



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
08.09.2010 Bulletin 2010/36

(51) Int Cl.:
F42B 10/66 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10002119.5**

(22) Date de dépôt: **02.03.2010**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
AL BA ME RS

(30) Priorité: **06.03.2009 FR 0901037**

(71) Demandeur: **Institut Franco-Allemand de Recherches de Saint-Louis**
68301 Saint Louis Cedex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Ciszek, Fabrice**
68510 Sierentz (FR)
• **Comet, Marc**
68330 Huningue (FR)
• **Sourgen, Frédéric**
68100 Mulhouse (FR)
• **Spitzer, Denis**
67203 Oberschæffolsheim (FR)
• **Baras, Christian**
68300 Saint-Louis (FR)

(54) **Dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile**

(57) L'invention concerne le domaine des dispositions pour améliorer le pilotage des projectiles et a plus particulièrement pour objet un dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile, par exemple de faible calibre notamment de l'ordre de l'ordre de 40 mm, possédant une face principale latérale avec un nez au niveau de

l'une de ses extrémités, ce dispositif comportant au moins une cavité constitutive d'une chambre de combustion et remplie, au moins partiellement, par une poudre explosive, et des moyens d'initiation de cette poudre explosive, dispositif **caractérisé en ce que** la poudre explosive comporte des nanothermites, ou bien des nanothermites génératrices de gaz.

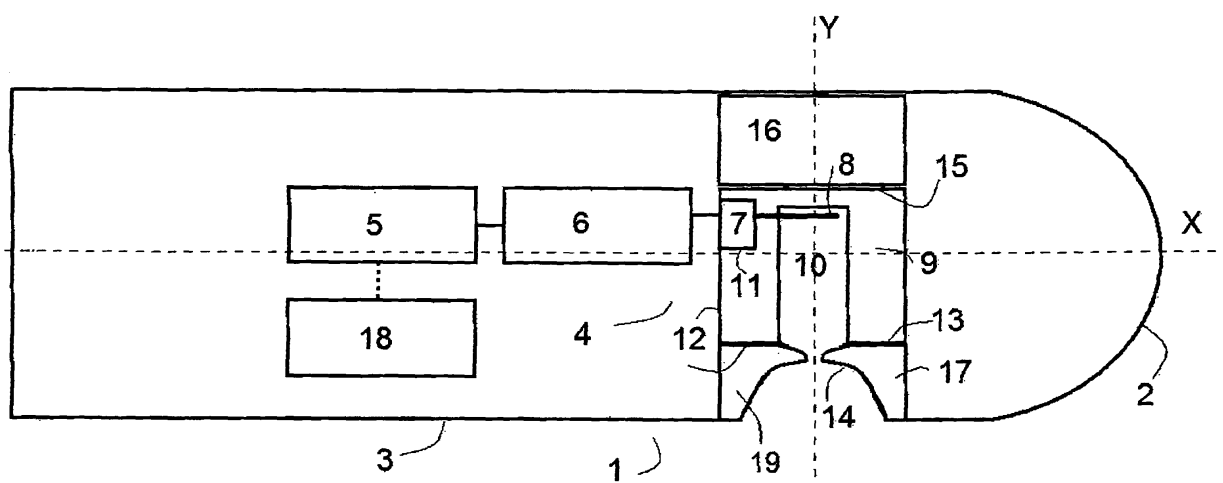


Fig. 1

Description

[0001] L'invention concerne le domaine des dispositions pour améliorer le pilotage des projectiles et a plus particulièrement pour objet un dispositif de pilotage d'un missile et un missile associé.

On distingue trois grandes catégories de pilotage de projectiles et de missiles.

- Le pilotage aérodynamique « classique » consiste à déployer divers types de gouvernes (ailettes, canards, divers empennages à divers emplacements). Mais ce type de pilotage est connu comme lent, et perd de son efficacité à haute altitude (pression faible sur les gouvernes) et son application à des projectiles de faibles dimensions est difficile.
- Le pilotage aérodynamique par micro-actionneur est actuellement à l'étude dans la communauté scientifique. On y trouve différents concepts, tels que le concept GSP et la décharge plasma. Les MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) participent également de ce type de pilotage par exemple par déploiement d'un plot au voisinage d'une voilure ou par l'utilisation de microactionneurs électromécaniques comme décrit dans le brevet US6474593. Toutefois l'utilisation de MEMS est difficilement envisageable pour le pilotage de missiles
- Le pilotage des missiles consiste à brûler de la poudre propulsive (divers propergols, boosters à poudre...) afin de récupérer une force de poussée ainsi que des forces et moments d'interaction avec l'écoulement externe.

[0002] Cependant, il n'est pas possible de piloter des projectiles avec une poudre propulsive classique comme on le fait pour les missiles, car :

- le volume disponible pour l'initiateur nécessaire à une telle poudre et la poudre elle-même est trop restreint pour des projectiles d'interception ayant typiquement un calibre de l'ordre de 40 mm ;
- l'énergie n'est pas stockée de façon assez dense et n'est pas libérée assez rapidement, notamment pour les projectiles gyrostabilisés à plusieurs milliers de tours par seconde);
- Il y a un risque de détonation lorsque cette poudre est trop confinée, **si bien que la chambre de combustion ne peut être remplie en totalité (typiquement un tiers de charge est le maximum)** ;
- la combustion en petite quantité, à savoir inférieur à 100 mg, de ce type de poudre n'est pas fiable, au sens où notamment, la vitesse de combustion et la direction de la combustion ne sont pas reproductibles pour de petites quantités.

[0003] Pour résoudre ces inconvénients, la demande de brevet US200510103925 décrit un dispositif de guidage d'un projectile comportant une chambre de combustion fermée par un couvercle fixé au projectile et contenant une poudre apte à s'enflammer, ainsi que des moyens électriques d'amorçage de cette poudre. L'inflammation de la poudre produit des gaz engendrant une augmentation de la pression dans la chambre de combustion jusqu'à la rupture de la fixation entre le projectile et le couvercle et donc l'expulsion du couvercle.

[0004] Un tel dispositif présente l'inconvénient de produire un trou béant dans le projectile susceptible de modifier sa trajectoire et de nécessiter alors l'utilisation en cascade des autres moyens de guidage disposés en couronne.

[0005] L'un des buts de l'invention est de proposer un mode de pilotage utilisable aussi bien pour les missiles que pour les projectiles de faible calibre notamment de l'ordre de 40 mm et n'introduisant pas de modification durable et continue de la trajectoire du missile.

[0006] La solution apportée est un dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile, par exemple de faible calibre notamment de l'ordre de l'ordre de 40 mm, possédant une face principale latérale avec un nez au niveau de l'une de ses extrémités, ce dispositif comportant au moins une cavité constitutive d'une chambre de combustion et remplie, au moins partiellement, par une poudre explosive, et des moyens d'initiation de cette poudre explosive, dispositif **caractérisé en ce que** la poudre explosive comporte des nanothermites, ces nanothermites étant préférentiellement associées à un carburant classique tel par exemple des ergols ou étant du type génératrices de gaz.

[0007] Les thermites sont des matériaux énergétiques composés d'un *oxyde métallique* associé à un *métal réducteur*¹. La combustion des thermites s'effectue selon un mécanisme de transfert d'oxygène, de l'oxyde vers le métal conduisant à la formation d'espèces liquides ou solides. Cela explique qu'à la différence des explosifs, les thermites brûlent vivement sans pour autant détoner. Les thermites classiques sont caractérisées par une densité élevée, une grande insensibilité aux sollicitations thermiques et mécaniques et des vitesses de combustion relativement faibles.

[0008] On sait que la nanostructuration des réactifs entrant dans la formulation des thermites favorise les transferts de matière et modifie totalement leur réactivité et on a constaté que des thermites de nouvelle génération, couramment appelées *nanothermites*, peuvent être mises en combustion facilement par exemple sous l'effet d'un fil détoné avec une vitesse de combustion bien supérieure à celle des thermites classiques et suffisante pour permettre le guidage direct ou indirect d'un projectile. Ces nanothermites, aussi appelées superthermites ou composites interstitiels métastables sont par exemple décrites dans l'article de Marc Comet et Denis Spitzer intitulé « Des thermites classiques aux composites interstitiels métastables » l'actualité chimique - juillet 2006 -

n° 299

[0009] De plus, la mise en forme des poudres de nanothermites est réalisée par simple compression et ne requiert pas de liant. Les objets comprimés possèdent une cohésion remarquable, leur densité apparente peut être ajustée dans une très large gamme en jouant sur l'intensité de la compression.

[0010] Les *nanothermites génératrices de gaz* constituent un concept nouveau particulièrement adapté au pilotage propulsif car elle contiennent en proportion variable des nanoparticules d'explosif, ce qui permet d'ajuster la pression produite par la combustion. La génération de gaz permet d'éjecter la matière liquide ou solide formée par la combustion de la thermite et d'accroître la vitesse de combustion en milieu semi-confiné. La décomposition des nanothermites génératrices de gaz en milieu confiné s'effectue par déflagration. La transition vers un régime de détonation ne peut pas se produire tant que les nanoparticules d'explosif sont réparties de manière discontinue dans le matériau.

[0011] Des nanothermites génératrices de gaz peuvent être préparées par mélange physique d'un matériau nanocomposite avec des nanoparticules d'aluminium commercial (ex. : Al 50P, Novacentrix). Le mélange physique est typiquement réalisé par dispersion simultanée des deux produits dans une phase liquide non dissolvante telle que l'hexane.

[0012] Un premier type de matériau nanocomposite peut être obtenu en dopant la porosité nanométrique de l'oxyde de chrome (III) élaboré par combustion, par des proportions variables d'explosifs tels que :

- l'hexogène comme décrit par M. Comet, B. Siegert, V. Pichot, P. Gibot, D. Spitzer, Nanotechnology, 2008, 19, 2-9,
- l'octogène ou la pentrite comme décrit par M. Comet, B. Siegert, V. Pichot, D. Spitzer, F. Ciszek, N. Piazzon, P. Gibot, Impressive change of reactive properties of high explosives structured and stabilized at nano-scale in an inert porous matrix, 35th International Pyrotechnics Seminar, Fort Collins, Colorado, USA, July 13-18, 2008, 151-158..

[0013] Un second type de matériau nanocomposite peut être préparé en infiltrant la porosité de dioxyde de manganèse (IV) par des proportions variables d'hexogène comme décrit par M. Comet, V. Pichot, D. Spitzer, B. Siegert, F. Ciszek, N. Piazzon, P. Gibot, Elaboration and characterization of manganese oxide (MnO₂) based "green" nanothermites, 39th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, Germany, June 24-27, 2008, V 38-1 to V 38-8.

[0014] Ainsi, par rapport aux poudres et des propergols classiques et aux thermites classiques, les nanothermites génératrices de gaz présentent les avantages suivants :

- les temps de réponse sont considérablement réduits

par rapports thermites classiques,

- les vitesses de combustion sont très élevées et peuvent être adaptées aux caractéristiques spécifiques de chaque type de projectile,
- la densité des nanothermites est supérieure à celle des poudres et propergols classiques. En d'autres termes, la quantité d'énergie embarquée dans un volume réduit est supérieure et la masse éjectée lors de la combustion est bien plus importante.

[0015] Selon un mode de réalisation particulier, un dispositif selon l'invention comporte une tuyère disposée dans le prolongement de ladite chambre de combustion et, préférentiellement, débouchant à proximité de la face principale latérale du projectile ou du missile.

[0016] Selon d'autres modes de réalisation de l'invention, un dispositif selon l'invention comporte un piston possédant une tige et une tête et apte à coulisser à l'intérieur d'un alésage et l'une des surfaces délimitant la chambre de combustion est constituée par la tête du piston ou par un élément disposé en regard de cette tête, une gouverne étant avantageusement disposée à l'extrémité libre de la tige du piston et, préférentiellement, le dispositif comporte des moyens, éventuellement réversibles de verrouillage de la position du piston à l'intérieur dudit alésage, pouvant, par exemple être constitués par une butée rétractable.

[0017] Selon une caractéristique additionnelle, un dispositif selon l'invention comporte deux éléments cylindriques disposés respectivement d'un côté et de l'autre côté de la tête du piston et comportant chacun au moins une cavité, et préférentiellement au moins deux, constitutive d'une chambre de combustion et comportant un obturateur à l'une de ses extrémités, par exemple constitué par une membrane.

[0018] Selon une autre caractéristique, lesdits moyens d'initiation de la poudre comportent des moyens de commande 18, une alimentation électrique 5 et un fil de platine.

[0019] L'invention concerne aussi un projectile ou un missile comportant un dispositif de guidage selon l'invention.

[0020] D'autres avantages et caractéristiques apparaîtront dans la description de deux modes de réalisation de l'invention au regard des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 montre un projectile comportant un dispositif de guidage selon un premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2 présente un schéma plus détaillé d'une partie du dispositif selon ce premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 montre un schéma de l'implantation à l'arrière d'un projectile à ailettes d'un dispositif de guidage selon la figure 1.
- Les figures 4a et 4b montrent un dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile selon un second mode

de réalisation de l'invention et comportant une gouverne sortie en position active sur la figure 4a et rentrée en position passive sur la figure 4b,

- Les figures 5a et 5b montrent un dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile selon un troisième mode de réalisation de l'invention et comportant un actionneur double effet utilisable plusieurs fois.

[0021] La figure 1 montre un schéma général d'un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention.

[0022] La figure 1 présente un projectile comportant un dispositif de guidage selon un premier mode de réalisation de l'invention. Ce projectile 1 a une forme extérieure en forme d'un cylindrique d'axe longitudinale X avec une face latérale principale 3 dont l'une des extrémités 2, à savoir l'avant, à une forme de cône constituant le nez du projectile. A l'intérieur de ce projectile est disposé un dispositif de guidage du projectile qui, dans ce mode de réalisation comporte :

- des moyens de commande 18, une alimentation électrique 5, des moyens 6 d'amplification de la tension générée par l'alimentation électrique 5 connectés électriquement à un connecteur 7.
- un élément cylindrique 9 ayant une symétrie de révolution d'axe Y et comportant un premier alésage longitudinal central 10 d'axe Y et débouchant sur l'une des faces 13 de l'élément cylindrique 9 et un second alésage 11 transversale et débouchant sur la face transversale 12 de l'élément cylindrique 9 et dans lequel est placé ledit connecteur 7. Ces premier et second alésages sont reliés entre eux par un troisième alésage dans lequel est placé un fil de platine 8 relié audit connecteur 7.
- Une tuyère 14 à symétrie de révolution d'axe Y comportant une chemise cylindrique 17 de diamètre extérieur sensiblement égale à celui de l'élément cylindrique 9, est positionnée contre ce dernier de sorte à prolonger le premier alésage 10 et à ce que l'axe du premier alésage et l'axe de la tuyère soient colinéaires. Un joint, non représenté, est disposé entre l'élément cylindrique 9 et la tuyère 14. La face externe 19 de la tuyère affleure la surface latérale 3 du projectile 1,
- Un bouchon cylindrique 16 de diamètre extérieur sensiblement égal à celui de l'élément cylindrique 9 est interposé entre la base transversale 15 de ce dernier et la paroi latérale 3 du projectile.

[0023] La cavité 10a formée par le premier alésage 10 et la tuyère 14 constituent une chambre de combustion. Elle est, en tout ou partie, remplie, lors de la réalisation du dispositif de guidage, par de la poudre 10b comportant des nanothermites, et ce, en fonction de la déviation souhaitée de la trajectoire.

[0024] Les moyens de commande 18, l'alimentation électrique 5 et le fil de platine 8 constituent des moyens

d'initiation de ladite poudre comportant des nanothermites.

[0025] Ce dispositif de guidage est ainsi un micropropulseur.

5 **[0026]** Le pourcentage en nanothermites dispersé dans la poudre insérée dans la chambre de combustion, la nature de ces nanothermites, leur taux confinement, leur taux de compression et les dimensions de la tuyère éjectrice de gaz sont choisis en fonction du délai d'initiation, de la durée de l'action et de l'intensité de l'action souhaitée.

10 **[0027]** La nanothermite génératrice de gaz est placée dans une micro-chambre de combustion dont la taille par rapport à la nanothermite (taux de remplissage) correspond au confinement choisi. Sa valeur peut être proche de 1.

[0028] En haut du micro-propulseur est placée la tuyère par laquelle est éjecté le gaz.

15 **[0029]** La tuyère peut être un simple rétrécissement de section, une tuyère tronconique ou une tuyère profilée.

[0030] Le fil de platine est connecté au connecteur qui assure l'étanchéité entre la chambre de combustion et les moyens d'amplifications.

20 **[0031]** L'alimentation électrique est ici constituée par deux piles de type LiPo embarquées dans le projectile.

[0032] Le micro-propulseur peut être placé à n'importe quel endroit adéquat entre l'avant et l'arrière du projectile, et plusieurs propulseurs peuvent être embarqués.

30 **[0033]** La figure 2 présente un schéma plus détaillé d'une coupe de l'ensemble formé par le bouchon 16, l'élément cylindrique 9, la tuyère 14 ainsi que son agencement au sein du projectile.

[0034] Ce projectile comporte :

- un premier alésage radial 20 possédant un premier et un second taraudage 21, 22 à chacune de ses extrémités respectives 23, 24,
- un second alésage 25 axial d'axe X, les premier et second alésages étant reliés entre eux par un troisième alésage 26 d'axe longitudinal parallèle à l'axe X.

40 **[0035]** Le bouchon 16 comporte un filetage 27 sur sa face latérale 28 apte à coopérer avec le taraudage 22 de façon à permettre sa solidarisation au projectile. De même, la tuyère 14 comporte un filetage 29 sur sa face latérale 30 apte à coopérer avec le taraudage 21 de façon à permettre sa solidarisation au projectile. L'élément cylindrique 9 est inséré entre le bouchon 16 et la tuyère 14 de sorte que le connecteur placé dans ledit second alésage 11 transversale de l'élément 9 se trouve en face du troisième alésage 26 du projectile, permettant ainsi de connecter l'amplificateur 6 au connecteur 7. Ainsi, l'élément cylindrique est maintenu en position par le projectile au niveau de sa face latérale 12 et respectivement par le bouchon et par la tuyère via ses faces transversales respectives 15 et 13.

[0036] Le fonctionnement de ce dispositif de guidage est le suivant :

Sur réception d'un signal provenant par exemple d'un système d'arme associé au projectile, les moyens de commande 18 commandent la génération, par l'alimentation électrique 5, d'une différence de potentiel qui est ensuite amplifiée par les moyens 6 d'amplification et appliquée aux extrémités du fil de platine 8 via le connecteur 7.

Cette différence de potentiel génère un échauffement du fil de platine qui produit à son tour l'explosion de la poudre de nanothermites. Cette explosion se produit dans un temps très court et génère, quasiment en temps réel des gaz qui s'échappent du dispositif de guidage à grande vitesse via la tuyère 14.

L'échappement de ces gaz du projectile en un temps extrêmement court produit une variation de la trajectoire du projectile dans une direction opposée à celle de l'échappement des gaz. Cette variation de direction est fonction du débit de gaz libéré donc notamment du pourcentage en nanothermites dispersés dans la poudre insérée dans la chambre de combustion, de la nature de ces nanothermites, de leur taux de confinement, de leur taux de compression et des dimensions de la tuyère éjectrice de gaz 14.

[0037] La figure 3 montre une partie du dispositif de guidage selon ce premier mode de réalisation de l'invention mais disposé au niveau d'une ailette arrière d'un projectile. Les moyens de commande, d'alimentation et d'amplification ne sont pas représentés pour améliorer la clarté de la figure.

[0038] Dans ce mode de mise en oeuvre, le fonctionnement est le même que celui décrit dans le cadre des figures 1 et 2 et il est similaire à celui d'un plot.

[0039] Les figures 4a et 4b montrent un dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile selon un second mode de réalisation de l'invention et comportant une gouverne sortie en position active sur la figure 4a et rentrée en position passive sur la figure 4b.

[0040] Seule une partie 50 du projectile est présentée. Cette portion 50 de projectile comporte un premier alésage 51 radial semi débouchant et un deuxième alésage radial 52 colinéaire et de plus petit diamètre que le premier et raccordant le fond 53 du premier alésage à une gorge 54 pratiquée sur la surface périphérique du projectile et destinée à accueillir une gouverne 55 solidarisée au projectile par une liaison mobile 85.

[0041] Cette partie 50 de projectile comporte aussi un premier alésage axial 56 situé au niveau du fond 53 du premier alésage radial 51 et un second alésage axial 57 débouchant dans la partie supérieure du premier alésage 51. Un conduit d'échappement 58 situé à proximité du second alésage axial 57 relie le premier alésage radial à la surface périphérique 86 du projectile.

[0042] Des moyens de commande 60, une alimenta-

tion électrique 61 et des moyens 62 d'amplification de la tension générée par l'alimentation électrique sont insérés dans le premier alésage axial 56.

[0043] Un élément cylindrique 63 de longueur plus petite que celle du premier alésage radial 51 et sensiblement de même diamètre, est inséré dans ce dernier. Il comporte une première partie comportant un alésage 64 de diamètre interne D1 et formant une première partie tubulaire suivie d'une seconde partie tubulaire 65 de diamètre interne D2 égal à celui du deuxième alésage radial 52, l'une des extrémités de cette deuxième partie reposant sur le fond 53 du premier alésage radial 51. Cet élément cylindrique 63 comporte aussi un alésage transversal 66 au niveau de sa deuxième partie tubulaire 65 et situé en regard du premier alésage axial 56. Un connecteur 67, disposé dans l'alésage transversal 66, est relié électriquement d'une part aux moyens 62 d'amplification et d'autre part à un fil de platine 68 reposant en partie sur le fond 69 de la première partie tubulaire 64.

[0044] Une butée 70 solidaire d'un actionneur électrique 71 commandé par les moyens de commande 60 et alimenté par les moyens d'alimentation 61 est disposée dans le second alésage axial 57.

[0045] Cet élément cylindrique 63 comporte un alésage 80 disposé en regard du conduit d'échappement 58.

[0046] Un piston 72 comporte une tête 73 de diamètre sensiblement égal au diamètre interne D1 du premier alésage de l'élément cylindrique 63 et une tige 74 de diamètre sensiblement égal au diamètre D2. La tête 73 est située à l'intérieur de la première partie tubulaire 64 de l'élément cylindrique 63 tandis que la tige 74 est en partie à l'intérieur de cette première partie 64, en partie à l'intérieur de la seconde partie tubulaire 65 et en partie à l'intérieur du second alésage radial 52. Son extrémité libre est solidaire d'une articulation 75 fixée sur la gouverne 55.

[0047] La partie supérieure 76 du premier alésage radial 51 comporte un taraudage 77 et un bouchon métallique 78 comportant un filetage apte à coopérer avec ledit taraudage est disposé sur la pièce cylindrique 63 de sorte à boucher l'extrémité correspondante de ladite première partie tubulaire 64.

[0048] La cavité 81 délimitée par l'intérieur de la pièce cylindrique 63, la tête 73 du piston 72, le fond 69 de la première partie tubulaire 64 de cette pièce cylindrique 63 est partiellement remplie par de la poudre 79 contenant au moins partiellement, des nanothermites et constitue une chambre de combustion. Les moyens de commande 60, l'alimentation électrique 61 et le fil de platine 68 constituent des moyens d'initiation de ladite poudre comportant des nanothermites.

[0049] Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant :

Lorsque le projectile est tiré, la gouverne 55 est en position passive, rentrée à l'intérieur de la gorge 54 pratiquée sur la surface du projectile comme montré sur la figure 4b et la butée 70 est à l'intérieur du

second alésage axial 57.

Le tir produit une giration du projectile, cette giration étant suffisante, de part la force centrifuge exercée sur le piston 72, pour déployer la gouverne 55 hors de la gorge 54 comme montré sur la figure 4a.

[0050] Pour dévier la trajectoire du projectile, les moyens de commande 60, à partir par exemple d'un signal de commande extérieur, commandent la génération, par l'alimentation électrique 61, d'une différence de potentiel qui est ensuite amplifiée par les moyens d'amplification 62 et appliquée aux extrémités du fil de platine 68 via le connecteur 67.

[0051] Cette différence de potentiel génère un échauffement du fil de platine qui produit à son tour l'explosion de la poudre 79 de nanothermites. Cette explosion se produit dans un temps très court et génère, quasiment en temps réel des gaz qui exercent une pression sur la tête du piston qui se déplace quasiment instantanément en direction du bouchon 78 pour atteindre la position de la figure 4b. Les gaz générés s'échappent alors par le conduit d'échappement tandis que les moyens de commande 60 commande le déploiement de l'actionneur 71 et donc la sortie de la butée 70 du second alésage axial 57, une partie de cette butée 70 se trouvant alors à l'intérieur de la première partie tubulaire 64 de l'élément cylindrique 63. Ainsi, cette butée 70 empêche la gouverne 55 de ressortir par la force centrifuge due à la giration du projectile tant qu'un autre signal de commande ne commande pas la rétractation de l'actionneur 71.

[0052] Ce dispositif agit donc comme un actionneur simple effet ne fonctionnant qu'une seule fois.

[0053] Les figures 5a et 5b montrent un dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile selon un troisième mode de réalisation de l'invention et comportant un actionneur double effet utilisable plusieurs fois.

[0054] Ces figures montrent la partie arrière 90 d'un projectile qui comporte un alésage radiale 91 de diamètre D3 dans sa partie intermédiaire 92 et de diamètre plus grand D4 au niveau des seconde et troisième parties 93 et 94 qui se trouvent respectivement d'un côté et de l'autre de la partie médiane 92 et qui débouchent chacune au niveau de la surface latérale 95 du projectile. La différence de diamètre entre la partie intermédiaire 92 et les seconde et troisième parties 93 et 94 forme des épaulements référencés respectivement 100 et 101.

[0055] La partie intermédiaire 92 comporte deux alésages axiaux 96 et 97 situés respectivement à proximité desdites seconde et troisième parties 93 et 94. Elle comporte aussi un conduit axial 123 d'évacuation des gaz

[0056] Une butée 111 associée à un ressort 110 sont disposés à l'intérieur de chacun des deux alésages axiaux 96 et 97, de sorte qu'une partie seulement de forme sphérique de la butée 111 dépasse à l'intérieur de la partie intermédiaire 92. Deux éléments cylindriques 98 et 99 de diamètre sensiblement égal à D4 sont respectivement disposés contre les épaulements 100 et 101 et de sorte que leur axe de symétrie et celui de l'alésage

radial 91 soient coaxiaux.

[0057] L'un de ces éléments cylindriques comporte un alésage axial 102 tandis que les deux comportent chacun au moins une cavité 103 débouchant au niveau de ladite partie intermédiaire 92 et reliée à la partie dans laquelle se trouve l'élément cylindrique considéré, par un canal de faible diamètre 104.

[0058] A chacune des cavités est associé un fil de platine 105 reposant en partie sur le fond de la cavité et connecté, via ledit canal 104, à un connecteur 106 lui-même relié à des moyens 107 d'amplification de tension, des moyens d'alimentation électrique 108 et des moyens de commande 109. Pour une question de clarté de la figure, ces derniers éléments n'ont été représentés qu'associés aux cavités de l'élément cylindrique 99 mais le même ensemble ou un ensemble similaire est aussi associé à l'élément cylindrique 98.

[0059] Par ailleurs, ces cavités 103 sont en tout ou partie remplies de poudre compactée comportant au moins en partie des nanothermites et ces cavités sont obturées par

[0060] une membrane 130 apte à maintenir la poudre en position avant son utilisation. Chacune de ces cavités 103 constitue une chambre de combustion.

[0061] Une gouverne 112 est associée aux éléments précédemment décrits. Elle comporte L'une de ses extrémités 113 est solidaire du projectile via une liaison mobile 114 et elle comporte une articulation 115 dans sa partie intermédiaire cette articulation étant relié à une extrémité 116 de la tige 117 d'un piston 118. La tête 119 du piston 118 est disposée à l'intérieur de ladite partie intermédiaire 92 et peut coulisser à l'intérieur de ce dernier. Cette tête 119 comporte dans la partie médiane de sa face périphérique 120 une gorge hémisphérique 121 de diamètre légèrement supérieur à celui de l'extrémité émergeante de la butée et apte à coopérer avec cette dernière pour maintenir le piston dans une position stable.

[0062] La tige 117 du piston 118 a un diamètre sensiblement égal à celui de l'alésage axial 102 pratiqué dans l'un des éléments cylindriques et peut coulisser à l'intérieur de cet alésage 102.

[0063] Ainsi, le piston peut prendre deux positions stables dans lesquelles il est retenu par une butée :

- la première où la tête du piston est contre l'élément cylindrique 98 comportant l'alésage axial 102 et dans laquelle, comme montré sur la figure 5a la gouverne est active et dépasse de la surface périphérique du projectile
- la seconde où la tête du piston est contre l'autre élément cylindrique 99 et dans laquelle, comme montré sur la figure 5b, la gouverne est passive et se trouve dans une gorge 122 pratiquée à la surface du projectile. Ainsi, elle ne dépasse pas de la surface périphérique du projectile.

[0064] Les moyens de commande 108, l'alimentation

électrique 109 et le fil de platine 105 constituent des moyens d'initiation de ladite poudre comportant des nanothermites. Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant :

[0065] Lorsque le projectile est tiré, la gouverne 112 est en position passive rentrée à l'intérieur de la gorge 122 pratiquée à la surface du projectile comme montré sur la figure 5b. Le tir produit une giration du projectile, cette giration exerçant une force sur le piston plus faible que celle de la butée sur la tête 119 du piston 118. Par conséquent, après le tir, la gouverne reste en position passive.

[0066] Pour dévier la trajectoire du projectile, les moyens de commande 109, à partir par exemple d'un signal de commande extérieur, commandent la génération, par l'alimentation électrique 108, d'une différence de potentiel qui est ensuite amplifiée par les moyens d'amplification 107 et appliquée, via le connecteur 106, aux extrémités de l'un des fils de platine 105 situé partiellement dans l'une des cavités 103 de l'élément cylindrique 99.

[0067] Cette différence de potentiel génère un échauffement du fil de platine 105 qui produit à son tour l'explosion de la poudre contenant des nanothermites. Cette explosion se produit dans un temps très court et génère, quasiment en temps réel des gaz qui font exploser ladite membrane et exercent une force sur la tête 119 du piston 118 supérieure à celle de la butée 111, la tête du piston se déplaçant alors quasiment instantanément en direction de l'autre élément cylindrique 98 jusqu'à être plaquée contre ce dernier. La gouverne 112 est alors sensiblement dans la position de la figure 5a. Les gaz de combustion s'échappant par le conduit d'évacuation 123, la pression exercée sur la tête du piston diminue. Parallèlement, la pression hydrodynamique exercée sur la gouverne tend à pousser le piston en direction de l'élément cylindrique 99. Cependant, lors de ce retour, la butée 111 entre dans la gorge hémisphérique de la tête du piston et bloque alors son déplacement.

[0068] Il est alors possible de commander le retour de la gouverne dans sa position passive par commande de l'explosion de la poudre contenant les nanothermites disposée dans l'une des cavités 103 de l'élément cylindrique 98 situé le plus proche de la tête du piston.

[0069] En fonction du nombre de cavité, on peut ainsi manoeuvrer la gouverne plusieurs fois en la faisant passer d'une position active à une position passive et vice-versa.

Revendications

1. Dispositif de pilotage d'un missile ou d'un projectile, par exemple de faible calibre notamment de l'ordre de l'ordre de 40 mm, possédant une face principale latérale avec un nez au niveau de l'une de ses extrémités, ce dispositif comportant au moins une cavité (10a, 81, 103) constitutive d'une chambre de

combustion et remplie, au moins partiellement, par une poudre explosive (10b, 79), et des moyens (18, 5, 8, 60, 61, 68, 108, 109, 105) d'initiation de cette poudre explosive, dispositif **caractérisé en ce que** la poudre explosive (10b, 79) comporte des nanothermites.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte une tuyère (14) disposée dans le prolongement de ladite chambre de combustion (10a, 81, 103).

3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la tuyère débouche sur ladite face principale latérale (3) du missile ou du projectile.

4. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comporte un piston (72, 118) possédant une tige et une tête (73, 119) et apte à coulisser à l'intérieur d'un alésage (64, 91) et **en ce que** l'une des surfaces délimitant la chambre de combustion est constituée par la tête (73, 119) du piston (72, 118) ou par un élément (130) disposé en regard de cette tête (73, 119).

5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'il** comporte une gouverne (55, 112) disposée à l'extrémité libre de la tige (74, 117) du piston.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, **caractérisé en ce qu'il** comporte deux éléments cylindriques (98, 99) disposés respectivement d'un côté et de l'autre côté de la tête du piston (119) et comportant chacun au moins une cavité (103), et préférentiellement au moins deux, constitutive d'une chambre de combustion et comportant un obturateur (130) à l'une de ses extrémités, par exemple constitué par une membrane.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens (71, 72, 110, 111) de verrouillage de la position du piston à l'intérieur dudit alésage.

8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les moyens de verrouillage (71, 72, 110, 111) sont réversibles.

9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les moyens de verrouillage comportent une butée rétractable (72, 111)

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'initiation de la poudre comportent des moyens de commande (18, 60, 108) 18, une alimentation électrique (5, 61, 109) 5 et un fil de platine (8, 68, 105).

11. Projectile ou missile comportant un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

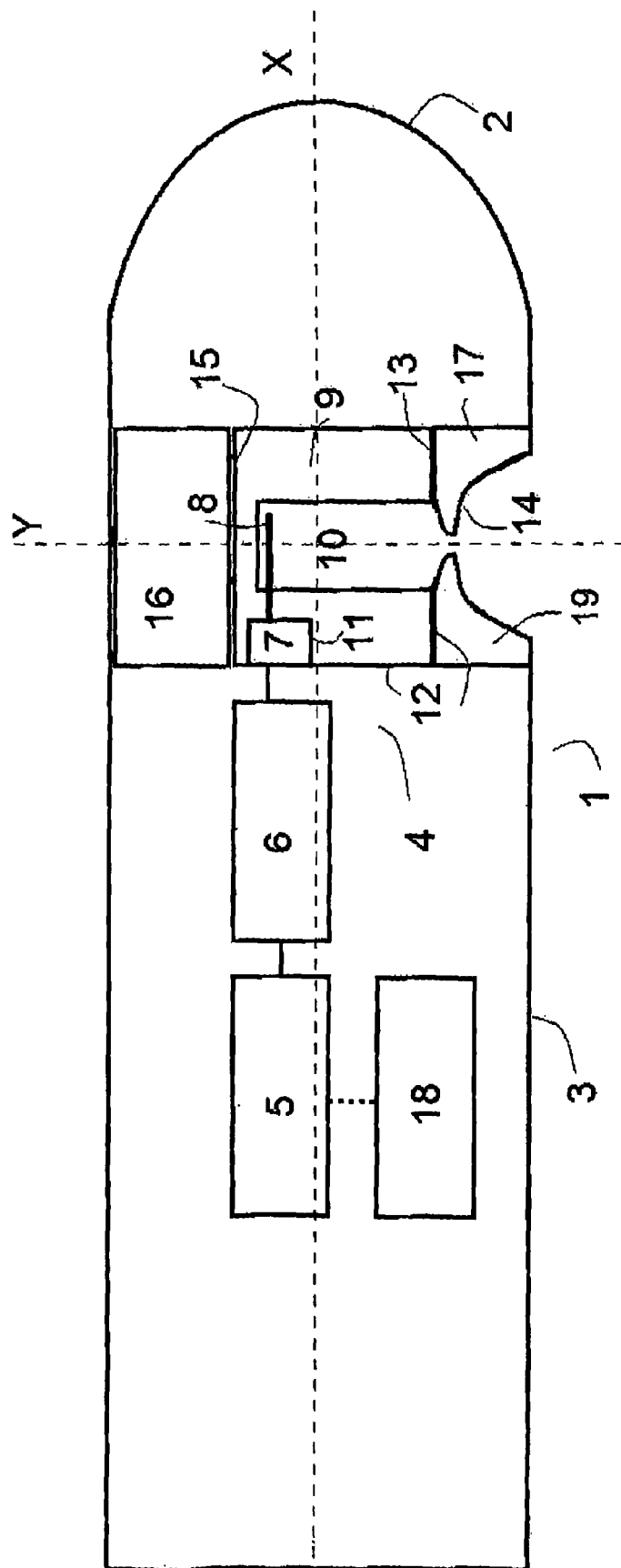


Fig. 1

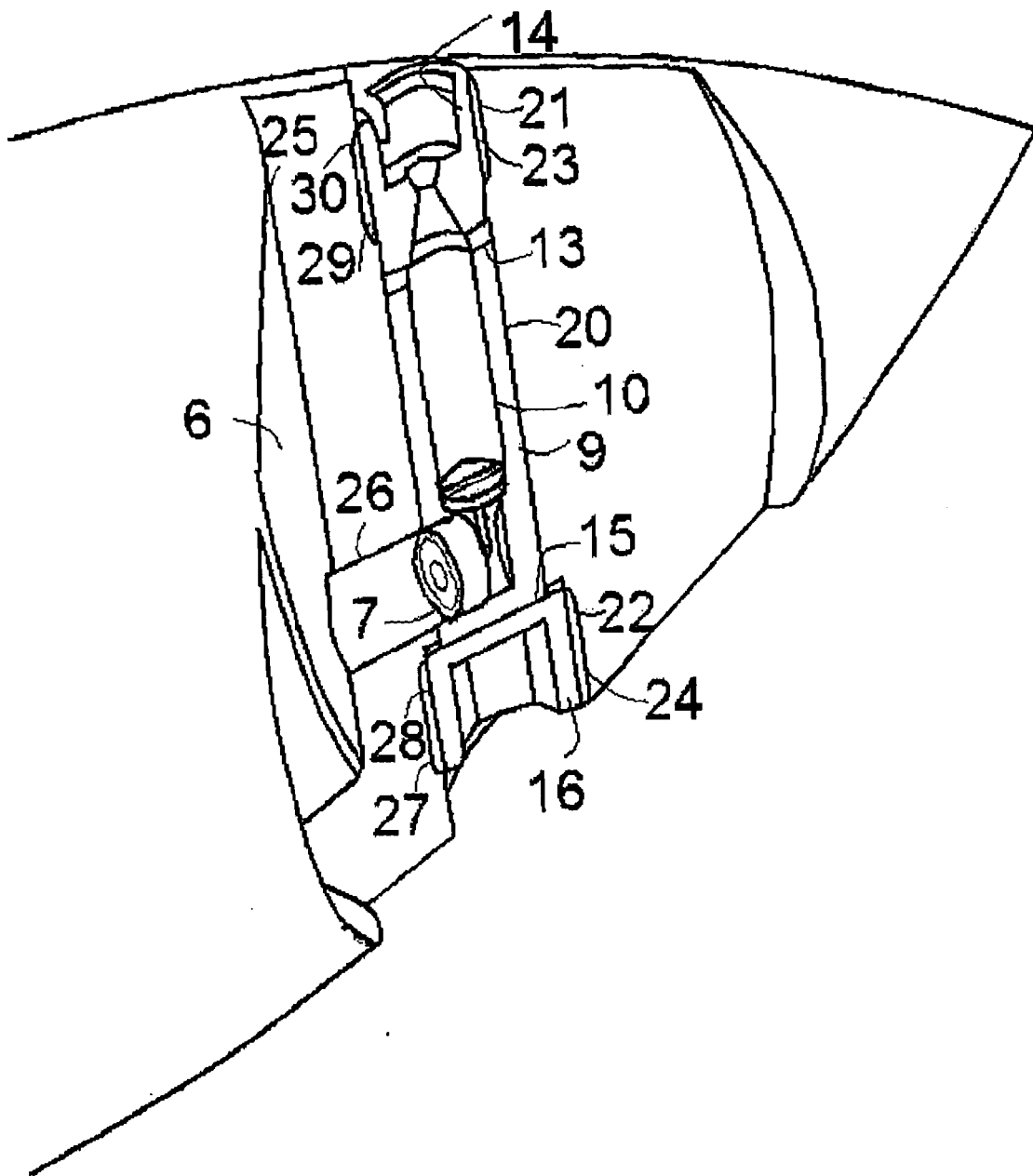


Fig. 2

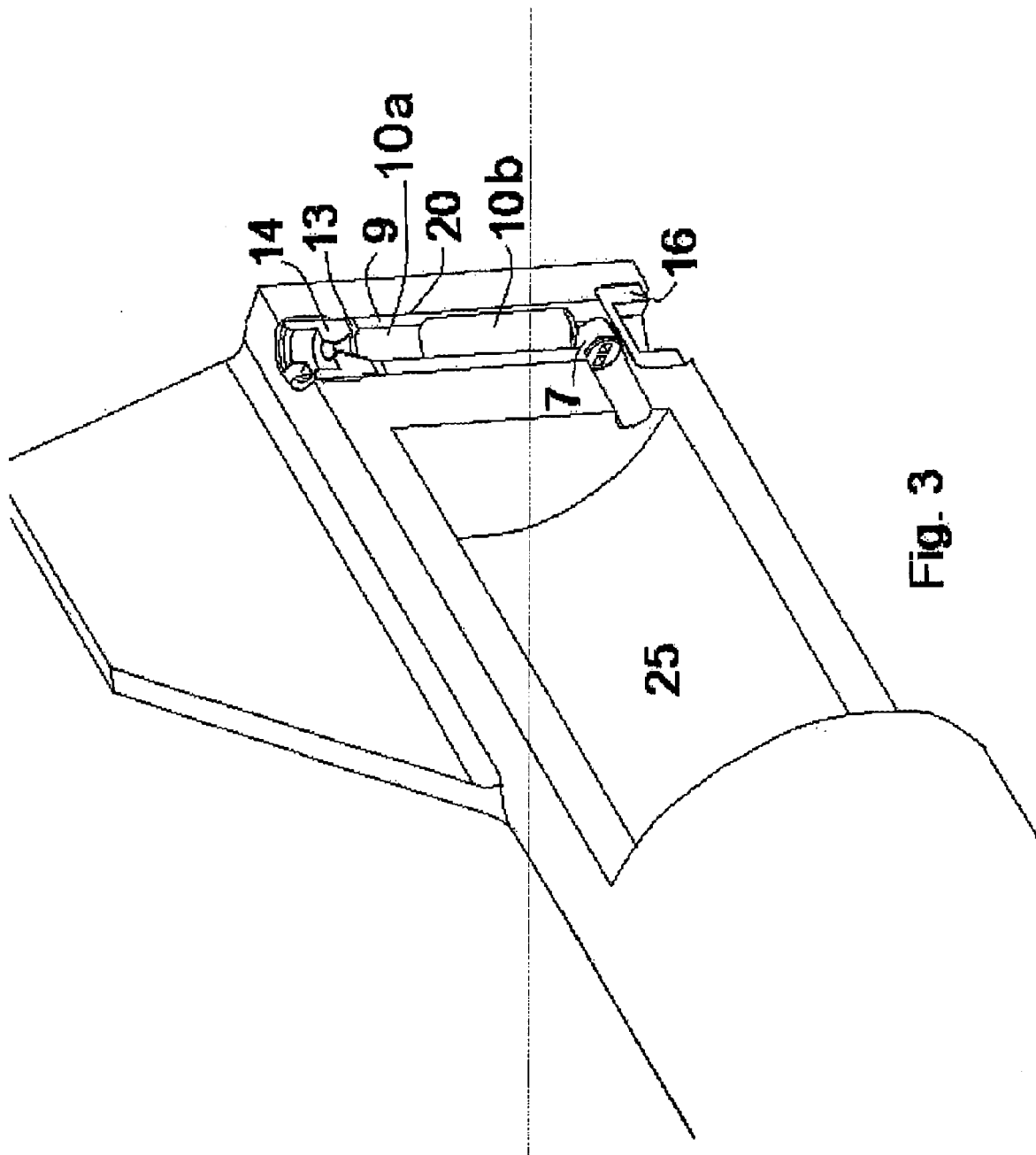


Fig. 3

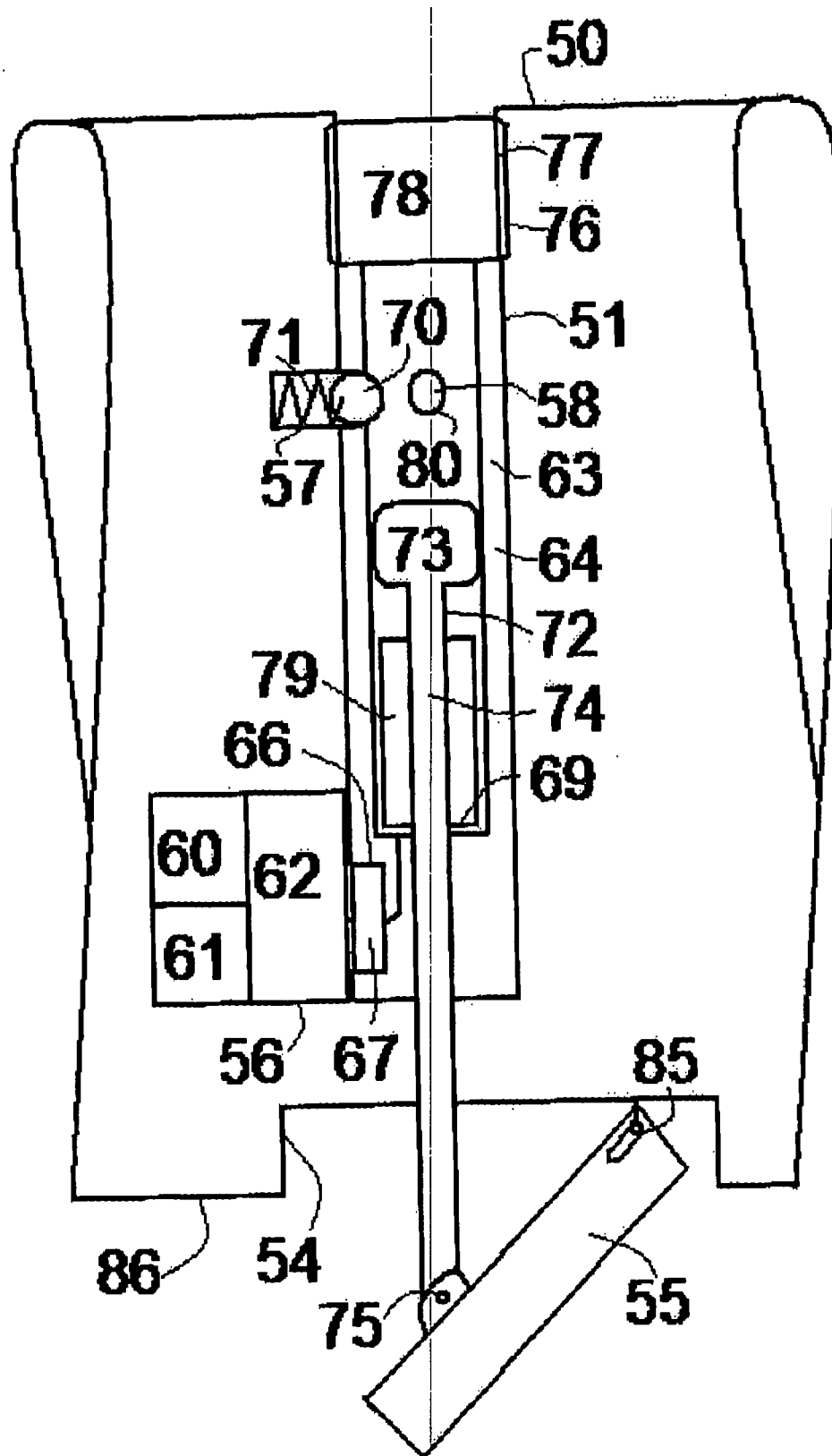


Fig 4a

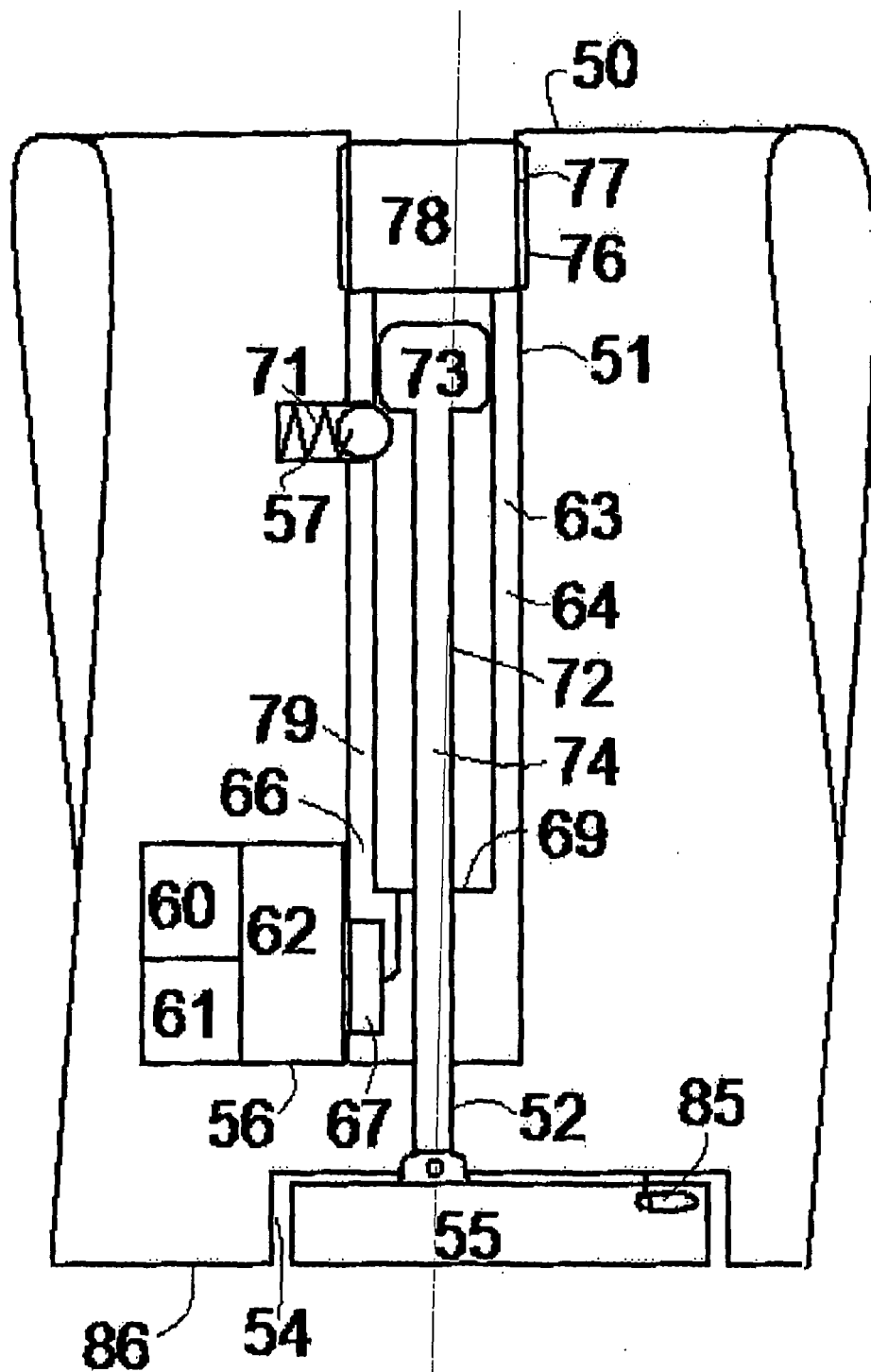
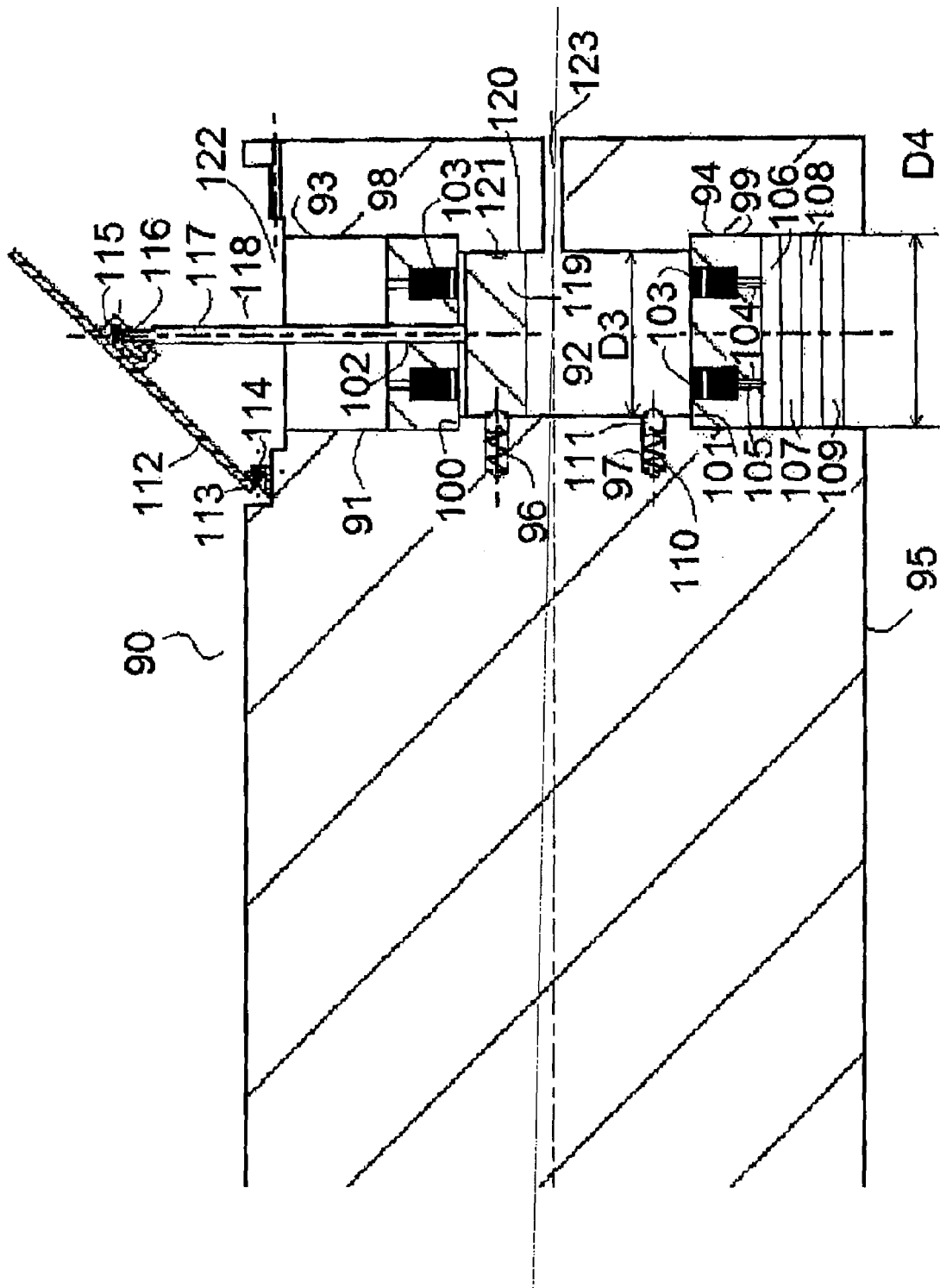


Fig 4b



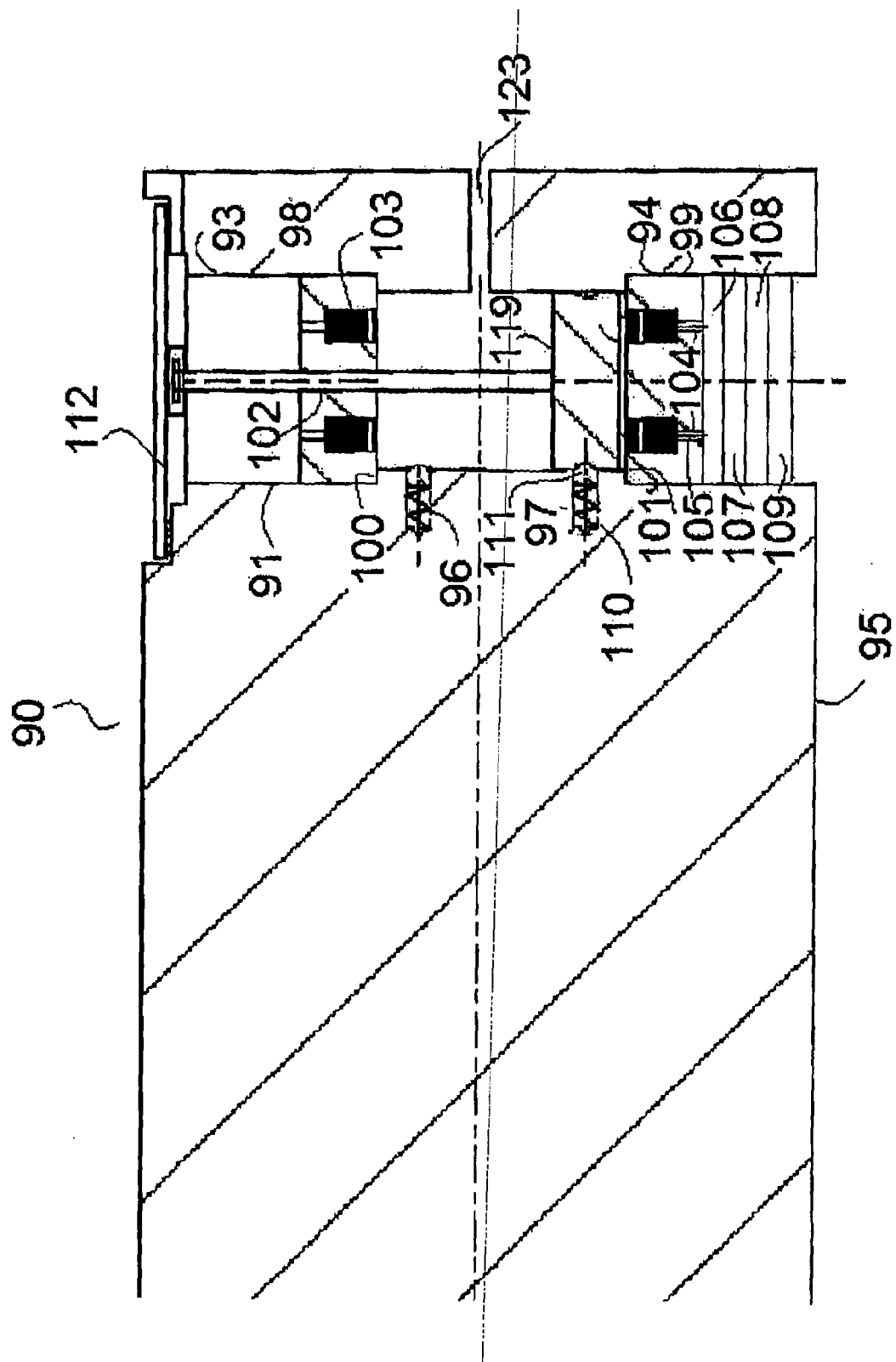


Fig. 5b



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 00 2119

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
L	APPERSON S., BEZMELNITSYN A., THIRUVENGADATHAN, GANGOPADHYAY K. AND S.: "Characterization of nanothermite material for solid fuel microthruster applications" CHARACTERIZATION OF NANOTHERMITE MATERIAL FOR SOLID FUEL MICROTHRUSTER APPLICATIONS, 15 octobre 2009 (2009-10-15), XP002550709 * alleged date at which the document was made public: 16/05/08; page 2 *	1-3, 10, 11	INV. F42B10/66
L	ANONYMOUS: "Nanothermite microthruster" INTERNET ARTICLE, [Online] pages 1-3, XP002550644 Extrait de l'Internet: URL: http://engineering.missouri.edu/people/faculty/gangopadhyays/pages/downloads/microthruster-project-description.pdf [extrait le 2009-10-09] * pages 1-2 *	1-3, 10, 11	
A, D	US 2005/103925 A1 (FOLSOM MARK [US] ET AL FOLSOM MARK [US] ET AL) 19 mai 2005 (2005-05-19) * alinéas [0020], [0024] * * figures 2, 3B *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) C06B F42B
A, P	EP 2 045 230 A2 (SAINT LOUIS INST [FR]) 8 avril 2009 (2009-04-08)	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 1 juin 2010	Examineur Menier, Renan
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 [P04C02]

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 10 00 2119

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

01-06-2010

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2005103925 A1	19-05-2005	AUCUN	
EP 2045230 A2	08-04-2009	FR 2921920 A1	10-04-2009

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 6474593 B [0001]
- US 200510103925 A [0003]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **Marc Comet ; Denis Spitzer.** Des thermites classiques aux composites interstitiels métastables. *l'actualité chimique*, Juillet 2006 [0008]
- **M. Comet ; B. Siegert ; V. Pichot ; P. Gibot ; D. Spitzer.** *Nanotechnology*, 2008, vol. 19, 2-9 [0012]
- **M. Comet ; B. Siegert ; V. Pichot ; D. Spitzer ; F. Ciszek ; N. Piazzon ; P. Gibot.** Impressive change of reactive properties of high explosives structured and stabilized at nano-scale in an inert porous matrix. *35th International Pyrotechnics Seminar*, 13 Juillet 2008, 151-158 [0012]
- **M. Comet ; V. Pichot ; D. Spitzer ; B. Siegert ; F. Ciszek ; N. Piazzon ; P. Gibot.** Elaboration and characterization of manganese oxide (MnO₂) based "green" nanothermites. *39th International Annual Conference of ICT*, 24 Juin 2008, vol. 38-1 - 3 [0013]