

CH 678 296 A5



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 678 296 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: B 26 F 3/00  
F 42 D 3/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

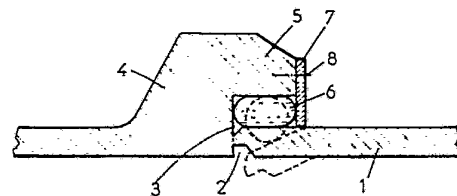
⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑲ Numéro de la demande: 3692/88	⑦③ Titulaire(s): Avions Marcel Dassault-Bréguet Aviation, Vaucresson (FR)
⑲② Date de dépôt: 04.10.1988	⑦② Inventeur(s): Dupin, Gérard, Clamart (FR)
⑲④ Brevet délivré le: 30.08.1991	⑦④ Mandataire: Ammann Patentanwälte AG Bern, Bern
④⑤ Fascicule du brevet publié le: 30.08.1991	

⑤④ Procédé pour créer une séparation dans une pièce à l'aide d'un tube expansible pyrotechnique.

⑤⑦ Selon le procédé on prépare, le long de la ligne de séparation, des moyens d'affaiblissement (2, 3) de la matière de la pièce (1), on dispose à proximité de ces moyens d'affaiblissement un tube pyrotechnique (6), de section ovale, conçu pour prendre une section à peu près circulaire après son amorçage. Lors de cet amorçage, le tube pyrotechnique prend appui sur une surface à peu près indéformable formée par un bourrelet (4) qui fait partie de la pièce et comporte une aile (5) qui revient au-dessus du tube pyrotechnique, ou bien par une pièce rapportée fixée sur la pièce et qui prend appui sur ledit bourrelet. Par un choix judicieux des surfaces dudit bourrelet, on peut obtenir une séparation avec ou sans impulsion tendant à écarter l'une de l'autre les parties séparées de la pièce.

Application à la séparation de parties de structure dans le domaine aérospatial.



## Description

La présente invention est relative à un procédé pour créer une séparation dans une pièce, le long d'une ligne fixée à l'avance, ce procédé comportant les étapes a), b), c) et d) décrites dans le préambule de l'une ou l'autre des revendications 1 à 3.

Le problème qui est à la base de la présente invention a trait au domaine des techniques aérospatiales. Il s'agit de séparer un élément de structure d'un autre, par exemple un réservoir d'une fusée, ce réservoir devant être largué une fois qu'il est vide. Pour réaliser de telles opérations, on utilise divers systèmes, par exemple un système à sangles constitué de deux demi-sangles assemblées par boulons. Ce système présente des difficultés pour les structures de dimensions et masses importantes, notamment la mise au point du coupe-boulons devient difficile. En plus, la séparation s'accompagne d'un choc mécanique très important par détente de la sangle et des structures adjacentes. Enfin, un tel dispositif est lourd et encombrant, car on doit lui ajouter un système pour immobiliser les demi-sangles après l'ouverture. Un autre système met en oeuvre un cordeau de découpe, c'est-à-dire un cordeau détonant noyé dans la masse de la matière à diviser en deux parties pour la séparation. Cette solution est économique, mais elle entraîne des chocs mécaniques importants et une pollution inacceptable.

On connaît, depuis plusieurs années, des systèmes de séparation par tube expansible pyrotechnique, dans lesquels on utilise le gonflement d'un tube préalablement chargé d'expositif, placé dans une structure de dimensions judicieuses pour obtenir la rupture de celle-ci, et désolidariser ainsi deux parties d'une structure. Jusqu'ici ce principe a été appliqué pour des éléments de faibles dimensions, tels que des verrières en polyméthacrylate de méthyle. Il s'agit de matériau fragile, et jusqu'ici il n'a pas été suggéré d'utiliser le même principe pour des structures de taille importante et faites en matériau de caractéristiques mécaniques très différentes, à savoir en métal léger.

Le but de la présente invention est donc de fournir un procédé pour créer une séparation dans une pièce, ce procédé n'étant pas polluant, mettant en jeu une faible énergie et donnant une impulsion faible aux parties de la pièce qui viennent d'être séparées, qui soit d'encombrement et poids réduits et qui présente cependant une grande fiabilité, même quand il est appliqué à des structures de grandes dimensions.

La présente invention fournit en conséquence un procédé pour créer une séparation dans une pièce le long d'une ligne fixée à l'avance, ce procédé comportant les étapes suivantes:

a) préparer le long de la ligne de séparation des moyens d'affaiblissement de la matière de l'objet;

b) fournir un tube pyrotechnique de section ovale, conçu pour prendre une section à peu près circulaire après amorçage, et le placer le long de la ligne de séparation, une des parties à faible courbure de la section étant en contact avec la pièce

sur les moyens d'affaiblissement ou à faible distance de ceux-ci;

c) constituer une enceinte de confinement entourant le tube pyrotechnique, un premier côté de section de cette enceinte étant constitué par la surface de la pièce au voisinage de la zone d'appui du tube pyrotechnique, et un second côté de section de l'enceinte étant en contact avec l'autre partie à faible courbure de la section du tube pyrotechnique, ou avec une pièce susceptible d'être déplacée par cette autre partie après amorçage du tube pyrotechnique;

d) amorcer le tube pyrotechnique, ce qui a pour effet de créer la séparation désirée par rupture de la continuité de la pièce à l'endroit des moyens d'affaiblissement sous l'effet des forces engendrées par le changement de forme du tube pyrotechnique;

les étapes b) et c) pouvant être partiellement ou totalement permutées, ce procédé ayant pour particularité que ledit second côté de section de l'enceinte de confinement est constitué de façon à être pratiquement indéformable lors du changement de forme du tube pyrotechnique.

On le voit, la chambre de confinement, et l'ensemble des moyens de séparation sont de nature asymétrique. Il aurait paru logique de prévoir une structure symétrique, dans laquelle l'axe du tube pyrotechnique ne se serait pas déplacé lors de son amorçage, et aurait exercé des poussées dans les deux sens, de chaque côté des parties à faibles courbures de sa section. De façon surprenante, il est apparu que les résultats les plus avantageux n'étaient pas obtenus avec de telles structures symétriques, mais avec la structure de l'invention, dans laquelle le côté non déformable de la chambre de confinement constitue une enclume, ou une butée, sur laquelle on peut considérer que le tube pyrométrique prend appui pour développer sa force d'expansion dans la direction opposée.

De préférence, on prépare les moyens d'affaiblissement à la limite entre une partie de la pièce d'épaisseur relativement faible, et dont une face constitue ledit premier côté de la section de l'enceinte de confinement, et une partie de la pièce notablement plus épaisse, et qui constitue un bourrelet sensiblement indéformable le long de la ligne de séparation, et on place le tube pyrotechnique en contact avec la partie de la pièce d'épaisseur relativement faible, à proximité des moyens d'affaiblissement mais non sur eux.

Ainsi, la force d'expansion du tube pyrotechnique agit sur une partie relativement faible et déformable de la zone de rupture et fait travailler la matière des moyens d'affaiblissement au cisaillement, entre une partie relativement rigide et une partie relativement souple, le grand rayon initial du tube pyrotechnique correspondant à peu près au bras de levier agissant pour créer ces forces de cisaillement.

Suivant une modalité intéressante, le bourrelet porte une aile rigide, qui recouvre les moyens d'affaiblissement et au moins une fraction de la partie d'épaisseur relativement faible, la face de cette aile qui est tournée vers cette partie constituant le se-

cond côté de la section de l'enceinte de confinement et étant parallèle au premier côté de cette section.

Les deux côtés de l'enceinte de confinement, sur lesquels porte le tube pyrotechnique, étant parallèles, et par conséquent perpendiculaires à la direction des forces de séparation, il n'y a pratiquement aucune impulsion qui tende à séparer les deux pièces l'une de l'autre. On réalise ainsi une séparation pratiquement sans secousses. On notera que cette modalité ne requiert pas l'addition d'une pièce supplémentaire, à part, éventuellement, une pièce de couverture non travaillante, et de faible poids.

Suivant une autre modalité, le second côté de la section de l'enceinte de confinement est constitué par une pièce rapportée rigide, fixée sur la pièce à traiter au-delà du tube pyrotechnique par rapport aux moyens d'affaiblissement, et qui prend appui sur ledit bourrelet pour s'opposer à la force développée par le tube pyrotechnique lors de son changement de forme.

Cette modalité exige une pièce supplémentaire, qui servira d'enclume. En revanche, elle permet de mieux contrôler la formation des moyens d'affaiblissement, car ceux-ci ne sont pas, comme dans la modalité exposée plus haut, situés dans le fond d'une rainure constituée par le fond de l'enceinte de confinement. Suivant une particularité intéressante de la modalité ci-dessus, la surface d'appui de la pièce rapportée sur le bourrelet est oblique sur le plan du premier côté de la section de l'enceinte de confinement, et vient couper ce plan au-delà des moyens d'affaiblissement par rapport au tube pyrotechnique.

Grâce au fait que la surface d'appui de la pièce rapportée sur le bourrelet est oblique, on peut créer une force tendant à écarter les parties de la pièce qui sont séparées, et leur donner une impulsion dont l'intensité peut être dosée par le choix de l'angle d'obliquité des surfaces correspondantes.

Suivant encore une autre modalité, on dispose dans l'enceinte de confinement une pièce mobile en forme de coin, qui comporte une première surface parallèle au premier côté de la section de ladite enceinte, et une seconde surface, oblique par rapport à la première, et qui vient en appui contre une surface oblique du bourrelet, cette surface oblique du bourrelet venant couper le plan du premier côté de la section de ladite enceinte au-delà des moyens d'affaiblissement par rapport au tube pyrotechnique.

Cette variante peut être considérée comme une modification de la modalité exposée en premier. En effet, la pièce mobile en forme de coin est une pièce de faible épaisseur, qui n'a pas à supporter les efforts fournis par le tube pyrotechnique, mais simplement à les transmettre. Elle ne peut donc être assimilée à la pièce rapportée rigide dont il a été question plus haut. Par cet artifice, on modifie la modalité exposée en premier pour lui permettre de procurer, elle aussi, des forces tendant à écarter les parties de la pièce après leur séparation.

L'invention va maintenant être exposée plus en détail à l'aide des exemples de mise en pratique de l'invention, illustrés à l'aide des dessins parmi lesquels:

Fig. 1 est une vue en coupe de la zone de rupture suivant une modalité de l'invention;

Fig. 2 est une coupe analogue suivant une autre modalité de l'invention, et

Fig. 3 est une autre coupe analogue suivant une troisième modalité de l'invention.

La fig. 1 montre, en coupe, la pièce dans laquelle une séparation est à faire, avant que cette séparation soit faite. Des lignes en tirets montrent la situation une fois que la séparation s'est effectuée.

La pièce 1, qui dans la pratique est une structure cylindrique, dont une partie seulement de la coupe est représentée, a, en section, une forme générale rectiligne à faces parallèles. Des saignées 2, 3 ont été pratiquées à l'endroit où on désire effectuer la séparation. D'un côté de la ligne de séparation, la pièce 1 présente un bourrelet épais 4 sur une de ces faces, l'autre face étant rectiligne. Le bourrelet 4 présente une aile, ou avancée, qui surplombe la ligne de séparation, matérialisée par les amorces 2, 3, et va au-delà de cette ligne, sur une longueur légèrement supérieure au grand diamètre de la section du tube pyrotechnique 6. On notera que, sur cette figure, on a donné au tube pyrotechnique une section plus aplatie qu'elle ne l'est en réalité, pour faciliter la compréhension. Entre l'aile 5 et la pièce 1 se trouve un espace dont la hauteur est sensiblement égale au petit diamètre du tube pyrotechnique, et dans lequel on vient loger celui-ci.

Un couvercle mince 7 fixé par une vis 8 sur l'extrémité de l'aile 5, vient maintenir le tube pyrotechnique 6, pour l'empêcher de s'échapper. Lors de l'amorçage du tube pyrotechnique, la section de celui-ci prend une forme sensiblement circulaire, comme représenté en tirets, et comme le bourrelet 4 et l'aile 5 sont pratiquement indéformables, toute la force d'expansion du tube pyrotechnique se porte sur la section plus mince de la pièce 1 elle-même, ce qui entraîne la rupture au niveau des amorces 2 et 3, par cisaillement, et la partie de la pièce 1 qui est en contact avec le tube pyrotechnique prend la forme indiquée en tirets.

Comme on peut le voir, les forces exercées par le tube pyrotechnique sont essentiellement dans la direction verticale de la fig. 1, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'impulsions tendant à écarter la moitié gauche de la pièce de la moitié droite après leur séparation.

La fig. 2 montre une pièce 1, dont la forme générale est sensiblement la même que celle de la fig. 1, avec une ligne de séparation matérialisée par une amorce de rupture 3, et un bourrelet de forte épaisseur 4 qui commence immédiatement à côté de la ligne de séparation. On observera que, sur cette figure, on n'a représenté qu'une amorce de déchirure, sur une seule des faces de la pièce 1 alors qu'on en avait représenté deux sur la fig. 1. La position et le nombre des amorces de rupture est question d'opportunité, de nature du métal, et n'a pas de rapport direct avec, notamment, la forme du bourrelet. Toutefois, on observera que l'amorce de rupture 3 située sur la fig. 1 sous l'aile 5 est d'exécution relativement difficile, et qu'on pourrait se contenter, dans ce cas là, d'une amorce située sur l'autre face. Dans la fig. 2, le bourrelet 4 n'avance pas au-

dessus du tube pyrotechnique 6, mais présente, au contraire, une rainure 9. Une pièce rapportée 10, d'épaisseur égale à celle du bourrelet 4, est fixée sur la pièce 1 par des vis 11, au-delà du tube pyrotechnique 6 par rapport à la ligne de séparation. Cette pièce rapportée 10 présente un saillant 12 qui pénètre dans la rainure 9, si bien que la pièce rapportée 10 est solidement immobilisée des deux côtés. Comme on peut le voir sur la figure, le bord supérieur de la rainure 9, c'est-à-dire celui qui est tournée vers le tube pyrotechnique 10, est oblique sur la direction générale de la pièce 1, et vient rencontrer le plan de cette pièce à gauche sur la fig. 2, c'est-à-dire au-delà de la ligne de séparation par rapport au tube pyrotechnique. Le saillant 12 de la pièce rapportée 10 présente une surface inclinée qui correspond à celui du bord de la rainure 9. On a représenté en tirets la situation telle qu'elle se présente après l'amorçage du tube pyrotechnique 6. Sur le côté 3 de la fig. 2, la pièce 1 a été rompue au niveau de l'amorce de séparation 3, par cisaillement et flexion d'une partie de la matière, de la même façon qu'à la fig. 1. La situation se présente différemment du côté gauche de la ligne de séparation. En effet, sous l'effet de la force d'expansion du tube pyrotechnique, le bourrelet 4 a glissé vers le bas, sur la figure, par rapport à la pièce rapportée 10, et du fait de l'obliquité des surfaces de contact, il s'est en même temps écarté vers la gauche sur la fig. 2. Il en résulte que la partie gauche de la pièce, en même temps, qu'elle était séparée de la partie droite, a reçu une impulsion tendant à écarter les deux pièces l'une de l'autre. L'importance de cette impulsion dépend, bien entendu, de l'inclinaison des surfaces en contact de la rainure 9 du bourrelet 4 et du saillant 12 de la pièce rapportée 10. Il est clair que si ces surfaces étaient parallèles à la direction générale de la pièce 1, il n'y aurait pas de déplacement relatif, et qu'on se trouverait dans la même situation qu'à la fig. 1.

Si on considère maintenant la fig. 3, on constate que le rebord 4 a une forme qui rappelle celle de la fig. 1, avec cette différence que la surface de ce rebord qui est tournée vers le tube pyrotechnique 6 n'est pas parallèle à la direction générale de la pièce 1, mais oblique sur celle-ci, à la façon de la surface du bord de la rainure 9 de la fig. 2. Entre cette face et le tube pyrotechnique est intercalée une pièce 13 en forme de coin, qui présente une face en contact avec le tube pyrotechnique et qui est parallèle à la direction générale de la pièce 1, et une face opposée qui est en contact avec la face qu'on vient de décrire du rebord 5 et se trouve donc oblique par rapport à la direction de la pièce 1. Cette pièce 13 en forme de coin ne peut pas être considérée comme fixe par rapport à la pièce 1. En effet, elle est maintenue par l'intermédiaire de vis 14, et de rondelles Belleville 15, si bien qu'elle peut se déplacer perpendiculairement à la direction de la pièce 1, la force des rondelles Belleville 15 étant, bien évidemment, faible par rapport à la force d'expansion du tube pyrotechnique 6. On peut donc considérer que l'expansion du tube 6, au contraire des cas précédents, se fait dans les deux directions: vers le bas de la fig. 3 pour rompre la pièce 1 le long de la ligne de déchi-

rure, et vers le haut pour pousser vers le haut et vers la gauche le bourrelet 4 par l'intermédiaire de la pièce 13. En même temps qu'elles sont séparées, les deux parties de la pièce 1 reçoivent donc une impulsion qui tend à les écarter l'une de l'autre. On notera cependant que l'angle que fait la face inférieure de l'aile 5 avec la direction de la pièce 1 est assez faible, si bien que la plus grande partie de la force du tube pyrotechnique est utilisée à opérer la séparation des parties de la pièce 1, par cisaillement et flexion, comme dans le cas des fig. 1 et 2.

### Revendications

1. Procédé pour créer une séparation dans une pièce le long d'une ligne fixée à l'avance, ce procédé comportant les étapes suivantes:

a) préparer sur la pièce, d'un côté de ladite ligne de séparation, une partie d'épaisseur relativement faible, de l'autre côté de ladite ligne de séparation, une partie d'épaisseur notablement plus grande et sensiblement indéformable et, le long de ladite ligne de séparation elle-même, des moyens d'affaiblissement (2, 3) de la pièce;

b) fournir un tube pyrotechnique (6) de section ovale, conçu pour prendre une section à peu près circulaire après amorçage, et le placer le long de la ligne de séparation, une des parties à faible courbure de la section étant en contact avec la partie d'épaisseur relativement faible de la pièce (1), à faible distance des moyens d'affaiblissement;

c) constituer une enceinte de confinement entourant le tube pyrotechnique, un premier côté de la section de cette enceinte étant constitué par la surface de la pièce au voisinage de la zone d'appui du type pyrotechnique, et un second côté de la section de l'enceinte, opposé au premier côté, étant en contact avec l'autre partie à faible courbure de la section du tube pyrotechnique ou avec une pièce susceptible d'être déplacée par cette autre partie après amorçage du tube pyrotechnique (6), ce second côté étant constitué de façon à être pratiquement indéformable lors du changement de forme du tube pyrotechnique;

d) amorcer le tube pyrotechnique, ce qui a pour effet de créer la séparation désirée par rupture de la continuité de la pièce à l'endroit des moyens d'affaiblissement sous l'effet des forces engendrées par le changement de forme du tube pyrotechnique;

caractérisé en ce que ladite partie d'épaisseur notablement plus grande de la pièce constitue un bourrelet (4) qui fait partie de la paroi de la pièce, et le bord de ce bourrelet qui est à proximité des moyens d'affaiblissement (2, 3) constitue un troisième côté de la section de la chambre de confinement.

2. Procédé pour créer une séparation dans une pièce le long d'une ligne fixée à l'avance, ce procédé comportant les étapes suivantes:

a) préparer sur la pièce, d'un côté de ladite ligne de séparation, une partie d'épaisseur relativement faible, de l'autre côté de ladite ligne de séparation, une partie d'épaisseur notablement plus grande et sensiblement indéformable et, le long

de ladite ligne de séparation elle-même, des moyens d'affaiblissement (2, 3) de la pièce;

b) constituer une enceinte de confinement destinée à entourer un tube pyrotechnique, un premier côté de la section de cette enceinte étant constitué par la surface de la partie d'épaisseur relativement faible de la pièce (1), à faible distance des moyens d'affaiblissement et un second côté de la section de l'enceinte, opposé au premier côté, étant constitué de façon à être pratiquement indéformable lors du changement de forme du tube pyrotechnique;

c) fournir un tube pyrotechnique (6) de section ovale, conçu pour prendre une section à peu près circulaire après amorçage, et de dimensions telles que, si une des parties à faible courbure de la section de ce tube est en contact avec le premier côté de la section de l'enceinte de confinement, le second côté de la section de ladite enceinte est en contact avec l'autre partie à faible courbure de la section du tube pyrotechnique ou avec une pièce susceptible d'être déplacée par cette autre partie après amorçage du tube pyrotechnique (6) et placer ce tube dans l'enceinte de confinement, le long de la ligne de séparation,

d) amorcer le tube pyrotechnique, ce qui a pour effet de créer la séparation désirée par rupture de la continuité de la pièce à l'endroit des moyens d'affaiblissement sous l'effet des forces engendrées par le changement de forme du tube pyrotechnique;

caractérisé en ce que ladite partie d'épaisseur notablement plus grande de la pièce constitue un bourrelet (4) qui fait partie de la paroi de la pièce, et le bord de ce bourrelet qui est à proximité des moyens d'affaiblissement (2, 3) constitue un troisième côté de la section de la chambre de confinement.

3. Procédé pour créer une séparation dans une pièce le long d'une ligne fixée à l'avance, ce procédé comportant les étapes suivantes:

a) préparer sur la pièce, d'un côté de ladite ligne de séparation, une partie d'épaisseur relativement faible, de l'autre côté de ladite ligne de séparation, une partie d'épaisseur notablement plus grande et sensiblement indéformable et, le long de ladite ligne de séparation elle-même, des moyens d'affaiblissement (2, 3) de la pièce;

b) fournir un tube pyrotechnique (6) de section ovale, conçu pour prendre une section à peu près circulaire après amorçage, et constituer une enceinte de confinement pour ledit tube pyrotechnique, un premier côté de la section de cette enceinte étant constitué par la surface de la partie d'épaisseur relativement faible de la pièce à faible distance des moyens d'affaiblissement, et un second côté de la section de l'enceinte, opposé au premier côté, étant écarté de ce dernier d'une distance calculée pour venir contact avec une partie à faible courbure de la section du tube pyrotechnique, ou avec une pièce susceptible d'être déplacée par cette partie après amorçage du tube pyrotechnique (6) quand l'autre partie à faible courbure du tube pyrotechnique est en contact avec le premier côté, ce second côté

étant constitué de façon à être pratiquement indéformable lors du changement de forme du tube pyrotechnique;

c) placer le tube pyrotechnique dans l'enceinte de confinement, le long de la ligne de séparation, une des parties à faible courbure de sa section étant en contact avec la partie d'épaisseur relativement faible de la pièce (1), à faible distance des moyens d'affaiblissement;

d) amorcer le tube pyrotechnique, ce qui a pour effet de créer la séparation désirée par rupture de la continuité de la pièce à l'endroit des moyens d'affaiblissement sous l'effet des forces engendrées par le changement de forme du tube pyrotechnique;

caractérisé en ce que ladite partie d'épaisseur notablement plus grande de la pièce constitue un bourrelet (4) qui fait partie de la paroi de la pièce, et le bord de ce bourrelet qui est à proximité des moyens d'affaiblissement (2, 3) constitue un troisième côté de la section de la chambre de confinement.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le bourrelet (4) porte une aile rigide (5), qui recouvre les moyens d'affaiblissement et au moins une fraction de la partie d'épaisseur relativement faible, la face de cette aile qui est tournée vers cette partie constituant le second côté de la section de l'enceinte de confinement et étant parallèle a premier côté de cette section.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le second côté de la section de l'enceinte de confinement est constitué par une pièce rapportée rigide (10) fixée sur la pièce à traiter au-delà du tube pyrotechnique par rapport aux moyens d'affaiblissement, et qui prend appui sur ledit bourrelet pour s'opposer à la force développée par le tube pyrotechnique lors de son changement de forme.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la surface d'appui de la pièce rapportée sur le bourrelet est oblique sur le plan du premier côté de la section de l'enceinte de confinement et vient couper ce plan au-delà des moyens d'affaiblissement par rapport au tube pyrotechnique.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on dispose dans l'enceinte de confinement une pièce mobile (13) en forme de coin, qui comporte une première surface parallèle au premier côté de la section de ladite enceinte et une seconde surface, oblique par rapport à la première et qui vient en appui contre une surface oblique du bourrelet, cette surface oblique du bourrelet venant couper le plan du premier côté de la section de ladite enceinte au-delà des moyens d'affaiblissement par rapport au tube pyrotechnique (6).

