



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.03.2017 Bulletin 2017/11

(51) Int Cl.:
E21C 37/14 ^(2006.01)
C06D 5/02 ^(2006.01)
C06C 9/00 ^(2006.01)
C06D 5/00 ^(2006.01)
C06B 43/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16188158.6**

(22) Date de dépôt: **09.09.2016**

(84) Etats contractants désignés:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

• **Eberard, David**
21000 Dijon (FR)

(72) Inventeurs:
• **Balleur, Dominique**
01640 l'Abergement de Varey (FR)
• **Eberard, David**
21000 Dijon (FR)

(30) Priorité: **09.09.2015 FR 1558378**

(74) Mandataire: **Lavoix**
62, rue de Bonnel
69448 Lyon Cedex 03 (FR)

(71) Demandeurs:
• **Balleur, Dominique**
01640 l'Abergement de Varey (FR)

(54) **SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE FRACTURATION D'UN MATÉRIAU SOLIDE**

(57) Ce système (1) de fracturation d'un matériau solide, tel que de la roche, du béton ou de la glace, le système comprend :

- l'enveloppe (2), qui contient et regroupe à la fois un réservoir (7) renfermant un gaz liquéfié (G) sous pression et une première composition réactive (8) qui, par réaction d'oxydoréduction exothermique, porte le gaz liquéfié

au-delà d'une température limite et provoque ainsi une vaporisation expansive du gaz liquéfié, et

- un dispositif d'initiation (3), qui est conçu pour être monté sur l'enveloppe et qui comprend un moyen de commande (19, 22) pour initier, lorsque le dispositif d'initiation est monté sur l'enveloppe, la réaction d'oxydoréduction de la première composition.

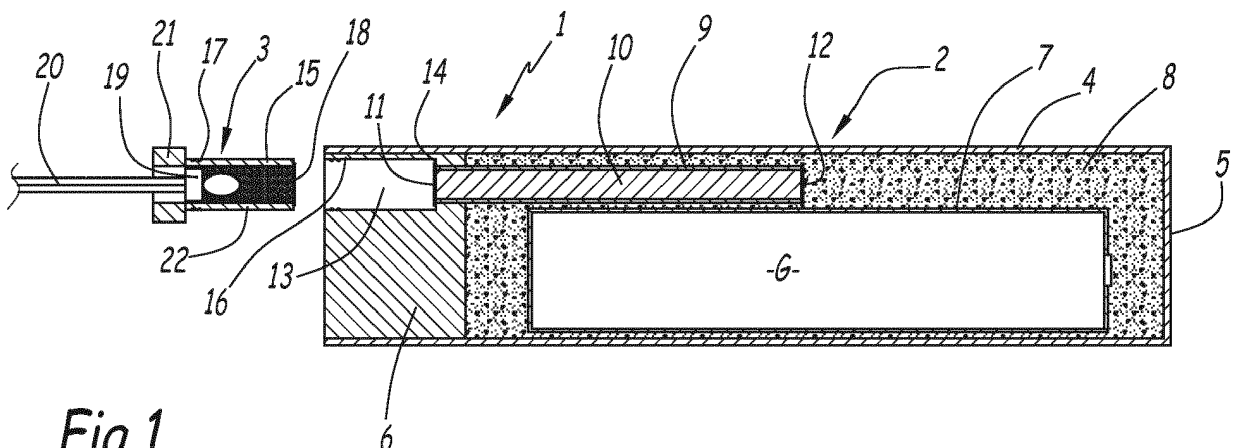


Fig.1

Description

[0001] La présente invention concerne un système et un procédé de fracturation d'un matériau solide, tel que de la roche, du béton ou de la glace.

[0002] La présente invention se rapporte en particulier au domaine de la démolition, des travaux, de l'extraction minière ou de carrière.

[0003] Pour briser des matériaux massifs et durs, tels que des blocs rocheux ou des structures en béton, il est connu d'utiliser des dispositifs explosifs ou pyrotechniques visant à fracturer ces matériaux et ainsi les fragmenter pour faciliter leur extraction et leur transport. Les dispositifs connus se présentent sous la forme d'une cartouche, ou d'un bâton creux, qui est rempli de réactif explosif ou pyrotechnique, dont la réaction peut être initiée à l'aide d'un détonateur commandé à distance.

[0004] Les dispositifs pyrotechniques et explosifs impliquent de nombreuses contraintes en matière de sécurité et de mise en oeuvre. Outre les contraintes de sécurité liées à leur stockage et à leur transport, ces dispositifs présentent l'inconvénient majeur, lors de leur utilisation, de produire, un blast, une onde de choc et une onde de surpression susceptibles d'entraîner des projections de matériaux dangereuses pour le personnel et les biens situés à proximité, ou encore des lésions directes. De plus, ces dispositifs sont relativement bruyants et sources de vibrations importantes. Enfin, ils sont difficiles à maîtriser, et sont susceptibles de générer une fracturation imprécise et irrégulière du matériau, en particulier par génération d'une microfissuration indésirable de ce dernier.

[0005] En conséquence, le but de l'invention est de porter remède aux différents inconvénients mentionnés ci-avant et de proposer un nouveau système de fracturation d'un matériau solide, qui est à la fois sécuritaire, et facile à mettre en oeuvre et qui permet d'effectuer une fracturation précise d'un matériau.

[0006] A cet effet, l'invention a pour objet un système de fracturation d'un matériau solide, tel que de la roche, du béton ou de la glace, le système comprenant :

- une enveloppe, qui contient et regroupe à la fois un réservoir renfermant un gaz liquéfié sous pression et une première composition réactive qui, par réaction d'oxydoréduction exothermique, porte le gaz liquéfié au-delà d'une température limite et provoque ainsi une vaporisation expansive du gaz liquéfié, et
- un dispositif d'initiation, qui est conçu pour être monté sur l'enveloppe et qui comprend un moyen de commande pour initier, lorsque le dispositif d'initiation est monté sur l'enveloppe, la réaction d'oxydoréduction de la première composition.

[0007] Grâce à l'invention, on prévoit la mise en oeuvre d'une expansion brutale de gaz visant à fracturer le matériau, laquelle est non explosive et non pyrotechnique. Ainsi, l'utilisation du système de l'invention implique moins de risques que les dispositifs pyrotechniques et

explosifs connus, tout en permettant néanmoins d'effectuer une fracturation efficace et précise du matériau. En effet, le dégagement gazeux ne produit pas, ou peu, d'ondes de choc et de surpression aérienne.

[0008] Par ailleurs, la réaction d'oxydoréduction, qui sert à déclencher la vaporisation du gaz liquéfié, est relativement difficile à initier en l'absence du dispositif d'initiation spécifique, lequel est fourni séparément, ce qui réduit les risques d'activation accidentelle du système.

[0009] Selon d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention, prises isolément ou en combinaison :

- la première composition est prévue pour que la réaction d'oxydoréduction produise une température supérieure à la température limite, et comprise entre environ 1500°C et 4000°C ;
- la première composition comprend des particules d'oxydes métalliques et un réducteur ;
- l'enveloppe comprend un boîtier qui est placé dans l'enveloppe de façon à baigner dans la première composition, et de façon à ce que le dispositif d'initiation vienne en contact avec le boîtier lorsque le dispositif d'initiation est monté sur l'enveloppe, le boîtier renfermant une deuxième composition réactive, le moyen de commande étant conçu pour initier une combustion de la deuxième composition et ainsi initier la réaction d'oxydoréduction de la première composition ;
- la combustion de la deuxième composition produit une température comprise entre environ 1500°C et 2000°C, laquelle est supérieure ou égale à une température minimale d'initiation de la réaction d'oxydoréduction de la première composition ;
- le moyen de commande comprend une troisième composition réactive et un moyen d'allumage électrique conçu pour initier une combustion de la troisième composition, qui initie la combustion de la deuxième composition ;
- la troisième composition est prévue dans une quantité inférieure ou égale à 5 grammes, de préférence égale à 1 gramme ; et
- l'enveloppe comprend une enceinte annulaire et un fond fermant une extrémité de l'enceinte annulaire, l'enveloppe comprenant en outre un bouchon de sécurité monté à une autre extrémité de l'enceinte de manière à fermer cette dernière, le montage du bouchon de sécurité sur l'enceinte annulaire est conçu pour, lors de la vaporisation expansive du gaz liquéfié :

- o soit éjecter le bouchon de sécurité sous la pression du gaz liquéfié,
- o soit rompre la paroi annulaire (4) si l'éjection du bouchon de sécurité est empêchée.

[0010] L'invention a également pour objet un procédé de fracturation d'un matériau solide, tel que de la roche, du béton ou de la glace, à l'aide d'un système tel que

défini ci-dessus, le procédé comportant les étapes successives suivantes :

- a) forage d'un logement dans le matériau, le logement s'étendant entre une entrée et un fond du logement,
- b) insertion du système dans le logement, une fois que le dispositif d'initiation du système a été monté sur l'enveloppe du système,
- c) obturation de l'entrée du logement,
- d) commande de l'initiation de la réaction d'oxydo-réduction de la première composition, à l'aide du dispositif d'initiation.

[0011] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, le procédé comporte en outre une étape e) d'éjection du bouchon de sécurité, qui est mise en oeuvre à la suite de l'étape d) si :

- o l'étape c) d'obturation n'est pas réalisée, ou si
- o l'étape b) d'insertion du système dans le logement n'est pas réalisée.

[0012] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et non exhaustif et faite en se référant aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 est une coupe longitudinale schématique d'un système conforme à l'invention, représenté éclaté ;
- la figure 2 est une vue similaire à la figure 1, le système étant représenté assemblé ;
- la figure 3 est une vue similaire aux figures 1 et 2, le système étant représenté placé dans un matériau à fracturer ; et
- La figure 4 est une vue similaire à la figure 3, après fracturation du matériau sous l'effet du système.

[0013] Sur les figures 1 et 2, un système de fracturation 1 permet de fracturer, c'est-à-dire briser, fendre et/ou fissurer le matériau susmentionné.

[0014] Le matériau considéré est préférentiellement un matériau dur et fragile, et de densité élevée, dans lequel peuvent progresser des fissures à la suite d'un choc important. A titre d'exemples illustratifs et non limitatifs, le matériau à fracturer est :

- de la roche, de la terre compacte, le matériau pouvant ainsi être présent dans le sol, en surface, dans le sous-sol, à flanc de colline de montagne ou de falaise, dans une carrière ou dans une galerie de mine,
- un matériau utilisé dans une construction d'un bâtiment ou d'une structure tel que du béton, du ciment, des pierres, de la brique, du verre ou une combinaison de ces derniers, ou
- des déchets, résidus, scories, dépôts, sédiments na-

turels ou anthropiques, ou

- de la glace, de la neige compacte.

[0015] Le système 1 comprend deux parties principales, à savoir une enveloppe 2 et un dispositif d'initiation 3 qui sont représentés séparément à la figure 1 et qui sont représentés assemblés à la figure 2.

[0016] L'enveloppe 2 comprend une enceinte annulaire allongée 4 et un fond 5 fermant à demeure une extrémité longitudinale de l'enceinte 4. L'enceinte 4 et le fond 5 forment ainsi un contenant extérieur protecteur pour l'enveloppe 2. L'enveloppe 2 est préférentiellement de forme générale cylindrique. L'enveloppe 2 comprend en outre un bouchon de sécurité 6, qui est monté à l'autre extrémité longitudinale de l'enceinte 4 de manière à fermer cette dernière. L'enveloppe 2 peut ainsi être remplie puis être fermée par le bouchon de sécurité 6, ce dernier étant par exemple emboîté ou monté serré à l'intérieur du débouché d'extrémité correspondant de l'enceinte 4.

[0017] L'enveloppe 2 contient un réservoir 7 renfermant un gaz liquéfié G, qui est un gaz combustible, comburant ou inerte, et qui est sous pression. Par « gaz liquéfié », on entend un gaz qui est maintenu dans le réservoir 7 à une pression suffisante pour se présenter à l'état liquide. Ce gaz liquéfié pourra être par exemple de l'hydrogène, de l'oxygène, des oxydes de carbone ou d'azote, du méthane, du butane, du propane, de l'éthylène, de l'acétylène ou d'autres gaz du même type.

[0018] Le réservoir 7 est de forme générale cylindrique, ou est pour le moins de forme appropriée pour contenir le gaz liquéfié G sous pression. A titre de variante, le réservoir 7 peut être de forme sphérique. Le réservoir 7 est par exemple réalisé en aluminium ou en acier, ou encore dans un matériau composite. La quantité de gaz liquéfié G contenu à l'intérieur du réservoir 7, et la pression à laquelle le gaz liquéfié G est contenu détermine la puissance de fracturation du système 1.

[0019] L'enveloppe 2 contient également une première composition réactive 8 qui, par réaction d'oxydoréduction exothermique, porte à ébullition le gaz liquéfié G au sein du réservoir 7, au-delà d'une température limite T_L , jusqu'à produire une vaporisation du gaz G durant laquelle ce dernier s'étend en passant à l'état gazeux. Cette expansion du gaz liquéfié G provoque une rupture ou un perçage, voire un éclatement du réservoir 7, ce qui amplifie davantage l'expansion et la vaporisation du gaz, dans la mesure où il n'est plus maintenu sous pression par le réservoir. Le gaz liquéfié G s'étend ainsi brusquement hors du réservoir 7. Ce phénomène expansif est appelé « phénomène de BLEVE », acronyme de l'expression anglaise « Boiling liquid vapor expansion ».

[0020] La température limite T_L précitée dépend du type de gaz liquéfié G et de sa pression initiale dans le réservoir 7. Dans tous les cas, elle correspond à la température suffisante pour permettre d'entraîner une vaporisation du gaz liquéfié G entraînant la rupture du réservoir 7, puis l'expansion brutale du gaz initialement liquéfié G lorsque le réservoir 7 est rompu. La température limite

T_L est comprise entre la température limite de surchauffe et la température critique. La température limite de surchauffe est elle-même supérieure à la température d'ébullition et inférieure à la température critique, et correspond à la température maximale que peut avoir un liquide à une pression donnée. La température limite T_L est spécifique à chaque type de gaz liquéfié utilisé.

[0021] Le gaz liquéfié G, initialement contenu dans le réservoir 7, occupe, à pression atmosphérique un volume plusieurs fois supérieur que lorsqu'il est enfermé dans le réservoir 7. L'expansion brutale du gaz initialement liquéfié G permet de rompre, voire de faire éclater, l'enceinte annulaire 4 et/ou d'éjecter le bouchon de sécurité 6, et a vocation à être utilisée pour fracturer le matériau susmentionné, sous certaines conditions décrites ci-après. Toutefois, contrairement à une explosion, aucune onde de choc n'est générée, dans la mesure où l'expansion du gaz initialement liquéfié G se fait avantageusement à une vitesse inférieure à celle du son. Les inconvénients liés à la présence d'une onde de choc sont ainsi évités.

[0022] Le montage du bouchon de sécurité 6 sur l'enceinte annulaire 4 est avantageusement conçu pour entraîner, lors de la vaporisation expansive du gaz liquéfié G:

- une éjection, hors de la paroi 4, du bouchon de sécurité 6 sous la pression du gaz liquéfié G en cours de vaporisation, et
- une rupture ou un perçage, voire un éclatement, de la paroi 4 dans le cas où l'éjection du bouchon de sécurité 6 hors de cette paroi est empêchée, ou retenue, par exemple par un objet disposé en appui contre le bouchon 6 afin de maintenir ce dernier monté au sein de l'enveloppe 2.

[0023] Ainsi, dans le cas où le gaz liquéfié G se vaporise accidentellement alors que l'enveloppe 2 est disposée à l'air libre, le bouchon de sécurité 6 est simplement éjecté hors de la paroi 4, et un simple dégagement gazeux s'échappe de l'enveloppe 2 alors ouverte. En revanche, dans le cas où l'enveloppe 2 est placée dans un espace confiné, qui permet en particulier de retenir l'éjection du bouchon de sécurité 6 ou de limiter cette dernière, se produit alors un éclatement de la paroi 4 afin que les dégagements gazeux s'effectuent latéralement à cette paroi. Comme cela est décrit plus bas, le caractère fracturant du système 1 n'est ainsi actif que si l'enveloppe 2 est enfermée dans un espace confiné. Cette configuration particulière du bouchon de sécurité 6 confère au système 1 un caractère particulièrement sécuritaire.

[0024] De préférence, la première composition 8 est conçue pour que la réaction d'oxydoréduction produise une température T_1 comprise entre environ 1500°C et 4000°C. Le réservoir 7 et le gaz liquéfié G sont conçus pour que seule une température T_1 supérieure à la température limite T_L produise une pression suffisante au sein du réservoir 7 pour briser ce dernier. Ainsi, une ex-

position accidentelle de l'enveloppe 2 à une source de chaleur, telle qu'un incendie ou les rayons solaires, ne permet de déclencher l'émission de gaz hors du réservoir 7, dans la mesure où la température qui serait obtenue à l'aide d'une telle source de chaleur serait nécessairement inférieure à 1500°C. En conséquence, le système 1 est particulièrement sécuritaire.

[0025] La première composition 8 est conçue pour ne pas être pyrotechnique ou encore explosive. En effet, elle contient des réactifs qui donnent simplement lieu à une réaction d'oxydoréduction exothermique lente. Pour cela, la première composition 8 comprend préférentiellement des particules d'oxyde métallique dont la taille est comprise par exemple entre 0,001 et 100 μm (micromètres). La première composition 8 est par exemple une poudre. Les particules d'oxyde métallique incluses dans la première composition 8 peuvent comprendre l'un ou plusieurs des éléments suivants :

- Oxyde de Fer (III) - Fe_2O_3 ;
- Oxyde de Fer (II, III) - Fe_3O_4 ;
- Oxyde de Cuivre (II) - CuO ;
- Oxyde de Cuivre (I) - Cu_2O ;
- Oxyde d'Etain (IV) - SnO_2 ;
- Oxyde de Titane (IV) - TiO_2 ;
- Oxyde de Manganèse (IV) - MnO_2 ;
- Oxyde de Manganèse (III) - Mn_2O_3 ;
- Oxyde de Chrome (III) - Cr_2O_3 ;
- Oxyde de Cobalt (II) - CoO ;
- Dioxyde de silicium - SiO_2 ;
- Oxyde de Nickel (II) - NiO ;
- Oxyde de Vanadium (V) - V_2O_5 ;
- Oxyde d'Argent (I) - Ag_2O ;
- Oxyde de Molybdène (VI) - MoO_3 ,

[0026] La première composition 8 comprend également un réducteur, à base par exemple de l'aluminium, du baryum, du magnésium, du manganèse, du potassium ou de soufre. A titre de variante, la première composition 8 pourra comprendre d'autres couples d'oxydoréduction par exemple un couple permanganate glycé-

[0027] On choisit avantageusement le couple d'oxydoréduction de la première composition 8 de manière à ce que celle-ci ne soit initiée que lorsque la composition 8 est portée à une température minimale T_3 dont la valeur est supérieure à environ 1500°C. La température T_3 correspond à la température à partir de laquelle la réaction d'oxydoréduction de la composition 8 est initiée. Ainsi, de la même manière que le gaz liquéfié G, la réaction d'oxydoréduction de la première composition 8 ne peut être déclenchée que pour une température relativement élevée en regard d'éventuelles sources de chaleur accidentelles, de sorte qu'un incendie ou l'impact d'un rayon solaire ne peuvent pas déclencher accidentellement la réaction.

[0028] L'enveloppe 2 comprend également un boîtier 9 qui est placé dans l'enveloppe 2 de façon à baigner

dans la première composition 8. Le boîtier 9 est préférentiellement de forme cylindrique et est disposé au sein de l'enveloppe 2 parallèlement et latéralement à l'axe de révolution de la forme cylindrique de l'enceinte. En pratique, le boîtier 9 est fixé au bouchon de sécurité 6 par l'une des extrémités longitudinales du boîtier 9, de façon à faire saillie du bouchon de sécurité 6 vers l'intérieur de l'enveloppe 2. Le boîtier 9 renferme une deuxième composition réactive 10 qui est conçue pour entrer en combustion pour initier la réaction d'oxydoréduction de la première composition 8. La combustion de la deuxième composition 10 produit préférentiellement une température T2 proche de T3, ou supérieure à T3, et en l'espèce comprise entre 1500°C et 2000°C. La deuxième composition 10 comprend par exemple les mêmes réactifs que ceux de la première composition 8. Le boîtier 9 est préférentiellement fermé par des opercules 11 et 12 de forme discoïde à chacune de ses extrémités.

[0029] Comme visible sur la figure 1, le bouchon de sécurité 6 comprend une empreinte de montage 13, laquelle forme un perçage de forme générale cylindrique ménagée dans le corps du bouchon 6. L'empreinte 13 débouche sur la partie externe de l'enveloppe 2 et s'étend jusqu'à un fond d'empreinte 14. L'empreinte de montage 13 s'étend de préférence parallèlement à, voire de façon coaxiale avec, le boîtier 9. L'opercule 11 du boîtier 9, formant l'extrémité du boîtier 9, tournée vers le bouchon 6 est disposé au fond de l'empreinte de montage 13 afin de donner sur l'extérieur de l'enveloppe 2 par l'intermédiaire de cette empreinte de montage 13.

[0030] Le dispositif d'initiation 3 comprend un culot 15 de forme générale cylindrique qui est conçu pour être monté au sein de l'empreinte de montage 13, comme illustré à la figure 2. Ainsi, le dispositif d'initiation 3 est conçu pour être monté sur l'enveloppe 2 par l'intermédiaire du bouchon 6. L'empreinte 13 et le culot 15 incluent des moyens de retenue 16 et 17 du dispositif d'initiation 3 sur l'enveloppe 2. Ces moyens de retenue peuvent être un système de griffes et de gorge, tel qu'illustré, ou, en variante, un pas de vis associé à un taraudage pour visser le culot 15 dans l'empreinte de montage 13. Le culot 15 comprend une première extrémité qui est fermée par un opercule 18. Ce dernier est conçu pour venir en contact avec l'opercule 11 lorsque le dispositif d'initiation 3 est monté au sein de l'empreinte 13. Le dispositif d'initiation 3 vient ainsi en contact avec le boîtier 9 lorsqu'il est monté au sein de l'enveloppe 2.

[0031] Le culot 15 comprend également une deuxième extrémité sur laquelle une allumette électrique 19 est montée, de manière à fermer le culot 15. L'allumette 19 comprend des câbles électriques 20 qui permettent de l'alimenter à l'énergie électrique, ou pour le moins de commander son déclenchement, c'est-à-dire l'allumage, de cette allumette 19. Les câbles électriques 20 s'étendent à partir de la deuxième extrémité du culot 15 afin de pouvoir être accessible depuis l'extérieur de l'enveloppe 2 lorsque le dispositif d'initiation 3 est monté sur cette dernière. L'allumage de l'allumette 19 peut ainsi

être commandé à distance par l'intermédiaire des câbles électriques 20. Le montage de l'allumette 19 est renforcé par un collier annulaire 21 qui permet de maintenir l'allumette électrique 19 au sein du culot 15.

[0032] Le dispositif d'initiation 3 comprend une troisième composition 22 réactive qui est enfermée dans le culot 15. Cette troisième composition 22 peut être par exemple de la poudre « flash », ou une composition à base de fines poudres métalliques pouvant générer une réaction exothermique. La troisième composition 22 est avantageusement prévue dans une quantité inférieure ou égale à 5g (grammes) et de préférence égale à 1g. La troisième composition 22 est préférentiellement conçue pour entrer en réaction sous la simple action d'une étincelle, et en particulier d'une étincelle provenant de l'allumette 19. On comprend ainsi que l'allumette 19 forme un moyen d'allumage électrique conçu pour initier la combustion de la troisième composition 22. En l'espèce, le moyen d'allumage électrique 19 baigne dans la troisième composition 22, ou est pour le moins placé à proximité de cette dernière. La troisième composition 22 et le moyen d'allumage électrique 19 forment ainsi un moyen de commande du système 1. Le dispositif d'initiation 3 comprend donc un moyen de commande 19, 22 pour initier, lorsque le dispositif d'initiation est inséré dans l'enveloppe 2, une combustion de la deuxième composition 10, laquelle permet d'initier à son tour la réaction d'oxydoréduction de la première composition 8. Ainsi, la réaction d'oxydoréduction de la première composition 8 a lieu à la suite de l'entrée en combustion de la troisième composition 22 de sorte que le dispositif d'initiation 3 permet de commander, par l'intermédiaire du moyen d'allumage 19, la vaporisation expansive du gaz liquéfié G.

[0033] On comprend que, lorsque le dispositif d'initiation 3 et l'enveloppe 2 sont séparés comme c'est le cas dans la figure 1, le dispositif d'initiation 3 ne peut pas déclencher cette suite de réactions dans la mesure où la troisième composition 22 est placée à l'écart de la deuxième composition 10. Ainsi, le système 1 est particulièrement sécuritaire.

[0034] Lors de l'allumage de l'allumette 19, la troisième composition 22 permet avantageusement de briser les opercules 18 ainsi que les opercules 11 et 12 tout en projetant la deuxième composition 10 vers l'extérieur du boîtier 9 en direction de l'intérieur de l'enveloppe 2, c'est-à-dire en direction de l'extrémité du boîtier 9 sur laquelle était placé l'opercule 12. La deuxième composition 10 est alors avantageusement déversée dans l'enceinte 4 de manière à être mise en contact et mélangée avec la première composition 8, tout en entrant en réaction, afin de communiquer la chaleur de cette réaction à la première composition 8. Cette dernière entre alors elle-même en réaction.

[0035] En variante, le dispositif 3 et le boîtier 9 peuvent être fixés l'un à l'autre à demeure pour former un ensemble d'un seul tenant.

[0036] Aux figures 3 et 4, le système 1 est représenté dans un contexte de fracturation d'un matériau solide 23.

En l'espèce, le matériau 23 représenté est de la roche. Le système 1 permet de mettre en oeuvre un procédé de fracturation du matériau 23.

[0037] Selon ce procédé de fracturation, on fore un logement 24 dans le matériau 23. Le logement 24 foré est de préférence de forme cylindrique et présente une géométrie permettant l'insertion du système 1 en son sein. En particulier, le logement 24 présente un diamètre identique ou légèrement supérieur à celui de l'enveloppe 2. Le logement 24 est foré à partir de la surface du matériau 23, jusqu'à une région interne de ce dernier, se situant au centre du matériau 23. Le logement 24 s'étend ainsi depuis une entrée 28 jusqu'à un fond 30 du logement.

[0038] Avant, pendant ou après le forage du logement 24, on monte le dispositif d'initiation 3 sur l'enveloppe 2. Le système 1 est ainsi prêt à être inséré dans le logement 24. Toutefois, pour des raisons de sécurité, cette étape de montage est préférentiellement réalisée après l'étape de forage et avant une étape d'insertion, décrite juste ci-après.

[0039] L'étape d'insertion consiste à insérer le système 1 dans le logement 24. En pratique, le système 1 est inséré de manière à ce que le fond 5 de l'enveloppe 2 soit dirigé vers le fond 30 du logement 24, tel qu'illustré. Le bouchon de sécurité 6 est quant à lui préférentiellement placé en direction de l'entrée du logement 24. De même, le dispositif d'initiation 3 est orienté du côté de l'entrée 28, de manière à ce que les câbles 20 puissent s'étendre depuis l'enveloppe 2 jusqu'à l'extérieur du logement 24 et soient ainsi accessibles depuis l'extérieur du matériau 23. En pratique, on prévoit des câbles 20 d'une longueur suffisante pour permettre l'activation du système 1 depuis une distance de plusieurs mètres, voir depuis une distance de plusieurs dizaines de mètres du matériau 23, pour des raisons de sécurité.

[0040] On procède ensuite à une obturation de l'entrée 28 du logement 24 à l'aide d'un matériau de bouchage 25, qui permet de confiner le système 1, et en particulier l'enveloppe dans le fond du logement 24, de sorte que l'espace entre le matériau de bouchage 25 et le logement 24 est un espace clos. De préférence, le matériau de bouchage 25 bouche le logement 24 de manière à être en contact avec le bouchon de sécurité 6 de façon à retenir toute éjection de ce dernier.

[0041] On commande ensuite l'initiation de la réaction d'oxydoréduction de la première composition 8 à l'aide du dispositif d'initiation 3 afin de provoquer la vaporisation expansive du gaz liquéfié G. Des fissures 26 apparaissent alors dans le matériau 23, tel qu'illustrées à la figure 4.

[0042] Dans la mesure où le bouchon de sécurité 6 a été retenu par le matériau de bouchage 25, l'enceinte annulaire 4 a éclaté, tout comme le réservoir 7. Les trois compositions 8, 10 et 22 ont été consommées lors de la réaction, au moins partiellement. Dans le cas où le matériau de bouchage 25 ne retient pas le bouchon 6, celui-ci est éjecté. Dans ce cas, si le matériau de bouchage

confine suffisamment le système 1 dans le fond du logement 24, le matériau 25 est tout de même fracturé sous la pression du gaz G.

[0043] En revanche, dans le cas où l'obturation de l'entrée 28 est omise, ou mal effectuée, ou alors que le système 1 est à l'air libre parce qu'il n'a pas été inséré dans le logement 24, et que l'oxydoréduction de la composition 8 est initiée, il se produit alors une éjection du bouchon de sécurité 6 et une absence d'éclatement de l'enceinte annulaire 4. Dans ce cas, il ne se produit pas de fracturation du matériau 23, et le gaz initialement liquéfié G s'échappe de l'enveloppe 2 ouverte.

[0044] Les différentes variantes envisagées ci-dessus peuvent être combinées pour générer de nouveaux modes de réalisation de l'invention.

Revendications

1. Système (1) de fracturation d'un matériau solide (23), tel que de la roche, du béton ou de la glace, le système comprenant :

- une enveloppe (2), qui contient et regroupe à la fois un réservoir (7) renfermant un gaz liquéfié (G) sous pression, et une première composition réactive (8) qui, par réaction d'oxydoréduction exothermique, porte le gaz liquéfié au-delà d'une température limite (T_L) et provoque ainsi une vaporisation expansive du gaz liquéfié, et
- un dispositif d'initiation (3), qui est conçu pour être monté sur l'enveloppe et qui comprend un moyen de commande (19, 22) pour initier, lorsque le dispositif d'initiation est monté sur l'enveloppe, la réaction d'oxydoréduction de la première composition.

2. Système (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première composition (8) est prévue pour que la réaction d'oxydoréduction produise une température (T_1) supérieure à la température limite (T_L), et comprise entre environ 1500°C et 4000°C.

3. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première composition (8) comprend des particules d'oxydes métalliques et un réducteur.

4. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'enveloppe (2) comprend un boîtier (9) qui est placé dans l'enveloppe de façon à baigner dans la première composition (8), et de façon à ce que le dispositif d'initiation (3) vienne en contact avec le boîtier lorsque que le dispositif d'initiation est monté sur l'enveloppe, le boîtier renfermant une deuxième composition réactive (10), le moyen de commande (19, 22) étant conçu pour initier une combustion de la

deuxième composition et ainsi initier la réaction d'oxydoréduction de la première composition.

5. Système (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la combustion de la deuxième composition (10) produit une température (T2) comprise entre environ 1500°C et 2000°C, laquelle est supérieure ou égale à une température (T3) minimale d'initiation de la réaction d'oxydoréduction de la première composition (8). 5
10

6. Système (1) selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le moyen de commande comprend une troisième composition réactive (22) et un moyen d'allumage électrique (19) conçu pour initier une combustion de la troisième composition, qui initie la combustion de la deuxième composition (10). 15

7. Système (1) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la troisième composition (22) est prévue dans une quantité inférieure ou égale à 5 grammes, de préférence égale à 1 gramme. 20

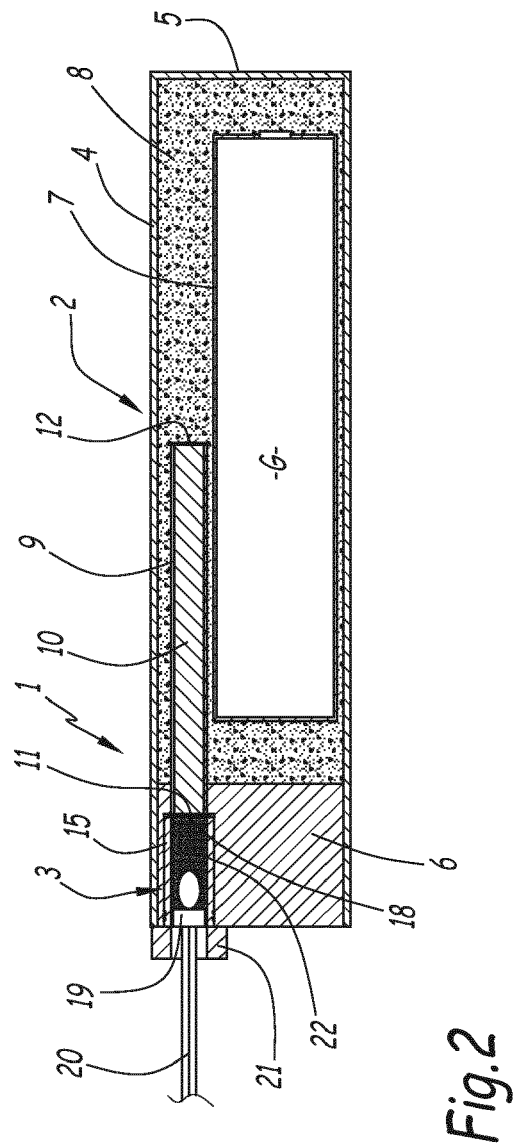
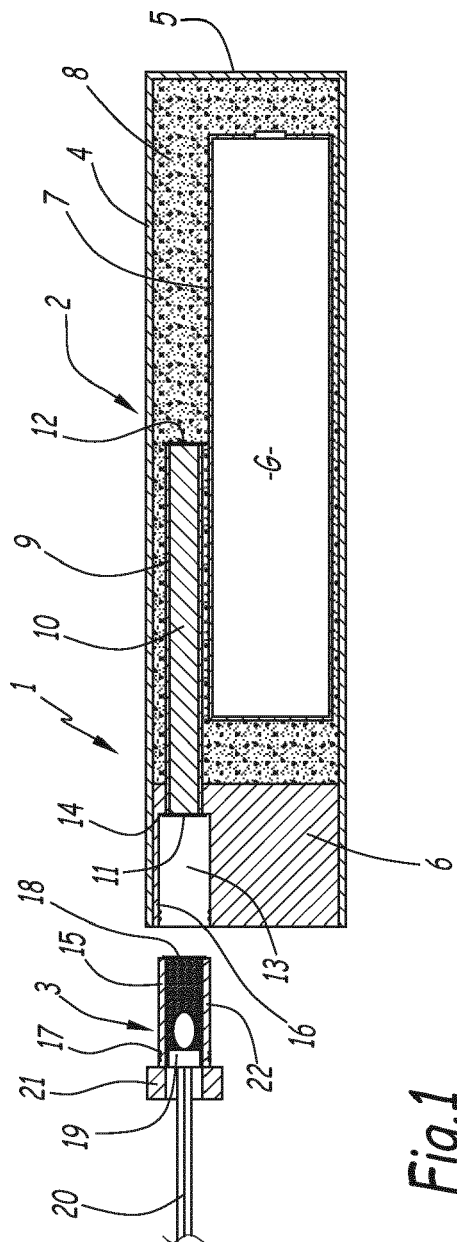
8. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'enveloppe (2) comprend une enceinte annulaire (4) et un fond (5) fermant une extrémité de l'enceinte annulaire, l'enveloppe comprenant en outre un bouchon de sécurité (6) monté à une autre extrémité de l'enceinte de manière à fermer cette dernière, le montage du bouchon de sécurité (6) sur l'enceinte annulaire (4) est conçu pour, lors de la vaporisation expansive du gaz liquéfié (G) : 25
30
35
 - soit éjecter le bouchon de sécurité sous la pression du gaz liquéfié,
 - soit rompre la paroi annulaire (4) si l'éjection du bouchon de sécurité est empêchée.40

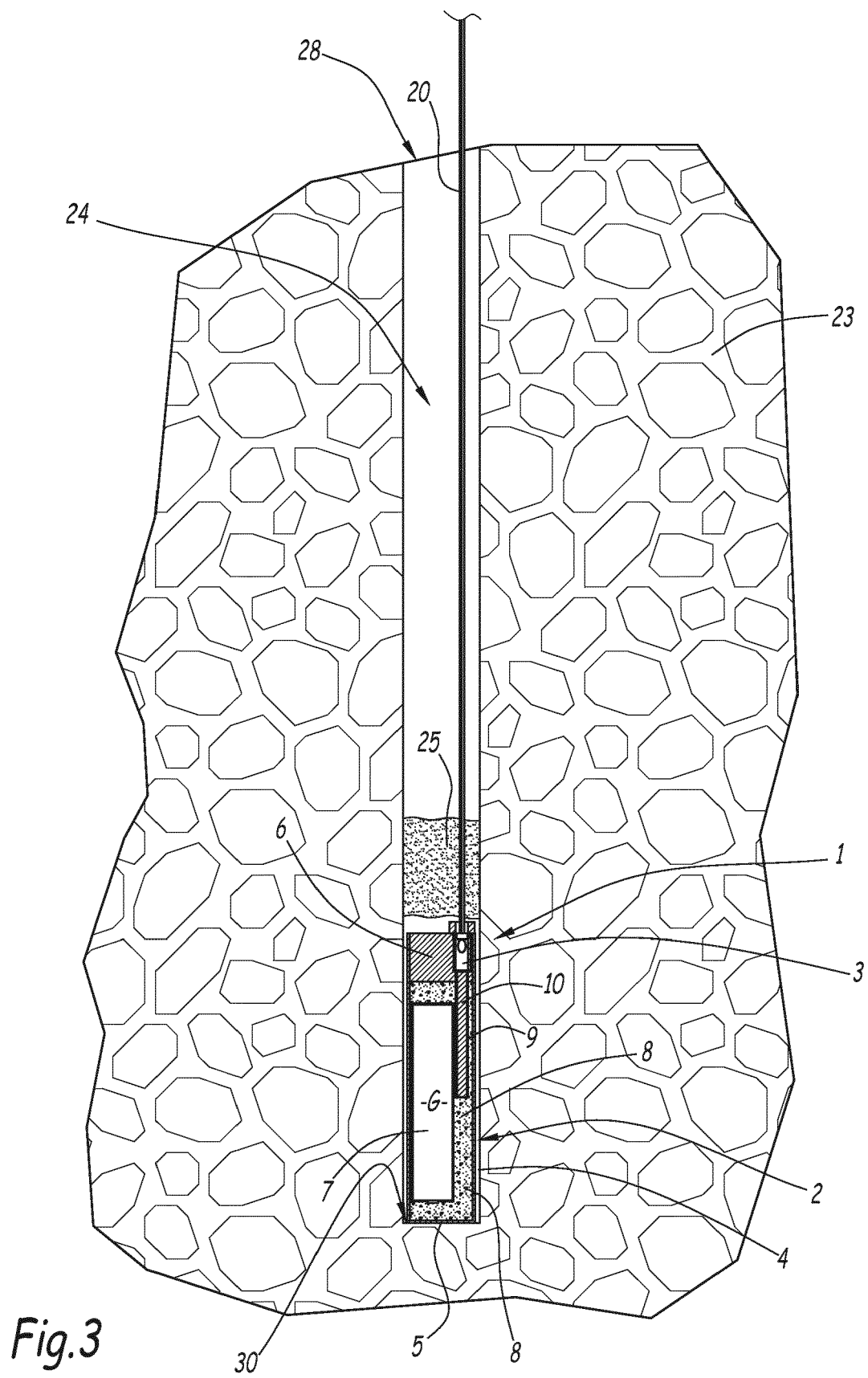
9. Procédé de fracturation d'un matériau solide (23), tel que de la roche, du béton ou de la glace, à l'aide d'un système (1) conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, le procédé comportant des étapes de : 45
 - a) forage d'un logement (24) dans le matériau, le logement s'étendant entre une entrée (28) et un fond (30) du logement,
 - b) insertion du système dans le logement, une fois que le dispositif d'initiation (3) du système a été monté sur l'enveloppe (2) du système, 50
 - c) obturation de l'entrée du logement, et
 - d) commande de l'initiation de la réaction d'oxydoréduction de la première composition (8), à l'aide du dispositif d'initiation. 55

10. Procédé selon la revendication 9, effectué avec un

système (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre une étape e) d'éjection du bouchon de sécurité (6), qui est mise en oeuvre à la suite de l'étape d) si :

- l'étape c) d'obturation n'est pas réalisée, ou si
- l'étape b) d'insertion du système dans le logement n'est pas réalisée.





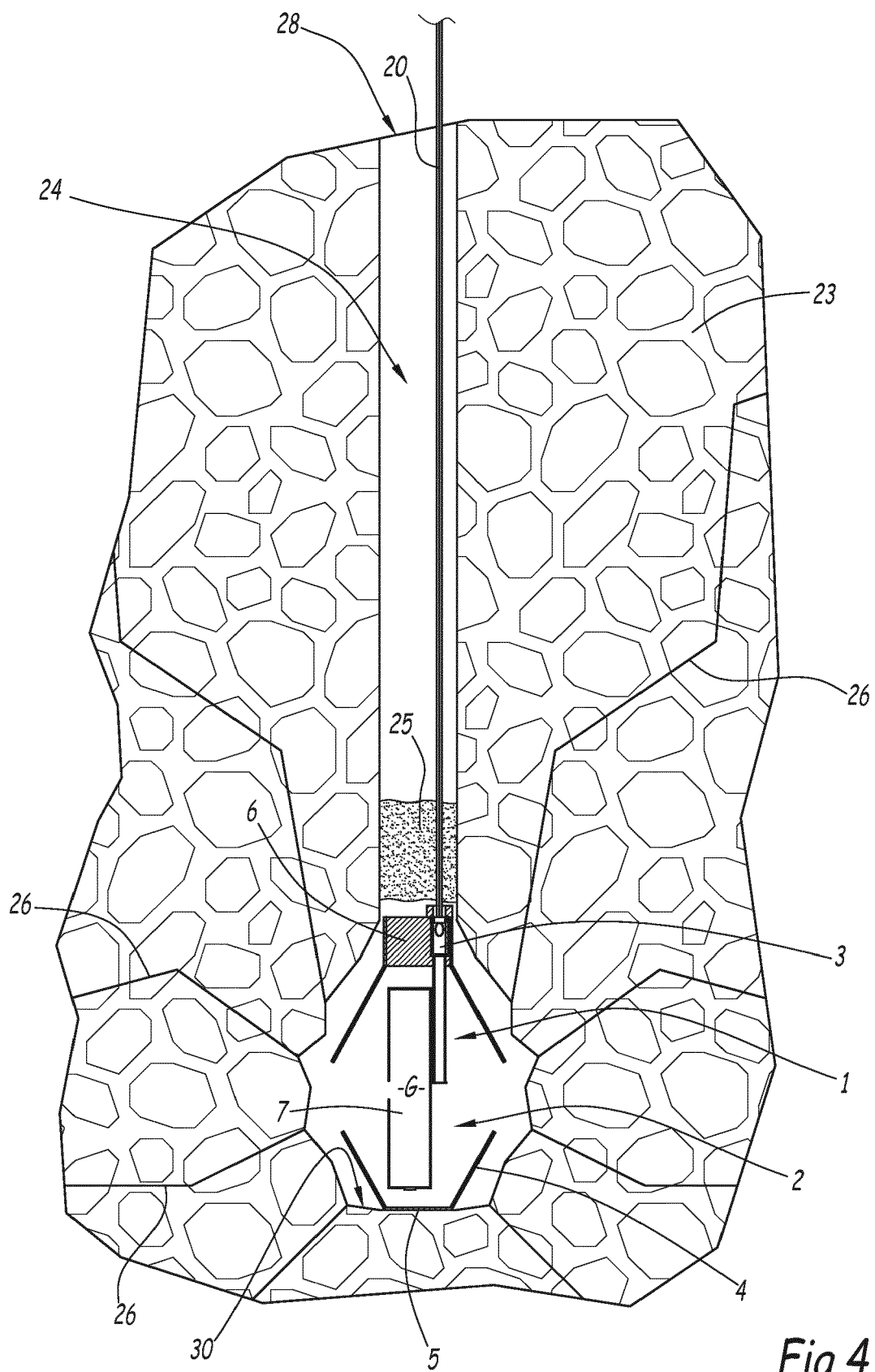


Fig.4



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 18 8158

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	KR 2008 0083375 A (WON YOUN HO [KR]) 18 septembre 2008 (2008-09-18)	1-3,9	INV. E21C37/14
Y	* alinéas [0015], [0032], [0033],	4-7	C06D5/00
A	[0040], [0048], [0056]; figure 1 *	8,10	C06D5/02
	-----		C06B43/00
X	CN 103 993 880 A (HUNAN HANSHOU COAL MINE MACHINERY CO LTD) 20 août 2014 (2014-08-20)	1-3,9	C06C9/00
Y	* figures 1, 4 *	4-7	
A		8,10	

X	DE 512 955 C (CURT BUNGE) 20 novembre 1930 (1930-11-20)	1-3	
A	* colonne 1, ligne 1 - ligne 7 *	4-10	

Y	US 4 989 515 A (KELLY MICHAEL D [US] ET AL) 5 février 1991 (1991-02-05)	4-7	
	* colonne 1, lignes 31-37; colonne 3, lignes 30-43; figure 1 *		

X	"COAL EQUIPMENT", ENGINEERING AND MINING JOURNAL - E/MJ, MINING MEDIA, ENGLEWOOD, CO, US, vol. 195, no. 9, 1 septembre 1994 (1994-09-01), page 16F, XP000606721, ISSN: 0095-8948	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) E21C C06D C06C F42D C06B
A	* le document en entier *	2-10	

A	JP 2007 075750 A (KAWAI LIME IND) 29 mars 2007 (2007-03-29)	1-10	
	* alinéas [0001], [0015], [0016] *		

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		24 janvier 2017	Kappen, Sascha
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : 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 16 18 8158

5 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.

24-01-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
KR 20080083375 A	18-09-2008	AUCUN	
CN 103993880 A	20-08-2014	AUCUN	
DE 512955 C	20-11-1930	AUCUN	
US 4989515 A	05-02-1991	AUCUN	
JP 2007075750 A	29-03-2007	AUCUN	

EPO FORM P0460

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