

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
17 avril 2008 (17.04.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/043946 A2

(51) Classification internationale des brevets :
B60R 21/264 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/052090

(22) Date de dépôt international :
8 octobre 2007 (08.10.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0654144 9 octobre 2006 (09.10.2006) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **SNPE
MATERIAUX ENERGETIQUES** [FR/FR]; 12 quai
Henri IV, F-75004 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **HUM-
BERT, Pierre** [FR/FR]; 12 bis rue de Marchais, F-91820
Boutigny Sur Essonne (FR). **SORGIATI, Marc** [FR/FR];
63 avenue de la Croix Boissée, F-91610 Ballancourt Sur
Essonne (FR). **SCHYNS, Anthony** [FR/FR]; 11 bis rue
Laborde, F-33320 Eysines (FR).

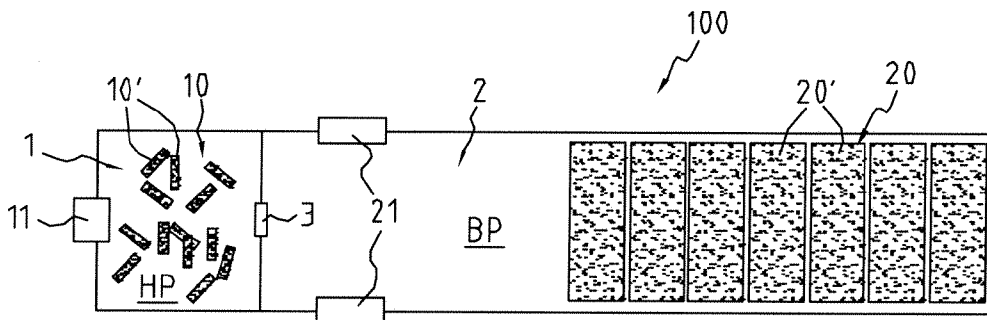
(74) Mandataires : **LE ROUX, Martine** etc.; Cabinet Beau De
Loménie, 158 rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: PYROTECHNICAL METHOD FOR DUAL-MODE GAS GENERATION AND RELATED PYROTECHNICAL GENERATOR

(54) Titre : PROCÉDÉ PYROTECHNIQUE DE GÉNÉRATION DE GAZ A DEUX RÉGIMES - GÉNÉRATEUR PYROTECHNIQUE ASSOCIÉ



(57) Abstract: The invention relates to a pyrotechnical method for generating a gas at two successive flow rates, i.e. a first flow rate and a second flow rate, said first flow rate being higher than said second flow rate, that comprises: the combustion of a first pyrotechnical charge (10) in a first combustion chamber (1) discharging into a second combustion chamber (2) through at least one nozzle (3); and the combustion of a second pyrotechnical charge (20) in said second combustion chamber (2) discharging towards the outside through at least one vent (21). Typically, said first combustion chamber (1) operates at a high pressure while said second combustion chamber (2) operates at a low pressure. The invention also relates to a gas pyrotechnical generator for implementing said method. The invention can essentially be used for side-protection inflatable bags (curtain airbags) used in automobile safety.

(57) Abrégé : La présente invention a pour objet un procédé pyrotechnique de génération de gaz à deux débits successifs, un premier débit puis un second débit, ledit premier débit étant supérieur audit second débit qui comprend : la combustion d'un premier chargement pyrotechnique (10) dans une première chambre de combustion (1) débitant dans une deuxième chambre de combustion (2) via au moins une tuyère (3); et la combustion d'un deuxième chargement pyrotechnique (20) dans ladite deuxième chambre de combustion (2) débitant vers l'extérieur via au moins un évent (21). De façon caractéristique, ladite première chambre (1) fonctionne à haute pression et ladite seconde chambre (2) fonctionne à basse pression. Elle a également pour objet un générateur pyrotechnique de gaz convenant à la mise en œuvre dudit procédé. L'invention trouve tout particulièrement application dans le contexte des coussins gonflables de protection latérale ("airbags rideaux"), utilisés en sécurité automobiles.

WO 2008/043946 A2



LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport*

**Procédé pyrotechnique de génération de gaz à
deux régimes – Générateur pyrotechnique associé**

L'invention concerne un procédé pyrotechnique de génération de gaz à deux régimes de fonctionnement consécutifs permettant de pressuriser rapidement une structure puis de maintenir, dans ladite structure, la pression pendant un temps long (ledit temps long est généralement de 40 millisecondes à 1 minute). L'invention concerne également un générateur pyrotechnique de gaz convenant à la mise en œuvre dudit procédé.

Le domaine d'application de l'invention concerne plus particulièrement les coussins gonflables de protection latérale, aussi appelés "airbags rideaux", utilisés en sécurité automobile. Il englobe également des dispositifs utiles à la vidange d'un réservoir de fluide ou au déplacement d'un piston.

L'industrie automobile a développé ces deux dernières décennies des systèmes de coussins gonflables, dits airbags, destinés à protéger les occupants de véhicules en cas de collision. Ces coussins gonflables sont généralement déployés au moyen de gaz chauds délivrés par un générateur de gaz pyrotechniques. Le coussin doit se déployer rapidement et rester gonflé dans l'instant du choc. Les générateurs de gaz pyrotechniques sont donc, dans ces cas, prévus pour fonctionner dans une période de temps brève : de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes.

Très récemment, les constructeurs automobiles ont souhaité incorporer des dispositifs utilisant des coussins de protection gonflables pour protéger les occupants, non seulement lorsque le véhicule subit un choc frontal ou latéral, mais aussi lorsque le véhicule subit des tonneaux à la suite du choc latéral. Pour cela, les coussins, dits "airbags rideaux" doivent se déployer rapidement (quelques millisecondes) au moment du choc et ensuite, rester gonflés durant une période de temps de l'ordre d'une dizaine de secondes.

Après le déploiement, le sac, pour rester gonflé, doit être alimenté en gaz afin de compenser, d'une part, les fuites de gaz (porosité du sac...) et, d'autre part, le refroidissement des gaz chauds issus du générateur pyrotechnique.

Pour cette application, les générateurs de gaz rapides classiquement utilisés pour les airbags frontaux ou latéraux ne sont donc

plus adaptés puisque, après la phase de gonflage, il faut continuer de générer pendant une dizaine de secondes des gaz à plus faible débit pour maintenir le sac gonflé.

Le générateur de gaz adapté à ce type de dispositif doit dans un premier temps, bref, générer un fort débit, pour déployer et gonfler le sac puis, dans un deuxième temps, plus long, générer un débit de gaz plus faible pour maintenir la pression dans le sac. Il s'agit donc d'un générateur à deux régimes de fonctionnement : le premier pouvant être qualifié de régime à fort débit et le second de régime à débit faible.

Ce type de générateur est aussi adapté pour la pressurisation d'une cavité à volume variable. Les applications visées peuvent alors être la vidange d'un réservoir de fluide ou le déplacement d'un piston.

L'homme du métier sait qu'il est possible de moduler le débit d'un dispositif pyrotechnique en l'équipant de compositions pyrotechniques à vitesses de combustion différentes et/ou en utilisant une géométrie de bloc de propergol adaptée et/ou en modulant les orifices de délivrance des gaz de combustion et/ou en utilisant plusieurs charges pyrotechniques initiées séparément.

- Ainsi, le brevet US 5 967 550 décrit-il un générateur renfermant deux chargements pyrotechniques de compositions différentes, disposés dans une unique chambre de combustion. Ainsi, la demande WO 01/34516 décrit-elle un générateur renfermant deux chargements pyrotechniques de compositions différentes, disposés chacun dans les deux compartiments d'une unique chambre de combustion. L'intervention de deux chargements présente évidemment un désavantage sur le plan industriel puisqu'il faut qualifier, fabriquer et manipuler deux compositions pyrotechniques.

- De nombreux documents brevets décrivent par ailleurs des générateurs de gaz adaptatifs (dits aussi multi-étages) pour airbag, permettant de moduler la quantité de gaz générée en fonction du besoin. Le débit de gaz peut ainsi être adapté en fonction de différents paramètres comme la température, la nature et l'intensité du choc, la taille et la position du passager. La plupart de ces documents (US 2002/0190511, US 6 485 051, WO 2004/024653, US 6 314 888, US 6 406 053, US 6 068 291, US 2006/0119087, US 2006/0117982) décrivent des générateurs à deux chambres de combustion, séparées,

indépendantes, disposant chacune d'un allumeur déclenché indépendamment dans le temps. Ce décalage de quelques millisecondes se fait électroniquement et de façon programmée de façon à optimiser le débit du générateur et donc le niveau de pression dans le sac.

- 5 • Dans la continuité technologique, des dispositifs générateurs de gaz à plusieurs chambres de combustion munis d'un seul allumeur ont été décrits. De tels dispositifs sont conçus pour générer, dans un intervalle de temps court (5 à 60 millisecondes), deux débits de gaz différents.

Le dispositif décrit dans la demande US 2006/0086408
10 comprend une première chambre munie d'un allumeur et connectée par des orifices vers le milieu extérieur. Après activation du générateur, la deuxième chambre de combustion est connectée à la première, son chargement est allumé par les gaz chauds en provenance de la première chambre. Cette seconde chambre débite vers l'extérieur *via* la première
15 chambre. Dans ce cas, l'effet visé est de générer un débit faible dans les premiers instants pour déloger l'airbag de son réceptacle et de produire ensuite un débit plus important pour gonfler le sac.

Les deux documents brevets DE 195 41 924 et US 5 839 754 décrivent des systèmes produisant le même effet. Cette fois, l'allumeur est
20 prolongé par une canne d'allumage contenant éventuellement une charge retardante, pour accentuer le délai entre le fonctionnement des deux régimes de débit.

La demande FR 2 877 428 présente un dispositif subdivisé intérieurement par deux cloisons qui délimitent trois chambres, à savoir
25 deux chambres de combustion contenant chacune une charge pyrotechnique, disposées de part et d'autre d'une chambre de tranquillisation ouverte vers le milieu extérieur. Les cloisons sont traversées par un orifice qui autorise le passage contrôlé des gaz générés par la combustion dans les chambres de combustion vers la chambre de tranquillisation. Ce dispositif n'est muni que d'un seul allumeur de sorte
30 que les gaz générés par la charge pyrotechnique d'une des deux chambres de combustion traversent la chambre de tranquillisation et rentrent dans la deuxième chambre de combustion dépourvue d'allumeur où ils provoquent la combustion de la charge qui y est présente.

35 La demande de brevet FR 2 863 986 décrit un générateur de gaz pyrotechnique pour airbag. Ledit générateur comprend, dans un

boîtier cylindrique pourvu d'une ouverture d'évacuation du gaz et d'une extrémité fermée, un élément cylindrique intérieur logeant un agent de production de gaz, un filtre et des moyens d'allumage. Selon une variante de réalisation, ledit générateur comprend deux chambres de combustion, une première chambre de combustion qui débite dans une seconde chambre de combustion, elle-même débitant vers l'extérieur *via* l'ouverture d'évacuation. Aucune indication n'est fournie sur la pression de fonctionnement desdites deux chambres. Les agents de production de gaz intervenant dans lesdites deux chambres diffèrent l'un de l'autre (par au moins une de leurs caractéristiques : quantité, composition, rapport de composition, taille, forme). C'est cette différence qui permet d'ajuster le débit de gaz, d'obtenir un effet bi-régime : fort puis faible ou faible puis fort. Le générateur de gaz selon ladite demande FR 2 863 986 ne permet pas de générer un fort puis un faible débit en utilisant deux agents de production de gaz strictement identiques.

- Des dispositifs pyrotechniques à régulation de débit de gaz utilisant des organes mobiles sont aussi décrits, par exemple, dans la demande de brevet EP 149 332. Ils sont aussi bien connus dans le domaine du vannage de gaz pour propulseur à modulation de poussée. Ces systèmes présentent l'inconvénient principal de mettre en œuvre des organes mobiles soumis aux flux de gaz chaud, augmentant leur coût, leur complexité et leur probabilité de défaillance.

- L'utilisation de bloc pyrotechnique monolithe à géométrie adaptée est classique dans le domaine de la propulsion des missiles pour obtenir une phase de poussée maximale (dite "boost phase") suivie d'une phase de croisière à plus faible débit. La demande de brevet FR 2 742 483 décrit un chargement de ce type pour missile tactique. Les objets correspondants sont obtenus par moulage. Cette méthode est peu recommandée pour des objets de petites dimensions réalisés en grande série. Par ailleurs, les compositions actuelles dédiées aux applications sécurité automobile se présentent souvent sous la forme de grains à comprimer non adaptés au procédé de moulage.

- Il faut enfin signaler le développement de générateurs hybrides couplant une réserve de gaz sous pression à un générateur de gaz pyrotechnique (FR 2 831 122, FR 2 829 570, US 6 786 507). Ces systèmes hybrides présentent, d'une part, l'inconvénient d'utiliser une

réserve de gaz sous pression susceptible de fuite en cours de vie et, d'autre part, une architecture complexe de connexion des deux chambres : l'une pyrotechnique et l'autre comprenant un gaz sous pression. Dans le dispositif hybride décrit dans FR 2 829 570, le chargement pyrotechnique est constitué de grains de propergol en vrac placés à l'intérieur du canal d'un bloc de propergol cylindrique. Les deux chargements de géométries différentes coexistent donc dans une même chambre de combustion. Le déploiement du sac est assuré par la réserve de gaz sous pression réchauffée par le fonctionnement du générateur de gaz dont le débit initial est essentiellement délivré par le chargement de grains en vrac. La combustion du bloc à canal assure l'apport de gaz pour le maintien gonflé du sac.

Dans un tel contexte, on propose, selon la présente invention, un procédé et un dispositif performants, pour répondre au cahier des charges exposé dans l'introduction du présent texte : génération pyrotechnique de gaz à deux régimes de fonctionnement successifs : fort débit initial suivi d'un faible (plus faible) débit.

Le procédé de l'invention – procédé pyrotechnique de génération de gaz à deux débits successifs, un premier débit puis un second débit, ledit premier débit étant supérieur audit second débit – comprend :

- la combustion d'un premier chargement pyrotechnique dans une première chambre de combustion débitant dans une deuxième chambre de combustion *via* au moins une tuyère ;
- la combustion d'un deuxième chargement pyrotechnique dans ladite deuxième chambre de combustion débitant vers l'extérieur *via* au moins un évent.

De façon caractéristique, ladite première chambre de combustion fonctionne à haute pression et ladite seconde chambre de combustion fonctionne à basse pression.

De façon caractéristique, dans le cadre du procédé de l'invention, on associe deux combustions, mises en œuvre à des pressions différentes. Les notions de "haute pression" et "basse pression" sont ici des notions relatives. La haute pression est en général au moins 3 fois supérieure à la basse pression. La basse pression est généralement comprise entre 0,1 et 10 MPa, avantageusement égale ou voisine de la

pression atmosphérique (0,1 MPa), tandis que la haute pression est généralement comprise entre 0,3 et 30 MPa, est avantageusement d'environ 10 MPa. Pour la mise en œuvre du procédé de l'invention, on utilise deux chambres de combustion fonctionnant à des pressions différentes (voir ci-dessus).

On comprend, de manière générale, que le premier débit, que l'on peut qualifier de débit fort, correspond à la somme des débits de gaz, générés initialement par la combustion des deux chargements pyrotechniques puis que le second débit, que l'on peut qualifier de débit faible, correspond au débit de gaz délivré, pendant plus longtemps, lors de la poursuite de la combustion du chargement de la deuxième chambre de combustion.

La combustion à haute pression génère des gaz qui, *via* au moins une tuyère, sont débités, généralement directement ou quasi directement (il est évident que l'on cherche ainsi à éviter tout refroidissement desdits gaz) dans la seconde chambre de combustion dite chambre basse pression. Lesdits gaz initient la combustion du second chargement pyrotechnique dans ladite seconde chambre de combustion. Ladite seconde chambre de combustion est équipée d'au moins un évent débitant vers l'extérieur. Elle fonctionne à basse pression. Avantageusement le ou les événements de la chambre basse pression sont dimensionnés pour que le débit de gaz généré dans la chambre fonctionnant à haute pression dite chambre haute pression soit, dans les premiers instants de la combustion du premier chargement pyrotechnique, suffisant pour pressuriser la chambre basse pression. Une pressurisation initiale est favorable pour, d'une part, obtenir une bonne initiation de la combustion du chargement de la chambre basse pression et pour, d'autre part, générer un débit de gaz élevé dans la première phase de fonctionnement.

On comprend aussi que le chargement de la chambre haute pression termine de brûler avant le chargement de la chambre basse pression. La fin de la combustion du chargement de la chambre haute pression induit une chute de pression dans la chambre basse pression : la vitesse de combustion du chargement de la chambre basse pression décroît en conséquence.

L'homme du métier sait que la vitesse de combustion du propergol est d'autant plus importante que la pression dans la chambre de combustion est élevée. On comprend donc que la chambre haute pression contribue majoritairement au débit du générateur de gaz pendant la
5 première phase à fort débit.

La deuxième phase de fonctionnement à bas débit est ainsi assurée par la seule combustion du chargement de la chambre basse pression. Ladite chambre basse pression est équipée d'au moins un événement. Le diamètre d'ouverture dudit au moins un événement est suffisant pour faire
10 chuter la pressurisation de la chambre à une valeur proche de celle du milieu extérieur, lorsque le chargement de la chambre haute pression a terminé de brûler. Il peut être judicieux de multiplier le nombre des événements, pour diminuer l'ouverture de chacun. Ceci permet, d'une part, de mieux répartir les gaz produits, par exemple, dans le dispositif à gonfler
15 et, d'autre part, de piéger, à l'intérieur de la seconde chambre de combustion, les squelettes (résidus) de combustion du chargement pyrotechnique, squelettes qui ne peuvent s'échapper vers l'extérieur *via* des orifices de petites dimensions.

Les premier et second chargements pyrotechniques peuvent
20 être, chacun, associés à un dispositif d'allumage indépendant.

Avantageusement, le procédé de l'invention est initié par l'unique allumage du premier chargement dans la première chambre de combustion. Un seul allumeur pyrotechnique intervient ainsi, monté sur la chambre haute pression. Le chargement de ladite chambre haute pression
25 est donc allumé par ledit allumeur. Dès l'allumage dudit chargement, les gaz chauds délivrés pénètrent dans la chambre basse pression *via* ladite au moins une tuyère ("orifice inter-chambres"). Lesdits gaz chauds initient le chargement de la chambre basse pression. Le chargement de ladite chambre basse pression additionne alors avantageusement son débit
30 gazeux à celui du chargement de la chambre haute pression, pour la production d'un fort débit, utile, par exemple, dans le contexte d'une phase de déploiement et de gonflage d'une structure.

Dans le cadre d'une variante de mise en œuvre avantageuse, les premier et second chargements pyrotechniques utilisés présentent la
35 même composition.

L'homme du métier sait qu'un des paramètres de réglage de la pression dans chacune des chambres est le coefficient de serrage (surface totale de combustion/aire totale des orifices de la chambre). Dans le cadre de la variante avantageuse précisée ci-dessus (deux chargements de même composition), le coefficient de serrage (surface totale de combustion/aire totale des orifices de la chambre) est obligatoirement plus important pour la chambre haute pression que pour la chambre basse pression. On note incidemment ici qu'indépendamment de la composition des chargements, le coefficient de serrage de la première chambre de combustion (fonctionnant à haute pression) est avantageusement supérieur à celui de la deuxième chambre de combustion (fonctionnant à basse pression).

Lesdits premier et second chargements pyrotechniques présentent ou non les mêmes dimensions et/ou géométries.

Ainsi, selon des variantes de mise en œuvre du procédé de l'invention, les premier et second chargements pyrotechniques peuvent présenter même composition, mêmes dimensions et même géométrie ou se différencier l'un de l'autre par l'un au moins desdits paramètres.

Lorsque les deux chargements sont de composition, géométrie et dimensions identiques, l'écart de fonctionnement (de régime) haute pression/basse pression entre les deux chambres est uniquement piloté par les diamètres des orifices des deux chambres. On a parlé de tuyère(s) pour la première chambre de combustion (= chambre haute pression) et d'évent(s) pour la seconde chambre de combustion (= chambre basse pression). Le diamètre du au moins un orifice de la chambre haute pression doit être plus petit que celui du au moins un orifice de la chambre basse pression.

De façon étonnante, le procédé pyrotechnique de l'invention est performant, dans sa version de mise en œuvre la plus simple, avec :

- une unique composition de propergol,
- même géométrie et dimensions des blocs de propergol (des premier et second chargements pyrotechniques),
- deux chambres de combustion en communication par l'intermédiaire d'un seul orifice,
- un unique allumeur,
- un seul évent pour la sortie des gaz vers l'extérieur.

Cette version de mise en œuvre la plus simple, avec deux chargements identiques, fait ressortir l'originalité du procédé de l'invention. Les principes de fonctionnement de générateurs pyrotechniques de l'art antérieur ne peuvent conduire, avec deux
5 chargements identiques, à des variations de débit, sans avoir recours à un organe mobile ou à un double allumeur.

Les blocs de propergols souvent utilisés pour les applications airbag sont le plus souvent des pastilles obtenues par compression de granulés de matériaux énergétiques. Dans l'hypothèse de pastilles de
10 même composition, en jouant sur le diamètre et l'épaisseur des pastilles de chaque chargement, il est possible d'accentuer la différence de débit et de durée de combustion entre les deux chambres.

De manière générale, dans le cadre de certaines variantes de mise en œuvre du procédé de l'invention, afin d'accentuer la différence
15 entre les débits – premier débit fort et second débit faible – et/ou les durées de combustion des deux chambres, on différencie les deux chargements. Ainsi :

- le premier chargement pyrotechnique peut avoir une épaisseur à brûler plus faible que celle dudit second chargement (second
20 chargement que l'on vise à faire brûler le plus longtemps possible) ;

- l'élément de propergol (les éléments de propergol) constitutif(s) du second chargement pyrotechnique peu(ven)t avoir au moins l'une de ses (leurs) surfaces de combustion inhibée. On vise ainsi à prolonger ainsi la durée de combustion dudit second chargement.
25 Eventuellement, l'arrangement du ou des blocs dans la chambre de combustion à basse pression est tel que le front de flamme ne se propage que sur une seule face du ou des blocs. Eventuellement, le ou les blocs peuvent être en partie inhibés pour obtenir une combustion frontale (dite en cigarette).

30 De manière générale, le premier chargement pyrotechnique est constitué d'un unique élément de propergol ou de plusieurs éléments de propergol, disposés en vrac ou arrangés, avantageusement disposés en vrac et, indépendamment, le second chargement pyrotechnique est constitué d'un unique élément de propergol ou de plusieurs éléments de
35 propergol, disposés en vrac ou arrangés.

Le chargement pyrotechnique de la chambre haute pression est ainsi avantageusement composé d'un ou plusieurs éléments de propergol (pastilles, brins...) en vrac, de petites dimensions tels que, par exemple, ceux usuellement utilisés pour les applications airbag. Ce type de chargement permet classiquement de générer une quantité de gaz importante pendant un laps de temps court de façon à assurer le déploiement et gonflage du sac. La haute pression dans la chambre est assurée à la fois par la surface de combustion importante de ce type de chargement et par le faible diamètre de ladite au moins une tuyère séparant les deux chambres. La haute pression de fonctionnement conduit à une vitesse de combustion élevée favorable à l'obtention d'un débit important de gaz.

Le chargement pyrotechnique de la chambre basse pression se présente avantageusement sous la forme d'au moins un bloc de propergol fonctionnant à basse pression. Ledit chargement présente une épaisseur à brûler plus importante que celle du chargement de la chambre haute pression. La durée de combustion dudit chargement fonctionnant à basse pression est plus longue que celle du chargement avantageusement en vrac fonctionnant à haute pression. Dans le cas où le chargement est composé de plusieurs blocs monolithes, ces derniers sont avantageusement empilés les uns sur les autres. Les blocs s'allument alors au fur et à mesure de l'avancement du front de combustion. Ceci permet de maintenir le débit gazeux pendant un temps plus long que celui généré par le chargement en vrac. Le chargement de la chambre à basse pression continue donc de brûler après la fin de combustion du chargement de la chambre à haute pression. Ceci permet notamment de maintenir la pression dans une structure gonflable après son déploiement. La longueur des blocs utilisés peut notamment varier entre 5 et 10 mm, dans le cas de composition sans liant utilisée dans le domaine de la sécurité automobile.

La composition des chargements pyrotechniques de l'invention comprend avantageusement du nitrate basique de cuivre, comme charge oxydante et du nitrate de guanidine, comme charge réductrice. Elle comprend très avantageusement du nitrate basique de cuivre, comme unique charge oxydante et du nitrate de guanidine, comme unique charge réductrice. Une telle association nitrate basique de cuivre/nitrate de guanidine est en fait connue pour présenter, dans le domaine de la

sécurité automobile (airbags du type conducteur), une vitesse de combustion, déjà plutôt basse par rapport à celles des autres compositions utilisées dans ce domaine. Dans le cas de cette variante très avantageuse, ladite composition comprend généralement :

- 5 - de 45 à 55 % en masse de nitrate de guanidine ;
- de 40 à 50 % en masse de nitrate basique de cuivre ; et
- de 0 à 5 % en masse d'additifs.

Le procédé de l'invention est par ailleurs avantageusement mis en œuvre de sorte que les gaz générés dans la première chambre de combustion soient évacués, de la deuxième chambre de combustion, *via* ledit au moins un évent (débouchant sur l'extérieur), sans écoulement au travers du deuxième chargement pyrotechnique.

Si nécessaire, les gaz produits par la combustion du second chargement pyrotechnique sont refroidis au sein de la seconde chambre de combustion.

L'homme du métier, à la considération de ce qui précède, a saisi tout l'intérêt du procédé de l'invention. Ledit intérêt est d'autant plus grand que le dispositif, utile à la mise en œuvre dudit procédé, est d'une réalisation aisée.

20 Selon son second objet, la présente invention concerne un nouveau type de générateur pyrotechnique de gaz à deux chambres de combustion, convenant à la mise en œuvre du procédé décrit ci-dessus. De façon caractéristique :

- 25 - lesdites deux chambres de combustion communiquent *via* au moins une tuyère ; et
- l'une d'entre elles, qui ne débouche pas sur l'extérieur, est apte à fonctionner à haute pression, tandis que
- l'autre, qui débouche à l'extérieur *via* au moins un évent, est apte à fonctionner à basse pression.

30 La géométrie d'un tel générateur est avantageusement cylindrique.

La chambre de combustion apte à (destinée à) fonctionner à haute pression peut être intégrée dans la chambre de combustion apte à (destinée à) fonctionner à basse pression. Dans une autre variante, les deux chambres sont contiguës, de sorte que les deux chargements pyrotechniques sont appelés à être en vis-à-vis.

Le coefficient de serrage de la chambre apte à fonctionner à haute pression est avantageusement supérieur au coefficient de serrage de la chambre apte à fonctionner à basse pression.

5 Dans le cadre d'une variante avantageuse de réalisation, un unique allumeur pyrotechnique intervient, monté sur le corps du générateur, au niveau de la chambre apte à fonctionner à haute pression, ne débouchant pas vers l'extérieur (première chambre de combustion = chambre haute pression).

10 Par ailleurs, dans la structure du générateur de l'invention, ledit au moins un évent ménagé sur le corps de ladite chambre apte à fonctionner à basse pression, l'est avantageusement à un niveau tel qu'il permette l'évacuation des gaz générés dans la chambre apte à fonctionner à haute pression sans écoulement de ceux-ci au travers du chargement pyrotechnique de la chambre apte à fonctionner à basse pression. Le
15 chargement pyrotechnique de la chambre apte à fonctionner à basse pression peut ainsi être un bloc plein, inhibé, à combustion frontal, de diamètre équivalent à celui de ladite chambre. L'homme du métier sait que de tels blocs sont opportunément utilisés lorsqu'il s'agit de générer de faibles débits pendant des temps longs. Ainsi, dans une construction avec
20 les deux chambres (et les deux chargements) en vis-à-vis, l'évent (les événements) de la chambre basse pression est (sont) avantageusement disposé(s) sur le corps de ladite chambre, entre le(s) orifice(s) de séparation inter-chambres (tuyère(s)) et le chargement de ladite chambre.

On a vu par ailleurs que les gaz issus de la combustion du
25 deuxième chargement sont susceptibles d'être refroidis au sein de la deuxième chambre de combustion. Selon une variante de réalisation, ladite deuxième chambre de combustion (apte à fonctionner à basse pression) comporte donc des moyens pour refroidir les gaz générés en son sein. De tels moyens renferment un agent de refroidissement, tel l'eau ou,
30 avantageusement, tout autre liquide ou solide présentant un fort pouvoir calorifique et susceptible de se vaporiser à haute température (au contact des gaz de combustion). Avantageusement, l'agent de refroidissement reste en phase liquide à une température plus basse que celle de l'eau. Il peut notamment consister en l'agent Novec 1230[®] commercialisé par la
35 société 3M. De tels moyens consistent avantageusement en au moins une capsule, susceptible de libérer l'agent qu'elle renferme au fur et à mesure

de la combustion du chargement de maintien de la pression (deuxième chargement pyrotechnique). Il peut notamment s'agir de capsules toriques entourant le chargement pyrotechnique ou de capsules insérées dans les interstices inter-éléments (avantageusement inter-bloc) dudit chargement.

5 On se propose maintenant de rappeler, de façon nullement limitative, des caractéristiques des procédé et dispositif de l'invention en référence, tout d'abord, aux figures annexées, puis, à l'exemple présenté.

La figure 1 est un schéma de générateur de l'invention, chargé, convenant à la mise en œuvre du procédé de l'invention.

10 La figure 2 illustre schématiquement la présence d'un agent de refroidissement dans la chambre de combustion basse pression dudit générateur.

La figure 3 montre un exemple de réalisation particulier de générateur de l'invention (chargé), convenant à la mise en œuvre du
15 procédé de l'invention.

La figure 4 est un schéma de générateur de l'invention, chargé, convenant à la mise en œuvre du procédé de l'invention dans sa version la plus simple (avec deux chargements strictement identiques).

Sur les figures 1 à 3, on a utilisé les mêmes références.

20 Le générateur 100 comporte les deux chambres de combustion 1 et 2 :

- la chambre de combustion 1 est celle qui fonctionne à haute pression HP,

- la chambre de combustion 2 est celle qui fonctionne à basse
25 pression BP.

Lesdites deux chambres 1 (HP) et 2 (BP) communiquent *via* la tuyère 3.

Les gaz générés, issus de la chambre 1 et de la chambre 2, sont évacués vers l'extérieur *via* les événements 21.

30 Le chargement pyrotechnique 10 de la chambre de combustion 1 est constitué de n pastilles 10' de propergol.

Le chargement pyrotechnique 20 de la chambre de combustion 2 est constitué de m blocs 20' de propergol.

On a référencé 11 l'allumeur apte à allumer le chargement 10.

Sur la figure 2, on a montré des moyens de refroidissement 22 des gaz de combustion générés dans la chambre 2 (BP). Lesdits moyens 22 se présentent sous la forme de capsules toriques.

En référence à la figure 3, on réalise que les deux chambres de combustion 1 et 2 sont cylindriques, que le générateur 100 présente une géométrie cylindrique. On a montré, sur ladite figure 3, en 12 une charge pyrotechnique relais d'allumage et en 13 un ressort de maintien de ladite charge pyrotechnique relais d'allumage 12 et du chargement 10 de la chambre 1.

Sur les figures 1 et 3, on voit clairement que les deux chargements 10 et 20 sont disposés en vis-à-vis, les événements 21 de la chambre 2 étant disposés sur le corps de ladite chambre 2 entre la tuyère 3 et le chargement 20 de ladite chambre 2 (variante avantageuse).

Sur la figure 4 (très schématique), on retrouve un générateur 100 de l'invention, du même type que celui des figures 1 et 3 (on retrouve les mêmes références pour les différents éléments constitutifs dudit générateur). Toutefois, dans chacune des deux chambres 1 et 2 dudit générateur 100, le même chargement pyrotechnique, un unique bloc de propergol 30, intervient. L'originalité et l'intérêt du procédé de l'invention, montré ici sous sa variante de mise en œuvre la plus simple, ressort clairement de la considération de cette figure.

Exemple

On a conçu un générateur du type de l'invention pour pressuriser (gonfler) rapidement une structure en délivrant rapidement un débit important de gaz et maintenir ensuite pendant un temps t long ($10 \text{ millisecondes} < t < 1 \text{ min}$) la pression au sein de ladite structure, tout en délivrant un plus faible débit de gaz.

La longueur de l'ensemble du générateur est de 220 mm pour un diamètre interne de 17 mm. La longueur de la chambre fonctionnant à basse pression est de 123 mm, cette longueur est ajustée en fonction des dimensions du chargement de maintien de pression. Ledit générateur est tel que représenté à la figure 3. La charge relais d'allumage a typiquement une masse de 0,4 g.

Le générateur de l'invention a été testé avec des pastilles et blocs présentant la même composition pondérale, composition connue de l'art antérieur (voir notamment WO 2006/047085) et consistant en un mélange de nitrate basique de cuivre, de nitrate de guanidine et d'alumine (additif).

Le chargement pyrotechnique de la chambre haute pression est composé de 4 g de pastilles de 6 mm de diamètre pour une épaisseur de 1,8 mm. Lesdites pastilles interviennent en vrac.

L'orifice séparant les deux chambres a un diamètre de 3 mm.

Une valeur maximale de la pression dans la chambre haute pression est de 20 MPa, lors du fonctionnement du chargement, pour une durée de fonctionnement de 40 millisecondes.

Le chargement pyrotechnique de la chambre basse pression est constitué de 3 à 10 g de blocs cylindriques empilés mesurant chacun 17 mm de diamètre pour 9 mm d'épaisseur. Le corps de ladite chambre basse pression est muni de trois événements de 3 mm de diamètre.

La pression dans la chambre basse pression, pendant la phase de combustion du chargement pyrotechnique de l'autre chambre est d'environ 2 MPa. Après la fin de la combustion dudit chargement de la chambre haute pression, ladite pression dans ladite chambre basse pression est (quasi) identique à celle de l'extérieur du générateur (~ proche de la pression ambiante). Cette caractéristique oriente le choix de la composition pyrotechnique qui doit présenter une combustion stable à basse pression.

La durée de combustion du chargement de la chambre basse pression est de 60 s à 2 s selon la configuration du chargement de l'empilement.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pyrotechnique de génération de gaz à deux débits successifs, un premier débit puis un second débit, ledit premier débit étant
5 supérieur audit second débit, comprenant :
- la combustion d'un premier chargement pyrotechnique (10) dans une première chambre de combustion (1) débitant dans une deuxième chambre de combustion (2) *via* au moins une tuyère (3) ; et
 - la combustion d'un deuxième chargement pyrotechnique (20)
10 dans ladite deuxième chambre de combustion (2) débitant vers l'extérieur *via* au moins un évent (21) ;
- caractérisé en ce que ladite première chambre de combustion (1) fonctionne à haute pression et en ce que ladite seconde chambre de combustion (2) fonctionne à basse pression.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits premier (10) et second (20) chargements ont la même composition.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdits premier (10) et second (20) chargements présentent les mêmes dimensions et géométrie.
- 20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits premier (10) et second (20) chargements sont de composition, dimensions et géométrie identiques.
5. Procédé selon la revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit premier chargement (10) a une épaisseur à brûler plus faible que
25 celle dudit second chargement (20).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit premier chargement (10) est constitué d'un unique élément de propergol ou de plusieurs éléments (10') de propergol en vrac ou arrangés, avantageusement en vrac et en ce que,
30 indépendamment, ledit second chargement (20) est constitué d'un unique élément de propergol ou de plusieurs éléments (20') de propergol en vrac ou arrangés, avantageusement arrangés.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit unique élément de propergol ou au moins l'un desdits éléments (20') de
35 propergol dudit second chargement (20) a au moins l'une de ses surfaces de combustion inhibée.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il est initié par l'unique allumage dudit premier chargement (10) dans ladite première chambre de combustion (1).

5 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les gaz générés dans ladite première chambre de combustion (1) sont évacués de ladite deuxième chambre de combustion (2), *via* ledit au moins un évent (21), sans écoulement au travers dudit deuxième chargement (20).

10 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les gaz issus de la combustion dudit deuxième chargement (20) sont refroidis au sein de ladite deuxième chambre de combustion (2).

11. Générateur pyrotechnique de gaz (100) dont le corps comporte deux chambres de combustion (1, 2), caractérisé en ce que :
15 - lesdites deux chambres (1, 2) communiquent *via* au moins une tuyère (3) ;

- l'une desdites deux chambres (1) est apte à fonctionner à haute pression et ne débouche pas sur l'extérieur,

20 - l'autre desdites deux chambres (2) est apte à fonctionner à basse pression et débouche sur l'extérieur *via* au moins un évent (21).

12. Générateur (100) selon la revendication 11, caractérisé en ce que le coefficient de serrage de la chambre apte à fonctionner à haute pression (1) est supérieur au coefficient de serrage de la chambre apte à fonctionner à basse pression (2).

25 13. Générateur (100) selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce qu'un unique allumeur pyrotechnique (11) est monté sur son corps et en ce que ledit unique allumeur pyrotechnique (11) est monté au niveau de ladite chambre apte à fonctionner à haute pression (1) et ne débouchant pas sur l'extérieur.

30 14. Générateur (100) selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que ledit au moins un évent (21) est ménagé sur le corps de ladite chambre apte à fonctionner à basse pression (2), à un niveau tel qu'il permette l'évacuation des gaz générés dans ladite chambre apte à fonctionner à haute pression (1) sans écoulement de
35 ceux-ci au travers du chargement de ladite chambre apte à fonctionner à basse pression (2).

15. Générateur (100) selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, caractérisé en ce que ladite chambre apte à fonctionner à basse pression (2) comporte des moyens (22) pour refroidir les gaz de combustion générés en son sein.

- 5 16. Générateur selon la revendication 15, caractérisé en ce que lesdits moyens (22) sont des éléments rapportés type capsules renfermant un agent de refroidissement.

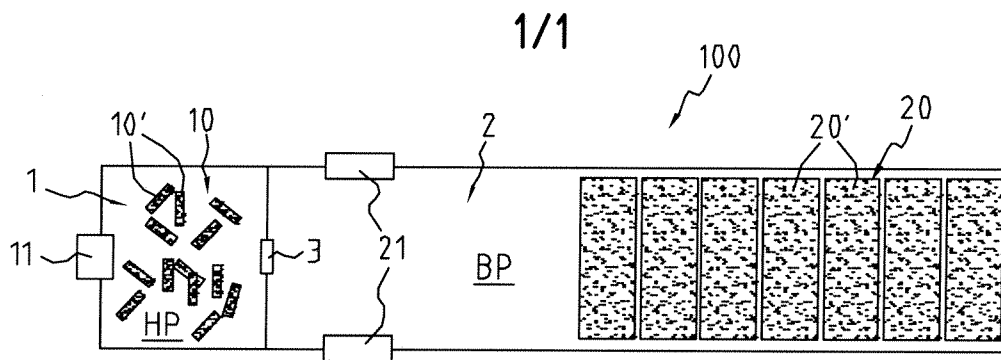


FIG.1

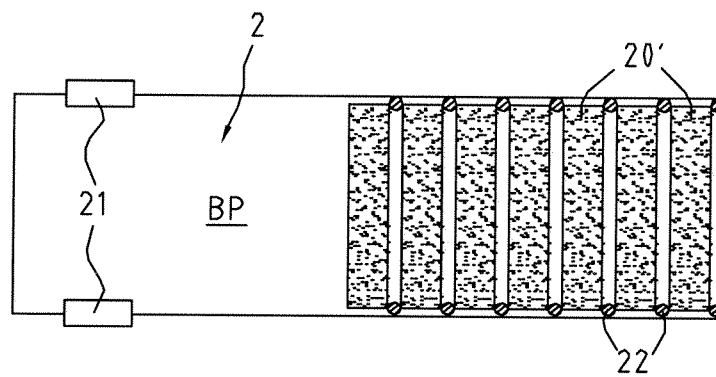


FIG.2

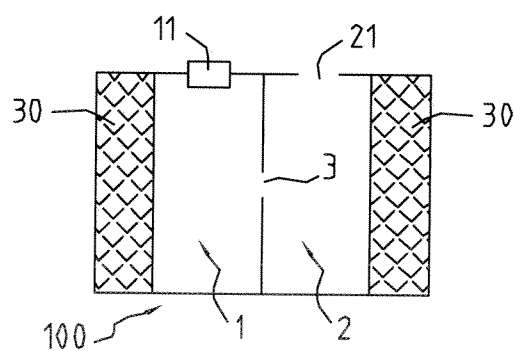
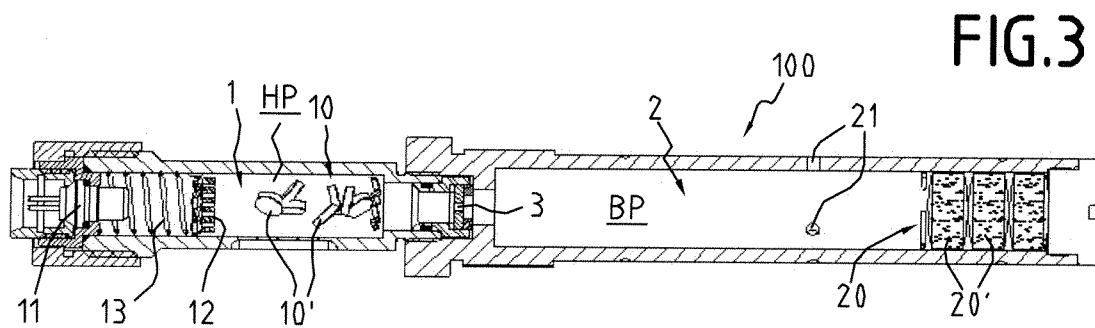


FIG.4