

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 709 488

②1 N° d'enregistrement national :

90 10645

⑤1 Int Cl⁶ : C 06 B 45/08 , C 06 D 5/00

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24.08.90.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 10.03.95 Bulletin 95/10.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : *HERCULES INCORPORATED — US.*

⑦2 Inventeur(s) : *Goleniewski John R. et Roberts James A.*

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : *Cabinet Plasseraud.*

⑤4 **Propergol solide à liant contenant un polyéther non cristallin et un plastifiant énergétique.**

⑤7 L'invention concerne une composition de propergol solide comprenant un oxydant, un combustible, un liant et au moins un autre additif.

Cette composition contient un liant comprenant, par rapport au poids de la composition de propergol totale:

(a) 3 à 12% d'un polyéther non cristallin ayant un poids moléculaire compris entre 1250 et 9000 et

(b) 1 à 12% d'un plastifiant énergétique ayant une chaleur d'explosion positive.

La composition de propergol selon l'invention est destinée en particulier aux intercepteurs sol-air ou sol-sol, aux moteurs tactiques air-sol ou air-air et aux accélérateurs spatiaux.

FR 2 709 488 - A1



PROPERGOL SOLIDE A LIANT CONTENANT UN POLYETHER NON
CRISTALLIN ET UN PLASTIFIANT ENERGETIQUE

5 La présente invention concerne des compositions de
propergol composite solide constituées par un oxydant, un
combustible, un liant et au moins un autre additif.

 Avant la présente invention, les propergols solides de
l'état de la technique pour les applications de la classe
10 1.3 du Ministère de la Défense des USA (Department of
Defense (DoD)) ou pour véhicules spatiaux habitables étaient
des propergols contenant un liant de polybutadiène à
terminaisons hydroxy inerte (HTPB). Ces formulations
contiennent en général 86 à 88% de solides et utilisent un
15 oxydant à base de perchlorate d'ammonium. Elles peuvent
aussi utiliser un plastifiant inerte tel que le sébaçate de
dioctyle (DOS) ou l'adipate de dioctyle (DOA), l'aluminium
comme combustible et des nitramines cycliques solides telles
que la cyclotétraméthylènetétranitramine (HMX) ou la
20 cyclotriméthylènetrinitramine (RDX). Les propergols à HTPB
sont intéressants car ils sont moins coûteux et plus sûrs à
utiliser que les propergols à double base qui sont de classe

1.1 DoD (explosibles dans la masse). Cependant, ils sont aussi moins énergétiques et par conséquent ont des performances inférieures à celles d'un propergol à double base ester nitrique-polyéther (NEPE) de l'état de la
5 technique.

Les propergols à HTPB ont aussi des conductivités électriques faibles (ou des résistivités élevées) qui les rendent susceptibles de rupture diélectrique catastrophique et d'autres dangers électrostatiques. On sait qu'une
10 décharge électrostatique est à l'origine d'incendies désastreux qui ont éclatés pendant le maniement et la fabrication de moteurs-fusées de l'art antérieur contenant un propergol à HTPB.

On considère aussi que les propergols contenant comme
15 liant le HTPB sont marginaux en ce qui concerne l'aptitude à la déformation à basse température. Une condition de déformation d'inflammation à froid (-31,67°C (-25°F)) d'au moins 40% est prévue pour les futurs missiles tactiques et stratégiques sol-sol et sol-air. Le propergol à HTPB qui
20 présente les meilleures performances (89% de solides) est seulement capable d'une déformation d'environ 40% dans ces conditions.

La présente invention concerne une composition de propergol solide conçue de façon spécifique pour surmonter
25 les inconvénients inhérents aux propergols composites à base de HTPB comme liant. La composition de propergol solide selon la présente invention comprend un oxydant, un combustible, un liant et au moins un additif choisi parmi un stabilisant, un additif de vitesse de combustion, un agent
30 de liaison, un décrassant et un catalyseur; le perfectionnement de ce propergol par rapport à l'art antérieur comprend l'utilisation d'un liant comprenant (par rapport au poids de la composition de propergol totale)

(a) d'environ 3 à environ 12% d'un polyéther non cristallin ayant un poids moléculaire d'environ 1250 à environ 9000 et

(b) d'environ 1 à environ 12% d'un plastifiant
5 énergétique tel que la n-butyl-2-nitratoéthylnitramine, l'éthyl-2-nitratoéthylnitramine, le dinitrate de triéthylèneglycol, le dinitrate de diéthylèneglycol et la nitroglycérine.

Le liant du propergol de la présente invention est
10 destiné à une nouvelle famille de propergols de classe 1.3 (DoD) qui utilisent la combinaison d'un plastifiant énergétique et d'un polyéther non cristallin ("segment mou"). Les propergols selon la présente invention sont utilisés pour les intercepteurs sol-sol ou sol-air, les
15 moteurs tactiques air-sol ou air-air et les accélérateurs spatiaux (moteurs-fusées à propergol solide (SRM)). D'autres utilisations du propergol selon la présente invention concernent la formulation de propergols stratégiques, tactiques, à fumée réduite et à minimum de fumée, et de
20 munitions insensibles.

Les plastifiants énergétiques sont définis comme étant des produits liquides ayant une chaleur d'explosion positive (HEX). La chaleur d'explosion est l'énergie libérée par la combustion du propergol ou de l'ingrédient dans une
25 atmosphère inerte (par exemple $20,26 \cdot 10^5$ Pa (20 atmosphères) d'azote) puis refroidissement à la température ambiante dans un volume déterminé. Des exemples de plastifiant énergétique sont la BuNENA (n-butyl-2-nitratoéthylnitramine) (HEX = +1083,9 J/g (+259,3 cal/g)), l'éthylNENA (éthyl-2-
30 nitratoéthylnitramine) (HEX = +3276,7 J/g (+783,9 cal/g)), le dinitrate de triéthylèneglycol (TEGDN) (HEX = +2524,7 J/g (+604,0 cal/g)), le dinitrate de diéthylèneglycol (DEGDN) (HEX = +4272,5 J/g (+1022,13 cal/g)), la nitroglycérine (HEX

= +7338,4 J/g (+1755,60 cal/g)) et d'autres esters nitriques liquides.

Des exemples de polyéthers non cristallins comprennent les copolymères statistiques de l'oxyde d'éthylène et du
5 tétrahydrofurane dont le poids moléculaire est compris entre 1250 et 2000 et d'une teneur en oxyde d'éthylène de 15 à 40% en poids. Ces polyéthers sont disponibles dans le commerce auprès de la société DuPont Inc. sous la dénomination Teracol[®] TE 2000 (poids moléculaire = 2000,
10 oxyde d'éthylène = 38% et tétrahydrofurane = 62%) et auprès de la société BASF Corporation sous la dénomination ER-1250/25 (poids moléculaire = 1250, oxyde d'éthylène = 25% et tétrahydrofurane = 75%).

Les polyéthers non cristallins selon la présente
15 invention sont suffisamment polaires pour recevoir les plastifiants énergétiques nécessaires en vue d'obtenir une impulsion spécifique (Isp) plus grande. Ces mêmes plastifiants ne sont pas miscibles avec le polymère de HTPB relativement non polaire. Par conséquent, on peut obtenir
20 des performances potentiellement plus élevées avec un propergol contenant une combinaison de polyéther non cristallin et de plastifiant énergétique (par rapport au propergol à HTPB de l'art antérieur).

Le polyéther non cristallin permet aussi de réaliser
25 la formulation de propergols avec des niveaux de plastifiant bien plus faibles (on a formulé avec succès des propergols ayant des rapports plastifiant à polymère de 0,3) que ceux d'un propergol préparé avec des polyéthers très cristallins tels que le polyéthylèneglycol (PEG) et le
30 polytétrahydrofurane (PTHF).

Les propergols selon la présente invention ont d'excellentes propriétés mécaniques aux basses températures. Les faibles niveaux de plastifiant que l'on peut atteindre avec les polyéthers non cristallins ont facilité la

formulation de propergols ayant de fortes charges en solides et des agents de liaison. On a préparé des compositions ayant des charges en solides atteignant 87%. Les charges élevées en solides que l'on peut obtenir avec ces liants ont permis d'améliorer les performances globales (c'est-à-dire l'impulsion volumétrique) des propergols en faisant croître la densité.

Inversement, il est possible aussi de faire décroître la charge en solides des propergols selon la présente invention à des valeurs aussi faibles que 74% en poids (par rapport à un propergol à HTPB) pour obtenir des propriétés mécaniques supérieures sans sacrifier les performances. Un propergol formulé avec le système de liant constitué par ER-1250/25 et BuNENA à 83% de solides présente non seulement une déformation d'inflammation à $-31,67^{\circ}\text{C}$ (-25°F) très supérieure à celle d'un propergol à HTPB à 88% de solides, mais aussi des performances supérieures.

Etant donné que les polyéthers non cristallins selon la présente invention reçoivent de faibles niveaux de plastifiants à haute énergie, la formulation des propergols de classe 1.3 (DoD) (pour véhicules spatiaux habitables) est également facilitée. On a formulé des propergols de classe 1.3 à interstice de carte zéro à hautes performances avec des plastifiants tels que la nitroglycérine et le dinitrate de triéthylèneglycol. Du point de vue historique, les propergols contenant ces plastifiants sont très explosibles (classe 1.1 (DoD)).

Les propergols contenant le liant comprenant un polyéther non cristallin et un plastifiant énergétique selon la présente invention sont aussi considérablement plus conducteurs que leurs équivalents à HTPB. Par conséquent, l'électricité statique est dissipée beaucoup plus rapidement avec ces formulations. De ce fait, la probabilité d'une rupture diélectrique catastrophique ou d'un quelconque autre

danger électrostatique est très réduite avec les propergols à polyéther selon la présente invention.

Les gammes générales concernant la composition des propergols selon la présente invention qui contiennent le polyéther non cristallin et le plastifiant énergétique sont indiquées dans le tableau I suivant:

Tableau I

Gammes générales de composition (% poids) pour un propergol contenant un polyéther non cristallin et un plastifiant énergétique			
10	Charge en solides	74	- 87%
	Polyéther non cristallin (poids moléculaire 1250-9000)	3	- 12%
	Plastifiant énergétique (par ex. TEGDN ou BuNENA)	1	- 12%
15	Agent de liaison (par ex. BHEGA ^a ou epoxy/amine ^b)	0	- 0,3%
	Isocyanate difonctionnel (agent de durcissement) (par ex. IPDI ^c , HDI ^d , DDI ^e)	0,5	- 2,0%
20	Isocyanate polyfonctionnel (agent de durcissement) (par ex. Desmodur [®] N100 et L2291A, disponibles commercialement auprès de Mobay)	0,1	- 0,8%
	Oxydant: nitrate d'ammonium	0	- 60%
	Oxydant: perchlorate d'ammonium	0	- 60%
	Décrassant: nitrate de sodium	0	- 60%
30	Oxydant divers (par ex. nitrate d'hydrazine, nitrate de lithium)	0	- 60%
	Nitramine cyclique (par ex. HMX ou RDX)	0	- 20%

Tableau I (suite)

	Combustible (par ex. Poudre de Al, de Mg et de Zr)	2	-	24%
5	Catalyseur de durcissement (par ex. triphénylbismuth, anhydride maléique et tris- para-éthoxyphénylbismuth)	0	-	0,1%
	Stabilisant: ester nitrique (par ex. N-méthyl-p-nitro- aniline (MNA) et 2-nitro- diphénylamine (2-NDPA)	0,1	-	0,6%
10	Additif de vitesse de combustion (par ex. Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ et Cr ₂ O ₃)	0	-	4,0%
15	a-BHEGA = bis-hydroxyéthyl glycolamide, commercialisé par 3M sous la dénomination Dynamar [®] HX-880 b-Epoxy-amine = 0,06% de DER 331 (résine époxy de bisphénol A) et 0,04% de triéthylènetétramine (durcisseur)			
20	c-IPDI = diisocyanate d'isophorone e-DDI = diisocyanate de diméryle (curatif difonctionnel)			

25 Dans la mesure où la composition de propergol selon la présente invention est mélangée pendant une durée raisonnable, il n'existe pas d'ordre particulier pour mélanger les constituants.

30 Les exemples non limitatifs suivants illustrent la composition de propergol selon des modes de réalisation spécifiques du propergol et des données comparatives avec des compositions semblables de l'art antérieur. Sauf indication contraire, les parties et pourcentages sont en poids.

Exemple 1

Une formulation de propergol "propre" (pas d'acide chlorhydrique dans les gaz dégagés) (oxydant: perchlorate

d'ammonium/ déccrassant: nitrate de sodium) pour moteur-fusée à propergol solide (SRM) ou accélérateur spatial de grande taille présente la composition montrée dans le tableau II ci-dessous. Cette formulation contient le polyéther non cristallin ER-1250 et le plastifiant énergétique BuNENA. Les propriétés de cette formulation sont comparées à celles d'un propergol à HTPB à 88% de solides (contenant également du perchlorate d'ammonium comme oxydant et du nitrate de sodium comme déccrassant) dans le tableau III ci-dessous. Les performances du propergol qui contient le polyéther sont sensiblement supérieures (Isp +4,0 s, densité +0,0277 g/cm³ (+ 0,001 lb/in³)) à celles de son équivalent à HTPB à 88% de solides. La formulation contenant le polyéther et la formulation contenant à HTPB propre sont l'une et l'autre de classe 1.3 dans la classification DOT des dangers (cartes zéro-interstice de carte NOL (Naval Ordinance Lab.)). Cependant, le propergol à BuNENA a une conductivité qui est supérieure de cinq ordres de grandeur (résistivité volumique inférieure de cinq ordres de grandeur), ce qui le rend bien moins sensible à l'inflammation par décharge électrostatique (ESD) (rupture diélectrique catastrophique) que le propergol à HTPB. Les propriétés mécaniques du propergol propre à BuENA sont supérieures comme le montre le tableau II, en particulier la déformation d'inflammation à 4,44°C (40°F).

25 Tableau II

<u>Exemple</u>	Pourcentages (en poids)				
	1	2	3	4	5
<u>Constituants</u>					
ER-1250/25	6,649	6,649			
30 TERACOL TE			6,042	8,801	5,946
BuNENA	8,5		8,5	8,0	8,5
TEGDN		8,5			
MNA	0,1	0,1	0,4	0,2	0,4
BHEGA	0,1	0,1			

Tableau II (suite)

	IPDI	1,240	1,240			
	N100	0,311	0,311	0,589	0,687	0,348
	Triphénylbismuth	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
5	Anhydride maléique	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Perchlorate d'ammonium	35,1	35,1	51,5	51,0	60,0
	Nitrate de sodium	25,4	25,4			
	Poudre d'aluminium	22,5	22,5	21,5	19,0	23,0
10	Epoxy-amine (agent de liaison)			0,10	0,10	0,10
	DDI		1,269	2,112	1,606	
	RDX			10,0	10,0	

Tableau III

15	Propriétés des propergols "propres" pour SRM à ER-1250/BuNENA (83% de solides) et à HTPB/DOS (88% de solides)		
		HTPB/DOS	ER-1250/BuNENA
		(88% de solides)	(83% de solides)
		(art antérieur)	

20 PerformancesI°sps^a

[N(lb(force))

xs/kg

(lb(masse))]

243,0

247,0

25 Densité

g/cm³

1,854

1,882

(lb/in³)

0,067

0,068

OMOX^b

1,26

1,25

30

Tableau III (suite)Propriétésmécaniques

5	5,1 cm/min (2 in/min (ipm)); 25°C (77°F) δm,		
	kPa	800	924
10	psi	116	134
	εm, %	31	37
	E,		
	kPa	3682	3578
	psi	534	519
15	254 cm/min (100 ipm); 4,44°C (40°F); 6,9 MPa (1000 psi)		
20	εm, %	40	73
	<u>Sécurité</u>		
	Test d'interstice de carte NOL (N° de cartes)	0	0
25	Diamètre critique	>7,62 cm (>3 pouces)	>7,62 cm (>3 pouces)
	Résistivité volumique (ohm-cm)	10 ¹³	10 ⁸
30	a-I°sps est l'impulsion spécifique théorique au niveau de la mer. b-OMOX, dans une formulation de propergol, est défini comme étant le rapport des moles d'oxygène à la somme des moles de carbone plus 1,5 fois les moles d'aluminium:		

OMOX = moles O_2 / (moles C + 1,5 moles Al); ce paramètre est largement utilisé pour établir des corrélations concernant les performances des propergols pour fusée.

c-Toutes les propriétés mécaniques ont été obtenues à l'aide
5 de machines d'essais telles que les machines Instron® ou Terratek®.

Exemple 2

Un second propergol "propre" pour accélérateur spatial selon la présente invention contient le polyéther non
10 cristallin ER-1250 et un plastifiant énergétique constitué par du dinitrate de triéthylèneglycol (TEGDN). La composition de cette formulation est présentée dans le tableau II. Les propriétés de ce propergol sont comparées de nouveau à celles d'un propergol à HTPB à 88% de solides à
15 déccassant (tableau IV ci-dessous). Les performances du propergol qui contient la combinaison polyéther non cristallin/TEGDN sont sensiblement supérieures (Isp + 1,7 s, densité +0,0554 g/cm³ (+ 0,002 lb/in³)) à celles de son équivalent à HTPB. Les formulations de propergol propre
20 contenant l'une le polyéther et l'autre le HTPB sont en classe 1.3 dans la classification DOT des dangers (essai d'interstice de carte NOL (Naval Ordinance Lab.)-cartes zéro). Cependant, le propergol contenant le polyéther est de nouveau plus conducteur de cinq ordres de grandeur, ce qui
25 le rend moins susceptible d'inflammation ESD. Les propriétés mécaniques du propergol propre à polyéther/TEGDN sont de nouveau supérieures comme le montre le tableau IV, en particulier la déformation d'inflammation à 4,44°C (40°F) (254 cm/min (100 ipm); 6,9 MPa (1000 psi)).

30

Tableau IV

Propriétés des propergols "propres" pour SRM à ER-1250/TEGDN
(83% de solides) et à HTPB/DOS (88% de solides)

	HTPB/DOS (88% de solides) (art antérieur)	ER-1250/TEGDN (83% de solides)	
5			
	<u>Performances</u>		
	I°sps		
	[N(lb(f))x		
10	s/kg(lb(m))]	243,0	244,7
	Densité		
	g/cm ³		
	(lb/in ³)		
	1,854	1,910	
	0,067	0,069	
	1,26	1,32	
15	<u>Propriétés</u>		
	<u>mécaniques</u>		
	5,1 cm/min		
	(2 in/min (ipm));		
20	25°C (77°F)		
	δm,		
	kPa	800	931
	psi	116	135
	εm, %	31	46
25	E,		
	kPa	5284	3234
	psi	534	469
	254 cm/min		
30	(100 ipm);		
	4,44°C (40°F);		
	6,9 MPa (1000 psi)		
	εm, %	40	82

Tableau IV (suite)Sécurité

Test d'interstice
de carte NOL

5	(N° des cartes)	0	0
	Diamètre critique	7,62 cm (3 pouces)	7,62 cm (3 pouces)
	Résistivité volumique	10^{13}	10^8
10	(ohm-cm)		

Exemple 3

Un propergol à 83% de solides formulé pour un intercepteur sol-air ou sol-sol contient le polyéther non cristallin Teracol[®] TE et un plastifiant énergétique constitué par de la BuNENA (voir le tableau II pour la composition exacte). Cette formulation a des performances supérieures (Isp + 0,4 s) à celles d'un propergol à HTPB de l'art antérieur (89% de solides, 16% de HMX) développé pour la même application (voir tableau V). L'allongement du propergol à BuNENA à -31,67°C (-25°F) à grande vitesse de déformation (vitesse de la traverse: 254 cm/min (100 in/min)) et à 6,9 MPa (1000 psi) est de 61%. Cet allongement est bien supérieur à la valeur de 40% mesurée sur la formulation contenant HTPB. La déformation thermique à basse température (vitesse de la traverse: 5,1 cm/min (2 in/min) à -31,67°C (-25°F) est également supérieure pour le propergol à BuNENA (55% contre 30%). Bien que ces deux propergols soient destinés à des véhicules spatiaux habitables (classe 1.3 (DoD), interstice de carte zéro), le propergol à polyéther non cristallin/BuNENA est bien plus conducteur (résistivité volumique plus faible), ce qui le rend moins susceptible d'inflammation ESD.

Tableau V

Propriétés des propergols pour intercepteurs à HTPB (89% de solides) et à Teracol TE/BuNENA (83% de solides)

	HTPB/DOS (89% de solides, 16% de HMX)	Teracol TE/BuNENA (83% de solides, 10% de RDX)
5		
	<u>Performances</u>	
	I°sps	
	[N(lb(f))xs/ kg(lb(m))]	
10	265,8	266,2
	Densité	
	g/cm ³	
	(lb/in ³)	
	1,799	1,799
	0,065	0,065
	OMOX	
	1,17	1,16
15	<u>Propriétés mécaniques</u>	
	5,1 cm/min (2 in/min (ipm));	
20	25°C (77°F)	
	δ_m	
	kPa	751
	psi	586
	ϵ_m %	109
		85
		29
		27
25	E,	
	kPa	4606
	psi	4454
		668
		646
30		

Tableau V (suite)

	5,1 cm/min (2 ipm); -31,67°C (-25°F)		
5	δ_m		
	kPa	1510	1379
	psi	219	200
	ϵ_m , %	30	55
10	E,		
	kPa	11715	7860
	psi	1699	1140
	254 cm/min (100 ipm); -31,67°C (-25°F); 6,9 MPa (1000 psi)		
15	ϵ_m , %	40	61
20	<u>Sécurité</u> Test d'interstice de carte NOL (N° de cartes)	0	0
25	Résistivité volumique (ohm-cm)	10^{13}	10^8

Exemple 4

30 Une formulation contenant Teracol[®] TE et BuNENA a été préparée à 80% de solides pour un propergol pour intercepteur à vitesse de combustion ultra-faible. La composition exacte de ce propergol est indiquée dans le tableau II. Cette formulation a des performances supérieures (Isp + 1,5 s) à celles d'un propergol à HTPB de l'art

antérieur (87% de solides, 4% de HMX) développé pour la même application (voir tableau VI). On a noté aussi que ce propergol présentait une conductivité améliorée (résistivité volumique plus faible) et des propriétés mécaniques à basse température améliorées (déformation thermique et d'inflammation à $-31,67^{\circ}\text{C}$ (-25°F)) par rapport à son équivalent à HTPB.

Tableau VI

Propriétés des propergols pour intercepteur à HTPB (87% de solides) et à Teracol TE/BuNENA (80% de solides)

	HTPB/DOS (87% de solides, 4% de HMX)	Teracol TE/BuNENA (80% de solides, 10% de RDX)
--	--------------------------------------------	------------------------------------------------------

Performances

15	I°sps [N(lb(f))x s/kg(lb(m))]	264,1	265,6
	Densité g/cm ³ (lb/in ³)	1,771 0,064	1,771 0,064
20	OMOX	1,17	1,15

Propriétés
mécaniques

25	5,1 cm/min (2 in/min (ipm)); 25°C (77°F) δ_m , kPa	283	482
30	psi ϵ_m , % E, kPa psi	41 27 1627 236	70 21 3868 561

Tableau VI (suite)

	5,1 cm/min	
	(2 ipm);	
	-31,67°C (-25°F)	
5	δ_m ,	
	kPa	538 1213
	psi	78 176
	ϵ_m , %	37 44
10	E,	
	kPa	5199 7143
	psi	754 1036
	254 cm/min	
15	(100 ipm);	
	-31,67°C (-25°F);	
	6,9 MPa (1000 psi)	
	ϵ_m , %	49 67
20	<u>Sécurité</u>	
	Test d'interstice	
	de carte NOL	
	(N° de cartes)	0* 0*
25	Résistivité	
	volumique	10^{13} * 10^8 *
	(ohm-cm)	

* Valeurs estimées à partir de propergols semblables.

Exemple 5

30 On a également formulé un propergol à 83% de solides en vue d'une utilisation dans un moteur tactique air-air ou air-sol. Cette formulation contenait du polyéther non cristallin Teracol TE et un plastifiant énergétique constitué par de la BuNENA, mais pas de nitramine solide

(HMX ou RDX). La composition exacte de ce propergol est indiquée dans le tableau II. Cette formulation a des performances supérieures (Isp +0,9 s), des propriétés mécaniques comparables, sinon meilleures, et une

5 conductivité plus élevée qu'un propergol à HTPB à 89% de solides (dépourvu de HMX et de RDX) formulé pour la même application (voir tableau VII).

Tableau VII

Propriétés des propergols pour missile air-air ou air-sol à

10 HTPB (89% de solides) et à Teracol TE/BuNENA (83% de solides)

	HTPB/DOS (89% de solides)	Teracol TE/BuNENA (83% de solides)
<u>Performances</u>		
15 I°sps [N(lb(f))x s/kg(lb(m))]	263,5	264,4
Densité g/cm ³	1,827	1,827
20 (lb/in ³)	0,066	0,066
OMOX	1,23	1,20
<u>Propriétés mécaniques</u>		
25 5,1 cm/min (2 in/min (ipm)); 25°C (77°F)		
δ_m , kPa	586	1000
30 psi	85	145
ϵ_m , %	35	45
E , kPa	2889	2972
psi	419	431

Tableau VII (suite)

	254 cm/min (100 ipm); -31,67°C (-25°F);		
5	6,9 MPa (1000 psi)		
	$\epsilon_m, \%$	49	58
	254 cm/min (100 ipm); -42,8°C (-45°F);		
10	6,9 MPa (1000 psi)		
	$\epsilon_m, \%$	37	40
	254 cm/min (100 ipm); -53,9°C (-65°F);		
15	6,9 MPa (1000 psi)		
	$\epsilon_m, \%$	16	18
20	<u>Sécurité</u> Test d'interstice de carte NOL (N° de cartes)	0*	0*
25	Résistivité volumique (ohm-cm)	10^{13} *	10^8 *

* Valeurs estimées à partir de propergols semblables.

REVENDICATIONS

1. Composition de propergol solide comprenant un oxydant, un combustible, un liant et au moins un additif
5 choisi parmi un stabilisant, un agent de liaison, un additif de vitesse de combustion, un déccrassant et un catalyseur, caractérisée en ce que le liant comprend, par rapport au poids de la composition de propergol totale:
- (a) 3 à 12% d'un polyéther non cristallin ayant un
10 poids moléculaire compris entre 1250 et 9000 et
- (b) 1 à 12% d'un plastifiant énergétique ayant une chaleur d'explosion positive.
2. Composition de propergol solide selon la revendication 1, caractérisée en ce que le polyéther non
15 cristallin est choisi parmi les copolymères statistiques de l'oxyde d'éthylène et du tétrahydrofuranne.
3. Composition selon la revendication 2, caractérisée en ce que le copolymère statistique a une teneur en oxyde d'éthylène de 15 à 40% et un poids moléculaire de 1000 à
20 3000.
4. Composition de propergol solide selon la revendication 1, caractérisée en ce que le plastifiant énergétique est choisi parmi la n-butyl-2-nitratoéthylnitramine, l'éthyl-2-nitratoéthylnitramine, le
25 dinitrate de triéthylèneglycol, le dinitrate de diéthylèneglycol et la nitroglycérine.
5. Composition selon la revendication 2, caractérisée en ce que le combustible est choisi parmi les poudres d'aluminium, de magnésium et de zirconium.