

COMPOSITION EXPLOSIVE FUSIBLE/COULABLE ET A VULNERABILITE REDUITE

Le domaine technique de l'invention est celui des
5 compositions explosives fusibles/coulables et à vulnérabilité réduite.

La définition de munitions à vulnérabilité réduite, souvent désignées en français par l'acronyme MURAT (Munitions à Risques ATTénués), est aujourd'hui une préoccupation
10 majeure des développeurs.

Ces munitions doivent avoir une vulnérabilité aux agressions extérieures qui est fortement atténuée voire nulle. Les épreuves de vulnérabilité sont définies par exemple par les modes opératoires décrits par les normes
15 AFNOR NFT 70510 à 70515 ou par les épreuves ONU 7d)i (impact de balle), 7e) (tenue à l'incendie), 7f) (échauffement lent), 7g), 7h), 7j) et 7k).

Cette vulnérabilité réduite est obtenue essentiellement par l'emploi d'une composition explosive à vulnérabilité
20 réduite.

On a déjà proposé des compositions explosives à vulnérabilité réduite qui peuvent être mises en œuvre par coulée. Le brevet EP814069 décrit ainsi un certain nombre de compositions associant une partie fusible et une partie
25 solide. La partie fusible comprend essentiellement un aromatique nitré tel que le Trinitrotoluène (TNT) qui est associé à un flegmatisant tel que la cire.

La partie solide comporte généralement de l'oxynitro-triazole (ONTA) qui est un explosif en grains dont la
30 vulnérabilité est réduite. L'ONTA est plus particulièrement décrit par le brevet EP-210881.

Il est connu d'associer à l'ONTA de la poudre d'aluminium, pour accroître l'effet de souffle, et également un autre explosif solide en grains pour accroître les
35 performances détoniques de la composition.

Il est ainsi classique d'associer à l'ONTA de l'Hexogène (RDX) ou de l'Octogène (HMX).

Cependant, augmenter la masse d'Hexogène ou d'Octogène se fait au détriment de l'insensibilité de la composition explosive qui est obtenue.

On connaît par ailleurs un Hexogène (RDX) à sensibilité
5 réduite qui est obtenu par un procédé de cristallisation particulier. Cet Hexogène insensible (connu commercialement sous la marque i-RDX déposée par Eurenco ou sous l'appellation RS-RDX) est notamment décrit par les brevets FR2887544 et FR2917169.

10 Il est tentant de mettre en œuvre un tel Hexogène en combinaison avec l'ONTA pour réaliser des compositions explosives à sensibilité réduite et dans lesquelles la proportion d'Hexogène et les performances détoniques seraient augmentées.

15 Cependant une telle substitution n'apporte pas a priori les avantages attendus.

On a ainsi réalisé des compositions dans lesquelles on a associé 40% en masse de Trinitrotoluène et 60% en masse d'Hexogène insensible (fournis par différentes sources). On a
20 mesuré les valeurs de pression d'impact ainsi que les nombres de cartes perforées (test suivant Norme AFNOR NFT 70-502 "Amorçage de la détonation à travers une barrière").

Conformément à ce test de sensibilité, l'amorçage se fait au travers de cartes écrans. Le nombre de cartes qui est
25 donné est le nombre minimum nécessaire pour arrêter l'amorçage donc pour ne pas initier un explosif à tester. Concrètement un explosif dit insensible n'est pas initié au travers d'environ 140 cartes. Les explosifs classiques nécessitent plus de 200 cartes.

30 On a ensuite comparé ces résultats avec ceux obtenus pour une composition associant Hexogène classique (ou RDX non insensible) et TNT dans les mêmes proportions.

Le tableau 1 ci dessous explicite les résultats obtenus :

Tableau 1

Compositions explosives	Nombre de cartes	Pression d'impact (Giga Pascals)
TNT 40% / RDX insensible 60% (fournisseur A)	234	1,7
TNT 40% / RDX insensible 60% (fournisseur B)	234	1,7
TNT 40%/RDX non insensible 60%	235	1,7

On constate donc que la simple substitution d'un RDX insensible au RDX classique ne modifie pas la sensibilité d'une composition associant TNT et RDX.

En effet, le nombre de cartes perforées reste sensiblement le même. L'utilisation d'un RDX de qualité insensible n'apporte donc pas d'amélioration de l'insensibilité dans les compositions coulées fondues à base TNT. Ces conclusions ont été présentées lors d'un Technical Meeting du NIMIC sur le RDX insensible (présentation "Australian Reduced Sensitivity RDX and its use in polymer Bonded Explosives" faite à MEPPEN (Allemagne) les 17-20/11/2003 (B.L. Hamshere, I.J. Locchert, F. Mark - Australian Gouvernement, DoD).

L'invention a pour but de proposer une composition explosive fusible/coulable à vulnérabilité réduite et dans laquelle la proportion d'Hexogène (RDX) est augmentée par rapport à la proportion d'oxynitrotriazole (ONTA) (ce qui augmente les performances détoniques) mais sans pour autant diminuer l'insensibilité de la composition ainsi obtenue.

Ainsi l'invention a pour objet une composition explosive fusible/coulable et à vulnérabilité réduite, et comportant, d'une part une partie fusible formée d'au moins un explosif fusible, et d'autre part une partie solide comportant de l'oxynitrotriazole (ONTA) et de l'Hexogène (RDX), composition qui est caractérisée en ce que l'Hexogène est un Hexogène à sensibilité réduite, la granulométrie de l'Hexogène insensible étant comprise entre 315 micromètres et 800

micromètres, tandis que la granulométrie de l'ONTA est comprise entre 200 micromètres et 400 micromètres, l'ONTA ayant par ailleurs une densité apparente supérieure ou égale à 0,95 g/cm³.

5 Selon différents modes de réalisation de l'invention, l'explosif fusible pourra être choisi parmi les composés suivants : Trinitrotoluène, 2,4,6-Trinitro-N-Méthyl Aniline, 2,4,6-Trinitro-3-méthylphénol, 3-Amino-Trinitrotoluène, 2,4,6-Trinitro-Aniline, 1,3,8-TriNitroNaphtalène et son
10 mélange d'isomères fusible à 115°C, 2,4-dinitroanisole (DNAN).

La partie fusible constituera avantageusement entre 30% et 40% de la masse totale de la composition.

La partie solide pourra ainsi associer :

- 15 - 15% à 35% en masse d'oxynitrotriazole,
- 24% à 50% en masse d'Hexogène insensible et
- 0 à 25% en masse d'aluminium,

les pourcentages en masse étant ici rapportés à la masse totale de la partie solide.

20 Plus précisément on pourra réaliser une composition explosive ayant la composition suivante :

- 15% à 30% en masse d'oxynitrotriazole,
- 15% à 30% en masse d'Hexogène insensible,
- 0 à 15% en masse d'aluminium,
25 - 20% à 33% en masse de trinitrotoluène,
- 7% à 10% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de coulée, les pourcentages en masse étant ici rapportés à la masse totale de la composition.

L'invention va être décrite en référence aux figures
30 annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une photographie de grains d'un ONTA de type 1 (densité apparente supérieure à 0,95 g/cm³), et
- la figure 2 est une photographie de grains d'un ONTA de type 2 (densité apparente inférieure à 0,95 g/cm³).

35 Les travaux réalisés par les inventeurs les ont conduit tout d'abord à choisir une granulométrie de l'hexogène à sensibilité réduite relativement forte (315 à 800 micromètres).

Or les différentes études réalisées sur le sujet (par l'Institut Saint Louis - ISL par exemple) indiquent que l'emploi de granulométries d'hexogène insensible faibles (le plus souvent c'est la coupe granulométrique 0 à 100 micromètres qui est conseillée) permet d'obtenir les meilleurs résultats en terme d'insensibilité. Cette recommandation est basée sur le fait qu'il est reconnu que les granulométries faibles pour le RDX sont moins sensibles en raison du nombre de défauts cristallins moindre qu'elles présentent.

Les inventeurs ont cependant choisi une granulométrie plus forte (donc a priori moins appropriée) car son association avec la coupe granulométrique 200 à 400 micromètres pour l'ONTA conduit à une porosité moindre pour le mélange granulaire ONTA/RDX/Aluminium et également pour la composition explosive qui est ensuite réalisée après coulée du TNT.

Le tableau 2 ci dessous permet de comparer les porosités relatives de différentes associations de granulométries :

Tableau 2

Type d'ONTA	Granulométrie ONTA (micromètres)	Granulométrie RDX insensible (micromètres)	Granulométrie Aluminium (micromètres)	Porosité du mélange granulaire (%)
Type 1	200 à 400	315 à 800	43	9,3
Type 1	200 à 400	75 à 300	43	15,2
Type 1	200 à 400	0 à 200	43	22,9
Type 1	200 à 400	0 à 100	43	34,2
Type 2	200 à 400	315 à 800	43	24,3
Type 2	200 à 400	75 à 300	43	26,8
Type 2	200 à 400	0 à 200	43	30,3
Type 2	200 à 400	0 à 100	43	35,2

On a pour chaque essai associé 48% en masse d'ONTA à 22% en masse d'aluminium et 30% en masse de RDX insensible.

- 5 Deux types d'ONTA ont été essayés qui diffèrent par la morphologie de leurs grains. L'ONTA de type 1 est un ONTA comprenant des grains arrondis, sphéroïdaux comportant assez peu d'irrégularités de surface.

L'ONTA de type 2 est un ONTA dont les grains sont de
10 forme extérieure plus irrégulière.

La figure 1 montre une photographie de grains d'un ONTA de type 1. La figure 2 montre une photographie de grains d'un ONTA de type 2. Ces photographies ont été prises au microscope électronique à balayage.

- 15 Outre l'aspect extérieur des grains (arrondi pour le type 1 et irrégulier pour le type 2) on distingue aisément un ONTA

de l'autre par la valeur de leur densité apparente ρ_b . Cette densité (exprimée en grammes par centimètres cube) est calculée en faisant le rapport de la masse de matériau non compacté contenue dans un volume donné (volume qui inclut
5 donc les espaces intersticiels entre les grains).

Cette densité apparente diffère de la densité vraie qui est celle du matériau lui même et qui ne diffère pratiquement pas d'un type d'ONTA à l'autre. La densité vraie de l'ONTA est de l'ordre de 1,9 g/cm³. La densité apparente ρ_b de
10 l'ONTA de Type 1 testé est supérieure à 0,95 g/cm³ (selon les échantillons testés, cette densité apparente était comprise entre 0,95 g/cm³ et 1 g/cm³).

La densité apparente ρ_b de l'ONTA de Type 2 testé est comprise entre 0,75 g/cm³ et 0,85 g/cm³.

15 Il est clair qu'une densité apparente forte conduit à une réduction de la porosité du mélange de poudres.

On constate donc sur le tableau 2 que c'est l'association RDX insensible 315-800 micromètres avec l'ONTA de type 1 et de granulométrie 200-400 micromètres qui conduit à une
20 porosité minimale (environ 9%) pour le mélange granulaire.

On constate aussi dans le Tableau 2, et pour une coupe granulométrique donnée, que la porosité est plus faible lorsque l'ONTA choisi est de type 1, c'est à dire lorsqu'il présente des grains arrondis (densité apparente de cet ONTA
25 comprise entre 0,95 et 1 g/cm³). Toute autre valeur de densité apparente ρ_b de l'ONTA supérieure à 1 permettrait de réduire le pourcentage de porosité (le maximum théorique étant la densité réelle de 1,9 g/cm³).

C'est cette diminution de la porosité de la phase
30 granulaire qui permet de réduire aussi la porosité de la composition obtenue après coulée de TNT. La diminution de la porosité de la composition coulée réduira sa sensibilité aux chocs (solllicitations par points chauds lors de la compression des zones intergranulaires).

35 Les inventeurs ont donc cherché à associer des coupes granulométriques de l'oxynitrotriazole (présentant les grains les plus arrondis) et de l'Hexogène insensible qui permettent de diminuer cette porosité. L'optimisation des coupes

granulométriques mises en œuvre ainsi que le choix d'un ONTA à forte densité apparente ont permis d'obtenir une compacité de la phase granulaire optimale.

Le résultat a été une diminution de la sensibilité de la composition tout en ayant un taux d'Hexogène renforcé. Par ailleurs l'emploi d'un hexogène insensible de granulométrie relativement forte permet de faciliter la mise en œuvre (écoulement de la poudre plus facile). La porosité du mélange de grains sera choisie inférieure à 10% pour être assuré d'obtenir une porosité de composition inférieure à 0,5% après coulée de la TNT. En effet la porosité après coulée doit être très faible pour éviter les défauts extragranulaires qui peuvent générer des points chauds qui sensibilisent la composition. Le tableau 3 (page suivante) résume les essais comparatifs qui ont été conduits : Toutes les compositions testées associent une masse globale du mélange ONTA/RDX de 48% et une masse d'un mélange TNT/aluminium/additifs de coulée de 52%. La masse globale d'aluminium est comprise d'une façon classique entre 0 et 15% de l'ensemble de la composition, tandis que les additifs (flegmatisant tel que la cire, associé à un émulsifiant et éventuellement du graphite) représentent environ 7% en masse de la composition réalisée. On préférera une masse d'aluminium d'au moins 5% en masse ce qui permet de réduire encore la porosité avec un aluminium ayant une granulométrie moyenne d'environ 43 micromètres (tableau 2). Ce choix permet aussi d'augmenter la densité de la composition ainsi que sa conductivité thermique ce qui améliore sa tenue aux essais d'échauffement lent ou rapide. Les compositions ne diffèrent donc que par les pourcentages relatifs d'ONTA (type 1) 200-400 micromètres et de RDX insensible 315-800 micromètres.

On a fait figurer aux deux dernières lignes du tableau les performances d'une composition insensible sans RDX et celles d'une composition non insensible associant du TNT (50%) et du RDX non insensible (50%)

°	Compositions explosives	Por o-sité	Vitesse de détonation (mètres/sec onde)	Simulation échauffement rapide (temps avant réaction)	Simulati on échauffement lent (temps avant réaction)
	TNT+aluminium et additifs 52% ONTA 33%/ RDX insensible 15%	0,3 %	7075	89 secondes	51,3 heures
	TNT+aluminium et additifs 52% ONTA 29%/ RDX insensible 19%	0,3 %	7090	90,7 secondes	50,8 heures
	TNT+aluminium et additifs 52% ONTA 24%/ RDX insensible 24%	0,4 %	7177	89,2 secondes	50,2 heures
	TNT+aluminium et additifs 52% ONTA 21%/ RDX insensible 27%	0,3 %	7250	90,5 secondes	51 heures
	Composition Référence 1 TNT+aluminium et additifs 52% ONTA 48% (composition insensible sans RDX)	1,4 %	6960	85 secondes	50,4 heures
	Composition Référence 2 non insensible TNT 50% RDX non insensible 50%	2%	7640	Non réalisé	42 heures

Tableau 3

Les tests de simulation d'échauffements lent et rapide sont réalisés conformément aux normes AFNOR correspondantes. Les simulations sont réalisées avec les conditions expérimentales appliquées lors des essais réels (rampes de
5 températures définies dans la norme NFT 70-503 et rampes de flux thermiques définies dans la norme NFT 70-513).

On constate à la lecture du tableau 3 que les compositions à faible porosité obtenues (lignes 1 à 4) permettent d'obtenir le même niveau d'insensibilité qu'une
10 composition insensible de référence telle que la composition Référence 1 (ligne N° 5 du tableau 3). Elles présentent cependant un niveau détonique analogue à celui d'une composition explosive qui n'est pas insensible comme celle Référence 2 donnée ligne N°6 du tableau 3.

15 On pourra ainsi réaliser des compositions explosives dans lesquelles la partie solide associe :

15% à 30% en masse d'oxynitrotriazole,
24% à 50% en masse d'Hexogène insensible et
0 à 15% en masse d'aluminium.

20 Les pourcentages en masse étant rapportés à la masse totale de la partie solide.

Il est bien entendu possible de mettre en œuvre l'invention avec d'autres types d'explosifs fusibles que le trinitrotoluène (TNT).

25 On pourra ainsi utiliser les aromatiques nitrés listés dans le brevet EP814069 : 2,4,6-Trinitro-N-Méthyl Aniline, 2,4,6-Trinitro-3-méthylphénol, 3-Amino-Trinitrotoluène, 2,4,6-Trinitro-Aniline, 1,3,8-TriNitroNaphtalène et son mélange d'isomères fusible à 115°C, 2,4-dinitroanisole
30 (DNAN).

Tous ces explosifs présentent une stabilité chimique analogue à celle du TNT, ce qui permet de garantir un comportement aux essais de détonation par influence et d'impact de projectiles qui est proche de celui du TNT.

35 Il est bien entendu que dans la composition selon l'invention la partie fusible associe un explosif fusible et un flegmatisant approprié (tel une cire) dont la température de fusion sera choisie sensiblement égale à celle de

l'explosif (à plus ou moins 2°C près), la proportion de flegmatisant devra être choisie supérieure à 3% et de préférence de l'ordre de 25% de la masse de la partie fusible. La masse de flegmatisant sera ainsi de 7% à 10% en
5 masse pour une masse de partie fusible comprise entre 30% et 40% de la masse totale de la composition. Il est par ailleurs bien connu de l'Homme du Métier que le flegmatisant est associé à un ou plusieurs additifs de coulée tels que graphite et émulsifiant.

10 A titre d'exemple on a réalisé différentes compositions (déjà listées précédemment dans le tableau 3) et dont on a calculé le critère de sensibilité CS (exprimé en kilocalories au carré par mole).

Ce critère de sensibilité (CS) a déjà été décrit dans le
15 brevet EP814069. Il est dérivé des travaux conduits dans l'industrie chimique (critère C4 du Code thermodynamique CHETAH ASTM chemical Thermodynamic Energy Release Evaluation Program publié en novembre 1974 - Auteurs: MM Scaton, Freedman et Treweek). Il a été évalué dans le cadre de la
20 thèse de Maryse Vaullerin présentée à l'université d'Orléans en 1997 : "Etude de la vulnérabilité des molécules et formulations énergétiques".

Ce critère s'appuie sur le calcul des propriétés thermochimiques des différents constituants d'une composition
25 et notamment l'enthalpie et le nombre d'atome gramme. Il permet d'exprimer avec un bon degré de fiabilité le risque potentiel d'explosion thermique. Les travaux ont montré que pour qu'une composition explosive soit considérée comme non vulnérable aux principaux tests prévus par les normes (Afnor
30 NFT 70510 à 70515 ou épreuves ONU 7d)i à 7k)), le CS calculé devait être inférieur à 100. On notera que lorsque ce critère CS est inférieur à 100 la composition est toujours non vulnérable. Lorsque le critère CS est supérieur à 120 la composition est toujours vulnérable. Il existe par contre une
35 zone de transition lorsque le CS est compris entre 100 et 120, zone dans laquelle les compositions peuvent être non vulnérables, ce qui se vérifie par les essais. Toutes les

compositions proposées dans les exemples suivants ont un CS inférieur à 120 et elles sont non vulnérables.

Exemple 1 (tableau 3 ligne N°4)

- 5 - 21% en masse d'oxynitrotriazole,
 - 27% en masse d'Hexogène insensible,
 - 14% en masse d'aluminium,
 - 31% en masse de trinitrotoluène,
 - 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de
10 coulée.

Cette composition présente une vitesse de détonation de 7250 m/s et un critère de sensibilité Cs de 115 Kcal²/mol. Sa porosité est de 0,3%.

15 **Exemple 2 (tableau 3 ligne N°2)**

- 29% en masse d'oxynitrotriazole,
 19% en masse d'Hexogène insensible,
 14% en masse d'aluminium,
 31% en masse de trinitrotoluène,
20 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de coulée.

Cette composition présente une vitesse de détonation de 7090 m/s et un critère de sensibilité Cs de 108 Kcal²/mol. Sa porosité est de 0,3%.

25

Exemple 3 (tableau 3 ligne N°3)

- 24% en masse d'oxynitrotriazole,
 - 24% en masse d'Hexogène insensible,
 - 14% en masse d'aluminium,
30 - 31% en masse de trinitrotoluène,
 - 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de
coulée.

Cette composition présente une vitesse de détonation de 7177 m/s et un critère de sensibilité Cs de 112 Kcal²/mol. Sa
35 porosité est de 0,4%.

Exemple 4 (tableau 3 ligne N°1)

- 33% en masse d'oxynitrotriazole,

- 15% en masse d'Hexogène insensible,
 - 14% en masse d'aluminium,
 - 31% en masse de trinitrotoluène,
 - 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de
- 5 coulée.

Cette composition présente une vitesse de détonation de 7075 m/s et un critère de sensibilité Cs de 106 Kcal²/mol. Sa porosité est de 0,4%.

La composition explosive selon l'invention peut être mise
10 en œuvre pour le chargement de tous types de projectiles et de têtes militaires. On pourra ainsi utiliser cette composition pour charger les obus d'artillerie ou bien les corps de bombes ou de missiles.

Du point de vue du procédé de fabrication de cette
15 composition on réalisera :

- d'une part la fonte de l'explosif fusible dans lequel on aura incorporé le flegmatisant et les additifs,

- d'autre part le mélange des différents constituants de la partie solide (ONTA, Aluminium, Hexogène insensible).

20 On incorporera ensuite la partie solide dans la partie fusionnée en homogénéisant le mélange (dans une cuve équipée d'un mélangeur). La fusion et le mélange seront réalisés sous vide. La coulée dans le corps de munition sera aussi réalisée sous vide. Un équipement de coulée utilisable pour une telle
25 coulée sous vide est décrit par le brevet FR2923005.

REVENDICATIONS

1. Composition explosive fusible/coulable et à vulnérabilité réduite, et comportant d'une part une partie fusible formée d'au moins un explosif fusible et d'autre part
5 une partie solide comportant de l'oxynitrotriazole (ONTA) et de l'Hexogène (RDX), composition **caractérisée en ce que** l'Hexogène est un Hexogène à sensibilité réduite, la granulométrie de l'Hexogène insensible étant comprise entre 315 micromètres et 800 micromètres, tandis que la
10 granulométrie de l'ONTA est comprise entre 200 micromètres et 400 micromètres, l'ONTA ayant par ailleurs une densité apparente supérieure ou égale à 0,95 g/cm³.

2. Composition explosive selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'explosif fusible est choisi parmi
15 les composés suivants : Trinitrotoluène, 2,4,6-Trinitro-N-Méthyl Aniline, 2,4,6-Trinitro-3-méthylphénol, 3-Amino-Trinitrotoluène, 2,4,6-Trinitro-Aniline, 1,3,8-TriNitroNaphtalène et son mélange d'isomères fusible à 115°C, 2,4-dinitroanisole (DNAN).

20 3. Composition explosive suivant une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la partie fusible constitue entre 30% et 40% de la masse totale de la composition.

4. Composition explosive selon une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la partie solide associe :

- 25
- 15% à 35% en masse d'oxynitrotriazole,
 - 24% à 50% en masse d'Hexogène insensible et
 - 0 à 25% en masse d'aluminium,

les pourcentages en masse étant rapportés à la masse totale de la partie solide.

30 5. Composition explosive selon la revendication 4, caractérisée en ce qu'elle a la composition suivante :

- 15% à 30% en masse d'oxynitrotriazole,
- 15% à 30% en masse d'Hexogène insensible,
- 0 à 15% en masse d'aluminium,
- 35 - 20% à 33% en masse de trinitrotoluène,
- 7% à 10% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de coulée, les pourcentages en masse étant rapportés à la masse totale de la composition.

6. Composition explosive selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle a la composition suivante :

- 21% en masse d'oxynitrotriazole,
- 27% en masse d'Hexogène insensible,
- 5 - 14% en masse d'aluminium,
- 31% en masse de trinitrotoluène,
- 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de coulée.

7. Composition explosive selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle a la composition suivante :

- 24% en masse d'oxynitrotriazole,
- 24% en masse d'Hexogène insensible,
- 14% en masse d'aluminium,
- 31% en masse de trinitrotoluène,
- 15 - 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de coulée.

8. Composition explosive selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle a la composition suivante :

- 29% en masse d'oxynitrotriazole,
- 20 - 19% en masse d'Hexogène insensible,
- 14% en masse d'aluminium,
- 31% en masse de trinitrotoluène,
- 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de coulée.

9. Composition explosive selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle a la composition suivante :

- 33% en masse d'oxynitrotriazole,
- 15% en masse d'Hexogène insensible,
- 14% en masse d'aluminium,
- 30 - 31% en masse de trinitrotoluène,
- 7% en masse d'un mélange de cire et d'additifs de coulée.