(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 231 786 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
18.10.2017 Bulletin 2017/42

(51) Int Cl.:
C06B 23/00 *(2006.01)* ***C06B 47/14*** *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **17166162.2**

(22) Date de dépôt: **12.04.2017**

(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

(30) Priorité: **13.04.2016 FR 1653261**

(71) Demandeur: **Nitrates&Innovation**
75008 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **RIQUEAU, Nicolas**
  13910 MAILLANE (FR)
- **JAUFFRET, Gilles**
  84800 LAGNES (FR)
- **GENRE, Cédric**
  13560 SENAS (FR)

(74) Mandataire: **Domange, Maxime et al**
Cabinet Beau de Lomenie
232 Avenue du Prado
13008 Marseille (FR)

(54) MÉLANGEUR STATIQUE AVEC UN DISPOSITIF DE CISAILLEMENT ET PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'EXPLOSIF

(57) La présente invention concerne un 1. Procédé de production in situ de produit explosif (10) comprenant les étapes dans lesquels :
1) on transfère séparément jusqu'à un premier mélangeur (7), une matrice comprenant une émulsion et, un produit liquide contenant un réactif de gazéification, et
2) on mélange ladite matrice, et ledit réactif de gazéification, dans ledit premier mélangeur (7) à travers lequel les dite matrice et réactif de gazéification sont transférée en mélange, et
3) on transfère et dépose ledit produit explosif obtenu en sortie du dit premier mélangeur, dans un trou pour explosion (21), dans ou au-dessus duquel l'extrémité avale du premier mélangeur est disposée,
caractérisé en ce qu'avant l'étape 3), on réalise une augmentation de la viscosité du dit mélange de dite matrice et dit réactif de gazéification par cisaillement au sein d'un tube ou tuyau fourreau (6,7) dans lequel la dite matrice et dit réactif de gazéification sont transférés, en passant le dit mélange dans un dispositif de cisaillement (10) au sein dudit tuyau ou tube (6,7).

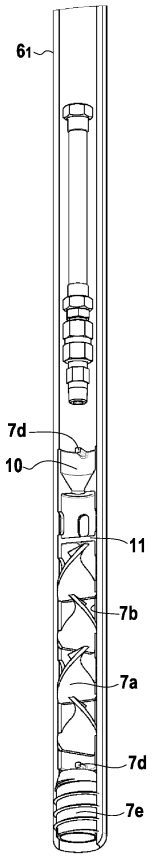


FIG.4b

EP 3 231 786 A1

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine de la préparation et mise en oeuvre des produits explosifs notamment des émulsions explosives utilisées dans l'industrie d'extraction de matière première et minière.

[0002] Ces produits sont systématiquement constitués à partir d'une émulsion de base dite inverse ou « eau dans huile » aussi appelée « matrice » obtenue par un mélange de :

- une phase continue organique, constituée mélange de divers combustibles tel que huiles minérales, gasoil, et
- une phase aqueuse discontinue constituée de divers sels comburants en solution aqueuse.

[0003] Les matières premières comburantes les plus fréquemment utilisées dans cette industrie sont : le nitrate d'ammonium, le nitrate de sodium, le nitrate de calcium. En ce qui concerne les combustibles il s'agit du gasoil soit pur soit en mélange avec des huiles minérales neuves ou usagées, notamment d'huile moteur recyclée.

[0004] Pour conférer à ce mélange des caractéristiques de détonation améliorée, il faut, de manière connue, disperser en son sein de manière homogène des « porosités ». A ce jour, la méthode majoritairement employée dans l'industrie pour la sensibilisation des émulsions vrac ou en cartouches est la gazéification par voie chimique. Cela consiste à générer chimiquement et de manière la plus homogène possible des bulles de gaz dans le milieu. Les « porosités » ainsi obtenues vont former des points chauds, initiateurs de la détonation et ainsi contribuer à entretenir la propagation d'une onde de choc issue du système d'amorçage.

[0005] La présente invention concerne la fabrication de charges explosives à partir d'une émulsion ou matrice que l'on sensibilise par mélange avec des réactifs qui réagissent avec l'émulsion et génèrent une gazéification par voie chimique.

[0006] Plus particulièrement, mais de manière non limitative, pour réagir avec de l'ammonium de la dite matrice émulsion (ci-après M), on met en oeuvre un réactif de gazéification (ci-après R) à base de nitrite de sodium ou équivalent en présence d'un catalyseur tel qu'un acide, notamment de l'acide acétique de la réaction chimique suivante :

$$NH4^{+} + NO^{2-} \longrightarrow \nearrow N2 + 2\ H2O$$

[0007] Cette réaction chimique génère dans le produit des bulles d'azote gazeux qui rend le produit explosif et conduit à une diminution de la densité finale du produit de mélange obtenu. Généralement on passe d'une densité initiale di de la matrice M di=1 à 2 que l'on diminue à une valeur dj= 0.5 à 1.5 en fonction de la proportion de réactif R/M, typiquement di=1.4 et dj= 1.2 à 0.9.

[0008] Dans la suite du texte on entend ici par matrice ou émulsion, l'émulsion elle-même complétée par un composant catalyseur et de préférence aussi de l'eau pour servir de lubrifiant faciliter le déplacement de l'émulsion visqueuse au sein de la conduite de chargement.

[0009] En effet, la présente invention concerne plus particulièrement la mise en oeuvre de ces produits au sein d'un trou dans lequel on place une charge d'amorçage et un fil de détonateur et dans lequel les produits explosifs (mélange émulsion + réactif de gazéification) sont transférés à l'aide d'une conduite flexible de chargement.

[0010] La présente invention concerne plus particulièrement un procédé dans lequel on réalise le mélange de l'émulsion et des réactifs de porosité sur le site de mise en oeuvre de l'explosif et plus particulièrement dans un trou, notamment un trou de mine, que l'on alimente en charge explosive à l'aide d'une conduite de transfert depuis une installation où est fabriqué et/ou stockés la matrice émulsion à distance du trou. Typiquement le trou présente une profondeur de 5 à 30m et un diamètre de 5 à 50 cm.

[0011] La matière première de base, la matrice émulsion, peut être produite sur site par une usine modulaire telle que décrite dans PCT/FR2014/050032 ou par l'intermédiaire d'installation mobile donc des camions transportant des matériels utiles pour la fabrication qui se rendent sur le site d'utilisation (mines, carrières ou chantier de Travaux Publics) pour la production d'explosif.

[0012] Le transfert et le mélange des 2 composants, émulsion d'une part et réactif de gazéification d'autre part pose un certain nombre de difficultés suivantes.

[0013] Dans WO 2015/140462 au nom de la demanderesse on a décrit un procédé et une installation de production de produit explosif comprenant la mise en oeuvre de conduites flexibles de chargement dans un trou fiables, sécurisés et simples à réaliser et mettre en oeuvre d'une part et qui permettent de :

- changer en temps réel, de façon fiable et précise, la densité du produit final en cours de chargement et production en sortie de la conduite de transfert dans le trou en cours de remplissage du trou en continu sans avoir à purger

et/ou sortir la conduite de chargement du trou, et, pour ce faire de façon optimale,

- mettre les deux composants en contact l'un avec l'autre et mélanger au niveau d'un mélangeur statique dans le trou en aval de la conduite de transfert déroulée depuis un tambour enrouleur, et

- raccourcir sans difficultés les conduites de transfert lorsque leurs extrémités se dégradent par usure et frottement dans le trou, et

- tout en évitant les risques générer par la présence éventuelle de pièce métallique exposée non protégées dans le trou.

[0014] Pour ce faire, dans WO 2015/140462 le procédé de production in situ de produit explosif comprend les étapes dans lesquels :

1) on transfère séparément jusqu'à un premier mélangeur, avec une première pompe, un produit visqueux, dénommé matrice, comprenant une émulsion inverse d'une phase aqueuse de comburant et phase huileuse de combustible et avec une deuxième pompe, un produit liquide contenant un composé chimique apte à réagir avec la dite matrice pour en augmenter le caractère explosif par gazéification, dénommé réactif de gazéification, depuis des réservoirs comprenant au moins :

- un premier réservoir contenant la dite matrice à base de dite émulsion explosive, et

- un deuxième réservoir contenant ledit réactif de gazéification, et

2) on mélange ledit produit visqueux de dite matrice, et ledit produit liquide de dit réactif de gazéification, dans un mélangeur statique à travers lequel les dite matrice et réactif de gazéification sont transférée en mélange, et

3) on transfère et dépose ledit produit explosif obtenu en sortie du dit premier mélangeur, dans un trou pour explosion, dans ou au-dessus duquel l'extrémité avale du premier mélangeur est disposée, le dit trou étant situé à distance des dits réservoirs, de préférence encore à au moins 20 m, trou, de préférence un trou de forage sensiblement cylindrique, dans lequel de préférence on a précédemment placé une charge d'amorçage d'explosif et un détonateur relié à un fil de détonateur, et

dans lequel :

- à l'étape 1), on commande et contrôle les quantités et/ou débits de dite matrice et de dit réactif de gazéification entrant dans ledit premier mélangeur de manière à produire un dit produit explosif présentant une densité de valeur déterminée en sortie de premier mélangeur à l'étape 2), et

- à l'étape 3), on fait varier la densité du produit explosif obtenu en cours de remplissage selon la quantité de produit explosif déposé et/ou selon la profondeur à laquelle on dépose le produit explosif dans un même trou ou d'un trou à l'autre dans différents trous.

[0015] Selon WO 201540462, les dits premier et deuxième tuyaux flexibles sont réunis l'un avec l'autre de sorte que le dit deuxième tuyau est disposé entièrement à l'intérieur du premier tuyau formant un ensemble de tuyaux coaxiaux, la dite matrice étant véhiculée sans contact avec le réactif de gazéification dans l'espace annulaire entre les deux tuyaux coaxiaux, ledit premier mélangeur étant disposé à l'intérieur du premier tuyau à son extrémité avale, ledit deuxième tuyau se terminant juste en amont dudit premier mélangeur.

[0016] Ainsi, le réactif de gazéification est véhiculé séparément sans contact avec la matrice jusqu'à ce qu'il débouche dans le mélangeur statique au sein duquel un mélange intime des deux produit est réalisé pour produire le produit explosif en sortie du mélangeur statique à l'extrémité avale du premier tuyau. Ledit premier tuyau ou tuyau externe est solidarisé au dit deuxième tuyau ou tuyau interne seulement au niveau d'une pièce de connexion et alimentation en amont du dit tambour.

[0017] Le procédé selon WO 201540462 consiste donc, à faire varier les proportions respectives de réactif de gazéification et de matrice émulsion entrant dans le mélangeur pour changer en temps réel la densité du produit arrivant dans le trou et ce lors d'une seule et même procédure de remplissage. Ceci est rendu possible, entre autre, du fait que les réactifs R et matrice M sont mis en contact juste avant le mélangeur et que le produit explosif déposé dans le trou sort directement du dit mélangeur. Il est donc ainsi possible -selon l'invention- d'adapter automatiquement l'énergie de l'explosif au massif rocheux de manière simple en faisant un seul remplissage d'explosif en continu ou dans un même

cycle de production, une seule séquence de pompage d'explosif , une seule séquence en continue signifiant ici que l'on met le tuyau de dépose dans le trou, puis actionne la pompe de transfert et dépose et ressort le tuyau qu'après remplissage du trou jusqu'au niveau souhaité.

[0018] Le procédé selon WO 201540462 permet donc de modifier quasiment en temps réel la densité du produit et donc de l'énergie volumique de l'explosif, celle-ci étant inversement proportionnelle à sa densité, et plus particulièrement, de faire varier la densité du produit permet d'avoir une densité élevée, dans le fond du trou et une densité allégée dans la colonne en hauteur.

[0019] Un problème de ce type de procédé est d'obtenir des mélange de densité homogène ou reproductible et donc d'affiner le contrôle de la composition et donc de la densité du mélange.

[0020] Un autre problème est de pouvoir obtenir une plage de densité élargie du produit de mélange

[0021] Un autre problème est de mieux maîtriser et aussi de réduire le temps de réaction entre la matrice d'émulsion et le réactif de gazéification qui se produit dans le trou après dépose du mélange dans celui-ci.

[0022] Plus généralement, le but de la présente invention est donc d'améliorer les conditions de mises en oeuvre du procédé de production in situ de produit explosif ci-dessus et notamment aussi la sécurité du procédé.

[0023] Pour ce faire, on a découvert selon la présente invention que l'effet technique du mélangeur statique était considérablement amélioré en vue de résoudre les problèmes ci-dessus si le mélange était soumis à un traitement d'augmentation de sa viscosité par cisaillement en aval ou de préférence amont du mélangeur statique de préférence en multipliant au moins par deux la viscosité du mélange.

[0024] Plus précisément, la présente invention fournit un procédé de production in situ de produit explosif comprenant les étapes dans lesquels :

1) on transfère séparément jusqu'à un premier mélangeur comprenant de préférence un mélangeur statique, un produit visqueux, dénommé matrice, comprenant une émulsion inverse d'une phase aqueuse de comburant et phase huileuse de combustible et, un produit liquide contenant un composé chimique apte à réagir avec la dite matrice pour en augmenter le caractère explosif par gazéification, dénommé réactif de gazéification, et

2) on mélange ledit produit visqueux de dite matrice, et ledit produit liquide de dit réactif de gazéification, dans ledit premier mélangeur à travers lequel les dite matrice et réactif de gazéification sont transférée en mélange, et

3) on transfère et dépose ledit produit explosif obtenu en sortie du dit premier mélangeur, dans un trou pour explosion, dans ou au-dessus duquel l'extrémité avale du premier mélangeur est disposée,

caractérisé en ce qu'avant l'étape 3), on réalise une augmentation de la viscosité du dit mélange de dite matrice et dit réactif de gazéification par cisaillement au sein d'un tube ou tuyau dans lequel la dite matrice et dit réactif de gazéification sont transférés, en passant le dit mélange dans un dispositif de cisaillement au sein dudit tuyau ou tube.

[0025] Le dispositif de cisaillement peut être disposé en aval ou de préférence en amont du dit mélangeur.

[0026] Plus particulièrement, le dispositif de cisaillement comprend une paroi définissant une surface de révolution par rapport à l'axe longitudinale XX' dudit tuyau ou tube formant un canal interne de passage du mélange, surface de révolution dont la superficie de la section transversale de passage du dit mélange diminue progressivement d'une section de passage en entrée du dispositif de cisaillement de superficie S1 jusqu'à une section de passage en sortie du dispositif de cisaillement de superficie S2 inférieure à S1 et débouchant dans une zone du dit tube ou tuyau de plus grande section transversale que la dite section de passage en sortie.

[0027] Plus particulièrement encore, le dispositif de cisaillement comprend une paroi tronconique ou de type tronconique dénommé cône de restriction formant un canal interne de passage du mélange, dont la section transversale de passage du mélange à l'intérieur du dit cône de restriction diminue progressivement en passant d'une section de passage circulaire en entrée du cône de restriction jusqu'à une section de passage en sortie du cône de restriction de dimension réduite, la dite section de sortie étant circulaire ou oblongue.

[0028] On entend ici par « surface tronconique ou « de type tronconique», une surface de révolution définie par une génératrice constituée par une droite inclinée par rapport à un axe longitudinale et formant un tour autour du dit axe selon une inclinaison fixe pour une surface tronconique ou inclinaison variable pour une surface de type tronconique, de manière à définir :

- à une première extrémité dans la direction axiale longitudinale, une grande section transversale - c'est à dire dans un plan perpendiculaire à la dite direction axiale longitudinale- la dite grande section transversale étant circulaire, et

- à une deuxième extrémité dans la direction axiale longitudinale, une petite section transversale de plus petite superficie que la grande section transversale, ladite petite section transversale étant circulaire pour une surface tronconique ou respectivement oblongue pour une surface de type tronconique.

[0029] Cette augmentation de la viscosité du mélange assure un mélange plus intime entre la matrice d'émulsion et le réactif de gazéification. Cela permet d'obtenir une gazéification mieux maîtrisée, à savoir plus rapide, plus homogène ou plus reproductible et enfin un rendement de la réaction de gazéification optimisé par rapport à la stoechiométrie en termes de quantités des produits mis en oeuvre.

[0030] Plus particulièrement, du fait d'un meilleur rendement de la réaction de gazéification, on peut diminuer jusqu'à 15% voire 25% la quantité de réactif de gazéification à mettre en oeuvre comparativement avec un même mélangeur sans dispositif de cisaillement.

[0031] Les bulles de gaz sont mieux bloquées dans le mélange grâce à la viscosité plus élevée (meilleure tenue des bulles de gaz dans la matrice) d'où la possibilité d'en incorporer davantage et ainsi de descendre plus bas en densité. Ceci est intéressant dans certaines applications lorsque l'on veut faire de l'énergie optimisée (objectif final) et donc ceci offre plus de souplesse car la plage de densité est plus large. Ceci est intéressant également lorsque l'on veut réduire l'énergie, et donc la densité, pour des applications spéciales comme le découpage.

[0032] Un autre avantage est d'obtenir une gazéification plus rapide dans le trou avant bourrage, ce qui se traduit concrètement sur le terrain par la possibilité de mettre le bourrage dans le trou par-dessus le mélange explosif plus vite et donc de gagner du temps sur le cycle du tir.

[0033] Un autre avantage de l'augmentation de viscosité est d'obtenir une meilleure précision du chargement c'est-à-dire de mieux maîtriser la dépose du produit en termes de quantité (consommation d'explosif est mieux maîtrisée) et de précision de la localisation (moins de coulure, moins de perte dans des fissures).

[0034] Un autre avantage de l'augmentation de viscosité est d'obtenir une meilleure portance de la colonne du mélange explosif dans le trou de mine après dépose.

[0035] Plus particulièrement encore, on réalise une augmentation de la viscosité du dit mélange d'au moins un facteur 2.

[0036] Plus particulièrement encore, le rapport des superficies des dites sections de passage diamètres d'entrée et de sortie du cône de restriction est S1/S2 est au moins égal à 2 de préférence inférieur à 3.

[0037] Si la réduction de diamètre ou S1/S2 est trop élevée, cela limite trop le débit, à l'inverse si S1/S2 est trop faible cela ne cisaille pas assez et n'augmente pas assez la viscosité.

[0038] L'augmentation de viscosité est liée à un effet de cisaillement crée par la réduction de diamètre. A l'entrée du cône les gouttelettes d'émulsion qui forment la matrice sont soumises à une élongation uni axiale au centre de l'écoulement et à du cisaillement résultant du frottement du mélange sur les parois du dispositif. Cela divise chaque goutte en une quantité de gouttes plus petites, cela se traduisant par une augmentation de viscosité et une intimité accrue entre la matrice et le réactif de gazéification. Plus de bulles de gaz sont produites. Elles sont mieux retenues par l'augmentation de viscosité de la matrice.

[0039] En passant de S1 à S2, à débit de fluide de mélange de matrice et réactif égal, la vitesse linéaire du fluide augmente avec un rapport de vitesses équivalent au quotient du carré des diamètres ; ainsi V2= V1 x S1/S2 ou encore $V2=V1 \times D1^2/D2^2$.

[0040] Ainsi, en passant de D1=25 à 35 mm (diamètre d'une section circulaire en entrée de cône de restriction) à D2=5 à 15 mm (diamètre d'une section circulaire de sortie du cône), à débit de matrice + réactif égal à 50 à 150kg/min et de densité environ 1 à 2 la vitesse du fluide augmente d'un facteur d'environ 5 à 15, la valeur de la viscosité étant avant cisaillement de 15 000 à 25 000 cps et après cisaillement 30 000 à 60 000 cps telle que mesuré à l'aide d'un viscosimètre de type Brookfield, mobile 7 à 50 tr/min.

[0041] Ainsi, en passant de D1=27 mm à D2=10 mm, à débit de matrice + réactif égal à 100kg/min et de densité environ 1.30 la vitesse du fluide augmente d'un facteur d'environ 7, la valeur de la viscosité étant avant cisaillement de 23 000 cps et après cisaillement 45 000 cps telle que mesuré à l'aide d'un viscosimètre de type Brookfield, mobile 7 à 50 tr/min.

[0042] Pour un débit de 100kg/min, on passe d'une durée de gazéification de 45 minutes à 25 min, soit une diminution de 20 minutes pour 100 kg de produit à 20°c avec un débit de pompage de 100kg/min et une densité finale d'environ 1 +/- 5% avec une réduction de la quantité de réactif de gazéification de 20%.

[0043] L'augmentation de cisaillement dû à l'apport du cône de restriction, se traduit par la possibilité éventuellement de réduire la longueur du mélangeur par rapport aux versions précédentes si le dispositif de cisaillement est placé en amont du mélangeur.

[0044] Plus particulièrement encore, on réalise le mélange dans un dit premier mélangeur comprenant mélangeur statique placé dans un tuyau ou tube et on place ledit dispositif de cisaillement dans le dit tuyau ou tube juste en amont dudit mélangeur statique.

[0045] On entend ici, de manière connue de l'homme de l'art, par « mélangeur statique », un dispositif contenant des éléments mécaniques aptes à créer une modification dans le mouvement d'un fluide en mouvement le parcourant créant des divisions et rotations du flux et/ou mouvements tourbillonnaires permettant le mélange sans apport d'énergie pour déplacer lesdits éléments mécaniques autre que celle apportée par le mouvement du fluide. Le plus souvent les mélangeurs statiques consistent en tube contenant une ou plusieurs structures tridimensionnelles favorisant l'apparition de divisions et rotations du flux et/ou tourbillons lors du passage d'un flux de fluide dans la direction longitudinal du tube.

[0046] Plus particulièrement encore, on intercale entre le dispositif de cisaillement et dit mélangeur statique un dispositif de dispersion dénommé brise jet sous forme une double traverse en croix disposée transversalement, centrée axialement et fixée au sein dit tube fourreau en aval de l'orifice de sortie du dispositif de cisaillement pour réduire la vitesse et la pression du fluide de mélange à ce niveau.

[0047] Ce dispositif de dispersion vise à protéger mécaniquement le mélangeur statique sans affecter la viscosité du fluide. Ainsi pour une augmentation de viscosité avec réduction de diamètre mentionnée ci-dessus on peut passer d'une pression de $0.5.10^5$ Pa en entrée du cône de restriction à 8.10^5 Pa en sortie. Plus particulièrement encore, le dit mélangeur comprend une pluralité de pâles ou ailettes bout à bout présentant chacune une surface hélicoïdale, s'étendant dans sa direction axiale (XX') sur une longueur correspondant de préférence à un demi pas de la courbe hélicoïdale correspondante, les dites surfaces hélicoïdales étant supportées par un même support auquel elles sont fixées de préférence de façon juxtaposées dans la direction longitudinale du dit tuyau ou tube, les dites pâles de surfaces hélicoïdales successives étant toutes sensiblement de même diamètre que le diamètre interne de la surface interne cylindrique du dit tuyau ou tube et décalées angulairement en rotation par rapport à leur axe virtuel commun de surface hélicoïdale coïncidant sensiblement avec un axe longitudinale du dit tuyau ou tube, de préférence les dites surfaces hélicoïdales successives étant décalées de 90°.

[0048] Lesdites pâles ou ailettes hélicoïdales présentent une forme torsadée ou spiralée et agissent comme mélangeur en divisant par deux le flux à chaque ailette ou pale au niveau de leur bord transversal d'entrée, donc par une succession de division puis de rotation des différents courants divisés du fait du décalage angulaire de chaque bord transversal de sortie ou bord de fuite de l'ailette par rapport à son bord d'entrée de préférence d'un angle de 90°, sous l'effet de la pression des flux de matrice et réactif en mélange le traversant.

[0049] Plus particulièrement encore, le dit premier mélangeur comprend un tube fourreau rigide qui supporte les dites pâles ou ailettes qui lui sont solidaires et au sein duquel les dites pâles ou ailettes sont disposées, le bord de chaque ailette étant en contact et solidaire sur sa longueur avec la paroi interne dudit tube fourreau, le dit tube rigide présentant un diamètre externe sensiblement identique ou juste suffisamment inférieur au diamètre interne du tuyau alimentant ledit premier mélangeur en dit mélange et dans lequel ledit mélangeur est disposé.

[0050] Plus particulièrement encore, le dit tube fourreau du dit mélangeur comprend des perforations latérales. Les ouvertures latérales du fourreau ont pour fonction de permettre le nettoyage de la pièce après usage.

[0051] Plus particulièrement encore, le dit tube fourreau comprend, de préférence à son extrémité en aval, un filetage sur sa paroi externe cylindrique permettant de le visser et ainsi de le fixer de manière amovible contre la paroi interne dudit premier tuyau de préférence à son extrémité en aval.

[0052] Plus particulièrement encore, le dit premier mélangeur statique constitué du dit tube fourreau et des dites pâles ou ailettes et dit cône de restriction qui lui sont solidaires viennent de matière et sont réalisées en une seule et même pièce, de préférence en matière plastique.

[0053] Il peut être réalisé par impression 3D tous les éléments venant de matière. Le précédent mélangeur était en acier inox, celui-ci est en plastique, notamment du polyamide renforcé avec des fibres de verre, d'où un gain au niveau de la sécurité car ce mélangeur se situe en bout de tuyau et donc au contact des explosifs et détonateurs.

[0054] Plus particulièrement encore, à l'étape 1), la dite matrice est transférée dans un premier tuyau flexible et le dit réactif de gazéification est transféré dans un deuxième tuyau flexible, les dits premier et deuxième tuyaux flexibles étant réunis l'un avec l'autre de sorte que le dit deuxième tuyau est disposé entièrement à l'intérieur du premier tuyau formant un ensemble de tuyaux coaxiaux, la dite matrice étant véhiculée sans contact avec le réactif de gazéification dans l'espace annulaire entre les deux tuyaux coaxiaux, ledit premier mélangeur étant disposé à l'intérieur du premier tuyau à son extrémité avale, ledit deuxième tuyau se terminant juste en amont dudit dispositif de cisaillement et dit premier mélangeur.

[0055] Plus particulièrement encore, pour produire un produit explosif de densité de 0.5 à 1.5, on met en oeuvre :

- une dite matrice de densité de 1 à 2, notamment 1.2 à 1.6 d'une émulsion de base dite inverse ou « eau dans huile » obtenue par un mélange de (a) une phase continue organique, constituée mélange d'huiles minérales et gasoil, et (b) une phase aqueuse discontinue de divers sels comburants en solution aqueuse à base de particules de nitrate(s) d'ammonium et/ou sodium et/ou calcium ; à un débit de 25 à 300 Kg/min, et

- une solution dit réactif de gazéification de densité de 0.5 à 1.5 à base de nitrite et/ou thiocyanate de sodium, à un débit de 0.1 à 2 L/min ;

- dans un ratio de débit de réactif/ matrice variant de de 0.1 à 2 L/ 100Kg,

- la viscosité dudit mélange avant cisaillement par le dispositif de cisaillement étant de 15 000 à 25 000 cps tel que mesuré avec un viscosimètre Brookfield mobile 7 à 50 tour/min et 30 000 à 60 000 après cisaillement par le dispositif de cisaillement.

[0056] La présente invention a également pour objet un mélangeur comprenant un dispositif de cisaillement juste en amont d'un mélangeur statique apte à être placé dans un tuyau tel que définis ci-dessus et utile dans un procédé selon l'invention.

[0057] Plus particulièrement, le dit mélangeur comprend un dispositif de cisaillement fixé à un mélangeur statique en amont dudit mélangeur statique, le dit dispositif de cisaillement et le dit mélangeur statique étant disposés au sein d'un tube rigide et solidaires du dit tube rigide, le dit tube rigide étant apte à être placé dans un tuyau pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention.

[0058] Plus particulièrement encore, ledit tube rigide forme un fourreau supportant solidairement en son sein :

- un dispositif de cisaillement comprenant une paroi interne tronconique ou de type tronconique coaxiale dénommée cône de restriction formant un canal interne de passage du mélange dont la section transversale de passage du mélange à l'intérieur du dit cône de restriction diminue progressivement en passant d'une section de passage circulaire en entrée C1 du cône de restriction jusqu'à une section de passage en sortie C2 du cône de restriction de dimension réduite, la dite section de sortie étant circulaire ou oblongue et débouchant dans une zone du dit tube rigide de plus grande section transversale que la dite section de passage en sortie, et

- un mélangeur statique comprenant une succession de pâles ou ailettes hélicoïdales juxtaposées bout à bout, toutes de même diamètre que le diamètre interne de la paroi interne cylindrique du dit tube, le bord de chaque ailette étant en contact et solidaire sur sa longueur avec la paroi interne dudit tube rigide, et les dites ailettes successives étant décalées angulairement, dans le tube rigide en aval dudit dispositif de cisaillement.

[0059] Plus particulièrement encore, selon d'autres caractéristiques :

- à l'étape 1), on commande et contrôle les quantités et/ou débits de dite matrice et de dit réactif de gazéification entrant dans ledit premier mélangeur de manière à produire un dit produit explosif présentant une densité de valeur déterminée en sortie de premier mélangeur à l'étape 2), et

- à l'étape 3), on fait varier la densité du produit explosif obtenu en cours de remplissage selon la quantité de produit explosif déposé et/ou selon la profondeur à laquelle on dépose le produit explosif dans un même trou ou d'un trou à l'autre dans différents trous.

[0060] Dans la présente description, on entend par « amont » et « aval », la position en référence au sens d'écoulement des fluides au sein des tuyaux depuis les réservoirs vers le premier mélangeur et vers la sortie débouchant dans le trou de dépose du produit explosif en sortie de premier mélangeur.

[0061] Plus particulièrement, on commande de produire des quantités déterminées de produits explosifs ayant des valeurs de densité déterminées différentes respectivement à déposer successivement dans un trou en cours de remplissage, en continu.

[0062] Typiquement, on réalise des trous de 5 à 30 m de profondeur et de diamètre de 5cm à 20 cm, et on définit au moins deux de préférence 4 quantités de produit explosifs pour 4 valeurs de densité correspondant à des énergies massique de 2 à 5 MJ/kg (10^6J/Kg), notamment des densités de 0.5 à 1.5.

[0063] En pratique la quantité de produit explosif correspond sensiblement à la quantité de dite matrice car la quantité relative de réactif est de l'ordre de 0.1 à 2% seulement par rapport au poids de produit explosif obtenu.

[0064] Plus particulièrement, on détermine et met en oeuvre au moins deux, de préférence 4, quantités de produit explosifs pour des valeurs de densité distinctes décroissantes de préférence une densité présentant une dite valeur prédéterminée entre 0.5 et 1.5, de préférence encore de 0.8 à 1.2, au cours du remplissage.

[0065] De façon connue de l'homme de l'art, des abaques permettent pour une valeur de densité donnée, les débits respectifs de réactif de gazéification y et de dite matrice x varient linéairement selon une formule y= ax+b. Les valeurs de a et b dépendent de la composition des dits réactifs de porosité et dite matrice. Des abaques fournissent des graphiques de dits débits de réactif en L/min par rapport à des valeurs de débit de dite matrice en Kg/min. Ainsi, pour une valeur de débit de matrice fixée, il suffit de faire varier le débit de réactif de gazéification.

[0066] D'autre part, du fait que le produit visqueux est plus difficilement contrôlable et qu'il est plus aisé de faire varier et contrôler le dédit d'un fluide liquide, il est avantageux de travailler à flux de matrice constant et en faisant varier le débit de réactif de gazéification.

[0067] Plus particulièrement, on commande et contrôle les quantités et débits respectifs de dite matrice et dit réactif de gazéification, en commandant et contrôlant des vannes et/ou les vitesses des dites première et/ou deuxième pompes, de manière automatisée à l'aide d'une unité centrale de commande et contrôle comportant des moyens électroniques pilotés par un logiciel avec un clavier et/ou interface graphique, permet de de préférence la dite unité centrale étant supporté sur un véhicule motorisé, de préférence encore ledit véhicule supportant les dits premier et deuxième réservoirs

et dites première et deuxième pompe.

[0068] Les données d'entrées de quantités et débits de matrice, réactif de gazéification et produit explosif et de densité peuvent être chargées automatiquement vers l'unité centrale à partir d'un port USB ou via une connexion WIFI pour faciliter la procédure et limiter le risque d'erreurs.

[0069] Plus particulièrement, à l'étape 1), on transfère séparément les dite matrice et dit réactif de gazéification depuis des dits premier et respectivement deuxième réservoirs dans des premier tuyau et respectivement deuxième tuyau avec une première pompe et respectivement une deuxième pompe, et on commande et contrôle un débit constant de dite matrice en contrôlant la vitesse de la première pompe à l'aide d'un capteur de vitesse de la dite première pompe, et on fait varier le débit de dit réactif de gazéification en en contrôlant la vitesse de la deuxième pompe à l'aide d'un débitmètre.

[0070] Plus particulièrement, les dits premier et deuxième tuyaux flexibles sont réunis l'un avec l'autre pour former un ensemble complexe de tuyaux relié à un tambour enrouleur, et enroulé au moins en partie ou apte à être enroulé sur ledit tambour enrouleur.

[0071] Typiquement, on met en oeuvre un tambour enrouleur de 30 à 80cm de diamètre pour un tuyau de 30 à 100m de long avec des diamètres externes de premier tuyau de 30 à 50mm et diamètres internes de 25 à 40mm et diamètres externes de deuxième tuyau de 5 à 15 mm avec un diamètre interne de 3 à 10mm.

[0072] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront mieux à la lecture de la description qui va suivre, faite de manière illustrative et non limitative, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1A représente une unité mobile de fabrication d'explosifs 1 (abrégée « UMFE ») à savoir un camion 1 transportant le matériel de l'installation selon la présente invention sur son châssis arrière 1a, et le déploiement d'un ensemble de tuyaux coaxiaux 6 déroulés depuis un enrouleur 5 à l'arrière dudit camion, et

- la figure 1B représente une vue en coupe d'un trou de forage 21 réalisé dans un massif rocheux 25 dans lequel est déposé du produit explosif 20, l'extrémité avale ouverte de l'ensemble de tuyaux coaxiaux 6 selon l'invention disposée dans le trou, et

- la figure 2 représente un schéma de montage des matériels de l'installation selon la présente invention en vue de la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, et

- la figure 3 représente le détail d'une vue en perspective de l'enrouleur 5, et

- la figure 3A représente une vue en coupe verticale au niveau de la première partie rigide 6_1a du tuyau externe 6_1 de l'ensemble de tuyaux coaxiaux 6, et

- les figures 4A et 4B représentent l'introduction du premier mélangeur statique 7 à l'intérieur et à l'extrémité avale du premier tuyau 6_1 en aval du clapet 6_4 de l'extrémité avale du deuxième tuyau 6_2.

- les figures 5A, 5B et 5C sont des vues de côté (fig.5A), de face à une extrémité (fig.5B) et en coupe longitudinale AA de la figure 5B avec un cône de restriction tronconique (fig.5C).

- les figures 6A et 6B représentent un mélangeur équipé d'un dispositif de dispersion 11 et encore en amont de celui-ci- d'un cône de restriction de type tronconique à section de sortie C2 oblongue.

Description détaillée

[0073] Une installation 1 de production de produits explosifs 10 *in situ* c'est-à-dire sur le site d'utilisation de l'explosif, à savoir, plus précisément au niveau d'un trou de forage 21 selon l'invention, comporte les matériels suivants agencés de la manière suivante :

- un camion 1 supporte sur son châssis arrière la un premier réservoir 1-1 contenant un produit constitué principalement d'une émulsion explosive dénommée « matrice », et

- un deuxième réservoir 1-2 contenant un réactif de gazéification notamment à base de nitrite de sodium et de thiocyanate, et

- un troisième réservoir 1-3 contenant un catalyseur de réaction, à savoir un acide notamment de l'acide acétique et destiné à catalyser la réaction de la matrice avec le réactif de gazéification pour dégager un gaz comme décrit ci-après, et

- un quatrième réservoir d'eau 1-4, et

- un cinquième réservoir de nitrates 1-5.

[0074] Le camion 1 supporte également sur son châssis la les différentes pompes suivantes :

- une première pompe 2-1 disposée en sortie du premier réservoir 1-1 et destinée à transférer la matrice du premier réservoir 1-1 vers le trou de forage 21 par l'intermédiaire d'un premier circuit comprenant une canalisation de transfert de matrice la puis un ensemble de tuyaux coaxiaux 6 décrit ci-après, et

- une deuxième pompe 2-2 disposée en sortie du deuxième réservoir 1-2 destinée à transférer le réactif de gazéification depuis son deuxième réservoir 1-2 dans un deuxième circuit comprenant une canalisation de transfert de réactif 1b vers l'ensemble de tuyaux coaxiaux 6 tel que décrit ci-après, et

- une troisième pompe 2-3 destinée à transférer le catalyseur depuis son réservoir 1-3 jusque dans le premier réservoir 1-1, et

- une pompe 2-5 et/ou vis d'extraction destinée à transférer le nitrate du cinquième réservoir 1-5 vers ledit premier réservoir 2-1

- une pompe 2-4 destinée à transférer l'eau du quatrième réservoir 1-4 dans un circuit 1c vers le premier circuit la de transfert de la matrice de façon à lubrifier le produit visqueux que constitue la matrice et faciliter son transfert au sein d'un premier tuyau de transfert 6_1 comme décrit ci-après.

[0075] La jonction du circuit d'eau 1c sur le premier circuit de matrice la se fait par une pièce 1d dénommée « anneau injecteur d'eau de lubrification ». La fonction de l'eau est uniquement la lubrification de la matrice pour une diminution des pertes de charges.

[0076] La canalisation constituant un premier circuit de transfert de matrice la relie le premier réservoir 1-1 à un premier tuyau flexible 6_1 externe de l'ensemble de tuyau 6 enroulé sur un enrouleur 5. Et, le deuxième circuit de transfert de réactif de gazéification 1b comprend des canalisations depuis le deuxième réservoir 1-2 jusqu'à un deuxième tuyau 6_2 interne de transfert de réactif de gazéification de l'ensemble de tuyaux 6 enroulé sur l'enrouleur 5. Le deuxième tuyau 6_2 est disposé à l'intérieur du premier tuyau 6_1 et se positionne sensiblement de manière coaxiale à l'intérieur du tuyau 6_1 lorsque du fait du flux de matrice passant dans l'espace annulaire entre le premier tuyau 6_1 et le deuxième tuyau 6_2 lorsque l'on transfère ladite matrice vers le trou de forage 21.

[0077] Le camion 1 supporte également un mélangeur statique dénommé « deuxième mélangeur » statique 2-6, en amont de l'ensemble de tuyau coaxiaux 6.

[0078] Le camion 1 supporte également sur son châssis arrière la des vannes comprenant :

- une première vanne V1 en sortie du réservoir 1-1 monté sur la première canalisation la de transfert de matrice, et

- en aval de la première pompe 2-1, une deuxième vanne V2 en sortie du deuxième réservoir 1-2 de transfert de réactif de gazéification coopérant avec le deuxième circuit 1b de transfert de réactif de gazéification en amont de la deuxième pompe 2-2, et

- une vanne d'isolement 1-2a en amont du deuxième réservoir de réactif de gazéification 1-2, et

- une troisième vanne V3, vanne trois voies permettant d'alimenter une canalisation de dérivation 1b-1 du deuxième circuit 1b de réactif de gazéification connecté à la première canalisation de transfert de matrice la en aval de la première vanne V1 mais en amont dudit deuxième mélangeur statique 2-6.

[0079] Le camion 1 supporte également sur son châssis arrière la une unité de commande centrale 9 comportant un clavier et/ou une interface graphique, coopérant avec un logiciel apte à commander l'actionnement des dites pompes et desdites vannes.

[0080] En aval de la troisième vanne V3, le circuit de transfert de réactif de gazéification 1b rejoint le premier circuit de transfert de matrice la en aval du deuxième mélangeur 2-6 au niveau d'une pièce de connexion dénommée première pièce de connexion 3 qui assure la connexion entre la première canalisation la et la deuxième canalisation 1b juste en amont de l'ensemble de tuyaux coaxiaux 6 enroulés sur l'enrouleur 5, de manière à ce que le flux de réactif de gazéification soit transféré dans le deuxième tuyau interne 6_2 et le flux de matrice provenant du premier circuit la soit transféré à

l'intérieur du premier tuyau 6_1 et à l'extérieur du deuxième tuyau 6_2 dans l'espace annulaire entre la paroi interne du premier tuyau6_1 et le deuxième tuyau 6_2, tel que décrit ci-après.

[0081] La vanne V3 permet, en forçant la circulation du réactif de gazéification vers la dérivation 1b-1 d'obtenir un premier mode de fonctionnement de l'installation selon un procédé traditionnel dans lequel on mélange le réactif de gazéification et la matrice au sein du mélangeur 2-6 en amont de l'ensemble de tuyaux de transfert 6 jusqu'au trou de forage 21. Dans ce mode de réalisation traditionnel, le produit explosif 20 produit au sein du mélangeur 2-6 est véhiculé sur une longue distance, c'est-à-dire tout le long d'un long tuyau rejoignant le trou de forage 21.

[0082] Le châssis la du camion 1 supporte également en amont de la deuxième pompe 2-2 et en aval du deuxième réservoir 1-2 un filtre 2-5. Par ailleurs, le châssis la supporte également :

- en aval de la deuxième pompe 2-2, un débitmètre 2-2a, et
- un capteur de vitesse 2-1a permet de connaître la quantité de produit débité par la pompe.

[0083] En aval de la première pompe 2-1, sont également montés sur le premier circuit 1-a différents capteurs à savoir, un capteur de pression du fluide de matrice 1a-1, un capteur de température 1a-2, et un capteur de détection d'absence de débit de flux de matrice 1a-3.

[0084] Un deuxième tuyau de transfert de réactif de gazéification est disposé à l'intérieur d'un premier tuyau 6-1 de transfert de matrice, pour former un ensemble de tuyau 6 selon la disposition suivante.

[0085] Les deux canalisations indépendantes de transfert de matrice la et transfert de réactif de gazéification 1b se rejoignent au niveau d'une première pièce de connexion 3 à raccords à joints tournants.

[0086] La dite pièce de connexion sert aussi à l'alimentation latérale du tuyau interne en réactif de gazéification depuis ledit deuxième circuit de transfert et qu'en amont de la dite première pièce de connexion les dits premier et deuxième circuits sont séparés et s'étendent depuis les dits premier et deuxième réservoirs dans des directions différentes et la dite première pièce assure la connexion coaxiale des deux premier et deuxième tuyaux en aval de celle-ci, les deux flux de dite matrice et dit réactif restant toutefois séparés jusqu'au premier mélangeur.

[0087] Plus particulièrement, la fixation des extrémités amont des dits premier et deuxièmes tuyaux sur les dits premier et deuxième orifices de sortie de la dite première pièce de connexion se fait par l'intermédiaire de deux raccords à joints tournants 4_1 autorisant chacun séparément la rotation sur elle-même par rapport audit axe longitudinal (XX') des extrémités amont des dits premier et respectivement deuxième tuyaux, les dits première pièce de connexion et dits raccords à joints tournants étant disposés en amont d'un dit tambour enrouleur de sorte que les dits premier et deuxième orifices de sortie sont disposés dans l'axe de rotation du dit tambour. Cette caractéristique est particulièrement avantageuse car elle évite les torsions des dits premier et deuxième tuyaux lors des enroulements et déroulement de dits tuyaux sur ledit enrouleur lorsque les parties amont non enroulées des dits tuyaux sont entraînées en rotation sur elles-mêmes par rapport audit axe de rotation dudit tambour de façon différentiée.

[0088] La première pièce de connexion 3 est disposée juste en amont d'un tambour enrouleur 5 supportés par une structure ou poutre 5a. Sur le tambour enrouleur 5, on enroule une partie flexible avale 6_1b du premier tuyau 6_1 reliée à une partie rigide amont 6_1a par un collier amovible 6_1c.

[0089] La partie rigide amont 6_1a du premier tuyau 6_1 solidaire à la fois de la première pièce de connexion 3 via le premier raccord à joint tournant 4_1 et solidaire également du tambour enrouleur 5 est donc entraînée en rotation avec le tambour enrouleur 5 autour de l'axe de rotation XX' commun du tambour enrouleur 5 et desdits raccords à joint tournant 4_1 et de la pièce de connexion 3.

[0090] La partie rigide 6_1a présente différents coudes, de sorte que sa partie amont est disposée selon la direction axiale XX' de la première pièce de connexion 3 tandis que sa partie avale au niveau du collier 6_1c est disposée dans une direction tangentielle d'une partie cylindrique 5_1 du tambour enrouleur 5 sur laquelle peut s'enroule la deuxième partie flexible 6_1b du premier tuyau 6_1 lorsqu'on actionne en rotation le tambour enrouleur 5.

[0091] Le deuxième tuyau 6_2 disposé à l'intérieur du premier tuyau 6_1 mais comporte deux parties flexibles 6_2a et 6_2b reliées entre-elles par un raccord à union double 6_3. Le raccord union double 6_3 est disposé juste en aval du collier 6_1c de sorte que lorsque l'on ouvre et/ou retire le collier 6_1c pour séparer les deux parties de premier tuyau 6_1a et 6_1b, on peut extraire le deuxième tuyau 6_2 et désaccoupler les deux parties 6_2a et 6_2b de deuxième tuyau 6_2 et ainsi facilement raccourcir autant que de besoin la partie avale 6_2b lorsque l'on a précédemment été amené à raccourcir l'extrémité avale usée de la partie flexible 6_1b du premier tuyau 6_1 comme décrit ci-après.

[0092] L'extrémité avale du deuxième tuyau 6_2 comporte un clapet anti retour 6_4, par exemple du type commercialisé par la société SWAGELOK. Le clapet 6_4 se trouve situé le plus près techniquement possible de l'extrémité amont d'un premier mélangeur statique 7 disposée à l'extrémité avale du premier tuyau 6_1. Le clapet 6_4 s'ouvre sous la pression de réactif de gazéification parcourant le tuyau 6_2 quand la pompe 2_2 fonctionne; et le clapet 6_4 se ferme quand la deuxième pompe 2-2 s'arrête et que la pression de flux de réactif de gazéification diminue. Le clapet 6_4 est relié à l'extrémité avale de la conduite interne 6_2. Ce clapet est important pour permettre le contrôle fiable et précis de la

variation en temps réel en cours de remplissage du trou de la densité du produit explosif obtenu par mélange de ladite matrice et du dit réactif de gazéification.

[0093] Pour la partie flexible 6_1b de premier tuyau 6_1, on peut utiliser un flexible thermoplastique de diamètre externe de 42 mm et de diamètre interne de 32 mm, de 30 à 100 m de long. Pour le deuxième tuyau 6_2, on utilisera des conduites thermoplastiques de diamètre externe de 13,2 mm et diamètre interne de 8.3 mm.

[0094] Sur les figures 5 et 6, on a représenté un mélangeur statique 7 original selon la présente invention. Ce dit premier mélangeur 7 est constitué d'un tube fourreau cylindrique 7b qui s'étend sur une longueur de 0.25 à 1m et de diamètre externe juste inférieur au diamètre interne du premier tuyau 6_1 soit par exemple environ 32 mm et de diamètre interne environ 27 mm. Ce tube fourreau comprend une pluralité des orifices latéraux 7c espacés pour en faciliter le nettoyage interne. Dans un mode de réalisation, ledit tube comprend à ses extrémités longitudinales amont et aval des barres transversales 7d qui en facilite la manutention le rendant apte à être appréhendé par un crochet en tant que de besoin pour le mettre en place ou le retirer. Avantageusement, sa surface externe comprend un filetage 7e pour en permettre la fixation contre la surface interne du tuyau 6_1.

[0095] Le tube fourreau 7b contient et supporte 4 à 8 ailettes ou pâles torsadées à surface hélicoïdale 7a fixées de manière juxtaposées dans la direction X_1X_1' du tube7b, le bord longitudinal hélicoïdal de chaque ailette étant fixé à la paroi interne du dit tube, les dites ailettes ayant donc toutes le même diamètre correspondant au diamètre interne du dit tube.

[0096] Les ailettes 7a sont juxtaposées les unes contre les autres dans la direction longitudinale X_1X_1', mais les différentes portions de surfaces hélicoïdales ne sont pas continues hélicoïdalement, c'est-à-dire que le bord transversal de fuite de chaque ailette est décalé angulairement par rapport au bord transversal d'entrée de la dite ailette et au bord transversal d'entrée de l'ailette suivante. Plus particulièrement, les ailettes successives sont décalées angulairement de façon à optimiser les performances dudit mélangeur notamment décalés à 90° successivement par rapport à l'axe X_1X_1'. Plus précisément, les éléments hélicoïdaux présentent un diamètre de sensiblement 30mm, une épaisseur des surfaces hélicoïdales d'environ 2mm, une longueur d'environ 50mm et un décalage angulaire d'environ 90°, la longueur totale du mélangeur étant d'environ 400mm.

[0097] Le flux de réactif de gazéification sortant du clapet 6_4 et le flux de matrice arrivant au niveau du clapet 6_4 à l'extérieur de celui-ci, peuvent commencer à se mélanger dans le tuyau 6 puis au sein du cône de restriction 10 où ils subissent une augmentation de viscosité avant de se mélanger plus intimement au niveau des ailettes 7a.

[0098] De préférence, les différents éléments hélicoïdaux 7a successifs sont à pas à sens inversé successivement. L'écoulement de matière à travers le mélangeur statique dans la direction longitudinale X_1X_1', devient laminaire et est divisé en courants partiels par un premier élément hélicoïdal 7a, puis redivisé au passage d'un élément hélicoïdal 7a suivant et ainsi de suite ce qui provoque de par l'action des ailettes ou pâles une rotation du produit de mélange sur lui-même. En principe, les éléments hélicoïdaux 7a ne sont pas eux-mêmes en mouvement relatif par rapport au mélange de fluide et en tout état de cause, aucune source de puissance n'est requise autre que celle apportée par lesdites pompes pour vaincre la perte de charge induite par les chicanes que forment les successions de dits éléments hélicoïdaux 7a.

[0099] 2 modes de réalisation du dispositif de cisaillement ou cône de restriction 10 sont représentés sur les figures 5C et respectivement 6A.

[0100] Sur la figure 5C, le cône de restriction est particulièrement adapté et préféré en cas de matrice tel que décrit ci-après à particules de nitrate d'ammonium fines c'est-à-dire de taille inférieure à 1.5mm avec un débit de pompage inférieur 100 kg/min. La paroi du cône de restriction est une paroi tronconique formant un canal interne de passage du fluide avec :

- un orifice d'entrée C1 circulaire de diamètre égale au diamètre interne du fourreau soit environ 27mm,
- un orifice de sortie C2 circulaire de diamètre réduite de 6-18mm, de préférence 10-12mm.

[0101] Sur la figure 6A, le cône de restriction est particulièrement adapté et préféré en cas de matrice tel que décrit ci-après à particules de nitrate d'ammonium plus grosses c'est-à-dire de taille de 1.5 à 3 mm et le débit de pompage supérieur à 100 kg/min. La paroi du cône de restriction est une paroi tronconique avec :

- un orifice d'entrée C1 circulaire de diamètre égale au diamètre interne du fourreau soit environ 27mm
- Orifice de sortie oblongue de longueur D2 dans une première direction perpendiculaire à l'axe XX', D2 =15-25mm et de longueur d2 dans une deuxième direction perpendiculaire à l'axe XX', d2= 5-15mm.

[0102] Dans le mode représenté, la forme, oblongue est circonscrite à deux cercles adjacents de diamètre d2, soit D2= 20 mm et d2 = 10mm.

[0103] La longueur axiale du cône est de 20-40m.

[0104] Dans le mode de réalisation tronconique de la figure 5C, la pente de la paroi tronconique est constante d'environ 10 à 60°, ici environ pour une longueur axiale (distance entre C1 et C2) d'environ 20 mm.

[0105] Dans le mode de réalisation de type tronconique de la figure 6A, la pente de la paroi du cône de restriction est variable 5° à 50, ici de 10° à 30° (10° dans la partie circulaire latérale, 30° dans la partie droite médiane) pour une longueur axiale d'environ 20mm.

[0106] La distance L2 du cône 10 au disperseur 11 est de 35mm et la distance du disperseur 11 à la première pale hélicoïdale est d'environ 10 mm.

[0107] Sur les figures 5C et 6A, un tube fourreau de longueur= 250mm contenant seulement 4 pales 7a de 40mm en longueur est suffisant du fait de l'augmentation de viscosité.

[0108] Dans les deux cas, la dite section de sortie circulaire ou oblongue débouche dans une zone du dit tube rigide de plus grande section transversale que la dite section de passage en sortie.

[0109] Un dispositif de dispersion dénommé brise jet 11 se présente sous forme une double traverse en croix disposée transversalement, centrée axialement et fixée au sein dit tube fourreau en aval de l'orifice de sortie (C2) du dispositif de cisaillement ce qui réduit la vitesse et la pression du fluide à ce niveau. Ce dispositif de dispersion vise à protéger mécaniquement le mélangeur statique sans affecter la viscosité du fluide. Ainsi pour une augmentation de viscosité avec réduction de diamètre mentionnée ci-dessus on peut passer d'une pression de $0.5.10^5$ Pa en entrée du cône de restriction à 8.10^5 Pa en sortie au niveau de l'orifice C2 donc au centre du tube 7b.L'écoulement du fluide de mélange bute sur le centre du brise jet ou se rejoignent les deux traverses à 90° ce qui réduit la pression du fluide de mélange là où elle est la plus forte.

[0110] La fixation du mélangeur 7 par vissage au niveau de son filetage 7e contre la paroi interne 6_1e de l'extrémité avale du premier tuyau 6_1a pour fonction essentielle de retenir le mélangeur statique 7 au sein de l'extrémité avale du premier tuyau 6_1. Le dévissage permet de sortir le premier mélangeur 7 de l'extrémité avale du premier tuyau 6_1 et ainsi de pouvoir couper l'extrémité avale du tuyau 6_1 lorsque celle-ci est endommagée après un certain nombre d'utilisations du fait que la surface externe de l'extrémité avale du tuyau 6_1 en contact avec les parois des trous de forage 21 constituées de massif rocheux 25 ont tendance à endommager l'extrémité avale du tuyau 6_1 pendant l'opération.

[0111] La fixation de chaque ailette hélicoïdale est réalisée au niveau de leurs tranches périphériques sur la surface interne du fourreau 7b.

[0112] En amont de la succession d'ailettes hélicoïdales 7a se trouve un élément appelé disperseur ou brise-jet 11, facultatif, intercalé entre les dites ailettes 7a du mélangeur statique et un dispositif de cisaillement constitué d'un cône de restriction 10 selon la présente invention, le disperseur 11 et le cône de restriction 10 étant aussi solidaires de et supportés par le dit tube fourreau 7b.

[0113] En fait, selon une caractéristique originale de la présente invention, le mélangeur 7 comprenant le tube fourreau, les ailettes hélicoïdales 7a ainsi que le disperseur 11 et cône de restriction 10 contenus et supportés par le tube fourreau viennent de matière et constituent une unique pièce d'un seul tenant fabriquée par impression 3D en polyamide renforcé par des fibres de verre. Cette fabrication de façon monobloc est avantageuse car cette pièce est ainsi plus solide avec une plus grande facilité de démontage et d'entretien.

[0114] Avantageusement, on met en oeuvre un procédé selon l'invention dans lequel on fait varier la densité du produit explosif produit en continu lors du remplissage d'un trou de forage 21 en un seul passage, c'est-à-dire, sans avoir à relever le tuyau 6 en cours de remplissage, comme décrit ci-après.

[0115] L'émulsion est constituée de composants suivants :

- huile minérale et/ou de vidange de moteur : 6,5 %,
- gasoil : environ 1%,
- agents tensioactifs non ioniques: 1%,
- nitrates d'ammonium et/ou de calcium et/ou sodium : environ 75%,
- eau : environ 15 à 20 %.

[0116] A l'émulsion ci-dessus ainsi obtenue, on ajoute des nitrates d'ammonium et/ou de calcium dans une proportion de 15 à 35% et un catalyseur par exemple d'acide acétique dans une proportion de 0,5 à 2%, auquel on peut également rajouter de l'aluminium (sous forme de poudre de granulométrie comprise entre environ 100μm et 2mm) dans une teneur de 1 à 10 % en poids également. On obtient ainsi, ladite matrice selon la présente description au sein du premier réservoir 1-1.

[0117] Un exemple de formulation de matrice est donc :

- huile minérale et/ou de vidange moteur : 4.55%,
- gasoil : 0.7%
- agents tensio-actif : 0.7%
- nitrate d'ammonium en solution : 52.5%
- eau : 11.55%
- nitrate d'ammonium sous forme de particules solides : 30%

[0118] A cette matrice, s'ajoute selon le procédé de la présente invention, un réactif de gazéification qui est ici notamment une solution aqueuse d'environ 20% de nitrite de sodium et 80% d'eau pouvant comprendre des catalyseurs tels que thiocyanate de sodium, formiate de sodium, nitrate de zinc et/ou nitrate de calcium.

[0119] La densité de l'émulsion de base (non supplémentée) ci-dessus décrite est par exemple d'environ 1.4 à 1.6 et la densité de l'émulsion supplémentée définissant ladite matrice telle que décrite ci-dessus, avant mélange avec le réactif de gazéification est de 0.8 à 1.3.

[0120] La densité du produit de mélange avant réaction de gazéification au sein dudit premier mélangeur est de 1,25 à 1,45 selon les proportions respectives de quantités et/ou débits de dite matrice et dit réactif de gazéification et la densité du produit explosif après gazéification est de 0,8 à 1,2.

[0121] L'énergie moyenne d'un produit explosif 20 de densité 1.2 est de 3,7 MJ/kg soit 4,44 MJ/L. Ainsi, pour un produit explosif de densité de 0,5 à 1,5 l'énergie explosive sera de 1,85 à 5,55 MJ/L.

[0122] Pour un débit Y de réactif de gazéification en L/min (produit/liquide) en fonction d'un débit de matrice X en kg/min de produit visqueux, la relation Y = aX + b est donnée par des abaques avec des valeurs de a et b différentes selon les valeurs de densité d du produit explosif obtenu après gazéification résultant de la réaction entre ladite matrice et le réactif de gazéification par mélange intime au sein du mélangeur statique. Ainsi, les valeurs différentes de a et b sont par exemple ici :

- pour d = 0,8, Y = 0,0117X + 0,002, et
- pour d = 0,9, Y = 0,0085X + 0,0012, et
- pour d = 1, Y = 0,006X, et
- pour d = 1,1, Y = 0,0039X + 0,0019, et
- pour d = 1,2, Y = 0,0021X.

[0123] Il existe donc une relation linéaire entre X et Y suivant la densité finale du produit explosif 20 résultant de la réaction par mélange intime des deux produits.

[0124] L'unité de contrôle et commande automatisée 9 permet de contrôler les vannes proportionnelles V1 et V2 régulant les débits de matrice et de réactif de gazéification, et l'actionnement et vitesse des moteurs des pompes 2-1 et 2-2. Les débits X et Y sont fournis par étalonnage du capteur de vitesse 2-2a de la pompe 2-2 pour les valeurs de X (kg/min) et par le débitmètre 2-2a pour le débit Y de réactif de gazéification (L/min).

[0125] En pratique, du fait que le réactif de gazéification R_2 est en plus faible quantité et sous forme liquide il est plus facile d'en contrôler le débit de sorte qu'on opère avec un débit de matrice constant X = 125 kg/min.

[0126] Ainsi, l'opérateur conduisant l'installation choisi les densités successives de produit explosif 20 souhaitées ainsi que les quantités correspondantes pour chaque densité en fonction de son analyse des besoins dans le trou de forage concerné compte tenu de l'environnement de massif rocheux 25 autour du trou à abattre. X étant constant, Y le débit de réactif de gazéification est déterminé automatiquement à partir de l'abaque en fonction de la densité souhaitée. En pratique, pour chaque trou de mine 21, l'opérateur choisira jusqu'à quatre densités différentes appelées d1, d2, d3 et d4. Les densités d1 à d4 de produits explosifs à réaliser et les quantités correspondantes sont entrées au niveau de l'unité centrale 9 via un clavier tactile 9a apparaissant à l'écran de l'interface graphique 9b. L'opérateur peut alors lancer un cycle de pompage.

[0127] L'unité de commande centralisée et automatisée 9 commande alors automatiquement la régulation du flux et donc du débit de réactif R2 pour un débit de matrice M donné. Ainsi, par exemple, le cycle de production d'un trou cylindrique de 20 m de profondeur et 115mm de diamètre suivant sera réalisé comme suit pour une matrice supplémentée présentant une densité, dans l'exemple ci-après, d'environ 1,3 :

- on charge 20 kg de produits explosifs de densité 1,2 avec par exemple un débit de réactif de gazéification de 0,21 L/min, et

- on change de consigne et on donne l'ordre de charger 25 kg de produit explosif 20 de densité 1 qui viendront donc se déposer par-dessus les 20 kg de produits explosifs de densité 1,2 précédemment déposés au fond du trou depuis l'extrémité avale du tuyau 6_1, en mettant en oeuvre par exemple un débit de réactif de gazéification de 0,60 L/min ; puis

- on charge 50 kg de produits explosifs à densité de 0,9, par-dessus le produit explosif précédemment déposé, en mettant en oeuvre par exemple un débit de réactif de gazéification de 0,80 L/min, puis

- on charge au sommet de la colonne, 30 kg de produit explosif 10 de densité d = 0,8, obtenu en transférant par exemple un débit de réactif de gazéification de 0,90 L/min.

[0128] L'unité centrale automatisée 9 permet donc de commander et contrôler les valeurs de débit de réactif de gazéification comme décrit ci-dessus, simplement en réglant la vitesse du moteur hydraulique de la deuxième pompe 2-2 transférant le réactif de gazéification, et en maintenant un débit sensiblement constant de 125 kg/min de dite matrice. Un tel contrôle et régulation de débit du réactif de gazéification permet de faire varier, quasiment en temps réel la valeur de densité de produit obtenu en sortie de premier mélangeur statique 7 et déversé directement dans le trou de forage, du fait de l'automatisation du contrôle et de la régulation du débit de réactif de gazéification par l'unité centrale 9.

[0129] Plus particulièrement, on transfère et dépose ledit produit explosif obtenu en sortie du dit premier mélangeur, dans un trou pour explosion 21, dans ou au-dessus duquel l'extrémité avale du premier mélangeur est disposée, le dit trou étant situé à distance des dits réservoirs, de à au moins 20 m, trou, de préférence un trou de forage sensiblement cylindrique, dans lequel on a précédemment placé une charge d'amorçage d'explosif 22 et un détonateur 23 relié à un fil de détonateur 24.

[0130] On a réalisé des essais comparatifs d'un même mélangeur 7 ci-dessus décrit avec et sans cône de restriction 10 qui démontrent une augmentation de viscosité et surtout des quantité de réactifs de gazéification et des réaction de gazéification dans le trou de forage (avant bourrage) comme explicité dans le tableau ci-après.

Critères	Unité	Situation précédente	Nouveau mélangeur
Débit de pompage de matrice + NA (*1)	Kg/min	100	100
Teneur en réactif de gazéification dans le mélange	%	0.73	0.73
Densité initiale du mélange		1.36	1.36
Viscosité du mélange avant passage dans le mélangeur	Cps	23 000	23 000
Cône de restriction dans le mélangeur		Aucun	Cône D1=27 mm à D2=10 mm
Viscosité après passage dans le mélangeur	Cps	23 000	45 000
Densité finale mesurée de la colonne d'explosif (*2)		1.07	1.02
Rendement de la réaction de gazéification (*3)	%	88	95
Temps nécessaire pour obtenir la densité finale de la colonne égale à 1.07	min	20	10
*1= :NA= Nitrate d'ammonium *2 : Densité finale mesurée d'une colonne d'explosif de 10 m de hauteur (100 kg dans un forage de diamètre 115 mm) par rapport à la teneur en réactif (0.73%) *3 : La densité finale théorique de la colonne d'explosif pour un rendement de réaction de 100% est 0,95.			

Revendications

1. Procédé de production in situ de produit explosif (10) comprenant les étapes dans lesquels :

1) on transfère séparément jusqu'à un premier mélangeur (7) comprenant de préférence un mélangeur statique, un produit visqueux, dénommé matrice, comprenant une émulsion inverse d'une phase aqueuse de comburant et phase huileuse de combustible et, un produit liquide contenant un composé chimique apte à réagir avec la dite matrice pour en augmenter le caractère explosif par gazéification, dénommé réactif de gazéification, et
2) on mélange ledit produit visqueux de dite matrice, et ledit produit liquide de dit réactif de gazéification, dans ledit premier mélangeur (7) à travers lequel les dite matrice et réactif de gazéification sont transférée en mélange,

et

3) on transfère et dépose ledit produit explosif obtenu en sortie du dit premier mélangeur, dans un trou pour explosion (21), dans ou au-dessus duquel l'extrémité avale du premier mélangeur est disposée,

caractérisé en ce qu'avant l'étape 3), on réalise une augmentation de la viscosité du dit mélange de dite matrice et dit réactif de gazéification par cisaillement au sein d'un tube ou tuyau (6, 7b) dans lequel la dite matrice et dit réactif de gazéification sont transférés, en passant le dit mélange dans un dispositif de cisaillement (10) au sein dudit tuyau ou tube (6,7).

2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le dispositif de cisaillement (10) comprend une paroi définissant une surface de révolution par rapport à l'axe longitudinale dudit tuyau ou tube formant un canal interne de passage du mélange, surface de révolution dont la superficie de la section transversale de passage du mélange diminue progressivement d'une section de passage en entrée (C1) du dispositif de cisaillement de superficie S1 jusqu'à une section de passage en sortie (C2) du dispositif de cisaillement de superficie S2 inférieure à S1 et débouchant dans une zone du dit tube ou tuyau de plus grande section transversale que la dite section de passage en sortie.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2 **caractérisé en ce que** le dispositif de cisaillement (10) comprend une paroi tronconique ou de type tronconique dénommé cône de restriction (10) formant un canal interne de passage du mélange dont la section transversale de passage du mélange à l'intérieur du dit cône de restriction diminue progressivement en passant d'une section de passage circulaire en entrée (C1) du cône de restriction jusqu'à une section de passage en sortie (C2) du cône de restriction de dimension réduite, la dite section de sortie étant circulaire ou oblongue.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 **caractérisé en ce qu'**on réalise une augmentation de la viscosité du dit mélange d'au moins un facteur 2.

5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4 **caractérisé en ce que** le rapport des superficies des dites sections de passage d'entrée (cl) et de sortie (c2) du cône de restriction est S1/S2 est au moins égal à 2 de préférence inférieur à 3.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**on réalise le mélange dans un dit premier mélangeur (7) comprenant mélangeur statique (7a) placé dans un tuyau (6) ou tube(7b) et on place ledit dispositif de cisaillement (10) dans le dit tuyau ou tube juste en amont dudit mélangeur statique.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**on intercale entre le dispositif de cisaillement (10) et dit mélangeur statique (7a) un dispositif de dispersion dénommé brise jet (11) formant une double traverse en croix disposée transversalement, centrée axialement et fixée au sein dit tube fourreau en aval de l'orifice de sortie (C2) du dispositif de cisaillement pour réduire la vitesse et la pression du fluide à ce niveau.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le dit premier mélangeur comprend une pluralité de pâles ou ailettes (7a) bout à bout présentant chacune une surface hélicoïdale, s'étendant dans sa direction axiale (XX') sur une longueur correspondant de préférence à un demi pas de la courbe hélicoïdale correspondante, les dites surfaces hélicoïdales étant supportées par un même support (7b) auquel elles sont fixées de préférence de façon juxtaposées dans la direction longitudinale du dit tuyau ou tube, les dites pâles de surfaces hélicoïdales successives étant toutes sensiblement de même diamètre que le diamètre interne de la surface interne cylindrique du dit tuyau ou tube et décalées angulairement en rotation par rapport à leur axe virtuel commun de surface hélicoïdale coïncidant sensiblement avec un axe longitudinale du dit tuyau ou tube(7b), de préférence les dites surfaces hélicoïdales successives étant décalées de 90°.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le dit premier mélangeur (7) comprend un tube fourreau rigide (7b) qui supportent les dites pâles ou ailettes (7a) qui lui sont solidaires et au sein duquel les dites pâles ou ailettes sont disposées, le bord de chaque ailette étant en contact et solidaire sur sa longueur avec la paroi interne dudit tube fourreau, le dit tube fourreau rigide (7b) présentant un diamètre externe sensiblement identique ou juste suffisamment inférieur au diamètre interne du tuyau (6,6-1) alimentant ledit premier mélangeur en dit mélange et dans lequel ledit premier mélangeur est disposé.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le dit tube fourreau comprend des perforations latérales (7c).

11. Procédé selon l'une des revendications 9 à 10, **caractérisé en ce que** le dit premier mélangeur constitué du dit tube fourreau (7b) et des dites pâles ou ailettes (7a) et dit cône de restriction (10) qui lui sont solidaires sont réalisées en une seule et même pièce, de préférence en matière plastique.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'**à l'étape 1), la dite matrice est transférée dans un premier tuyau flexible (6_1) et le dit réactif de gazéification est transféré dans un deuxième tuyau flexible (6_2), les dits premier et deuxième tuyaux flexibles étant réunis l'un avec l'autre de sorte que le dit deuxième tuyau(6_2) est disposé entièrement à l'intérieur du premier tuyau (6_1) formant un ensemble (6) de tuyaux coaxiaux, la dite matrice étant véhiculée sans contact avec le réactif de gazéification dans l'espace annulaire entre les deux tuyaux coaxiaux, ledit premier mélangeur étant disposé à l'intérieur du premier tuyau à son extrémité avale, ledit deuxième tuyau se terminant juste en amont dudit dispositif de cisaillement (10) et dit premier mélangeur (7).

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12 **caractérisé en ce que**, pour produire un produit explosif de densité de 0.5 à 1.5, on met en oeuvre :

- une dite matrice de densité de 1 à 2 d'une émulsion de base dite inverse ou « eau dans huile » obtenue par un mélange de (a) une phase continue organique, constituée mélange d'huiles minérales et gasoil, et (b) une phase aqueuse discontinue de divers sels comburants en solution aqueuse à base de particules de nitrate(s) d'ammonium et/ou sodium et/ou calcium ; à un débit de 25 à 300 Kg/min, et
- une solution dit réactif de gazéification de densité de 0.5 à 1.5 à base de nitrite et/ou thiocyanate de sodium, à un débit de 0.1 à 2 L/min ;
- dans un ratio de débit de réactif/ matrice variant de de 0.1 à 2 L/ 100Kg,
- la viscosité dudit mélange avant cisaillement par le dispositif de cisaillement étant de 15 000 à 25 000 cps tel que mesuré avec un viscosimètre Brookfield mobile 7 à 50 tour/min et 30 000 à 60 000 après cisaillement par le dispositif de cisaillement.

14. Mélangeur (7) comprenant un dispositif de cisaillement (10) fixé à un mélangeur statique (7a) en amont dudit mélangeur statique (7a), le dit dispositif de cisaillement et le dit mélangeur statique étant disposés au sein d'un tube rigide et solidaires du dit tube rigide, le dit tube rigide étant apte à être placé dans un tuyau (6) pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 13.

15. Mélangeur selon la revendication 14 **caractérisé en ce que** ledit tube rigide (7b) forme un fourreau supportant solidairement en son sein :

- un dispositif de cisaillement (10) comprenant une paroi interne tronconique ou de type tronconique coaxiale dénommée cône de restriction (10) formant un canal interne de passage du mélange dont la section transversale de passage du mélange à l'intérieur du dit cône de restriction diminue progressivement en passant d'une section de passage circulaire en entrée (C1) du cône de restriction jusqu'à une section de passage en sortie (C2) du cône de restriction de dimension réduite, la dite section de sortie étant circulaire ou oblongue et débouchant dans une zone du dit tube rigide de plus grande section transversale que la dite section de passage en sortie, et
- un mélangeur statique comprenant une succession de pâles ou ailettes hélicoïdales (7a) juxtaposées bout à bout, toutes de même diamètre que le diamètre interne de la paroi interne cylindrique du dit tube, le bord de chaque ailette étant en contact et solidaire sur sa longueur avec la paroi interne dudit tube rigide, et les dites ailettes successives étant décalées angulairement, dans le tube rigide (7b) en aval dudit dispositif de cisaillement.

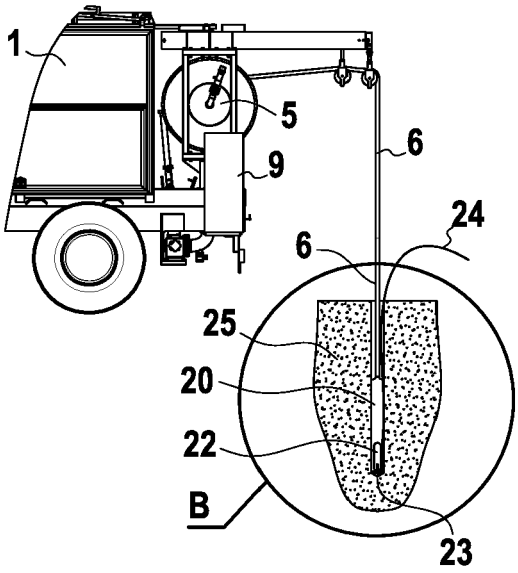


FIG.1A

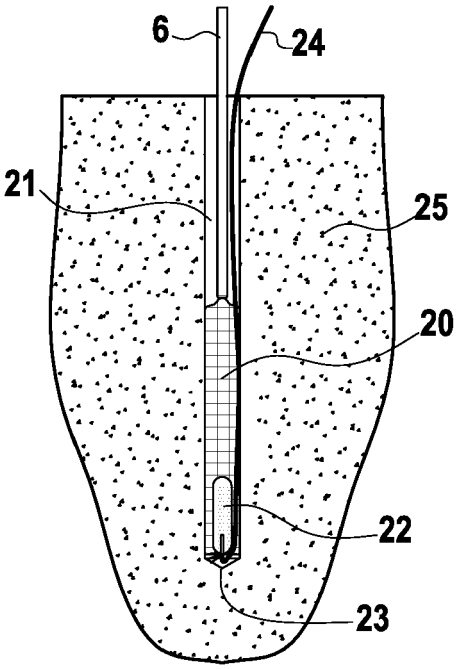


FIG.1B

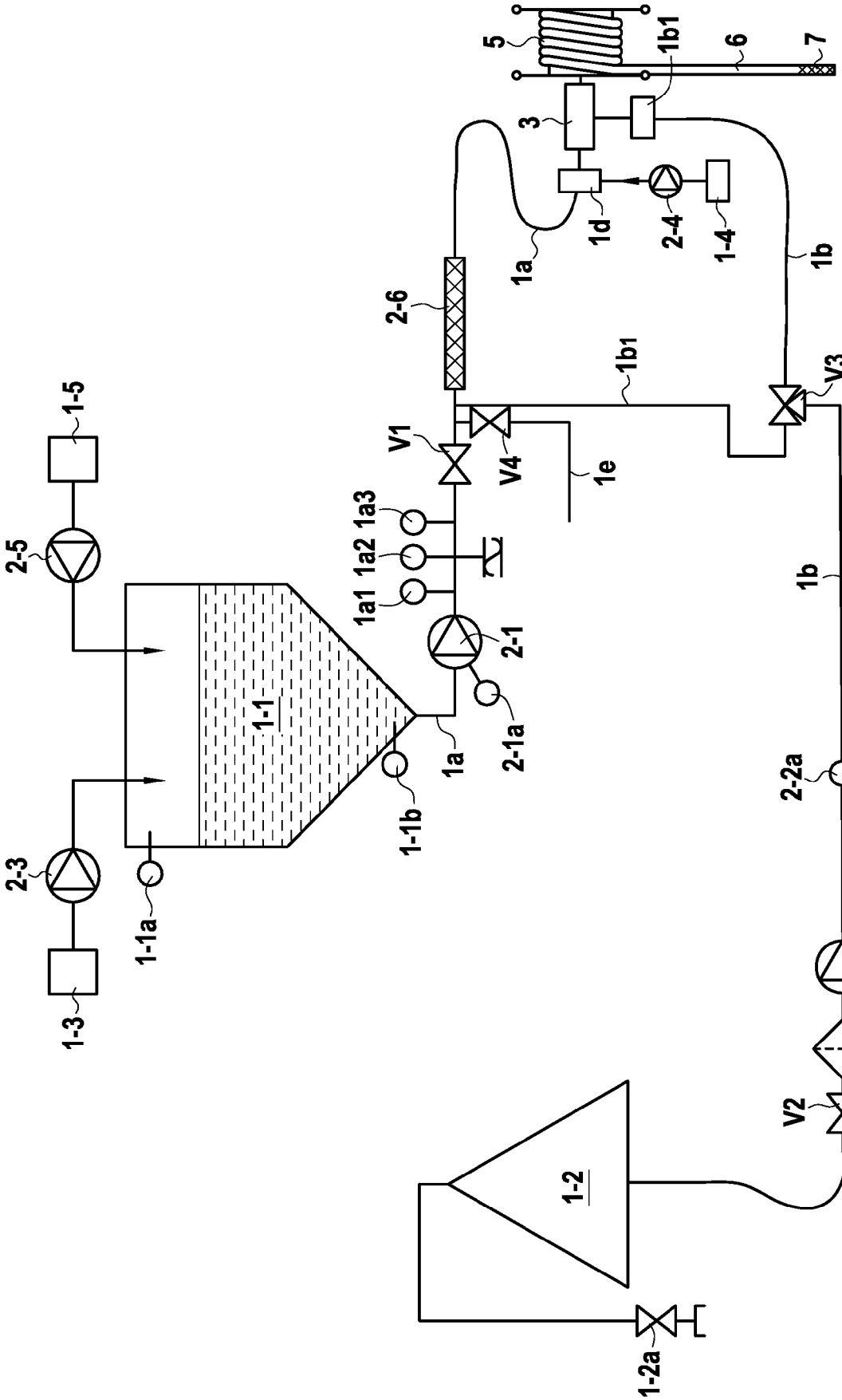

5
1b1
6
7
3
1d
2-4
1-4
1a
1b
2-6
1b1
V3
V1
V4
1e
1a3
1a2
1a1
2-1
2-1a
1-5
2-5
1-1
1a
1b
1-1b
2-2a
2-3
1-1a
2-2
1-3
2-5
V2
1-2
1-2a

FIG.2

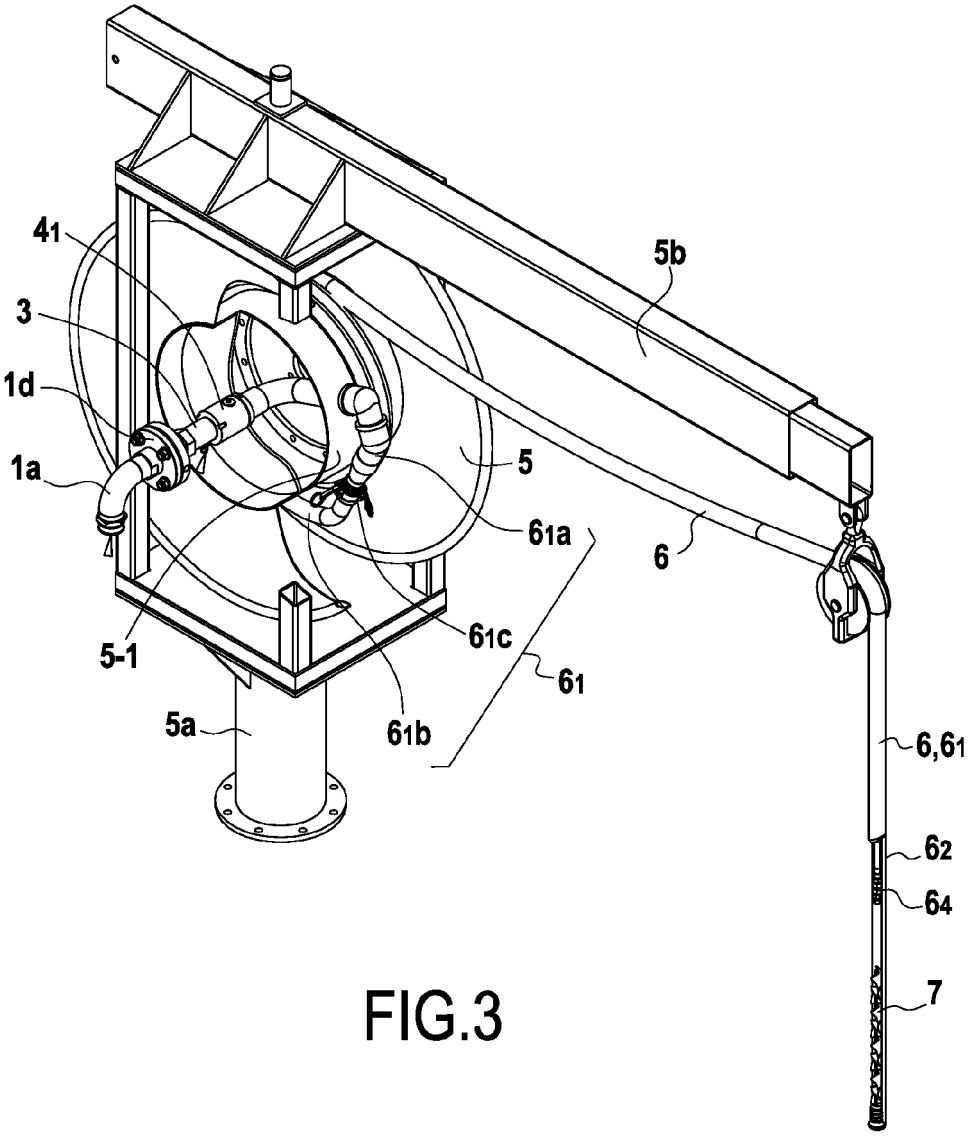

41
3
1d
1a
5-1
5a
5
61a
61c
61
61b
5b
6
6,61
62
64
7

FIG.3

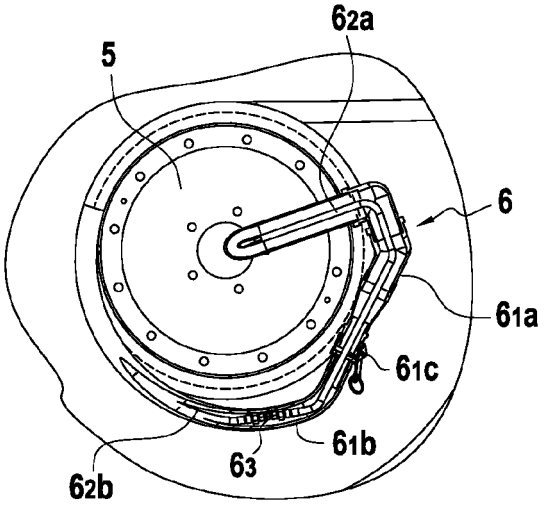

62a
5
6
61a
61c
61b
63
62b

FIG.3A

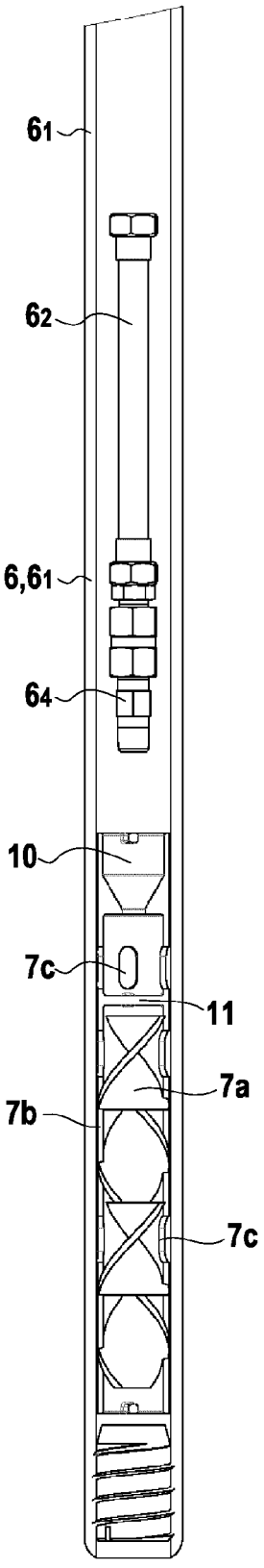


FIG.4A

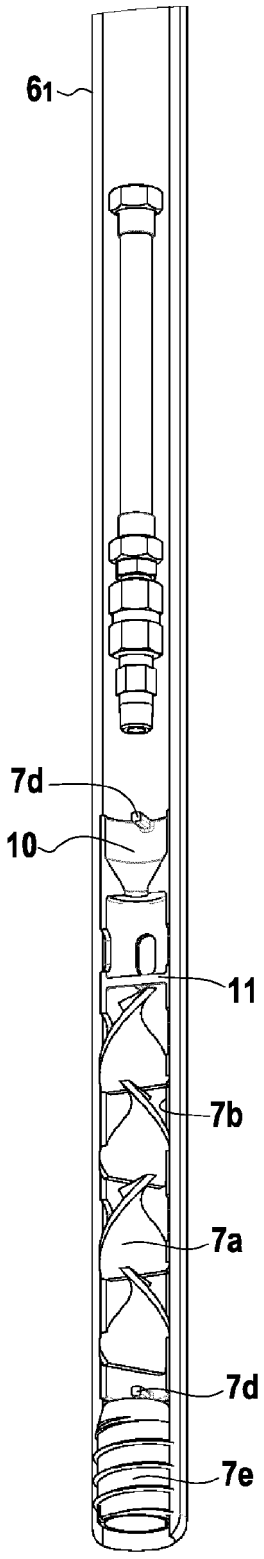


FIG.4b

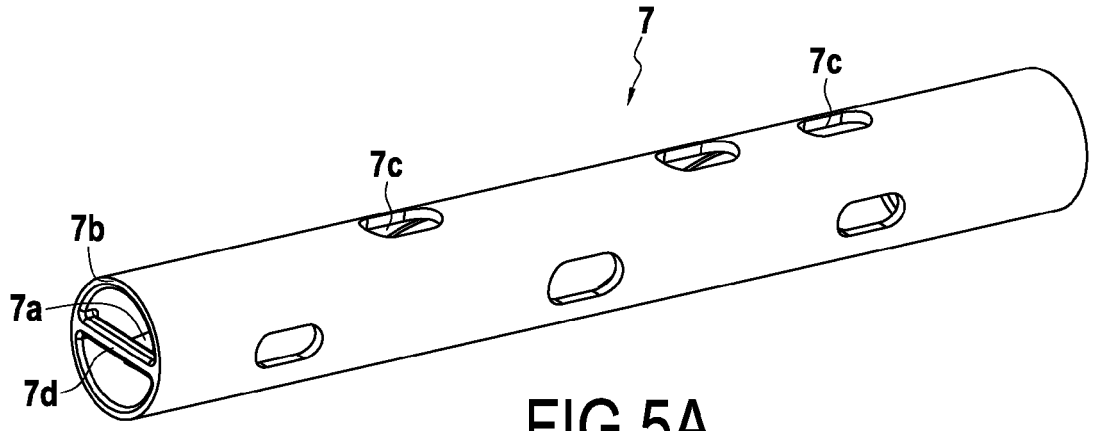


FIG.5A

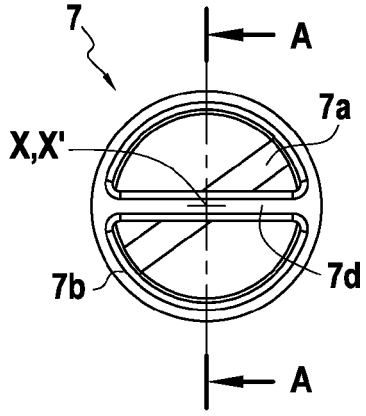


FIG.5B

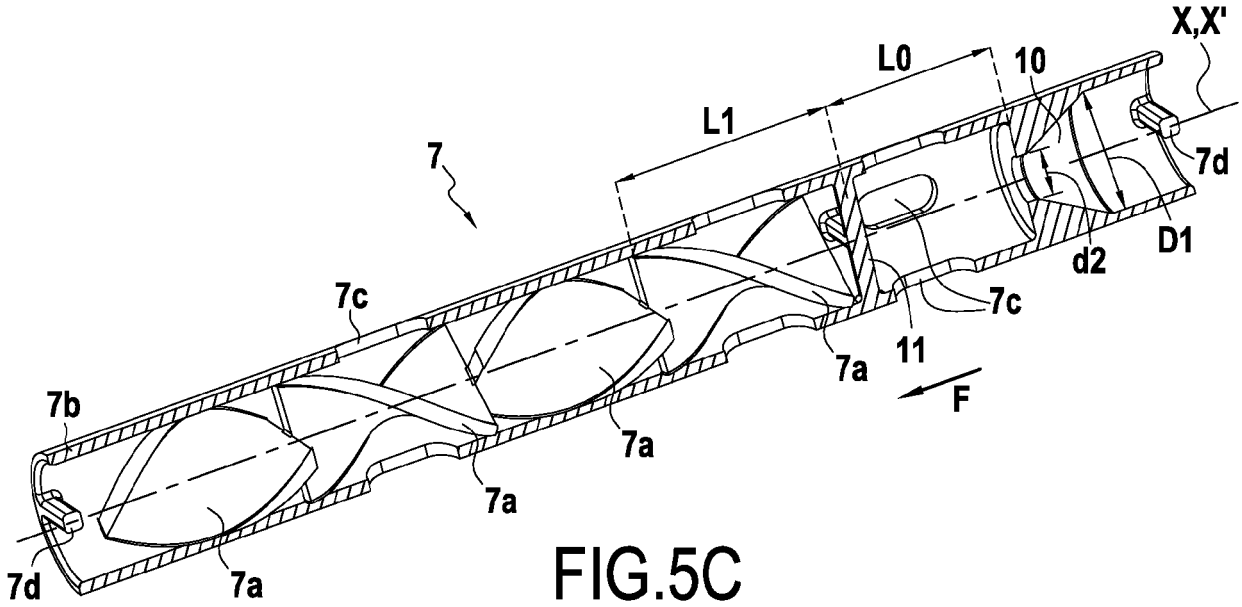


FIG.5C

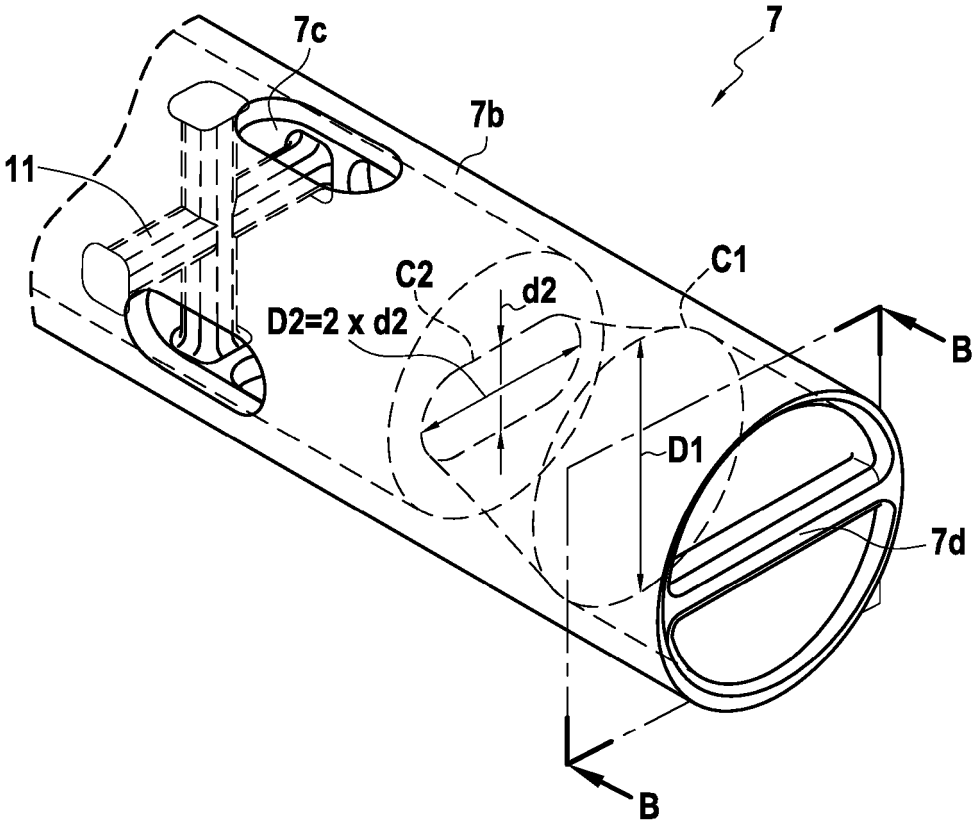


FIG.6A

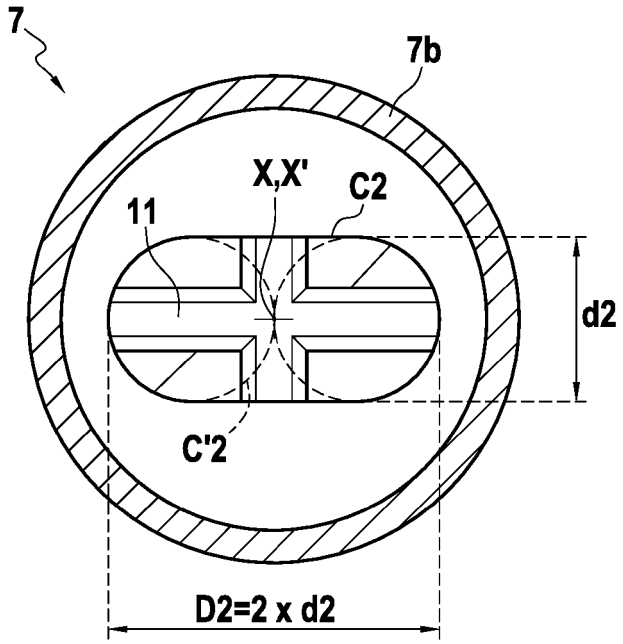


FIG.6B

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 17 16 6162

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 A	FR 2 163 459 A1 (CORNING GLASS WORKS) 27 juillet 1973 (1973-07-27) * page 5, ligne 18 - ligne 25; figure 1 *	14 15	INV. C06B23/00 C06B47/14
A,D	WO 2015/140462 A1 (NITRATES & INNOVATION [FR]) 24 septembre 2015 (2015-09-24) * revendication 1 *	1-15	
A	Aprilia Jaya ET AL: "KLM Technology Group Practical Engineering Guidelines for Processing Plant Solutions - STATIC MIXER (ENGINEERING DESIGN GUIDELINE)", , 2 avril 2014 (2014-04-02), XP055333937, Extrait de l'Internet: URL:http://kolmetz.com/pdf/EDG/ENGINEERING_DESIGN_GUIDELINE_static_mixer_Rev02web.pdf [extrait le 2017-01-10] * page 18, ligne 9 - ligne 21 *	1-15	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

C06B
B01F

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
La Haye	17 août 2017	Kappen, Sascha

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 17 16 6162

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 members 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.

17-08-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2163459 A1	27-07-1973	AR 200249 A1	31-10-1974
		AU 4601572 A	07-03-1974
		BE 792819 A1	15-06-1973
		CA 954506 A	10-09-1974
		CA 961482 A	21-01-1975
		CH 569509 A5	28-11-1975
		DE 2258291 A1	20-06-1973
		DE 2258292 A1	20-06-1973
		DE 2258348 A1	20-06-1973
		FR 2163459 A1	27-07-1973
		GB 1412599 A	05-11-1975
		IT 971448 B	30-04-1974
		JP S4866611 A	12-09-1973
		NL 7216997 A	19-06-1973
WO 2015140462 A1	24-09-2015	EP 3119736 A1	25-01-2017
		FR 3018809 A1	25-09-2015
		WO 2015140462 A1	24-09-2015

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

- FR 2014050032 W **[0011]**
- WO 2015140462 A **[0013] [0014]**
- WO 201540462 A **[0015] [0017] [0018]**