en 1996 par la société LACROIX

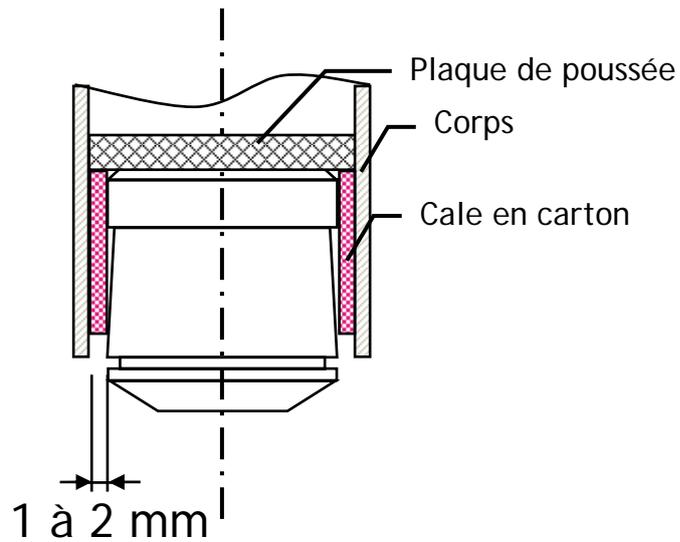
¹ Mesuré à partir du sommet du propulseur - vide ou plein, le Xcg du Wapiti est inchangé

Dimensions



Dimensions mécaniques du WAPITI

Interface avec la fusée



Montage du WAPITI sur la fusée

CARIACOU

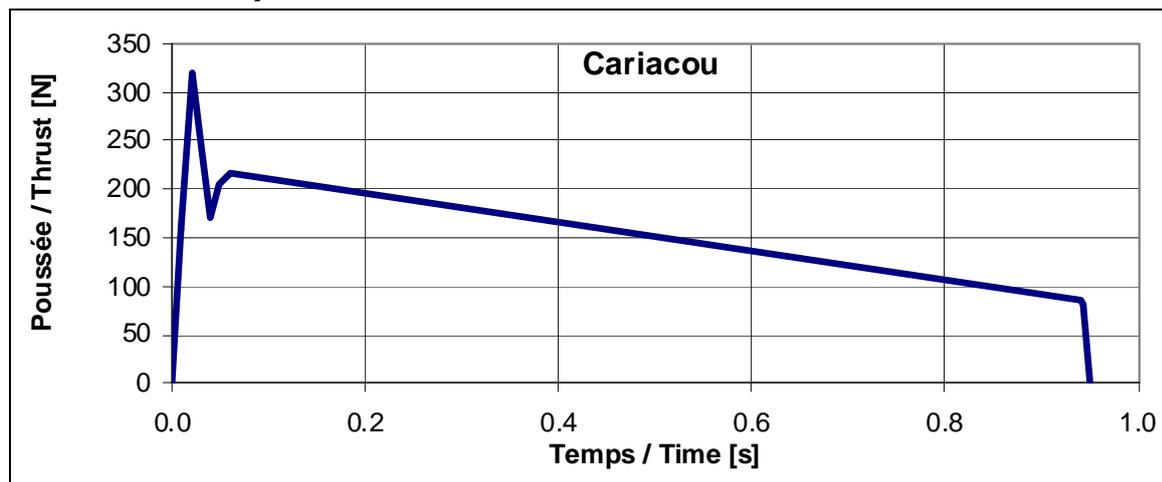
Présentation

Le CARIACOU est un propulseur proposé dans le cadre de la minifusée depuis 2001. Il appartient à la catégorie G, selon la classification des propulseurs.

Caractéristiques

	CARIACOU	Unité
Impulsion totale	145	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 ³	50	mm
Centre de gravité vide ³	55	mm

Courbe de poussée



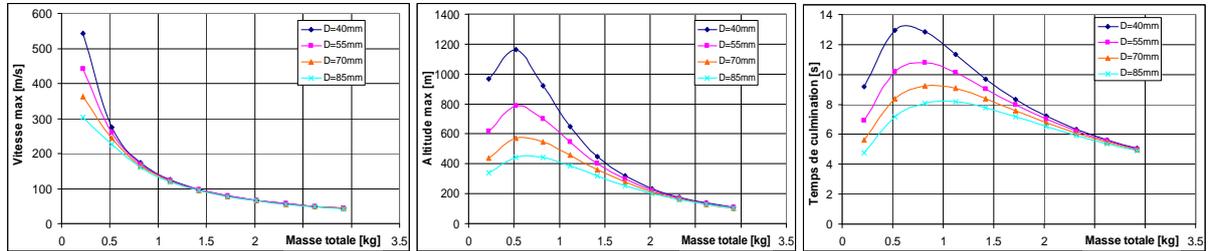
Points de poussée pour les logiciels de calcul de trajectoire :

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

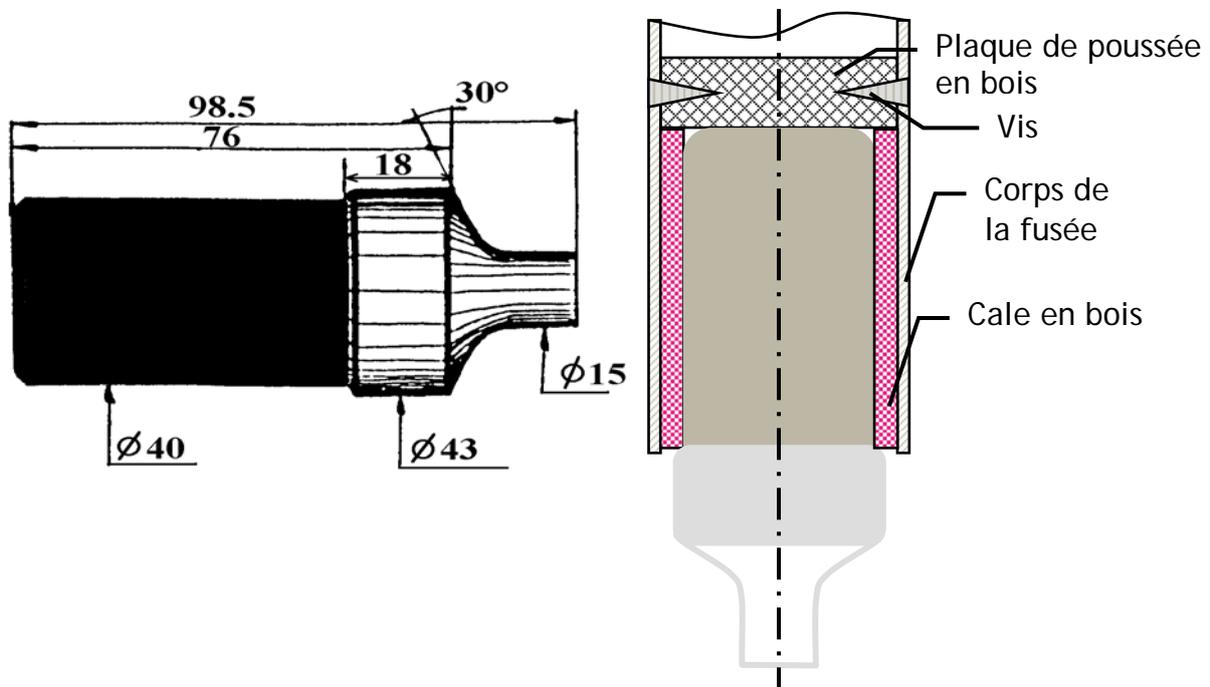
Ces données proviennent des essais effectués en 2001 par la société LACROIX

³ Mesuré à partir du sommet du propulseur

Performances



Dimensions et interface avec la fusée



Note : le corps du propulseur chauffe énormément pendant le vol.

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.

Interface avec la fusée

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.

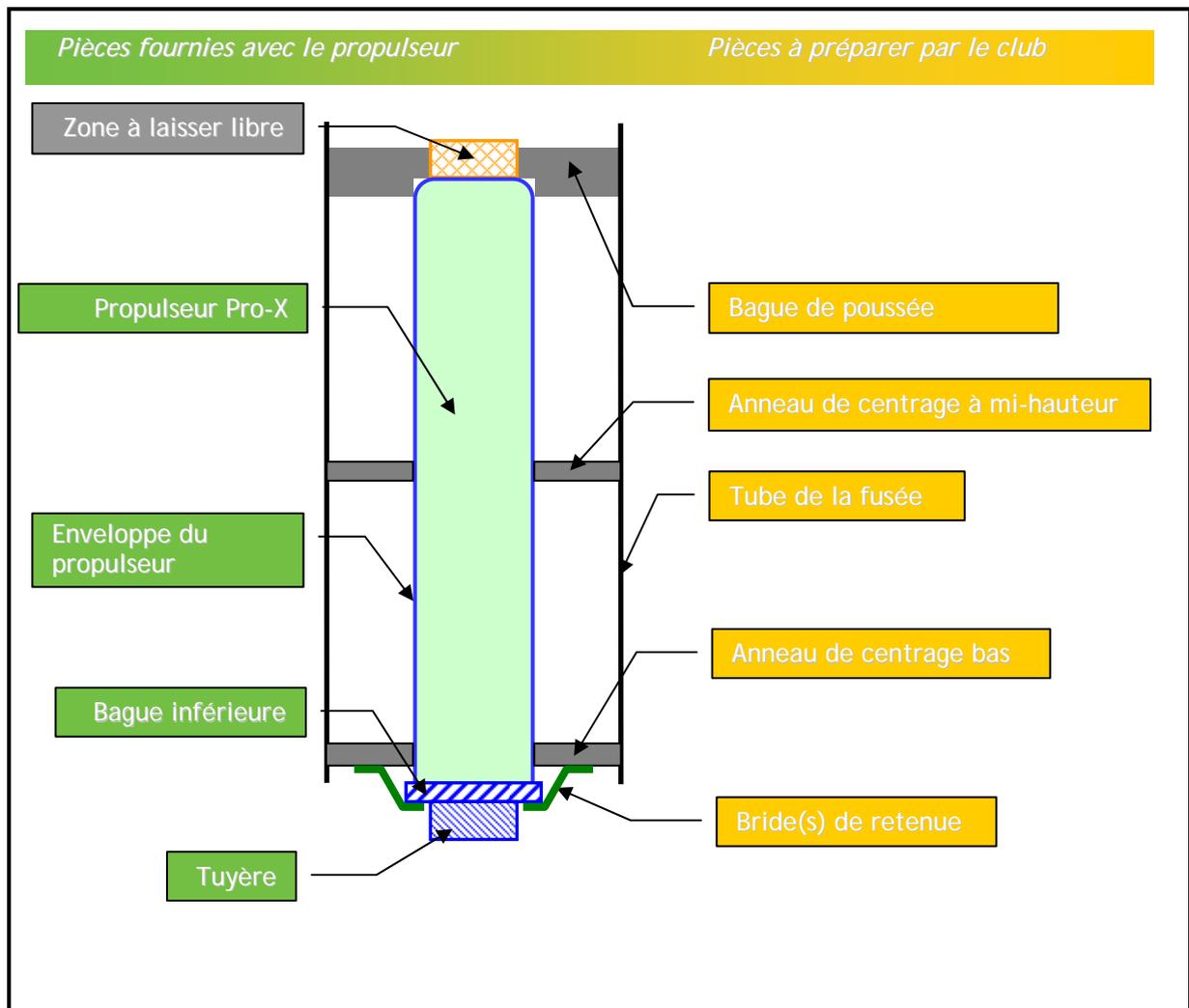
Ces bagues ont pour but, de transmettre la poussée à la fusée, de centrer le moteur et de le retenir dans son logement. Le jeu entre le diamètre nominal du propulseur et le diamètre de l'alésage des bagues doit être compris entre 0.5mm et 1mm.

- 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 poussée par le haut

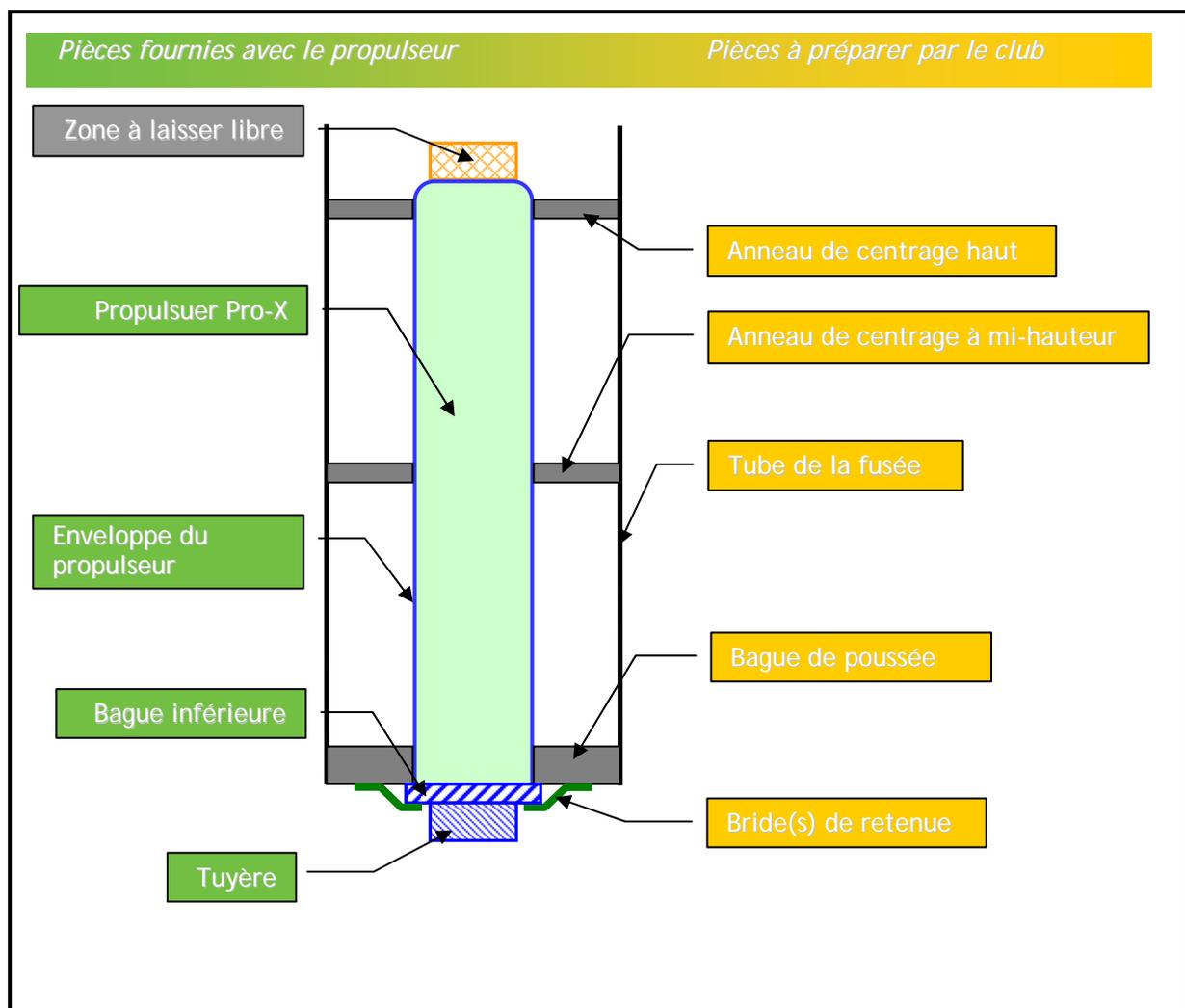
La poussée est reprise en haut de l'enveloppe du moteur. La surface d'appui étant relativement faible, une attention particulière devra être apportée pour l'usinage de la bague de poussée. Ce mode de reprise de poussée a été mis en œuvre sur les fusées de tests de la série Malychka.



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.



BARASINGA (PRO54-5G)

Présentation

Le Barasinga est la dénomination CNES / Planète Sciences du « Pro54-5G classic » de la société *Cesaroni Technology Incorporated* (CTI). Il diffère du Pro54-5G par l'inhibition de la charge de dépotage.

Ce propulseur fut utilisé pour la 1^{ère} fois 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 mars 2007, ce qui a permis de se familiariser avec la mise en œuvre au sol et de vérifier les performances en 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.

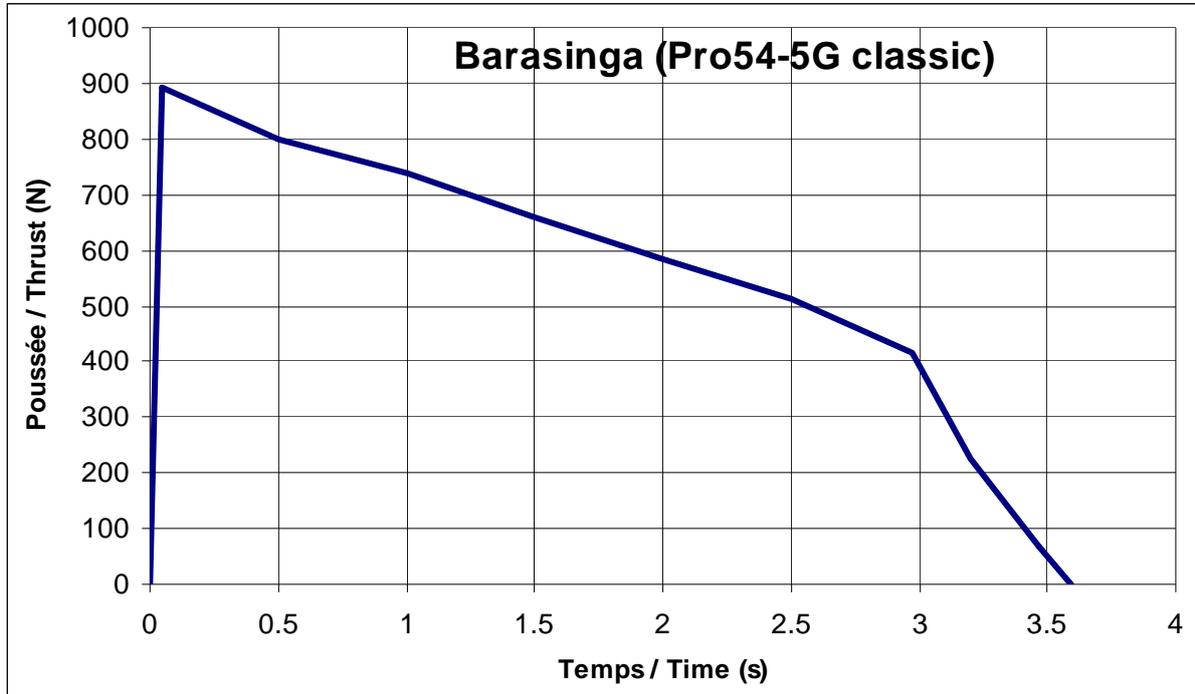
Caractéristiques

Description	Valeur	Unité
Masse totale	1.685	kg
Masse après combustion ⁵	0.652	kg
Masse de propergol	0.990	kg
Position du centre de gravité ⁶ plein	250	mm
Position du centre de gravité ⁶ vide	240	mm
Longueur totale	488	mm
Diamètre nominal enveloppe métallique	54.0	mm
Diamètre maximal enveloppe métallique	54.5	mm
Poussée Maximale	893	N
Poussée moyenne	574	N
Impulsion totale	2063	N.s
Temps de combustion	3.59	s
Impulsion Spécifique	212.5	s

⁵ Une partie des protections thermiques et de la tuyère se consomment par érosion.

⁶ Mesuré à partir du sommet du propulseur (voir dessin avec cotes).

Courbe de poussée

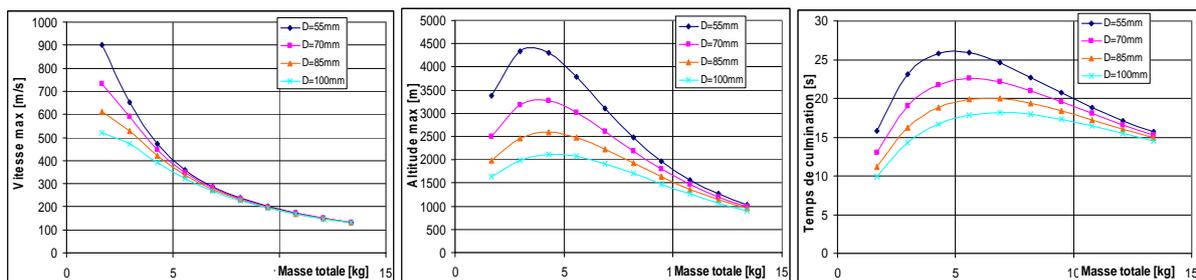


Points de poussée pour les logiciels de calcul de trajectoire :

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

Ces données proviennent du fichier www.pro38.com/rasp/proxx.eng (Juin 2006).

Performances



Dimensions

Remarque : dans le cadre des campagnes CNES / Planète Sciences, la charge d'éjection (située dans la partie haute) n'est pas activée.



Dimensions en millimètres

PRO75-3G

Présentation

Le Pro75-3G est issu du « Pro75-3G classic » de la société *Cesaroni Technology Incorporated* (CTI).

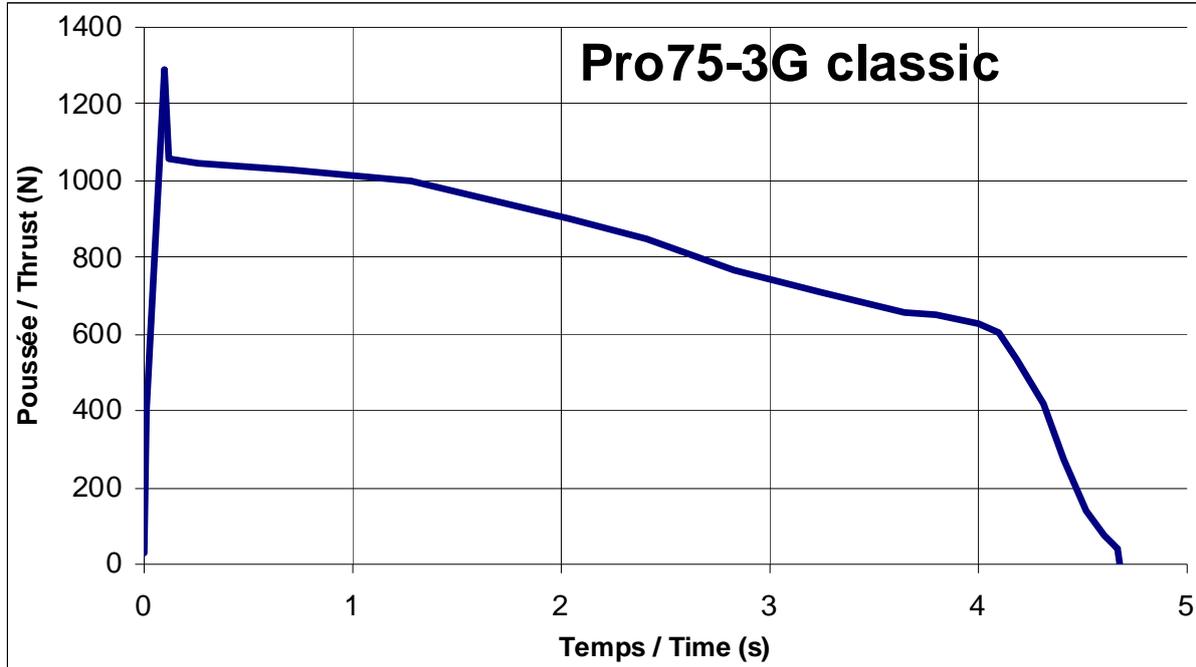
Ce moteur n'est actuellement pas qualifié pour une utilisation récurrente par les clubs. Se renseigner auprès de Planète Sciences.

Caractéristiques

Description	Valeur	Unité
Masse totale	3.511	kg
Masse après combustion	1.638	kg
Masse de propergol	1.795	kg
Position du centre de gravité ⁹ plein	250 ?	mm
Position du centre de gravité ⁹ vide	240 ?	mm
Longueur principale	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

⁹ Mesuré à partir du sommet du propulseur (voir dessin avec cotes).

Courbe de poussée

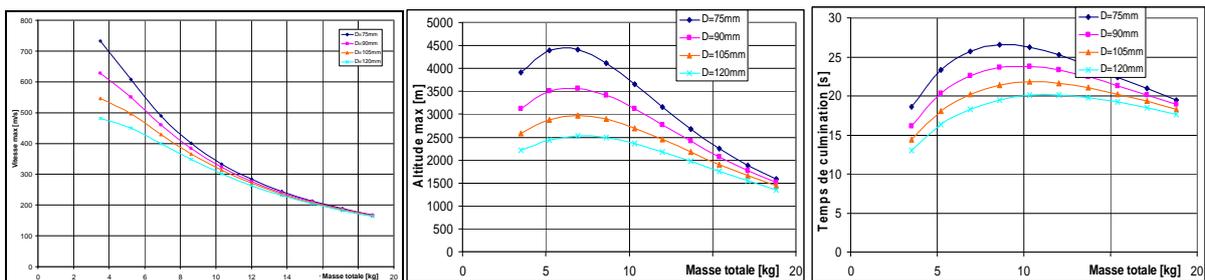


Points de poussée pour les logiciels de calcul de trajectoire :

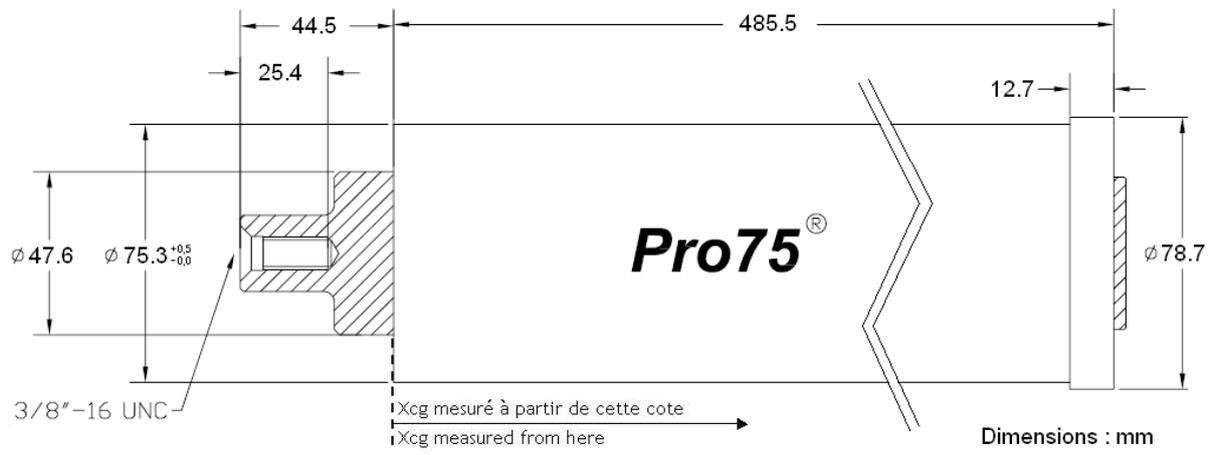
Temps (s)	0	0	0.01	0.1	0.12	0.26	0.71	1.28	2.05	2.41	2.83	3.25
Poussée (N)	0	27	402	1286	1057	1042	1027	998	901	850	764	707
Temps (s)	3.65	3.8	4.00	4.1	4.19	4.31	4.41	4.52	4.6	4.65	4.67	4.68
Poussée (N)	655	652	624	601	536	416	270	140	77	55	40	0

Ces données proviennent du fichier www.pro38.com/rasp/proxx.eng (Juin 2006).

Performances



Dimensions



HISTORIQUE

La politique moteur du CNES a été lancée en 1973. Elle avait pour but d'offrir aux clubs 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, Mire*), à savoir :

- une gamme de moteurs 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-...) sont fabriqués par la société *Lacroix* suite à un appel d'offre du CNES.

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* est entré en usage lors de nos campagnes sous le nom de *Barasinga*.

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.

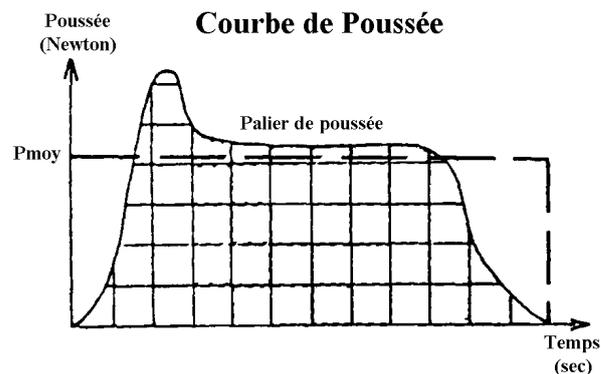
LE LANGAGE DU PYROTECHNICIEN

Courbe de poussée

L'IMPULSION SPECIFIQUE (ISP, s) est un paramètre qui détermine la performance d'un moteur. C'est l'impulsion donnée par 1kg de propergol pendant 1s. $ISP = \text{Poussée} / (g \times \dot{m})$ avec \dot{m} le débit massique et g la constante de la gravité.

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

L'IMPULSION TOTALE (I_t , N.s) 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.



LA POUSSÉE MOYENNE (P_{moy} , N) 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 : $P_{moy} = I_t / t$

Personnes

L'ARTIFICIER est une personne qui possède la qualification professionnelle requise pour mettre en œuvre ou fabriquer des matières et objets explosifs.

LE PYROTECHNICIEN est un spécialiste qui conçoit, fabrique ou utilise les matières explosives ou les systèmes pyrotechniques qui les contiennent

Allumage

L'INITIATEUR est un terme général désignant un composant permettant de déclencher un phénomène pyrotechnique (détonation, déflagration ou combustion).

Exemples : initiateur électrique à fil chaud de Davey Bickford type SA2001 pour minifusées ou SA2351 pour FUSEX.

L'INFLAMMATEUR est un type particulier d'initiateur produisant une flamme et donc apte à entraîner la combustion.

Propergols

LE PROPERGOL est un produit comprenant un ou des composant(s), 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.

LE PROPERGOL COMPOSITE est un 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 Cariacou, Pro54 et Pro75

LE PROPERGOL HOMOGENE est un 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).

LE PROPERGOL SD est une 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

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

L'INHIBITEUR est un revêtement ou une substance ralentissant ou empêchant le déroulement de réactions chimiques indésirables, pour maîtriser son mode de combustion.

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 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 (E10)
F	40 à 80		
G	80 à 160		Cariacou (G150)
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	
...	...		

Fin du document